

# Gli animali deuterostomi

I **deuterostomi** sono caratterizzati da 3 eventi che si verificano nelle prime fasi di sviluppo:

-Segmentazione radiale

-Formazione della bocca in corrispondenza dell'estremità opposta al blastoporo

-Formazione di un celoma a partire da tasche di mesoderma laterale

Tutti i deuterostomi sono celomati, triblastici e con endoscheletro

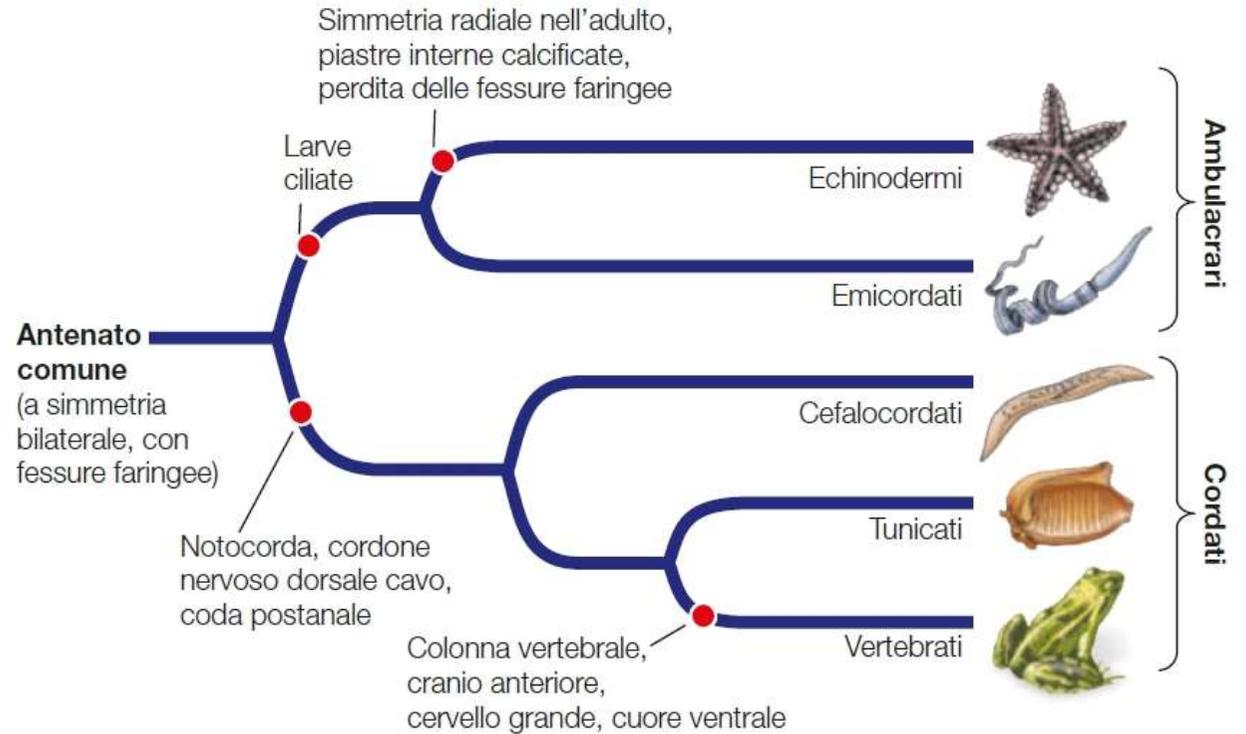
	Tipo	Simmetria presente	Sistema circolatorio
Ambulacrari	<b>Echinodermi</b> (ricci, stelle di mare, ecc., 7500spp)	Bilaterale	Aperto o assente
	<b>Emicordati</b> (balanoglossi e pterobranchi, 120 spp)	Bilaterale	Chiuso
	<b>Cordati</b> (Urocordati o ascidie, Cefalocordati o anfiossi, vertebrati)	Bilaterale	Chiuso

### Figura 32.1 Filogenesi dei deuterostomi

I tre gruppi principali di deuterostomi sono gli echinodermi, gli emicordati e i cordati; questi ultimi includono i cefalocordati, i tunicati e i vertebrati. La maggior parte delle specie descritte dalla scienza appartiene agli echinodermi e ai vertebrati.



#### Attività 32.1 Filogenesi dei deuterostomi Deuterostome Phylogeny



I primi deuterostomi erano provvisti di branchie esterne

### *Yunnanozoon lividum*



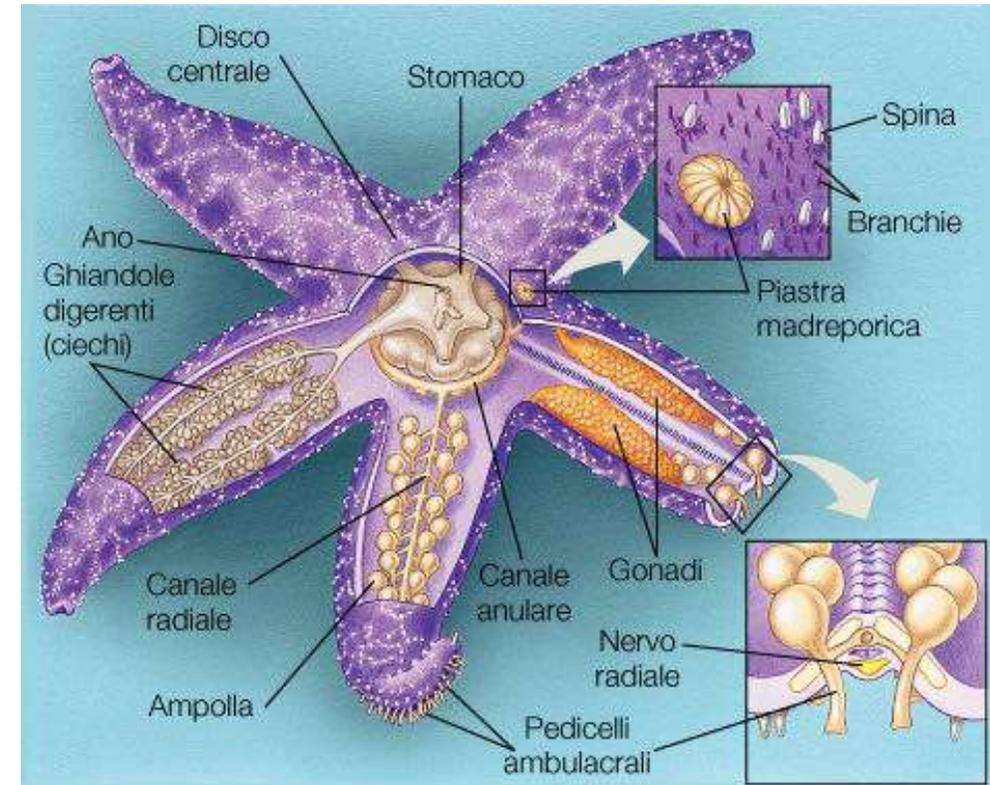
**Figura 32.2 I primi deuterostomi avevano branchie esterne** Gli yunnanozoi, ora estinti, sono forse deuterostomi ancestrali. Questo fossile cambriano mostra le sei paia di branchie esterne e la parte posteriore del corpo segmentata, caratteristiche di questi animali.

## ECHINODERMI

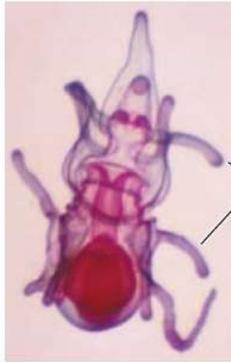
- circa 13000 specie (7500 viventi), esclusivamente marini
- simmetria bilaterale nelle larve, raggiata PENTARADIALE da adulti
- Lato orale contenente la bocca e lato aborale che contiene l'ano
- Endoscheletro formato da placche fuse
- apparato locomotore idraulico esclusivo: **SISTEMA ACQUIFERO** (idrocele)  
serie di canali e cisterne acquifere derivate da un ampliamento del celoma; i canali si diramano nel corpo dell'animale e terminano con delle estensioni dette **pedicelli**, deputate agli scambi respiratori, alla locomozione e all'alimentazione

L'acqua entra nell'idrocele attraverso un sistema di pori in corrispondenza della **piastra madreporica**;

essa è connessa a un canale periesofageo con decorso anulare (**canale anulare**), dal quale si dipartono condotti radiali che penetrano in ognuna delle braccia ambulacrali.

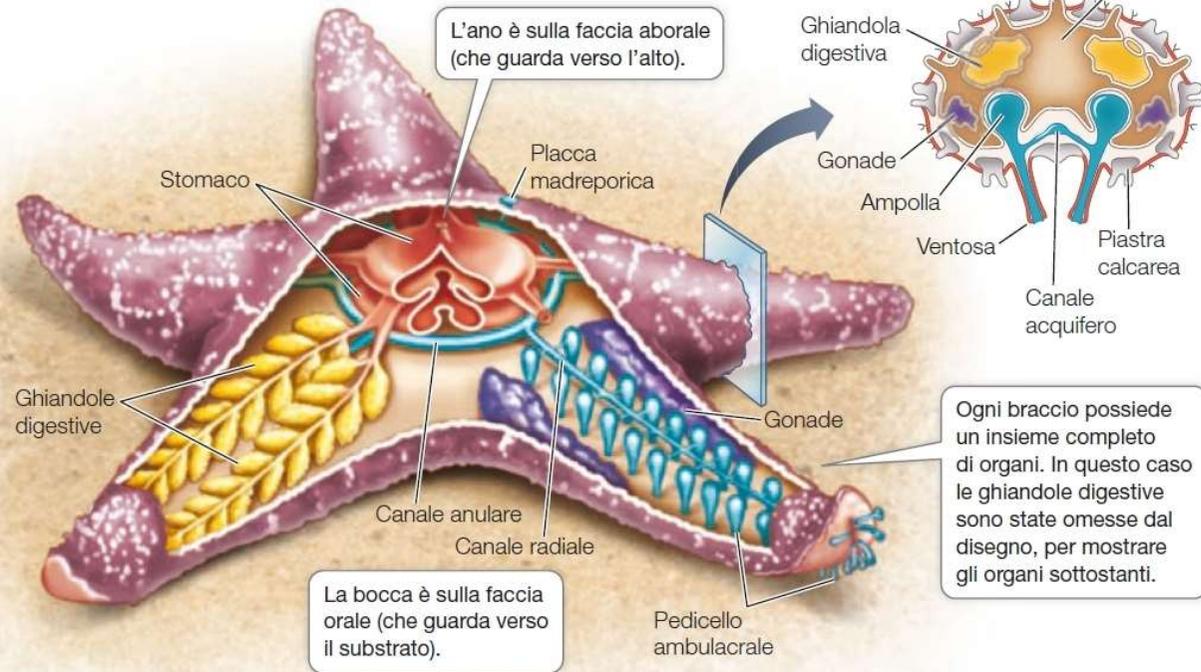


**(A) Larva di stella di mare**  
(simmetria bilaterale)



Braccia ciliate

**(B) Stella di mare adulta**  
(simmetria pentaraggiata)



**Figura 32.3** Gli echinodermi hanno simmetria bilaterale da larve, ma simmetria radiale da adulti (A) La larva ciliata delle stelle marine ha simmetria bilaterale. Gli emicordati hanno una forma larvale simile. (B) L'adulto delle stelle marine ha la simmetria radiale

tipica degli echinodermi adulti. Il diagramma mostra i canali e i pedicelli del sistema acquifero e lo scheletro interno calcificato. Il corpo presenta un orientamento oro-aborale piuttosto che antero-posteriore.

## LA BIODIVERSITÀ DEGLI ECHINODERMI

I **crinoidi** (A) Gigli di mare e comatule  
**Echinozoi** :ricci e cetrioli di mare(B, C)  
**Asterozoi**: stelle di maree stelle  
 serpentine (D, E)

(A) *Comanthina schlegeli*



(B) *Echinometra mathaei*



(C) *Bohadschia argus*



Viscere espulso

(D) *Marthasterias glacialis*



(E) *Ophiarachna incrassata*

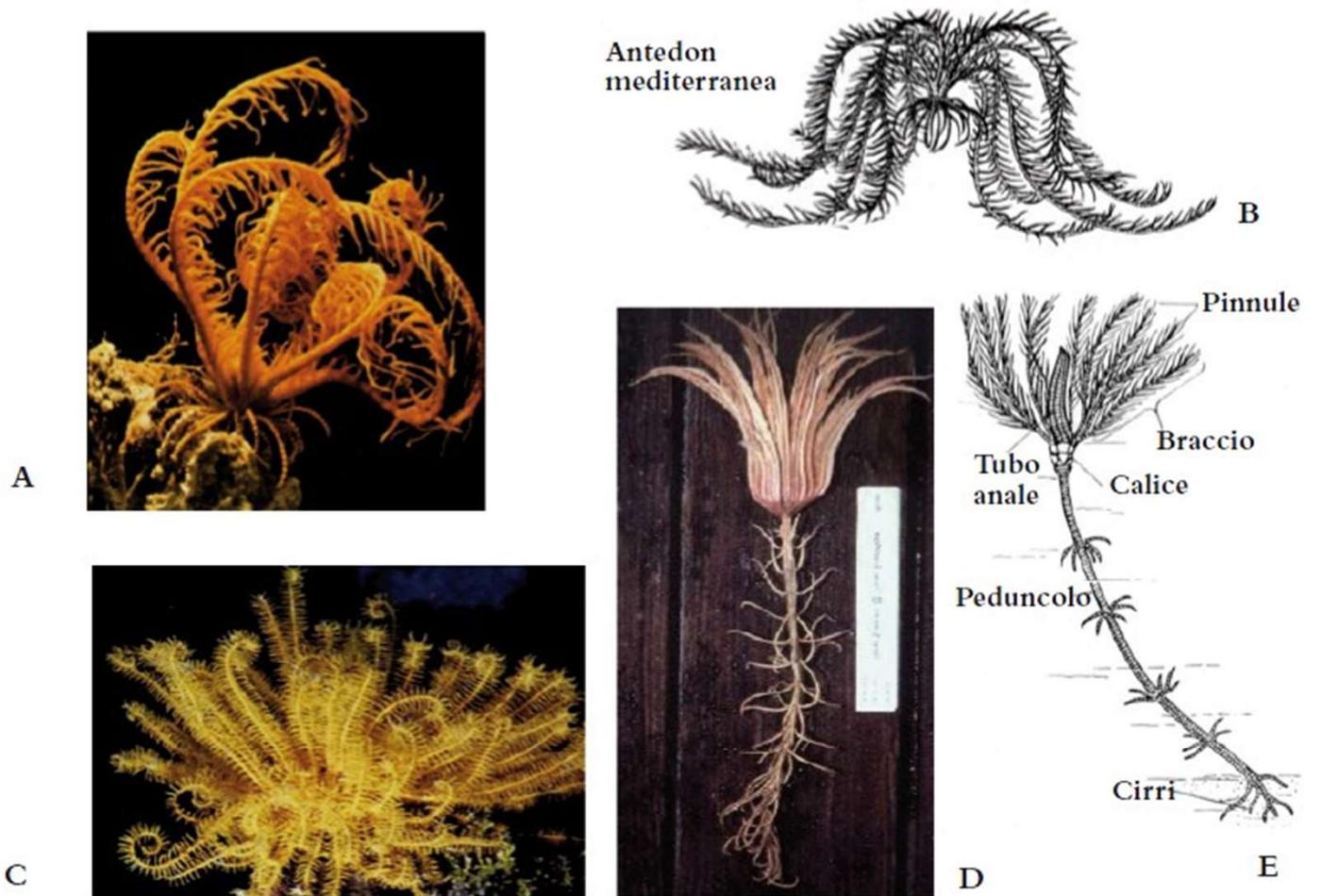


**Figura 32.5** La biodiversità degli echinodermi

(A) Le braccia fluttuanti di questa comatula, o stella piumata (un crinoide), sono bene evidenti. (B) I ricci di mare sono importanti animali brucatori che si nutrono di alghe nella zona intertidale dei mari di tutto il mondo. (C) Questo cetriolo di mare ha espulso parzialmente i visceri appiccicosi come estrema difesa contro

un potenziale predatore. (D) Le stelle marine sono importanti predatori dei molluschi bivalvi. Ventose a suzione situate all'apice dei pedicelli permettono di afferrare entrambe le valve della preda, aprendole con forza. (E) Le braccia dell'ofiuira, o stella serpentina, sono formate da placche rigide ma articolate tra loro.

Gigli di mare 80 sp , organismi sessili legati al substrato con un peduncolo  
 Comatule 500 sp attaccate al substrato con appendici flessibili con movimenti limitati  
 Si nutrono muovendo le braccia e convogliando l'acqua, le particelle catturate da muco presente sulle braccia vengono portate alla bocca lungo dei solchi che percorrono le braccia



**Figura 21.12**

Crinoidei. Comatule a 10 braccia (A) o a braccia multiple (C) e gigli di mare (D) fotografati dal vero. Confronto fra i rispettivi schemi anatomici (B) e (E).

Ricci di mare forma emisferica con spine articolate allo scheletro usate per la locomozione. Raschiano le alghe con la bocca (lanterna di Aristotele) o catturano fitoplancton con i pedicelli



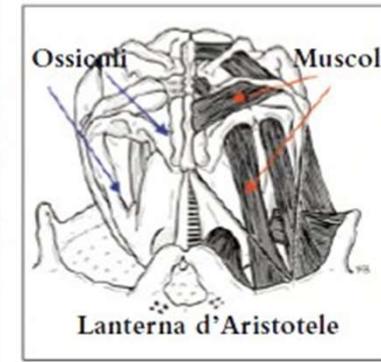
Regolari



A

B

C



F

Irregolari

D



E



**Figura 21.15**

Echinoidei. Ricci di mare regolari (A,B,C) e irregolari (D,E) fotografati in natura. Il confronto fra i diversi gruppi mette in evidenza differenze molto rilevanti con riferimento alla forma del corpo e alle dimensioni e alla distribuzione delle spine. In (F) è presentato lo schema strutturale dell'imponente apparato boccale (lanterna di Aristotele) di un comune riccio di mare regolare.

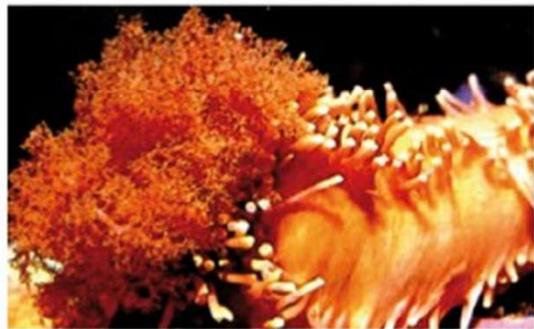
I cetrioli con bocca anteriore e ano posteriore. Pedicelli ambulacrali per muoversi o ancorarsi al substrato. Catturano le prede con i pedicelli anteriori appiccicosi



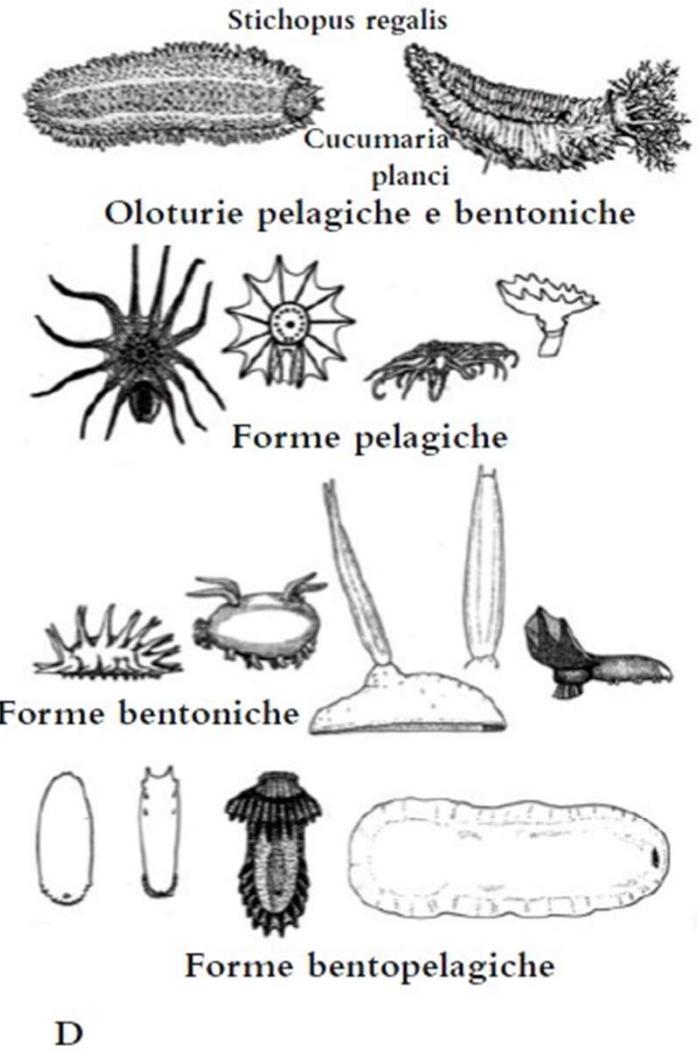
A



B



C



**Figura 21.16**

Oloturoidei. Fotografie di oloturie nell'ambiente naturale (A,B,C). Nel disegno schematico (D) sono messe in evidenza le differenze più significative fra i gruppi appartenenti a questa classe.



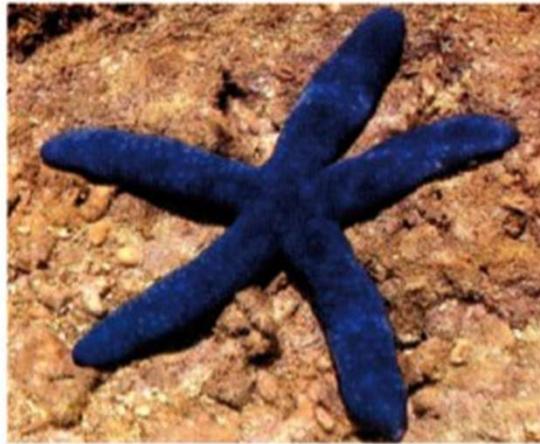
Le stelle di mare hanno gonadi e organi digestivi nelle braccia.  
Pedicelli per la locomozione, scambi gassosi ed adesione al substrato. Ogni pedicello consiste in un ampolla interna collegata da un tubo ad una ventosa esterna che può aderire al substrato. Il pedicello mosso dalla contrazione ed espansione dei muscoli circolari e longitudinali del tubo



Ottimi predatori di policheti, molluschi gasteropodi, bivalvi e pesci.

Avvolgono la preda con le braccia e con la forza che esercitano sono in grado di aprire le valve di un bivalve, infine estroflettendo la porzione gastrica dell'intestino liberano enzimi digestivi sulla preda.

A



B



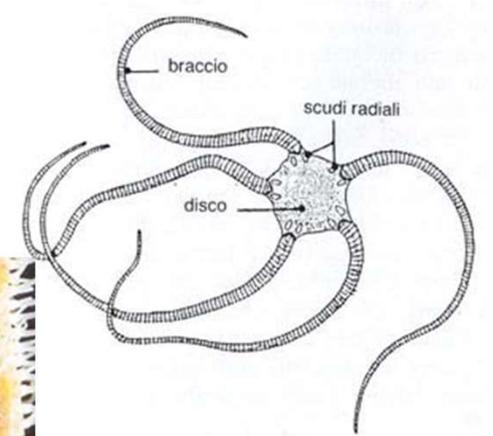
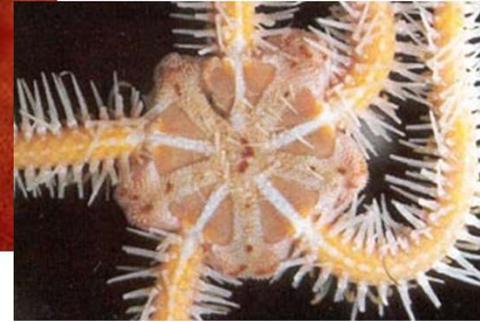
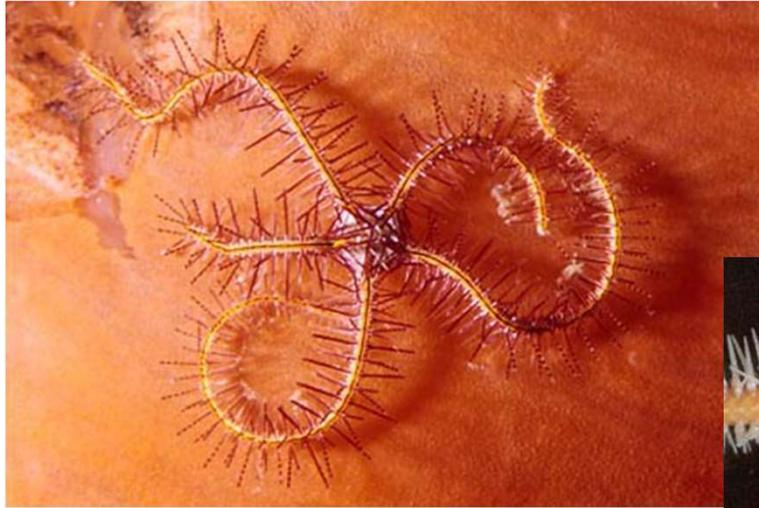
D

### Figura 21.13

Asteroidei. Esempari variopinti di stelle di mare fotografati in natura (A,B,C). In (C) il dettaglio mostra la sofisticata strategia predatoria della stella di mare sui molluschi bivalvi, con particolare riferimento all'azione dei pedicelli sulle valve. (Foto Pronzato).

C





Ofiure o stelle serpentine simili alle stelle di mare, sono echinodermi con braccia flessibili. Le placche calcaree dello scheletro risultano tra loro articolate. Quando si muovono vengono agitate le braccia, che sono sempre 5, anche se ramificate. Si cibano prevalentemente della sostanza organica presente nei sedimenti



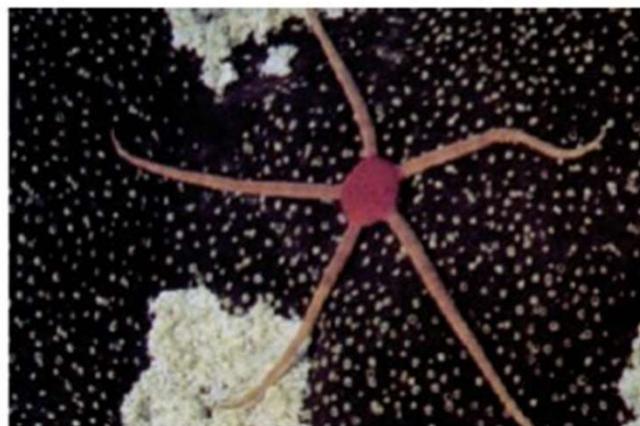
### Figura 21.14

Ofiuroidei. Stelle serpentine (A,B,C) e stelle a canestro (D) fotografate dal vero. Si noti la diversificazione fra i diversi gruppi. L'esemplare in (A) ha da poco eseguito la riproduzione asessuale e sta rigenerando tre braccia e parte del corpo centrale.

A



B



D



C

## EMICORDATI

I **balanoglossi** hanno il corpo diviso in proboscide, collare (contenente la bocca) e tronco (che ospita le altre parti del corpo). La proboscide ha funzione di scavo e di cattura delle prede essendo ricoperta di una sostanza mucosa.

90 sp conosciute, possono raggiungere lunghezze fino a 2 m.

Vivono in tane scavate in fondali sabbiosi e fangosi, raccogliendo piccoli organismi e detriti.

Tra cavo orale e esofago si trova un'estesa faringe con numerose fessure molto vascolarizzate che permettono l'efflusso d'acqua verso l'esterno e assicurano gli scambi gassosi.

Gli **pterobranchi** annoverano solo 30 sp

Sono organismi sedentari, talvolta solitari, altre volte organizzati in colonie; in questo caso i membri della colonia sono reciprocamente connessi.

Il loro corpo lungo fino a 12mm, è contenuto in una struttura tubulare prodotta da una struttura specializzata, la **proboscide**.

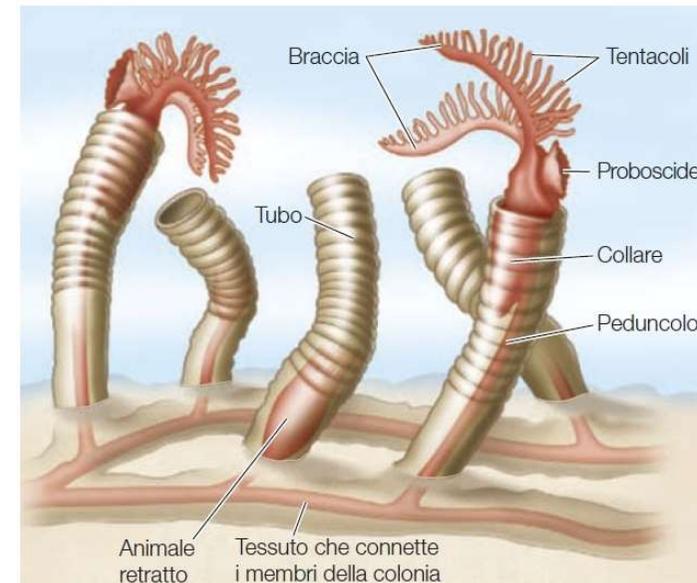
Posteriormente e superiormente alla proboscide è presente una specie di collare dotato di braccia (da 1 a 9 paia) che presentano lunghi tentacoli.

Essi servono per la cattura del cibo e gli scambi gassosi.

(A) *Saccoglossus kowalevskii*



(B)



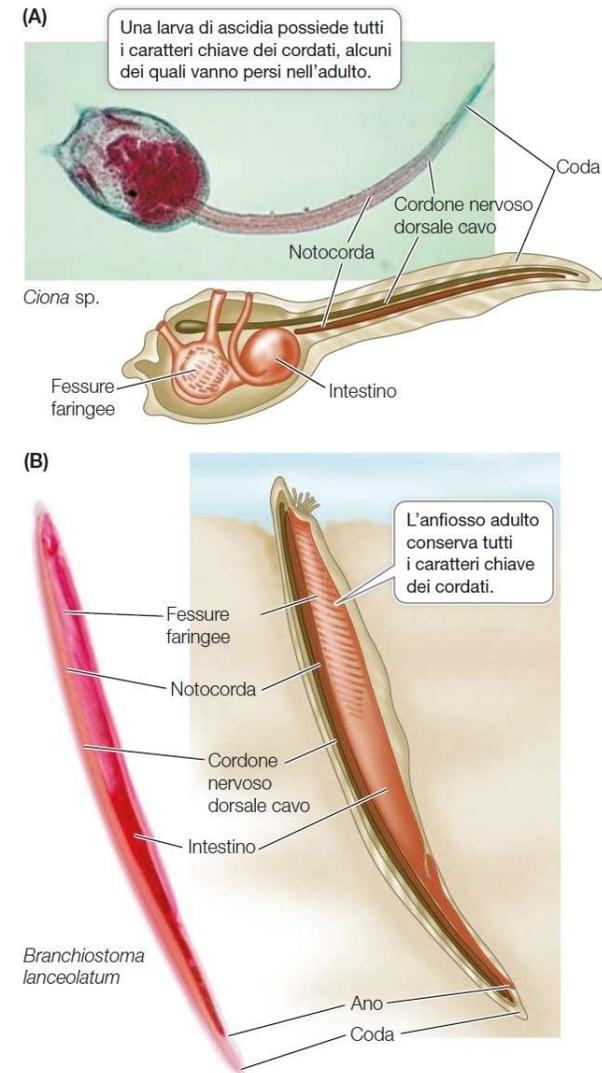
**Figura 32.6 Emicordati** (A) La proboscide di un enteropneusto è modificata in modo tale da formare un organo adatto allo scavo. (B) Alcuni pterobranchi sono coloniali.

I **cordati** hanno perso il lofoforo e la proboscide, sostituendoli con un esteso apparato branchiale con numerose fessure con funzione filtrante (cestello faringeo).

Essi presentano simmetria bilaterale e una regione faringea fessurata, o in alcuni vertebrati, almeno abbozzi di fessure in stadi precoci di sviluppo.

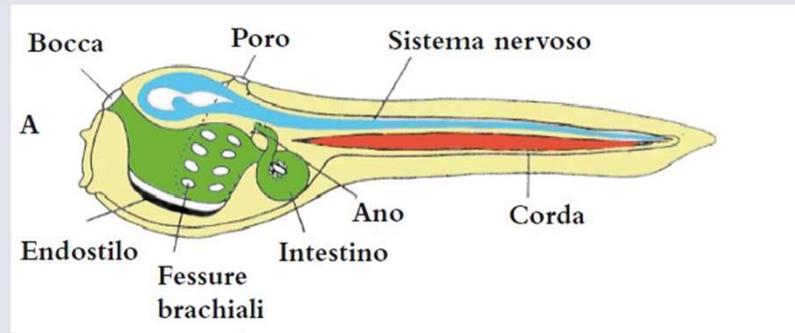
I **cordati** hanno un piano organizzativo che comprende 3 strutture anatomiche:

- Un cordone nervoso dorsale
- Una coda che si estende oltre l'ano
- Una struttura dorsale di sostegno: la notocorda

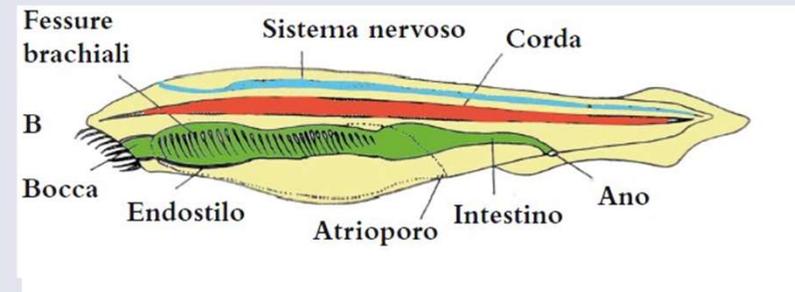


**Figura 32.7** Le caratteristiche chiave dei cordati sono particolarmente evidenti durante le prime fasi dello sviluppo (A) La larva di ascidia (ma non l'adulto) possiede tutti e tre i caratteri distintivi dei cordati: una corda dorsale, una coda postanale e una notocorda. (B) Tutte e tre le sinapomorfie dei cordati vengono mantenute nell'anfiosso adulto.

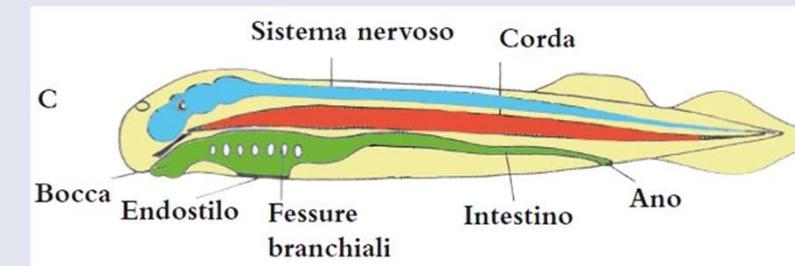
**Subphylum Urocordata:** la corda è limitata alla regione della coda nella fase larvale o nelle sp. che mantengono l'aspetto larvale da adulte (larvacei) (**Fig. A**)



**Subphylum Cephalochordata:** la corda inizia all'estremità del corpo, anteriormente al tubo neurale (**Fig. B**).



**Subphylum Craniata:** la corda inizia posteriormente al sistema nervoso e percorre una parte della base del cranio: vengono perciò detti anche Emicefalocordati e comprendono i Vertebrati (**Fig. C**).

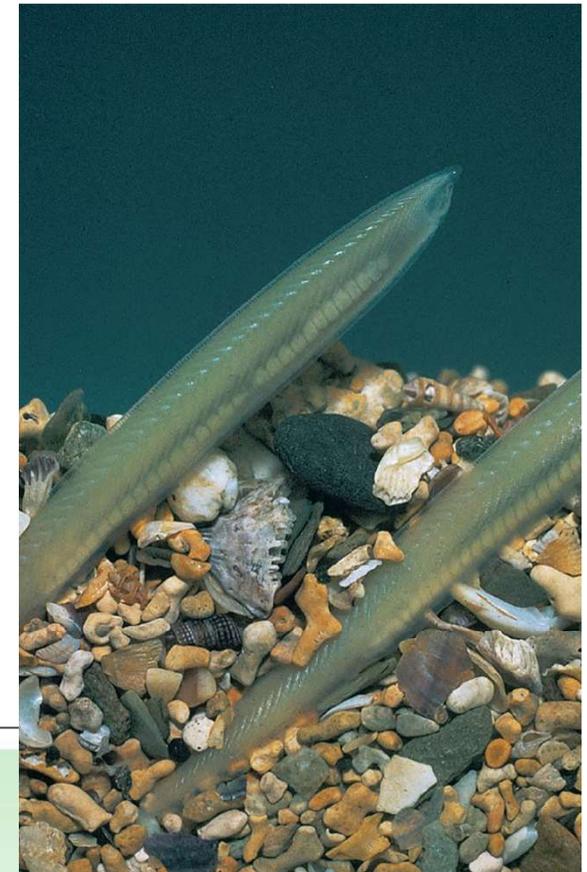
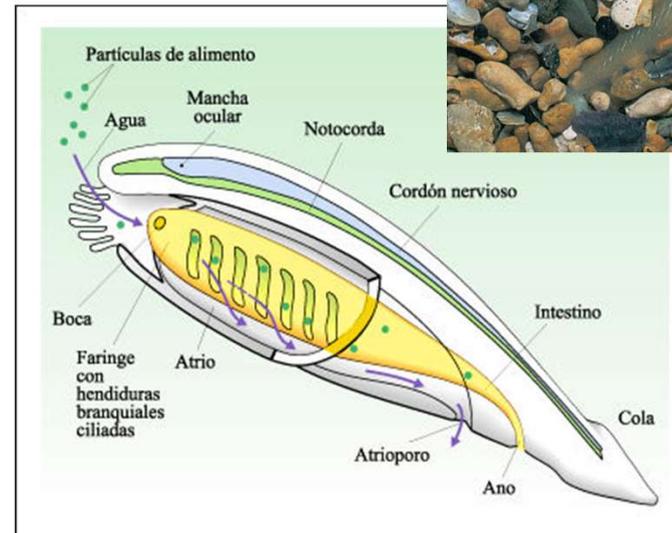
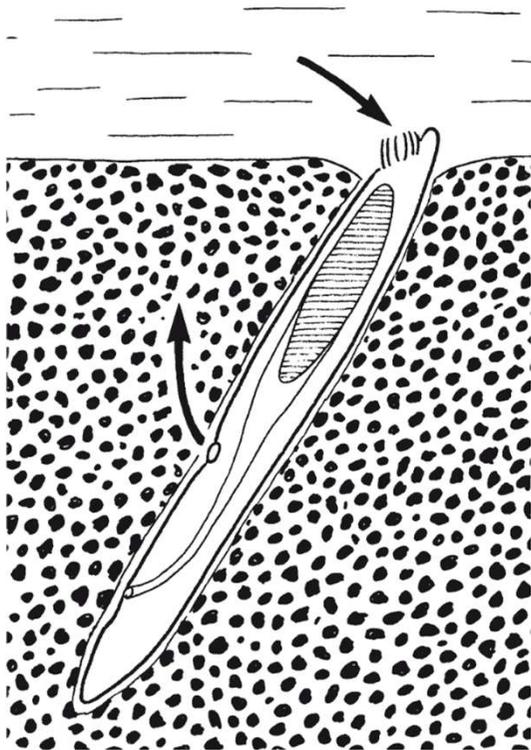


I **cefalocordati** 35 sp. anfioxi

Organismi di piccole dimensioni, non superano i 5cm di lunghezza e vivono semisommersi nei sedimenti del fondo, filtrando il loro cibo dall'acqua tramite la faringe fessurata.

Dotati di una notocorda che funge da scheletro assile e si estende per l'intera lunghezza del corpo in ogni fase del suo ciclo vitale e di un apparato branchiale molto sviluppato.

Hanno l'aspetto di piccoli pesci e sono diffusi nei mari di tutto il pianeta.



I **tunicati o urocordati** (ascidie, tagliacei e larvacei) sono organismi marini.

2800 marine con fase adulta di norma sessile e fase larvale mobile.

Nelle larve, fessure faringee, cordone nervoso dorsale cavo e solo a livello caudale la corda dorsale con funzione di sostegno.

Sulla corda si inseriscono i muscoli segmentali, responsabili del movimento.

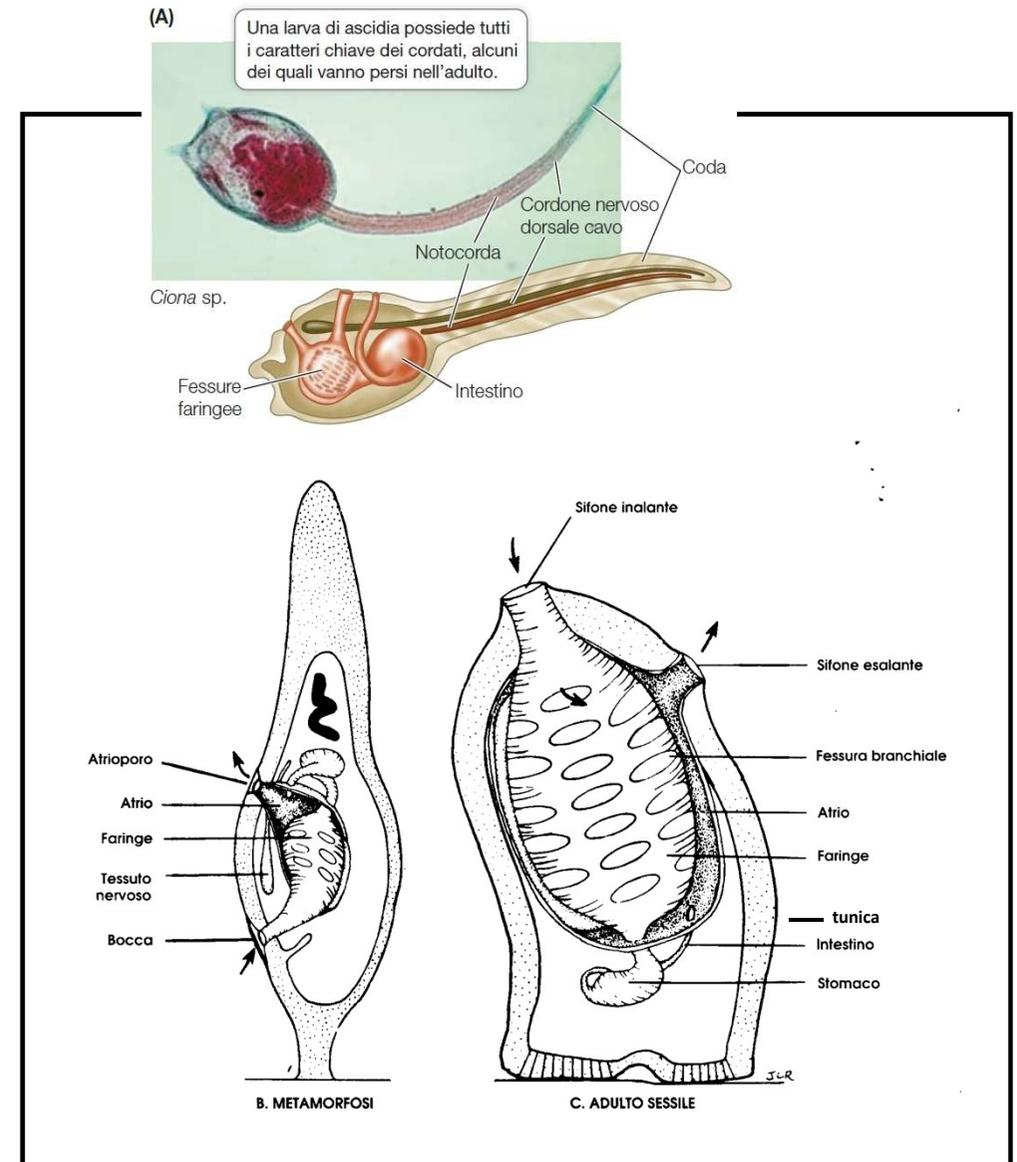
Dopo una breve fase larvale, le larve si trasformano in adulti sedentari ancorati al substrato. L'apparato filtrante si amplia divenendo simile ad un cestello fessurato.

Più del 90% sono **ascidiacei** con adulti solitari o coloniali. Le colonie sono fondate da singoli individui per via asexuale.

Le dimensioni delle ascidie sono variabili, da 1mm a 60cm, mentre le colonie possono raggiungere diversi metri.

Il loro corpo è sacciforme e rivestito da un involucro (**tunica**) costituito da proteine e polisaccaridi. La maggior parte del corpo occupata dal voluminoso cestello delimitato da un epitelio vibratile che movimentata l'acqua.

Le particelle alimentari vengono trattenute dal muco che riveste internamente il cestello. L'acqua penetra nella faringe attraverso un'apertura orale, passa attraverso le fessure in uno spazio compreso tra il cestello e la tunica (atrio) ed esce attraverso un sifone esalante.



I **taliecei** possono vivere singolarmente o formare colonie simili a catenelle, che possono raggiungere una lunghezza di diversi metri. Essi fluttuano negli oceani tropicali e subtropicali a tutte le profondità fino a 1500m.

I **larvacei** mantengono aspetto e abitudini larvali anche da adulti, e nuotando filtrano le prede, intrappolandole nel velo mucoso faringeo. Sono poche sp ma molto diffuse negli oceani. La maggior parte non supera i 5mm di lunghezza.

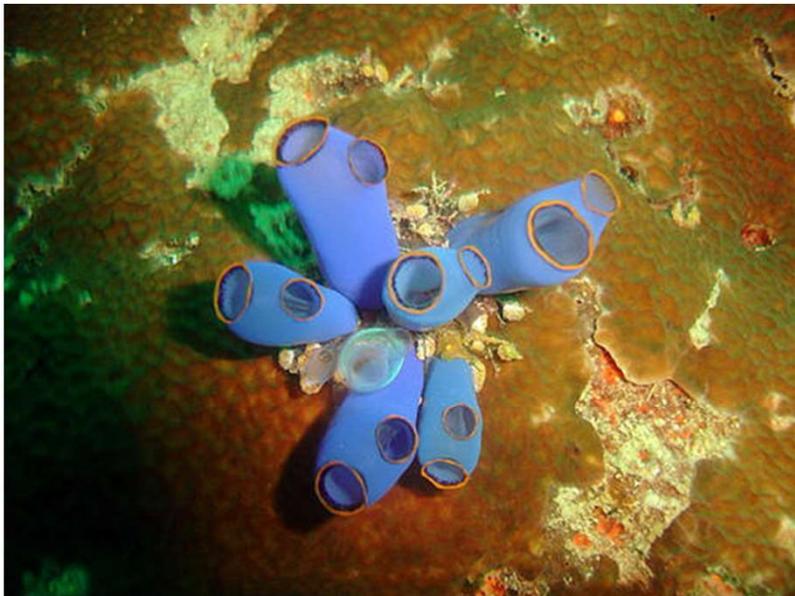
(A) *Clavelina dellavallei*



(B) *Pegea sp.*



**Figura 32.8 Tunicati adulti** (A) La tunica trasparente e il cestello faringeo sono ben visibili in questa ascidia. (B) Una colonia a catenella di taliacei (salpe) fluttuante in acque tropicali.



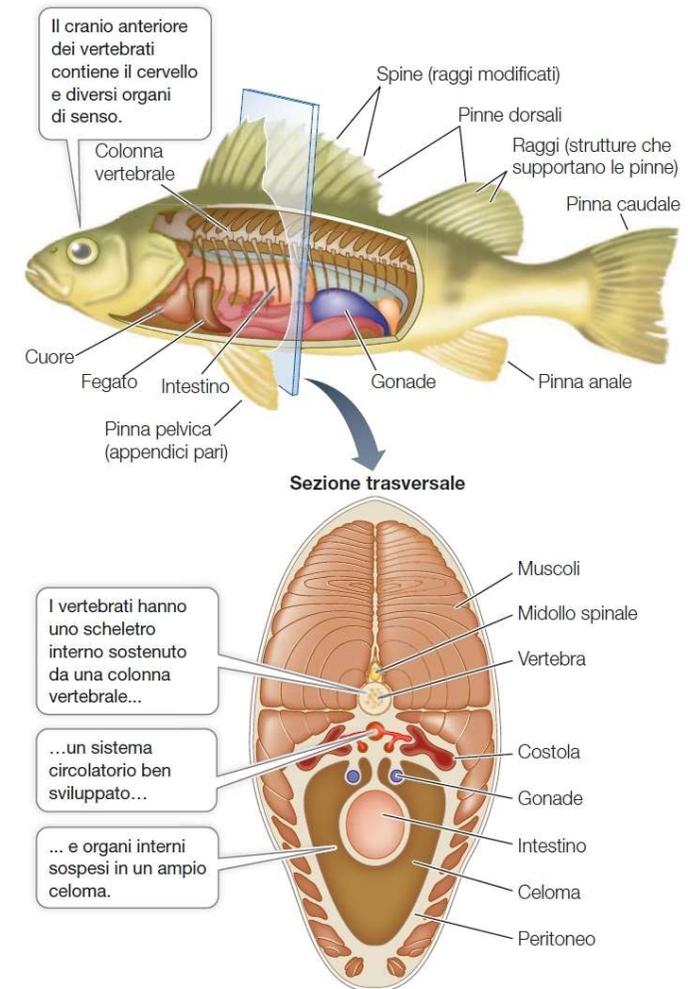
Nei **vertebrati** la corda dorsale è sostituita dalla **colonna vertebrale**.

Articolate alla colonna vertebrale mediante due cinture (toracica e pelvica) 2 coppie di appendici: pinne pari o arti.

Sviluppo di organi sensoriali e centri integrativi (cervello) a livello cefalico protetti da un cranio.

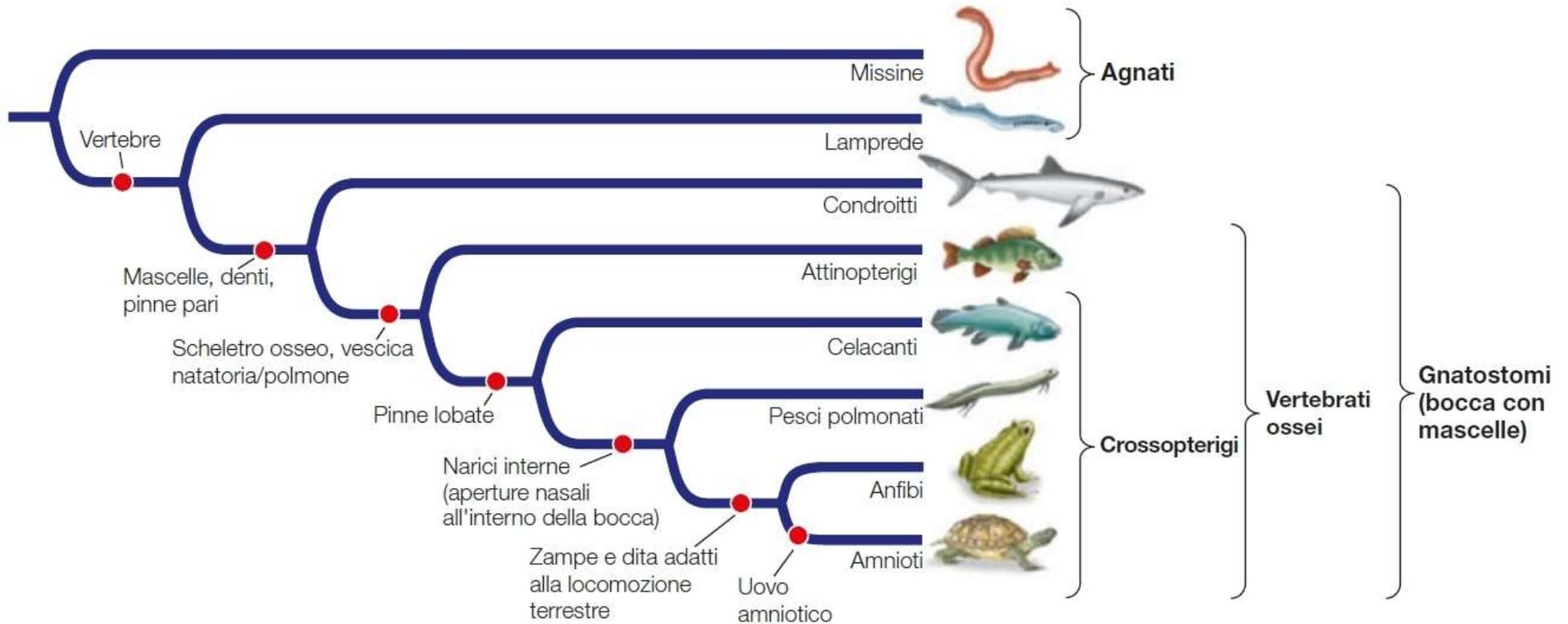
La cavità celomatica raccoglie gli organi interni.

Si sviluppa un sistema circolatorio, all'interno de quale il sangue si muove grazie alla spinta generata dalla contrazione di un cuore ventrale, trasportando l'ossigeno agli organi.



**Figura 32.9 Piano strutturale dei vertebrati** Un attinopterio (pesce a pinne raggiate) è stato scelto per illustrare alcuni degli elementi strutturali comuni di tutti i vertebrati. Oltre alle pinne pelviche pari, questi pesci dispongono anche di pinne pettorali su entrambi i lati del corpo (non visibili nel disegno).

I vertebrati si sarebbero evoluti negli oceani, probabilmente in ambienti di estuario. In questa situazione essi avrebbero affinato la capacità di sopportare condizioni di salinità molto varie, condizione che avrebbe permesso loro di colonizzare ambienti diversi non accessibili ad altre forme animali.



**Figura 32.10 La filogenesi dei vertebrati attuali** L'albero filogenetico illustra la comparsa di alcune delle principali innovazioni evolutive alla base dei maggiori gruppi di vertebrati.

**Gli agnati:** vertebrati privi di scheletro orale

**Missine e lamprede dette anche ciclostomi** (bocca a cerchio)

**Missine** più primitive, con sistema circolatorio debole, cranio parziale, privi di vertebre distinte, scheletro cartilagineo

**80 sp** marine che producono muco per difesa.

Praticamente cieche, localizzano il cibo con tentacoli sensoriali. Sorta di lingua dotata di dentelli usata per nutrirsi di organismi morti o piccole prede.

Sviluppo diretto, senza larve.

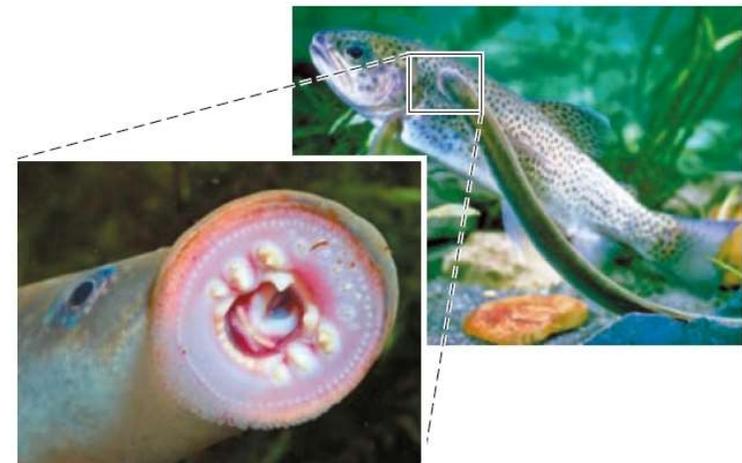
Le **lamprede** cranio completo e vertebre cartilaginee distinte. Metamorfosi completa a partire da una larva (ammocete) simile ad un anfiosso adulto.

Molti parassiti, ma alcuni adulti non si nutrono ma vivono solo per il tempo di riprodursi.

I parassiti con bocca rotonda, un organo per raschiare e succhiare con cui si attaccano alla preda.

**50 sp**, una parte vive in acqua dolce e una parte vive in mare, ma sono *sp anadrome* (si spostano in acque dolci per la riproduzione).

(A) *Eptatretus stoutii*

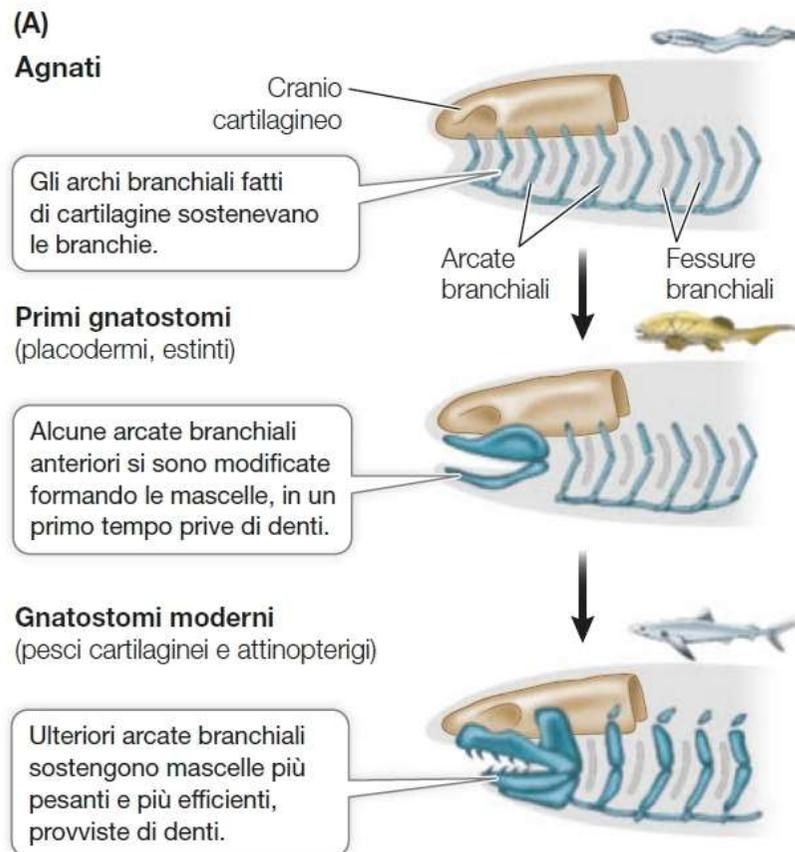


(B) *Lampræta fluviatilis*

**Figura 32.11 Agnati attuali** (A) Le missine si infossano nel fango dei fondali oceanici, dal quale estraggono piccole prede. Si nutrono inoltre di pesci morti o morenti. I loro occhi degenerati hanno suggerito la denominazione erronea di «anguille cieche». (B) Molte specie di lamprede sono ectoparassiti che si attaccano al corpo di pesci vivi e usano la grande bocca a ventosa per succhiare il sangue e nutrirsi della carne delle prede. Questa specie vive nei fiumi, ma alcune lamprede vivono in acque marine.

Nel paleozoico (ordoviciano) agli agnati si aggiunsero altri vertebrati (Gnatostomi primitivi, **i placodermi**, nei quali una coppia di archi scheletrici che sostenevano le fessure branchiali (la 2 e la 3 coppia) si era trasformata in una sorta di tagliola, l'**arco orale**, con un elemento dorsale (**mascella**) e uno ventrale (**mandibola**), in grado di spalancare e serrare la fessura (rima) buccale. Questo arco orale era dotato di potenti muscoli in grado di afferrare le prede.

Durante il devoniano si sono affermati altri 2 gruppi di vertebrati acquatici, con scheletro cartilagineo od osseo, nei quali oltre all'arco orale si differenzia un'ulteriore struttura, l'**arco ioideo**, che potenzia la funzionalità dell'arco orale provvisto anche di denti.

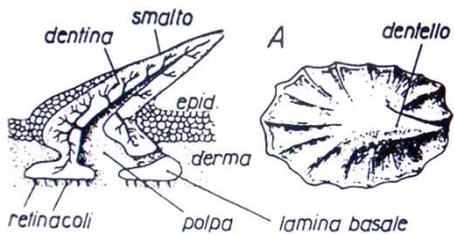


**(B)**



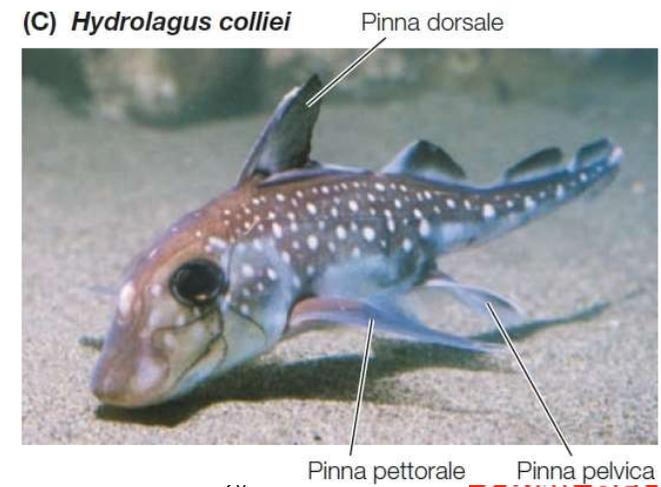
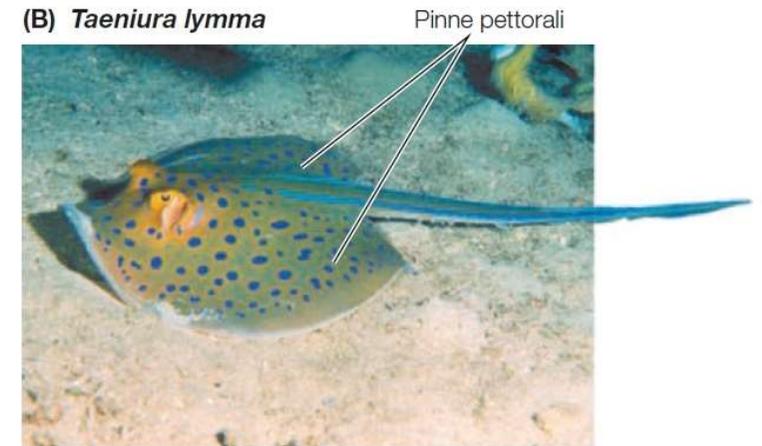
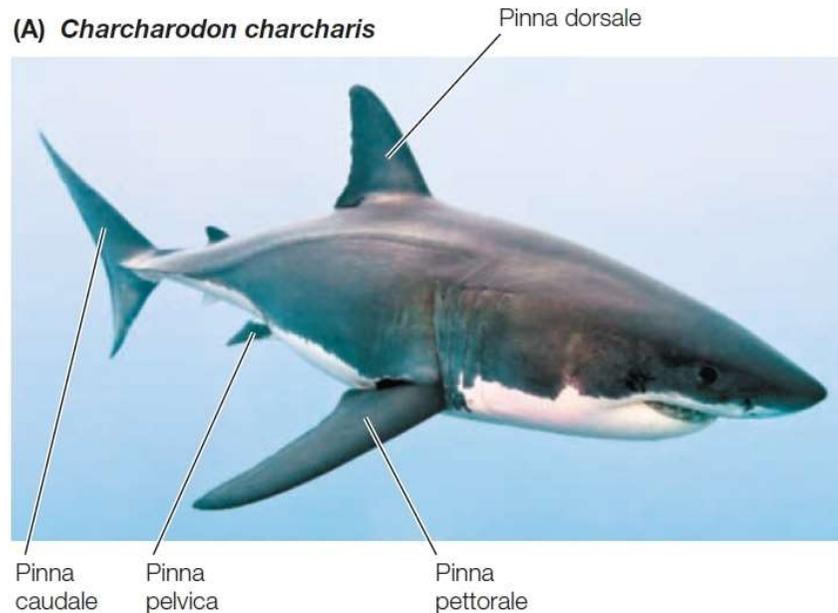
**Figura 32.12 Mascelle e denti migliorano l'efficienza nel nutrirsi** (A) Questi schemi illustrano un probabile scenario dell'evoluzione delle mascelle a partire dalle arcate branchiali anteriori degli agnati. (B) I denti impressionanti dalle mascelle dello squalo gigante estinto *Carcharodon megalodon* indicano uno stile di vita predatorio estremo.

I rappresentanti con scheletro cartilagineo (**condroitti**) corrispondono a **squali, razze, torpedini e chimere**. L'endoscheletro è cartilagineo. L'apparato cutaneo presenta dei dentelli cutanei o **scaglie placoidi**. Gli squali sono eccellenti nuotatori, con 2 pinne pari, una pinna dorsale impari e una pinna caudale bilobata. Le razze e le torpedini, che hanno coda filiforme, nuotano mediante il movimento ondulatorio delle pinne pettorali ampiamente sviluppate. Le branchie esterne hanno esclusiva funzione respiratoria.



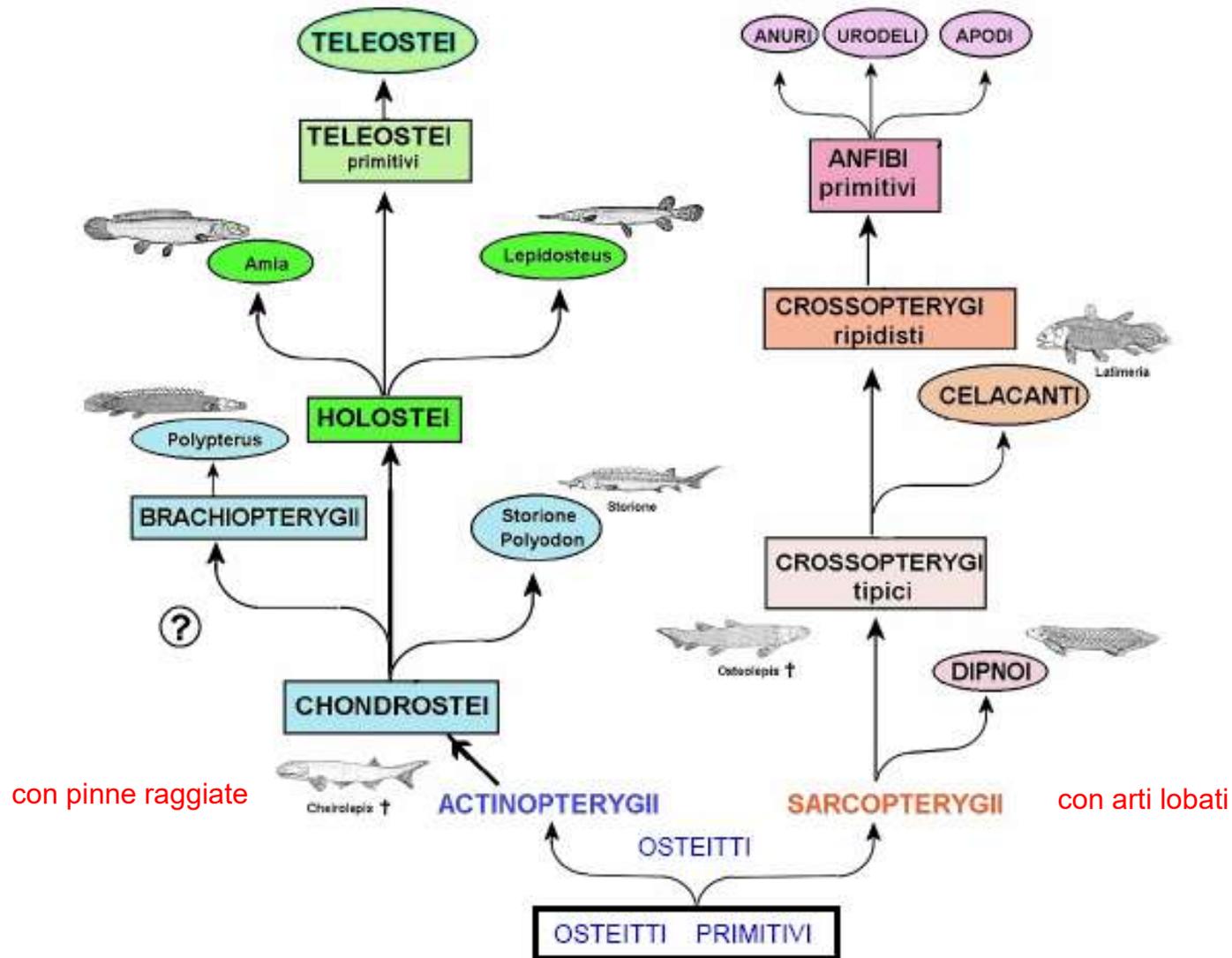
La maggior parte degli squali sono predatori ma alcuni vivono nutrendosi di plancton.

Le razze, torpedini e chimere si nutrono di molluschi e crostacei che vivono sul fondo



**Figura 32.13 Condroitti** (A) Gli squali sono per la maggior parte predatori marini attivi: ne è un esempio il grande squalo bianco qui mostrato. (B) Le razze, rappresentate qui da una pastinaca (o razza) a macchie blu, si alimentano sul fondo dell'oceano. Le loro pinne pettorali modificate sono usate per la propulsione; le altre pinne sono molto ridotte. (C) Una chimera. Molti di questi pesci abissali possiedono pinne dorsali modificate che contengono tossine.

# FILOGENESI DEGLI OSTEITTI: SARCOPTERIGI E ATTINOPTERIGI



Gli **osteitti** hanno un endoscheletro osseo, e un apparato branchiale più efficiente localizzato in una camera e protetto da un opercolo.

I primitivi pesci ossei disponevano di sacche polmonari per integrare la respirazione branchiale in acque poco ossigenate. Queste sacche erano in comunicazione con il cavo orale e potevano essere riempite d'aria in caso di ipossia.

Nei **dipnoi** (sarcopterigi) le sacche polmonari sono ancora presenti. Nella maggior parte delle specie moderne esse sono state sostituite dalla **vescica natatoria**, organo impari che serve per il galleggiamento.

Il corpo è rivestito da scaglie disposte in modo embricato.

(A) *Pygoplites diacanthus*



(B) *Phyllopteryx taeniolatus*



(C) *Ostracion meleagris*



(D) *Edriolychnus schmidti*



**Figura 32.14 Diversità fra gli actinopterigi** (A)

Questo pesce angelo dai colori sgargianti vive lungo le barriere coralline dell'Indo-Pacifico. Il suo corpo è compresso lateralmente e le pinne dorsale e anale espanse ne aumentano all'apparenza la taglia. (B) Questo drago di mare, un cavalluccio marino, si affida alle particolari forme del corpo e delle pinne lobate per mimetizzarsi tra le piante marine. (C) Un pesce scatola maculato, membro di un altro popoloso clade di pesci a pinne raggiate; questo gruppo comprende anche le cernie e i serranidi. (D) I pesci abissali lofiformi vivono nelle buie profondità marine. L'esemplare più grosso in questa immagine è una femmina, mentre i due piccoli pesci sono maschi che per la vita si fondono insieme alla compagna.

Gli **Actinopterigi** possiedono uno scheletro osseo e si sono diversificati in circa **32.000 specie di acqua dolce o marina**. Questa straordinaria abbondanza di specie fa degli Actinopterigi il **gruppo più rappresentato di Vertebrati moderni**.

# SPECIE ITTICHE MEDITERRANEE

 Alaccia	 Alalunga	 Anguilla	 Acciuga (Alici)	 Aguglia	 Bavosa	 Branzino (Sogliola)	 Balestra (Pesce porco)	 Boga	 Capone (Coccol)
 Capone (Gallinella)	 Cefalo	 Cernia	 Cheppia	 Corvina	 Cicerello	 Costardella	 Donzella	 Dentice Occhione	 Dentice corazziere
 Dentice	 Fieto	 Garizzo	 Ghiozzo	 Gattopardo	 Grongo	 Gattuccio	 Lampreda	 Lampuga	 Leccia
 Lanzardo	 Latterino	 Linguattola	 Leccia stella	 Luccio dimare (Brazzola)	 Merlano	 Menola	 Mormora	 Mostella	 Murena
 Molva occhiona	 Melù	 Nasello (Merluzzo)	 Occhialone	 Orata	 Ombrina	 Occhiata	 Pagello fragolino	 Pagro Reale	 Pagello Bastardo
 Pagro (Pagaro)	 Palamita	 Passera	 Papalina o Spratto	 Pesce lucertola	 Pesce prete	 Pescespada	 Pesce Forca	 Pesce chitarra	 Pesce castagna
 Pesce Sciabola (Spatola)	 Pesce volante	 Perchia	 Razza Bianca	 Razza chiodata	 Razza quattrocchi	 Razza stellata	 Rana pescatrice	 Ricciola	 Rombò chiodato
 Rombò liscio	 Rossetto	 Rovello	 Salpa	 San Pietro	 Sardina	 Sarago faraone	 Sarago fasciato	 Sarago maggiore	 Sarago pizzuto
 Sarago sparaglione	 Serra	 Sgombro (Cavalla)	 Sogliola (Linguattola)	 Sogliola occhiuta	 Spinarolo	 Squadro	 Squalo manzo	 Storione	 Suacia
 Sugarello (Suro)	 Tenuta (Cantaro)	 Tombarello	 Tonno	 Tordo d'alga	 Tordo Fischietto	 Tordo nero	 Tordo Occhellato	 Tordo Pavone	 Torpedine occhiuta
 Torpedine nera	 Tracina Ragno	 Tracina vipera	 Tracina raggata	 Triglia di fango	 Triglia di scoglio	 Verdesca	 Zerro	 Zerro Musillo	 Zigrino

I **Sarcopterigi**, o pesci a pinne lobate, sono gli **antenati dei Vertebrati terrestri**: l'evoluzione dei polmoni e di robuste pinne articolate diede via alla colonizzazione delle terre emerse. Attualmente i Sarcopterigi sono rappresentati dai **celacanti** (che vivono nell'Oceano Indiano) e dai **Dipnoi**, che abitano le paludi e le acque fangose del Sudamerica, dell'Africa e dell'Australia.

(A) *Latimeria chalumnae*



(B) *Protopterus annectens*



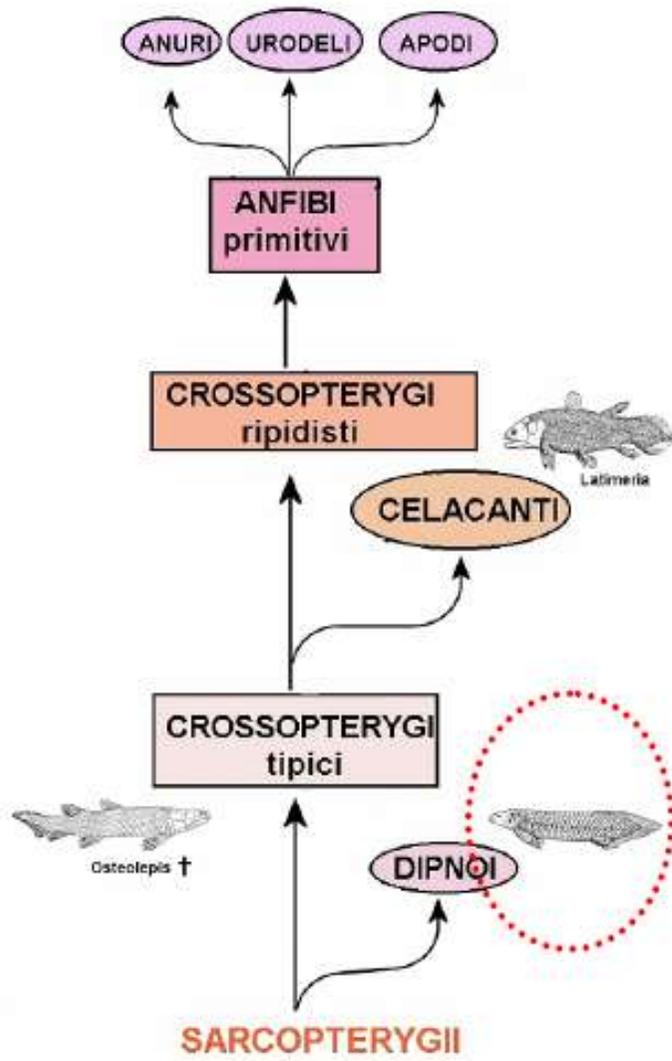
(C) *Tiktaalik roseae*



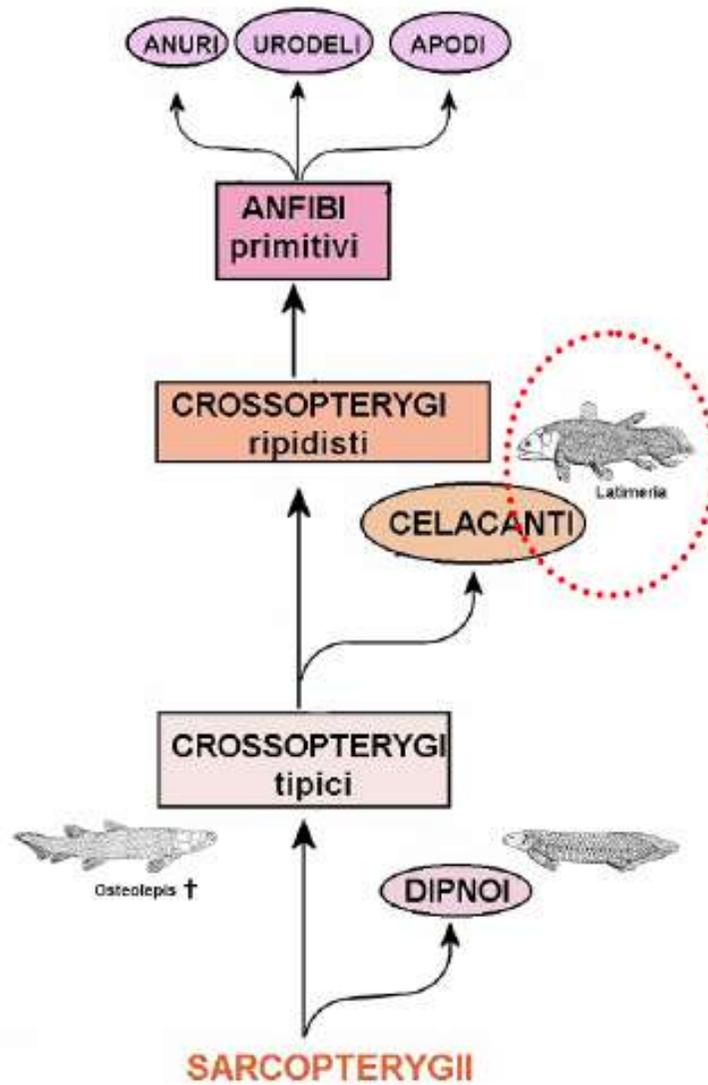
Le pinne pettorali di *Tiktaalik* presentano alcune delle strutture scheletriche delle zampe dei tetrapodi.

**Figura 32.15 I parenti più stretti dei tetrapodi** (A) Il celacanto, scoperto nelle acque profonde dell'Oceano Indiano al largo delle coste del Sud Africa, è una delle due sole specie sopravvissute di un gruppo che in passato era ritenuto estinto. (B) Tutte le specie di pesci polmonati sopravvissute, come questo dipnoo africano, vivono nell'emisfero australe. (C) *Tiktaalik*, un sarcopterigio, si ritiene rappresenti una specie di transizione, intermedia fra i pesci provvisti di pinne e i tetrapodi forniti di zampe.

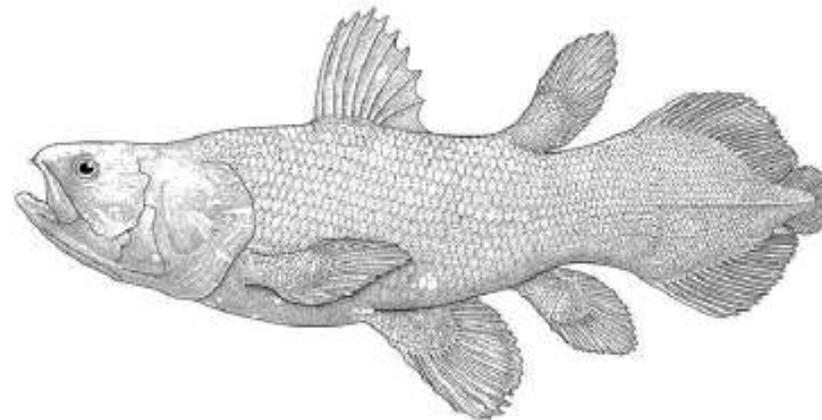
# SARCOPTERYGI DIPNOI



# SARCOPTERYGI CELACANTI



*Latimeria chalumnae*



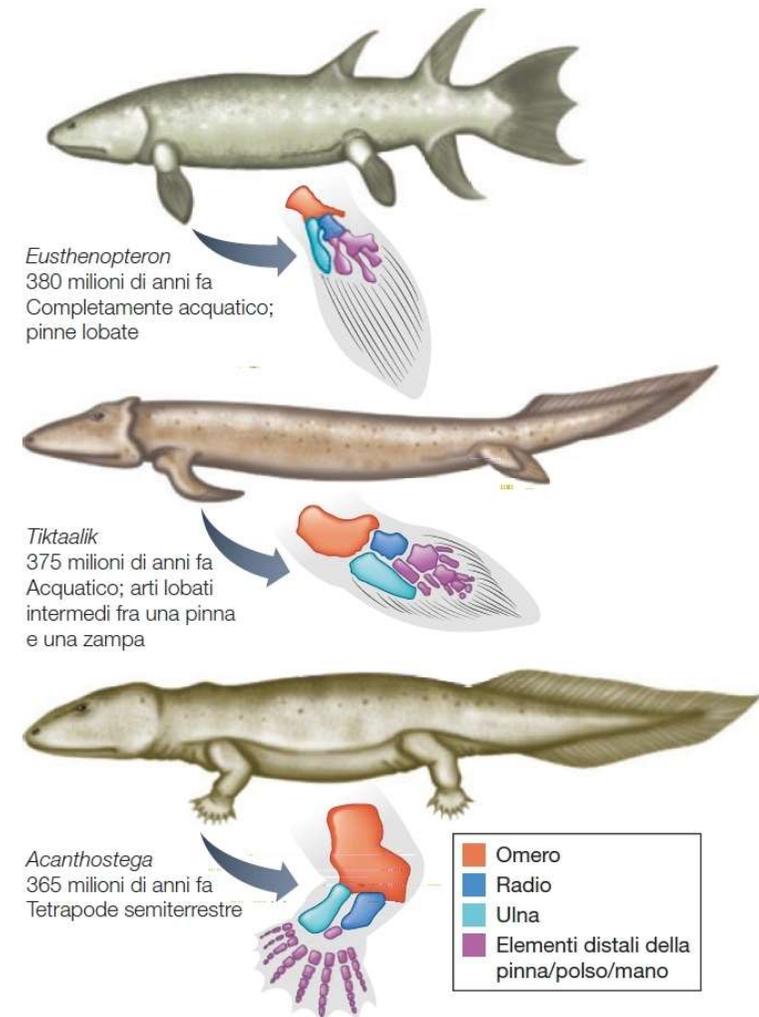
Gli **anfibi** intrapresero la loro evoluzione da un progenitore affine ai dipnoi e ai crossopterigi.

La loro pelle si fece sottile e perse il rivestimento delle scaglie, consentendo così gli scambi gassosi e integrando la funzione dei polmoni.

La porzione dorsale dell'arcata branchiale retrorale si trasforma in staffa. Le tozze pinne carnose si trasformano in arti.

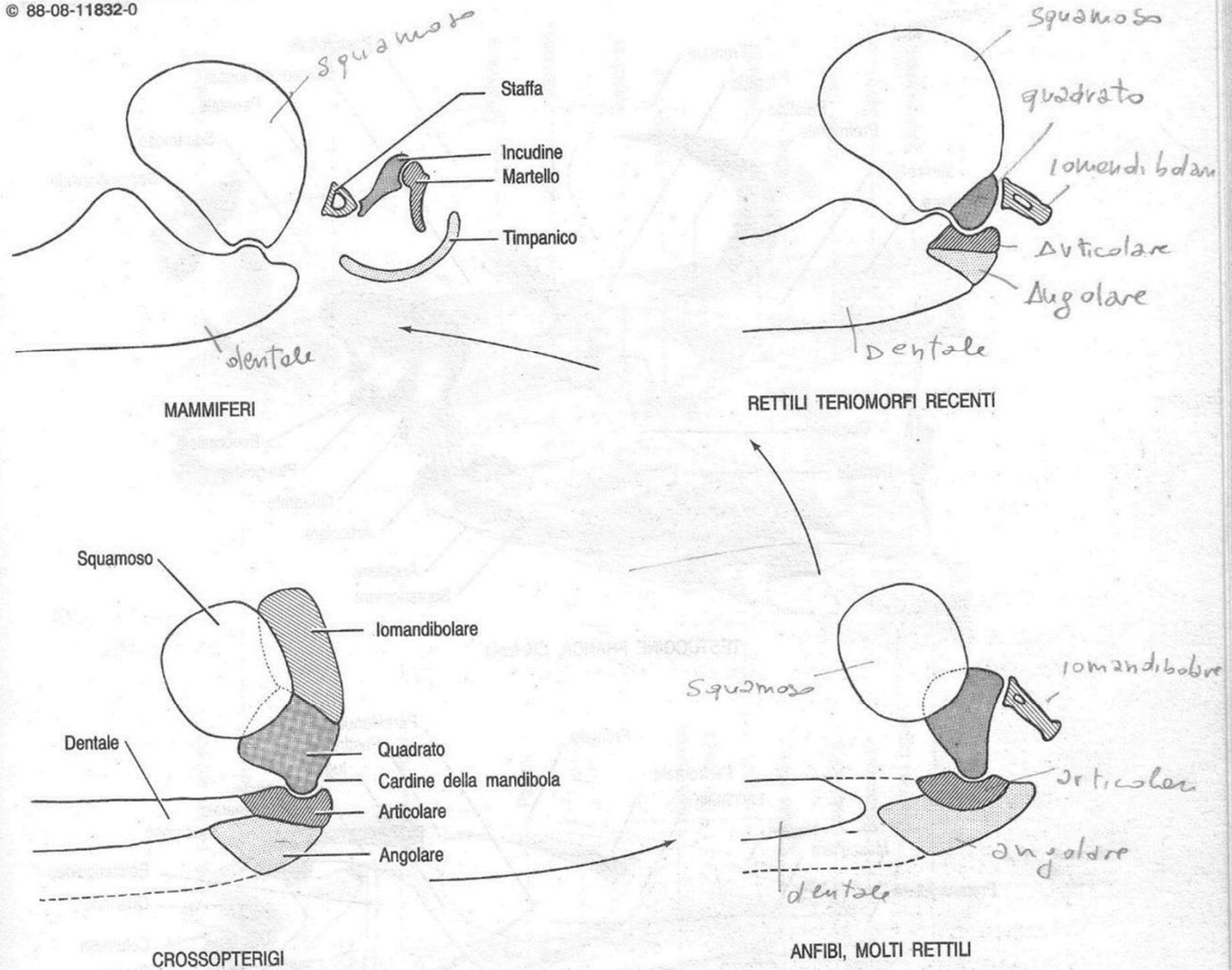
Gli ancestrali anfibi del devoniano rappresentano i primi **tetrapodi**.

Essi si abituarono a vivere in ambienti paludosi e per brevi periodi in ambienti asciutti.



**Figura 32.16** Le zampe dei tetrapodi sono pinne modificate

I principali elementi dello scheletro della zampa dei tetrapodi erano già presenti nei sarcopterigi circa 380 milioni di anni fa. Le dimensioni e posizioni relative di questi elementi sono cambiate quando questi vertebrati si sono spostati nell'ambiente terrestre, dove erano necessarie le zampe per sostenere il corpo e per consentire all'animale di muoversi sulla terraferma.



**Figura 8.13.** Filogenesi dell'articolazione della mandibola e delle strutture annesse.

Attualmente vivono 7.000 sp di **Anfibi** che si raggruppano in 3 ordini

- I **gimnofioni** o apodi (cecilie) vivono in ambienti tropicali, sono privi di arti e conducono vita ipogea

- Gli **anuri** (rane, rospi e raganelle) nella fase adulta perdono la porzione caudale e sviluppano gli arti posteriori in funzione del salto e del nuoto; sono i più abbondanti annoverando 6000 sp. I maschi di molte sp emettono richiami specie specifici per attirare le femmine e per difendere i loro territori riproduttivi

Gli **urodeli** (tritoni e salamandre, proteo) mantengono la porzione caudale per tutta la vita, mantenendo un aspetto più simile ai primitivi anfibi

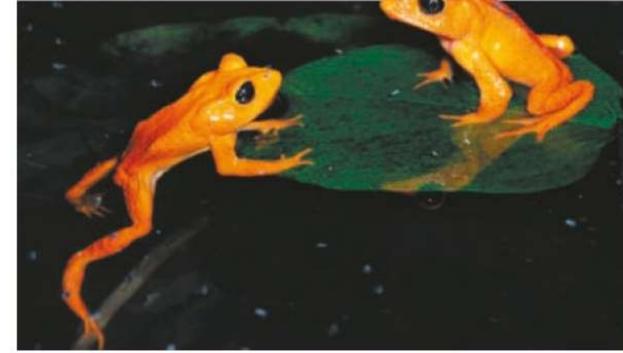
Il proteo che vive nelle grotte è un anfibio neotenico perché mantiene le caratteristiche larvali (branchie esterne) anche in fase adulta



(A) *Gymnopsis multiplicata*



(B) *Bufo periglenes*



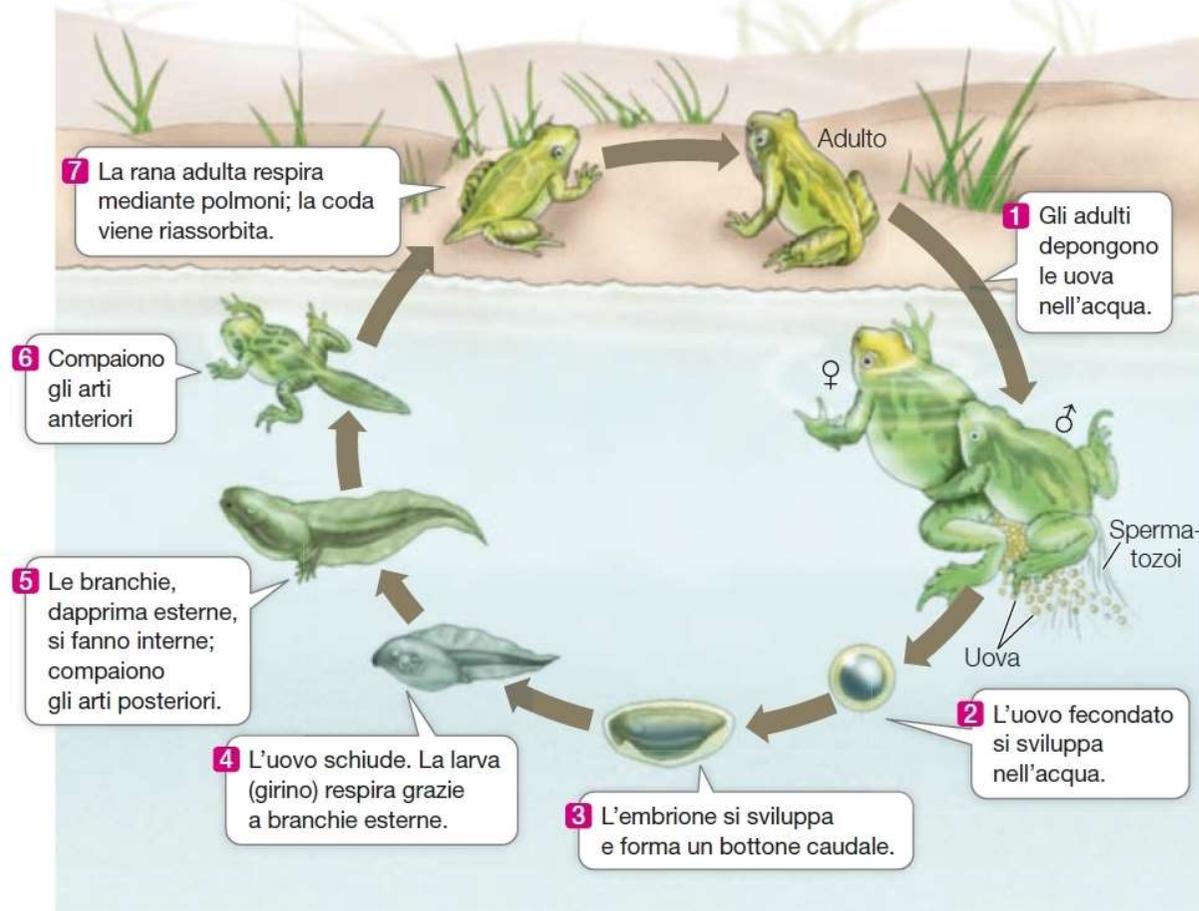
(C) *Gyrinophilus porphyriticus*



**Figura 32.18 La biodiversità degli anfibi** (A) A un esame superficiale, le cecilie assomigliano a vermi piuttosto che ad anfibi. (B) Maschi di rospo dorato nella foresta tropicale di Monteverde, in Costa Rica. Questa specie si è estinta di recente, come è accaduto a molte specie di anfibi negli ultimi decenni. (C) Adulto di salamandra tigre. (D) Il ciclo biologico di questa salamandra cieca di Austin è interamente acquatico; non vi è uno stadio adulto terrestre. Gli occhi di questa specie cavernicola sono fortemente ridotti.

Gli anfibî sono di solito legati all'ambiente acquatico almeno in certe fasi del loro ciclo vitale. Gli adulti vivono sulla terra in luoghi umidi mentre la riproduzione avviene nell'ambiente acquatico dove depongono le uova e si sviluppano le larve.

Il passaggio da stadio di larva a quello di adulto prevede la metamorfosi.



**Figura 32.17 Dentro e fuori dall'acqua** Molti anfibî hanno un ciclo biologico come quello rappresentato in figura, in cui i primi stadi si sviluppano nell'acqua e poi il girino si trasforma in adulto terrestre attraverso una metamorfosi. Alcune specie di anfibî, tuttavia, sono caratterizzate da sviluppo diretto (senza stadio larvale acquatico) e altre sono acquatiche per tutta la vita.

**?** Qual è il vantaggio potenziale del mantenimento di uno stadio di girino acquatico anche se gli adulti conducono vita terrestre?

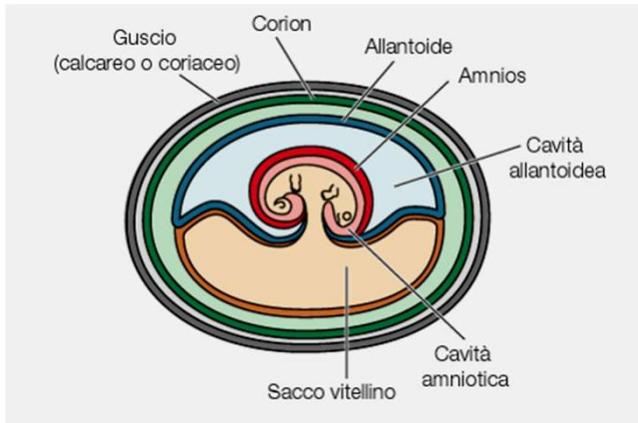
**▶** Animazione 32.2 **Il ciclo vitale di una rana**  
Life Cycle of a Frog

L'uovo degli amnioti è molto complesso.

Esternamente è presente un guscio impregnato di sali di calcio che protegge dall'evaporazione ma permette il passaggio dei gas respiratori.

Un'altra membrana interna è l'allantoide deputato agli scambi gassosi e alla raccolta dei cataboliti.

I non mammiferi presentano all'interno del sacco del tuorlo notevoli sostanze di riserva alimentare per lo sviluppo dell'embrione



**▶ FIGURA CHIAVE**

(A) (B)

Membrane extraembrionali:  
Sacco del tuorlo  
Corion  
Allantoide  
Amnios  
Guscio

Porzione materna della placenta  
Porzione fetale della placenta  
Cordone ombelicale

Embrione  
Cavità amniotica

Embrione e placenta umani

**Figura 32.19 L'uovo amniotico** (A) L'evoluzione dell'uovo amniotico, con il suo guscio capace di trattenere l'acqua, quattro membrane extraembrionali e un tuorlo per la nutrizione dell'embrione, è stato un importantissimo passo in avanti verso l'adattamento all'ambiente terrestre. Il disegno illustra un uovo di gallina. (B) Nella maggior parte dei mammiferi l'embrione in corso di sviluppo viene trattenuto all'interno del corpo materno, con il quale scambia nutrienti e prodotti di rifiuto attraverso la placenta.

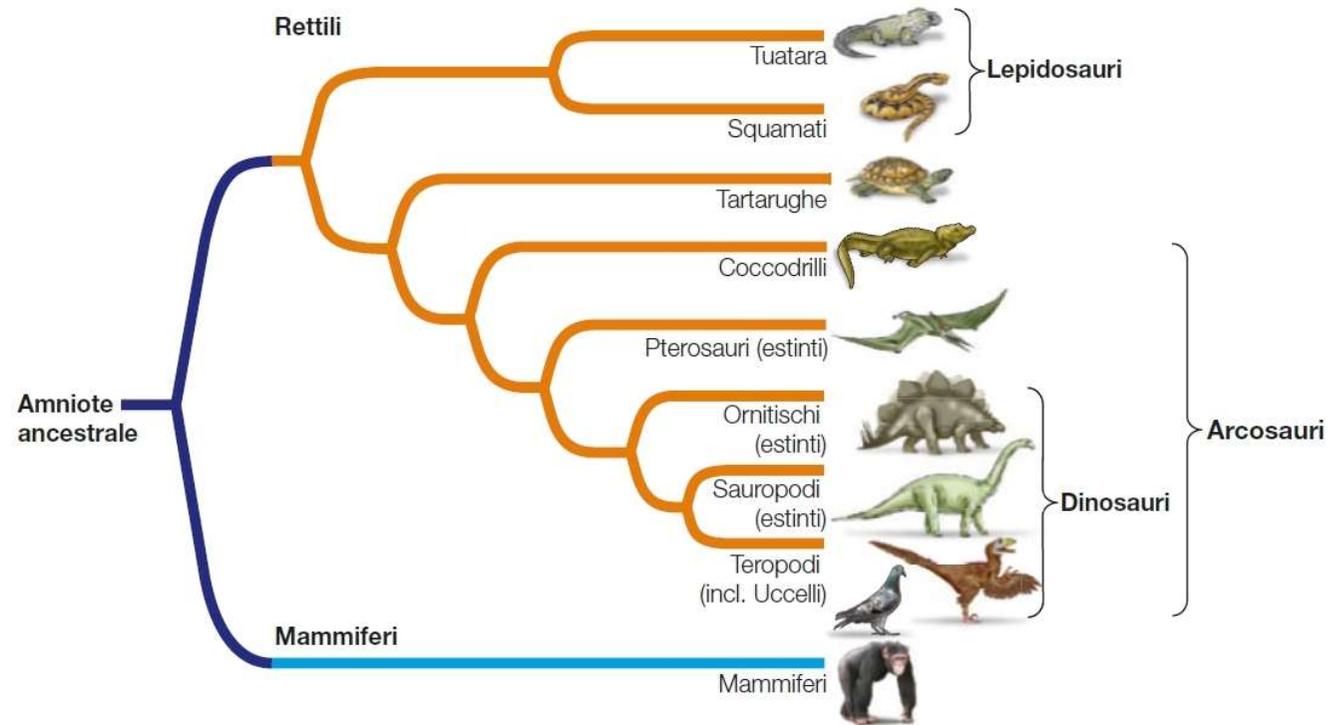
**?** In che modo si sono modificate nel corso dell'evoluzione le diverse membrane dell'uovo amniotico perché i mammiferi potessero diventare vivipari?

**▶** Attività 32.2 **L'uovo amniotico**  
**The Amniote Egg**

3 eventi fondamentali hanno permesso ai tetrapodi di colonizzare definitivamente l'ambiente terrestre:

- squame cornee in grado di regolare la perdita d'acqua e preservare gli animali dalla disidratazione,
- un rene efficiente capace di attuare un notevole risparmio idrico
- la presenza di una membrana (**amnios**) annessa all'embrione che delimita un ambiente acquatico, indispensabile per lo sviluppo di un individuo in un uovo deposto all'asciutto.

Tutti i vertebrati che posseggono questo annesso embrionali vengono detti **amnioti**.



**Figura 32.20 La filogenesi degli amnioti** Quest'albero filogenetico dei rapporti evolutivi tra gli amnioti illustra la separazione primaria tra mammiferi e rettili. Il ramo dei rettili ha portato da una parte ai cheloni, dall'altra ai lepidosauri (serpenti, lucertole e tuatara), mentre un terzo ramo ha dato origine agli arcosauri (coccodrilli, numerosi gruppi estinti e uccelli).

I **rettili** si sono evoluti dagli altri amnioti 300 milioni di anni fa. Oggi 19.000 sp di cui oltre la metà uccelli, unici rappresentanti viventi del gruppo estinto dei dinosauri

I **lepidosauri** comprendono **squamati e tatuara**

Gli **squamati** comprendono le lucertole, gli anfisbenidi (rettili apodi ipogei) e i serpenti.

Le lucertole sono per la maggior parte insettivore, le specie più grandi raggiungono i 3m, hanno 4 arti sui quali si spostano appena sollevati da terra.

I serpenti sono tutti carnivori e riescono a ingerire prede anche molto grosse grazie a una specializzazione del cranio (cranio cinetico).

In certi gruppi presenti ghiandole del veleno annesse ad alcuni denti, altri di notevoli dimensioni, stritolano le prede avvolgendole con le loro spire.

I **tatuara** sono simili a lucertole, solo 2 sp limitate a isole al largo della Nuova Zelanda.

La pelle è ricoperta da squame

La respirazione avviene attraverso polmoni

Parallelamente si perfeziona anche il sistema circolatorio con una circolazione doppia e quasi completa.

Le **tartarughe** sono un gruppo che comprende testuggini di terra e tartarughe di acqua dolce e di mare. La maggior parte con dieta vegetale. Caratteristica il guscio formato da placche ossee, di cui quelle dorsali sono costole modificate

(A) *Sphenodon punctatus*



(B) *Furcifer pardalis*



(C) *Orthriophis taeniura friesi*



(D) *Chelonoidis nigra abingdonii*



**Figura 32.21 La biodiversità dei rettili** (A) Questo tuatara rappresenta una delle due sole specie sopravvissute della sua linea evolutiva. (B) Il camaleonte pantera vive nel Madagascar orientale e settentrionale. (C) Il colubro di Taiwan è un serpente non velenoso di abitudini semi-arboricole e si nutre di roditori. (D) Le testuggini delle Galápagos sono i rappresentanti più grandi dei cheloni e tra i più grandi rettili viventi. Ci sono prove che possano vivere anche più di cent'anni in condizioni naturali.

Durante il mesozoico (da 245 a 66 milioni di anni fa) la linea filogenetica degli **arcosauri** si separò dagli altri rettili dando origine a più linee evolutive che hanno portato ai coccodrilli, i dinosauri e gli uccelli

I dinosauri erano i vertebrati terrestri predominanti circa 215 milioni di anni fa e hanno dominato gli ambienti terrestri per 150 milioni di anni.

Soltanto un gruppo di dinosauri, gli uccelli, è sopravvissuto all'estinzione di massa avvenuto tra Cretaceo e Terziario.

Gli attuali *Crocodylia* (coccodrilli, caimani, gaviali e alligatori), sono sp. confinate in ambienti tropicali.

Passano maggior parte del tempo in acqua, ma allestiscono il nido sulla terra ferma, e le femmine curano le uova fino alla schiusa.

Tutti sono carnivori.

(A) *Crocodylus porosus*



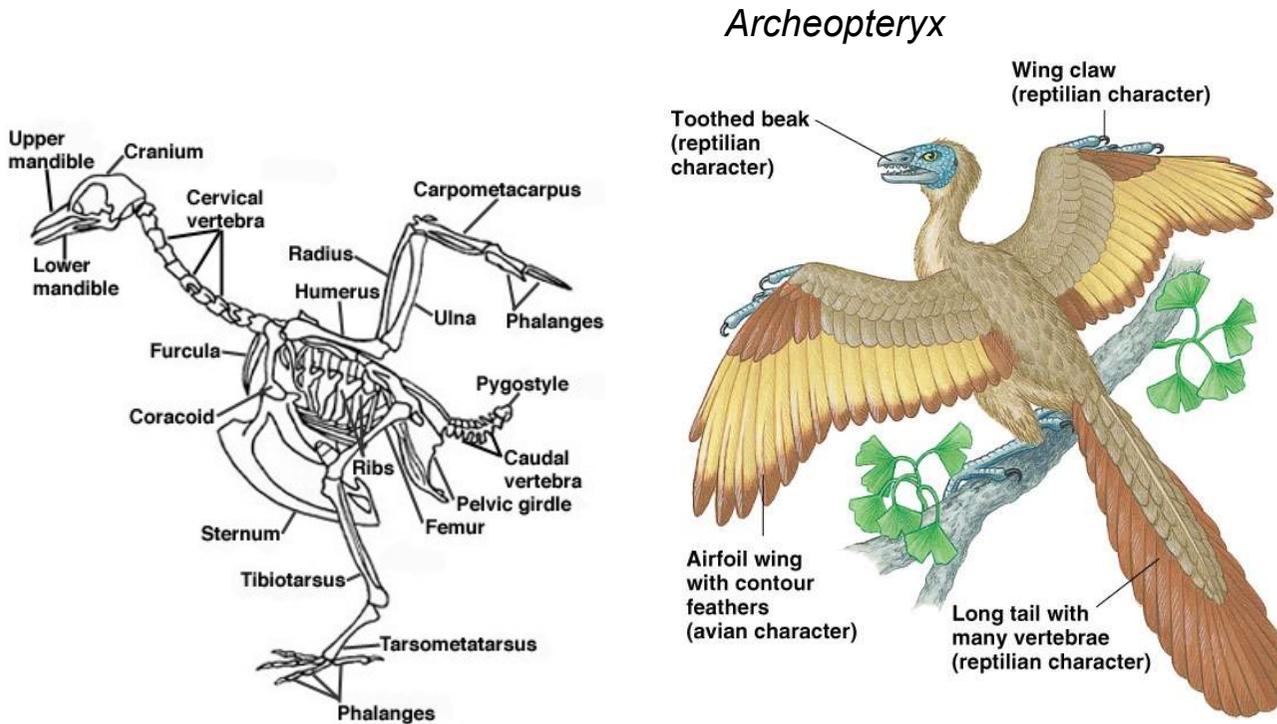
(B) *Casuarius casuarius*



**Figura 32.22 Gli arcosauri** I due gruppi sopravvissuti degli arcosauri sono molto diversi tra loro. (A) I coccodrilli vivono in zone tropicali e temperate calde. Questa specie di coccodrillo vive nel mare e negli ambienti d'estuario lungo le coste australiane. (B) Gli uccelli sono l'altro gruppo sopravvissuto di arcosauri, rappresentato qui dal casuario meridionale, che possiede ali ma è incapace di volare.

Oltre alle somiglianze morfologiche tra uccelli e rettili, analisi molecolari e studio dei fossili hanno confermato negli ultimi decenni l'appartenenza degli uccelli ai rettili.

Sembra essi siano comparsi tra i **teropodi**, dinosauri predatori con cui gli uccelli condividono caratteri quali la posizione bipede, le ossa cave, la presenza di una *furcula* (osso a forma di Y), i metatarsi allungati provvisti di 3 dita e la regione pelvica diretta posteriormente.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



Intorno agli scheletri fossilizzati sono visibili deboli impronte di penne.



**Figura 32.23 Parenti mesozoici degli uccelli** I reperti fossili confermano l'evoluzione degli uccelli da altri teropodi. (A) *Microraptor gui* era un teropode provvisto di penne del Cretaceo inferiore (circa 140 milioni di anni fa). (B) *Archaeopteryx* era imparentato anche più strettamente con gli uccelli moderni.

Il carattere peculiare e esclusivo degli uccelli è rappresentato dalle penne, dalle piume e dalle filopiume, derivate dalle squame rettiliane, che garantiscono la funzione del volo, la termoregolazione, e con le filopiume la percezione di stimoli tattili.

Le penne vengono distinte in base alla localizzazione e loro ruolo.

Le **remiganti** costituiscono la sup. portante dell'ala.

Le **penne di contorno** definiscono la sagoma dell'animale.

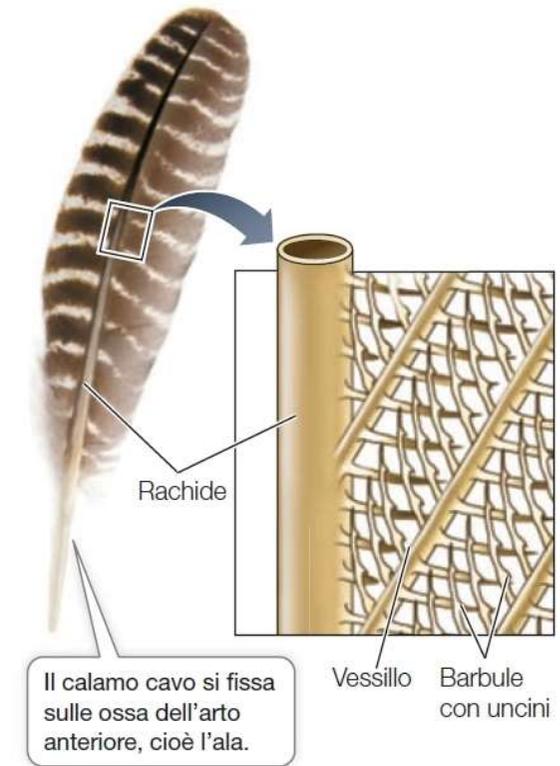
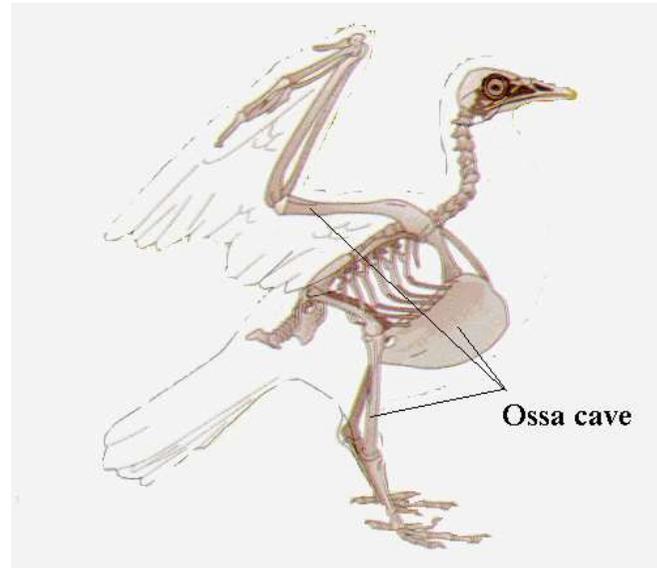
Le **penne timoniere** si trovano in regione caudale e stabilizzano il volo.

Le ossa degli uccelli sono robuste ma leggere per la presenza di cavità (**ossa pneumatiche**).

Lo sterno è carenato per l'attacco dei potenti muscoli del volo.

Questa attività che consuma molta energia, è resa possibile grazie a un sistema circolatorio e un sistema respiratorio estremamente efficienti.

L'encefalo è molto sviluppato con un grande cervelletto che regola le attività motorie



**Figura 32.24 La struttura di una penna** Le penne alari remiganti, utilizzate dagli uccelli per volare, sono attaccate alla pelle dell'ala per mezzo di una porzione cava dell'asse centrale rigido. Il rachide è la parte piena di questo asse, dalla quale si dipartono ramificazioni sottili (le barbe), provviste di barbule e di uncini. Nell'insieme, questa struttura rappresenta un'importante innovazione evolutiva: una superficie robusta ma leggera che permette di volare.

Le sp. attuali presentano l'arco orale corredato di becco.

Effettuano la cova delle uova e cura della prole.

Hanno abitudini alimentari diversificate, utilizzando organismi animali e vegetali di ogni tipo. Gli uccelli di ambienti terrestri sono per lo più insettivori.

Le specie di uccelli viventi possono essere suddivise in 2 gruppi principali: i **paleognati** che comprendono grandi uccelli inetti al volo che vivono nei continenti meridionali (emu, kiwi, casuari) e i **neorniti** con un notevole numero di sp. capaci di volare

Hanno variazioni di taglia notevole, dai colibrì (2gr) agli struzzi (100-150kg), nonché morfologia esterna variabile con sp. spesso molto appariscenti.



(A) *Sialia mexicana*



(B) *Trichoglossus haematodus*



(C) *Bubo virginianus*

Attualmente si contano circa 10.000 sp.



(D) *Numenius americanus*

**Figura 32.25 La biodiversità degli uccelli** (A) I passeriformi, come questo azzurrino occidentale, costituiscono il gruppo di uccelli più ricco di specie. (B) Un altro gruppo numeroso è quello di pappagalli, are, parrocchetti e lorichetti, come la specie illustrata, il lorichetto arcobaleno: complessivamente, comprendono circa 375 specie. (C) Il gufo reale della Virginia è un predatore notturno che riesce a scovare la preda grazie al suo sensibile sistema uditivo che funge da sonar. (D) Il chiurlo beccolungo, nordamericano, è una delle molte specie di limicoli (uccelli che si nutrono di piccoli invertebrati nella fanghiglia).

Piccoli mammiferi hanno condiviso la terra con gli arcosauri per 150 milioni di anni, finché con l'estinzione di massa dei grandi rettili, hanno avuto una grande esplosione adattativa, con accrescimento della taglia, e un aumento della biodiversità.

Lo scheletro dei mammiferi si è notevolmente modificato; nel cranio, 2 elementi dell'articolazione mascella-mandibolare (quadrato e articolare) si trasformano in martello e incudine.

Si amplia il cranio per accogliere un cervello molto sviluppato. Si forma il palato secondario, con la separazione delle vie aeree e alimentare.

I **mammiferi** presentano come caratteristica esclusiva la possibilità di nutrire la prole con una sostanza (il latte) prodotto dai corpi ghiandolari mammari.

La fecondazione è interna e l'embrione si sviluppa all'interno di un utero.

L'apparato cutaneo è caratterizzato da un rivestimento di peli, le squame se presenti limitate all'estremità degli arti e alla coda.

A volte i peli formano folte pellicce oppure vengono persi mentre si forma uno spesso strato sottocutaneo isolante.

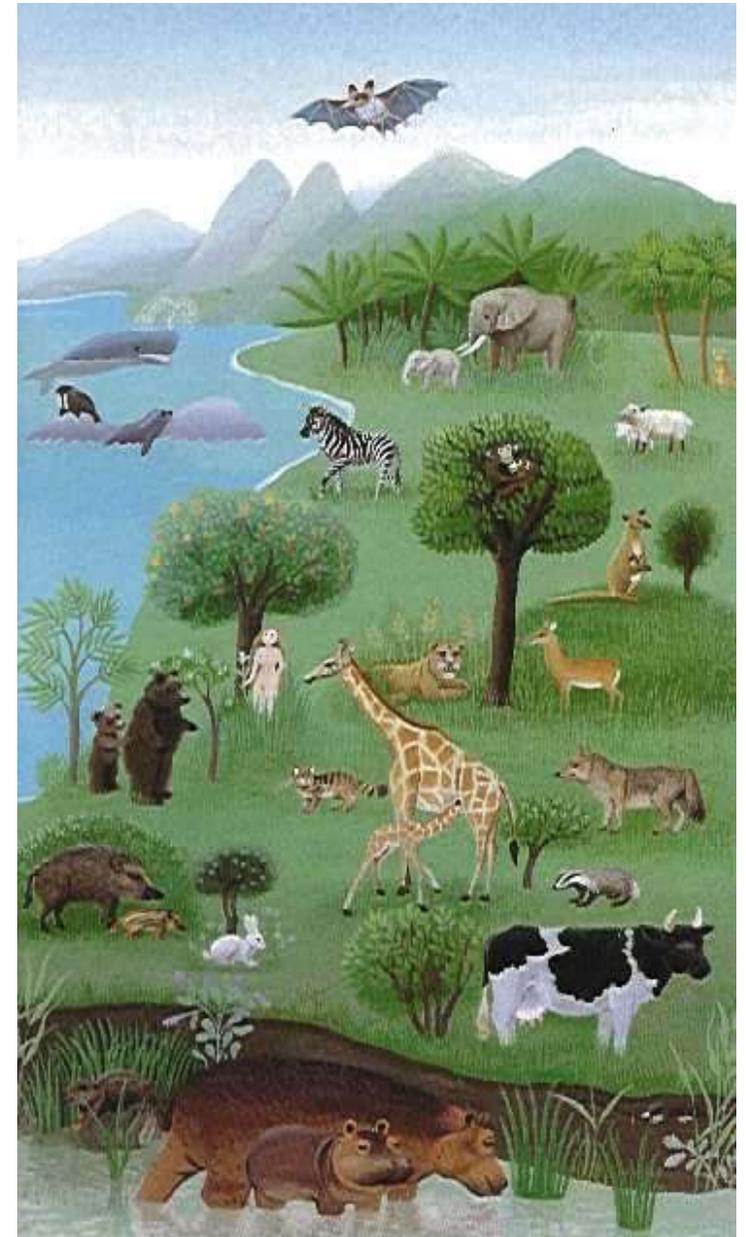
I denti assumono forme e dimensioni varie in rapporto alle diverse diete.

I denti canini e quelli ferini sono tipici dei carnivori, i molari sono molto sviluppati negli ungulati a dieta erbivora, nei topi e conigli sono sviluppati gli incisivi.

I chiroteri hanno dieta insettivora.

Presentano ghiandole sudoripare allo scopo di abbassare la temp. corporea.

Per quanto riguarda **dimensioni e peso** si va dai topi ragno (2gr) alla balenottera azzurra che pesa 160.000kg ed è lunga 31m (in assoluto l'animale di taglia maggiore).



Si contano attualmente 5.700 sp suddivise in 2 cladi: **prototeri** (monotremi), e i **teri** suddivisi in **metateri** (marsupiali) ed **euteri** (placentati).

I **prototeri** comprendono il solo ordine dei monotremi, distribuito solo in Australia e Nuova Guinea.

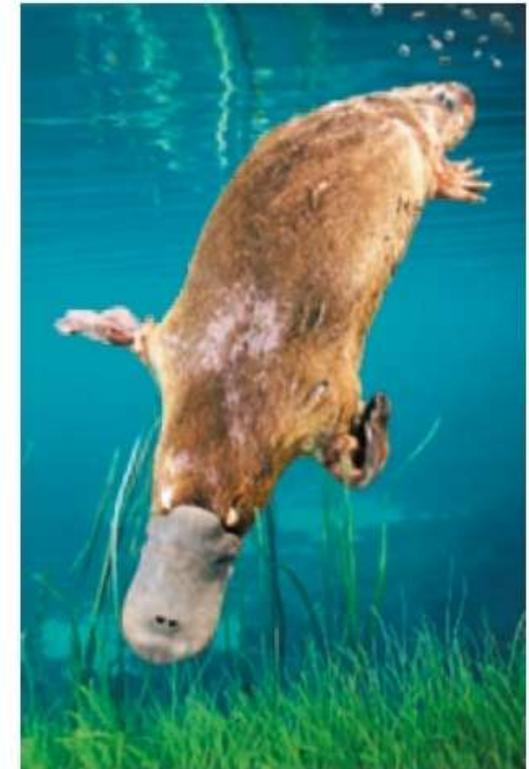
I monotremi sono rappresentati da 2 forme: l'ornitorinco (1 sp) e l'echidna (4sp). Essi mancano di placenta, le femmine depongono uova dotate di guscio coriaceo e possiedono una cintura toracica primitiva. I corpi ghiandolari mammari risultano rudimentali e i capezzoli sono assenti.

Nei monotremi ciuffi di peli specializzati lungo i quali scorre un latte primitivo suppliscono ai capezzoli.

(A) *Tachyglossus aculeatus*



(B) *Ornithorhynchus anatinus*



**Figura 32.26 Prototeri** (A) L'echidna a becco corto è una delle quattro specie viventi di echidna. (B) L'ornitorinco vive nei corsi d'acqua dell'Australia orientale.

I **marsupiali** sono rappresentati da 350 sp.

Le femmine sono dotate di un'ampia tasca ventrale definita marsupio.

In questa tasca cutanea trova accoglienza il piccolo che viene partorito prematuramente e termina il suo sviluppo nutrendosi del latte materno lambendo i capezzoli che sono localizzati nel marsupio.

I piccoli partoriti sono poco più che embrioni con rudimentali arti anteriori. Con questi si aiutano per raggiungere la tasca materna.

Dopo il parto prematuro la femmina è già disponibile all'accoppiamento.

Un tempo i metateri erano diffusi in tutti i continenti a sud dell'equatore, oggi sono esclusivi dell'Australia, con poche specie sudamericane.

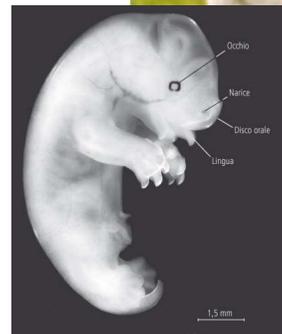
Nei loro ambienti i marsupiali hanno avuto gli stessi adattamenti degli euteri, cioè esistono forme simili agli insettivori, ai carnivori, agli ungulati, ma non ci sono gruppi adattati all'ambiente acquatico o sp. simili ai chiroteri.

Il marsupiale + grande è il canguro rosso (90kg)

(A) *Macropus giganteus*



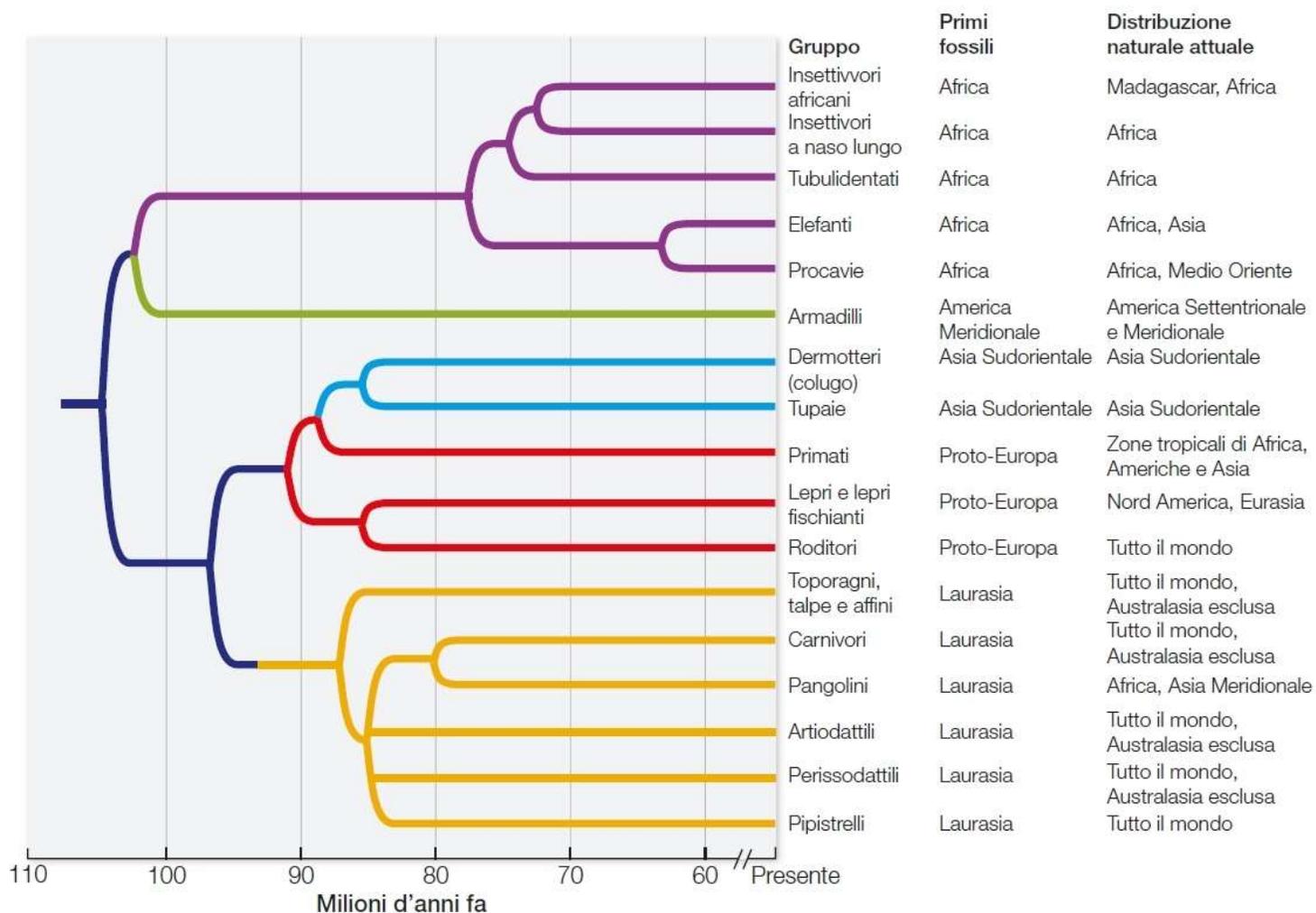
(B) *Myrmecobius fasciatus*



(C) *Didelphis virginiana*

**Figura 32.27 La biodiversità dei marsupiali** (A) Il canguro grigio orientale dell'Australia è uno dei marsupiali viventi più grandi. La femmina porta la prole nel suo caratteristico marsupio. (B) La dieta del formichiere fasciato (o numbat) è composta quasi interamente di termiti. (C) L'opossum dell'America del Nord è l'unico marsupiale presente a nord del Messico.

Le più di 5.300 sp di euteri viventi sono divise in 20 gruppi principali. Questa divisione è strettamente associata alla separazione dei continenti durante il mesozoico.



**Figura 32.28** I principali gruppi degli euteri si sono diversificati in corrispondenza della separazione dei continenti. Questo albero filogenetico mostra i rapporti fra i principali gruppi terrestri degli euteri e la localizzazione dei primi

fossili conosciuti per ciascun gruppo (indicata anche dal diverso colore dei rami). Le principali divisioni nell'evoluzione degli euteri corrispondono in larga misura alla storia tettonica delle maggiori masse continentali (► Figure 24.14 e 53.14).

La maggior parte dei mammiferi viventi è rappresentata dagli **euteri**.

La caratteristica essenziale dei placentati risiede nei perfezionati dispositivi di viviparità, con un intimo rapporto tra embrione e utero materno (placenta). I piccoli nascono inetti ma non prematuri.

Le circa 5.300 sp compongono 20 ordini, il più vasto è quello dei roditori con 2.000sp.

Seguono i chiroterti con 1.000sp e gli insettivori (talpe e toporagni) con 400sp.

Gli euteri sono estremamente variabili in forma, dimensioni e caratteristiche eco-etologiche.

Diverse linee evolutive hanno colonizzato in fasi filogenetiche successive gli ambienti marini: le balene e i delfini tra i cetacei, i pinnipedi (foche, trichechi) tra i carnivori e i lamantini affini agli elefanti.

Attualmente gli euteri di dimensioni maggiori sono acquatici, ma anche alcune forme terrestri come elefanti e rinoceronti riescono a pesare centinaia di chili.

(A) *Castor canadensis*



(B) *Plecotus townsendii*



(C)



(D) *Tursiops truncatus*



**Figura 32.29 La biodiversità degli euteri**

(A) Il castoro nordamericano mostra i caratteristici denti incisivi dei roditori, un gruppo al quale appartiene quasi la metà di tutte le specie degli euteri. (B) Il volo si è evoluto in un progenitore dei pipistrelli. Questo orecchione di Townsend usa i suoi grandi padiglioni auricolari per individuare le prede tramite l'ecolocalizzazione. (C) Gli ungulati di grossa taglia, come giraffe, zebre e antilopi, sono gli erbivori principali delle praterie e delle savane. (D) I tursiopi fanno parte di un gruppo di cetartiodattili (cetacei) che è ritornato secondariamente al mare.