

GLI ANIMALI VERTEBRATI

Quali sono le caratteristiche che distinguono i vertebrati?

Quali sono le caratteristiche principali dei pesci?

Perché gli anfibi sono legati all'ambiente acquatico?

Perché i rettili sono indipendenti dall'ambiente acquatico?

Quali sono le caratteristiche degli uccelli?

Quali sono le caratteristiche che distinguono i mammiferi? Come è classificato l'uomo?

Come si è evoluta la circolazione sanguigna nei vertebrati?

1 Nei vertebrati lo scheletro è interno

Gli animali con cui abbiamo più familiarità, ovvero i pesci, i rettili, gli uccelli e i mammiferi sono tutti classificati nel gruppo dei **vertebrati**, cioè sono animali dotati di *colonna vertebrale*. I vertebrati, insieme alle ascidie e agli anfiossi (■ *paragrafo 13*, UD 4), fanno parte del phylum dei cordati.

Per alcuni aspetti i vertebrati ricordano gli artropodi (■ *paragrafo 7*, UD 4). Come gli artropodi, sono animali articolati, hanno cioè uno scheletro fatto da più pezzi, connessi tra loro in modo da consentire un'ampia varietà di movimenti. Tuttavia, c'è una grossa differenza: mentre gli artropodi hanno uno scheletro esterno (l'esoscheletro) e la muscolatura è interna a esso, nei vertebrati la situazione è capovolta: lo scheletro è interno e la muscolatura lo avvolge. Inoltre, lo scheletro degli artropodi è uno scudo coriaceo di chitina, mentre quello dei vertebrati contiene anche cellule vive.

Lo scheletro interno dei vertebrati, o **endoscheletro**, è costituito da tessuto vivente, il **tessuto osseo**, formato di cellule immerse in una matrice inorganica, da loro stesse prodotta, fatta di sali minerali.








L'endoscheletro si accresce insieme all'organismo, formando un'intelaiatura ben articolata (■ *figura 1*). A questa struttura portante sono attaccati robusti muscoli che, contraendosi, provocano il movimento di un osso rispetto all'altro. Lo scheletro interno consente quindi ai vertebrati di muoversi bene in tutte le direzioni e di accrescersi liberamente, senza il problema di contenere le dimensioni o di rinnovare periodicamente l'esoscheletro con la muta tipica degli invertebrati. Non è un caso, dunque, che gli animali più grandi oggi viventi, gli elefanti sulla terra e le balene nei mari, siano vertebrati.



FIGURA 1

Ricostruzione dell'enorme scheletro di una giovane balenottera. Non c'è dubbio che si tratti di un vertebrato.

TABELLA 1 Le sette classi dei vertebrati

	Agnati	Condroitti	Osteitti	
PESCI	lamprede e missine; 60 specie	pesci cartilaginei: squali, razze, mante; 1000 specie	pesci ossei; 29 000 specie	
				
TETRAPODI	Anfibi salamandre, tritoni, rane, rospi; 3500 specie	Rettili coccodrilli, tartarughe, serpenti; 7000 specie	Uccelli 9000 specie	Mammiferi marsupiali e placentati; 4500 specie
				

Oltre al *sostegno* e alla *locomozione*, l'endoscheletro dei vertebrati svolge un'altra funzione molto importante, quella della *protezione* degli organi interni.

Le ossa della testa proteggono il cervello, la colonna vertebrale racchiude il midollo spinale, le costole formano una gabbia intorno al cuore e ai polmoni.

L'endoscheletro però non offre una protezione esterna, come fa invece l'esoscheletro degli artropodi. Per questo i vertebrati hanno un rivestimento esterno di tessuto sottile, la **pele** o **cute**, variamente ricoperta di scaglie, squame, penne, peli.

Il gruppo dei vertebrati comprende oggi oltre 50 000 specie, suddivise in sette classi (■ *tabella 1*).

- Gli *agnati*, i *pesci cartilaginei* e i *pesci ossei* sono vertebrati acquatici che nel linguaggio comune vengono semplicemente chiamati «pesci».
- Gli *anfibi* sono vertebrati **tetrapodi** (da *tetra* = quattro e *podós* = piede), cioè con quattro arti; rappresentano la transizione dei vertebrati dall'ambiente acquatico a quello terrestre.
- I *rettili*, gli *uccelli* e i *mammiferi* sono invece vertebrati tetrapodi terrestri, anche se alcuni di loro sono «ritornati» all'acqua, come le tartarughe tra i rettili, i pinguini tra gli uccelli, le balene e le foche tra i mammiferi.

per fissare i concetti

- 1 A quale phylum appartengono i vertebrati? In quali classi si suddividono?
- 2 Descrivi l'endoscheletro dei vertebrati e indica le sue funzioni. Quali vantaggi presenta rispetto all'esoscheletro degli artropodi?

2 Vertebrati acquatici: i pesci

I pesci sono vertebrati ben adattati alla vita acquatica, con una forma del corpo idrodinamica: sono affusolati, con l'estremità anteriore e posteriore a forma di cono, il capo è saldato senza collo al tronco e le sporgenze, costituite da arti trasformati in **pinne** natatorie, sono alquanto ridotte, per offrire la minima resistenza al movimento nel mezzo acquatico. Si calcola che i pesci, con circa 30 000 specie viventi, comprendano più del 50% dei vertebrati.

I pesci più antichi e primitivi comparvero circa 400 milioni di anni fa. Erano **agnati**, chiamati così perché privi di mascelle (dal greco *gnáthos* = mascella, con *a-* negativo). Alla classe degli agnati appartengono oggi le *lamprede* marine, quelle di acqua dolce e le *missine*. Le lamprede sono parassiti che si nutrono succhiando il sangue dal corpo di pesci vivi a cui si attaccano con la grossa bocca circolare a ventosa (■ *figura 2*); le missine sono invece predatrici di pesci.

I pesci delle altre due classi hanno invece mascelle ben sviluppate e nel complesso vengono chiamati **pesci con mascelle** (o **gnatostomi** dal greco *stóma* = bocca). Un animale in grado di mordere deve possedere forza fisica, olfatto e vista efficienti; inoltre



FIGURA 2

Le lamprede sono pesci privi di mascelle, parassiti di altri pesci a cui succhiano sangue con la bocca a ventosa.

TABELLA 2 Gli ordini principali della classe dei pesci ossei

Ordine	Esempi
Acipenseriformi	storioni
Clupeiformi	aringhe acciuğa trote, salmoni, coregone temolo lucci
Signatiformi	cavalluccio marino (o ippocampo)
Cipriniformi	carpe, barbi, tinche, cavedani siluri piranha
Mugiliformi	cefalo latterini barracuda
Anguilliformi	anguille murene
Gadiformi	merluzzi, merlano, bottatrice
Perciformi	persico sciarrani, spigole ombrina pesce pilota triglie orate, dentici, saraghi pesci farfalla bavose ghiozzi sgombri, sarde, pesce spada
Tunniformi	tonni
Pleuronettiformi	rombi, passera di mare, halibut sogliola

deve essere molto veloce negli agguati. Per questo nei vertebrati acquista sempre più importanza il cervello, una sorta di «centrale di comando» capace di raccogliere gli stimoli trasmessi dagli organi di senso e di elaborare le risposte adatte al caso.

Gli attuali pesci con mascelle vengono distinti in base alla composizione del loro scheletro:

- i **pesci cartilaginei**, detti anche **condroitti**, come *squali*, *razze* e *mante* (■ figura 3), hanno uno scheletro costituito da **cartilagine**. La cartilagine ha una struttura fibrosa ed elastica, più leggera dell'osso, anche se meno robusta (sono fatti di cartilagine il nostro setto nasale e il padiglione dell'orecchio). I pesci cartilaginei vivono quasi esclusivamente nei mari, in acque profonde o sui fondali.
- i **pesci ossei**, detti anche **osteitti**, costituiscono la classe più numerosa e conosciuta, con circa 29 000 specie (■ tabella 2). Lo scheletro cartilagineo, presente nell'embrione, viene sostituito durante lo sviluppo da uno scheletro osseo, più pesante e robusto. I pesci ossei sono ampiamente diffusi sia nei mari sia nelle acque dolci e alcuni, come i *salmoni* e le *anguille*, possono vivere in entrambi gli ambienti.

Tra i caratteri distintivi di queste due classi di pesci vi sono le **scaglie**. I pesci cartilaginei hanno scaglie con spine aguzze simili a fitti dentini, il che rende la loro pelle simile alla carta vetrata. I pesci ossei hanno invece scaglie più sviluppate, parzialmente sovrapposte come le tegole di un tetto; la pelle, molto ricca di ghiandole, produce un muco che la mantiene lubrificata e la protegge dalle infezioni.

Oltre ai cinque organi di senso comuni ai vertebrati, nei pesci è presente l'**organo della linea laterale** (■ figura 4), che serve a orientarsi nell'acqua.

Esso appare come una sottile linea lungo i fianchi dell'animale ed è costituito all'interno da un paio di canali longitudinali, comunicanti all'esterno con tubuli che attraversano le scaglie. Le pareti dei canali possiedono cellule sensoriali in grado di percepire i cambiamenti di pressione nell'acqua circostante e di allertare così il pesce per l'avvicinarsi di una preda o di un predatore.

Un altro organo particolare, presente esclusivamente nei pesci ossei, è la **vescica natatoria**.

Si tratta di una sacca riempita di una miscela di gas di composizione simile all'aria: aumentando o diminuendo il volume dei gas in essa contenuti, un pesce può variare la propria densità e spostarsi rapidamente in alto o in basso, controllando così il livello di galleggiamento.

Per respirare nel mezzo acquatico, i pesci utilizzano l'ossigeno disciolto nell'acqua, che viene assorbito mediante le **branchie**, situate ai lati della testa. Nei pesci cartilaginei le branchie comunicano diret-

**FIGURA 3**

Visto dal basso, il maestoso movimento di una manta, un pesce cartilagineo. Notate le grandi fessure branchiali.



FIGURA 4

Sul fianco di questa trota è evidente la linea laterale, l'organo di senso indispensabile per l'orientamento in acqua.



FIGURA 5

Questo pesce si fa liberare dai parassiti alle branchie da un *Labroides*: l'efficienza delle branchie è vitale.

tamente con l'esterno: le aperture branchiali sono evidentissime per esempio negli squali, come delle grandi fessure appena dietro agli occhi. Nei pesci ossei le branchie sono invece protette da una specie di coperchio, l'**opercolo** (■ figura 4); se si solleva l'opercolo si possono osservare delle lamelle rossastre per via del sangue che vi circola (■ figura 5). Il colore rosso è dovuto all'**emoglobina**, il pigmento respiratorio presente nel sangue di tutti i vertebrati all'interno di cellule specializzate, i **globuli rossi**; l'emoglobina incorpora l'ossigeno e lo trasporta nel sistema circolatorio.

Ricavare dall'acqua l'ossigeno necessario per vivere è un problema. L'ossigeno, infatti, è poco solubile in acqua e perciò ha una concentrazione relativamente bassa. Inoltre, si diffonde nell'acqua piuttosto lentamente e quindi un pesce deve continuamente rinnovare l'acqua che gli sta intorno, prima che si impoverisca troppo di ossigeno. Per questi motivi, gli animali acquatici devono smuovere grandi volumi d'acqua, e questo vale per i piccoli polipi di una colonia corallina così come per un grande pesce predatore. La maggior parte dei pesci pompa attivamente l'acqua attraverso la bocca e la

convoglia alle branchie dove, grazie a una fitta rete di capillari sanguigni, avvengono gli scambi gassosi. Infine l'acqua, impoverita di ossigeno e arricchita di anidride carbonica, viene espulsa dalle fessure branchiali. Nei pesci ossei, durante la respirazione l'opercolo si solleva e si richiude costantemente, secondo il ritmo con cui viene espulsa l'acqua da cui è stato prelevato l'ossigeno.

Vi sono anche pesci, come i **dipnoi**, che vivono in acque stagnanti estremamente povere di ossigeno (■ figura 6). Questi strani pesci sono capaci di respirare l'ossigeno dell'aria, e lo fanno usando la vescica natatoria, che per loro funziona praticamente come un polmone.

Salvo rare eccezioni, i pesci hanno sessi separati e sono **ovipari**, con **fecondazione** generalmente **esterna**: il maschio irrorava con gli spermatozoi le uova già deposte dalla femmina. Alcune specie di squali hanno invece **fecondazione interna** e sono **vivipare**: le madri mantengono e nutrono gli embrioni all'interno del proprio corpo fino al momento della nascita.

per fissare i concetti

- 3** Spiega il significato dei termini *agnati* e *gnatostomi*. Perché non ci sono predatori fra gli agnati?
- 4** Qual è la differenza più significativa tra pesci ossei e pesci cartilaginei? Fai qualche esempio di pesce osseo e di pesce cartilagineo.
- 5** Qual è l'organo di senso specifico dei pesci? Spiega a che cosa serve e come funziona.
- 6** Come funzionano le branchie? Perché hanno una superficie molto estesa?
- 7** Spiega la funzione della vescica natatoria. In quale classe di pesci è presente?



FIGURA 6

Questo dipnoo (*Periophthalmus*) usa le pinne pettorali per strisciare nel fango, fuori dall'acqua. Un simile comportamento da parte di antichi vertebrati legati all'acqua ha dato probabilmente origine ai primi anfibi.

3 Vertebrati tra acqua e terra: gli anfibi

Il termine **anfibi** deriva dalle parole greche *amphí* = doppio e *bios* = vita. Gli anfibi infatti conducono una «doppia vita»: una nell'acqua e l'altra sulla terra. Essi derivano da un gruppo molto antico di pesci (simili agli attuali dipnoi, ■ figura 6), capaci di sopravvivere e spostarsi fuori dall'acqua grazie a pinne lobate e a polmoni primitivi. Gli anfibi hanno sviluppato e perfezionato le pinne espanse di questo tipo di pesci, che sono diventate delle vere e proprie zampe con cinque dita ben formate.

Attualmente la classe degli anfibi comprende circa 3000 specie classificate in tre ordini:

- gli **urodeli** o anfibi con la coda come le *salamandre*, i *tritoni* e i *protei* (■ figura 7a e b);
- gli **anuri** o anfibi senza coda come le *rane*, le *raganelle* e i *rospi* (■ figura 7c);
- gli **apodi**, anfibi privi di arti come il *gimnofione* e le *cecilie*.

Per passare alla vita terrestre, i vertebrati hanno dovuto sviluppare i **polmoni**, che consentono di scambiare i gas della respirazione, ossigeno e anidride carbonica, con l'aria invece che con l'acqua. Gli anfibi, però, non possiedono un efficiente sistema di scambio dei gas: i loro polmoni sono ancora rudimentali e gran parte degli scambi gassosi tra il corpo e l'atmosfera avviene attraverso la pelle con la *respirazione cutanea*.

Per poter essere attraversata dai gas, la loro pelle deve quindi essere umida, sottile e nuda, cioè priva di quelle formazioni, come squame, penne e peli che invece rivestono la pelle degli altri vertebrati terrestri. In questo modo però la pelle non è protetta a sufficienza contro il disseccamento. È per questo preciso motivo che gli anfibi, per la loro sopravvivenza, sono legati ai luoghi umidi come stagni e corsi d'acqua.

Un'altra modificazione anatomica correlata con l'adattamento alla vita terrestre riguarda la circolazione sanguigna. In tutti i vertebrati il sangue scorre sempre all'interno di vasi, perciò si dice che hanno una **circolazione chiusa**; il suo percorso, però, si fa più complicato nel passaggio dall'acqua alla terraferma, dai pesci ai tetrapodi. Negli animali terrestri, infatti, il movimento attivo nell'aria anziché nell'acqua impone sforzi fisici maggiori, in quanto il corpo non è sostenuto dalla spinta idrostatica. Ciò comporta un maggiore consumo di ossigeno e quindi la necessità di una circolazione del sangue più efficiente.

Per far fronte alla vita fuori dall'acqua, negli anfibi si è sviluppata una **circolazione doppia**, un sistema che si è mantenuto in tutte le classi di vertebrati terrestri.



a



b



c

FIGURA 7

a. Una coppia di tritoni alpini; il maschio è più appariscente della femmina. **b.** Proteo nero nelle grotte della Slovenia. Ha occhi atrofizzati, arti anteriori con solo tre dita; i ciuffetti rosso sangue sono branchie (respira con polmoni, branchie e pelle). **c.** Questa raganella (*Hyla meridionalis*) è diffusa anche nella penisola italiana.

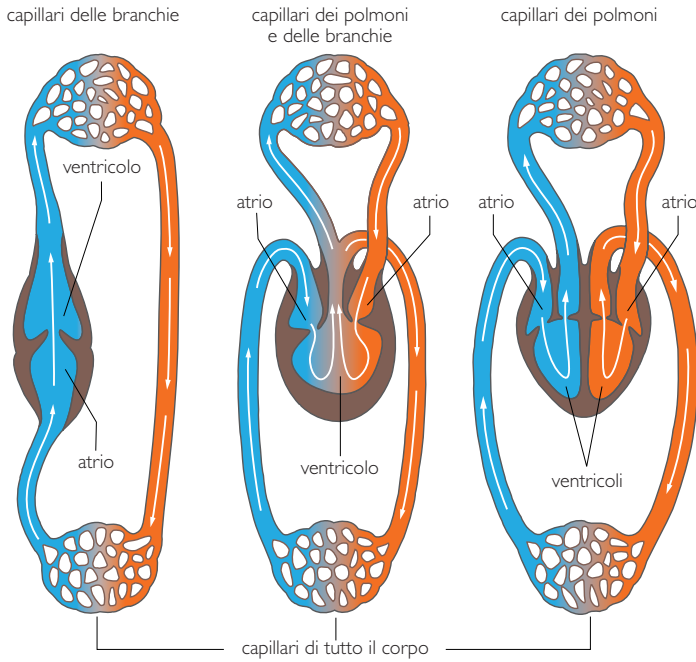


FIGURA 8▲

Il cuore dei vertebrati a confronto. **a.** Nei pesci il sangue è pompato da un cuore a due camere disposte l'una di seguito all'altra fino alle branchie, dove si ossigena. **b.** Negli anfibi il sangue ossigenato proveniente dai polmoni entra nel ventricolo, dove si mescola in parte con il sangue non ossigenato. **c.** Negli uccelli e nei mammiferi il cuore è perfettamente suddiviso in quattro camere: i due circoli rimangono completamente separati l'uno dall'altro.

Cerchiamo ora di spiegare che cosa s'intende con questa espressione (■ *figura 8a*). Nei pesci il sangue povero di ossigeno proveniente dai tessuti passa attraverso il **cuore**, formato da **due** camere, un **atrio** e un **ventricolo** che lo pompa verso le branchie, dove si ossigena; da qui viene distribuito a tutte le parti del corpo e ritorna successivamente all'atrio. Il sangue passa una sola volta dal cuore e perciò si parla di **circolazione semplice**.

A cominciare dagli anfibi adulti, la circolazione diventa doppia: al **circolo generale** del sangue si affianca un **circolo polmonare**. Il sangue passa due volte dal cuore: una prima volta per essere pompato in direzione dei polmoni, dove si ossigena; una seconda volta per essere pompato e distribuito a tutto il corpo. Di conseguenza anche la struttura del cuore si è modificata; il cuore degli anfibi è fatto di **tre** cavità: due atri e un ventricolo (■ *figura 8b*). Come vedremo in seguito, questo processo di sviluppo del sistema di circolazione, iniziato con gli anfibi, si completa negli uccelli e nei mammiferi con un cuore a **quattro** cavità.

FIGURA 9▼

a. Uova di *Rana temporaria*, una specie resistente al freddo che vive fino a 3000 m di quota. **b.** I girini escono dalle uova dopo 3 settimane e vi rimangono attaccati per un po' di tempo. **c.** Comparsa degli arti posteriori a 3-4 mesi dello sviluppo larvale; **d.** quelli anteriori escono invece successivamente. Nel frattempo si sono formati i polmoni. **e.** Le branchie e la coda si atrofizzano: ed ecco la giovane rana perfettamente formata, pronta per saltare.



Gli anfibi non possono allontanarsi troppo dall'acqua, non solo per evitare la disidratazione, ma anche perché l'accoppiamento e la riproduzione avvengono nell'acqua. La *fecondazione* è infatti *esterna*; il maschio irrorà di sperma le uova a mano a mano che la femmina le depone.

Dalle uova fecondate, piccole e protette solo da un involucro gelatinoso, si sviluppano larve acquatiche, dette **girini** (■ *figura 9a e b*, a p. precedente). I girini assomigliano molto ai pesci. Infatti, come i pesci hanno una coda, la linea laterale, la vescica natatoria, la circolazione semplice e le branchie. Tutti gli adattamenti alla vita terrestre degli adulti, come gli arti, i polmoni e la circolazione doppia, vengono acquisiti nel corso di una complessa **metamorfosi**, analoga a quella che caratterizza il ciclo vitale di molti insetti (■ *figura 9c-e*).

per fissare i concetti

- 8 Spiega il significato del termine *anfibo*. Per quali motivi gli anfibi devono vivere vicino all'acqua?
- 9 Spiega che cosa s'intende per *circolazione doppia*. In quali classi di vertebrati è presente? Descrivi il percorso del sangue attraverso il sistema circolatorio di un pesce e di un anfibio (parti dal ventricolo).
- 10 Come si chiama la larva degli anfibi? Che cosa la differenzia dall'adulto?

4 Vertebrati terrestri: i rettili

I **rettili** hanno avuto origine da antenati anfibi e hanno dominato la vita sulla Terra per molti milioni di anni con forme acquatiche, terrestri e perfino capaci di volare, ormai estinte.

I rettili moderni vengono classificati in tre ordini principali:

- i **cheloni**, come *tartarughe* (marine) e *testuggini* (d'acqua dolce o terrestri) (■ *figura 10a*);
- i **loricati**, come *coccodrilli*, *caimani* e *alligatori* (■ *figura 10b*);
- gli **squamati**, con i sauri (*gechi*, *iguane*, *camaleonti*, *lucertole*, *orbettino*, *varani*) e gli ofidi (*serpenti*) (■ *figura 10c e d*).



b



c



d



a

I rettili sono stati i primi vertebrati che hanno potuto allontanarsi dall'acqua. L'abbandono definitivo dell'acqua e la vita in ambienti terrestri anche molto aridi, come il deserto, ha richiesto importanti adattamenti che riguardano il rivestimento cutaneo, la respirazione, la circolazione sanguigna e la riproduzione.

Diversamente da quella degli anfibi, la pelle dei rettili è spessa e rivestita da uno strato corneo che forma **squame** e **scudi**. Questo tipo di rivestimento cutaneo ostacola l'evaporazione dei liquidi corporei e impedisce la disidratazione.

I polmoni sono ben sviluppati e la parete interna, ripiegata più volte, forma delle concamerazioni, gli **alveoli polmonari**, che aumentano la superficie di scambio dei gas (■ *figura 11*). Il cuore ha *tre* camere: due atri e un ventricolo parzialmente diviso, e quindi si parla di *circolazione doppia e incompleta*; solo nei coccodrilli la divisione è completa.

FIGURA 10

I grandi gruppi dei rettili. **a.** Le testuggini sono rettili cheloni. **b.** Un coccodrillo d'acqua dolce (*Crocodylus johnsoni*) in Australia, esempio di loricato. **c.** Un camaleonte, rappresentante degli squamati del gruppo dei sauri. **d.** Un serpente, uno degli squamati del gruppo degli ofidi.

Nei rettili nessuno stadio del ciclo vitale si svolge nell'acqua. La fecondazione è interna: lo sperma viene introdotto dal maschio all'interno del corpo della femmina e l'uovo, voluminoso e ben protetto da un guscio, viene deposto nel terreno. La comparsa di un uovo in grado di resistere all'essiccamento ha consentito a questi animali la completa emancipazione dall'acqua anche nella fase riproduttiva. L'uovo dei rettili, simile a quello degli uccelli, viene definito **uovo amniotico** e consente la vita fuori dall'acqua grazie ad alcuni accorgimenti (■ figura 12a):

- il **guscio** duro e poroso fornisce protezione, ma allo stesso tempo consente gli scambi gassosi tra l'embrione e l'ambiente;
- il guscio è rivestito internamente da una membrana, chiamata **corion**, che è direttamente connessa con il sacco amniotico;
- il **sacco amniotico**, o **amnios**, è una membrana contenente un liquido, il **liquido amniotico**, che protegge l'embrione e gli consente di svilupparsi in un ambiente costantemente umido;
- il **sacco vitellino** o **tuorlo**, molto abbondante, fornisce il nutrimento all'embrione necessario per il suo completo sviluppo. Infatti, il piccolo che esce dall'uovo è simile all'adulto e non presenta stadi larvali (■ figura 12b);
- nel tratto posteriore dell'intestino dell'embrione si forma un'altra struttura a forma di sacco, l'**allantoide**, che permette la respirazione embrionale e raccoglie i prodotti di scarto dall'embrione.

Pur essendo vertebrati ben adattati alla vita fuori dall'acqua, i rettili non hanno potuto diffondersi in tutti gli ambienti terrestri. Questo perché, come i pesci e gli anfibi, essi sono animali a «sangue freddo», o meglio **eterotermi** (dal greco *héteros* = diverso e *thermós* = caldo). Ciò non vuole dire che il loro sangue sia realmente a bassa temperatura, bensì che la temperatura del loro corpo dipende dalle condizioni dell'ambiente esterno. E infatti, se andiamo a vedere qual è la distribuzione geografica dei rettili, ci accorgiamo che sono assenti dal-

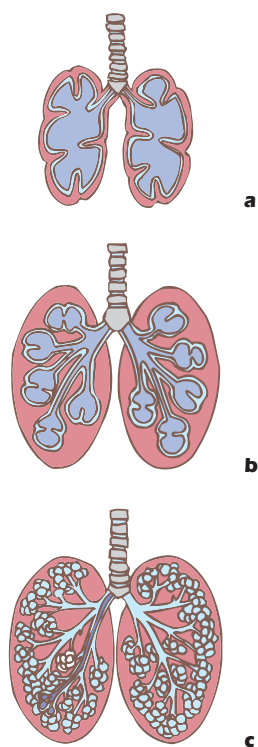


FIGURA 11

Evoluzione dei polmoni nei vertebrati. **a.** Alcuni anfibi, come le rane, hanno polmoni primitivi. **b.** Nei rettili, la superficie interna polmonare è molto più ampia. **c.** I mammiferi hanno polmoni suddivisi in alveoli, che garantiscono una enorme superficie di scambio per i gas della respirazione.

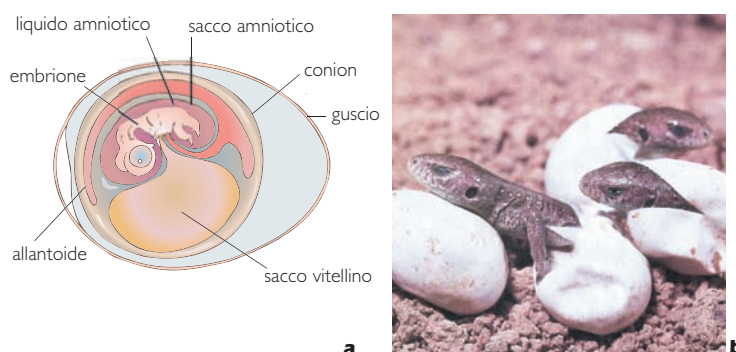


FIGURA 12

a. L'uovo amniotico. **b.** Piccole lucertole emergono dall'uovo che le ha protette durante lo sviluppo embrionale. Le uova dei rettili non sono rigide come quelle degli uccelli, hanno invece perlopiù la consistenza della carta pergamena.

le regioni polari, mentre sono via via più rappresentati avvicinandoci all'equatore.

I rettili regolano la propria temperatura interna scaldandosi al sole e da questo dipende la loro stessa attività giornaliera. Ecco perché le lucertole e le vipere amano i luoghi esposti e assolati e frequentano preferibilmente le pietraie (che rilasciano calore anche dopo il tramonto).

RETTILI DEL PASSATO. Circa 65 milioni di anni fa, mentre i cieli si andavano popolando di uccelli e sulla terraferma comparivano i primi mammiferi, si estinsero i **dinosauri** e molti altri rettili. Anche se la parola dinosauro significa «lucertola terribile» e richiama alla mente immagini di animali enormi, ve ne furono in realtà di tutte le dimensioni (da quelle di una gallina a quelle grossomodo di un camion con rimorchio), che si adattarono a un'ampia varietà di ambienti: alcuni erano carnivori, altri erano erbivori, alcuni correvano sul terreno poggiandosi su quattro arti, altri ancora erano bipedi.

Lo studio dei reperti fossili ha permesso di stabilire che i dinosauri avevano gli arti collocati diversamente rispetto agli attuali rettili. Le lucertole e i coccodrilli, per esempio, si muovono sul terreno «come se nuotassero» perché le loro zampe sono laterali rispetto al corpo. I dinosauri, invece, come gli attuali uccelli e mammiferi, avevano le zampe articolate sotto al corpo, che quindi era mantenuto sollevato da terra, per cui potevano muoversi con maggiore agilità (■ figura 13, a p. seguente).

La loro estinzione è tuttora motivo di discussione tra gli studiosi. Contrariamente alle opinioni di un tempo, e ai molti pregiudizi, i dinosauri non erano animali lenti, inadatti, ottusi e pertanto destinati all'estinzione. È opinione sempre più accreditata tra i biologi che i dinosauri, a differenza degli altri rettili, fossero in realtà animali a «sangue caldo», come gli uccelli e i mammiferi oggi viventi, e quindi fossero attivi e dinamici.



Nuovi ritrovamenti e nuovi metodi di indagine hanno permesso di rivalutarli anche sotto altri punti di vista. Nel 1994, per esempio, un gruppo internazionale di biologi ha dimostrato che i dinosauri, come i coccodrilli e gli uccelli di oggi, accudivano alla prole. Fu scoperto infatti che un dinosauro morto circa 80 milioni di anni fa, l'*Oviraptor*, non rapinava uova, come vuole suggerire il nome con cui era stato «battezzato» nel 1923, al momento della scoperta del fossile nel deserto del Gobi: in realtà era morto proteggendo la sua covata da una tempesta di sabbia.

per fissare i concetti

- 11** In che cosa differisce la pelle dei rettili rispetto a quella degli anfibi? Quali funzioni svolge e a quale ambiente è adatta?
- 12** In che cosa differisce il cuore dei coccodrilli da quello degli altri rettili?
- 13** Quali adattamenti all'ambiente terrestre presenta la riproduzione e lo sviluppo dei rettili? Descrivi la struttura e la funzione dell'uovo amniotico. In quale altra classe di vertebrati è presente?

5 Vertebrati tra terra e cielo: gli uccelli

Per immagazzinare calore e diventare attivi i rettili devono esporsi al sole. I loro discendenti, gli uccelli e i mammiferi, sono invece animali a «sangue caldo», o meglio **omeotermi** (da *hómoios* = simile e *thermós* = caldo), cioè mantengono la temperatura del corpo costante. Essi producono calore all'interno del corpo e lo distribuiscono a tutte le sue parti attraverso la circolazione del sangue. L'aver una temperatura interna elevata e costante rende questi animali più indipendenti rispetto all'ambiente esterno. Le cellule, infatti, possono vivere tra i 10°C e i 45°C: al di sotto o al di sopra di questi valori es-

FIGURA 13

Anche in Italia si sono ritrovati fossili di dinosauri, come questo piccolo *Scipionyx samniticus*, di cui si vedono anche gli organi interni, rinvenuto nel 1994 in provincia di Benevento.

se smettono di funzionare e muoiono. (Esistono tuttavia alcuni pesci che riescono a vivere in acque gelide grazie a particolari adattamenti.)

Gli uccelli hanno una temperatura interna di circa 41 °C; nei mammiferi è leggermente inferiore. Ciò consente di rimanere attivi anche a temperature esterne molto basse, come per esempio di notte o d'inverno. Questo fatto, però, ha dei «costi» notevoli, il che spiega perché l'omeotermia non è molto diffusa nel mondo animale. Sia durante le fasi attive sia durante quelle di riposo, un animale omeotermo deve mantenere alti il ritmo respiratorio e quello cardiaco; il che significa che deve mangiare molto e spesso.

Gli uccelli hanno perfezionato un sistema di respirazione polmonare unico tra i vertebrati: la capacità dei polmoni è incrementata da un sistema di **sacchi aerei**, distribuiti in tutto il corpo e in comunicazione anche con cavità presenti nelle ossa, che vengono chiamate per questo **ossa pneumatiche** (■ figura 14). Le ossa cave, estremamente leggere, sono anche perfettamente funzionali al volo.

Negli uccelli, come nei mammiferi, la **circolazione è doppia e completa**. Il cuore, infatti, è suddiviso in **quattro** camere e il sangue ossigenato che proviene dal circolo polmonare non si mescola mai al sangue povero di ossigeno proveniente dal circolo generale (■ figura 8c).



FIGURA 14

I polmoni degli uccelli comunicano con dei sacchi aerei, alcuni dei quali addirittura penetrano in apposite cavità ossee. Anche se il disegno non lo mostra, la simmetria del sistema respiratorio è bilaterale. (foto) Anche in un uccello non volatore come lo struzzo, le ossa hanno spazi cavi.

Per ridurre la dispersione del calore corporeo, gli animali omeotermi hanno sviluppato dei sistemi isolanti: il piumaggio negli uccelli e le pellicce nei mammiferi. **Penne e piume** altro non sono che una modificazione estrema delle squame dei rettili (le squame sono invece ben visibili sulle zampe degli uccelli: pensate a un pollo, per esempio). È proprio grazie alle penne che alcune specie di uccelli, come i *pinguini*, sono in grado di vivere nelle regioni più fredde del globo.

Il **piumaggio di contorno**, quello che aderisce strettamente al corpo dei pennuti, garantisce l'isolamento termico (in base allo stesso principio per cui una coperta o un sacco a pelo ci isolano dall'esterno). Altre penne offrono invece un'ampia superficie portante per il volo: sono le **penne remiganti** dell'a-

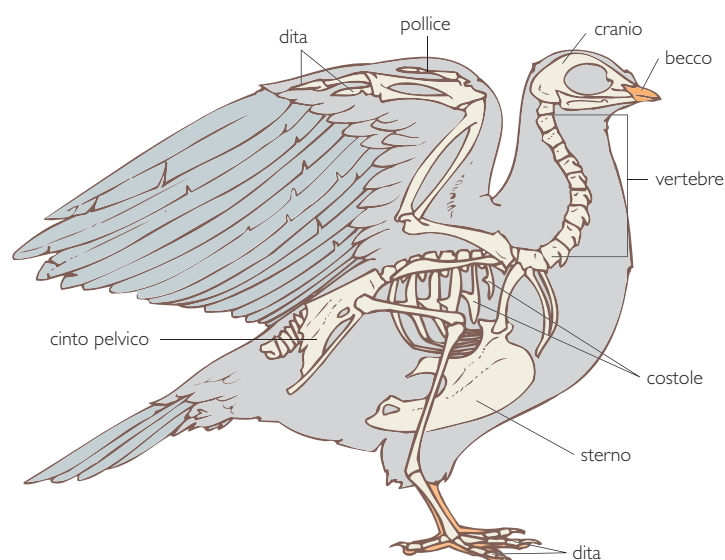


FIGURA 15

a. Un cuculo. **b.** Gli uccelli volano grazie a uno scheletro leggerissimo e a un rivestimento di piume e penne.

la, deputate al volo, e le **penne timoniere** della coda, che hanno soprattutto funzione di timone (■ *figura 15a*).

Il corpo degli uccelli presenta altri adattamenti che ne fanno una vera e propria macchina per volare. Il cranio è piccolo e leggero perché le pesanti mascelle dei rettili sono state sostituite da una struttura cornea priva di denti, il **becco**.

Inoltre, i due arti anteriori si sono trasformati in **ali** e in particolare le ossa della «mano» risultano molto modificate: delle cinque dita ne rimangono solo tre (■ *figura 15b*).

Nella maggior parte delle specie la gabbia toracica è ben sviluppata; l'osso mediano a cui si saldano le costole, lo **sterno**, negli uccelli buoni volatori è **carenato**, presenta cioè un'espansione a forma di chiglia che offre un'ampia superficie di inserzione per i muscoli del volo. Nelle specie volatrici questi muscoli sono tanto sviluppati da rappresentare fino al 30% della massa corporea.

Tutti gli uccelli depongono *uova amniotiche* simili a quelle dei rettili, che devono essere mantenute al caldo per assicurare una temperatura costante all'embrione in via di sviluppo.

per fissare i concetti

- 14** Con quale termine si definisce un animale che è in grado di mantenere una temperatura del corpo costante? E uno che non lo è?
- 15** Descrivi le caratteristiche peculiari della classe degli uccelli. Da quale altro gruppo di vertebrati si pensa che discendano evolutivamente?
- 16** Come sono fatti il cuore e l'apparato respiratorio degli uccelli? Quali strutture incrementano il volume d'aria inspirato?
- 17** Per quale motivo gli uccelli hanno una fecondazione interna come i rettili?

6 Vertebrati tutt'fare: i mammiferi

Una delle principali caratteristiche dei mammiferi, che li aiuta a mantenere la temperatura del corpo costante, è rappresentata dai **peli** che generalmente ricoprono la pelle.

La pelle dei mammiferi ha una struttura abbastanza complessa. Lo strato più superficiale, l'**epidermide** (dal *epi* = sopra e *dérma* = pelle), forma un rivestimento costituito da cellule morte, impregnato di **cheratina**, una sostanza impermeabile che limita le perdite d'acqua. I *peli*, le *unghie* e gli *zoccoli* sono particolari ispessimenti della cheratina dell'epidermide che si trovano esclusivamente nei mammiferi. Nelle vicinanze di ogni pelo c'è una ghianda-

**FIGURA 16**

I felini hanno denti adatti a incidere e lacerare le carni.

dola che produce il **sebo**, una sostanza oleosa che serve da lubrificante; altre ghiandole producono il **sudore**. Al di sotto della pelle si trova uno strato di grasso che la connette ai muscoli sottostanti.

La pelle dei mammiferi svolge una funzione molto importante nella regolazione della temperatura corporea, che viene mantenuta costante intorno a $35 \div 37^\circ\text{C}$.

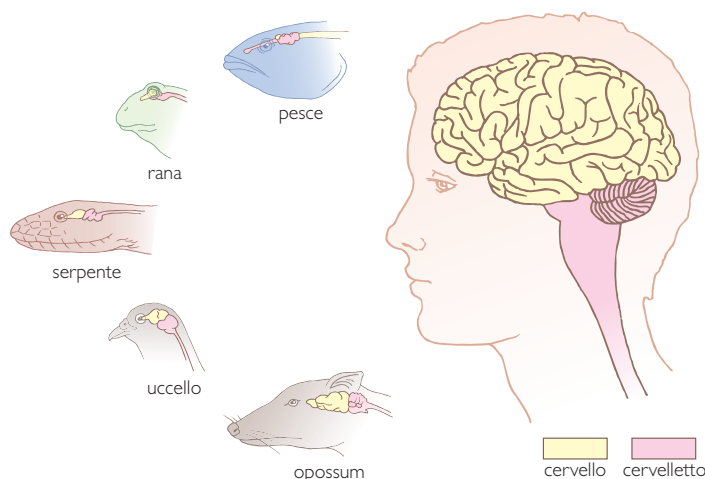
Lo strato di grasso sottocutaneo e i peli aiutano a conservare il calore interno quando fa freddo, e infatti nei mammiferi che vivono in climi freddi i peli formano un folto mantello, o pelliccia; nelle balene i peli mancano, ma in compenso è molto sviluppato lo strato di grasso sottocutaneo, protettivo e isolante. Quando fa caldo l'evaporazione del sudore produce un'efficace dispersione del calore dalla superficie del corpo. In alcuni mammiferi i liquidi evaporano dalle fauci anziché attraverso il sudore; è il caso del cane, per esempio, che perde calore facendo penzolare la lingua fuori dalla bocca.

La capacità di mantenere una temperatura interna costante ha reso i mammiferi molto più attivi, resistenti e adattabili rispetto ai rettili. La grande agilità che essi presentano è dovuta anche alla stupefacente varietà di arti che hanno sviluppato: arti adatti a saltare, a correre, a scavare, ad arrampicarsi sugli alberi, oppure «pinne» per il nuoto o addirittura «ali» per il volo.

Per svolgere tutte queste attività e per mantenere costante la temperatura corporea, i mammiferi hanno bisogno di molta energia e quindi, come gli uccelli, devono mangiare molto e spesso.

I mammiferi hanno sviluppato **denti** molto specializzati, che consentono un'efficace presa, lacerazione e masticazione a seconda del tipo di alimentazione prevalente: gli **incisivi** rodono, raschiano e tagliano, i **canini** azzannano e lacerano, i **molari** trituranano (■ figura 16).

Nei mammiferi i polmoni sono ben sviluppati e la respirazione è efficiente: un muscolo, il **diaframma**, separa la cavità toracica da quella addominale e svolge una funzione molto importante nella dinamica respiratoria. Il cuore presenta **quattro** cavità e la

**FIGURA 17**

Cervelli a confronto. I vertebrati presentano un notevole sviluppo del sistema nervoso, in particolare del cervello. Nell'uomo, rispetto alle dimensioni corporee, si trova il cervello più grande del mondo animale.

**FIGURA 18**

Le ghiandole mammarie, che permettono l'allattamento dei cuccioli, danno il nome alla classe dei mammiferi.

Nel corso della storia della vita si sono verificate numerose *estinzioni di massa*, come quella celebre alla fine del Cretaceo, 65 milioni di anni fa, in cui scomparvero tutti i dinosauri insieme a molte altre specie di animali e piante terrestri allora viventi. Nonostante fatti così drammatici si siano ripetuti più volte nel corso del tempo geologico, la vita sulla Terra ha continuato a prosperare a partire dalle specie sopravvissute agli eventi che provocarono quelle estinzioni.

Eventi che hanno cambiato l'aspetto e la vita del pianeta si sono verificati anche in tempi più «recenti», sia pure in scala minore. La maggior parte di questi cambiamenti non sono però dovuti a cataclismi devastanti, ma all'evoluzione di un nuovo fattore sulla Terra. Possiamo ripercorrerne parte della storia.

Circa 11000 anni fa, un terribile predatore fino ad allora sconosciuto penetra dall'Asia nel Nordamerica, passando dallo stretto di Bering, e nel giro di un migliaio di anni stermina molte specie di grandi mammiferi che abitavano quelle regioni: mammut, mastodonti, tigri dai denti a sciabola e altri felini, camelidi, cavalli ecc. Quel predatore è l'*Homo sapiens*; a partire da quei tempi lontani, l'uomo è diventato determinante per la sorte della biosfera.

Dopo l'estinzione dei grandi mammiferi, infatti, la selvaggina scarseggia, e la specie umana si avvia verso la prima «rivoluzione agricola»: circa 10 000 anni fa l'uomo del Neolitico passa dalla pura sussistenza di cacciatore-raccogliatore a una più sicura esistenza di allevatore-agricoltore.

Espansione della popolazione umana ed estinzione di molte specie di vertebrati sono due fenomeni che secondo gli scienziati vanno di pari passo; negli ultimi 50 000 anni fatti simili devono essere accaduti in Sudamerica, in Australia e in molte isole oceaniche. In Africa, Asia e in minore misura in Europa, dove il genere umano era presente da molto più tempo, le perdite di fauna vertebrata dai tempi degli uomini primitivi furono decisamente minori, probabilmente perché gli animali avevano già imparato ad aver paura di questo strano predatore munito di lance e frecce.

Un esempio che conferma l'enorme potenziale distruttivo dell'uomo riguarda la Nuova Zelanda, dove si sono estinte ben 13 diverse specie di grandi uccelli inetti al volo, i *moa*, alcuni dei quali molto più grossi di uno struzzo. Artefici del loro sterminio furono i Maori, gente di origine polinesiana giunta sull'isola intorno all'anno 1000.

È sulle isole che l'effetto catastrofico dell'uomo si fa sentire in modo più pesante; qui, infatti, si evolvono specie endemiche, che non si trovano altrove, e si stabiliscono equilibri unici tra di esse, dovuti alla ristrettezza dell'areale. Appena l'isolamento per qualche motivo viene turbato, il danno diventa inevitabile. Per esempio, su molte isole esistevano uccelli incapaci di volare, ma non esistevano mammiferi che li predassero. È questo il caso del *dodo* (*Raphus cucullatus*), un grosso uccello inabile al volo sterminato dagli europei intorno al 1600 al loro arrivo su Mauritius, nell'Oceano Indiano, nel giro di soli 70 anni: vittima dei cacciatori, ma anche del loro «seguito» di animali domestici, come cani e maiali (■ *figura A*).

A scopo venatorio, ancora oggi introduciamo specie estranee in certi ha-



FIGURA A

Bastarono pochi anni, dall'arrivo degli europei sull'Isola di Mauritius, perché il dodo si estinguesse.

TABELLA A

Vertebrati noti estinti dal 1600 a oggi

Classe di vertebrati	Numero di specie estinte (percentuale approssimativa sul totale)
pesce	23 (0,1%)
anfibi	2 (0,05%)
rettili	21 (0,3%)
uccelli	113 (1,3%)

bitat. E il caso del *pesce siluro*, un vorace predatore di acqua dolce, di dimensioni enormi, che sta distruggendo in modo inesorabile l'ittiofauna dei fiumi italiani.

L'uomo, oltre a cacciare uccelli e mammiferi per le loro carni, le pelli, le penne, o per proteggere il proprio bestiame, ha ben altre armi per distruggere la fauna: deforestare, incendiare, far pascolare e bonificare. In particolare, oggi stiamo assistendo alla devastazione delle *foreste pluviali*, una vera scigno della biodiversità, con un numero enorme di specie uniche, che non si trovano in nessun altro luogo della Terra. Si stima che si stiano perdendo in questo modo 27 000 specie all'anno (tra piante e animali), una media di 74 al giorno: 3 all'ora!

Purtroppo solo di recente, nel cammino dell'umanità, ci siamo resi conto di quanto queste pratiche siano distruttive (■ *tabella A*). Finalmente, abbiamo cominciato a proteggere la fauna e la flora creando parchi, riserve, santuari della natura, oppure salvaguardando con progetti speciali le singole specie in pericolo. Ma oggi sappiamo anche che ci sono dei limiti ai nostri interventi: infatti, quando la popolazione di una data specie scende al di sotto di un determinato numero critico di individui, allora l'estinzione diventa molto probabile, quasi inevitabile. Questo però non ci deve scoraggiare, anzi: la biodiversità è un bene prezioso per la vita sulla Terra, che dobbiamo salvaguardare con ogni possibile sforzo.

per fissare i concetti

- Che cosa hanno in comune l'estinzione del moa e quella del dodo?

circolazione è doppia e completa, come negli uccelli (■ figura 8c).

Oltre ai caratteri finora elencati, i mammiferi presentano altre due caratteristiche che forse più di tutte hanno contribuito alla loro straordinaria capacità di colonizzare tutti gli ambienti della Terra:

- un *cervello* più sviluppato che in ogni altra classe di vertebrati: ciò consente uno straordinario aumento di complessità delle facoltà intellettuali, in particolare dell'apprendimento e della memoria (■ figura 17, a p. precedente);

- un sistema di riproduzione e di *cura della prole* altamente perfezionato, che li distingue da tutti gli altri animali, e che presenta straordinari vantaggi.

Tutti i mammiferi alimentano i piccoli alla nascita con il *latte*, una sostanza molto nutriente. Il latte viene prodotto dalle **ghiandole mammarie**, da cui deriva appunto il nome della classe (■ figura 18, a p. precedente).

FIGURA 19

a. Un monotremo: l'echidna. **b.** Un piccolo canguro nel marsupio, mentre si nutre al capezzolo. A 30 giorni di vita, il piccolo è ancora glabro e cieco; a quattro mesi comincerà a crescere la peluria. **c.** Un altro marsupiale: un koala australiano. **d.** Un placentato: un ratto e la sua prole.



a



b



c



d

per fissare i concetti

18 Descrivi alcune caratteristiche distintive dei mammiferi.

19 Spiega in che modo il corpo di un mammifero reagisce alle alte e alle basse temperature.

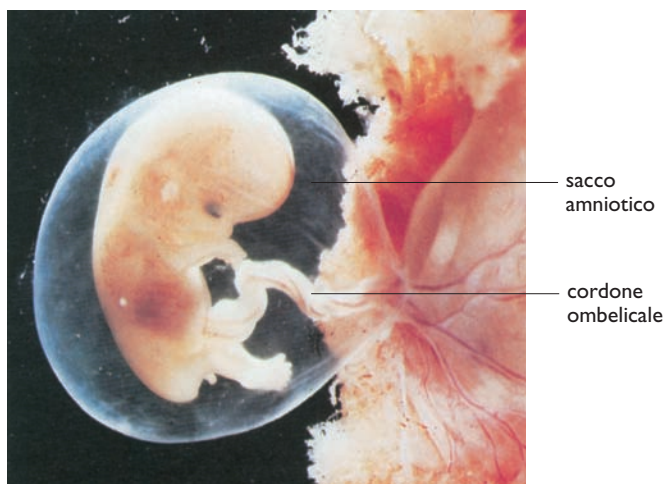


FIGURA 20

Anche l'uomo, come il resto dei placentati, ha un sofisticato sistema interno per proteggere e nutrire i propri piccoli fino alla nascita. Madre e figlio si scambiano tutte le sostanze attraverso la placenta, collegata al cordone ombelicale.

7 La classificazione dei mammiferi

In tutti i mammiferi la riproduzione è sessuata con *fecondazione interna*. La fecondazione interna è indispensabile negli animali terrestri perché le cellule sessuali, uova e spermatozoi, non solo non possono sopravvivere nell'aria, ma neppure incontrarsi. Esse devono rimanere ben protette all'interno del corpo. Il maschio, dotato di un organo copulatore, il pene, introduce direttamente nell'apertura genitale della femmina gli spermatozoi sospesi in un liquido, lo sperma.

A parte queste caratteristiche, comuni anche ad altri animali, nei mammiferi è possibile riconoscere tre diversi modi di sviluppo dell'embrione che rappresentano altrettanti gradi differenti di evoluzione.

- I mammiferi più primitivi sono *ovipari*, ossia depongono le uova come i rettili. Quando l'uovo si schiude la madre provvede al nutrimento del piccolo per mezzo di rudimentali ghiandole mammarie. Questo tipo di mammiferi oggi è rappresentato dai **monotremi**, con specie come l'*echidna* e l'*ornitorinco*, limitate al continente australiano (■ *figura 19a*).
- Poi ci sono i **marsupiali**, mammiferi *vivipari* provvisti di **marsupio** (una tasca del ventre). Nei marsupiali l'embrione si sviluppa in un organo cavo dell'apparato riproduttivo femminile, l'**utero**. Il parto, però, è precoce; subito dopo la nascita il piccolo, non ancora ben sviluppato, si arrampica nel marsupio e rimane attaccato a un capezzolo finché non ha completato lo sviluppo (■ *figura 19b*). I marsupiali, un tempo molto dif-

fusi, oggi contano poche specie: in America vivono gli *opossum*; nel continente australiano, oltre ai ben noti *canguri* e *koala* (■ *figura 19c*), si trovano «ratti» e «topi» marsupiali, «talpe» marsupiali e «formichieri» marsupiali.

- Infine, ci sono i **placentati**, mammiferi *vivipari* provvisti di **placenta**, l'organo di scambio tra la madre e il feto (■ *figura 19d*). La placenta, che compare durante la gravidanza, è a forma di disco appiattito; da una parte è fissata alla parete dell'utero e dall'altra è unita all'embrione mediante il cordone ombelicale (■ *figura 20*). L'ossigeno e le sostanze nutritive, disciolti nel sangue della madre, diffondono attraverso la placenta ed entrano nel sangue del feto; i prodotti di rifiuto del feto seguono invece il cammino inverso, vengono cioè assorbiti nel sangue della madre e poi espulsi attraverso i suoi reni e polmoni.

Pur avendo successo sulla Terra, i mammiferi costituiscono una piccola classe, se li paragoniamo ad altri gruppi di animali. Essi, infatti, comprendono solo 4500 specie viventi: di queste, i placentati sono il 95% e vengono classificati in ordini diversi in base soprattutto alle caratteristiche degli arti e al tipo di dentatura (■ *tabella 3*).

per fissare i concetti

- 20** Qual è la funzione dell'utero e in quali mammiferi è presente?
- 21** Che cosa caratterizza i mammiferi placentati rispetto agli altri? Qual è il vantaggio del loro sistema di riproduzione e sviluppo?
- 22** Fai esempi di mammiferi che nuotano, che volano, che vivono in climi freddi, che vivono in climi caldi.

TABELLA 3 i principali ordini dei mammiferi placentati

Insettivori (ricci, talpe, toporagni)	si nutrono di insetti e hanno dentatura completa
Chiroteri (pipistrelli)	hanno le dita dell'arto anteriore molto sviluppate, atte a sostenere la membrana alare
Carnivori (canidi, felini, orsi, foche, tassi)	si nutrono di carne e hanno denti taglienti e canini molto sviluppati
Roditori (castori, cavie, topi, ratti, scoiattoli)	hanno due incisivi a scalpello in ciascuna mascella
Lagomorfi (conigli, lepri).	hanno quattro incisivi a scalpello in ciascuna mascella
Artiodattili (cammelli, cervi, mucche, maiali, ippopotami)	sono provvisti di zoccolo e hanno dita in numero pari
Perissodattili (cavalli, rinoceronti)	sono provvisti di zoccolo e hanno dita in numero dispari
Sdentati (armadilli, formichieri, bradipi)	hanno dentatura molto ridotta o addirittura assente
Cetacei (balene, delfini, focene)	hanno un corpo di forma idrodinamica, arti anteriori trasformati in pinne; mancano gli arti posteriori
Primati (lemuri, scimmie, pongidi, ominidi)	hanno pollice opponibile, occhi rivolti in avanti e un cervello di notevoli dimensioni

8

L'uomo tra i primati

Tutti riconosciamo che l'uomo può ricordare in certi aspetti le scimmie; ma non ci rendiamo conto di quanto ciò sia profondamente vero (■ figura 21).

Le *proscimmie* (come i lemuri), le *scimmie* propriamente dette (come scimmie urlatrici, bertucce, macachi), le *scimmie antropomorfe* (come gorilla e scimpanzé) e gli esseri umani appartengono tutti allo stesso ordine di mammiferi, i **primati**.

I primati moderni discendono da piccoli animali placentati notturni, simili alle attuali tupaie, che vivevano sugli alberi cibandosi di insetti. Di quegli antichi progenitori la nostra specie, come tutti i primati, mantiene ancora alcuni caratteri che sono comparsi nel corso dell'evoluzione come adattamenti alla vita sugli alberi: le *mani prensili*, dotate di *pollici opponibili* alle altre dita, utili per avere una salda presa nell'intrico di rami delle foreste; i grandi *occhi in posizione frontale* che consentono la visione stereoscopica, e quindi di cogliere la profondità di campo, essenziale per valutare le distanze e ridurre gli errori negli spostamenti di ramo in ramo. Anche il *muso schiacciato* facilita la visione di ciò che sta di fronte, mentre la capacità di *distinguere i colori* (una facoltà che solo i primati hanno tra i mammiferi) è utile per animali dalla vita diurna.

Ma quale, tra i primati attuali, è più strettamente imparentato con la nostra specie? Per stabilirlo, i biologi hanno preso in considerazione molti elementi: la conformazione generale dello scheletro, il comportamento, ma anche, a livello più profondo, il grado di somiglianza del DNA, il materiale genetico. È proprio in base agli studi sul DNA che molti concordano nel considerare lo *scimpanzé* il primate a noi più vicino sulla scala dell'evoluzione biologica. Poi vengono i *gorilla* e più lontani ancora gli *oranghi* e i *gibboni*.

Scimpanzé, gorilla, orango e gibbono sono tutte **scimmie antropomorfe** (dal greco *ántropos* = uomo e *morfé* = forma), che condividono con l'uomo alcuni caratteri che non si trovano negli altri primati, come la *manca della coda* e la *conformazione della scapola* (un osso della spalla), che permette ampi movimenti delle braccia in ogni direzione. Per quanto riguarda il comportamento, scimpanzé gorilla e orango esibiscono alcune somiglianze con l'uomo: tendono per esempio ad apprendere per imitazione e in genere hanno relazioni sociali. Gli scimpanzé, in particolare, vivono in gruppi aperti tra i quali vi sono continui scambi di individui; inoltre, le forme di socializzazione come pacche sulle spalle, inchini o carezze assomigliano a quelle umane. Ma la cosa più sorprendente è che gli scimpanzé si riconoscono allo specchio, dimostrando in questo modo una forma di consapevolezza di sé assoluta-



FIGURA 21

Una famiglia di babbuini (*Papio cynocephalus*) mentre al tramonto si accinge a trascorrere la notte in un giaciglio tra i rami di un grosso albero della foresta. Le scimmie sono animali dall'intensa vita sociale.

mente sconosciuta negli altri animali, se si eccettua l'uomo (■ figura 22).

Homo sapiens, la nostra specie, è l'uomo moderno, l'unico rappresentante vivente della famiglia degli **ominidi**. Tutti gli altri membri della famiglia sono noti solo allo stato di fossili, come *H. habilis*, vissuto circa 2 milioni di anni fa, *H. erectus*, vissuto circa 1 milione di anni fa, e più vicino a noi *H. neanderthalensis* (l'uomo di Neandertal), vissuto circa 100000 anni fa.

Se osservato da uno zoologo, l'uomo è indubbiamente un animale unico: ha un portamento eretto, ha piedi e mani con funzioni perfettamente distinte, un torace largo e piatto, un grosso cranio che racchiude il cervello più sviluppato del regno animale e non ha pelo salvo in poche zone del corpo. Del resto, l'uomo è unico anche per molti altri aspetti: il modo in cui costruisce strumenti, risolve problemi, comunica, crea arte, musica e altre forme di cultura, oltre al modo in cui stermina i membri della propria e di altre specie, non ha eguali nel mondo animale.

Dal punto di vista strettamente biologico, possiamo concentrare l'attenzione su tre aspetti peculiari: il modo in cui cammina, le sue capacità intellettive e il modo in cui si riproduce.

- L'uomo è l'unico animale con quattro arti che cammina su due gambe, cioè è **bipede**. Con la locomozione bipede si sono rese disponibili le mani, con cui costruire e utilizzare strumenti; questo fatto a sua volta, ha influito sullo sviluppo del cervello. Abbandonare la vita a quattro zampe dei nostri antenati ha creato però qualche problema, come la predisposizione al mal di schiena e un parto tutt'altro che semplice.

- L'uomo ha *il cervello più grande in rapporto alle dimensioni corporee*. Se andiamo a confrontare il cervello dell'uomo con quello degli scimpanzé, si osserva, al di là delle dimensioni, un aumento di complessità dovuto soprattutto al fatto che noi comunichiamo con il *linguaggio*. Un'ampia porzione del nostro cervello presiede ai processi di comprensione e produzione del linguaggio e i due emisferi, destro e sinistro, si sono suddivisi i compiti: l'emisfero sinistro controlla il linguaggio e l'uso della mano destra, quello destro è coinvolto nell'orientamento spaziale. Negli scimpanzé, invece, le due metà del cervello lavorano allo stesso modo per quanto riguarda la ricezione e l'emissione di suoni, e non sono altrettanto sviluppate. Anche tra gli arti non vi è distinzione tra destra e sinistra per cui, per esempio, il lancio di un oggetto non è altrettanto efficace come nell'uomo. Lo sviluppo di un grosso cervello con funzioni altamente sofisticate ha praticamente scavato un «abisso» culturale tra l'uomo e gli altri primati nel corso di poche centinaia di migliaia di anni, un tempo relativamente breve rispetto alle decine e persino centinaia di milioni di anni che sono occorsi per l'evoluzione della vita sulla Terra.
- Infine, la specie umana deve investire molto, in termini di tempo e di energie, per mettere al mondo una prole ridotta nel numero. Le grandi dimensioni del cranio del nascituro rendono il parto traumatico, sia per la madre sia per il bambino. Non solo: nel diventare bipedi, lo scheletro degli ominidi nostri antenati ha subito profonde modificazioni rispetto a quello delle scimmie antropomorfe. In particolare, per fornire un attacco adeguato ai muscoli della coscia, un osso del bacino (o pelvi) è ruotato in avanti riducendo l'apertura pelvica, il cosiddetto «canale del parto», e questo rende l'espulsione del nascituro più difficoltosa. Anche se il periodo di gestazione è abbastanza lungo (circa 9 mesi), alla nascita siamo ancora in uno stadio precoce del nostro sviluppo: per esempio, le nostre ossa non sono ancora del tutto formate e i nostri denti richiedono dai 6 ai 24 mesi per spuntare, mentre un piccolo scimpanzé ha l'ossatura di un adulto e acquisisce la

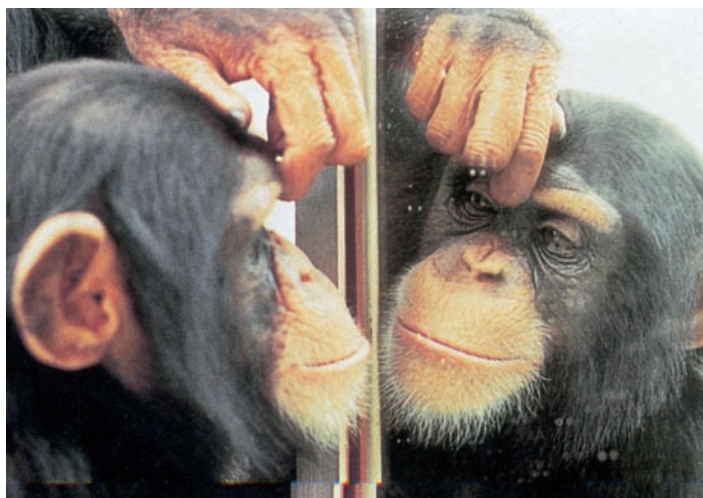


FIGURA 22

Gli scimpanzé mostrano di essere in grado di riconoscersi allo specchio. Una volta acquisita familiarità con gli specchi, gli scimpanzé si ispezionano e fanno smorfie. Anche i bambini fino a circa 2 anni di età reagiscono alla propria immagine allo specchio come se stessero osservando altri bambini, come fa la maggior parte dei mammiferi evoluti.

dentatura completa entro l'anno. Anche il cervello del neonato è molto meno sviluppato che in un adulto. Dopo la nascita, dipendiamo per parecchi mesi dall'allattamento materno e per molti anni dipendiamo dagli adulti per la sopravvivenza e il nostro sviluppo.

per fissare i concetti

- 23** Indica il nome delle categorie sistematiche, dal phylum alla specie, alle quali appartiene l'uomo.
- 24** Quali caratteristiche la nostra specie ha in comune con le scimmie antropomorfe?
- 25** Indica alcune caratteristiche peculiari della nostra specie.
- 26** Per quali motivi il parto nella nostra specie è più difficoltoso che nelle altre specie animali?
- 27** A quali caratteristiche del cervello è legato lo sviluppo culturale dell'uomo?

Quali sono le caratteristiche che distinguono i vertebrati?

I vertebrati hanno un **endoscheletro** che ha funzione di locomozione, sostegno e protezione degli organi interni. La **pelle** o **cute** li protegge esternamente. Si distinguono sette classi di vertebrati: tre appartengono al gruppo dei **pesci** (agnati, condroitti e osteitti), quattro al gruppo dei **tetrapodi** (anfibi, rettili, uccelli e mammiferi), tutti dotati di quattro arti.

Quali sono le caratteristiche principali dei pesci?

I pesci sono animali acquatici con forma idrodinamica, dotati di arti trasformati in **pinne** natatorie. La classe degli **agnati** (o **pesci senza mascelle**) comprende poche specie con bocca circolare dotata di ventosa: le lamprede e le missine. Le altre due classi di pesci sono **gnatostomi** (o **pesci con mascelle**).

La classe dei **condroitti** (o **pesci cartilaginei**) comprende specie con **scheletro cartilagineo**. I condroitti hanno scaglie cutanee dentellate che rendono la pelle ruvida. Le fessure branchiali non sono protette dall'opercolo.

La classe degli **osteitti** (o **pesci ossei**) è quella con il maggiore numero di specie viventi. Il loro scheletro, cartilagineo allo stato embrionale, viene sostituito da uno **scheletro osseo** durante lo sviluppo. Hanno scaglie cutanee ampie e parzialmente sovrapposte. Le branchie sono chiuse da un **opercolo**.

I pesci hanno un organo di senso particolare, la **linea laterale**, per l'orientamento in acqua. Negli osteitti il livello di galleggiamento viene controllato dalla **vescica natatoria**.

Perché gli anfibi sono legati all'ambiente acquatico?

Gli **anfibi** sono legati all'ambiente acquatico sia per il tipo di respirazione sia per il tipo di riproduzione e sviluppo. I loro **polmoni** sono rudimentali e la respirazione avviene in parte attraverso la cute (respirazione cutanea). L'accoppiamento e la riproduzione avvengono nell'acqua: la fecondazione è esterna. Le uova si sviluppano nell'acqua e i **girini** che ne emergono, diversamente dagli adulti, hanno respirazione branchiale. In seguito a una complessa **metamorfosi** assumono la forma adulta.

Perché i rettili sono indipendenti dall'ambiente acquatico?

I **rettili** sono affrancati dall'ambiente acquatico grazie al tipo di rivestimento cutaneo (**squame** e **scudi**), alla respirazione, di tipo polmonare con la comparsa degli **alveoli**, e alla riproduzione, grazie all'innovazione dell'**uovo amniotico**, formato da: il **guscio** protettivo che permette gli scambi respiratori con l'esterno; il **sacco amniotico** che protegge l'embrione all'interno del **liquido amniotico**; il **tuorlo** che nutre l'embrione; l'**allantoide** che permette la respirazione e l'escrezione. Come i pesci e gli anfibi, i rettili sono animali **eterotermi** o a «sangue freddo», cioè la loro temperatura corporea dipende da quella ambientale.

Quali sono le caratteristiche degli uccelli?

Insieme ai mammiferi, gli **uccelli** sono gli unici vertebrati **omeotermi** o a «sangue caldo». Gli uccelli hanno uno scheletro molto particolare, formato da ossa in cui penetrano dei **sacchi aerei** in comunicazione con i polmoni; le **ossa pneumatiche** sono anche dotate di cavità che le rendono più leggere. Gli arti anteriori sono trasformati in **ali**; **penne** e **piume** servono per il volo ma anche per l'isolamento termico. Le uova degli uccelli sono di tipo amniotico.

Quali sono le caratteristiche che distinguono i mammiferi? Come è classificato l'uomo?

I **mammiferi** prendono il nome dalle **ghiandole mammarie**, che servono alla produzione di latte. I mammiferi sono caratterizzati da una pelle dotata di **peli** formati di **cheratina**. Hanno una dentatura formata da diversi tipi di **denti** specializzati.

I mammiferi **monotremi** sono **ovipari**; i **marsupiali** sono **vivipari** con neonati a uno stadio embrionale molto precoce; infine, i **placentati** sono dotati di **placenta**, un organo che mette in connessione la madre e l'embrione sia per gli scambi alimentari sia per quelli respiratori ed escretori.

L'uomo è un mammifero placentato, appartiene all'ordine dei **primati** insieme alle scimmie e alla famiglia degli **ominidi**, di cui rappresenta l'unica specie vivente.

Come si è evoluta la circolazione sanguigna nei vertebrati?

In tutti i vertebrati la circolazione è chiusa. Nei pesci la **circolazione sanguigna** è **semplice**, cioè il sangue passa una sola volta dal cuore che ha un solo atrio e un solo ventricolo. Nei tetrapodi la circolazione diventa **doppia**, cioè il sangue passa due volte dal cuore, prima per essere pompato verso i polmoni dove si ossigena, poi per essere distribuito a tutto il resto del corpo. Il cuore degli anfibi e dei rettili ha tre cavità (due atri e un ventricolo). Negli uccelli e nei mammiferi, la circolazione è **doppia e completa**, con il cuore diviso in quattro cavità (due atri e due ventricoli).

A Scegli il completamento **corretto** delle seguenti affermazioni.

1 Sono eterotermi

- a** rospo e lucertola.
- b** orso e delfino.
- c** pinguino e anatra.
- d** uomo e scimpanzé.

2 La linea laterale dei pesci serve

- a** a sentire le vibrazioni dell'acqua.
- b** a respirare, facendo entrare l'acqua e ricavandone l'ossigeno.
- c** a muoversi rapidamente perché rende il corpo più scivoloso.
- d** ad avvertire i cambiamenti di temperatura.

3 Hanno circolazione doppia e completa

- a** tartaruga e pitone.
- b** balena e canguro.
- c** trota e squalo.
- d** rana e tritone.

4 La capacità di mantenere la temperatura del corpo costante si trova

- a** nei pesci e negli anfibi.
- b** nei mammiferi e negli uccelli.
- c** solo nei mammiferi.
- d** solo nei rettili.

5 Gli uccelli buoni volatori hanno

- 1** la temperatura del corpo variabile.
- 2** lo sterno carenato.
- 3** le ossa pneumatiche.
- 4** le ghiandole sudoripare.
- 5** una muscolatura più sviluppata.

Sono corrette:

- a** 1, 2, 3, 4
- b** 2, 3, 4, 5
- c** 1, 2, 3
- d** 2, 3, 5

B Scegli il completamento **errato** delle seguenti affermazioni.

6 I vertebrati

- a** fanno parte del phylum dei cordati.
- b** hanno l'endoscheletro.
- c** presentano anteriormente un ingrossamento del tubo neurale, il cervello.
- d** sono gli unici ad aver conquistato gli ambienti terrestri.

7 I rettili

- a** hanno la temperatura del corpo costante.
- b** depongono uova amniotiche.
- c** sono discendenti degli anfibi.
- d** hanno la circolazione doppia.

8 Appartiene alla classe dei rettili l'ordine

- a** dei cheloni.
- b** degli squamati.
- c** degli anuri.
- d** dei loricati.

9 I pesci cartilaginei hanno

- a** la vescica natatoria.
- b** la circolazione semplice.
- c** l'organo della linea laterale.
- d** branchie senza opercolo.

10 Tutti i mammiferi hanno

- 1** la circolazione semplice.
- 2** la placenta in gravidanza.
- 3** la temperatura del corpo costante.
- 4** la respirazione polmonare.
- 5** le ossa pneumatiche.

Sono errate:

- a** 1, 2, 3, 4
- b** 1, 2, 5
- c** 2, 3, 5
- d** 1, 2, 4, 5

D O M A N D E & P R O B L E M I

1 I pesci hanno uno scheletro più leggero dei vertebrati terrestri (alcuni lo hanno addirittura di cartilagine). Spiega il perché di questa differenza.

2 Completa la tabella, indicando le differenze nei due stadi di sviluppo di una rana.

	adulto	girino
alimentazione
respirazione
circolazione

3 Completa le seguenti frasi con il nome della classe di vertebrati cui si riferiscono.

- a** hanno le ossa pneumatiche.
- b** hanno la vescica natatoria.
- c** hanno denti di forma diversa
- d** depongono uova con guscio e sono eterotermi.

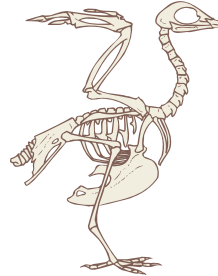
4 Quali caratteristiche dell'uovo amniotico hanno permesso la riproduzione e lo sviluppo dei rettili sulla terraferma?

5 Che cosa significa circolazione chiusa? Perché la circolazione si complica con il passaggio dei vertebrati alla terraferma?

6 Anfibi significa «animali dalla doppia vita». Indica quali sono le caratteristiche che li tengono ancora legati all'ambiente acquatico e quali sono invece gli adattamenti che consentono loro di vivere sulla terraferma.

7 La grande novità dei mammiferi rispetto agli uccelli non è l'essere omeotermi, bensì l'essere vivipari. Attraverso quali tappe si è arrivati ai mammiferi placentati? Qual è la funzione della placenta? Quali vantaggi offre?

8 Osserva la figura. Quali sono gli adattamenti al volo dello scheletro degli uccelli?



9 Nella tabella è riportata la durata della gestazione di alcuni mammiferi. Per quali motivi la gestazione dei marsupiali è molto più corta dei placentati? Ordina secondo dimensioni (o peso) crescenti i mammiferi placentati. Che relazione in generale noti tra le dimensioni e il periodo di gestazione? Noti qualche eccezione?

	durata della gestazione
opossum	13-15 giorni
canguro gigante	38-40 giorni
gatto selvatico	2 mesi
foca	11 mesi
cavallo	11 mesi
cane	2 mesi
leone	3,5 mesi
giraffa	15 mesi
zebra	12 mesi
scimpanzé	8 mesi
rinoceronte	18 mesi
elefante	20-21 mesi
uomo	9 mesi

10 La figura mostra lo scheletro dell'ala di un pipistrello. Che differenze ci sono con l'ala di un uccello?

