

La classificazione degli esseri viventi è oggetto di studio della **sistematica** e della **tassonomia**.

La sistematica (o biologia comparata) è la disciplina che studia la diversità esistente fra gli organismi e le loro relazioni evolutive. Essa comprende la tassonomia ("legge di ordinamento") che si occupa di attribuire i nomi scientifici, di descrivere e di classificare gli organismi.

Un sistema di classificazione, sia per gli animali sia per le piante, utilizzato ancora oggi venne prodotto da **Carl Linneo** verso la metà del XVIII secolo. Lo schema di Linneo si basa su un sistema gerarchico di classificazione, che ordina gli organismi in serie ascendenti con un grado di inclusione via via crescente. Le categorie tassonomiche principali nella tassonomia moderna sono le seguenti: **dominio, regno, phylum** (per gli animali) o **divisione** (per le piante), **classe, ordine, famiglia, genere e specie**.

L'introduzione della teoria evolutiva nella tassonomia animale ha cambiato il ruolo del tassonomo da quello della **classificazione** a quello della **sistematizzazione**. La classificazione denota la creazione di classi, raggruppamenti di organismi che possiedono una caratteristica comune essenziale usata per definire la classe. L'attività di un tassonomo, i cui raggruppamenti di specie rappresentano le unità di discendenza evolutiva comune, è la sistematizzazione, non la classificazione. Specie appartenenti a un gruppo tassonomico includono l'antenato comune più recente del gruppo e i suoi discendenti, che formano così un ramo dell'albero filogenetico della vita. Le specie di un gruppo così formato costituiscono un sistema di discendenza comune, non una classe definita dal possesso di una caratteristica essenziale. Resta di uso comune tra i tassonomi, anche se tecnicamente inesatto, chiamare "classificazioni" i loro sistemi tassonomici.

Il sistema proposto da Linneo per dare un nome alle specie è conosciuto come **nomenclatura binomia**. Ciascuna specie ha un nome latinizzato, composto di due parole. La prima parola indica il **genere** ed è scritta con l'iniziale maiuscola; la seconda è il **nome specifico** (o epiteto) ed è scritto con l'iniziale minuscola. Il nome del genere è sempre un sostantivo, mentre di solito il nome specifico è un aggettivo. Per esempio, *Panthera* (nome del genere) *pardus* (epiteto specifico); *Homo sapiens*.

Concetto di specie

Il concetto secondo cui appartengono a una data specie tutti gli organismi di aspetto uguale tra loro e diverso da quello di altre specie è detto **concetto tipologico** (o **morfologico**) di specie. Gli scienziati riconoscevano formalmente le specie designando un **campione tipo**, che veniva etichettato e depositato in un museo come rappresentativo della forma ideale o della morfologia della specie.

Questo concetto di specie morfologica venne abbandonato in seguito all'affermarsi delle teorie evolutive di Darwin.

Il concetto di specie più adottato oggi è quello di **specie biologica** proposto nel 1940 da Ernst Mayr: "Una specie è una comunità riproduttiva di popolazioni che occupa una determinata nicchia in natura". Quindi la specie è definita come **una popolazione interfeconda** di individui che hanno un'origine comune. Inoltre, prendendo in considerazione anche il criterio di "nicchia", un concetto ecologico, riconosciamo che i membri di una comunità riproduttiva costituiscono anche un'entità ecologica in natura.

Ogni specie vivente è un insieme di **caratteri**, distinti, in primo luogo, in:

ancestrali ereditati da antenati comuni, con poche o nulle modificazioni (detti anche **caratteri conservativi**);

derivati hanno subito molte modificazioni in un passato più recente (detti anche **caratteri adattativi**);

I caratteri possono essere distinti anche in:

omologhi condividono strutture uguali derivate da un antenato comune ma presentano funzioni diverse. Per es. l'ala di un uccello e la zampa di un cavallo;

omoplastici (o **analoghi**) sono caratteri superficialmente simili ma non omologhi perché evolutisi indipendentemente. Quindi presentano una stessa funzione ma una diversa struttura. Per es. l'ala di un uccello e l'ala di una farfalla.

Un'ultima distinzione dei caratteri è la seguente:

condivisi ancestrali o **plesiomorfi** testimoniano l'esistenza di un lontano antenato comune che presentava tale caratteristica che è rimasta praticamente invariata nei discendenti. Tali caratteri si trovano nella maggior parte degli organismi della stessa linea evolutiva. La colonna vertebrale è, per esempio, una plesiomorfia per il gruppo dei Vertebrati;

condivisi derivati o **sinapomorfi** (o **apomorfi**) si trovano soltanto in alcune specie di una stessa linea evolutiva e si sono evoluti in tempi più recenti rispetto alle plesiomorfie. Per esempio, tra i mammiferi soltanto i roditori hanno incisivi a crescita continua (quindi carattere apomorfo per i roditori).

Speciazione

La speciazione consiste nel processo di formazione di nuove specie. Possiamo distinguere due tipi di speciazione:

allopatrica (dal greco *allos*= diverso e *patrios*= patria). È la speciazione risultante da una suddivisione della popolazione dovuta a una barriera fisica. È considerata la modalità di speciazione più diffusa negli organismi. La barriera fisica che interrompe l'areale di distribuzione di una specie può essere un fiume o una catena montuosa per gli organismi terrestri, oppure un tratto di terra emersa per gli animali acquatici. Una barriera si può formare in tanti modi. I moti delle placche terrestri, i cambiamenti climatici...

Prima di essere separate da queste barriere, spesso le popolazioni sono di grandi dimensioni;

simpatica (dal greco *sin*= stesso e *patrios*= patria, luogo). Avviene quando non sono presenti barriere fisiche. Negli animali tale speciazione può avvenire per isolamento ecologico e per selezione sessuale. Questo tipo di speciazione avrà più successo, quanto più piccola sarà la popolazione in cui si verifica: in questo caso, infatti, i cambiamenti non vengono "diluiti" in una popolazione ampia e costituita da individui "normali", bensì hanno buone probabilità di diffondersi velocemente.

Si distinguono tre modelli di evoluzione: **parallela, convergente** e **divergente**.

L'evoluzione convergente è il fenomeno per cui organismi che vivono in condizioni ambientali simili sviluppano adattamenti simili, pur non avendo alcuna parentela evolutiva. Questa forma di evoluzione porta alla comparsa di strutture analoghe (funzione simile ma diversa origine evolutiva).

L'evoluzione parallela è il processo in base al quale specie imparentate evolvono in modo simile per lunghi periodi di tempo, perché sottoposte alle stesse pressioni selettive.

L'evoluzione divergente consiste nello sviluppo di caratteristiche diverse in due (o più) popolazioni che condividono un antenato comune.

I metodi di classificazione utilizzati dai sistematici hanno come obiettivo la ricostruzione delle relazioni evolutive tra gli organismi (**relazioni filogenetiche**). Tale ricostruzione filogenetica si basa, quindi, su tre diversi approcci:

- **Fenetica**= le specie sono gruppi di individui riuniti in base al numero di caratteri che hanno in comune. Non c'è alcun riferimento alla filogenesi, ossia alla storia evolutiva degli organismi;
- **Cladistica** (cladogenesi, evoluzione divergente) = detta anche sistematica filogenetica che si basa sul grado di parentela, cioè sulla distanza nel tempo dall'ultimo progenitore comune. Questo metodo di classificazione è stato messo a punto da Hennig nel 1950. Il risultato di un'analisi cladistica è un diagramma chiamato CLADOGRAMMA che rappresenta un'ipotesi di relazione evolutiva.

-Ogni ramo definisce la relazione tra le singole unità tassonomiche in termini di discendenti e antenati,

-ogni nodo rappresenta l'unità tassonomica, ovvero un gruppo di individui che si distingue dagli altri per morfologia e genoma;

-ogni gruppo monofiletico rappresenta un clade.

La cladistica utilizza il principio di **parsimonia** cioè si sceglie l'interpretazione più semplice per spiegare i dati. Il

cladogramma che richiede il minor numero di cambiamenti evolutivi per spiegare la distribuzione di un tratto ereditario è il più parsimonioso. I cladisti, inoltre, usano la outgroup analysis per determinare, in un dato gruppo, quali caratteri condivisi sia da ritenersi derivati. Un outgroup è un taxon che rappresenta la condizione ancestrale, in quanto si è separato prima di qualsiasi altro taxon in studio.

4 assunti principali della cladistica:

- la speciazione è allopatrica;
- le caratteristiche da analizzare devono essere omologhe;
- l'evoluzione parallela di caratteri o gruppi è rara;
- organismi con caratteri derivati non danno origine a taxa con caratteri primitivi.

La cladogenesi è il processo di formazione di nuove specie a partire da un antenato comune.

- **Sistematica evolutiva** (anagenesi, evoluzione sequenziale) = che considera sia le ramificazioni evolutive sia il grado di divergenza degli organismi in esame. Essa è basata su caratteri condivisi sia derivati che ancestrali.

L'anagenesi, contrapposto alla cladogenesi, è un processo in cui una specie si trasforma in un'altra specie.

La relazione tra un gruppo tassonomico e un albero filogenetico o cladogramma può essere di tre tipi: **monofiletica**, **parafiletica** e **polifiletica**.

Un taxon è monofiletico quando include l'antenato comune più recente di un gruppo e tutti i suoi discendenti. Per esempio, i mammiferi costituiscono un taxon monofiletico.

Un taxon è parafiletico se include l'antenato comune più recente di un gruppo e alcuni, ma non tutti, i suoi discendenti. La classe dei Rettili costituisce un taxon parafiletico.

Un taxon è polifiletico se non include l'antenato comune più recente di tutti i membri del gruppo sotto studio. Quest'ultima situazione implica che il gruppo abbia avuto almeno due diverse origini evolutive. I tassonomi tentano assolutamente di evitare che vengano stabiliti dei gruppi polifiletici perché essi non danno una corretta rappresentazione delle relazioni evolutive.

La classificazione degli esseri viventi prevede una divisione in gruppi sempre più grandi.

Sin dai tempi di Aristotele, si è cercato di assegnare ciascun organismo vivente a uno dei due regni: piante e animali. Le forme unicellulari furono assegnate arbitrariamente a uno di questi due regni. Nel 1866, per risolvere il problema della classificazione degli unicellulari, Haeckel propose il nuovo regno dei Protista, per includere tutti gli organismi unicellulari.

Nel 1969 Whittaker propose un sistema a cinque regni: il regno Monera conteneva i procarioti, il regno Protista comprendeva gli organismi unicellulari eucariotici (protozoi ed alghe unicellulari), gli organismi pluricellulari erano suddivisi in tre regni, in base al sistema di nutrizione ed altre caratteristiche. Il regno Plantae comprendeva organismi fotosintetici pluricellulari (piante superiori e alghe pluricellulari). Il regno Fungi comprendeva muffe, lieviti e funghi. Il regno Animalia comprendeva gli invertebrati (eccetto i protozoi) e i vertebrati. Tutti questi sistemi furono proposti senza tener conto delle relazioni filogenetiche, necessarie per costruire una tassonomia evolutiva o cladistica.

Recentemente, però, è stata proposta una classificazione cladistica di tutte le forme viventi, basata su informazioni filogenetiche ottenute da dati molecolari (la sequenza nucleotidica delle basi di DNA codificante l'RNA ribosomiale). Basandosi sull'albero filogenetico ottenuto da questi dati, Woese, Kandler e Wheelis riconobbero tre domini monofiletici: Eucarya (Eucarioti), Bacteria (i veri batteri) e Archaea (procarioti che differiscono dai batteri per la struttura di membrana e le sequenze di RNA ribosomiale). Fino a poco tempo fa, i protisti venivano studiati come il phylum dei Protozoa. Sulla base delle attuali conoscenze, i protozoi non sono animali e non costituiscono un gruppo monofiletico, a tutti i livelli.

Nel 1946, nel sito di **Ediacara**, in Australia meridionale, furono scoperti dei fossili di animali che non appartenevano ad alcuno dei gruppi sistematici conosciuti. Tali fossili, chiamati **fossili di Ediacara**, risalgono alla fine dell'era Archeozoica e si estinsero circa 600 milioni di anni fa.

La fauna di Ediacara rappresenta probabilmente un tentativo evolutivo fallito, che non lasciò traccia negli esseri viventi delle ere successive. In questo sito sono state trovate numerose forme fossili con una diversità piuttosto elevata di piani corporei: tra i generi bilateri ci sono i fossili di Spriggina, Kimberella e Dickinsonia mentre quelli a simmetria raggiata ci sono Arkarua, Eoandromeda e Tribrachidium heraldicum. Notevoli sono le somiglianze di alcuni di essi con i moderni animali: Kimberella, un organismo apparentemente in grado di muoversi attivamente, ricorda molto forme odierne di **molluschi**; Spriggina sembra avere un corpo segmentato molto simile a quello degli **annelidi** o degli **artropodi** moderni; Tribrachidium e Eoandromeda mostrano una simmetria rotazionale che oggi è tipica dei soli **ctenofori**, mentre Arkarua potrebbe essere stato un antenato degli **echinodermi**.

Origine Metazoi

Le teorie con cui si è cercato di spiegare il passaggio dagli unicellulari ai pluricellulari possono fondamentalmente ricondursi a due interpretazioni principali:

- 1) La **teoria sinciziale** (Hadzi e Hadson 1963)
- 2) La **teoria coloniale** (Haeckel 1874)

Teoria sinciziale

Nella prima metà del '900, vari ricercatori come Hanson e Hadzi ipotizzarono la possibilità che, all'interno delle cellule di alcuni protozoi si sia venuta a realizzare una temporanea condizione plasmoidale o sinciziale e che, col tempo, sia divenuta definitiva.

Un **plasmodio** è una cellula multinucleata che deriva da divisione mitotica del nucleo cui non segue quella del citoplasma; un **sincizio**, invece, è una cellula multinucleata che deriva dalla fusione di varie cellule distinte tra loro, che mettono in comune il citoplasma (plasmogamia) ma non i loro nuclei. Secondo Hadzi e Hanson, partendo da un plasmodio-sincizio di protozoi ciliati (per gli animali) oppure di alghe flagellate (per i vegetali), si sarebbe giunti alla condizione pluricellulare per il formarsi di pareti e/o membrane plasmatiche all'interno dei suddetti organismi che, col passare del tempo, avrebbero separato definitivamente nuclei e porzioni di citoplasma in un insieme di cellule distinte, dando vita a ectoderma ed endoderma; da qui poi si sarebbero evoluti i vari phyla (animali) e le varie divisioni (vegetali) dei pluricellulari.

- Teoria sinciziale= Cellularizzazione di porzioni uninucleate, con formazione di membrana ed indipendentizzazione (protozoi ciliati). Metazoi derivati da protozoi ciliati plurinucleati mediante processi di divisione citoplasmatica.

Teoria coloniale

La prima teoria con cui si è cercato di spiegare la transizione alla multi-cellularità da parte degli unicellulari è stata formulata nel 1874 dal biologo, zoologo ed ecologo tedesco Ernst Haeckel, il quale basandosi sui rapporti stretti che secondo lui intercorrevano tra ontogenesi (sviluppo di un organismo pluricellulare dall'embrione allo stato adulto) e filogenesi (storia evolutiva di un organismo alla luce delle sue relazioni di discendenza e affinità con le altre specie), affermò che ogni stadio dello sviluppo embrionale di un organismo corrispondeva all'organizzazione strutturale di una delle specie che lo avevano preceduto nel corso dell'evoluzione. Pertanto, esaminando le varie fasi dell'ontogenesi di una specie, per Haeckel si poteva risalire all'antenato da cui essa derivava e condensò questa convinzione nel celeberrimo aforisma "**l'ontogenesi ricapitola la filogenesi**". In base alla sua teoria (poiché secondo Haeckel tutti i metazoi nel loro sviluppo embrionale passavano per uno stadio di **blastea** (blastula) cui seguiva quello diblastico di **gastreia** (gastrula)), la primitiva condizione pluricellulare sarebbe da individuarsi in colonie (la colonia rappresenta un 'super individuo' formato da diversi e tanti individui, ognuno con una funzione specifica) sferiche di protozoi flagellati che si sarebbero progressivamente modificate sino a raggiungere uno stadio ciliato che avrebbe prodotto i più primitivi phyla dei metazoi.

- Teoria coloniale= Indipendentizzazione e specializzazione di unità cellulari di forme di protozoi coloniali.

La maggior parte dei biologi moderni sono parzialmente d'accordo con la tesi sostenuta da Haeckel, considerando la reale possibilità che i poriferi, e quindi i primi metazoi, sarebbero derivati da forme coloniali di particolari protozoi flagellati (i coanoflagellati). La tesi è supportata dalla somiglianza strutturale e funzionale dei **coanociti** (particolari cellule flagellate) dei poriferi con i coanoflagellati (entrambi, infatti, catturavano il loro cibo e acqua, grazie al battito di un flagello che, col suo movimento, creava correnti in grado di convogliare il nutrimento alla coroncina basale di microvilli). Un'altra conferma di tale ipotesi viene dalla scoperta di un coanoflagellato coloniale, **Proterospongia haeckeli**, le cui cellule esterne sono molto simili ai coanociti dei Porifera e non si riproducono; al contrario quelle interne sono di tipo ameboide (**amebociti**= cellule indifferenziate e totipotenti in grado di duplicarsi). In questa situazione, si è venuta a realizzare nella colonia una sorta di primitiva distinzione tra la parte esterna destinata a svolgere l'attività trofica e la parte interna addetta allo sviluppo dimensionale della colonia e alla sostituzione delle cellule in disuso. Tutto ciò costituisce un primitivo abbozzo della suddivisione tra "cellule somatiche" e "cellule germinali" tipica dei metazoi, che è una delle prerogative principali che contraddistinguono i pluricellulari dagli unicellulari: infatti, i coanociti (il soma =corpo della colonia) perdendo la totipotenza e, quindi, la capacità di duplicarsi sono destinati a morire, mentre le cellule totipotenti costituiscono una sorta di "parte immortale" perché, anche se non sono dei gameti, si comportano come tali potendosi duplicare e producendo nuove generazioni.

Un **protozoo** è un organismo unicellulare completo, le cui funzioni vitali si svolgono interamente all'interno di un'unica membrana plasmatica. Circa 10.000 specie sono endo- o ectosimbionti di animali, piante e talvolta, anche di altri protozoi. Questa interazione simbiotica può essere di natura **mutualistica** (entrambi i partner ne traggono beneficio), **commensalistica** (un partner ne trae beneficio senza detrimento per l'altro) o **parassitaria** (un partner ne trae beneficio con detrimento dell'altro e può condurlo alla morte). Alcune fra le malattie più gravi per l'uomo e per gli animali domestici sono causate da protozoi parassiti.

Gli **animali** o **metazoi** costituiscono un regno del dominio degli eucarioti. Questi hanno evoluto una grande complessità strutturale aggregando le cellule in unità più grandi. La cellula di un metazoo è una parte specializzata dell'intero organismo e, al contrario degli organismi unicellulari, non è in grado di condurre vita autonoma. Le cellule che svolgono una stessa funzione si raggruppano a formare unità complesse, i tessuti. Questi, a loro volta, si associano a formare gli organi, i quali formano insieme formano i sistemi.

Un sottoregno dei metazoi è quello degli **Eumetazoi** (dal greco eu= vero) suddiviso in **Radiati** con simmetria radiale (phyla Cnidaria e Ctenophora) e in **Bilateri** con simmetria bilaterale.

Con il termine di "simmetria" si intende il ripetersi, in modo speculare, di un piano in un altro piano lungo una ideale linea di divisione. Il piano di simmetria può essere considerato come un piano che divide un animale in due parti speculari. La simmetria, in sostanza, corrisponde all'architettura del corpo. Esistono differenti tipi di simmetria animale che variano essenzialmente da specie a specie. Non tutti gli animali si sviluppano o esistono in uno stato simmetrico: le amebe, per esempio, non hanno una forma ben definita, la quale varia anche in relazione al tipo di attività condotta.

La **simmetria sferica** comporta che qualsiasi piano passante per il centro divida il corpo dell'animale in metà speculari. Questo tipo di simmetria è limitata essenzialmente alle forme unicellulari, mentre è rara nei metazoi. Forme sferiche sono più adatte per galleggiare o rotolare.

La **simmetria radiale** si ha in quegli organismi che possono essere divisi in metà uguali da più di due piani passanti per l'asse longitudinale. Questa simmetria si ritrova negli animali con forma del corpo tubulare, a vaso o a coppa. Come per esempio, nelle meduse, nei ricci di mare, nei polipi...

Una variante della simmetria radiale è la **simmetria biradiale**, in cui alcune strutture sono singole o a coppie piuttosto che radiali; di conseguenza solo uno o due piani passanti per l'asse longitudinale del corpo produrrà metà speculari. Un esempio a riguardo è fornito dal phylum Ctenophora. Gli animali radiali e biradiali sono generalmente sessili.

(Per stabilire che, per esempio, un polipo, presenta una simmetria radiale bisogna tracciare un asse centrale del corpo che dal polo orale va al polo suborale, facendoci passare un primo piano. Per questo stesso asse facciamo passare altri piani).

Nel caso della **simmetria bilaterale** esiste un solo piano (piano sagittale) che va dal dorso al ventre e divide il corpo in due metà specularmente uguali. L'uomo, ad esempio, ha specularmente gli stessi tratti somatici come le gambe o le braccia e gli elementi, non presenti a coppia, disposti in modo da combaciare con il piano sagittale di divisione.

(Per stabilire la presenza di una simmetria bilaterale, bisogna tracciare un asse corporeo individuando una regione anteriore e una regione posteriore. Nel caso non sia possibile stabilire se quella considerata rappresenti una regione anteriore o posteriore, bisogna andare a considerare il comportamento di quell'animale e osservare quale parte del corpo utilizza per prima. La regione anteriore sarà quella in cui sono concentrati gli organi di senso).

Il piano strutturale del corpo di un animale si forma a seguito di una sequenza di sviluppo ereditaria. Questa sequenza inizia quando la cellula uovo viene fecondata dallo spermatozoo formando lo zigote, il quale va incontro a una serie di divisioni cellulari mitotiche, che nel complesso costituiscono la fase della segmentazione. Attraverso questo processo, lo zigote è diviso in un gran numero di piccole cellule dette blastomeri. Nella maggior parte degli animali, la segmentazione porta a un embrione multicellulare definito blastula. Dopo la segmentazione, si verifica un altro importante processo chiamato gastrulazione che consiste in una profonda riorganizzazione, morfologica e strutturale, dell'embrione. La gastrulazione comporta, tipicamente, l'invaginazione di cellule localizzate al polo della blastula. Queste cellule formano una sorta di tasca, che tende ad espandersi nel lume della blastula stessa. Si individuano in tal modo due foglietti embrionali (o foglietti germinativi): ectoderma esternamente (costituito da cellule non coinvolte dall'invaginazione) ed endoderma internamente. La tasca cieca rappresenta l'intestino primitivo, noto anche come archenteron; essa si apre sull'esterno tramite un'apertura definita blastoporo.

Negli **Cnidari** il corpo è formato da due foglietti germinativi (animali diblastici): **ectoderma ed endoderma**. Nella maggior parte degli altri animali, invece, si sviluppano tre foglietti germinativi (animali triblastici): **ectoderma, mesoderma ed endoderma**.

Il **celoma** è la cavità del corpo, lo spazio compreso tra l'intestino e la parete del corpo. Tipicamente, il celoma si può formare secondo due modalità diverse: per **enterocelia** nei Deuterostomi (dal blastoporo (apertura dell'intestino embrionale) si origina l'ano), cioè il celoma si forma da due tasche dell'archenteron, che in seguito migrano nel mesoderma a costituire la cavità oppure per **schizocelia** nei Protostomi (dal blastoporo si origina l'apertura boccale) e in questo caso il celoma si forma per scissione interna del mesoderma.

In base alla cavità celomatica, possiamo distinguere tre diversi organismi:

acelomati (esempio una planaria) sono privi di una cavità corporea inserita tra il canale alimentare e la parete corporea. Acelomato non significa "senza spazio". In greco, A è un'alfa privativo quindi acelomato significa che lo spazio non è vuoto ma è pieno di cellule;

pseudocelomati (= quasi celomato, esempio nematode), la cavità interna non si trova all'interno del mesoderma ma è situata tra mesoderma ed endoderma;

celomati (esempio anellidi, uomo), la cavità interna è situata all'interno del mesoderma.

Il taxon dei Protostomi (acelomati, pseudocelomati e schizocelomati) è suddiviso in due taxa: **Lophotrochozoa ed Ecdysozoa**. I Lofotrocozoi sono un gruppo di animali sessili comprendente tre phyla: **Briozoi, Forinidei e Brachiopodi**. Essi hanno la caratteristica comune di possedere un **lofoforo o trocofora** (poiché assomiglia ad una trottola), una struttura tentacolare cava specializzata nell'alimentazione per filtrazione ed eventualmente anche negli scambi respiratori. È inoltre, una struttura pelagica, cioè vive nella colonna d'acqua.

Gli Ecdisozoi sono animali con **ecdisi** (muta dell'esoscheletro, come nel caso degli insetti).

I **Protozoi** sono considerati un sottoregno del regno dei Protisti, sebbene nel sistema classico essi appartenevano al regno Animalia.

Caratteri (circa 70000 specie)

Si tratta tipicamente di organismi eucarioti unicellulari che, in alcuni casi, formano colonie. Sono costituiti da protoplasma distinto in citoplasma e nucleo. La locomozione è ottenuta tramite il battito di flagelli/ ciglia oppure tramite pseudopodi che permettono movimenti ameboidi (in pratica l'organismo striscia sul substrato). Alcuni sono caratterizzati da esoscheletri chiamati teche protettive. Altri ancora, sono in grado di produrre membrane cistiche nei momenti in cui l'ambiente circostante non risulta particolarmente favorevole. Le dimensioni variano da pochi micron a qualche millimetro. La riproduzione è di tipo **asessuale** tramite scissione binaria, multipla o gemmazione ma sono presenti anche processi di tipo **sessuale**. L'alimentazione può essere sia eterotrofa che autotrofa; ci sono infatti dei protisti che sono in grado di organizzare il carbonio.

La simmetria può essere sferica, assente, bilaterale o raggiata.

I Protozoi sono divisi in quattro phyla o subphyla:

-**Sarcodici (o sarcodini)**;

-**Flagellati**;

-**Sporozoi**;

-**Ciliati**.

SARCODINI

I sarcodini sono una classe dei Protozoi e vi appartengono gli ordini delle amebe, foraminiferi e radiolari.

Le **amebe** presentano una forma cellulare non definita. Presentano una sottilissima membrana cellulare (plasmalemma). Il citoplasma è distinto in una porzione interna (endoplasma) e una zona esterna (ectoplasma). Si muovono emettendo dal corpo dei prolungamenti chiamati pseudopodi e questo tipo di movimento, con continuo cambiamento della forma del corpo, viene detto movimento ameboide. Si nutrono assorbendo sostanze nutritive disciolte nel liquido in cui vivono o inglobando organismi più piccoli, ad esempio alghe, che vengono circondati dagli pseudopodi e rinchiusi in un vacuolo digestivo all'interno del quale avviene la digestione. Nel citoplasma troviamo anche dei vacuoli, detti vacuoli pulsanti che hanno la funzione di espellere dall'interno della cellula l'acqua in eccesso. La riproduzione avviene abitualmente per scissione, la quale, come in tutti gli organismi unicellulari, è una divisione della cellula, preceduta da quella del nucleo. Le amebe possono essere nude o tectate. Esistono anche amebe entozoiche, che vivono all'interno del corpo dell'uomo o di altri animali. **Entamoeba histolytica** è un importante parassita dell'uomo. Vive nell'intestino crasso e saltuariamente invade la parete intestinale secernendo enzimi che attaccano il rivestimento intestinale. Quando questo avviene, ne segue una grave, a volte fatale, dissenteria amebica.

I **foraminiferi** sono organismi eterotrofi e sono per lo più specie marine. Sono dotati di un guscio, in genere calcareo, ed è attraversato da uno o numerosi pori o foramina (da cui il nome) da cui fuoriescono prolungamenti cellulari molto ramificati, i mixopodi. Tali organismi sono presenti sulla Terra a partire dal Precambriano (circa 450 milioni di anni fa) e i loro gusci si sono accumulati sui fondali marini ad una certa profondità.

I foraminiferi sono stati utilizzati per diversi anni dalla **biostratigrafia** (disciplina che studia la distribuzione stratigrafica dei fossili).

Affini ai foraminiferi sono i **radiolari**. Presentano un guscio che di solito è di silice, in alcuni generi può essere di silicato di alluminio, oppure di solfato di stronzio. Il citoplasma è suddiviso in due regioni concentriche comunicanti attraverso numerose perforazioni di una struttura membranosa detta capsula centrale: la porzione intracapsulare del corpo, contenente uno o più nuclei, è deputata alla riproduzione, che avviene per scissione binaria o multipla; quella esterna ha funzioni alimentari e idrostatiche.

I radiolari hanno bisogno di luce viva per prosperare e quindi devono restare presso la superficie del mare. A questo scopo secernano una sostanza oleosa che permette loro di galleggiare; in seguito le radiazioni solari irradiano questo olio, i cui ergosteroli (sterolo) acquistano le proprietà antirachitiche della vitamina D. I merluzzi divorano masse enormi di radiolari e così quell'olio irradiato s'accumula nel loro fegato.

Gli **eliozoi** costituiscono un altro ordine dei Protozoi e sono prevalentemente organismi di acque dolci. Letteralmente, la parola eliozoo significa "animale sole" per la somiglianza che essi hanno con il Sole. Infatti, il loro corpo è sferico e i raggi, detti assopodi, sono molto lunghi e servono sia per la locomozione sia per la cattura delle prede. Non appena una entra in contatto con i suoi assopodi, con uno scatto si attacca alla vittima, le inietta un veleno paralizzante e, nell'arco di poche ore, questa viene completamente fagocitata. La struttura degli assopodi è caratteristica: i microtubuli nell'assonema sono disposti in esagoni o triangoli. Il plasma è, come nei radiolari, distinto in ectoplasma ed endoplasma, ma queste due regioni non sono separate per mezzo di una capsula, che è caratteristica dei radiolari. All'esterno presentano un guscio gelatinoso o calcareo.

FLAGELLATI

I flagellati presentano un caratteristico organo di movimento, il **flagello**. Comprendono moltissime forme libere, abbondanti nella terra e nell'acqua, e forme parassite. La caratteristica più interessante di questi protozoi è che vengono ritenuti una forma di passaggio tra il regno animale e il regno vegetale. Hanno un corpo limitato o da una sottile pellicola o da una cuticola spessa di cellulosa o da una membrana in cui possono depositarsi sali

minerali, calcarei o silicei. Il nucleo contiene un grosso corpo cromatico al centro (cromocentro), oppure la cromatina vi è diffusa come in un reticolo o in varie condizioni di condensazione. I flagellati si suddividono in **fitoflagellati** (provvisi di clorofilla) e **zooflagellati** (privi di clorofilla).

Tra i fitoflagellati c'è la **Euglena** definita come un animale pur essendo provvista di numerosi cloroplasti. Può essere autotrofa oppure eterotrofa, a seconda delle condizioni ambientali (presenza o meno di luce per la fotosintesi). Nel primo caso, è provvista di plastidi contenenti clorofilla e talora altri pigmenti; nel secondo caso, invece, si nutre di organismi o particelle attraverso la pellicola non cellulosica, talora da ogni parte del corpo, talora da un citostoma. È caratterizzata da una tasca anteriore da cui fuoriescono un lungo flagello (che imprime un movimento a spirale), un fotorecettore (macula) e una struttura contenente pigmenti (stigma). La Euglena compie la fototassia, un meccanismo biologico per cui un organismo animale è in grado di reagire a uno stimolo luminoso (con tutto il corpo o con parte di esso), in modo tale da modificare la propria posizione rispetto allo stimolo stesso. Si riproduce abitualmente per scissione, cioè per divisione longitudinale del corpo, compreso il flagello che si divide in due.

I fitoflagellati possono riprodursi anche sessualmente con l'unione di due comuni individui, fusione dei loro nuclei, previo riassorbimento dei flagelli che vengono poi riformati.

Ai flagellati appartiene l'ordine dei **Dinoflagellati**. Circa la metà delle specie è autotrofa e contiene cromatofori con clorofilla a e c. L'altra metà è eterotrofa con capacità di ingerire cibo attraverso una regione boccale situata nella parte posteriore. Da un punto di vista ecologico, i dinoflagellati sono tra i più importanti produttori primari nell'ambiente marino. (Gli organismi vegetali vengono definiti produttori primari perché producono sostanza organica usando energia solare e materia inorganica).

In genere, si distinguono per la presenza di due flagelli disposti in posizione equatoriale l'uno e in posizione longitudinale l'altro; ciascun flagello è alloggiato in un proprio solco. Il corpo cellulare può essere sia nudo sia ricoperto da piastre di cellulosa. I dinoflagellati possono rivelarsi molto dannosi per altri organismi, in particolare quando provocano le cosiddette "maree rosse". Questa denominazione fa riferimento a situazioni in cui alcune specie si riproducono con un'abbondanza tale da far virare il colore di vaste superfici marine al rosso.

Per esempio, nel lago di Tovel nel Trentino, tra le varie specie di flagellati, spicca il **Glenodinium sanguineum** (distinta dalla presenza di un pigmento carotenoide) un tempo responsabile del celebre arrossamento. Tale arrossamento è stato causato da una fioritura dell'alga *Tovellia sanguinea* (denominata fino al 2006 anche *Glenodinium sanguineum*), la quale è dovuta a sua volta ad un eccesso di nutrienti presenti nell'acqua e da condizioni ambientali particolari.

Un altro ordine appartenente ai flagellati è quello dei **Volvocidi** che comprende per lo più specie d'acqua dolce e molte di queste formano colonie galleggianti. Sono caratterizzati da un solo cromoplasto verde di forma incavata, uno stigma e 2/4 flagelli apicali. Vi appartengono forme svariate fra cui *Volvox globator*. Si tratta di un flagellato coloniale e la colonia consiste di un centinaio di cellule somatiche organizzate in un singolo strato. Ogni cellula presenta due flagelli, due o più vacuoli contrattili, un nucleo e uno stigma rosso. Le dimensioni della colonia aumentano tramite una scissione binaria.

Trypanosoma è un genere di protozoi flagellati. Comprende parassiti del sangue e dei tessuti dei Vertebrati. Presentano un corpo assottigliato, provvisto di nucleo e di blefaroplasti (organello), dal quale parte un flagello che appoggiandosi al corpo forma una membrana ondulante. Nell'uomo alcune specie provocano le Tripanosomiasi, un gruppo di patologie tra cui la **triptanosomiasi africana** (o malattia del sonno) causata da un parassita della specie *Trypanosoma brucei* e la **triptanosomiasi americana** (o malattia di Chagas) causata dal protozoo *Trypanosoma cruzi*.

CILIATI

I ciliati (o Ciliophora) comprendono una enorme varietà di forme viventi in tutti gli ambienti d'acqua dolce o marina. Per la maggior parte conducono vita libera, ma alcuni sono commensali e parassiti. Inoltre, variano molto sia di forma sia di dimensioni. Tutti posseggono ciglia in un certo stadio del ciclo vitale. Le ciglia, usualmente, si dispongono ordinate in file longitudinali o diagonali; possono coprire l'intera superficie dell'organismo, o limitarsi alla sola regione orale, dove tendono ad associarsi in strutture più complesse (**membranelle orali**) usate per convogliare il cibo nel **citofaringe** (gola). Nei ciliati, le ciglia della faccia ventrale si associano in ciuffi, denominati **cirri** che vengono utilizzati per "camminare" (più che per nuotare) sul substrato. I cinetosomi (corpo basale), insieme a un sistema strutturale di fibrille differenziate appena sotto la pellicola, formano l'infraclitatura. Ogni ciglio termina al di sotto della pellicola in un cinetosoma e da ogni cinetosoma si origina una fibrilla. Le ciglia, i cinetosomi e le fibrille formano una cosiddetta **cinezia**. Il coordinamento del battito ciliare è dovuto a onde di depolarizzazione della membrana cellulare che si propagano attraverso la cellula. Molti ciliati sono dotati di peculiari organuli, in genere ancorati alla superficie cellulare accanto alla base delle ciglia. Gli esempi più noti sono le **trilocisti** e le **toxocisti** che, in seguito a stimolazione meccanica o chimica, espellono in modo esplosivo materiale filamentoso paracrystalino. Le toxocisti, tipiche dei ciliati predatori, rilasciano sostanze tossiche che servono a paralizzare le prede prima che queste vengano ingerite intere. La maggior parte dei ciliati è eterotrofa. In quasi tutte le specie è presente un citostoma (bocca cellulare), che si può presentare come un'apertura semplice oppure circondato da un'area peristomale con ciliatura specializzata per la filtrazione di cibo particolato. Nel caso del *Didinium*, il citostoma può differenziarsi all'apice per la presenza di una proboscide riccamente dotata di toxocisti per catturare prede vive. I ciliati sono tutti plurinucleati e contengono, sempre, almeno un **macronucleo** e un **micronucleo**. I macronuclei sono altamente poliploidi e responsabili di tutte le funzioni metaboliche della cellula. I micronuclei entrano in attività nei processi sessuali per generare i nuclei gametici attraverso la meiosi e danno origine ai macronuclei.

I ciliati di acqua dolce, come il *Paramecium*, possiedono uno o più vacuoli contrattili che regolano il rapporto osmotico con l'ambiente ovvero il flusso di ioni tra l'esterno e l'interno. Inoltre, nella cellula di un *Paramecium* ci sono anche vacuoli digestivi.

I cicli vitali dei ciliati normalmente presentano sia una fase asessuale, in cui la riproduzione avviene per scissione binaria, sia una fase sessuale, che si esplica attraverso il processo noto come **coniugazione**.

In base alla disposizione delle ciglia, possiamo distinguere i ciliati in tre sottoclassi principali: **olotrichi**, **peritrichi** e **spirotrichi**. Negli olotrichi, le ciglia sono generalmente distribuite in modo uniforme sul corpo cellulare. Il genere più rappresentativo è il noto *Paramecium*. I peritrichi (*Stentor* e *Didinium*) che presentano la forma caratteristica simile ad una coppa e sono provvisti di numerose ciglia vibratili a spirale destrorsa attorno alla regione orale. Gli spirotrichi (*Euplotes*) sono caratterizzati da una ridotta presenza di ciglia nel corpo e da lamelle disposte a spirale intorno al citostoma.

Phylum Porifera

Le **spugne** appartengono al phylum **Porifera** (dal latino *porus*, "poro" + *ferre*, "portare"). Le spugne posseggono, infatti, una miriade di pori e canali che costituiscono un sistema di alimentazione filtrante, adatto al loro stile di vita di animali sessili che dipendono dalle correnti d'acqua. Il loro corpo è poco più di un ammasso di cellule immerso in una matrice gelatinosa e rafforzato da uno scheletro composto da minute **spicole** (la loro costruzione è operata dagli scleroblasti) di carbonato di calcio o di silice e collagene.

Nonostante siano pluricellulari, le spugne adulte hanno ben poche caratteristiche in comune con gli altri phyla dei metazoi; per questo motivo sono spesso chiamate **Parazoa** (dal greco *para*, "vicino" + *zoon*, "animale" quindi vicini agli animali). A seconda delle specie, le dimensioni delle spugne variano da pochi millimetri a oltre i due metri di diametro. Molte spugne sono intensamente colorate per la presenza di pigmenti nelle cellule dermali. Tuttavia, la colorazione viene rapidamente persa quando la spugna è tolta dall'acqua. Presentano simmetria radiale, ma nella maggior parte dei casi i loro corpi sono di forma irregolare, priva di simmetria. Sono acelomati e diblastici.

I Porifera sono attualmente suddivisi in 4 classi in base alla natura chimica e alla forma del loro scheletro interno:

Calcispongiae con spicole di carbonato di calcio. Vivono per lo più in acque superficiali e comprendono specie di piccole dimensioni e di colore biancastro. Possono presentare struttura asconoide, siconoide o leuconoide. Es. *Leucosolenia*, *Clathrina* e *Sycon*;

Hyalispongiae (spugne vitree) con spicole silicee del tipo triassone o a sei raggi, dove i sei raggi sono disposti in tre piani ortogonali tra loro. Sono diffuse soprattutto nelle zone tropicali, in acque profonde, anche abissali. Es. *Euplectella*;

Sclerospongiae (spugne coralline) comprende spugne con scheletro calcareo con materiale siliceo in una matrice proteica (spongina, una forma specializzata di collagene). Es. *Sclerospongia*;

Demospongiae dotate di uno scheletro con spicole silicee e/o di spongina. Vivono in tutti i mari ed a tutte le profondità. Es. *Spongia*.

La maggior parte delle 9000 o più specie di spugne note è marina, sebbene si conoscano circa 150 specie d'acqua dolce. Mentre le larve sono liberamente natanti, gli adulti sono sempre sessili e vivono su rocce, coralli e altri oggetti sommersi. Molti animali (come i molluschi, i pesci, i crostacei) vivono come commensali o parassiti sulle o all'interno delle spugne. Le spugne e i microorganismi che vivono al loro interno o su di esse producono un'ampia varietà di sostanze chimiche bioattive. Un estratto di una spugna marina è efficace contro la leishmaniosi, una malattia causata da un protozoo parassita e può costituire un promettente trattamento per le infezioni erpetiche.

Le uniche aperture nel corpo delle spugne sono rappresentate da pori, di norma molto minuti, chiamati **ostii**, dai quali entra l'acqua, e uno o pochi pori più larghi, detti **osculi**, dai quali l'acqua viene fatta uscire. Queste aperture sono collegate da un sistema di canali. Alcuni canali sono rivestiti da caratteristiche cellule flagellate, dette **coanociti**. I movimenti dei flagelli di queste cellule formano una corrente attiva che fa uscire dagli osculi l'acqua che si trova all'interno della spugna. La corrente attiva in uscita porterebbe al collassamento del corpo della spugna, ma ciò non avviene grazie alla presenza di uno scheletro. La corrente attiva in uscita, quindi, innesca una corrente passiva in entrata nei canali attraverso una moltitudine di pori e nuova acqua, ricca di cibo e ossigeno, prende il posto di quella espulsa attivamente.

La maggior parte delle spugne presenta uno fra i seguenti tre tipi di organizzazioni strutturali: asconoide, siconoide o leuconoide.

Le spugne **asconoidi** hanno l'organizzazione più semplice: sono piccole e a forma di tubo. L'acqua entra attraverso microscopici pori del derma che immettono in una cavità più ampia, chiamata **spongocoele**, tappezzata da coanociti. *Leucosolenia*, *Clathrina* sono spugne asconoidi.

Le spugne **siconoidi** presentano un corpo tubulare e un singolo osculo, ma la parete corporea, più spessa e complessa di quella della forma asconoide, riceve l'acqua dai canali inalanti che la rilasciano nei canali radiali, tappezzati da coanociti, i quali a loro volta si svuotano nello spongocoele. L'acqua entra nel corpo di una spugna siconoide attraverso gli osti dermali che portano ai canali inalanti; viene poi filtrata attraverso minuscole aperture, i **prosopili**, nei canali radiali. Qui il cibo è digerito dai coanociti. Il battito dei flagelli dei coanociti forza l'acqua attraverso pori interni, gli **apopili** nello spongocoele. Dopo aver raggiunto lo spongocoele, l'acqua utilizzata esce dal corpo della spugna tramite un **osculo**.

L'organizzazione **leuconoide** è la più complessa e consente un incremento nelle dimensioni delle spugne. La maggior parte delle spugne leuconoidi forma grandi masse con numerosi osculi. Gruppi di camere flagellate vengono riempite dall'acqua, che penetra passivamente dai canali inalanti, essa poi viene espulsa attivamente dai canali esalanti, che possono portare a un osculo.

Le cellule delle spugne sono organizzate in modo lasso, in una matrice gelatinosa, chiamata **mesoilo** (o mesenchima). Il mesoilo è il "tessuto connettivo" delle spugne, ma, in effetti, non è affatto un tessuto, bensì una matrice extracellulare che alloggia diverse cellule ameboidi, fibrille ed elementi scheletrici. L'organizzazione più prossima a un vero tessuto nelle spugne è quella delle cellule dell'epitelio esterno, dette **pinacociti** del **pinacoderma**. Si tratta di cellule sottili e piatte. Alcuni pinacociti si modificano in miociti che contengono microfilamenti simili a quelli presenti nelle cellule muscolari di altri animali.

I **porociti** sono cellule tubulari che attraversano la parete corporea delle spugne asconoidi, formando i pori attraverso cui fluisce l'acqua.

I **coanociti** che tappezzano i canali e le camere flagellate, sono cellule ovoidali aventi un'estremità affondata nel mesoilo, mentre l'altra è esposta. La parte esposta porta un flagello circondato da un collare, il quale è composto da una palizzata di microvilli connessi l'uno all'altro da microfibrille a formare una sottile rete filtrante volta a trattenere le particelle alimentari presenti nell'acqua. Il cibo inglobato dalle cellule viene trasmesso a un archeocita vicino per la digestione.

Gli **archeociti** sono cellule ameboidi. Un tipo di archeociti, gli **sclerociti**, secerne le spicole.

Le spugne si nutrono essenzialmente grazie alle particelle alimentari sospese nell'acqua pompata attraverso il sistema di canali. La digestione è interamente **intracellulare** ed è svolta principalmente dagli archeociti. Ad eccezione delle spugne carnivore appartenenti alla famiglia *Cladorhizidae* (*Demospongiae*). Le spugne mancano di organi respiratori ed escretori; queste funzioni vengono svolte per diffusione. Una spugna riesce a pompare una considerevole quantità di acqua: alcune grandi spugne riescono a filtrare fino a 1500 litri di acqua al giorno.

Tutte le spugne sono in grado di riprodursi per via sia sessuale sia asessuale. Le spugne sono in maggioranza ermafrodite con uova o spermatozoi (derivanti da archeociti ma anche dai coanociti). I gameti maturano in tempi diversi per assicurare la fecondazione incrociata. Gli spermatozoi, liberi nell'acqua, verranno catturati da un altro individuo tramite i coanociti che condurranno lo spermatozoo all'uovo. Le spugne presentano fasi larvali ciliate: **parenchimula** o **anfblastula**. La larva possiede un polo di cellule grandi e non flagellate (**macromeri**) e un altro di cellule piccole e flagellate (**micromeri**). Le spugne si riproducono asessualmente per mezzo di gemme che possono staccarsi o rimanere unite all'individuo che le ha prodotte per formare una colonia. Oltre alle **gemme esterne**, che possono essere prodotte da tutte le spugne, quelle d'acqua dolce e alcune specie marine si riproducono asessualmente formando **gemme interne**, chiamate **gemmae**. Queste masserelle di archeociti dormienti incapsulate vengono prodotte in risposta a condizioni ambientali avverse.

Spongia officinalis o volgarmente chiamata "spugna da bagno", un tempo veniva pescata per le sue proprietà particolari. Il suo scheletro, infatti, è costituito da grosse fibre di spongina con inclusioni e da fibre sottili senza inclusioni. Non ospitando spicole è quindi estremamente morbido ed elastico, nonché comprimibile. La riduzione delle colonie è stata provocata nel tempo dalla pesca e dal relativo commercio della specie. Oltre a questa causa, il depauperamento delle popolazioni mediterranee è stato anche causato da alcune epidemie che hanno provocato estese morie.

I due phyla *Cnidaria* e *Ctenophora* costituiscono, insieme, gli animali radiati poiché caratterizzati da una simmetria radiale. Tale simmetria è particolarmente vantaggiosa per animali sessili o sedentari e per forme liberamente natanti, in quanto consente loro di ricevere gli stimoli ambientali e di approvvigionarsi di cibo in modo uniforme da tutti i lati del corpo.

Phylum *Cnidaria*

Il phylum *Cnidaria* (dal greco *knide*, "ortica" + dal latino *-aria*, "simile a") è un gruppo composto da più di 9000 specie. Il nome deriva dagli **cnidociti**, le cellule che contengono gli organuli urticanti, le **nematocisti**.

Vengono riconosciute tradizionalmente quattro classi di cnidari: **Hydrozoa**, **Scyphozoa**, **Cubozoa** e **Anthozoa**.

Gli cnidari sono più abbondanti nelle acque marine poco profonde, specialmente di regioni temperate e tropicali.

Uno degli aspetti interessanti di questo phylum è il dimorfismo e spesso il polimorfismo manifestato da molti dei suoi rappresentanti. Tutti i cnidari possono essere ricondotti a uno di due tipi morfologici strutturali (dimorfismo): il **polipo**, di solito adattato a una vita sessile o sedentaria, e la **medusa**, liberamente natante.

Gli cnidari presentano un corpo costituito da due foglietti embrionali: ectoderma ed endoderma (animali diblastici). L'ectoderma evolverà, poi, in **epidermide** mentre l'endoderma evolverà in **gastroderma** nell'individuo adulto. Tra epidermide e gastroderma si interpone uno strato (che non ha un'origine germinale), la **mesoglea**.

La maggior parte dei polipi ha corpo tubulare. Una bocca circondata da tentacoli individua l'estremità orale del corpo. La bocca conduce in un intestino a fondo cieco, detto anche **cavità gastrovascolare**.

Le meduse possiedono un corpo a forma di campana o di ombrello. La bocca si trova di solito all'estremità del **manubrio**, una struttura cilindrica situata in posizione centrale sul lato concavo del corpo, e i tentacoli si estendono dal bordo dell'ombrello. A uno sguardo superficiale, polipi e meduse possono sembrare molto diversi fra loro. In realtà, entrambi conservano la forma a sacco tipica del phylum. Una medusa, fondamentalmente, è un polipo libero.

Sia il polipo sia la medusa presenta la parete corporea formata da uno strato gelatinoso, la mesoglea che è molto più spessa nelle meduse, di cui favorisce il galleggiamento.

Il meccanismo biologico, che all'interno delle varie classi degli cnidari, tiene insieme le due forme di polipo e medusa è l'**alternanza di fasi** (fase polipoide e fase medusoide) raccolta in un ciclo vitale. La forma polipoide attua riproduzione asessuale tramite il meccanismo di gemmazione mentre la forma medusoide provvede alla variabilità genetica. Quest'alternanza di fasi corrisponde a una strategia di vita che consente agli organismi fissi, in questo caso i polipi, di utilizzare gli organismi mobili, le meduse e cambiare facilmente la loro nicchia ecologica.

La modalità di svolgimento dei cicli vitali varia in base alle classi ma, in generale, lo zigote si sviluppa, quasi sempre, in una larva **planula** che, a seconda della specie, può essere natante o strisciante. I polipi si riproducono asessualmente generando altri polipi (ad eccezione dei polipi delle classi Hydrozoa e Scyphozoa che producono meduse). Le meduse, prodotte asessualmente dai polipi, si riproducono sessualmente. Di solito, la fecondazione avviene nell'acqua (fecondazione esterna).

La cavità gastrovascolare, paragonata al sistema vascolare, svolge la funzione di distribuire il cibo digerito dalle singole cellule alla mesoglea, la quale lo trasferisce al resto del corpo mediante diffusione diretta. Gli cnidari predano una varietà di organismi, in genere in proporzione alle dimensioni corporee. Le prede vengono introdotte nella cavità gastrovascolare, dove avviene il rilascio di enzimi digestivi da parte di cellule ghiandolari. La digestione inizia nella cavità gastrovascolare (**digestione extracellulare**), ma le cellule nutritive-muscolari fagocitano molte particelle alimentari per una **digestione intracellulare**.

L'epidermide è formata da cellule epitelio-muscolari, interstiziali, ghiandolari, nervose, sensoriali e cnidociti.

Gli **cnidociti**, contenenti le nematocisti, sono molto abbondanti sui tentacoli e attorno alla bocca. La nematocisti è una capsula microscopica, composta da materiale simile a chitina e contiene un "filamento" tubulare avvolto a spirale. La capsula può essere chiusa da un piccolo coperchio, od **opercolo**. L'interno del filamento può portare minuti uncini o spine. È possibile riconoscere tre tipi di nematocisti: quelle che penetrano nella preda iniettandovi veleno (dette **penetranti**), quelle che avvolgono la preda (dette **volventi**), quelle che secernano sostanze adesive utilizzate nella locomozione e per fissarsi al substrato (dette **agglutinanti**).

Gli cnidociti sono dotati di uno **cnidociglio** che deriva da un ciglio modificato.

Gli stimoli tattili determinano la scarica delle nematocisti. Quando una nematocisti si scarica, il relativo cnidocita viene riassorbito e se ne forma uno nuovo. Il meccanismo di scarica delle nematocisti è uno dei processi meccanici più rapidi del mondo vivente. I dati recenti suggeriscono che il rilascio sia dovuto a una combinazione di forze tensive generate durante il processo di formazione della nematocisti e a un'incredibile pressione osmotica al suo interno: 140 atmosfere. In caso di stimolo della nematocisti, la loro permeabilità cambia e l'alta pressione osmotica interna determina l'entrata violenta di acqua nella capsula. L'opercolo si apre e la pressione idrostatica, che cresce rapidamente all'interno della capsula causa l'espulsione del filamento. Le nematocisti di molti cnidari non sono dannose per l'uomo e, al massimo, provocano irritazione.

Il plesso di cellule nervose si trova alla base sia dell'epidermide sia del gastroderma e, forma due reti nervose interconnesse. I processi nervosi (assoni) terminano su altre cellule nervose presso sinapsi o presso giunzioni con cellule sensoriali o con organi effettori. Gli impulsi nervosi sono trasmessi da una cellula all'altra mediante il rilascio di neurotrasmettitori contenuti in piccole vescicole presenti su un lato della sinapsi o della giunzione.

Classe Hydrozoa

Gli Hydrozoa sono per la maggior parte marini e coloniali e il loro ciclo vitale comprende tipicamente una fase asessuata polipoide e una fase sessuata medusoide.

Colonia= è un super organismo ovvero gli individui sono connessi gli uni con gli altri e ogni gruppo di individuo svolge una funzione specifica.

Idroidi coloniali

Un idroide ha una base, uno stelo e uno o più polipi terminali (**zooidi**). La base con cui la colonia aderisce al substrato è uno stolone a forma di radice, che dà origine a uno o più steli (idrocauli). La parte cellulare dell'idrocaule costituisce un **cenosarco**. Il rivestimento protettivo dell'idrocaule è una guaina di chitina, detta **perisarco**, secreta dal cenosarco. All'estremità dei rami dello stelo vi sono i singoli zooidi. La maggior parte degli zooidi è deputata all'alimentazione (**idranti** o **gastrozooidi**). Gli zooidi possono essere tubulari, a forma di bottiglia o di vaso, ma tutti hanno una bocca terminale e una corona di tentacoli. In altre forme, il polipo è nudo o **atecato**. I **dattilozoidi** sono polipi specializzati nella difesa della colonia. I gastrozooidi catturano e ingeriscono le prede.

Ciclo riproduttivo degli Idrozoi

- 1) Il polipo si riproduce asessualmente per **gemmazione** e forma una colonia di individui polipoidi. Le gemme hanno tre strati cellulari: ectoderma, endoderma e un derivato dell'ectoderma, denominato **entocodon**.
- 2) Alcuni individui, privi di tentacoli, danno origine a minute meduse con funzioni riproduttive.
- 3) Le meduse si allontanano dalla colonia e si riproducono per via sessuale.
- 4) Lo zigote si trasforma in una larva priva di cavità corporea e dotata di ciglia, che viene definita **planula**.
- 5) La planula può fissarsi al substrato e trasformarsi in un nuovo polipo.

Le meduse degli idrozoi sono, di solito, più piccole di quelle degli scifozoi. Il margine della campana proietta verso l'interno un **velum**, che chiude parzialmente la porzione aperta della campana ed è utilizzato nel nuoto.

La rete nervosa è concentrata in due anelli alla base del velum. Il margine della campana porta cellule sensoriali. Di solito, sono presenti anche due tipi di organi di senso specializzati: le **statocisti**, piccoli organi per l'equilibrio e gli **ocelli**, organi sensibili alla luce.

Classe Scyphozoa

La classe Scyphozoa (dal greco skyphos, "coppa") comprende la maggior parte delle meduse di dimensioni più grandi. La colorazione può variare da forme incolori a forme vivacemente colorate in arancio e rosa. Al contrario delle idromeduse, le scifomeduse mancano di velum. Le campane delle differenti specie variano in spessore, da una forma bassa a piattino a quella di un elmetto o di una coppa; spesso il margine dell'ombrello è lobato e ciascun incavo tra lobi adiacenti porta un organo di senso chiamato **ropalio**. Lo stomaco, di solito, è diviso in tasche dotate di tentacoli con nematocisti denominati **filamenti gastrici**. La bocca occupa una posizione centrale sulla faccia inferiore dell'ombrello. Il manubrio è generalmente rivolto verso l'esterno a formare quattro **braccia orali**, utilizzate per la cattura del cibo e l'ingestione. Un rappresentante di questa classe è Aurelia che si nutre di animali planctonici, catturati dal muco prodotto dalla superficie dell'ombrello.

Negli scifozoi sono presenti quattro **tasche gastriche**, contenenti nematocisti, connesse allo stomaco e a un complesso sistema di **canali radiali**, che partono dalle tasche per arrivare al **canale circolare**; questo sistema consente la ripartizione dei nutrienti a tutto il corpo dell'animale.

I sessi sono separati, le gonadi sono localizzate nelle tasche gastriche. La fecondazione è interna. Gli zigoti si possono sviluppare all'esterno o essere protetti in pieghe delle braccia orali. La larva ciliata, dopo essersi fissata al substrato, diventa in seguito a metamorfosi uno **scifistoma**, uno stadio polipoide simile a un'idra. Grazie al processo di **strobilazione** (scissione trasversale attraverso la quale le meduse sono prodotte dai polipi), lo

scifistoma di Aurelia genera una serie di gemme appiattite, le **efire**, e si trasforma in una **strobila**. Successivamente, le efire si separeranno dando origine a meduse adulte.

Classe Staurozoa

Gli animali di questa classe vengono detti comunemente **stauromeduse** ed erano considerati un tempo scifozoi insoliti, anche se il loro ciclo vitale non include una fase medusoide. Il polipo solitario è pedunculato e usa un disco adesivo per attaccarsi alle alghe. La parte superiore del polipo porta otto braccia, alla cui terminazione sono presenti gruppi di tentacoli che circondano la bocca. I polipi si riproducono sessualmente. La planula, che non nuota, si sviluppa direttamente in un nuovo polipo.

Classe Cubozoa

I Cubozoa, in precedenza, erano considerati un ordine degli Scyphozoa. La medusa è lo stadio predominante. Un tentacolo, o un gruppo di tentacoli, si trova a ciascun angolo del quadrato formato dall'ombrello. Alla base di ciascun tentacolo, si differenzia una dura lamina appiattita, chiamata **pedalium**. Il margine dell'ombrello non è lobato e il margine del subombrello si ripiega all'interno a formare un **velarium**. Il **velarium** ha la stessa funzione del **velum** degli idrozoi cioè quella di aumentare l'efficienza nel nuoto. I cubozoi sono nuotatori attivi e predatori voraci.

Classe Anthozoa

Gli antozoi, o "animali fiore" sono polipi che assomigliano, appunto, a fiori. Manca totalmente lo stadio di medusa.

Questa classe si suddivide in tre sottoclassi: **Hexacorallia** (o **Zoantharia**), formata da anemoni di mare, madrepore e altri; **Ceriantipatharia**, che comprende anemoni tubiformi e coralli spinosi, e **Octocorallia** (o **Alcyonaria**), che contiene coralli molli e coralli cornei. Gli esacoralli e i ceriantipatari hanno un'organizzazione **esamera** e presentano tentacolari tubulari semplici, organizzati in uno o più cerchi intorno al disco orale. Gli ottocoralli presentano organizzazione in **ottameri** e hanno sempre otto tentacoli pennati (simili a penne di uccello).

La cavità gastrovascolare è ampia e suddivisa da setti o mesenteri, che rappresentano estensioni della parete corporea verso la cavità gastrovascolare.

In assenza di uno scheletro adeguato che può sostenere una crescita enorme, la parete del corpo incomincia ad estroflettersi ed ad introflettersi (cioè a pieghettarsi).

Anemoni di mare

Gli anemoni di mare (sottoclasse Hexacorallia) sono polipi più grandi di quelli degli idrozoi. Gli anemoni si trovano nelle aree costiere di tutto il mondo, specie in acque tiepide, dove si attaccano, mediante il disco pedale, a conchiglie, rocce... Questi animali hanno un corpo cilindrico, con una corona di tentacoli, disposta su uno o più cerchi intorno alla bocca, che si apre al centro di un **disco orale**. A una o entrambe le estremità della bocca vi è una doccia ciliata, chiamata **sifonoglifo**. I sifonoglifi producono correnti d'acqua dirette all'interno del faringe. Le ciglia, presenti nel resto del faringe, spingono l'acqua verso l'esterno. La corrente d'acqua che si viene così a formare trasporta all'interno l'ossigeno e rimuove i prodotti di rifiuto.

Gli anemoni sono carnivori e predano pesci e altri organismi di dimensioni appropriate.

Alcune specie sono a sessi separati, altre sono ermafrodite. Le gonadi sono localizzate ai margini dei setti.

Ottocoralli

Gli ottocoralli comprendono i coralli molli, i pennatulacei, le gorgonie a ventaglio, il corallo rosso e altri gorgonacei (coralli cornei). Sono tutti coloniali e le cavità gastrovascolari dei polipi comunicano mediante un sistema di tubi chiamati **solenii**. Questi tubi corrono attraverso una mesoglea molto estesa (**cenenchima**).

Barriere coralline

Le barriere coralline costituiscono uno degli ecosistemi più produttivi del pianeta. Si tratta di grandi formazioni calcaree presenti in acqua basse tropicali, depositate da organismi viventi nel corso di migliaia di anni. Nonostante il loro valore intrinseco ed economico, le barriere coralline sono sempre più spesso minacciate da una serie di fattori. Questi comprendono un eccesso di nutrienti e pesca eccessiva di pesci erbivori. Le barriere coralline stanno soffrendo anche le conseguenze del riscaldamento globale. Quando l'acqua in cui i coralli si trovano diventa troppo calda, essi espellono le zooxantelle (fenomeno noto come "sbiancamento dei coralli"). Inoltre, le alte concentrazioni di CO₂ atmosferica (a causa della combustione di carburante) tendono ad acidificare l'acqua degli oceani, rendendo più difficile il processo metabolico di precipitazione di carbonato di calcio da parte dei coralli.

Phylum Ctenophora

Il phylum Ctenophora (dal greco kteis, "pettine" + pherein, "portare") è composto da circa 150 specie, tutte marine. Prendono il nome dalle otto file di palette a forma di pettine che usano per la locomozione.

Gli ctenofori non hanno nematocisti. A parte alcune rare forme sessili o striscianti, gli ctenofori sono per lo più deboli nuotatori.

Uno ctenoforo rappresentativo è Pleurobrachia che ha un corpo piriforme. Porta sulla superficie del corpo otto file di palette trasversali, formate da lunghe ciglia, fuse fra loro, chiamate **pettini** o **cteni**. Il battito degli cteni in ciascuna fila inizia al polo aborale e procede fino all'apertura orale, spingendo l'animale in avanti. L'inversione del battito fa invertire il senso di marcia. Vi sono poi due lunghi tentacoli alloggiati in apposite sacche. La superficie dei tentacoli porta particolari cellule agglutinanti, dette **colloblasti** che secernano una sostanza appiccicosa utilizzata per catturare piccole prede. Una rete nervosa simile a quella degli cnidari comprende un plesso subepidermico, al di sotto di ciascun pettine. L'organo di senso all'estremità aborale è una statocisti, od organo dell'equilibrio, coinvolta nel coordinamento delle file di pettini. Tutti i ctenofori sono monoici, in quanto possiedono gonadi sia maschili sia femminili.

Phylum Platyhelminthes (acelomati)

I Platyhelminthes sono chiamati comunemente vermi piatti. Essi sono suddivisi in quattro classi. La classe **Turbellaria**, include forme non parassite, mentre le classi **Monogenea**, **Trematoda** e **Cestoda** sono del tutto costituite da specie parassite.

I plattelminti comprendono, quindi, forme sia a vita libera sia parassite.

Sono organismi che presentano tre foglietti embrionali (triblastici) e simmetria bilaterale.

I turbellari posseggono per lo più un'epidermide ciliata. Questa contiene **raditi**, cellule a forma di bastoncino, che una volta scaricate in acqua, si gonfiano e producono muco (cellule secernenti) consentendo all'animale di scivolare in maniera più agevole sul substrato. Molti ordini di turbellari hanno organi adesivi a doppia ghiandola. Questi organi consistono di tre tipi cellulari: cellule ghiandolari viscosi, cellule ghiandolari di rilascio e cellule di ancoraggio.

A differenza dell'epidermide ciliata della maggior parte dei turbellari, tutti i membri delle classi parassite possiedono un rivestimento non ciliato chiamato **tegumento sinciziale** (il termine sinciziale sta a significare che molti nuclei non sono separati fra loro da membrane cellulari).

Il tegumento ha proprietà di assorbimento e di secrezione.

Nella parete del corpo corre una serie di strati di **fibre muscolari** disposte circolarmente, longitudinalmente e diagonalmente. Dal mesoderma si sviluppa una rete di cellule parenchimatice, che riempie lo spazio tra i muscoli e gli organi viscerali.

Il sistema digerente comprende una bocca, un faringe e un intestino. Nei turbellari come la planaria Dugesia, il faringe è racchiuso in una guaina faringea. L'intestino è costituito da tre canali molto ramificati, uno anteriore e due posteriori, e forma una cavità gastrovascolare. Le secrezioni intestinali contengono enzimi proteolitici per una sorta di digestione extracellulare. Il cibo è risucchiato nell'intestino, dove le cellule del gastroderma lo fagocitano e completano la digestione (intracellulare). Il cibo non digerito viene poi espulso tramite il faringe.

L'intero sistema digerente manca nei cestodi. Questi assorbono il nutrimento, sotto forma di piccole molecole, direttamente attraverso il tegumento.

A eccezione di alcuni turbellari, il sistema osmoregolatore consiste di una serie di canali con tubuli che terminano con **cellule a fiamma (protonefridi)**. Il protonefridio rappresenta un sistema escretore primordiale. Ciascuna cellula a fiamma forma una sorta di coppa nella quale si protende un ciuffo di flagelli. I protonefridi formano una sottile parete fenestrata. Il battito dei flagelli determina una pressione che trascina il fluido attraverso le maglie di questa fenestrazione nello spazio (lumen). I protonefridi con cellule a fiamma sono presenti anche nei taxa di parassiti. I monogenei presentano, di solito, due pori escretori che si aprono lateralmente nella parete anteriore del corpo.

Il sistema nervoso dei plattelminti può variare a seconda della specie. Quello più primitivo è rappresentato da un plesso nervoso subepidermico simile alla rete nervosa degli cnidari. Altre specie, oltre a questo plesso, posseggono da una a cinque paia di cordoni nervosi longitudinali posti al di sotto dello strato muscolare. Nervi di connessione formano una struttura a "scala". Il cervello consiste in un ammasso di cellule ganglionari che si originano anteriormente dai cordoni nervosi.

Sulla superficie del corpo abbondano cellule tattili e chemiorecettive. Altre specie posseggono statocisti per l'equilibrio e **reorecettori** per captare la direzione della corrente d'acqua. Gli **ocelli**, o macchie oculari sensibili alla luce, sono comuni tra i turbellari, i monogenei e le larve dei trematodi. Molti turbellari si riproducono sia asessualmente sia sessualmente. Inoltre, molti dei turbellari sono monoici (ermafroditi) ma con fecondazione incrociata.

Classe Turbellaria

I turbellari sono per lo più animali a vita libera. Essi annoverano molte forme marine.

Comparazione tra organismo acelomato con uno celomato

Caratteristiche acelomati

1) sistema protonefridiale molto ramificato per cercare di captare dalla linfa i cataboliti visto che manca un sistema circolatorio e la cavità del corpo è piena di cellule;

2) Nefridioporo;

3) gonadi;

4) muscolatura;

5) Epidermide.

Caratteristiche celomati

1) intestino che ha bisogno di sospensioni per evitare il collassamento sulla zona ventrale;

2) cavità celomatica

3) vaso sanguigno

4) parenchima

5) Nefridio (nel caso dei celomati, è presente un sistema circolatorio connesso a un sistema nefridiale, al quale trasporta i cataboliti).

Phylum Rotifera

I Rotifera (dal latino rota, "ruota" + ferre, "portare") devono il proprio nome a una caratteristica **corona ciliata**. Si tratta di organismi pseudocelomati, triblastici e di taglia minuscola (0,05- 2mm). Appartengono al clade dei Lofotrocozoi in quanto presentano una larva (trocofora).

Il corpo di un rotifero comprende un capo, che porta una corona di ciglia, un tronco e una coda posteriore, o piede. Il corpo non è ciliato, ad eccezione della corona, ed è ricoperto da una cuticola. All'interno dell'epidermide sinciziale vengono prodotte **placche proteiche** deputate al sostegno meccanico del corpo. Le ciglia della corona battono in successione, dando l'impressione di una ruota che gira. Al centro della corona si apre la cavità orale connessa ad un faringe dall'aspetto mascelliforme denominato **mastax** (o ventriglio).

Il tronco può essere di forma allungata o sacciforme.

Il sistema digerente è completo e può terminare nell'estremità posteriore del corpo con un ano. Alcuni rotiferi si nutrono trascinando verso la bocca, mediante il battito delle ciglia coronali, minute particelle organiche o alghe.

Il sistema escretore consiste tipicamente di un paio di tubuli protonefridiali, ciascuno con parecchie cellule a fiamma, che si svuotano in una vescica comune. La vescica, a sua volta, si svuota nella **cloaca**, dentro cui sboccano anche intestino e ovidotti.

Il sistema nervoso consiste di un cervello bilobato. Gli organi di senso comprendono macchie oculari, setole sensoriali e papille.

I rotiferi si riproducono in tre modi differenti, in base all'ordine di appartenenza. Nell'ordine **Seisonidea**, la strategia è la classica riproduzione sessuale mentre nei **Monogononti** le cose cambiano: sono presenti cicli partenogenetici alternati a cicli sessuali. La partenogenesi darà vita ad un esemplare femmina. I cicli sessuali in quest'ordine sottintendono la presenza di maschi, che però sono aploidi. Le femmine possono essere di due tipologie e compiere due cicli differenti: **ciclo amittico** e **ciclo mittico** (dal greco miktos, "misto"). Nell'ordine degli **Bdelloidei** i maschi sono assolutamente scomparsi, non esistono e quindi la riproduzione avviene solamente tramite partenogenesi.

Questa singolare scelta riproduttiva è tuttora poco compresa, in quanto è difficile immaginare la sopravvivenza di una popolazione senza il rimescolamento genico garantito dalla riproduzione sessuale. Anche se tra i vantaggi si può sicuramente annoverare il fatto che avendo una popolazione di sole femmine, tutti gli individui sono in grado di riprodursi.

Un'altra novità che riguarda questo phylum è il fatto che hanno un numero fisso di cellule (**eutelia**). Il numero di cellule presenti alla nascita di un individuo rimane costante per tutta la vita, il che indica che l'accrescimento dell'organismo è dato non dall'aumento del numero di cellule, ma dall'aumento delle dimensioni delle stesse, e che eventuali danni non possono essere riparati con nuove cellule.

Phylum Mollusca

Il corpo di un mollusco si può considerare formato da una porzione **capo-piede** e da una **massa viscerale**. La zona capo-piede svolge funzioni nutritive, alloggia gli organi sensoriali e compie la locomozione. La massa viscerale è la porzione che contiene gli organi digerenti, circolatori, respiratori e riproduttivi.

Due pieghe della pelle, espansioni laterali della parete del corpo, formano un **mantello** protettivo (esclusivo dei molluschi). In alcuni molluschi il mantello secerne una **conchiglia** al di sopra della massa viscerale e della porzione capo-piede.

Molti molluschi hanno un capo ben sviluppato, che porta una bocca e alcuni organi di senso specializzati. All'interno della cavità boccale, vi è una struttura tipica dei molluschi, la **radula**; il piede, il principale organo di locomozione, è situato posteriormente alla bocca.

La radula è un organo nastriforme armato da file di denti; è posta su una cartilagine di supporto a forma di lingua, protrudibile, l'**odontoforo**. La radula ha funzione raschiante e nuota sopra l'estremità della cartilagine, mentre questa viene mossa verso l'interno e l'esterno da muscoli complessi. La radula è presente in tutti i molluschi, a eccezione dei bivalvi e della maggior parte dei solenogastri. Molti zoologi hanno utilizzato la struttura della radula per effettuare un'identificazione sistematica.

Il piede dei molluschi può essere variamente adattato per la locomozione o l'adesione al substrato. È, di solito, una struttura ventrale, in cui le onde di contrazione producono un movimento strisciante, possibile solo se il substrato viene lubrificato con abbondante produzione di muco.

Nelle forme pelagiche, liberamente natanti, il piede può essere modificato in parapodi a forma di ali o di sottili pinne mobili per il nuoto.

Il mantello riveste gran parte del corpo dei molluschi. Si tratta di un'estroflessione epiteliale. Tale estroflessione protegge le parti molli e delimita fra sé e la massa viscerale uno spazio chiamato cavità del mantello. Questa cavità svolge un ruolo essenziale. Di solito, alloggia gli organi respiratori (branchie o polmoni) che si sviluppano dal mantello stesso. Nelle forme più semplici, uno **ctenidio** (o branchia) di un mollusco è costituito da un asse

lungo, appiattito che si estende a partire dalla parete della cavità del mantello. L'acqua è mossa da ciglia tra i filamenti branchiali e il sangue diffonde da un vaso afferente nell'asse centrale, attraverso il filamento, a un vaso efferente. La direzione del movimento del sangue è opposta a quella dell'acqua.

Nelle branchie arrivano i capillari del sistema circolatorio che collaborano con il sistema respiratorio. Il sistema circolatorio raccoglie la CO₂ derivante dalla respirazione cellulare e la cede alle branchie in cambio dell'ossigeno. Il sistema circolatorio è aperto (contaminazione tra il sangue venoso e il sangue arterioso o ossigenato). Esso presenta un cuore pulsante, vasi e seni sanguigni. Un sistema circolatorio aperto è meno efficiente nel rifornire di ossigeno tutti i tessuti per cui è più comune negli animali che si muovono lentamente.

La conchiglia presenta tre strati. Il **periostraco** è lo strato corneo esterno composto da una proteina chiamata **conchiolina**. Questo strato aiuta a proteggere i sottostanti strati calcarei sottostanti dall'azione di organismi perforatori.

Lo strato **prismatico** intermedio è composto da prismi di carbonato di calcio immersi in una matrice proteica.

Lo strato **madreperlaceo** interno è composto da lamine sottili di carbonato di calcio. Questo strato è secreto in continuazione dalla superficie del mantello, così che diventa più spesso nel corso della vita dell'animale. La madreperla è deposta in strati molto sottili e ondulati, che conferiscono iridescenza.

I molluschi di acqua dolce presentano, di solito, uno strato di periostraco più spesso, che offre loro una certa protezione contro gli acidi rilasciati dalla decomposizione delle foglie nell'acqua.

Il calcio per la conchiglia viene ottenuto dall'acqua circostante, dal suolo o dal cibo. La prima conchiglia compare durante la vita larvale e cresce continuamente nel corso della vita.

Dall'esterno verso l'interno, in un mollusco troviamo:

Periostraco- strato prismatico – strato madreperlaceo (conchiglia) - mantello

La produzione di perle è un sottoprodotto del sistema di difesa adottato dai molluschi quando un granello di sabbia, o un parassita, si inserisce fra la conchiglia e il mantello.

Gli studiosi delle conchiglie si chiamano malacologi (malacos= conchiglia).

Il canale digerente è complesso e altamente specializzato, a seconda delle strategie alimentari delle diverse specie. Molti molluschi presentano un paio di reni (**metanefridi**).

Il sistema nervoso consiste di alcune paia di gangli (come per esempio i gangli pedali) connessi da nervi.

La maggior parte dei molluschi è dioica, sebbene alcuni gasteropodi siano ermafroditi. Lo sviluppo di molti molluschi acquatici prevede una larva trocofora natante e un **veliger**. Il veliger è la larva liberamente natante della maggioranza dei gasteropodi marini, degli scafopodi e dei bivalvi. Si sviluppa da una trocofora e presenta un inizio di piede, conchiglia e mantello.

La larva trocofora presenta un cerchio di ciglia (si trova nei molluschi e negli anellidi).

Classe Caudofoveata

La classe Caudofoveata comprende specie marine in lunghezza da 2 a 140 mm. Possiedono uno scudo orale, associato con la selezione e l'ingestione del cibo. Hanno un paio di branchie; sono dioici.

Classe Solenogastres

I solenogastri sono animali marini simili ai caudofoveati. Essi, tuttavia, non hanno di solito né radula né branchie (anche se possono essere presenti strutture respiratorie secondarie). Sono ermafroditi.

Classe Polyplacophora: chitoni

I chitoni presentano una superficie dorsale protetta da sette-otto **placche**. Il termine "Polyplacophora" significa, infatti, "portatore di molte placche", al contrario dei Monoplacophora, che hanno una sola conchiglia.

Presentano un capo e organi cefalici di senso ridotti, ma alcuni chitoni sono dotati di strutture fotosensoriali (**estetidi**). Per mangiare estroflettono dalla bocca un organo di senso subradulare allo scopo di cercare alghe e animali coloniali. Il mantello forma una **cintura** intorno ai margini delle piastre.

Su ciascun lato del piede, fra questo e il mantello, vi è una fila di branchie. Gli organi di senso comprendono occhi posti sulle placche della conchiglia (in alcune specie) e un paio di **osfradi** (organi chemio-recettori per saggiare l'acqua). I chitoni sono a sessi separati. Presentano una pseudometameria.

Classe Monoplacophora

Fino al 1952 i Monoplacophora erano noti solo da conchiglie fossili del Paleozoico (esemplare *Neopilina*). Si tratta di piccoli molluschi con una conchiglia bassa e arrotondata e un piede strisciante. Al contrario di quanto accade negli altri molluschi, vi è la ripetizione seriale di un certo numero di organi. I Monoplacophora hanno da 3 a 6 paia di branchie, due paia di atri del cuore, da 3 a 7 paia di metanefridi, 2 paia di gonadi e un sistema nervoso. Alcuni considerano i Monoplacophora metamerici, a riprova che i molluschi derivano da un antenato metamerico, simile a un anellide, e che la metameria è stata successivamente persa in altri molluschi.

Classe Gastropoda

Fra le classi di molluschi, i gasteropodi sono di gran lunga i più abbondanti e diversificati. Comprendono chioccioline, patelle, lumache, littorine, lumache marine... Quando presente, la conchiglia è formata da un solo pezzo (**univalve**) e può essere spiralata o meno. Partendo dall'apice, che contiene la spira più vecchia e più piccola, le spire diventano poi sempre più ampie e s'avvolgono attorno all'asse centrale detto **columella**. La conchiglia può essere **destrorsa** o **sinistrorsa**, a seconda della direzione dell'avvolgimento a spirale, che è controllata geneticamente; le conchiglie destrorse sono più comuni.

Molte specie presentano un **opercolo**, una lamina cornea che chiude l'apertura della conchiglia quando l'animale ritira il corpo al suo interno.

Questa lamina protegge il corpo e limita la perdita d'acqua.

Solo i gasteropodi subiscono la **torsione**. La torsione è un fenomeno particolare grazie al quale la cavità del mantello si sposta dalla parte posteriore a quella anteriore del corpo. Prima della torsione, la larva ha simmetria bilaterale: la bocca è in posizione anteriore, mentre ano e cavità del mantello sono all'estremità posteriore del corpo. Durante la torsione, si verifica una crescita ineguale dei muscoli che connettono a destra e a sinistra la conchiglia con il complesso capo-piede. Muscoli relativamente più corti su un lato degli organi viscerali causano una torsione degli organi stessi attraverso due eventi di rotazione di 90 e 180 gradi rispettivamente. Questa torsione avviene durante lo stadio larvale.

Dopo la torsione, l'ano e la cavità del mantello diventano anteriori e si aprono sopra la bocca e il capo. La branchia, il rene e l'atrio del cuore di sinistra si ritrovano nella parte di destra, mentre branchia, rene e atrio del cuore di destra si trovano ora a sinistra e i cordoni nervosi si incrociano fra loro formando una sorta di otto. Questo meccanismo d'incrocio si chiama **chiastroneuria** o **streptoneuria**. Nel corso dell'evoluzione, i gasteropodi sono andati incontro a una **detorsione**: l'ano si apre sul lato destro o anche posteriormente.

La respirazione in molti gasteropodi è svolta da una sola branchia. I polmonati, invece, hanno perso le branchie e la parete vascolarizzata della cavità del mantello è diventata un polmone.

Il sistema nervoso comprende tre paia di gangli connessi da nervi.

I gasteropodi possono essere dioici o ermafroditi. Durante la copula nelle specie ermafrodite, a volte, vi è uno scambio di spermatofore, in modo da evitare l'autofecondazione. Molti polmonati lanciano un dardo dal sacco del dardo nel corpo del partner per aumentare l'eccitazione prima della

copula. Dopo l'accoppiamento, ogni partner deposita le uova in una tana poco profonda nel suolo. I gasteropodi più primitivi rilasciano le uova e gli spermatozoi nell'acqua di mare, dove avviene la fecondazione e gli embrioni schiudono come trocofore a vita libera.

I Gasteropodi si distinguono in tre sottoclassi: **Prosobranchia** (Pteropodi ed Eteropodi), **Opisthobranchia** (Eolidacei, Umbraculidi, Doridacei e Nudibranchi) e **Palmonata** (Chiocciola e Lumaca). I Prosobranchi comprendono rappresentanti quasi tutti marini. Esempi ben conosciuti sono le littorine, le orecchie di mare, le patelle...

Gli Opisthobranchi sono un gruppo di gasteropodi marini che comprende le lumache di mare, le lepri di mare e i nudibranchi.

I nudibranchi da adulti sono privi di conchiglia e sono tra i molluschi più belli e colorati.

Classe Bivalvia

I Bivalvia sono molluschi con una conchiglia a due valve e comprendono mitili (o cozze), vongole, pettini, ostriche e tereidini. Quasi tutti i bivalvi sono filtratori sedentari e usano la corrente prodotta dalle ciglia delle branchie per captare le minute particelle alimentari. A differenza dei gasteropodi, mancano di un capo, di una radula e presentano scarsa cefalizzazione. La maggior parte dei bivalvi è marina.

Le due valve della conchiglia sono tenute insieme dorsalmente da un legamento a cerniera che determina l'apertura ventrale delle valve. Al di sopra di questo legamento, vi è l'umbone, che è la parte più vecchia della conchiglia. Le valve svolgono una funzione essenzialmente protettiva, ma quelle delle tereidini hanno denti microscopici che consentono a questi organismi di perforare il legno. Pochi bivalvi, per esempio i pettini, utilizzano le valve per la locomozione.

Lo scambio di gas si compie attraverso il mantello e le branchie. Le branchie sono derivate dai primitivi ctenidi.

I bivalvi sono per la maggior parte sospensivori. La corrente respiratoria porta sia ossigeno sia materia organica alle branchie, dove i tratti ciliati li dirigono verso i pori delle branchie. Le cellule ghiandolari delle branchie secernano abbondante quantità di muco e questo imprigiona le particelle presenti nell'acqua. I sessi sono separati e generalmente la fecondazione è esterna.

Classe Scaphopoda

Gli scafopodi sono chiamati comunemente molluschi a "zanna". Hanno un corpo allungato ricoperto dal mantello e una conchiglia tubolare aperta a entrambe le estremità. Il piede che sporge dall'apertura maggiore della conchiglia serve per scavare nel fango o nella sabbia. L'acqua necessaria per la respirazione circola attraverso la cavità del mantello grazie a movimenti del piede e all'azione delle ciglia. Il cibo viene catturato dalle ciglia del piede o dalle protuberanze ciliate dei lunghi tentacoli ricoperti di muco (**captacoli**). I sessi sono separati e si forma una larva trocofora.

Classe Cephalopoda

I Cephalopodi sono i molluschi più complessi. Comprendono calamari, polpi, nautili e seppie. Il piede prende anche la forma di un imbuto per espellere acqua dalla cavità del mantello.

I più antichi reperti fossili di cefalopodi datano dal Cambriano. Le conchiglie più primitive erano lunghe e coniche, altre erano incurvate o spiralate, con un massimo di avvolgimento a spirale simile a quella dell'attuale Nautilus (dal greco *nautilus*, "navigatore"). I cefalopodi senza conchiglia o con conchiglia interna (come polpi e calamari) si sono probabilmente evoluti a partire da un antenato con conchiglia diritta.

Le conchiglie di nautiloidi e ammonioidi erano pesanti, ma potevano galleggiare grazie alla presenza di una serie di camere contenenti gas; questa conformazione consentiva all'animale di nuotare, trasportando al tempo stesso la conchiglia. L'animale occupa solo l'ultima camera. Le diverse camere sono connesse da un cordone di tessuto vivente, il **sifuncolo**. Anche le seppie hanno una piccola conchiglia spiralata o ricurva, ma è internamente avvolta nel mantello (osso di seppia). Nei calamari la conchiglia è quasi del tutto scomparsa, lasciando solo una sottile lamina cornea detta penna racchiusa dal mantello. In Octopus la conchiglia è assente.

In Nautilus il capo, con i suoi 60-90 tentacoli, può essere estroflesso dalla conchiglia; i tentacoli sono dotati di ventose, ma aderiscono alla preda grazie a particolari secrezioni. Al di sotto del capo vi è l'**imbuto** o **sifone**. La conchiglia protegge il mantello, la cavità del mantello e la massa dei visceri e, nella cavità del mantello, sono alloggiati due paia di branchie. Tutti gli altri cefalopodi hanno un solo paio di branchie. Gli ottopodi (polipi) hanno 8 tentacoli dotati di ventose; calamari e seppie (decapodi) possiedono 8 braccia con ventose e un paio di lunghi tentacoli retrattili. Quando il bordo del mantello si contrae strettamente intorno alla regione del collo, l'acqua viene espulsa, attraverso l'imbuto. La corrente d'acqua così formata fornisce ossigenazione per le branchie nella cavità del mantello, forza propulsiva per la locomozione e un modo per portare all'esterno prodotti di rifiuto e gameti.

Possiedono un sistema circolatorio chiuso, dotato di una rete di vasi e il sangue circola nelle branchie attraverso i capillari. Il piano organizzativo del sistema circolatorio di un mollusco ancestrale prevedeva il passaggio del sangue attraverso l'intero circolo sistemico prima di giungere alle branchie; ciò comportava una pressione sanguigna troppo bassa a livello delle branchie per assicurare scambi gassosi rapidi. Questo problema funzionale è stato risolto grazie all'evoluzione di **cuori accessori branchiali** alla base di ogni branchia per aumentare la pressione sanguigna.

Nella pelle della maggior parte dei cefalopodi vi sono speciali cellule pigmentate, dette **cromatofori** che, espandendosi e contraendosi, determinano cambiamenti nella colorazione. Sono controllate dal sistema nervoso e, forse, da ormoni. Alcuni cambiamenti del colore sono a scopo criptico, per confondersi con l'ambiente circostante, ma per lo più hanno un significato comportamentale, per segnalare un pericolo o per il corteggiamento.

Molti calamari di profondità, dove non c'è luce, non presentano cromatofori ma organi luminosi, i **fotofori** e quindi sono bioluminescenti.

La maggior parte dei cefalopodi, a eccezione dei nautiloidi, possiede una **tasca dell'inchiostro** che si svuota nel retto. Questa tasca contiene una ghiandola dell'inchiostro, che secerne un fluido nero, contenente melanina. Quando l'animale si sente minacciato, espelle una nuvola di inchiostro attraverso l'ano agendo sulla chemio ricezione negativa della preda (ovvero il gusto non è gradevole e quindi si allontana).

Molti cefalopodi nuotano espellendo con forza l'acqua dalla cavità del mantello mediante l'imbuto ventrale. L'imbuto è mobile e può essere indirizzato in avanti o all'indietro per controllare la direzione del nuoto; la forza con cui l'acqua viene espulsa determina la velocità del nuoto.

Argonauta argo (ottopode) ha come elemento caratteristico il dimorfismo sessuale. La femmina secerne, durante il periodo fertile, un'ooteca calcarea simile a una conchiglia in cui depone le uova fecondate.

Octopus ha un corpo globoso. I polpi possono nuotare all'indietro espellendo con forza l'acqua dal mantello, ma sono più adattati a strisciare su rocce e coralli, utilizzando le ventose presenti sui propri tentacoli.

I cefalopodi sono a sessi separati. Nella vescicola seminale del maschio gli spermatozoi vengono inseriti in spermatofore e immagazzinati in un sacco che si apre nella cavità del mantello. Durante la copula, un braccio modificato del maschio adulto (**ectocotile**) preleva una spermatofora dalla propria cavità del mantello e la inserisce in quella della femmina, in prossimità dell'apertura dell'ovidotto. I maschi possono perdere l'ectocotile durante un combattimento con un rivale. Le uova sono fecondate mentre lasciano l'ovidotto e di solito rimangono attaccate a pietre o ad altri oggetti sommersi durante lo sviluppo.

Fino a poco tempo fa, era noto che i cefalopodi non vedevano i colori. Oggi, grazie ad alcuni studi, si è scoperto che esistono diversi modi per "vedere" le diverse colorazioni e gli occhi dei cefalopodi sembrano perfetti per utilizzare una delle alternative in maniera assai simile a una macchina fotografica digitale. Percepire i colori richiede una specializzazione degli occhi e del cervello. Per esempio, gli umani hanno tre tipi di cellule cono, ciascuna associata a un differente intervallo di lunghezza d'onda. Queste cellule trasmettono le loro letture al cervello che le interpreta con una visione a colori. Questa abilità ha un prezzo: in condizioni di scarsa luminosità la nostra vista diviene meno precisa. I cefalopodi hanno un solo tipo di cellule ottiche e si sono anche distinti nei test di laboratorio per la loro apparente incapacità di percepire i toni secondo i metodi standard (ideati quindi per occhi come i nostri). Eppure, il mondo di questi animali è fatto di colori: si mimetizzano fino a rendersi invisibili oppure comunicano con una vasta gamma di tinte durante la loro stagione riproduttiva. La grande domanda che si ponevano gli studiosi era quindi: come è possibile che animali incapaci di vedere i colori, li utilizzano in maniera così eccezionale? Due ricercatori, padre e figlio, hanno messo a punto un modello che

spiega la loro visione dei colori. In pratica hanno un occhio che percepisce le tinte in base alla distanza alla quale essi sono a fuoco, un po' come fanno le macchine fotografiche digitali massimizzando il contrasto rispetto alla lunghezza focale.

L'organo olfattorio, il primo senso a svilupparsi evolutivamente, dei cefalopodi contiene una mucosa olfattiva formata da cellule neuro-sensorie. La mucosa olfattiva va incontro a fenomeni di rigenerazione. L'organo olfattorio di *Octopus vulgaris* è presente in due piccole fossette poste ai lati della testa posteriormente e ventralmente agli occhi.

Struttura occhio

La retina contiene i fotorecettori, cioè le cellule neuro-sensorie responsabili della visione. Questi elementi sono sensibili alle onde luminose e svolgono un'importante funzione di trasduzione, cioè sono in grado di trasformare la luce che arriva sul fondo dell'occhio in una informazione (prima chimica, poi elettrica) da trasmettere al cervello mediante il nervo ottico.

I **fotorecettori** della retina sono distinti in cono e bastoncelli. Le loro differenze strutturali sono correlate ad importanti caratteristiche funzionali. I bastoncelli, ad esempio, trasmettono un'immagine meno nitida, ma presentano un maggior numero di fotopigmenti rispetto ai cono e sono più sensibili in condizioni di scarsa luminosità. Tutti i bastoncelli contengono, inoltre, lo stesso fotopigmento o molecola pigmentata (**rodopsina**), mentre i cono non sono tutti uguali. Quest'ultimi fotorecettori presentano, infatti, tre diversi tipi di pigmenti sensibili alla luce (**iodopsine**), che garantiscono la discriminazione dei vari colori. I cono, inoltre, sono responsabili della visione diurna e colgono con precisione i dettagli.

Caratteristiche strutturali dei fotorecettori

I fotorecettori presentano in successione un segmento esterno ed un segmento interno in rapporto con le cellule dell'epitelio pigmentato, una fibra esterna, il nucleo, un assone (o fibra interna) ed una terminazione sinaptica.

Il segmento esterno dei cono ha la forma di una piramide tronca, mentre quello dei bastoncelli è cilindrico ed allungato; in entrambi i casi, questa parte è caratterizzata da una serie stratificata di lamelle, che delimitano sacche membranose, appiattite e discoidali immerse nel citoplasma della cellula. Questi "dischi" contengono i pigmenti che reagiscono alla luce e provocano modificazioni del potenziale di membrana del fotorecettore.

Il segmento interno è caratterizzato dalla presenza di organuli intracellulari, come mitocondri e membrane del reticolo endoplasmatico granuloso, indispensabili per il metabolismo cellulare. È loro, infatti, il compito di produrre nuove molecole di pigmento man mano che vengono scisse.

La terminazione sinaptica permette la trasmissione dei segnali dal fotorecettore alle cellule bipolari mediante sinapsi, ossia per trasmissione biochimica tra cellule nervose.

Phylum Annelida

Gli Annelida comprendono i cosiddetti vermi segmentati. I rappresentanti più familiari sono i lombrichi (vermi terrestri), i vermi d'acqua dolce (oligocheti) e le sanguisughe (irudinei). Hanno un corpo diviso in **segmenti** simili (chiamati anche **metameri**) disposti in una serie lineare e distinti esternamente da anelli circolari detti **annuli**. La segmentazione del corpo (metameria) è, appunto, una divisione del corpo in una serie di segmenti, ognuno dei quali contiene componenti simili di tutti i maggiori sistemi di organi. I segmenti sono delimitati internamente da setti. La maggior parte degli anellidi è dotata di sottili setole chitinee dette **chete**. Le chete corte aiutano i metameri ad ancorarsi al substrato durante la locomozione; le chete più lunghe delle specie acquatiche sono d'aiuto nel nuoto.

Gli anellidi sono diffusi in tutto il mondo; si possono trovare in mare, nelle acque interne e nel suolo.

Metameria

Consiste da un punto di vista morfologico, in una ripetizione di segmenti del corpo, non solo esternamente ma anche internamente (infatti, all'interno di ogni metamero ci sono organi che si ripetono, ad eccezione del prostomio, del peristomio e i metameri situati nella regione antero-mediana rappresentata dal **clitello**).

Caratteristiche generali

Si tratta di organismi triblastici, celomati, protostomi a simmetria bilaterale. Il nome deriva dal latino *annulus*, "anello". Inoltre, sono ermafroditi insufficienti.

Il corpo di un anellide presenta tipicamente un capo formato da due parti, il **prostomio** e il **peristomio**, una serie di segmenti (metameri) e un **pigidio** terminale che porta l'ano. I segmenti più vecchi si trovano verso l'estremità anteriore, mentre quelli più recenti verso l'estremità posteriore. Ciascun segmento contiene strutture dei sistemi circolatorio, respiratorio, nervoso, escretore, nonché un celoma. Nella maggior parte degli anellidi, il celoma si forma per suddivisione del mesoderma (**schizocelia**). Ciascun compartimento è circondato dal **peritoneo**, uno strato di epitelio mesodermico che tappezza la parete corporea, forma i **mesenteri** dorsali e ventrali e ricopre tutti gli organi. Quando i peritonei di due metameri adiacenti vengono a contatto, si formano i **setti**. Il celoma è pieno di fluido e agisce da **scheletro idrostatico**. Poiché il volume del fluido è praticamente costante, la contrazione della muscolatura longitudinale causa un accorciamento e un contemporaneo allargamento del corpo; al contrario, la contrazione della muscolatura circolare ne determina l'allungamento e l'assottigliamento. I movimenti striscianti vengono compiuti mediante onde alternate di contrazione della muscolatura longitudinale e circolare, che si propagano antero-posteriormente lungo tutto il corpo (**contrazione peristaltica**).

Il corpo degli anelli presenta uno strato esterno costituito da una cuticola che circonda l'epidermide. Il sistema digerente non è segmentato. Il sistema escretore è composto tipicamente da un paio di **nefridi** per ogni metamero; i nefridi rimuovono le scorie sia dal sangue sia dal celoma. Il sistema circolatorio è chiuso, diventando un sistema di diffusione del materiale digerito collaborando con il sistema nefridiale. Gli scambi gassosi possono avvenire attraverso la pelle, le branchie o i parapodi. Il sistema nervoso consiste di un cordone doppio ventrale e di un paio di gangli con nervi laterali in ogni metamero: il cervello è formato da un paio di gangli dorsali ed è connesso al cordone nervoso ventrale.

Gli anellidi sono tradizionalmente distinti in tre classi: **Policheti**, **Oligocheti** e **Irudinei**.

Polichete (dal greco *polys*, "molto"; *cháite*, "chioma") è un termine usato per indicare una delle famiglie distinte morfologicamente di vermi, dotate di molte chele. I due gruppi principali di questa classe sono: **Erranti** e **Sedentari**. La riproduzione può essere sia sessuata a sessi separati che asessuata in quanto alcune specie sono in grado di gemmare generando nuovi individui (zooidi).

I policheti differiscono dagli altri anellidi in quanto dotati di un capo ben differenziato con organi di senso specializzati e di appendici pari, chiamate **parapodi**, sulla maggior parte dei segmenti. I parapodi sono composti da due parti principali, un **notopodio** dorsale e un **neuropodio** ventrale. I parapodi vengono utilizzati per strisciare, nuotare o ancorarsi ai tubi. Svolgono, di solito, anche funzioni respiratorie, sebbene alcuni policheti presentano anche branchie. Il sistema digerente di un polichete consiste di un intestino anteriore, uno medio e uno posteriore. L'intestino anteriore include uno stomodeo, un faringe e un esofago. La porzione più anteriore dell'intestino medio secerne enzimi digestivi; mentre l'assorbimento avviene verso l'estremità posteriore. I policheti mostrano una diversità considerevole nelle strutture sia circolatorie sia respiratorie. I parapodi e le branchie compiono scambi gassosi in varie specie. Tuttavia, in alcuni policheti non esistono organi specializzati per la respirazione e gli scambi gassosi avvengono attraverso la superficie del corpo. Il modello circolatorio è molto variabile. In *Nereis virens* (polichete errante) un vaso longitudinale dorsale porta il sangue anteriormente e un vaso longitudinale ventrale lo conduce posteriormente. Nel verme predatore *Glycera* il sistema circolatorio è ridotto e si congiunge direttamente con il celoma. In questo modo, il fluido celomatico svolge una funzione circolatoria. Molti policheti hanno pigmenti respiratori come emoglobina, clorocruorina o emeritina.

Gli organi per l'escrezione sono protonefridi e metanefridi. Ogni metanefridio termina con un **nefrostoma**.

Erranti

Gli Erranti comprendono i policheti mobili. Sono per lo più marini. Presentano una metameria **omonoma** in cui le appendici esterne si ripetono allo stesso modo su ogni segmento: esse sono, infatti, deputate, tutte alla locomozione (a parte quelle del primo metamero, specializzate per la presa dell'alimento).

Sono, in genere, predatori oppure depositori (cioè si nutrono di depositi di sostanza organica sul fondale marino).

Un esempio di polichete errante è *Nereis virens*, che è un attivo predatore e vive in tane rivestite di muco nella zona di bassa marea. Sono organismi più attivi di notte, quando escono dai nascondigli e nuotano o strisciano sulla sabbia in cerca di cibo.

Sedentari

Il piano corporeo dei policheti sedentari è molto simile a quello dei policheti erranti, a eccezione del capo, che è spesso modificato con l'aggiunta di tentacoli, usati per la cattura del cibo. Presentano una metameria **eteronoma** in cui i vari segmenti del corpo presentano appendici esterne specializzate per determinate funzioni a seconda, della regione in cui sono localizzate.

Le forme scavatrici e tubicole sono per lo più sospensivore e utilizzano le ciglia o il muco per intrappolare il cibo. Un rappresentante di questo gruppo è *Amphitrite*.

I policheti, detti vermi "ventaglio" sono organismi tubicoli da osservare quando emergono dai tubi, essi stessi secernono, estroflettendo la corona di tentacoli, spesso molto colorata, allo scopo di nutrirsi. Il cibo attirato da queste braccia piumate, o **radioli**, grazie all'azione delle ciglia, viene successivamente intrappolato nel muco e quindi trasportato alla bocca mediante scanalature ciliate presenti sui tentacoli.

Oligocheti

Gli oligocheti (dal greco *oligos*, "poco" + *chaite*, "chioma") comprendono i ben noti lombrichi e numerose specie che vivono nelle acque dolci.

Essi sono provvisti del cosiddetto **clitello**, un organo ghiandolare, esteso su più metameri nella regione anteriore del corpo e deputato alla produzione di bozzoli per proteggere le uova deposte.

I lombrichi ingeriscono il terreno e poi lo rilasciano. Infatti, vengono utilizzati per produrre humus dal momento che il terreno passano per il loro intestino, si rigenera e poi utilizzato per la concimazione. Le gallerie costruite dai lombrichi permettono all'aria e all'acqua di penetrare fin negli strati più profondi del suolo.

Lumbricus terrestris è la specie più studiata. Nei lombrichi la bocca è contenuta in un prostomio carnoso situato all'estremità anteriore, mentre l'ano è presente sull'estremità posteriore. Essi si muovono grazie a movimenti peristaltici. Il cibo dei lombrichi è costituito prevalentemente da materia organica in decomposizione e da pezzetti di vegetazione ingeriti mediante il faringe. Il calcio del suolo, che viene ingoiato con il cibo, tende a produrre una concentrazione elevata di calcio nel sangue. Le **ghiandole calcifere** disposte lungo l'esofago, secernono ioni calcio nel tratto digerente, riducendo così la concentrazione di calcio nel sangue; queste ghiandole funzionano anche nella regolazione dell'equilibrio acido-base dei fluidi corporei. Lasciato l'esofago, il cibo viene immagazzinato temporaneamente in un **proventriglio**, prima di passare nel **ventriglio** che tritura il cibo in piccoli pezzi. La digestione e l'assorbimento avvengono nell'**intestino**. Esso presenta un'invaginazione dorsale detta **tiflosole** che aumenta la superficie di assorbimento dei nutrienti. Il **tessuto cloragogeno** si trova nel tiflosole e intorno all'intestino. Le cellule cloragogene sintetizzano glicogeno e grasso e possono svolgere anche una funzione escrettrice.

I lombrichi non hanno occhi, ma sono dotati di molti fotorecettori a forma di lente nell'epidermide. Sono ermafroditi e gli individui si scambiano gli spermatozoi durante l'accoppiamento. Dopo questo, ciascun individuo secerne, attorno al proprio clitello, dapprima un tubo di muco e poi una fascia dura e chitinoso, che forma un **bozzolo**. La fecondazione delle uova avviene nel bozzolo.

Classe Irudinei

Le sanguisughe sono diffuse soprattutto in ambienti d'acqua dolce. La maggior parte delle specie misura fra 2 e 6 cm in lunghezza; alcune sono più piccole, mentre altre possono arrivare fino a 20 cm e oltre.

Gli irudinei hanno un numero fisso di segmenti, in genere 34, e tipicamente presentano una ventosa anteriore e una posteriore.

Tra gli Irudinei, solo il genere *Acanthobdella* presenta chete. Questa classe, inoltre, non presentano setti: il celoma di questi individui è occupato da tessuti connettivo e muscolare, che ne riducono sostanzialmente l'efficienza come scheletro idrostatico, e da un sistema di spazi, detti **lacune**.

Le sanguisughe sono ectoparassiti ematofagi (cioè si nutrono esclusivamente di sangue). La maggior parte delle sanguisughe striscia con movimenti a compasso, attaccando dapprima una ventosa e poi l'altra, trascinando il corpo lungo un substrato. Gli Irudinei presentano una proboscide protrudibile muscolare o un faringe muscolare con tre mascelle armate di denti. Si nutrono dei fluidi corporei delle proprie prede, penetrandone la superficie con la proboscide o le mascelle e aspirando i fluidi con il faringe. Le specie ermatofaghe secernono un anticoagulante nella saliva. Le specie predatrici si nutrono di frequente, mentre le specie ermatofaghe di vertebrati fanno un pasto molto abbondante e digeriscono il cibo lentamente. Questa digestione rallentata dipende dalla mancanza di amilasi, lipasi e peptidasi nelle secrezioni intestinali. Infatti, sembra che queste specie dipendano principalmente dai batteri presenti nell'intestino per la digestione del pasto di sangue.

Gli irudinei sono ermafroditi, ma praticano la fecondazione incrociata durante l'accoppiamento. Posseggono un clitello, che però è evidente solo durante la stagione degli accoppiamenti. Gli scambi respiratori avvengono solo attraverso la pelle, eccetto in alcune sanguisughe che presentano branchie. Possiedono due cerebri: uno anteriore composto da sei paia di gangli fusi, che formano un anello intorno al faringe; l'altro posteriore, costituito da sette paia di gangli fusi.

Per secoli *Hirudo medicinalis* fu utilizzata per operare salassi di sangue a causa della convinzione errata che malattie organiche o febbre fossero causa della convinzione errata che malattie organiche o febbre fossero causate da un eccesso di sangue.

Phylum Nematoda: vermi cilindrici

Vivono nel mare, nell'acqua dolce e nel suolo. I nematodi possono parassitare qualsiasi tipo di animale e molte piante. Quelli a vita libera si nutrono di batteri, lieviti, ife fungine e alghe. *Caenorhabditis elegans*, un nematode a vita libera, può essere facilmente allevato in laboratorio ed è diventato un modello insostituibile per studi di biologia dello sviluppo.

Caratteristiche peculiari di questo gruppo di animali sono: corpo cilindrico, l'eutelìa (ossia la presenza di un numero fisso e costante di cellule negli organismi della stessa specie), la cuticola flessibile formata da fibrille di collagene disposte ortogonalmente tra loro a dare strati distinti, la mancanza di ciglia o di flagelli, i muscoli della parete del corpo che sono disposti solo longitudinalmente. In relazione con la mancanza di ciglia, i nematodi non hanno protonemfridi; il sistema escretore consiste in una o più cellule ghiandolari di grandi dimensioni, che si aprono mediante un poro escretore o in un sistema di canali privo di cellule ghiandolari, oppure può essere costituito da cellule e canali insieme.

La cuticola è secreta dall'epidermide sottostante (**ipoderma**). Questa viene mutata durante gli stadi giovanili di crescita; una delle caratteristiche che pone i Nematoda tra gli Ecdisozoa. La cuticola è di grande importanza funzionale, agendo da antagonista all'elevata pressione idrostatica, esercitata dal fluido dello pseudoceloma, e proteggendo il verme da un ambiente ostile, come il suolo secco o l'apparato digerente dell'ospite.

I muscoli della parete del corpo stanno sotto l'ipoderma. Ciascuna cellula muscolare ha una porzione fibrillare contrattile (o fuso) e una porzione sarcoplasmatica (corpo cellulare) non contrattile. Il fuso è striato con bande di miosina e actina, che ricordano il muscolo scheletrico dei vertebrati. I corpi cellulari contengono i nuclei e costituiscono per il verme il maggior deposito di glicogeno. Da ciascun corpo cellulare si estende un **processo muscolare** verso il nervo ventrale o verso quello dorsale. I muscoli sono disposti in maniera antagonista, cosicché il movimento è effettuato per contrazione di un gruppo di muscoli e rilassamento dell'altro.

Il canale alimentare di un nematode consiste di una bocca, di un faringe muscolare, di un lungo intestino, di un retto e di un ano terminale.

Il sistema nervoso è localizzato in un gruppo di gangli connessi a un anello nervoso attorno alla porzione più anteriore del canale digerente. Le papille sensoriali sono concentrate intorno al capo e alla coda. Gli **anfidi** sono una coppia di organi sensoriali complessi, che si aprono da ciascun lato del capo circa la stessa altezza del circolo cefalico di papille. La maggior parte dei nematodi è dioica. Il maschio è più piccolo della femmina e la sua estremità posteriore porta, in genere, un paio di **spicole copulatrici**. La fecondazione è interna. Lo sviluppo è diretto.

Nemertini

Sono animali vermiformi, protostomi, triblastici e bilateri. Quasi tutti marini e a vita libera. Etimologicamente il loro nome deriva dal greco "Nemertes", una delle nereidi (bellissime ninfe marine immortali). Questi organismi sono anche definiti "Rincoceli" per via della loro principale caratteristica: possiedono, infatti, una **proboscide** interna posta dorsalmente rispetto alla bocca, che consiste di un lungo tubo muscolare usato per la caccia e che viene tenuta all'interno del corpo in una guaina che viene chiamata appunto rincocoele. Questo meccanismo permette di esporre uno stiletto velenoso che inietta nella preda una tetradotossina che agisce sul sistema nervoso, la stessa che usano anche i pesci palla. Si tratta di organismi acelomati (nonostante, tuttora si sta avanzando l'ipotesi che siano pseudocelomati). Sono i primi animali ad avere un tubo digerente completo e ciò rappresenta un enorme conquista evolutiva, perché permette a questi animali di poter mangiare e defecare simultaneamente in modo efficiente senza dover "rigurgitare" i rifiuti e il cibo attraverso l'intestino grazie a delle ciglia. Hanno anche un notevole sistema circolatorio chiuso che ha la particolarità di avere un flusso irregolare e non unidirezionale. Il sangue scorre nei vasi non grazie a un cuore, ma alle contrazioni dei vasi stessi e al movimento del corpo. Associati al sistema circolatorio si trovano protonefridi con cellule a fiamma. Il sistema nervoso consiste di un cervello quadrilobato, un anello nervoso che circonda l'esofago e il rincocoele e un paio o più cordoni nervosi connessi a nervi trasversali ventrali. Tra gli organi di senso troviamo organi tattili e a volte ocelli. Possono riprodursi asessualmente per frammentazione e rigenerazione ma anche sessualmente (e sono dioici o ermafroditi con fecondazione esterna o interna).

Phylum Arthropoda (simmetria bilaterale, triblastici e metameria eteronoma differenziandosi dagli Anellidi che hanno metameria omonoma)

Il phylum Arthropoda (dal greco arthron, "articolazione" + pous, "piede") comprende il più vasto insieme di animali viventi sulla Terra.

Gli artropodi si trovano in tutti i tipi di ambiente, dalle acque oceaniche profonde alle maggiori altitudini, dai tropici alle regioni artiche e antartiche. Sono protostomi ecdisozi. Hanno un corpo segmentato, una cuticola di chitina, che contiene spesso calcio.

Attualmente vengono definiti cinque subphyla di artropodi. Centopiedi, millepiedi, pauropodi e sinfili sono collocati nel subphylum dei **Myriapoda**.

Gli insetti sono posti nel subphylum **Hexapoda**. Ragni, zecche, limuli e organismi affini formano il subphylum **Chelicerata**. Gamberi, granchi, balani e molti altri costituiscono il subphylum dei **Crustacea**. I trilobiti estinti vengono collocati nel subphylum **Trilobita**.

Gli artropodi possiedono un esoscheletro che conferisce loro una grande protezione senza sacrificare la mobilità dell'animale. L'esoscheletro è formato da cuticola. Questa consiste di una **procuticola** interna più spessa e di un'**epicuticola** esterna. Quest'ultima è composta di proteine e lipidi.

La procuticola si divide in un'**esocuticola**, secreta prima di ogni muta, e in un'**endocuticola**, secreta dopo la muta. Entrambi gli strati di procuticola contengono chitina, un polisaccaride azotato duro. La procuticola, in alcune aree, è anche impegnata di sali di calcio.

Il piano corporeo ancestrale presentava una serie lineare di segmenti simili, ognuno dei quali dotato di un paio di appendici articolate. Tuttavia, i gruppi attuali mostrano un'ampia varietà di segmenti e di appendici. Si è verificata una tendenza alla combinazione dei segmenti o alla fusione in gruppi funzionali, chiamati **tagmata**.

La maggior parte degli artropodi terrestri ha un efficiente sistema tracheale, costituito da tubi cavi che portano ossigeno direttamente ai tessuti e alle cellule rendendo possibili alti tassi metabolici.

Subphylum Trilobata

I trilobiti (dal greco tri- "tre" + lobos, "lobi") si originarono molto probabilmente alcuni milioni di anni prima del periodo Cambriano. Si estinsero circa 245 milioni di anni fa. Il loro nome fa riferimento alla forma trilobata del corpo.

Erano animali appiattiti dorso-ventralmente, bentonici e probabilmente scavatori. Il corpo era composto da tre tagmata: capo (chiamato anche cefalon), tronco e pigidio. Ogni segmento del corpo, eccetto l'ultimo, portava un paio di appendici biramose.

Subphylum Chelicerata

Il corpo dei Chelicerata (dal greco chele, "pinza" + keras, "corno") è composto da due tagmata: un cefalotorace e un addome. Sono caratterizzati dal possedere sei paia di appendici del cefalotorace, che comprendono un paio di cheliceri, un paio di **pedipalpi** e quattro paia di zampe ambulacrali. Mancano di mandibole e **antenne**. I Chelicerata vengono suddivisi in tre classi.

Classe Merostomata

La classe Merostomata è rappresentata dagli euripteridi, tutti estinti, e dai limuli, un gruppo antico, indicati talora come "fossili viventi" perché le forme attuali assomigliano a fossili dell'Ordoviciano.

Gli **euripteridi**, o scorpioni acquatici giganti sono stati i più grandi artropodi fossili, dato che alcuni di essi raggiungevano una lunghezza di 3 m. Il capo possedeva sei segmenti fusi e portava occhi sia semplici sia composti, oltre a cheliceri e pedipalpi. Avevano quattro paia di zampe e l'addome presentava 12 paia di segmenti e un telson aculeiforme.

I **limuli** sono un antico gruppo marino. Oggi sopravvivono tre generi: *Limulus*, che vive in acque basse lungo le coste atlantiche nordamericane; *Carcinoscorpius* che vive lungo la costa meridionale del Giappone e *Tachypleus* che è presente nelle Indie Orientali e lungo le coste dell'Asia meridionale. I limuli hanno un **carapace** (scudo dorsale rigido) a forma di ferro di cavallo, e un largo addome, che porta un lungo telson, o appendice. Sulle cinque appendici addominali si trovano **branchie a libro** (branchie piatte fogliacee), al di sotto di opercoli. Sul carapace ci sono due occhi composti rudimentali e due occhi semplici.

Nella stagione di accoppiamento, i limuli si spostano sulla spiaggia a migliaia durante l'alta marea per accoppiarsi. La femmina scava nella sabbia una fossa dove depone le uova, mentre uno o più maschi, di taglia più piccola, la seguono per aggiungere il loro sperma al nido, prima che essa copra le uova con la sabbia.

Classe Pycnogonida: ragni di mare

Circa 100 specie di questa classe occupano habitat marini. Hanno corpi piccoli, gracili e, di solito, quattro paia di zampe ambulacrali. Inoltre, presentano una caratteristica peculiare nell'ambito degli artropodi: in alcuni gruppi i segmenti sono duplicati, così che essi posseggono cinque o sei paia di zampe anziché le "normali" quattro paia. I maschi di molte specie portano un paio di zampe sussidiarie (**ovigeri**) con le quali trasportano le uova in sviluppo. Gli ovigeri sono spesso assenti nelle femmine.

Il piccolo capo ha una proiezione rilevata con due paia di occhi semplici. La bocca, collocata all'estremità di una lunga **proboscide**, è utilizzata per aspirare succhi da cnidari e altri animali a corpo molle. Il sistema circolatorio è limitato a un semplice cuore dorsale, mentre sono assenti i sistemi escretore e respiratorio.

Classe Arachnida

Gli Arachnida (dal greco arachne, "ragno") sono un gruppo numeroso e diversificato. Comprendono ragni, scorpioni, pseudo-scorpioni, uropigi, zecche, acari e altri ancora. Gli aracnidi sono per lo più a vita libera e sono più comuni nelle regioni secche e calde. Sono animali predatori. Tra i numerosi adattamenti ricordiamo le filiere nei ragni.

Ordine Araneae: ragni

Il corpo di un ragno è compatto e costituito da **cefalotorace (prosoma)** e da **addome (opistosoma)**, entrambi non segmentati.

Le appendici anteriori sono costituite da una coppia di cheliceri, provvisti di **artigli terminali**, che sono percorsi da dotti delle ghiandole del veleno, e da una coppia di **pedipalpi**, simili a zampe, che hanno funzione sensoriale e sono anche usati dai maschi per trasferire gli spermatozoi; le parti basali dei pedipalpi vengono usate per tritare il cibo. Le quattro paia di zampe ambulacrali terminano con unghie.

Tutti i ragni sono predatori e si nutrono prevalentemente di insetti. Alcuni ragni cacciano prede, altri tendono loro un agguato, altri ancora le intrappolano in una rete di seta. Dopo che ha catturato la preda e vi ha iniettato il veleno con i cheliceri, il ragno ne scioglie i tessuti con una sostanza digestiva e risucchia poi nello stomaco il risultante nutrimento fluido.

I ragni respirano mediante polmoni a libro, trachee o una combinazione di entrambi. I polmoni a libro sono costituiti da molte pliche parallele che si estendono dentro una camera riempita di emolinfa. L'aria penetra nella camera attraverso un'apertura della parete del corpo. Le trachee formano un sistema di tubi che trasportano direttamente al sangue l'aria; questa penetra da aperture chiamate spiracoli. I ragni e gli insetti hanno evoluto indipendentemente un peculiare sistema escretore, formato da **tubuli malpighiani**, che funziona assieme a ghiandole rettali. Il potassio e gli altri soluti e cataboliti vengono assorbiti, che drenano il fluido, o "urina", nell'intestino. Le ghiandole rettali riassorbono la maggior parte del potassio e dell'acqua, lasciando passare cataboliti come acido urico. Attraverso questo processo di riciclo dell'acqua e del potassio, le specie che vivono in ambienti secchi possono conservare così i fluidi del corpo, producendo una mistura quasi secca di urina e feci. Molti ragni presentano anche **ghiandole coxali**, nefridi modificati che si aprono nella coxa, o base, sul primo e terzo paio di zampe ambulacrali. I ragni possiedono, di solito, otto **occhi semplici**, dotati di lente, rhabdomi e retina. Vengono usati principalmente per la percezione di oggetti in movimento, ma alcuni, come quelli dei ragni cacciatori, possono formare immagini. Poiché la vista di un ragno è di solito scadente, la percezione dell'ambiente dipende in grande misura da meccano-recettori cuticolari, come le **sete sensoriali**. Ciascuna seta invia informazioni riguardanti il mondo circostante, le correnti d'aria o i cambiamenti di tensione della ragnatela. Mediante la percezione delle vibrazioni della ragnatela, il ragno può stimare le dimensioni della preda intrappolata o può ricevere il messaggio inviato da un possibile compagno.

La capacità di filare la seta è un importante fattore nella vita dei ragni. Due o tre paia di filiere sono collegate a speciali **ghiandole sericigene**, o ghiandole della seta. Una scleroproteina, secreta dalle filiere, sotto forma liquida, si solidifica a contatto con l'aria, formando un filamento di seta. I fili di seta prodotti dai ragni sono più robusti dei fili di acciaio del medesimo diametro.

Le tele di alcuni ragni consistono semplicemente di pochi filamenti di seta che si irradiano dalla tana dell'animale. Altre specie tessono belle ragnatele geometriche.

Prima dell'accoppiamento, i maschi tessono una piccola tela, vi rilasciano una goccia di sperma e poi richiudono il tutto depositandolo in speciali cavità dei pedipalpi. Durante l'accoppiamento, il maschio inserisce i pedipalpi nell'apertura genitale della femmina, per deporre lo sperma nei suoi ricettacoli seminali. Le femmine depositano le uova fecondate in un bozzolo di seta che possono portare con sé o attaccare a una pianta o a una ragnatela. Un bozzolo può contenere centinaia di uova.

Ordine Scorpiones: scorpioni

Gli scorpioni sono forse il gruppo più antico di artropodi terrestri. Si nutrono principalmente di insetti e ragni.

Gli scorpioni delle sabbie individuano la preda percependo le onde superficiali prodotte dai movimenti degli individui sulla sabbia. Queste onde superficiali vengono rilevate da organi sensoriali a fessura collocati sull'ultimo articolo delle zampe. I tagmata di uno scorpione sono rappresentati da: un cefalotorace piuttosto corto, un **preaddome** (o mesosoma) costituito da sette segmenti, un lungo e sottile **postaddome** (o metasoma) formato da cinque segmenti, che termina con un pungiglione.

Sul lato ventrale dell'addome ci sono dei **pettini**, organi tattili usati per tastare il suolo e per il riconoscimento dell'altro sesso. Il pungiglione dell'ultimo segmento è formato da un bulbo basale e da un aculeo ricurvo che inocula il veleno; questo nella maggior parte delle specie non è pericoloso per l'uomo, ma può produrre un doloroso gonfiore. Gli scorpioni esibiscono una complessa danza di accoppiamento, con il maschio che tiene le chele della femmina e cammina avanti e indietro. Manipola i cheliceri della femmina con i suoi, punge il pedipalpo o il margine del suo cefalotorace. L'azione pungente è lenta e l'aculeo rimane nel corpo della femmina per parecchi minuti. Alla fine, il maschio deposita una spermatofora e vi spinge la femmina sopra, fino a quando la massa di sperma viene raccolta dall'orifizio femminile. Gli scorpioni sono vivipari; le femmine, infatti, incubano i piccoli all'interno del tratto riproduttivo.

Ordine Acari: zecche e acari

Si ritrovano ovunque nel mondo sia in ambienti terrestri che acquatici. Molti acari sono parassiti durante uno o più stadi del loro ciclo vitale. La maggior parte misura 1 mm o meno in lunghezza. Le zecche, sottordine degli acari, misurano da pochi mm fino a 3 cm. Una zecca si riempie di sangue distendendosi in modo enorme dopo un pasto a danno di un ospite.

Gli acari differiscono da tutti gli altri aracnidi in quanto hanno cefalotorace e addome completamente fusi, senza segni di divisione esterna o segmentazione. I pezzi boccali sono portati da una piccola proiezione anteriore, chiamata **capitulum**. Ai due lati della bocca ci sono i cheliceri, che servono a perforare, lacerare e afferrare il cibo. A lato dei cheliceri, si trova un paio di pedipalpi segmentati. Ventralmente le basi dei pedipalpi si fondono a formare un **ipostoma**, mentre un **rostro**, o **tetto**, si estende dorsalmente sopra la bocca. Acari e zecche adulti hanno di solito quattro paia di zampe. La maggior parte degli acari trasferisce lo sperma direttamente, ma molte specie usano una spermatofora.

Le zecche hanno, di solito, dimensioni maggiori rispetto agli altri acari. Esse pungono la pelle dei vertebrati e succhiano il sangue fino ad aumentare enormemente il proprio volume corporeo; a questo punto abbandonano l'ospite per digerire il proprio pasto. Oltre agli stati patologici che la loro presenza può causare, le zecche sono fra i più importanti vettori di malattie al mondo, seconde solo alle zanzare.

Subphylum Crustacea (mandibolari)

I crostacei sono essenzialmente marini. Sono i soli artropodi dotati di **due paia di antenne**. Oltre alle antenne e alle **mandibole**, presentano sul capo anche due paia di **mascelle**, cui seguono un paio di appendici per ciascun segmento del corpo. Gli organi per la respirazione, se presenti, sono branchie.

Alcuni crostacei presentano 60 o più segmenti, ma la maggior parte tende ad avere fra i 16 e 20 segmenti con crescente grado di tagmatizzazione. I principali tagmata sono **capo**, **torace** e **addome**. In molti crostacei, uno o più segmenti del torace sono fusi con il capo a formare un cefalotorace. Il più progredito e di gran lunga il più ampio gruppo di crostacei è rappresentato dalla classe **Malacostraca**. Questi animali mostrano una disposizione costante dei segmenti del corpo e dei tagmata, che viene considerata il modello ancestrale per la classe. Questo modello strutturale tipico presenta un capo, costituito da cinque segmenti fusi assieme, un torace costituito da otto segmenti e un addome costituito da sei segmenti. All'estremità anteriore è presente un **rostro** non segmentato e a quella posteriore si trova un **telson** non segmentato, che assieme all'ultimo segmento addominale e ai suoi **uropodi**, forma la coda a ventaglio di numerose specie. In molti crostacei la cuticola dorsale del capo si estende posteriormente e sui lati dell'animale, per coprire o fondersi con alcuni o tutti i segmenti toracici e addominali. Questa copertura prende il nome di carapace.

Il corpo dei crostacei è ricoperto da una cuticola, composta da chitina, proteine e materiale calcareo. La copertura protettiva è molle e sottile in corrispondenza delle articolazioni tra i segmenti, consentendo così elasticità nel movimento. Il carapace, se presente, copre la maggior parte o tutto il cefalotorace. Ciascun segmento non avvolto dal carapace è ricoperto da una piastra cuticolare dorsale, o **tergum**, mentre una piastra ventrale, lo **sternum** è posta tra le appendici articolate; due piastre laterali formano le **pleure**. L'addome termina con un telson, che non è considerato un segmento e reca l'ano. In parecchi gruppi, il telson è munito di processi che formano la **furca caudale**.

La maggior parte dello spazio del corpo degli artropodi non è un celoma, ma un blastocele persistente, che diventa un **emocele**, pieno di emolinfa. Nei crostacei i soli compartimenti celomatici rimasti sono i sacchi terminali degli organi escretori e lo spazio intorno alle gonadi.

I muscoli striati costituiscono una parte considerevole del corpo. I muscoli, di solito, sono disposti in gruppi antagonisti: i **flessori** che piegano una parte verso il corpo, e gli **estensori** che la estendono verso l'esterno.

Lo scambio di gas per la respirazione ha luogo nei piccoli crostacei attraverso aree della cuticola più sottili o attraverso l'intera superficie del corpo. I crostacei di dimensioni maggiori possiedono branchie (appendici modificate). I crostacei e gli altri artropodi presentano un sistema circolatorio "aperto", ovvero un tipo di sistema circolatorio lacunare. Ciò significa che non c'è una separazione tra sangue e liquido interstiziale. L'emolinfa (sangue) lascia il cuore attraverso le arterie, circola nell'emocele e ritorna a **seni** o spazi venosi, prima di rientrare nel cuore. Il cuore è il principale organo propulsore. Provenendo dal seno pericardico, che circonda il cuore, l'emolinfa penetra nel cuore. Questa entra in una o più arterie. Le piccole arterie si svuotano nei seni dei tessuti, che a loro volta, spesso scaricano nel grande seno ventrale o sternale. Da questo punto, i canali afferenti al seno trasportano l'emolinfa alle branchie, se queste sono presenti, dove vengono scambiati ossigeno e anidride carbonica. L'emolinfa viene poi riportata al seno pericardico da canali afferenti. L'emolinfa degli artropodi può essere incolore o bluastra, come in molti Crostacei.

Gli organi escretori dei crostacei adulti sono costituiti da un paio di strutture tubulari chiamate **ghiandole antennali** o **ghiandole mascellari** a seconda che si aprano alla base delle antenne o del secondo paio di mascelle. I sistemi nervosi dei crostacei e degli anellidi mostrano molte caratteristiche in comune, sebbene quelli dei crostacei siano caratterizzati da una maggiore fusione dei gangli. Il cervello è costituito da un paio di **gangli sopraesofagei**, che inviano nervi agli occhi e alle due paia di antenne. Esso è collegato mediante connettivi al **ganglio sottoesofageo**, formato dalla fusione di almeno cinque paia di gangli, e invia nervi alla bocca, alle appendici, all'esofago e alle ghiandole antennali. I crostacei posseggono organi di senso ben sviluppati, i più grandi dei quali, nel gambero, sono gli occhi e le statocisti.

In molti crostacei, gli occhi sono composti e sono costituiti da molte unità fotorecetriche chiamate **ommatidi**. La superficie di ciascun occhio è ricoperta da un'area trasparente della cuticola, la **cornea**. Ciascun ommatidio funziona come un piccolo occhio ed è costituito da parecchi tipi di cellule disposte in modo colonnare. In ciascuno di essi sono presenti, in particolare, tre gruppi di cellule pigmentate: retiniche distali, retiniche prossimali e riflettenti; queste sono disposte in modo tale che possono formare un collare, o un manicotto, più o meno completo intorno a ciascun ommatidio.

Come adattamento alla luce forte o diurna, il pigmento delle cellule retiniche distali si muove verso l'interno e incontra quello delle cellule retiniche prossimali, che si sta muovendo verso l'esterno, cosicché si forma un manicotto completo di pigmento intorno all'ommatidio. In questa condizione, soltanto i raggi che colpiscono direttamente la cornea faranno reagire le cellule fotorecetriche, dal momento che ciascun ommatidio è schermato dagli altri. Ciascun ommatidio vedrà, perciò, soltanto un'area limitata del campo visivo (**immagine a mosaico** o **per apposizione**). In condizione di luce scarsa, i pigmenti distali e prossimali si separano, cosicché i raggi luminosi, con l'aiuto delle cellule pigmentate riflettenti, hanno la possibilità di diffondere negli ommatidi adiacenti, formando un'immagine continua o **per sovrapposizione**.

I crostacei sono per la maggior parte a sessi separati. I gamberi hanno sviluppo diretto, senza stadio larvale. Tuttavia, lo sviluppo è indiretto in molti crostacei e, dalle uova schiudono larve assai differenti dall'adulto. Il cambiamento da larva in adulto è chiamato **metamorfosi**. La larva primitiva è il **nauplius** che porta solo tre paia di appendici usate per nuotare.

Ostracoda

I membri degli Ostracoda (dal greco ostrakon, "conchiglia") sono racchiusi entro un carapace bivalve. Chiamati comunemente gamberetti, gli ostracodi mostrano una notevole fusione dei segmenti del tronco e pertanto, non è visibile una suddivisione tra torace e addome.

Sono diffusi in ambienti sia marini sia dulciacquicoli. Es. Cypris

Branchiura

I Branchiura (dal greco branchia, "branchie" + ura, "coda") costituiscono un piccolo gruppo di parassiti, soprattutto di pesci, i cui pezzi boccali sono modificati per succhiare. Essi posseggono tipicamente un largo carapace a forma di scudo, occhi composti, quattro appendici toraciche biramose per nuotare e un corto addome non segmentato. Le seconde mascelle sono modificate in ventose. Non c'è una larva nauplius.

Es. Argulus foliaceus con struttura schiacciata, Hutchinsoniella macracantha (noto anche come gambero a ferro di cavallo).

Branchiopoda

Sono suddivisi in tre ordini: **Anostraca** privi di carapace, **Notostraca** il cui carapace forma un largo scudo dorsale, **Diplostraca**, il cui carapace ricopre l'intero corpo ma non il capo. I Branchiopoda hanno zampe appiattite e fogliacee (**fillopodii**), che costituiscono i principali organi respiratori. Le zampe della maggior parte dei Branchiopoda vengono usate anche per filtrare il cibo e in alcuni gruppi anche per la locomozione.

Comprendono molte specie di acqua dolce. Es. Chirocephalus, Triops cancriformis, Estheria e Simocephalus.

Copepoda

I Copepodi sono privi di carapace e, nell'adulto, mantengono un semplice occhio naupliare. Posseggono un solo paio di massillipedi e quattro paia di appendici natatorie. La parte posteriore del corpo è separata mediante un'articolazione principale da quella anteriore, che porta appendici.

Es. Cyclops strenuus (dimorfismo sessuale)

Cirripedia

I cirripedi sono, di solito, racchiusi in un guscio di piastre calcaree. Essi sono sessili da adulti e possono essere attaccati al substrato mediante un peduncolo, oppure direttamente.

Il carapace (mantello) circonda il corpo e secerne un guscio di piastre calcaree. Il capo è ridotto, l'addome è assente e le zampe toraciche sono lunghi cirri, pluriarticolati, provvisti di sete simili a capelli.

La forma del corpo dei Cirripedi non parassiti segue due modelli fondamentali: nel tipo di Lepas, il corpo è costituito da una parte (**capitolo**) rivestita da piastre e da un peduncolo nudo. Il peduncolo rappresenta la parte anteriore del corpo larvale e contiene i rudimenti delle antennule e le ghiandole del "cemento", sostanza vischiosa che si indurisce nell'acqua e salda l'animale al substrato. Nel tipo Balanus il corpo è racchiuso da una muraglia conica di piastre calcaree più o meno saldate insieme. I cirripedi non parassiti sono per lo più ermafroditi e sono soggetti a una singolare metamorfosi durante lo sviluppo. La maggior parte schiude in forma di larva nauplius, che subito si trasforma in una larva cypris, così chiamata per la somiglianza con gli ostracodi del genere Cypris. Queste larve presentano un carapace bivalve e occhi composti. La larva cypris si attacca al substrato per mezzo del primo paio di antenne, che posseggono ghiandole adesive, e inizia la metamorfosi. Questa implica parecchi notevoli cambiamenti tra cui la secrezione delle placche, la perdita degli occhi e la trasformazione delle appendici natatorie in cirri.

Melacostraca

I Melacostraca costituiscono il gruppo più antico dei crostacei.

Ordine Isopoda

Gli Isopoda formano uno dei pochi gruppi di crostacei che ha invaso con successo gli ambienti terrestri, oltre a quelli d'acqua dolce e marini.

Mancano di carapace. Molte specie sono in grado di appallottarsi per protezione. Comuni forme terrestri sono gli oniscidi. Sebbene siano terrestri, essi mancano di un'efficiente copertura cuticolare e di altri adattamenti posseduti dagli insetti per trattenerne l'acqua; pertanto devono vivere in ambienti umidi, come al di sotto di sassi o legno umido. Alcuni isopodi sono parassiti di pesci o crostacei. Lo sviluppo è essenzialmente diretto.

Ordine Amphipoda

Gli Amphipoda assomigliano agli isopodi per il fatto che sono privi di carapace, posseggono occhi composti sessili e un paio di massillipedi. Es. Gammarus neglectus

Ordine Euphausiacea

Gli Euphausiacea formano un gruppo di solo 90 specie circa, ma sono importanti in quanto costituiscono il plancton oceanico conosciuto con il nome di "krill". Presentano un carapace che è fuso con tutti i segmenti toracici ma non racchiude internamente le branchie. La maggior parte è bioluminescente, grazie a una sostanza produttrice di luce inclusa all'interno di un organo chiamato **fotoforo**. Es. *Nyctiphanes norvegica*

Ordine Decapoda

I Decapoda (granchio, paguro, gamberetto) posseggono tre paia di massillipedi e cinque paia di appendici ambulacrali; il primo paio di queste ultime è modificato a foggia di pinza (**chele**) nei granchi, ma anche il secondo e il terzo paio possono essere chelati, come in gamberi, aragoste e astici. Es. *Parapenaeus longirostris*, *Homarus vulgaris*

Esapodi**Classe Insecta: insetti**

Gli Insecta sono gli artropodi più numerosi e diversificati. Differiscono per avere apparati boccali ectognati e, in genere, **due paia di ali** sulla regione toracica del corpo.

Sono diffusi praticamente in tutti gli ambienti che possono sostenere la vita, anche se le specie marine sono poche.

La loro ampia distribuzione è resa possibile dalla capacità di volare e dalla loro natura estremamente adattabile.

Gli insetti mostrano una notevole varietà di caratteristiche morfologiche, ma in essi, come negli altri artropodi, l'esoscheletro è formato da un sistema complesso di piastre, dette **scleriti**. La rigidità dell'esoscheletro è attribuibile a una scleroproteina e non alla chitina: è resistente all'acqua e leggera, rendendo così possibile il volo.

I tagmata degli insetti sono capo, torace e addome. La cuticola di ciascun segmento è tipicamente composta da quattro placche, un noto dorsale (**tergum**), uno **sternum** ventrale e un paio di **pleure** laterali. Il capo porta di solito un paio di occhi composti piuttosto grandi, un paio di antenne e, generalmente, tre ocelli. Le antenne funzionano da organi tattili, olfattivi e, a volte, uditivi. Tipicamente, le parti boccali consistono di un **labrum**, un paio di mandibole e un paio di mascelle, un **labium** e un'ipofaringe simile a una lingua.

Il torace è composto da tre segmenti, protorace, mesotorace e metatorace, ciascuno dotato di un paio di arti. Nella maggior parte degli insetti meso- e metatorace sono provvisti di un paio di ali ciascuno.

Le zampe degli insetti spesso sono modificate per vari scopi. Le specie terrestri hanno zampe ambulacrali con cuscinetti terminali e unghie, tali cuscinetti possono essere adesivi, per consentire di camminare su superfici verticali, come accade nella mosca domestica. L'addome degli insetti comprende da 9 a 11 segmenti; l'undicesimo, quando è presente, porta un paio di **cerci** (appendici all'estremità posteriore).

Gli insetti condividono la capacità di volare con gli uccelli e alcuni mammiferi volanti. Tuttavia, le loro ali si sono evolute in maniera differente dai corrispettivi arti di uccelli e mammiferi e non sono loro omologhe. Le ali degli insetti si formano a partire da estroflessioni della parete del corpo dei segmenti meso- e metatorace e sono fatte di cuticola. La maggior parte degli insetti ha due paia di ali, ma i Diptera ne posseggono solo un paio; in questi insetti, infatti, le ali posteriori si trasformano in un paio di piccole **altere** (bilancieri) che vibrano e sono responsabili dell'equilibrio dell'insetto durante il volo.

Nelle formiche e nelle termiti, per esempio, le ali sono presenti solo nei maschi e nelle femmine riproduttrici, mentre le operaie sono sempre attere.

Le ali possono essere sottili e membranose, come nelle mosche e in molti altri insetti; spesse e coriacee, come le ali anteriori dei coleotteri;

pergamenee, come le ali anteriori delle cavallette; coperte da scaglie come avviene in farfalle e falene, o ricoperte di peli come nei tricotteri.

I movimenti delle ali sono controllati da un complesso di muscoli toracici. I **muscoli diretti del volo** sono inseriti direttamente alla base dell'ala; i **muscoli indiretti del volo** non sono attaccati alle ali e causano il movimento di queste ultime alterando la conformazione del torace. La contrazione dei muscoli del volo ha due tipi fondamentali di controllo neurale: **sincrono** e **asincrono**. Gli insetti di dimensioni maggiori, come libellule e farfalle, possiedono muscoli sincroni, in cui un singolo impulso nervoso stimola la contrazione muscolare e quindi un battito d'ali. I muscoli asincroni si trovano in insetti più specializzati (coleotteri). Il loro meccanismo d'azione è complesso e dipende dall'accumulo di energia potenziale nelle parti resilienti della cuticola toracica.

Il sistema digerente comprende un intestino anteriore (bocca con ghiandole salivari, esofago, ingluvie che funge da serbatoio, e ventriglio, per la triturazione), un intestino medio (stomaco e ciechi gastrici) e un intestino posteriore (intestino, retto e ano). Il riassorbimento di acqua e di alcuni ioni avviene prevalentemente nell'intestino posteriore. La maggior parte degli insetti si nutre dei succhi delle piante e di tessuti vegetali. Questa modalità di alimentazione è detta **fitofaga** o erbivora.

Molti coleotteri si nutrono di animali morti (**saprofagi**). Molti insetti sono predatori. Altri sono parassiti.

I consumi alimentari degli insetti sono in parte determinati dal tipo di apparato boccale posseduto. **Pezzi boccali masticatori** quali quelli delle cavallette e di molti altri insetti erbivori, sono adattati per afferrare e triturare il cibo. Le mandibole di questi insetti sono costituite da robuste placche dentate, i cui margini possono fare a pezzi il cibo, mentre le mascelle lo trattengono e lo passano verso la bocca.

I **pezzi boccali succhiatori** variano enormemente. Le mosche domestiche e i moscerini della frutta non hanno mandibole; il loro labium si modifica in due lobi molli che contengono molti piccoli tubuli, i quali assorbono i liquidi con un'azione capillare, come fanno i pori delle spugne che si trovano in commercio. Nelle zanzare, le mandibole, le mascelle, l'ipofaringe e il labrum sono allungati in stilette aghiformi formando insieme un **fascicolo** che perfora la pelle della preda per entrare in un vaso sanguigno.

Un cuore tubulare, alloggiato nella cavità pericardica, pompa l'emolinfa (sangue) in avanti attraverso l'unico vaso sanguigno, un'aorta dorsale.

Organi pulsanti accessori aiutano a muovere l'emolinfa nelle ali e nelle zampe. L'emolinfa consiste di plasma e amebociti ed è poco coinvolta nel trasporto dell'ossigeno.

Gli animali terrestri hanno bisogno di sistemi respiratori efficienti che consentono rapidi scambi ossigeno-anidride carbonica, ma che nel contempo limitino la perdita d'acqua. Negli insetti, queste funzioni sono svolte dal **sistema tracheale**, un'estesa rete di tubi a parete sottile. I tronchi tracheali si aprono all'esterno per mezzo di coppie di spiracoli. Uno spiracolo può essere semplicemente un foro sul tegumento ma è di solito dotato di valvole o di altri meccanismi di chiusura che limitano la perdita d'acqua. Gli spiracoli possono anche possedere un sistema di filtrazione che impedisce l'entrata di acqua, parassiti o polvere nelle trachee. Le **trachee** sono formate da un singolo strato di cellule e sono tappezzate dalla cuticola, che viene persa, insieme a quell'esterna, durante la muta. Ispessimenti della cuticola, detti **tenidi**, sostengono le trachee e ne prevengono il collasso. Le trachee si ramificano in tubi più sottili che terminano in tubuli ripieni di liquido, detti **tracheole**. Il sistema tracheale può comprendere anche **sacchi aerei**, che sono trachee dilatate senza tenidi. Questi possono consentire agli organi interni di aumentare di volume durante la crescita senza modificare l'aspetto dell'insetto e riducono il peso di insetti grandi.

Il sistema escretore è formato dai tubuli malpighiani. Il meccanismo di formazione dell'urina nei tubuli malpighiani degli insetti erbivori sembra dipendere da una pompa a protoni che immette ioni idrogeno nel lume del tubulo. Gli ioni idrogeno vengono poi scambiati con ioni potassio. Questa secrezione iniziale di ioni trascina acqua assieme con questi, per osmosi, fino a produrre un liquido ricco di potassio.

Il sistema nervoso degli insetti ricorda quello dei crostacei. Alcuni insetti possiedono un sistema di fibre giganti. Vi è un sistema nervoso viscerale, che corrisponde, per funzioni, al sistema nervoso autonomo dei vertebrati.

Gli stimoli meccanici, ovvero quelli che coinvolgono il tatto, la pressione e le vibrazioni, vengono percepiti da **sensilli**. Un sensillo può essere semplicemente una seta, o un processo piliforme, connessa a una cellula nervosa, oppure a un nervo terminante appena al di sotto della cuticola e mancante della seta o, ancora, a un organo più complesso, composto da cellule sensoriali.

Gli insetti sono animali a sessi separati e la fecondazione è di solito interna. Gli insetti posseggono vari mezzi per attrarre i loro conspecifici di sesso opposto; la femmina di una farfalla notturna emette un potente feromone che può essere percepito a grande distanza dal maschio; le lucciole usano lampi di luce. Una volta attratta una possibile compagna, la fecondazione è interna e lo sperma può essere rilasciato direttamente o racchiuso in spermatofores. Queste possono essere trasferite senza accoppiamento, come succede nel pesciolino d'argento, che deposita una spermatofores sul terreno, e quindi emette fili di segnalazione per guidare la femmina verso essa. In alternativa, le spermatofores possono essere deposte nella vagina della femmina al momento dell'accoppiamento.

Le maggior parte delle specie, normalmente, depone le uova in un luogo particolare.

Lo sviluppo precoce avviene dentro l'uovo e il giovane fuoriesce dall'uovo in diversi modi. Durante lo sviluppo post-embriale gli insetti, per la maggior parte, cambiano di forma andando incontro a una metamorfosi.

Pochi insetti, come il pesciolino d'argento o i collemboli, vanno incontro a uno sviluppo diretto (**sviluppo ametabolo**).

Altri insetti vanno incontro a un tipo di metamorfosi **emimetabola**, graduale o incompleta. Questi includono le cavallette, le cicale, le cimici e le mantidi che presentano stadi giovanili terrestri chiamati **ninfe** e le loro ali si sviluppano esternamente aumentando di dimensioni man mano che l'animale cresce con successive mute e diventa un **adulto alato**.

L'88% degli insetti circa è soggetto a una metamorfosi completa od **olometabola** che separa i processi fisiologici dell'accrescimento (larva), da quelli del differenziamento (pupa) e della riproduzione (adulto). Le larve sono conosciute con diversi nomi comuni, come bruco, bigatto, baco, "verme", ecc. Dopo una serie di stadi, durante i quali le ali si vanno sviluppando internamente, la larva forma un bozzolo intorno a sé e diviene una pupa o crisalide, uno stadio quiescente in cui molti insetti trascorrono l'inverno. Quando avviene la muta finale, dopo l'inverno, emerge un adulto, completamente sviluppato.

La metamorfosi negli insetti è controllata e regolata da ormoni. I principali organi endocrini coinvolti nello sviluppo sono il **cerebro**, le **ghiandole protoraciche (ecdisiali)**, i **corpora cardiaca** e i **corpora allata**. Molti animali, compresi molti tipi di insetti, sono soggetti a un periodo di quiescenza durante il loro ciclo vitale. Nelle zone temperate si può assistere a un periodo di quiescenza invernale, chiamato ibernazione, o a un periodo di quiescenza estiva, chiamato estivazione, o a entrambi. Alcune specie presentano un prolungato arresto dell'accrescimento, che avviene indipendentemente dalla situazione ambientale, quindi che esistano o meno condizioni favorevoli. Questo tipo di dormienza è chiamato **diapausa** ed è un importante adattamento per la sopravvivenza a condizioni ambientali avverse.

Gli insetti presentano una notevole varietà di colori, soprattutto le farfalle e i coleotteri. Alcune colorazioni e forme del corpo probabilmente sono altamente adattative per l'evasione alla predazione, per esempio, la colorazione protettiva, quella aposematica (avvertimento di qualità nocive) e quella criptica o mimetica (mimetizzazione nella forma e nella colorazione per evitare l'avvistamento).

Classe Insecta

1) Sottoclasse Apteriygota

2) Sottoclasse Pterygota

Ordine Ephemeroptera: effimere

Ordine Odonata: libellule

Ordine Orthoptera: cavallette, locuste, grilli

Ordine Blattodea: scarafaggi

Ordine Phasmatodea: insetti stecco e insetti foglia

Ordine Mantodea: mantidi

Ordine Mantophasmatodea: gladiatori

Ordine Dermaptera: dermatteri

Ordine Isoptera: termiti

Ordine Embiidina: embiotteri

Ordine Psocoptera: psocotteri, "pidocchi dei libri", "pidocchi del legno"

Ordine Zoraptera: zoratteri

Ordine Phthiraptera: pidocchi

Ordine Thysanoptera: tisanotteri

Ordine Hemiptera: le vere cimici

Ordine Neuroptera: rafdio ideai, formicaleoni, crisope

Ordine Coleoptera: coleotteri tra cui le lucciole

Ordine Strepsiptera: strepsitteri

Ordine Mecoptera: panorpe

Ordine Lepidoptera: farfalle e falene

Ordine Diptera: mosche e zanzare

Ordine Trichoptera: tricotteri

Ordine Siphonaptera: pulci

Ordine Hymenoptera: formiche, api, vespe

Phylum Echinodermata

Gli Echinodermata sono tutti marini e comprendono gli Asteroidea (stelle di mare e margherite di mare), gli Ophiuroidea (ofiure o stelle serpentine), gli Echinoidea (ricci di mare), gli Holoturoidea (oloturie o centrioli di mare) e i Crinoidea (gigli di mare). Il nome Echinodermata è derivato dalla presenza di spine e protuberanze esterne. Tutti i membri del phylum hanno un endoscheletro calcareo che può essere costituito da piastre o da minuscoli ossicoli sparsi. Gli echinodermi sono caratterizzati da una combinazione di caratteri che non si ritrovano in nessun altro gruppo animale: endoscheletro, sistema acquifero, pedicellarie, branchie dermiche e simmetria pentaraggiata negli adulti. Gli echinodermi sono un gruppo antico, che risale ad almeno il periodo Cambriano.

La maggior parte di questi animali non è in grado di compiere osmoregolazione e, per questo, raramente si avventurano nelle acque salmastre. Si ritrovano in tutti gli oceani e a tutte le profondità.

Classe Asteroidea: stelle di mare

Le stelle di mare sono comuni lungo le coste e se ne possono a volte osservare grandi gruppi sulle rocce. Colonizzano anche fondi sabbiosi o fangosi e le scogliere coralline. Spesso sono vivacemente colorate e la loro taglia varia da un centimetro fino a un metro di diametro.

Le stelle marine di solito possiedono cinque braccia, a testimonianza della loro simmetria pentamera. Le braccia si fondono gradualmente in un disco centrale.

I **solchi ambulacrali** si dipartono radialmente lungo le braccia a partire dalla bocca. I **pedicelli** (o **podia**) si proiettano esternamente dai solchi ambulacrali, bordati da spine mobili. Al centro di ciascun solco ambulacrale è visibile dal lato orale un **nervo radiale**. La superficie aborale è di solito

ruvida e spinosa. Alla base delle spine di molte stelle di mare vi sono gruppi di minute **pedicellarie** a forma di pinza, che portano minuscole mascelle mosse da muscoli. Queste strutture servono a mantenere pulita la superficie corporea, proteggono le papule e, talora, aiutano nella presa del cibo. Le **papule (branchie dermiche o cutanee)** sono delicate proiezioni della cavità celomatica, ricoperte solo da epidermide e tappezzate internamente da peritoneo e svolgono funzioni respiratorie. Sulla superficie aborale vi sono un minuscolo ano e una **madreporite** circolare, una piastra calcarea che immette nel sistema acquifero.

Al di sotto dell'epidermide, vi è un endoscheletro mesodermico composto da piccole piastre calcaree, od **ossicoli**, tenute insieme da tessuto connettivo. Il tessuto connettivo è una forma inusuale di collagene mutevole, denominato **collagene a scatto**, che è sotto controllo neurologico. Il collagene a scatto può cambiare da una forma "liquida" a una "solida" molto rapidamente, quando è stimolato dal sistema nervoso. Questa caratteristica fornisce agli echinodermi alcune proprietà meccaniche uniche, tra cui la capacità di mantenere varie posture senza sforzo muscolare. Gli ossicoli hanno una struttura reticolare i cui spazi sono riempiti di solito con fibre e cellule dermiche. Questa architettura è indicata con il nome di **stereoma**. Gli scambi respiratori e l'escrezione dei composti azotati avvengono per diffusione attraverso la parete delle papule e dei podia. Il sistema acquifero è un altro compartimento celomatico tipico degli echinodermi. È formato da un sistema di canali e di podia specializzati che mostrano una capacità di sfruttamento dei meccanismi idraulici a un livello superiore a quello riscontrato in qualsiasi altro gruppo animale. Nelle stelle marine le funzioni principali del sistema acquifero sono la locomozione e l'alimentazione, ma anche la respirazione e l'escrezione. Il sistema acquifero si apre all'esterno mediante i piccoli pori della madreporite. Negli asteroidei la madreporite si trova sulla superficie aborale e immette in un **canale petroso** che scende verso un **canale anulare**, posto intorno alla bocca. I **canali radiali** si dipartono dal canale anulare. A quest'ultimo sono connesse quattro o cinque paia di strutture simili a tasche, dette **corpi del Tiedemann** e da una a cinque **vescicole del Poli**. I corpi del Tiedemann possono produrre celomociti, mentre le vescicole del Poli funzionano da riserva di fluidi e per la regolazione della pressione interna nel sistema acquifero. Una serie di piccoli **canali laterali** connette il canale radiale ai pedicelli. Ciascun pedicello è un tubo muscoloso cavo, la cui estremità interna è un sacco muscolare, o **ampolla**, che giace all'interno della cavità celomatica del corpo e la cui estremità esterna è di solito dotata di una **ventosa**. I pedicelli sono innervati dal sistema nervoso centrale. La coordinazione nervosa consente ai pedicelli di muoversi in un'unica direzione, sebbene non all'unisono, così che la stella di mare possa avanzare.

La bocca si apre in uno stomaco suddiviso in due compartimenti: la parte inferiore (**stomaco cardiaco**) può essere estroflessa e in una parte superiore (**stomaco pilorico**) è più piccola e si connette con un paio di grandi **ciechi pilorici** (ghiandola digerenti). Molte stelle di mare sono carnivore e si nutrono di molluschi, crostacei, policheti, echinodermi e altri invertebrati.

Il cosiddetto sistema emale non è molto ben sviluppato negli asteroidei e la sua funzione non è chiara. Esso ha poco o nulla a che fare con la circolazione dei fluidi del corpo. È un sistema di cordoni di tessuto delimitanti seni non rivestiti da epitelio ed esso stesso è racchiuso in un altro compartimento celomatico, costituito da **canali periemali**. Comprende anche il **complesso assiale** che filtra a pressione i fluidi del sistema vascolare. Il sistema nervoso consta di tre sistemi, posti a differenti livelli nel disco e nelle braccia. Il sistema **orale (ectoneurale)** è composto da un **anello nervoso**, posto intorno alla bocca e un **nervo radiale**. Il sistema neurale **profondo (iponeurale)** è posto in posizione aborale rispetto al sistema orale; infine il sistema **aborale** consta di un anello intorno all'ano e di nervi radiali lungo il tetto di ogni raggio. Un **plesso nervoso epidermico** o una rete nervosa connette questi sistemi con la parete del corpo e le strutture collegate.

La maggior parte delle stelle marine è a sessi separati. La fecondazione è esterna. Gli echinodermi possono rigenerare le parti perdute. Le braccia delle stelle di mare si riformano rapidamente, anche se sono andate tutte perse. Questi animali utilizzano anche l'**autotomia** (capacità di perdere volontariamente parti del corpo).

Classe Ophiuroidea: stelle serpentine

Gli ophiuroidei sono il più grande gruppo di echinodermi per numero di specie.

A parte il possedere tipicamente cinque braccia, le ofiure sono molto diverse dalle stelle di mare. Le braccia sono sottili e si separano nettamente dal disco centrale. Non possiedono pedicellarie o papule e i solchi ambulacrali sono chiusi e ricoperti da ossicoli. I podia sono privi di ventose e vengono utilizzati più per l'alimentazione che per il movimento. La madreporite è localizzata sulla superficie orale, su uno degli ossicoli del disco orale. Ciascun braccio consiste di una colonna di ossicoli articolati denominati **vertebre** connessi da muscoli e coperti da piastre.

Vi sono cinque piastre mobili che circondano la bocca e che funzionano da **mascelle**. L'ano è assente. La pelle è coriacea, dotata di placche dermiche e con spine.

Lo stomaco è sacciforme, l'intestino è assente. Il materiale non digerito viene espulso dalla bocca. Sulla superficie orale, attraverso le **fessure genitali** si aprono cinque paia di **borse**. L'acqua circola dentro e fuori da queste strutture per gli scambi gassosi. Sulla parete celomatica di ciascuna borsa vi sono piccole **gonadi**, che scaricano all'interno delle borse le cellule sessuali; queste, attraverso le fessure genitali, vengono poi emesse all'esterno per la fecondazione. I sessi sono generalmente separati, poche specie sono ermafrodite.

I sistemi acquifero, nervoso ed emale sono simili a quelli delle stelle marine. Ogni braccio contiene un piccolo celoma, un nervo radiale e un canale radiale del sistema acquifero.

Classe Echinoidea: ricci di mare regolari e irregolari

Gli echinoidei hanno un corpo compatto racchiuso in una **teca** endoscheletrica. Questa è formata da ossicoli dermici che si trasformano in piastre aderenti l'una all'altra. Gli echinoidei mancano di braccia, ma la teca, con i cinque solchi ambulacrali, testimonia chiaramente la tipica organizzazione pentamera degli echinodermi. Le aree ambulacrali seguono il contorno della teca dalla zona intorno alla bocca fino al lato aborale, e terminano in un'area intorno all'ano (**periprocto**). La maggior parte delle specie di ricci di mare è definita "regolare", poiché presenta una forma emisferica, simmetria radiale ed è dotata di spine da medie a lunghe. I dollari della sabbia e i ricci a cuore sono detti "irregolari", poiché i membri dell'ordine cui appartengono sono diventati secondariamente a simmetria bilaterale; in genere le loro spine sono molto corte. I ricci regolari si muovono per mezzo di pedicelli, con l'aiuto delle spine, mentre i ricci irregolari si muovono essenzialmente per mezzo delle spine. Gli echinoidei sono distribuiti in tutti i mari.

La teca degli echinoidei è uno scheletro compatto formato da 10 doppie file di piastre. Le piastre portano piccoli tubercoli sui quali si articolano le estremità arrotondate delle spine. Le spine si muovono grazie all'azione di piccoli muscoli posti in prossimità della base. Vi sono vari tipi di pedicellarie. Queste aiutano a mantenere pulito il corpo, soprattutto impedendo alle larve di animali marini di insediarsi sulla sua superficie.

La bocca dei ricci regolari e dei dollari della sabbia è circondata da cinque denti convergenti. In alcuni ricci, il peristomio è circondato da **branchie** ramificate, di scarsa importanza negli scambi gassosi. L'ano, le aperture genitali e la madreporite sono aborali.

All'interno della teca di un riccio, vi sono un sistema digerente e un complesso sistema di masticazione noto come **lanterna di Aristotele**, su cui sono fissati i denti. Un **sifone** ciliato connette esofago e intestino e consente all'acqua di superare lo stomaco e di concentrare il cibo da digerire direttamente nell'intestino. I ricci di mare sono, in gran parte, onnivori ma si nutrono soprattutto di alghe e di altra materia organica.

I sistemi emale e nervoso sono fondamentalmente simili a quelli degli asteroidei.

Nei ricci di mare i podia respiratori hanno pareti sottili, sono piatti o lobati e sono disposti in campi ambulacrali, chiamati **petaloidi**, sulla superficie aborale. I sessi sono separati. Le larve **echinopluteus** degli echinoidei che non covano le uova, possono condurre un'esistenza planctonica per diversi mesi e poi subire metamorfosi e trasformarsi in giovani ricci.

Classe Holothuroidea: centrioli di mare

Questi animali hanno una straordinaria somiglianza con i vegetali cui fa riferimento il loro nome volgare. Rispetto agli altri echinodermi, gli oloturoidei sono molto sviluppati lungo l'asse oro-aborale e possiedono da 10 a 30 tentacoli orali. I pedicelli sono tipicamente usati per il movimento

nelle specie che strisciano sulla superficie del fondo marino. La cavità celomatica è ampia e piena di fluido, e funziona come scheletro idrostatico. Gli ossicoli dermici sono piccoli e non connessi gli uni agli altri e, perciò, non formano un endoscheletro. Il sistema digerente si apre posteriormente in una **cloaca** muscolare. Un **polmone acquifero** (o **albero respiratorio**), composto da due lunghi tubi pluriramificati, si apre nella cloaca, che pompa acqua di mare al suo interno. Il polmone acquifero serve sia per la respirazione sia per l'escrezione ed è assente in tutti gli altri gruppi di echinodermi. I sessi sono separati ma alcune oloturie sono ermafrodite. Solo gli oloturoidei, tra gli echinodermi, hanno una sola gonade, un carattere considerato primitivo. La fecondazione è esterna e la larva è denominata **auricularia**.

Quando queste specie sono disturbate o poste in condizioni sfavorevoli, possono espellere i tubuli del Cuvier, dei lunghi e sottili tubuli, contenenti a volte tossine, posti alla base degli alberi respiratori. Quando vengono espulsi, possono intrappolare un potenziale nemico. Altre specie espellono anche il tratto digerente, gli alberi respiratori o le gonadi. Tutte queste strutture, sono di solito, rigenerate.

Classe Crinoidea: gigli di mare e comatulidi

I Crinoidea differiscono dagli altri echinodermi perché sono sessili durante buona parte della loro esistenza. I gigli di mare hanno un corpo a forma di fiore, all'estremità di un peduncolo ancorato al substrato. I comatulidi possiedono lunghe braccia ramificate e gli adulti si muovono liberamente. Durante la metamorfosi, i comatulidi diventano sessili e pedunculati.

Il disco, o **calice**, del corpo presenta una superficie cutanea coriacea (**tegmen**), che contiene piastre calcaree. Cinque braccia flessibili si ramificano a formare numerose altre braccia, ciascuna dotata di molte **pinnule** laterali. Il calice e le braccia assieme vengono chiamati **corona**. Le specie sessili hanno un lungo peduncolo articolato e composto da piastre calcaree e può portare **cirri**. Le spine, le pedicellarie e la madreporite sono assenti.

La superficie superiore porta la bocca, che si apre in un breve esofago, da cui il lungo intestino, dotato di diverticoli, procede aboralmente per un certo tratto e fa poi una svolta completa fino all'ano. Con l'aiuto dei podia e di una rete mucosa, i crinoidei si cibano di piccoli organismi che catturano nei solchi ambulacrali. Il sistema nervoso è costituito da un anello orale e un nervo radiale, che corre in ciascun braccio.

I sessi sono separati. La larva **doliolaria** è pelagica per un certo tempo, prima di fissarsi e compiere la metamorfosi.