CAPITOLO

14

Il regno degli animali

Una spugna e un gatto hanno un antenato in comune: ciò che li distingue è la storia che è venuta dopo.

OBIETTIVI

1. Elencare i caratteri comuni agli animali e descrivere le prime tappe dello sviluppo embrionale.
2. Usare simmetria, foglietti embrionali, celoma, destino del blastoporo e segmentazione per classificare un animale.
3. Riconoscere i principali phyla di invertebrati dai loro caratteri diagnostici, anche con una chiave dicotomica.
4. Descrivere i caratteri dei cordati e distinguere le classi dei vertebrati.
5. Spiegare il ruolo dell'uovo amniotico e la differenza fra ectotermi ed endotermi.
6. Collegare i caratteri degli animali terrestri ai problemi della vita fuori dall'acqua.

INDICE DEL CAPITOLO

14.1 Che cos'è un animale 2
14.2 Come si classificano gli animali 3
14.3 Dalle spugne agli anellidi 7
14.4 Molluschi, artropodi ed echinodermi 8
14.5 I cordati e i vertebrati 12
14.6 Dall'acqua alla terraferma 16

Scienze naturali 2 · Parte III · La diversità dei viventi · versione 1.0
Capitolo 14: Il regno degli animali · pagine 309–330 del volume completo · estratto per lo studio

Una spugna fissata a uno scoglio, una medusa, una zanzara, un polpo, un riccio di mare e un gatto non sembrano avere nulla in comune. Eppure sono tutti animali, discendenti di un antenato comune vissuto oltre mezzo miliardo di anni fa. In questo capitolo vedrai quali caratteri li accomunano, con quali criteri si ordinano e come si riconoscono i principali phyla. Come funzionano i loro organi lo studierai nel secondo biennio: qui ti fermerai alle strutture che servono a riconoscere un gruppo.

14.1 Che cos'è un animale

Gli animali formano il regno Animali (*Animalia*), all'interno del dominio degli Eucarioti. Hanno questi caratteri in comune.

- Sono **eucarioti pluricellulari**, e le loro cellule non hanno parete: sono tenute insieme da proteine, come il collagene, che formano una rete fra una cellula e l'altra.
- Sono **eterotrofi per ingestione**: introducono il cibo nel corpo e lo digeriscono all'interno. Anche i funghi sono eterotrofi, ma digeriscono il cibo all'esterno e poi assorbono le sostanze semplici.
- Quasi tutti hanno **tessuti** veri; due di questi, il tessuto muscolare e quello nervoso, esistono soltanto negli animali e permettono il movimento e le risposte rapide agli stimoli. Fanno eccezione i poriferi, le spugne.
- Quasi tutti si **muovono** attivamente almeno in una fase della vita: anche le spugne e i coralli, fissi da adulti, hanno larve che nuotano.
- Si riproducono per lo più per via **sessuata**. L'organismo adulto è diploide, e le sole cellule aploidi sono i gameti, prodotti per meiosi.

14.1.1 Dallo zigote alla gastrula

Lo sviluppo di un animale comincia con lo zigote, la cellula nata dalla fecondazione. Lo zigote si divide molte volte per mitosi, senza crescere: le cellule diventano sempre più numerose e più piccole. Si forma così la **blastula**, una sfera di cellule che racchiude una cavità piena di liquido. Poi un gruppo di cellule si piega verso l'interno, come quando si spinge con un dito una palla sgonfia: è la gastrulazione. L'embrione, ora chiamato **gastrula**, ha una cavità che diventerà il tubo digerente e un'apertura verso l'esterno, il **blastoporo**.

Nella gastrula le cellule si dispongono in strati chiamati **foglietti embrionali**, da cui derivano tutti gli organi. L'**ectoderma**, esterno, forma il rivestimento del corpo e il sistema nervoso; l'**endoderma**, interno, riveste il tubo digerente; nella maggior parte degli animali si forma anche un terzo foglietto intermedio, il **mesoderma**, che produce muscoli, scheletro interno e

sangue. In molte specie dall'uovo esce una larva, molto diversa dall'adulto, che lo diventerà attraverso una trasformazione chiamata metamorfosi.

Gli zoologi riconoscono più di trenta phyla di animali. Per comodità si distinguono i **vertebrati**, che hanno una colonna vertebrale, dagli **invertebrati**, che ne sono privi. La distinzione è sbilanciata: i vertebrati sono una parte di un solo phylum, gli invertebrati comprendono tutti gli altri e la grande maggioranza delle specie conosciute.

14.2 Come si classificano gli animali

Per ordinare i phyla gli zoologi confrontano il *piano corporeo*, cioè l'organizzazione generale del corpo, e il modo in cui si sviluppa l'embrione. I criteri principali sono cinque.

14.2.1 La simmetria

Un corpo è simmetrico se un piano lo divide in due metà speculari. La maggior parte delle spugne non ha simmetria. Le meduse e gli altri cnidari hanno una **simmetria raggiata**: le parti del corpo sono disposte intorno a un asse centrale, come i raggi di una ruota, e più piani passanti per l'asse dividono il corpo in metà uguali (Figura 14.1). È la simmetria di animali fissi o trasportati dall'acqua, che incontrano il cibo e i pericoli da ogni direzione.

Gli altri animali hanno una **simmetria bilaterale**: un solo piano, il piano sagittale, divide il corpo in metà destra e sinistra. Si distinguono così un lato superiore, o dorsale, e uno inferiore, o ventrale, un'estremità anteriore e una posteriore. Un animale bilaterale si muove di solito con l'estremità anteriore in avanti, e lì si concentrano gli organi di senso e le cellule nervose: è la **cefalizzazione**, la formazione di un capo. Le stelle marine adulte, con le loro cinque braccia, sembrano un'eccezione; ma le loro larve sono bilaterali, e la simmetria pentaraggiata compare solo con la metamorfosi.

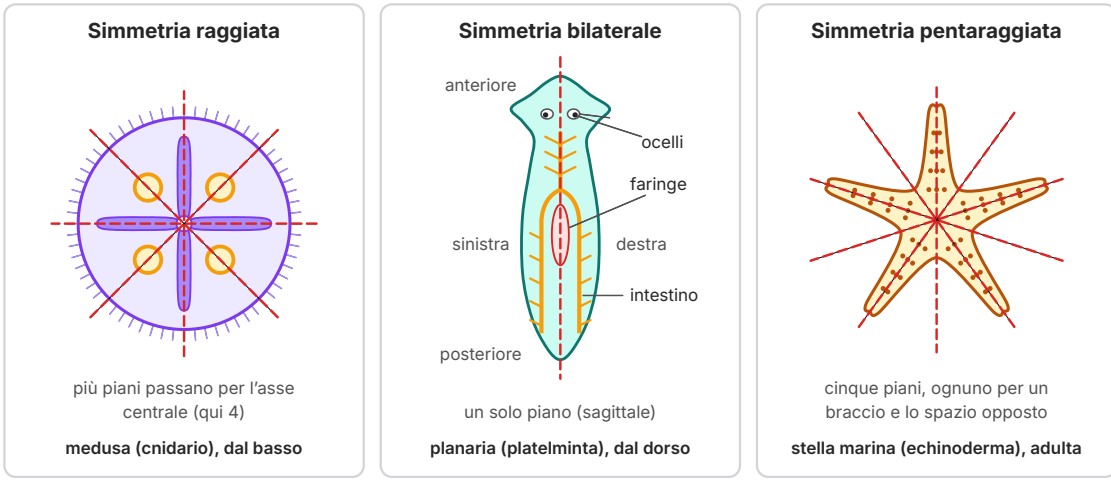


Figura 14.1 I tipi di simmetria. In rosso, tratteggiati, i piani di simmetria: più piani in una medusa, che ha le parti del corpo ripetute quattro volte; un solo piano in una planaria; cinque piani in una stella marina adulta. Schemi non in scala.

14.2.2 I foglietti embrionali e il celoma

Gli animali con due soli foglietti, ectoderma ed endoderma, si dicono **diblastici**: sono i cnidari. Tutti gli animali a simmetria bilaterale sono invece **triblastici**, con tre foglietti. Il mesoderma permette di costruire muscoli robusti e organi complessi, e in molti animali delimita una cavità del corpo.

Il **celoma** è una cavità piena di liquido, situata fra la parete del corpo e il tubo digerente e rivestita interamente di mesoderma (Figura 14.2). Gli **acelomati**, come i platelminti, non hanno cavità: lo spazio fra la parete del corpo e l'intestino è pieno di tessuto. Gli **pseudocelomati**, come i nematodi, hanno una cavità rivestita di mesoderma solo dal lato della parete del corpo, non intorno all'intestino. I **celomati** hanno un celoma vero: il tubo digerente, avvolto anch'esso dal mesoderma, è sostenuto da membrane chiamate mesenteri. Il liquido della cavità ammortizza gli urti, lascia spazio agli organi interni e, negli animali dal corpo molle, funziona da scheletro idrostatico su cui premono i muscoli.

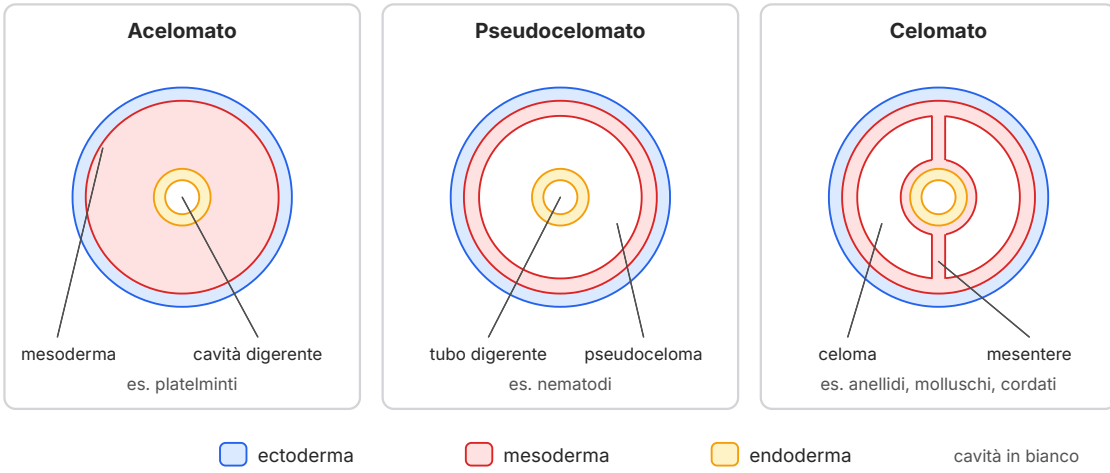


Figura 14.2 I tre piani corporei degli animali triblastici, in sezione trasversale. Lo stesso colore indica lo stesso foglietto embrionale in tutti e tre gli schemi; le cavità sono in bianco. Schema non in scala.

14.2.3 Protostomi e deuterostomi

Negli animali bilaterali il blastoporo può avere due destini. Nei **protostomi** (dal greco «bocca per prima») diventa la bocca, e l'ano si apre più tardi all'estremità opposta; sono protostomi i platelminti, i nematodi, gli anellidi, i molluschi e gli artropodi. Nei **deuterostomi** («bocca per seconda») il blastoporo diventa l'ano e la bocca si forma dopo: sono deuterostomi gli echinodermi e i cordati. Un riccio di mare, quindi, è più vicino a noi che a un polpo, anche se non lo diresti guardandolo.

14.2.4 La segmentazione

In alcuni animali il corpo è formato da una serie di unità che si ripetono lungo l'asse anteriore-posteriore, i segmenti o metameri. La **metameria** è evidente negli anellidi, come il lombrico, e negli artropodi; nei vertebrati si riconosce nella serie delle vertebre e dei muscoli che vi si attaccano.

Questi criteri, insieme ai confronti fra le sequenze del DNA, permettono di costruire l'albero dei phyla animali (Figura 14.3). Ogni ramo porta i caratteri comparsi nel suo antenato e conservati dai discendenti: per esempio, tutti i gruppi a destra dei cnidari hanno simmetria bilaterale e tre foglietti.

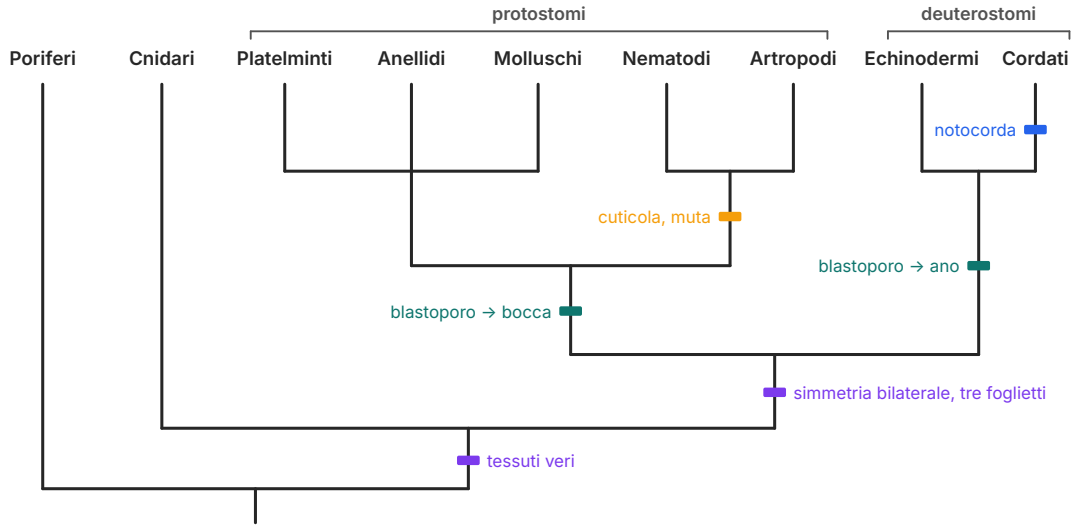


Figura 14.3 Albero semplificato dei principali phyla animali. I rettangoli colorati indicano alcuni caratteri comparsi lungo i rami. Platelminti, anellidi e molluschi partono da uno stesso nodo perché i rapporti di parentela fra loro sono ancora discussi; anche la posizione dei poriferi alla base dell'albero è oggetto di ricerca.

ERRORE FREQUENTE

«Verme» non è un gruppo della classificazione. Nel linguaggio comune si chiama verme qualunque animale molle e allungato senza zampe; ma la planaria, l'ascaride e il lombrico appartengono a tre phyla diversi, con piani corporei diversi: un platelminta acelomato, un nematode pseudocelomato e un anellide celomato e segmentato. Allo stesso modo, il bruco di una farfalla è un artropode e non un verme.

APPROFONDIMENTO

Approfondimento · Che cosa raccontano le molecole. A lungo si è pensato che i piani corporei formassero una scala: prima gli acelomati, poi gli pseudocelomati, infine i celomati. Il confronto delle sequenze del DNA ha cambiato il quadro. I protostomi si dividono in due grandi gruppi: i **lofotrocozoi**, che comprendono platelminti, anellidi e molluschi, e gli **ecdisozoi**, che comprendono gli animali che fanno la muta, cioè nematodi e artropodi. I platelminti, quindi, sono imparentati più strettamente con i lombrichi che con i nematodi, e la loro mancanza di celoma è probabilmente una perdita avvenuta nel corso dell'evoluzione e non un carattere primitivo. Il piano corporeo descrive un animale, ma da solo non ne ricostruisce la parentela.

14.3 Dalle spugne agli anellidi

14.3.1 Poriferi

I **poriferi**, o spugne, sono animali acquatici, quasi tutti marini, che da adulti vivono fissi sul fondo. Il loro corpo, per lo più privo di simmetria, è attraversato da canali e da innumerevoli pori. Non hanno tessuti veri né organi: le loro cellule collaborano ma restano piuttosto indipendenti. Cellule munite di un flagello, i coanociti, creano una corrente d'acqua che entra dai pori ed esce da un'apertura più grande, l'osculo; dall'acqua le cellule trattengono le particelle di cibo. Il corpo è sostenuto da piccole spicole rigide o da fibre proteiche: la spugna da bagno naturale è lo scheletro di una di loro.

14.3.2 Cnidari

I **cnidari** (meduse, idre, anemoni di mare e coralli) sono diblastici, a simmetria raggiata. Il corpo è un sacco con una sola apertura, la bocca, circondata da tentacoli; la cavità interna digerisce il cibo e lo distribuisce. I tentacoli sono armati di **cnidociti**, cellule urticanti che contengono una capsula con un filamento avvolto: al contatto con una preda il filamento viene sparato e inietta una sostanza tossica. È la causa del bruciore che si prova toccando una medusa come *Pelagia noctiluca*, comune nel Mediterraneo.

I cnidari hanno due forme corporee: il **polipo**, cilindrico e fisso, con la bocca e i tentacoli rivolti verso l'alto, e la **medusa**, a forma di ombrello, che nuota con la bocca rivolta verso il basso. In molte specie le due forme si alternano nel ciclo vitale: i polipi producono meduse per gemmazione, e le meduse si riproducono per via sessuata. Gli anemoni di mare e i coralli vivono soltanto come polipi. Il corallo rosso del Mediterraneo (*Corallium rubrum*) è una colonia di polipi che costruisce uno scheletro di carbonato di calcio.

COLLEGAMENTI

Le barriere coralline e il clima. I coralli delle barriere tropicali ospitano nelle loro cellule alghe unicellulari, che con la fotosintesi forniscono gran parte del nutrimento del polipo; in cambio ricevono riparo e sostanze minerali. Quando l'acqua resta troppo calda a lungo, i polipi espellono le alghe e diventano bianchi: è lo *sbiancamento*. Se le condizioni non migliorano, i coralli muoiono, e con loro l'ambiente di migliaia di specie. Proteggere le barriere coralline è uno dei traguardi dell'obiettivo 14 dell'Agenda 2030, «Vita sott'acqua».

14.3.3 Platelminti

I **platelminti**, o vermi piatti, sono i più semplici animali bilaterali: triblastici, acelomati, con il corpo appiattito in senso dorso-ventrale. Il tubo digerente, quando c'è, ha una sola apertura,

che fa da bocca e da ano; il corpo sottile permette all'ossigeno di arrivare per diffusione a tutte le cellule. Le **planarie** vivono libere nelle acque dolci, hanno un capo con due ocelli sensibili alla luce e sono famose per la capacità di rigenerare un individuo intero da un frammento. Le **tenie** invece sono parassite dell'intestino dei vertebrati: non hanno tubo digerente e assorbono il cibo già digerito dall'ospite attraverso la superficie del corpo, che può raggiungere diversi metri di lunghezza.

14.3.4 Nematodi

I **nematodi** sono vermi cilindrici, assottigliati alle estremità, pseudocelomati, rivestiti da una cuticola resistente che cambiano con la muta durante la crescita. Il tubo digerente è completo, con una bocca e un ano: il cibo lo percorre in una sola direzione e ogni tratto può specializzarsi in una funzione. Vivono quasi ovunque: nel suolo, nelle acque e come parassiti. L'ascaride (*Ascaris lumbricoides*) è un parassita dell'intestino umano, frequente dove l'igiene dell'acqua e dei cibi è scarsa; *Caenorhabditis elegans*, lungo circa un millimetro, è uno degli organismi più studiati in laboratorio.

14.3.5 Anellidi

Gli **anellidi** sono vermi celomati e segmentati: il corpo è formato da molti anelli simili, ognuno con una parte del celoma e, in molte specie, con setole che fanno presa sul terreno. Il **lombrico** scava gallerie nel suolo, ingerisce terra e ne digerisce i resti organici; respira attraverso la pelle, che deve restare umida. Le sue gallerie arieggiano e mescolano il terreno: Charles Darwin dedicò ai lombrichi il suo ultimo libro, nel 1881. Gli altri anellidi sono i **policheti**, quasi tutti marini, con molte setole, e le **sanguisughe**, con una ventosa a ciascuna estremità; molte, come *Hirudo medicinalis*, si nutrono di sangue.

> **COLLEGAMENTI**
>
> **Parassiti a tavola.** Le tenie del maiale (*Taenia solium*) e del bue (*Taenia saginata*) si contraggono mangiando carne cruda o poco cotta che ne contiene le larve; le larve del nematode *Anisakis* vivono in molti pesci di mare. Per questo la carne va cotta bene e la legge impone di congelare a temperature molto basse il pesce da servire crudo. Lavarsi le mani e lavare frutta e verdura protegge dalle uova di ascaride e di ossiuro, un piccolo nematode diffuso fra i bambini.

14.4 Molluschi, artropodi ed echinodermi

14.4.1 Molluschi

I **molluschi** sono protostomi celomati dal corpo molle, non segmentato. Il loro piano corporeo ha tre parti: un **piede** muscoloso, che serve a muoversi; una **massa viscerale**, con gli organi in-

terni; un **mantello**, una piega della parete del corpo che in molte specie produce la conchiglia di carbonato di calcio. Molti hanno una *radula*, una specie di lingua coperta di dentini con cui raschiano il cibo. Le classi principali sono tre.

- **Gasteropodi**: chiocciole, lumache e patelle, che strisciano sul piede; la conchiglia, se c'è, è in un solo pezzo, spesso avvolto a spirale.
- **Bivalvi**: cozze, vongole e ostriche, con la conchiglia formata da due valve unite da una cerniera. Non hanno capo né radula: filtrano l'acqua con le branchie e ne trattengono le particelle di cibo.
- **Cefalopodi**: polpi, seppie e calamari, predatori marini. Il piede si è trasformato in braccia munite di ventose intorno alla bocca; hanno occhi molto sviluppati e un sistema nervoso complesso. La conchiglia è interna (l'osso di seppia) o assente, come nel polpo.

ESEMPIO SVOLTO

Classificare il polpo

Problema: il polpo comune ha corpo molle senza segmenti, otto braccia con ventose intorno alla bocca e nessuna conchiglia. Scrivi la sua classificazione, dal dominio alla specie.

Soluzione. È un eucariote pluricellulare eterotrofo per ingestione: dominio Eucarioti, regno Animali. Corpo molle, non segmentato, con mantello: phylum Molluschi. Piede trasformato in braccia intorno al capo: classe Cefalopodi. Otto braccia e niente conchiglia: ordine Ottopodi, famiglia Octopodidi, genere *Octopus*, specie *Octopus vulgaris*. Il nome scientifico è formato dal genere e dall'epiteto specifico, in corsivo.

14.4.2 Artropodi

Gli **artropodi** sono il phylum con il maggior numero di specie conosciute: i soli insetti descritti sono circa un milione. Il loro successo dipende da tre caratteri. Il corpo è protetto da un **esoscheletro**, uno scheletro esterno di chitina e proteine, che sostiene il corpo, offre un punto d'attacco ai muscoli e limita la perdita d'acqua. Le appendici sono **articolate** (il nome viene dal greco «piede articolato»): zampe, antenne e parti della bocca sono formate da pezzi mobili uno sull'altro. Il corpo è segmentato, e i segmenti sono riuniti in regioni con funzioni diverse, come capo, torace e addome.

L'esoscheletro non cresce. Per diventare più grande un artropode deve compiere la **muta**: produce sotto il vecchio esoscheletro uno nuovo, ancora morbido, si libera del vecchio, si gonfia e aspetta che il nuovo si indurisca. In questi momenti è molto vulnerabile. Le quattro grandi linee di artropodi viventi si riconoscono dal numero di zampe, di antenne e di regioni del corpo (Tabella 14.1).

Tabella 14.1 I principali gruppi di artropodi.

Gruppo	Regioni del corpo	Zampe	Antenne	Respirazione	Esempi
insetti	capo, torace, addome	3 paia, sul torace	1 paio	trachee	ape, coccinella, zanzara
aracnidi	cefalotorace e addome	4 paia	nessuna	polmoni a libro, trachee	ragno, scorpione, zecca
crostacei	capo, torace (spesso fusi), addome	numero variabile; 5 paia nei granchi	2 paia	branchie	gambero, granchio, porcellino di terra
miriapodi	capo e tronco con molti segmenti	1 o 2 paia per segmento	1 paio	trachee	scolopendra, millepiedi

Gli insetti hanno in genere due paia di ali, inserite sul torace, e respirano con le *trachee*, tubicini ramificati che portano l'aria direttamente ai tessuti. Molti si sviluppano con una **metamorfosi**, una trasformazione profonda del corpo durante la crescita (Figura 14.4). Nella **metamorfosi completa** (farfalle, coleotteri, mosche, api) dall'uovo esce una larva, diversa dall'adulto per forma e alimentazione; la larva diventa una pupa immobile, in cui il corpo si riorganizza, e dalla pupa esce l'adulto. Nella **metamorfosi incompleta** (cavallette, cimici, libellule) dall'uovo esce una *ninfa* simile all'adulto ma senza ali, che diventa adulta attraverso una serie di mute.

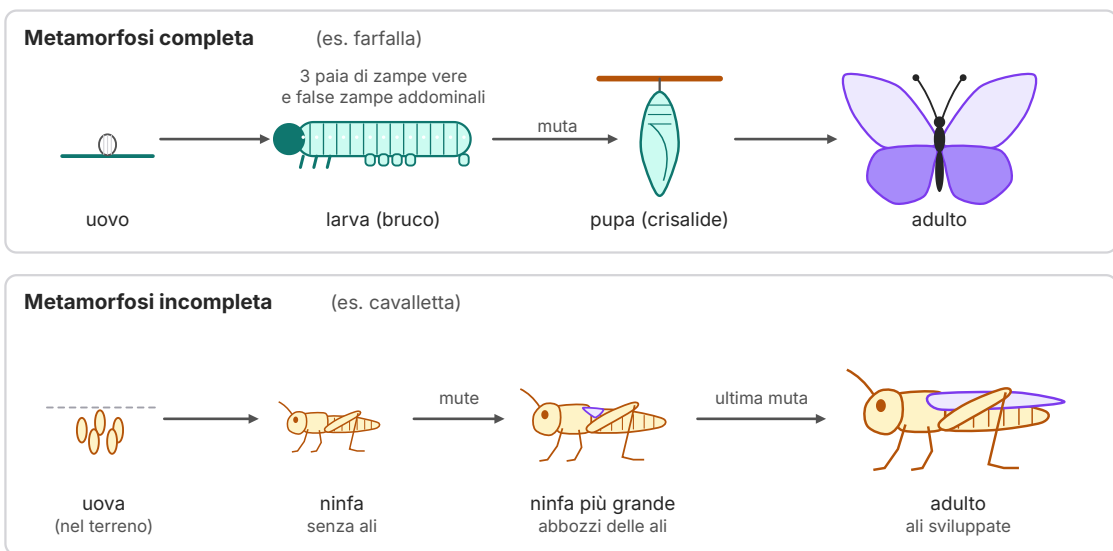


Figura 14.4 La metamorfosi completa di una farfalla e la metamorfosi incompleta di una cavalletta. Il bruco ha tre paia di zampe vere sul torace e false zampe sull'addome; nella cavalletta gli abbozzi delle ali crescono a ogni muta. Le dimensioni dei diversi stadi non sono in scala.

COLLEGAMENTI

Insetti utili e insetti pericolosi. Api, bombi e farfalle trasportano il polline da un fiore all'altro: da loro dipende buona parte della frutta e della verdura che mangiamo. Altri insetti trasmettono malattie: le zanzare del genere *Anopheles* trasmettono il protista della malaria, e la zanzara tigre, arrivata in Italia negli anni novanta, può trasmettere virus come quello della dengue. Ridurre l'acqua stagnante nei sottovasi e nei contenitori all'aperto toglie alle zanzare i luoghi in cui crescono le larve.

14.4.3 Echinodermi

Gli **echinodermi** (ricci di mare, stelle marine, oloturie e ofiure) vivono tutti in mare. Da adulti hanno simmetria pentaraggiata, con le parti del corpo ripetute cinque volte, ma sono deuterostomi e hanno larve bilaterali. Sotto la pelle hanno uno scheletro interno di piastrine calcaree, spesso con spine: il nome significa «pelle spinosa». Una rete di canali pieni d'acqua, il *sistema acquifero*, termina in centinaia di piccoli tubi chiamati pedicelli, che con le loro ventose servono a muoversi, ad aderire al fondo e a catturare il cibo. Nel Mediterraneo sono comuni il riccio di mare *Paracentrotus lividus* e diverse specie di stelle marine.

ESPERIENZA DI LABORATORIO

Dove preferiscono stare i porcellini di terra?

Materiale: 10 porcellini di terra raccolti sotto sassi o foglie umide, una vaschetta con coperchio forato, carta assorbente, acqua, cronometro. **Procedimento:** copri metà del fondo con carta bagnata e metà con carta asciutta, metti i porcellini al centro e chiudi. Dopo 10 minuti conta gli animali su ciascun lato. Ripeti cinque volte, girando ogni volta la vaschetta di mezzo giro. Come controllo, fai una prova con carta asciutta su entrambi i lati: gli animali non devono preferire un lato per altri motivi.

Variabili. Indipendente: l'umidità. Dipendente: il numero di animali su ciascun lato. Da mantenere costanti: luce, temperatura, durata, numero di animali. **Sicurezza e rispetto:** maneggia gli animali con delicatezza, lavati le mani e riporta i porcellini dove li hai trovati. **Che cosa aspettarsi:** i porcellini di terra sono crostacei che respirano con appendici dell'addome che devono restare umide: la maggior parte si raccoglie sul lato umido. **Domande:** perché si girano la vaschetta e si ripete la prova? Che cosa ti aspetti nella prova di controllo?

Per riconoscere a quale phylum appartiene un invertebrato si può usare una **chiave dicotomica**, che a ogni passo propone due alternative (Tabella 14.2).

Tabella 14.2 Chiave dicotomica dei principali phyla di invertebrati (animali adulti).

Passo	Alternativa	Vai a
1a	Corpo senza tessuti veri, attraversato da pori; animale fisso	**Poriferi**
1b	Corpo con tessuti veri	2
2a	Simmetria raggiata o pentaraggiata	3
2b	Simmetria bilaterale	4
3a	Corpo molle, con tentacoli urticanti intorno alla bocca	**Cnidari**
3b	Pelle spinosa con piastre calcaree, pedicelli; simmetria pentaraggiata	**Echinodermi**
4a	Esoscheletro e appendici articolate	**Artropodi**
4b	Senza esoscheletro né appendici articolate	5
5a	Corpo molle con mantello, spesso con conchiglia	**Molluschi**
5b	Corpo allungato, vermiforme	6
6a	Corpo diviso in anelli	**Anellidi**
6b	Corpo non diviso in anelli	7
7a	Corpo appiattito	**Platelminti**
7b	Corpo cilindrico, assottigliato alle estremità, con cuticola	**Nematodi**

ESEMPIO SVOLTO

Usare la chiave dicotomica

Problema: una sanguisuga ha il corpo molle e allungato, diviso in molti anelli, con una ventosa a ciascuna estremità, senza zampe. A quale phylum appartiene?

Soluzione. Ha tessuti veri (1b → 2); ha simmetria bilaterale (2b → 4); non ha esoscheletro né appendici articolate (4b → 5); non ha mantello né conchiglia ed è vermiforme (5b → 6); il corpo è diviso in anelli (6a): è un **anellide**. Le ventose non compaiono nella chiave, perché non servono a distinguere i phyla: una chiave usa solo i caratteri che separano i gruppi.

14.5 I cordati e i vertebrati

14.5.1 I caratteri dei cordati

I **cordati** sono deuterostomi che possiedono, almeno in una fase della vita, quattro caratteri (Figura 14.5):

- la **notocorda**, un bastoncino flessibile e resistente che percorre il dorso e sostiene il corpo;
- un **tubo neurale dorsale**, cavo, situato sopra la notocorda: negli altri animali il cordone nervoso principale è pieno e ventrale;
- le **fessure faringee**, aperture della parete della faringe, che negli animali acquatici più semplici filtrano il cibo dall'acqua e nei pesci sostengono le branchie;
- una **coda postanale**, che prosegue oltre l'ano.

Due gruppi di cordati sono invertebrati. I **tunicati**, come le ascidie, hanno una larva che nuota e mostra tutti e quattro i caratteri; da adulti si fissano sul fondo, perdono la notocorda e la coda e filtrano l'acqua attraverso le fessure faringee. I **cefalocordati** sono rappresentati dall'**anfiosso** (*Branchiostoma lanceolatum*), lungo pochi centimetri, che vive semisepolto nella sabbia dei fondali, anche nel Mediterraneo, e conserva i quattro caratteri per tutta la vita.

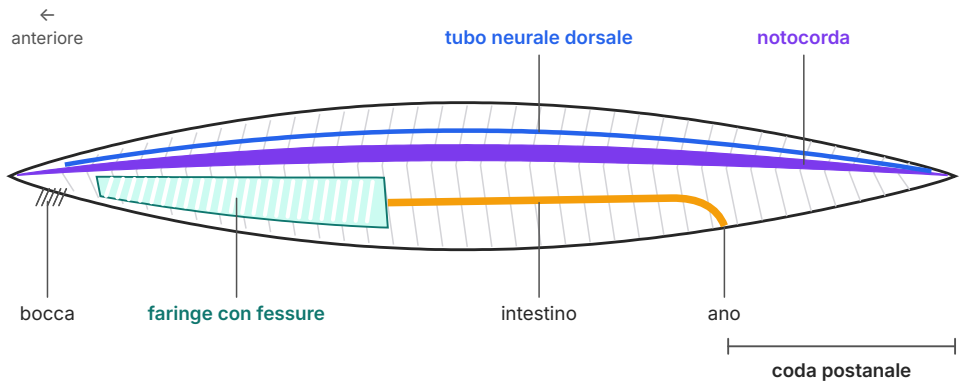


Figura 14.5 I quattro caratteri dei cordati nell'anfiosso, visto di lato. Le linee grigie sono i fasci muscolari ripetuti lungo il corpo. Schema non in scala: l'animale reale è più sottile in proporzione.

DA RICORDARE

I quattro caratteri dei cordati: notocorda, tubo neurale dorsale, fessure faringee, coda postanale. Nell'uomo la notocorda, le fessure faringee e la coda compaiono soltanto nell'embrione: per riconoscere un cordato si guarda a tutto il ciclo vitale, non solo all'adulto.

14.5.2 I vertebrati

Nei **vertebrati** la notocorda dell'embrione è sostituita, in gran parte, dalla **colonna vertebrale**, una serie di vertebre di cartilagine o di osso che circonda e protegge il midollo spinale, cioè il tubo neurale; un cranio protegge l'encefalo. I vertebrati si dividono tradizionalmente in pesci, anfibi, rettili, uccelli e mammiferi (Tabella 14.3). Le lamprede, dette anche «pesci senza mascelle», hanno una bocca a ventosa invece delle mascelle.

Tabella 14.3 Le classi tradizionali dei vertebrati, con esempi della fauna italiana.

Gruppo	Rivestimento	Respirazione	Riproduzione	Temperatura del corpo	Esempi
pesci cartilaginei	pelle ruvida, con piccole squame	branchie, con fessure visibili all'esterno	fecondazione interna; uova o piccoli già formati	ectotermi	gattuccio, verdesca, torpedine
pesci ossei	squame ossee	branchie coperte da un opercolo	per lo più fecondazione esterna, uova in acqua	ectotermi	trota, sardina, orata
anfibi	pelle nuda, umida	branchie nella larva; polmoni e pelle nell'adulto	uova senza guscio, in acqua; larva acquatica e metamorfosi	ectotermi	rana verde, rospo comune, salamandra pezzata
rettili	squame cornee	polmoni	fecondazione interna; uova amniotiche con guscio, o piccoli vivi	ectotermi	lucertola muraiola, vipera comune, testuggine di Hermann
uccelli	piume	polmoni	fecondazione interna; uova amniotiche con guscio calcareo, covate	endotermi	passero, gabbiano reale, aquila reale
mammiferi	peli	polmoni	fecondazione interna; quasi tutti partoriscono; allattamento	endotermi	riccio, lupo, cervo, delfino, pipistrelli

I **pesci cartilaginei**, come squali e razze, hanno uno scheletro di cartilagine e non hanno vescica natatoria: molti tendono ad affondare se smettono di nuotare, e li aiuta a galleggiare un fegato ricco di olio. I **pesci ossei** hanno uno scheletro di osso e, quasi tutti, una vescica natatoria piena di gas che regola il galleggiamento. Gli **anfibi** (rane, rospi, salamandre e tritoni) vivono fra acqua e terra, come dice il nome, «doppia vita». Le loro uova non hanno guscio e si seccherebbero all'aria: per questo le depongono in acqua, dove nasce una larva con le branchie (il girino delle rane), che con la metamorfosi sviluppa polmoni e zampe.

I **rettili** hanno la pelle coperta di squame cornee, fatte di cheratina, che limitano la perdita d'acqua, e depongono uova con il guscio sulla terraferma. Questo uovo, chiamato **uovo amniotico**, è una delle grandi innovazioni dei vertebrati (Figura 14.6): dentro di esso l'embrione è circondato da membrane che lo proteggono, lo nutrono e gli permettono di respirare. L'*amnios* racchiude l'embrione in un liquido, come in un piccolo acquario privato; il *sacco vitellino* contie-

ne il tuorlo, la riserva di cibo; l'*allantoide* raccoglie i rifiuti; il *corion* avvolge tutto e, con l'allantoide, scambia gas con l'esterno attraverso il guscio poroso. Rettili, uccelli e mammiferi, che hanno questo tipo di sviluppo, formano insieme il gruppo degli **amnioti**: nei mammiferi placentati le stesse membrane si formano dentro il corpo della madre.

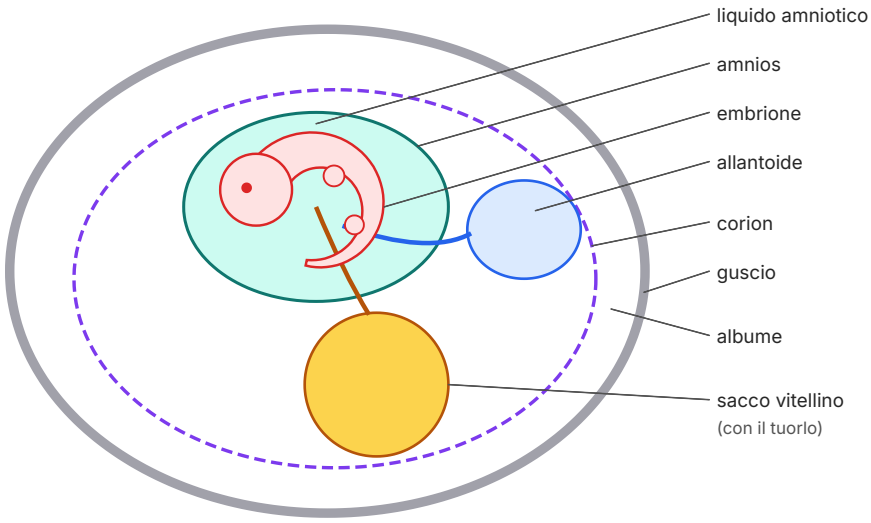


Figura 14.6 L'uovo amniotico di un rettile o di un uccello, in sezione. L'amnios racchiude l'embrione nel liquido amniotico; il corion avvolge l'embrione e tutte le altre membrane. Schema non in scala.

Gli **uccelli** hanno le piume, un becco senza denti, gli arti anteriori trasformati in ali e molte ossa cave e leggere. Il loro antenato era un dinosauro: per questo, nella classificazione filogenetica, gli uccelli fanno parte dei rettili, come hai visto nel capitolo sulla sistematica. Nell'uso comune, e nella tabella, «rettili» indica ancora lucertole, serpenti, tartarughe e coccodrilli.

I **mammiferi** hanno i peli e le ghiandole mammarie, che producono il latte con cui le femmine nutrono i piccoli. Sono di tre tipi. I **monotremi**, come l'ornitorinco e le echidne dell'Australia e della Nuova Guinea, depongono uova. Nei **marsupiali**, come il canguro e il koala, il piccolo nasce poco sviluppato e completa la crescita attaccato a una mammella, di solito dentro una tasca della pelle, il marsupio. Nei **placentati**, come l'uomo, l'embrione si sviluppa nell'utero, nutrito attraverso la placenta.

14.5.3 Ectotermi ed endotermi

Pesci, anfibi e rettili sono **ectotermi**: la temperatura del loro corpo dipende soprattutto dall'ambiente, e la regolano con il comportamento, per esempio una lucertola si scalda al sole e si ripara all'ombra nelle ore più calde. Uccelli e mammiferi sono **endotermi**: producono calore con il

proprio metabolismo e mantengono il corpo a una temperatura quasi costante, isolati da piume, peli e grasso. Così restano attivi anche al freddo, ma a un costo: un endotermo deve mangiare molto più di un ectotermo della stessa massa.

ERRORE FREQUENTE

«Gli ectotermi hanno il sangue freddo». L'espressione è impropria: una lucertola che si è scaldata al sole d'estate può avere il corpo più caldo di un mammifero. Ciò che distingue i due gruppi è la *fonte* del calore, l'ambiente o il metabolismo, non la temperatura in sé.

14.6 Dall'acqua alla terraferma

La vita animale è nata nel mare, e i primi animali che passarono sulla terraferma dovettero risolvere tre problemi. Li hanno risolti, in modo indipendente, sia gli artropodi sia i vertebrati, e le soluzioni si somigliano, come quelle delle piante che hai studiato nel capitolo precedente.

- **Respirare l'aria.** All'aria le branchie si afflosciano e si seccano. Gli insetti respirano con le trachee, i vertebrati terrestri con i polmoni: in entrambi i casi la superficie degli scambi è chiusa dentro il corpo, al riparo dalla secchezza.
- **Sostenersi e non seccarsi.** L'acqua sostiene il corpo, l'aria no: gli artropodi hanno l'esoscheletro e zampe articolate, i vertebrati uno scheletro interno robusto e quattro arti. Contro la perdita d'acqua servono la cuticola cerosa degli insetti, le squame cornee dei rettili, la pelle di uccelli e mammiferi.
- **Riprodursi lontano dall'acqua.** In acqua i gameti possono incontrarsi fuori dal corpo e le uova restano umide. Sulla terraferma servono la fecondazione interna e uova protette: gli insetti depongono uova rivestite da un involucro impermeabile, i rettili l'uovo amniotico. Gli anfibi, che non hanno queste soluzioni, devono tornare all'acqua per riprodursi.

I fossili mostrano le tappe di questo passaggio per i vertebrati: hai incontrato nel capitolo sull'evoluzione *Tiktaalik*, un pesce del Devoniano con pinne robuste, collo mobile e alcune caratteristiche dei primi tetrapodi. Da animali simili sono derivati gli anfibi, e dagli antichi anfibi gli amnioti. Alcuni animali terrestri sono poi tornati in mare conservando i caratteri ereditati: le balene respirano aria e la tartaruga marina *Caretta caretta* depone le uova sulle spiagge, anche in Italia meridionale.

IN SINTESI

Problema → soluzione negli artropodi / nei vertebrati. Respirare l'aria → trachee / polmoni. Sostenersi → esoscheletro e zampe articolate / scheletro interno e quattro arti. Non perdere acqua → cuticola cerosa / squame cornee, piume, peli. Riprodursi all'asciutto → fecondazione interna e uova con involucro / fecondazione interna e uovo amniotico.

SINTESI

- Gli **animali** sono eucarioti pluricellulari, senza parete cellulare, eterotrofi per ingestione; quasi tutti hanno tessuti (muscolare e nervoso esclusivi), si muovono almeno in una fase e si riproducono per lo più per via sessuata.
- Lo zigote si divide e forma la **blastula**; con la gastrulazione si forma la **gastrula**, con il blastoporo e i **foglietti embrionali**: ectoderma, endoderma e, nei triblastici, mesoderma.
- La **simmetria** può mancare (poriferi), essere raggiata (cnidari) o bilaterale; la simmetria bilaterale si accompagna alla **cefalizzazione**. Gli echinodermi adulti sono pentaraggiati, ma le larve sono bilaterali.
- Il **celoma** è una cavità rivestita interamente di mesoderma: gli animali sono acelomati (platelminti), pseudocelomati (nematodi) o celomati.
- Nei **protostomi** il blastoporo diventa la bocca, nei **deuterostomi** (echinodermi e cordati) l'ano.
- Poriferi: senza tessuti, filtratori. Cnidari: diblastici, raggiati, con cnidociti, forme di polipo e medusa. Platelminti: piatti, acelomati. Nematodi: cilindrici, con cuticola e tubo digerente completo. Anellidi: celomati e segmentati.
- I **molluschi** hanno piede, massa viscerale e mantello; le classi principali sono gasteropodi, bivalvi e cefalopodi.
- Gli **artropodi** hanno esoscheletro di chitina, appendici articolate e corpo segmentato, e crescono con la **muta**; si dividono in insetti, aracnidi, crostacei e miriapodi. Molti insetti hanno una **metamorfosi** completa o incompleta.
- Gli **echinodermi** sono deuterostomi marini con scheletro interno calcareo e sistema acquifero con pedicelli.
- I **cordati** hanno, almeno nell'embrione, notocorda, tubo neurale dorsale, fessure faringee e coda postanale; tunicati e anfiosso sono cordati invertebrati.
- I vertebrati comprendono pesci cartilaginei e ossei, anfibi, rettili, uccelli e mammiferi. L'**uovo amniotico** rende rettili e uccelli indipendenti dall'acqua per la riproduzione; uccelli e mammiferi sono **endotermi**, gli altri **ectotermi**.
- Il passaggio alla terraferma ha richiesto soluzioni per respirare l'aria, sostenersi, non seccarsi e riprodursi all'asciutto.

ESERCIZI

Comprendere e ricordare

1. ● Quale caratteristica distingue gli animali dai funghi?
   - **A.** sono eterotrofi
   - **B.** sono pluricellulari
   - **C.** si nutrono per ingestione, digerendo il cibo all'interno del corpo
   - **D.** sono eucarioti

2. ● I poriferi:
   - **A.** non hanno tessuti veri e filtrano l'acqua che entra dai pori
   - **B.** hanno simmetria bilaterale e un capo
   - **C.** catturano le prede con i cnidociti
   - **D.** hanno un celoma diviso in segmenti

3. ● Durante la gastrulazione:
   - **A.** si formano i foglietti embrionali e il blastoporo
   - **B.** lo zigote si divide per meiosi
   - **C.** la larva esce dall'uovo
   - **D.** si forma la conchiglia del mollusco

4. ●● Quale di questi gruppi è acelomato?
   - **A.** i nematodi
   - **B.** gli anellidi
   - **C.** i platelminti
   - **D.** i cordati

5. ● Esoscheletro di chitina e appendici articolate caratterizzano:
   - **A.** i molluschi
   - **B.** gli echinodermi
   - **C.** gli anellidi
   - **D.** gli artropodi

6. ●● Nei deuterostomi il blastoporo diventa:
   - **A.** la bocca
   - **B.** l'ano
   - **C.** il celoma
   - **D.** la notocorda

7. ● Quale di questi NON è un carattere dei cordati?
   A. la notocorda
   B. il tubo neurale dorsale
   C. le fessure faringee
   D. l'esoscheletro di chitina

8. ●● Quali vertebrati depongono uova amniotiche con il guscio?
   A. gli anfibi
   B. i rettili e gli uccelli
   C. i pesci ossei
   D. tutti i vertebrati

9. ● Un animale ha quattro paia di zampe, nessuna antenna e il corpo diviso in cefalotorace e addome. È:
   A. un insetto
   B. un crostaceo
   C. un aracnide
   D. un miriapode

Vero o falso

10. ● Le meduse e i coralli appartengono allo stesso phylum.

11. ● Tutti gli animali hanno simmetria bilaterale.

12. ●● In senso filogenetico gli uccelli fanno parte dei rettili.

13. ●● Il lombrico e la tenia sono vermi, quindi appartengono allo stesso phylum.

14. ●●● La stella marina adulta ha simmetria raggiata, quindi è più vicina ai cnidari che ai cordati.

15. ● Tutti i mammiferi partoriscono piccoli vivi.

Applicare

16. ● Usa la chiave dicotomica della Tabella 14.2 per classificare: (a) un riccio di mare; (b) una zecca; (c) una vongola; (d) un ascaride. Per ciascuno scrivi i passi seguiti.

17. ● Un chilopode del genere *Lithobius* ha 15 paia di zampe. Quante zampe hanno in tutto un *Lithobius*, due scorpioni e tre formiche? (Conta solo le zampe che servono a camminare.)

18. ●● Metti in ordine, dal più ampio al più ristretto, i gruppi a cui appartiene l'ape domestica, e indica la categoria di ciascuno: Insetti, Apidi, Animali, *Apis*, Imenotteri, Artropodi, *Apis mellifera*, Eucarioti.

19. ● Sulla spiaggia trovi una conchiglia formata da due valve unite da una cerniera. L'animale che la abitava non aveva capo e si nutriva filtrando l'acqua. A quale phylum e a quale classe apparteneva?

20. ●●● Per ciascuna sezione trasversale descritta indica il piano corporeo e un phylum che lo possiede: (a) fra la parete del corpo e l'intestino c'è una cavità piena di liquido, rivestita di mesoderma solo dal lato della parete; (b) fra la parete del corpo e l'intestino non c'è alcuna cavità; (c) la cavità è interamente rivestita di mesoderma e l'intestino è sostenuto da mesenteri.

21. ● Un animale marino vive fisso su uno scoglio e filtra l'acqua attraverso le fessure della faringe; la sua larva nuota e ha una notocorda nella coda. A quale phylum appartiene e a quale gruppo?

22. ●●● Usa la Tabella 14.3 per assegnare ciascun animale al suo gruppo di vertebrati: (a) pelle nuda e umida, da adulto respira con polmoni e pelle, depone uova senza guscio in uno stagno; (b) corpo coperto di squame cornee, polmoni, uova con guscio sulla terraferma, ectotermo; (c) peli, endotermo, depone uova e allatta i piccoli; (d) scheletro di cartilagine, cinque fessure branchiali visibili ai lati del capo, nessuna vescica natatoria.

Leggere dati e figure

23. ●● Osserva la Figura 14.3. (a) Quale phylum è più strettamente imparentato con i cordati? (b) Quali due phyla condividono la cuticola che si rinnova con la muta? (c) I cnidari hanno tessuti veri? Hanno simmetria bilaterale? Motiva le risposte con la posizione dei caratteri sui rami.

24. ●● Una classe ha ripetuto cinque volte l'esperienza dei porcellini di terra (10 animali per prova). Dopo 10 minuti, sul lato umido c'erano 8, 9, 7, 9 e 8 animali (dati di esempio). (a) Qual è la percentuale complessiva di animali sul lato umido? (b) Quale percentuale ti aspetteresti se gli animali non avessero alcuna preferenza? (c) Che cosa puoi concludere?

25. ●●● Osserva la Figura 14.6 e rispondi. (a) Quale membrana racchiude l'embrione in un liquido? (b) Dove si trova la riserva di cibo? (c) Quale membrana raccoglie i rifiuti? (d) Perché il guscio deve essere poroso?

Indagare e argomentare

26. ●● Spiega perché gli anfibi, a differenza dei rettili, devono tornare in acqua per riprodursi, anche se da adulti vivono sulla terraferma.

27. ●●● Progetta un esperimento per verificare se i lombrichi preferiscono il buio o la luce. Indica la variabile indipendente, la variabile dipendente, le variabili da mantenere costanti, il controllo e il modo di trattare gli animali.

28. ●● Spiega perché la carne di maiale va cotta bene e perché il pesce da mangiare crudo deve essere prima congelato. Quali animali di questo capitolo sono coinvolti e a quali phyla appartengono?

Approfondimento

29. ●● Secondo i dati molecolari, i platelminti sono più vicini agli anellidi o ai nematodi? Che cosa se ne deduce sul celoma?

PER APPROFONDIRE

- [CAM] L. A. Urry et al., *Campbell Biology*: i capitoli sull'origine e la diversità degli animali, sugli invertebrati e sui vertebrati, con l'albero dei phyla basato sui dati molecolari.
- [SAD] D. Sadava et al., *Life: The Science of Biology*: i capitoli sui protostomi e sui deuterostomi, con molte fotografie dei gruppi descritti qui.
- [GOU] S. J. Gould, *Wonderful Life*: la storia dei fossili di Burgess, che mostrano la varietà di piani corporei comparsi con l'esplosione cambriana.
- [DAR] C. Darwin, *On the Origin of Species* (1859): il capitolo sulle affinità fra gli organismi spiega perché la classificazione segue la discendenza comune.

Glossario del capitolo

Blastula
Stadio embrionale formato da una sfera di cellule che racchiude una cavità piena di liquido.

Cefalizzazione
Concentrazione degli organi di senso e delle cellule nervose all'estremità anteriore del corpo, a formare un capo.

Celoma
Cavità del corpo piena di liquido, fra la parete del corpo e il tubo digerente, rivestita interamente di mesoderma.

Cnidocita
Cellula urticante dei cnidari, con una capsula che spara un filamento e inietta una sostanza tossica.

Cordati
Phylum di deuterostomi con notocorda, tubo neurale dorsale, fessure faringee e coda postanale, almeno nell'embrione.

Deuterostomi
Animali bilaterali in cui il blastoporo diventa l'ano: echinodermi e cordati.

Ectotermo
Animale la cui temperatura corporea dipende soprattutto dal calore dell'ambiente (pesci, anfibi, rettili).

Endotermo
Animale che produce calore con il proprio metabolismo e mantiene costante la temperatura del corpo (uccelli, mammiferi).

Esoscheletro
Scheletro esterno, negli artropodi di chitina e proteine, che protegge e sostiene il corpo.

Foglietti embrionali
Gli strati di cellule della gastrula, ectoderma, mesoderma ed endoderma, da cui derivano tutti gli organi.

Gastrula
Stadio embrionale successivo alla blastula, con il blastoporo e i foglietti embrionali.

Invertebrati
Tutti gli animali privi di colonna vertebrale; non sono un gruppo naturale della classificazione.

Metameria
Organizzazione del corpo in segmenti che si ripetono lungo l'asse anteriore-posteriore.

Metamorfosi
Trasformazione profonda del corpo che porta dalla larva (o dalla ninfa) all'adulto.

Muta
Sostituzione dell'esoscheletro o della cuticola, che permette la crescita di artropodi e nematodi.

Notocorda
Bastoncino flessibile che percorre il dorso dei cordati, sotto il tubo neurale; nei vertebrati è sostituita in gran parte dalla colonna vertebrale.

Protostomi
Animali bilaterali in cui il blastoporo diventa la bocca: platelminti, nematodi, anellidi, molluschi, artropodi.

Simmetria bilaterale
Simmetria di un corpo divisibile da un solo piano in due metà speculari, destra e sinistra.

Uovo amniotico
Uovo di rettili e uccelli, con guscio e membrane (amnios, corion, allantoide, sacco vitellino) che permettono lo sviluppo sulla terraferma.

Soluzioni

1. C. Anche i funghi sono eucarioti, eterotrofi e per lo più pluricellulari, ma digeriscono il cibo all'esterno e lo assorbono.

2. A. Le spugne non hanno tessuti né organi; i coanociti muovono l'acqua e trattengono il cibo.

3. A. Un gruppo di cellule si ripiega verso l'interno: si formano la cavità che diventerà il tubo digerente, il blastoporo e i foglietti embrionali.

4. C. Nei platelminti lo spazio fra parete del corpo e intestino è pieno di tessuto; i nematodi sono pseudocelomati, anellidi e cordati celomati.

5. D. Il nome stesso, «piede articolato», indica le appendici formate da pezzi mobili.

6. B. Nei deuterostomi (echinodermi e cordati) la bocca si forma dopo; nei protostomi il blastoporo diventa la bocca.

7. D. L'esoscheletro di chitina è degli artropodi; il quarto carattere dei cordati è la coda postanale.

8. B. Le uova degli anfibi e dei pesci non hanno guscio e si sviluppano in acqua.

9. C. Gli insetti hanno 3 paia di zampe e un paio di antenne; i crostacei due paia di antenne; i miriapodi molti segmenti con zampe.

10. V. Sono entrambi cnidari: la medusa è una delle due forme corporee del phylum, i coralli sono polipi.

11. F. Le spugne sono per lo più asimmetriche, i cnidari hanno simmetria raggiata e gli echinodermi adulti pentaraggiata.

12. V. Discendono da dinosauri: un gruppo «rettili» che li escluda non comprenderebbe tutti i discendenti dell'antenato comune.

13. F. Il lombrico è un anellide (celomato, segmentato), la tenia un platelminta (acelomato, piatto).

14. F. È un deuterostomo, come i cordati, e ha larve bilaterali; la simmetria pentaraggiata compare solo nell'adulto.

15. F. I monotremi (ornitorinco ed echidne) depongono uova, pur allattando i piccoli.

16. (a) 1b → 2a → 3b: Echinodermi. (b) 1b → 2b → 4a: Artropodi. (c) 1b → 2b → 4b → 5a: Molluschi. (d) 1b → 2b → 4b → 5b → 6b → 7b: Nematodi.

17. *Lithobius*: 15 × 2 = 30; scorpioni (aracnidi, 4 paia): 2 × 8 = 16; formiche (insetti, 3 paia): 3 × 6 = 18. Totale: 30 + 16 + 18 = 64 zampe.

18. Eucarioti (dominio) → Animali (regno) → Artropodi (phylum) → Insetti (classe) → Imenotteri (ordine) → Apidi (famiglia) → *Apis* (genere) → *Apis mellifera* (specie).

19. Phylum Molluschi (corpo molle, mantello che produce la conchiglia); classe Bivalvi (due valve, niente capo né radula, filtratori).

20. (a) Pseudocelomato: nematodi. (b) Acelomato: platelminti. (c) Celomato: per esempio anellidi, molluschi, artropodi, echinodermi o cordati.

21. Phylum Cordati (notocorda e fessure faringee, almeno nella larva); è un tunicato, come le ascidie.

22. (a) Anfibio. (b) Rettile. (c) Mammifero monotremo (come l'ornitorinco). (d) Pesce cartilagineo (per esempio uno squalo).

23. (a) Gli echinodermi: condividono con i cordati il nodo più recente (deuterostomi). (b) Nematodi e artropodi. (c) Sì, i cnidari hanno tessuti veri, perché il carattere «tessuti veri» si trova sul ramo che porta ai cnidari e a tutti i bilaterali; non hanno simmetria bilaterale, che compare dopo la loro separazione.

24. (a) 8 + 9 + 7 + 9 + 8 = 41 su 50: 41/50 × 100 = 82 %. (b) Circa il 50 %, come nella prova di controllo. (c) I porcellini preferiscono l'ambiente umido; il risultato è attendibile perché la prova è stata ripetuta, la vaschetta girata e le altre condizioni mantenute costanti.

25. (a) L'amnios. (b) Nel sacco vitellino (il tuorlo). (c) L'allantoide. (d) Perché l'embrione respira: l'ossigeno deve entrare e l'anidride carbonica uscire attraverso il guscio, scambiati dal corion e dall'allantoide.

26. Traccia: le uova degli anfibi non hanno guscio né membrane che le proteggano dalla perdita d'acqua e si seccherebbero all'aria; la larva respira con le branchie e vive in acqua fino alla metamorfosi. I rettili depongono uova amniotiche con guscio: l'embrione si sviluppa nel liquido dell'amnios, nutrito dal tuorlo, e scambia gas attraverso il guscio poroso; la fecondazione è interna. Anche la pelle squamosa dei rettili limita la perdita d'acqua, mentre quella degli anfibi è nuda e umida.

27. Traccia: una vaschetta con terriccio umido uguale su tutto il fondo, metà coperta con cartoncino scuro e metà illuminata da una lampada a luce fredda (per non scaldare). Variabile indipendente: la luce; dipendente: il numero di lombrichi su ciascun lato dopo un tempo fissato (per esempio 15 minuti). Costanti: umidità e tipo di terriccio, temperatura, numero di animali, durata. Controllo: la stessa prova con entrambe le metà al buio (o entrambe illuminate). Ripetere più volte invertendo i lati. Maneggiare gli animali con le mani bagnate e delicatamente, tenere breve la prova e riportarli nel terreno.

28. Traccia: la carne cruda o poco cotta può contenere larve di tenia (*Taenia solium* nel maiale), un platelminta parassita che si sviluppa nell'intestino umano; molti pesci di mare possono contenere larve di *Anisakis*, un nematode. La cottura completa e il congelamento a temperature molto basse uccidono le larve. È un esempio di come conoscere il ciclo di vita di un parassita permetta di prevenire un'infezione.

29. Agli anellidi: platelminti, anellidi e molluschi formano i lofotrocozoi, mentre i nematodi stanno con gli artropodi negli ecdisozoi. Poiché i platelminti hanno parenti stretti celomati, la loro mancanza di celoma è probabilmente una perdita secondaria: il piano corporeo da solo non basta a stabilire le parentele.