



C  
Il corpo umano

## C1

# L'architettura del corpo umano



## 1

## L'organizzazione gerarchica del corpo umano

Nel nostro corpo ci sono cellule specializzate e organizzate in tessuti, organi e apparati. Tessuti diversi si uniscono a formare gli organi, strutture complesse che assolvono funzioni che i tessuti da soli non potrebbero svolgere. Sistemi e apparati sono associazioni di organi che cooperano e comunicano per garantire un ambiente interno stabile, uno sviluppo armonico e una efficace relazione con l'esterno.

### 1 I tessuti: cellule specializzate per una funzione

Il corpo umano deriva dallo sviluppo di una sola cellula, lo *zigote*, che si divide più volte generando cellule che si differenziano e si organizzano. Durante la vita embrionale, le divisioni cellulari avvengono solo per mitosi, e così tutte le cellule posseggono il medesimo patrimonio genetico: 23 coppie di cromosomi.

Mentre le cellule si dividono, si realizza un altro evento fondamentale per lo sviluppo: le cellule si differenziano, cioè si specializzano sia nella forma sia nella funzione. La diversità di forma e funzione è il frutto dell'**espressione differenziata dei geni** ed è determinata dal fatto che alcuni geni restano attivi, mentre altri vengono disattivati definitivamente. Il differenziamento cellulare porta alla formazione dei **tessuti** che costituiscono il corpo umano.

---

Il termine **tessuto** indica un insieme di cellule con struttura e funzione simili e con stessa origine embrionale.

---

Nel nostro corpo, come in quello di tutti i mammiferi, troviamo quattro tipi di tessuti: *epiteliale*, *connettivo*, *muscolare* e *nervoso*, ognuno dei quali comprende diversi sottotipi.

**Ricorda** Lo sviluppo di un organismo parte da un'unica cellula, lo *zigote*, e poi attraverso il **differenziamento** si arriva alla formazione dei tessuti e delle strutture complesse che compongono l'architettura del corpo umano.

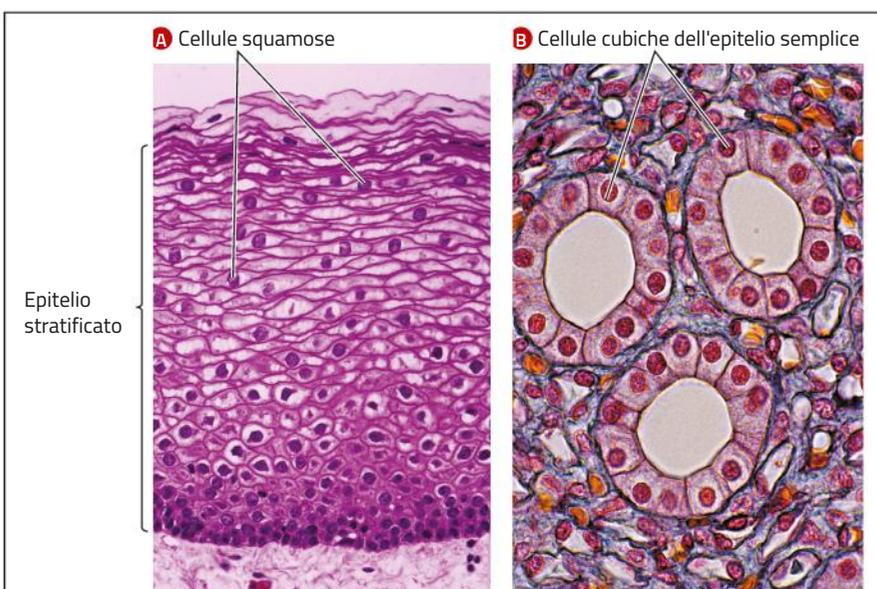
## 2 Le funzioni dei tessuti epiteliali

**Epitelio** dal greco *epi*, «sopra», e *thelè*, «capezzolo»; originariamente indicava solo il rivestimento di questa parte del corpo. Per estensione, indica tutti i tessuti di rivestimento.

Il **tessuto epiteliale** è costituito da sottili lamine o spessi strati di cellule di forma molto regolare strettamente unite (figura 1.1). Alcuni epiteli sono *monostratificati*, cioè sono formati da un solo strato di cellule, altri invece sono *pluristratificati*, fatti di più strati sovrapposti. In entrambi i casi le cellule possono avere forma appiattita, cubica o cilindrica. Tutti gli epiteli hanno in comune alcune caratteristiche.

- Le cellule sono strettamente connesse grazie alla presenza delle giunzioni cellulari, che possono essere desmosomi e giunzioni occludenti. Tra una cellula e l'altra vi sono interstizi sottilissimi, e il materiale extracellulare è quasi del tutto assente.
- Poggiano su una **membrana basale**, una struttura costituita da proteine e carboidrati che separa il tessuto epiteliale da quelli sottostanti; la membrana basale è la base di appoggio per la costruzione dell'epitelio e permette gli scambi con altri tessuti.
- Le cellule che poggiano sulla membrana basale conservano per tutta la vita la capacità di duplicarsi: per questo tutti gli epiteli possono rinnovarsi quando si usurano. Alcuni si rinnovano molto rapidamente, altri meno, in relazione alla loro collocazione e al loro compito.
- Gli epiteli non contengono vasi sanguigni e sono nutriti per diffusione dai tessuti sottostanti.

**Ricorda** I **tessuti epiteliali** possono essere di più tipologie con funzioni specifiche, ma conservano alcune caratteristiche comuni: la presenza di giunzioni cellulari, di una membrana basale, e la mancanza di vasi sanguigni.



**Figura 1.1** Tessuto epiteliale (A) Gli strati esterni della cute sono costituiti da strati di cellule epiteliali. (B) Un tubulo renale è formato da un singolo strato di cellule epiteliali.

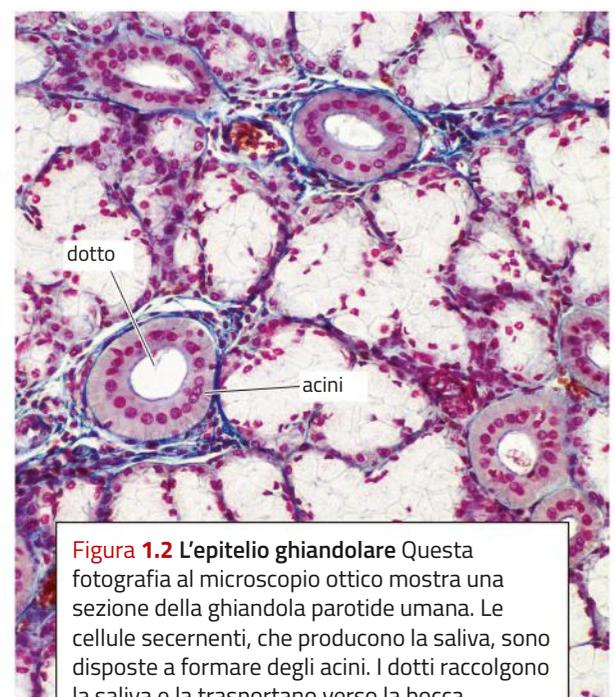
## 3 I principali tipi di tessuto epiteliale

Grazie alle loro proprietà, gli strati di cellule epiteliali sono resistenti, ma anche in grado di deformarsi senza perdere coesione. In base alla funzione si distinguono tre categorie di epiteli.

1. Gli **epiteli di rivestimento**: ricoprono e proteggono la superficie esterna e le cavità interne, delimitano i vasi sanguigni e definiscono i confini fra compartimenti del corpo. Gli epiteli che rivestono le cavità interne, in comunicazione con l'esterno, sono chiamati *mucose* e in genere sono monostratificati; mentre l'epitelio pluristratificato che costituisce il rivestimento esterno del corpo è detto *epidermide*. In molti casi le cellule degli epiteli di rivestimento si specializzano per svolgere altri ruoli. Per esempio, le cellule dell'epitelio renale (figura 1.2) sono in grado di filtrare e trasportare sostanze di vario genere, controllando le molecole e gli ioni che lasciano il sangue e vengono riassorbiti o eliminati con l'urina. Le cellule dell'epitelio intestinale sono specializzate nel trasporto selettivo di ioni e molecole nutritive, e possiedono i *microvilli*, strutture specializzate che aumentano la superficie di assorbimento e ottimizzano gli scambi di sostanze.

2. Gli **epiteli ghiandolari**: sono costituiti da cellule che producono e secernono sostanze di varia natura come ormoni, latte, muco, enzimi digestivi o sudore. Alcuni epiteli di rivestimento contengono singole cellule secernenti disperse nel tessuto. Nella maggioranza dei casi, tuttavia, le cellule secernenti formano un vero e proprio strato che si piega e si introflette, invadendo il tessuto sottostante. Si forma così una *ghiandola* (vedi figura 1.2), una struttura cava la cui superficie interna è tappezzata di epitelio secernente. Le ghiandole possono essere di due tipi: endocrine ed esocrine.

**Ghiandola** dal latino *glandula*: «piccola ghianda», per via della forma di molte ghiandole umane.



**Figura 1.2** L'epitelio ghiandolare Questa fotografia al microscopio ottico mostra una sezione della ghiandola parotide umana. Le cellule secernenti, che producono la saliva, sono disposte a formare degli acini. I dotti raccolgono la saliva e la trasportano verso la bocca.

Le **ghiandole esocrine** restano in collegamento con l'epitelio sovrastante mediante un canale, il *dotto*, che riversa la sostanza secreta all'esterno o in cavità in comunicazione con l'esterno (sono ghiandole esocrine le ghiandole salivari e quelle sudoripare). Le **ghiandole endocrine** sono prive di un dotto escretore, e riversano le sostanze prodotte direttamente nella circolazione sanguigna.

3. Gli **epiteli sensoriali**: sono costituiti da cellule specializzate per recepire specifici stimoli provenienti dall'ambiente esterno o interno, e trasmetterli al sistema nervoso. I recettori dell'odorato e del gusto, per esempio, sono cellule che rilevano specifiche sostanze chimiche. Le cellule sensoriali sono disperse negli epitelii di rivestimento e sono avvolte da fibre nervose a cui trasferiscono le informazioni.

**Ricorda** Distinguiamo **tre categorie di epitelii**: di rivestimento, che ricoprono il corpo e le cavità interne; ghiandolari con funzione secernente; sensoriali, costituiti da cellule specializzate per ricevere stimoli.

## 4 Il tessuto muscolare permette il movimento

Il **tessuto muscolare** (figura 1.3) è costituito da cellule di forma allungata che si contraggono per generare forze e producono movimento. Il meccanismo di contrazione è basato sullo scorrimento di filamenti impilati costituiti da due tipi di proteine contrattili: l'*actina* e la *miosina*.

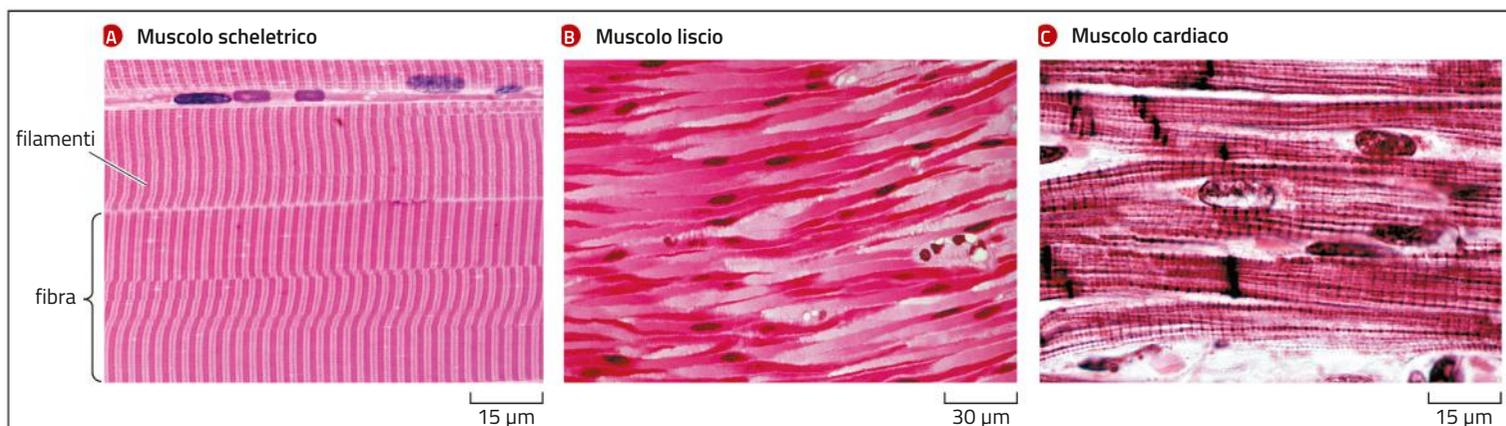
La contrazione delle cellule muscolari si verifica in risposta a uno stimolo proveniente dal sistema nervoso e consuma molta energia, che viene fornita dalle molecole di ATP. All'interno del corpo, il tessuto muscolare è il tessuto più abbondante.

**Ricorda** Il **tessuto muscolare** è costituito da cellule allungate in grado di usare l'energia della cellula per contrarsi e generare movimento.

## 5 I principali tipi di tessuto muscolare

Esistono tre tipologie di tessuto muscolare: *scheletrico striato*, *liscio* e *cardiaco*.

1. Il **muscolo scheletrico striato** è responsabile dei movimenti volontari, come correre, camminare o sorridere. Inoltre è responsabile di alcuni movimenti involontari, tra cui la respirazione, le espressioni facciali, i tremori. I muscoli scheletrici sono tutti sotto il controllo del sistema nervoso, che ne comanda la contrazione. Il muscolo scheletrico viene definito *striato*, per l'aspetto a bande alterne osservabile al microscopio ottico (figura 1.3A). Le cellule del muscolo scheletrico, chiamate **fibre muscolari**, sono piuttosto grandi e presentano numerosi nuclei. Si formano, nel corso dello sviluppo, attraverso la fusione di cellule embrionali dette *mioblasti*. Un singolo muscolo, come il bicipite, è composto da centinaia di migliaia di fibre muscolari; ognuna di esse è stimolata da una fibra nervosa che ne comanda la contrazione (figura 1.4).
2. Il **muscolo liscio** si trova nel rivestimento di molti organi interni cavi, come l'intestino, la vescica urinaria e i vasi sanguigni, ed è sotto il controllo del sistema nervoso autonomo (che è involontario). Strutturalmente, le cellule hanno una forma a fuso e ognuna è provvista di un solo nucleo. Sono definite «lisce» perché i filamenti di actina e di miosina non sono ordinati regolarmente, come nel muscolo scheletrico, e quindi non hanno il tipico aspetto striato (figura 1.3B). Nel tessuto muscolare liscio dei visceri, le cellule sono organizzate in guaine che avvolgono l'organo; le singole cellule sono unite mediante *giunzioni serrate* che permettono loro di contrarsi in maniera coordinata. Inoltre la membrana plasmatica delle cellule muscolari lisce è sensibile agli stimoli di tensione. Se, per esempio, la parete di una porzione del tratto digerente viene sottoposta a uno stiramento, come quando un boccone di cibo passa lungo l'esofago per giungere allo stomaco, la muscolatura liscia si contrae in seguito alla sollecitazione; più lo stimolo di tensione è forte, maggiore è la contrazione.



**Figura 1.3** Cellule muscolari (A) Una cellula muscolare contiene filamenti proteici che provocano la contrazione. La disposizione regolare dei filamenti, composti di due diverse proteine, fa sì che le cellule muscolari abbiano questo aspetto striato. (B) Le cellule del muscolo liscio non hanno le tipiche striature visibili in quello scheletrico. (C) Le cellule del muscolo cardiaco sono più piccole, presentano un solo nucleo e formano guaine di cellule contrattili elettricamente accoppiate.



## 6 I tessuti connettivi svolgono svariate funzioni

Il **tessuto connettivo** ha una caratteristica distintiva: è costituito da cellule di forma varia (spesso irregolare) disperse in una *matrice extracellulare* formata da fibre proteiche immerse in una soluzione gelatinosa chiamata **sostanza fondamentale**. Esistono molti tipi di tessuto connettivo che differiscono sia per la componente cellulare sia per la quantità, la composizione e le proprietà della matrice extracellulare.

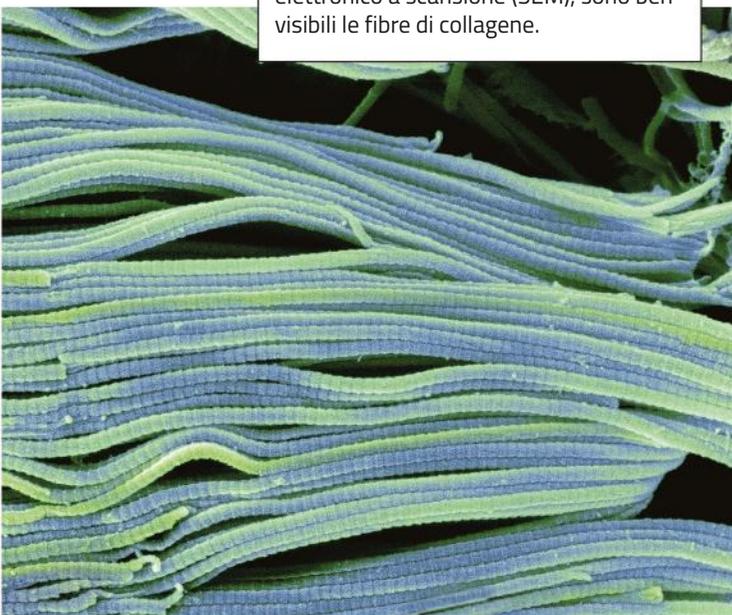
Le fibre proteiche sono componenti importanti della matrice extracellulare; la maggior parte delle fibre è costituita da *collagene* (figura 1.5), una proteina che può formare fibre forti e resistenti all'allungamento. Queste fibre vengono usate come sostegno o connessione nella cute, nei tendini e nei legamenti delle ossa. Il collagene costruisce anche fibre reticolari molto sottili e ramificate, che costituiscono un'intelaiatura simile a una rete, fornendo forma e solidità strutturale ad alcuni organi.

L'*elastina* è un altro tipo di fibra proteica presente nella matrice extracellulare dei tessuti connettivi. Può essere stirata fino a diverse volte la sua lunghezza a riposo e poi ritornarvi, proprio come un elastico. Le fibre composte di elastina sono più abbondanti nei tessuti che vengono regolarmente allungati, come le pareti dei polmoni e le grandi arterie.

**Organo** dal greco *órganon*, «strumento», che rimanda a *érgon*, «lavoro», da cui deriva anche energia. Il senso è che gli organi svolgono funzioni specifiche.

I connettivi riempiono gli spazi interni tra un organo e l'altro o tra un tessuto e l'altro, hanno funzioni di protezione, connessione e sostegno meccanico. Inoltre, alcuni svolgono particolari funzioni metaboliche indispensabili per tutto l'organismo.

**Figura 1.5 Il collagene** In questa fotografia, ottenuta al microscopio elettronico a scansione (SEM), sono ben visibili le fibre di collagene.



I connettivi vengono classificati in base alle loro proprietà e alla composizione della matrice.

I **connettivi propriamente detti** possono essere *densi* o *lassi*; contengono vari tipi di cellule in una matrice composta da acqua, sali e sostanze organiche di vario genere, e in parte da fibre di collagene o di elastina.

1. Nel **connettivo denso** predominano le fibre di sostegno costituite di collagene, che formano una struttura compatta e resistente. Per queste proprietà il connettivo denso si trova nei tendini (che uniscono muscoli e ossa) o nei legamenti (che uniscono le ossa tra loro).
2. Nel **connettivo lasso**, invece, ci sono tutti i tipi di fibre; questo tessuto si trova nella cute e tra un organo e l'altro. È il tipo più diffuso di tessuto connettivo; forma le strutture reticolari al di sotto degli epitelii di rivestimento degli organi che comunicano con l'esterno.
3. Tra i connettivi propriamente detti è compreso il **tessuto adiposo**, che svolge la funzione di deposito di lipidi. In questo tessuto la matrice extracellulare è quasi assente: le cellule hanno una forma sferoidale e ognuna di esse contiene una goccia lipidica di grandi dimensioni o tante minuscole gocce che la riempiono interamente.

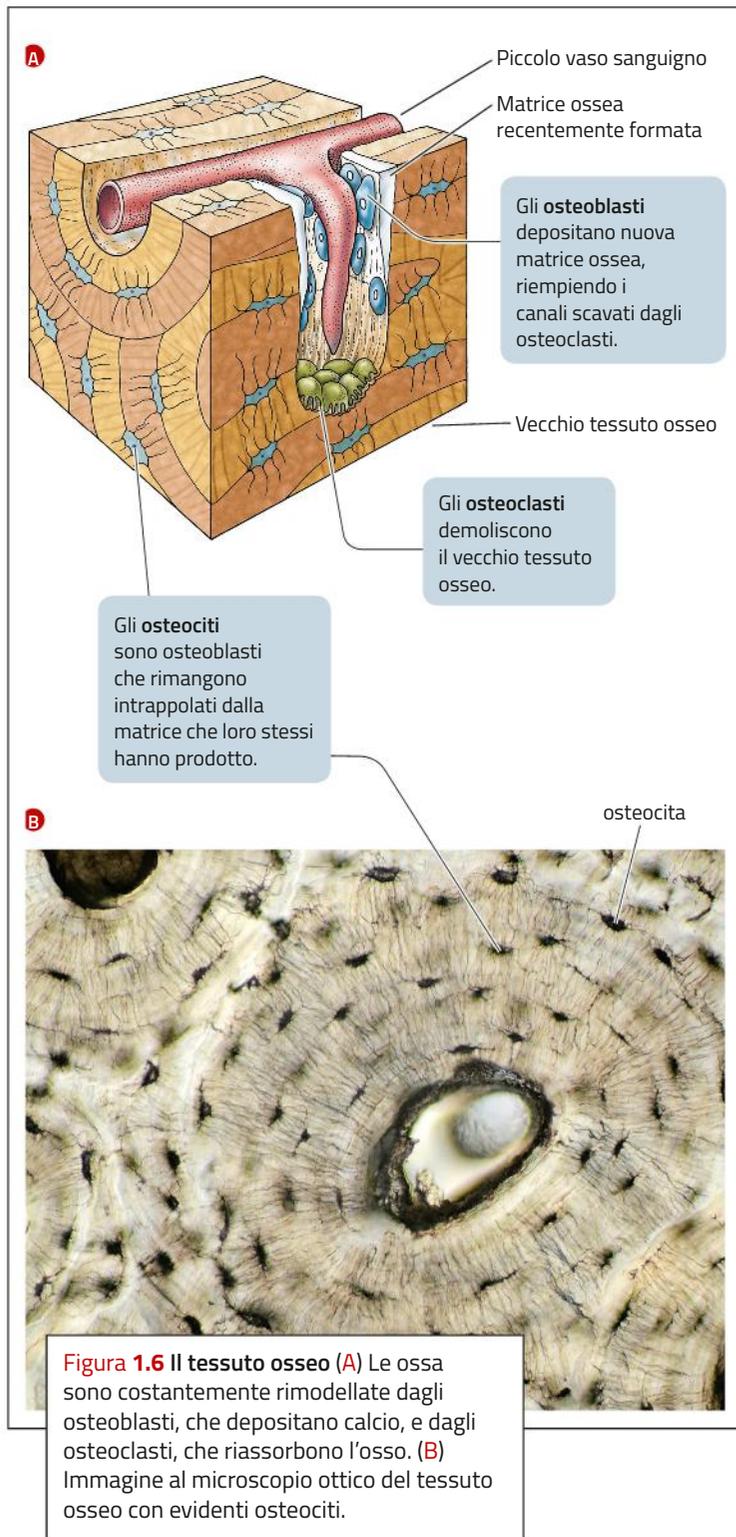
Il tessuto adiposo ha la funzione di riserva energetica, ma svolge anche altre funzioni: protegge dai traumi gli organi interni e costituisce uno strato sottocutaneo con funzione isolante contro la dispersione termica.

**Ricorda** Il **tessuto connettivo** è costituito da cellule di forma irregolare disperse all'interno di una matrice extracellulare composta da due fibre proteiche principali, il collagene e l'elastina.

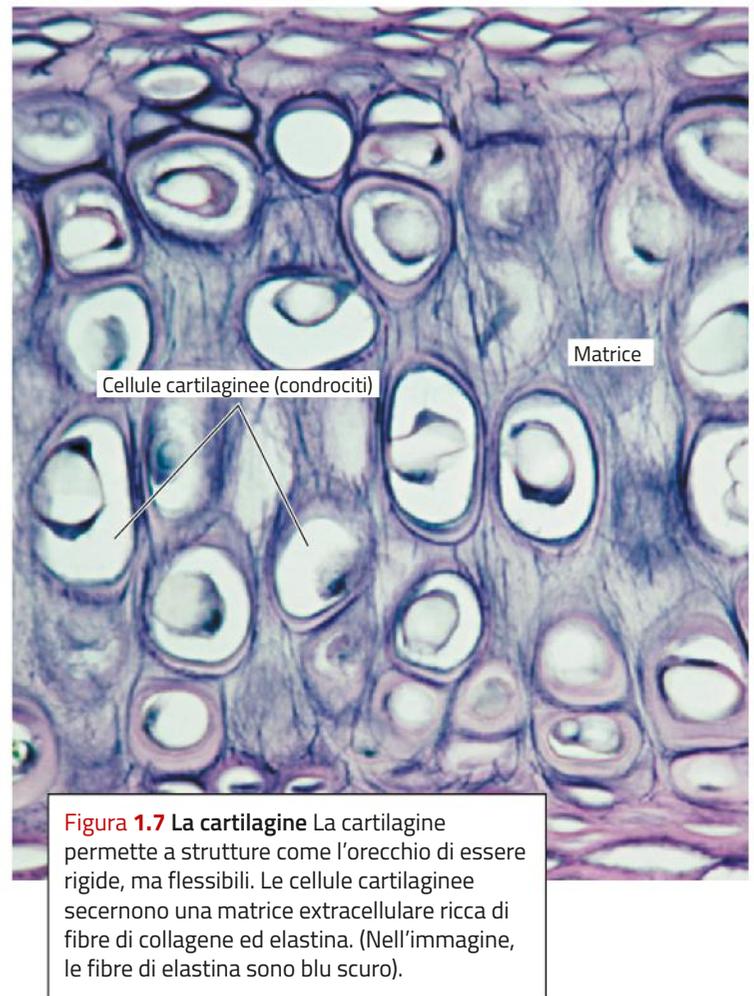
## 7 I connettivi specializzati

I **connettivi specializzati** comprendono il *tessuto osseo*, la *cartilagine* e il *sangue*.

- Il **tessuto osseo** contiene fibre di collagene, ma deve la propria rigidità e la propria durezza a una matrice extracellulare ricca di cristalli di fosfato e carbonato di calcio insolubili. L'osso ha una triplice funzione: sostegno per i muscoli, protezione meccanica e riserva di sali di calcio per il resto del corpo. Questa funzione può realizzarsi perché all'interno dell'osso sono sempre attive cellule che producono, e cellule che demoliscono la matrice, mantenendolo in un equilibrio dinamico. Le cellule responsabili della crescita e del continuo rimodellamento dell'osso sono gli osteoblasti, gli osteociti e gli osteoclasti (figura 1.6). Gli **osteoblasti** producono nuova matrice extracellulare che si deposita sulla superficie ossea. Queste cellule vengono gradualmente circondate dalla matrice stessa, da cui risultano infine incapsulate; quando ciò accade, esse smettono di depositare la matrice, ma conti-



nuano a sopravvivere all'interno di piccole lacune (cavità) dell'osso. Quando gli osteoblasti si trovano in questo stadio vengono definiti **osteociti**. Gli osteociti rimangono in contatto gli uni con gli altri attraverso lunghe estensioni cellulari che corrono lungo sottili canali nell'osso. La comunicazione tra gli osteociti è molto importante per il controllo dell'attività delle altre cellule ossee. Gli **osteoclasti** sono le cellule che riassorbono l'osso, formando cavità e gallerie; contemporaneamente, gli osteoblasti continuano a lavorare depositando



nuovo materiale osseo. Quindi, l'azione reciproca degli osteoblasti e degli osteoclasti plasma e rimodella costantemente le ossa.

- La **cartilagine** (figura 1.7) è formata da cellule chiamate **condrociti**, che producono una matrice extracellulare consistente, ma gommosa grazie alla presenza di molte fibre di collagene mescolate con polisaccaridi e proteine. Le fibre di collagene rinforzano la matrice e si distribuiscono lungo tutte le direzioni come corde: in questo modo la cartilagine risulta flessibile e resistente. Questo tessuto si trova in diverse parti del corpo, come le articolazioni, la laringe, il naso e i padiglioni auricolari. È anche il componente principale dello scheletro embrionale, ma durante lo sviluppo la maggior parte di questo tessuto viene sostituita da quello osseo.
- Il **sangue** è l'unico tessuto connettivo fluido ed è formato da cellule disperse in una voluminosa matrice extracellulare: il *plasma*.

**Ricorda** I tessuti **connettivi specializzati** comprendono: il tessuto osseo, la cartilagine e il sangue. Nel tessuto osseo la matrice è ricca di cristalli di calcio che le conferiscono rigidità. La cartilagine contiene numerose fibre di collagene che la rendono flessibile e resistente. Il sangue è l'unico connettivo fluido.

## Il tessuto nervoso è composto da cellule eccitabili

Il **tessuto nervoso** è formato da due tipi di cellule: i neuroni e le cellule gliali. I **neuroni** sono cellule eccitabili, significa che possono generare e trasmettere segnali elettrochimici, chiamati *impulsi nervosi*. La trasmissione di questi segnali è velocissima. Ogni neurone è formato da un *corpo cellulare* che contiene il nucleo e gli organuli, da un *assone* e da uno o più *dendriti* (figura 1.8A).

I *dendriti* sono estensioni citoplasmatiche corte e sottili che raccolgono i segnali provenienti da altri neuroni o da organi sensoriali e li trasmettono al corpo cellulare; questo elabora la risposta e la trasmette all'assone, sotto forma di impulso elettrico.

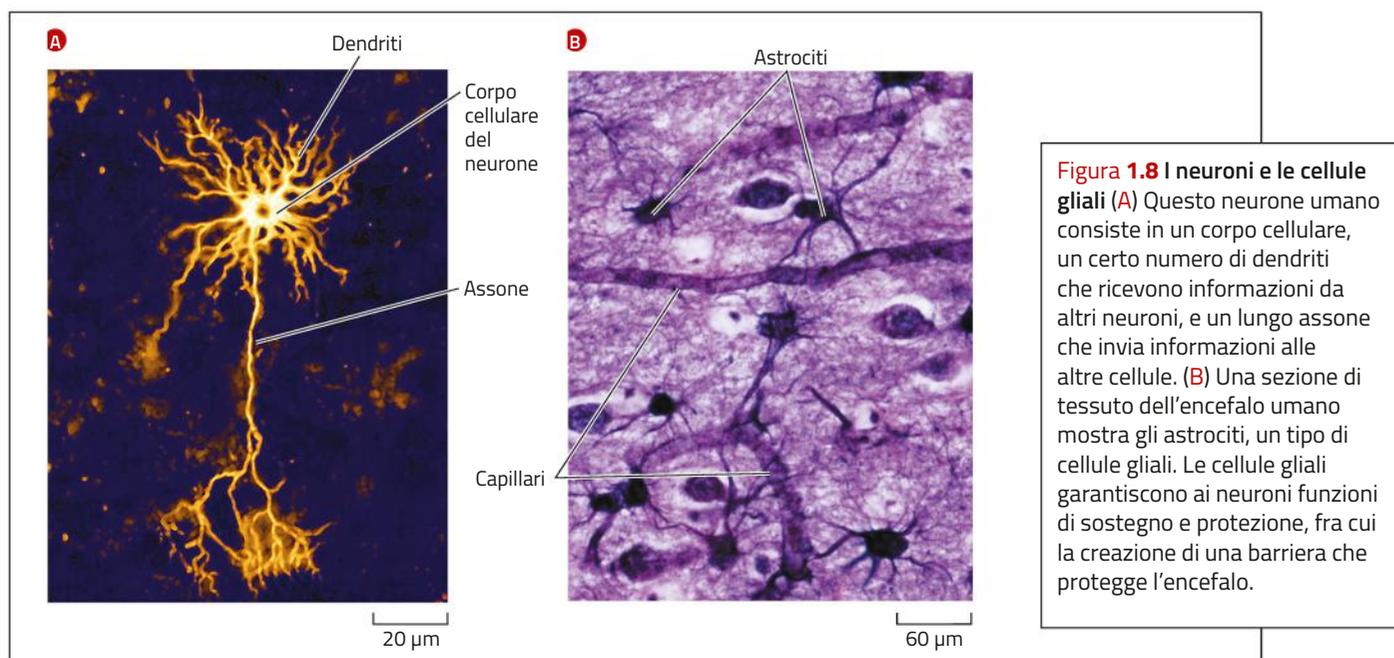
L'*assone* è un prolungamento lungo e sottile che termina quasi a contatto con una cellula bersaglio (un altro neurone, una cellula muscolare o alcune ghiandole).

Gli impulsi nervosi si spostano molto rapidamente lungo l'assone, fino alla terminazione che si trova in prossimità della cellula bersaglio. Qui attivano il rilascio di segnali chimici che si legano ad appositi recettori presenti sulla cellula bersaglio, stimolando una sua risposta. La zona che si trova tra assone e cellula bersaglio si chiama **sinapsi**.

Nei neuroni, le informazioni viaggiano a senso unico: i dendriti le portano dall'esterno *verso* il corpo cellulare, l'assone invece trasmette l'impulso nervoso *dal* corpo cellulare verso l'esterno. Un neurone può avere anche moltissimi dendriti, ma ha sempre un unico assone che può ramificarsi nella parte terminale ed è quindi in collegamento con una o più cellule bersaglio. L'assone può raggiungere lunghezze notevoli, come nel caso del nervo sciatico che dalla base del midollo spinale raggiunge il piede, superando il metro di lunghezza.

Nel tessuto nervoso sono presenti anche le **cellule gliali**, che non generano né conducono segnali elettrochimici, ma provvedono a una varietà di funzioni di supporto per i neuroni (figura 1.8B): alcune fungono da sostegno e da filtro, altre forniscono sostanze nutritive o contribuiscono a mantenere costante l'ambiente extracellulare; altre ancora isolano e avvolgono gli assoni di alcuni neuroni per rendere più efficiente la conducibilità. Nel nostro sistema nervoso sono presenti più cellule gliali che neuroni.

**Ricorda** Il **tessuto nervoso** è formato dai neuroni, che generano e trasmettono impulsi nervosi in tutto il corpo. Sono presenti anche cellule non eccitabili, dette gliali, che nutrono e proteggono i neuroni.



**Figura 1.8** I neuroni e le cellule gliali (A) Questo neurone umano consiste in un corpo cellulare, un certo numero di dendriti che ricevono informazioni da altri neuroni, e un lungo assone che invia informazioni alle altre cellule. (B) Una sezione di tessuto dell'encefalo umano mostra gli astrociti, un tipo di cellule gliali. Le cellule gliali garantiscono ai neuroni funzioni di sostegno e protezione, fra cui la creazione di una barriera che protegge l'encefalo.

### verifiche di fine lezione

#### Rispondi

- A Che cosa sono i tessuti? Quali tipi di tessuti sono presenti nel corpo umano?
- B Che cosa sono le ghiandole? Quali sono le differenze tra ghiandole esocrine e ghiandole endocrine?
- C Che cosa sono le fibre muscolari?
- D Come sono organizzati i neuroni?

## Organi, tessuti, sistemi e apparati

Negli esseri umani, come in tutti i vertebrati, i tessuti sono associati dal punto di vista strutturale e funzionale per formare gli organi. La maggior parte degli organi include tutti e quattro i tipi di tessuto. Grazie a questo livello di organizzazione, gli organi riescono a svolgere funzioni che i tessuti da soli non potrebbero realizzare; gli organi si organizzano in sistemi e apparati.

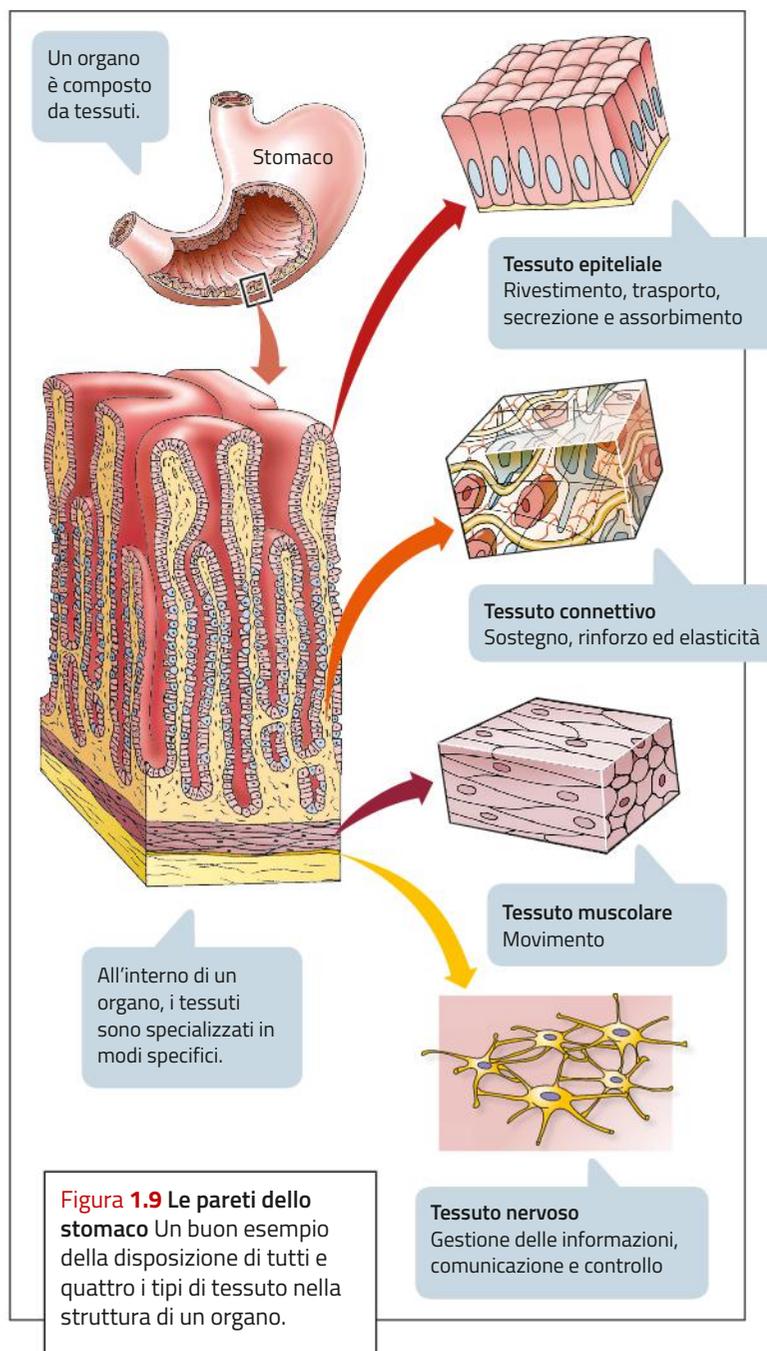
### 9 I sistemi e gli apparati

Quando le funzioni di più tessuti vengono coordinate per svolgere un'unica attività, si forma un **organo** (come il cuore o il rene). A loro volta, gli organi possono essere raggruppati in sistemi o apparati (figura 1.10 e figura 1.11 nelle pagine seguenti). Un **sistema** è un'unità morfofunzionale costituita da organi che condividono la stessa origine embrionale; i sistemi del corpo umano sono cinque: nervoso, linfatico e immunitario, endocrino, scheletrico, muscolare.

Un **apparato**, invece, è un insieme di organi con origine embrionale diversa, che cooperano per svolgere le stesse funzioni; gli apparati sono sei: tegumentario, cardiovascolare, digerente, respiratorio, urinario, riproduttore. A volte questi due termini vengono usati come sinonimi, anche se in modo improprio.

Alcuni di essi, come l'apparato digerente (figura 1.9), sono formati da organi in continuità fisica tra loro; altri, come il sistema endocrino, comprendono organi distanti l'uno dall'altro, ma correlati funzionalmente.

Tutti gli apparati sono sostenuti dallo scheletro e dai muscoli e protetti dall'apparato tegumentario (la cute), che insieme delimitano due cavità, una dorsale e una ventrale, entro cui alloggiare i diversi organi. La cavità *dorsale*, comprendente il *cranio* e il *canale vertebrale* che protegge il sistema nervoso centrale, composto da encefalo e midollo spinale. La cavità *ventrale*, divisa dal diaframma in quella *toracica* (che ospita il cuore e i polmoni) e in quella *addomino-pelvica* (in cui si trovano stomaco, fegato, genitali, ecc).



I sistemi e gli apparati non si comportano in maniera indipendente, ma lavorano in modo coordinato al servizio dell'intero organismo.

L'apparato che si occupa del trasporto è l'apparato cardiovascolare: passando da un organo all'altro, il sangue permette gli scambi di sostanze chimiche e aiuta a mantenere costante l'ambiente interno. L'apparato cardiovascolare lavora insieme al sistema linfatico e al sistema immunitario che hanno il compito di difendere l'organismo. L'apparato che presiede alla digestione è il digerente, costituito da tutti e quattro i tessuti del corpo umano.

Il sistema endocrino e quello nervoso esercitano un'azione di «controllo» sull'attività di tutti gli altri apparati e sistemi.

**Ricorda** Il nostro corpo è formato da organi che a loro volta sono riuniti in **apparati e sistemi**. Nel corpo umano i sei apparati e i cinque sistemi cooperano tra loro.

**Figura 1.10 Sistemi e apparati, organi e tessuti che li costituiscono** Cinque diversi apparati del corpo umano: tegumentario, urinario, digerente, riproduttore e cardiovascolare.

L'apparato urinario è formato da reni, ureteri, vescica e uretra. Produce ed elimina l'urina, eliminando i rifiuti prodotti nelle reazioni metaboliche dell'organismo. Regola la composizione del sangue.

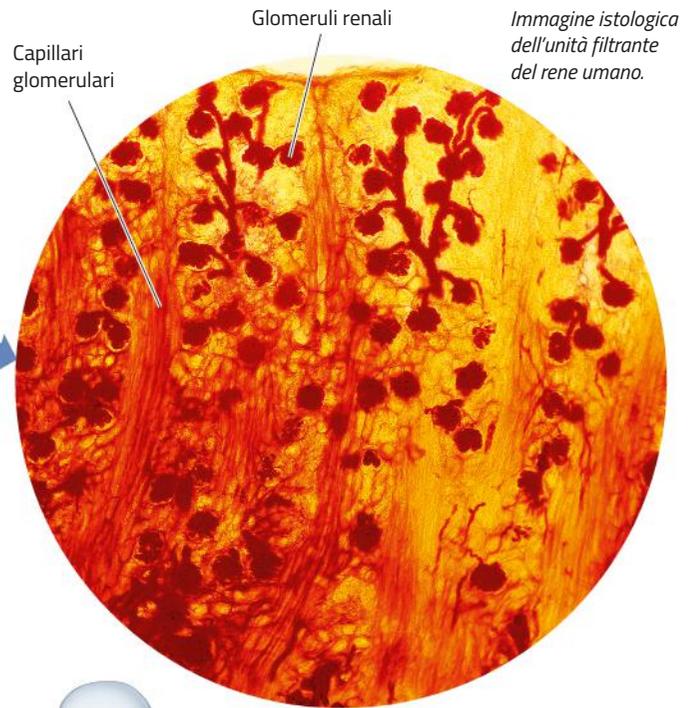
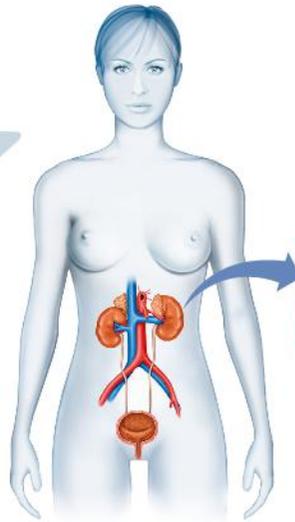


Immagine istologica dell'unità filtrante del rene umano.

L'apparato tegumentario comprende la cute, le ghiandole, le unghie e i peli. Ricopre tutto il corpo ed è l'interfaccia tra l'organismo e l'ambiente.



Muscolo erettore del pelo

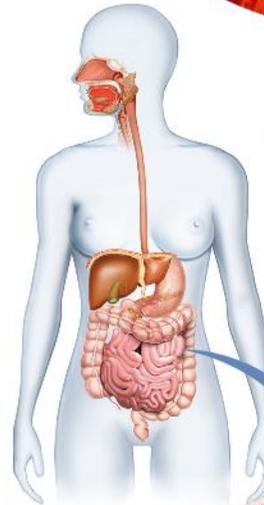
Derma



Immagine istologica di una sezione di cute umana.

Follicolo pilifero

L'apparato digerente comprende la bocca, l'esofago, lo stomaco, l'intestino insieme a ghiandole accessorie. Consente l'introduzione del cibo, l'assorbimento delle sostanze nutritive e l'eliminazione di quelle non digerite.



Membrana basale

Villi intestinali

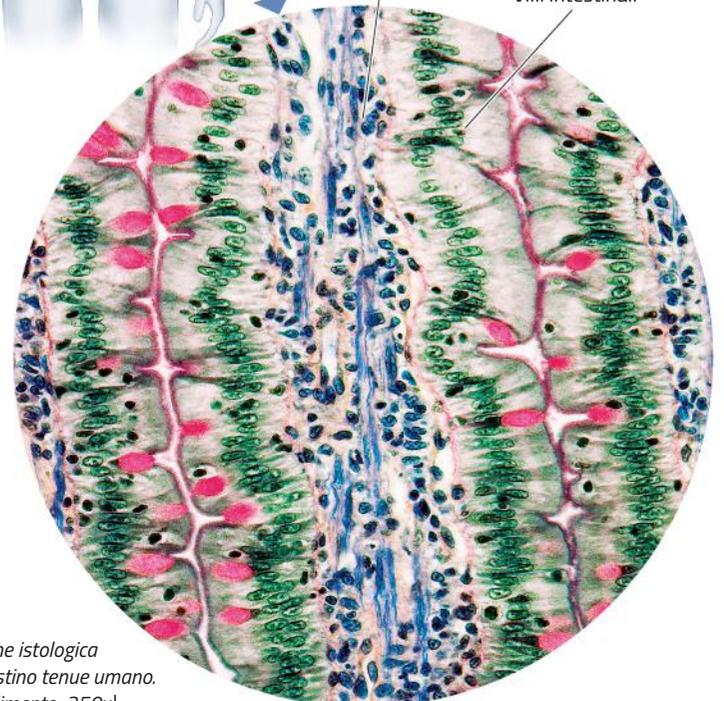


Immagine istologica dell'intestino tenue umano. (Ingrandimento, 350x)

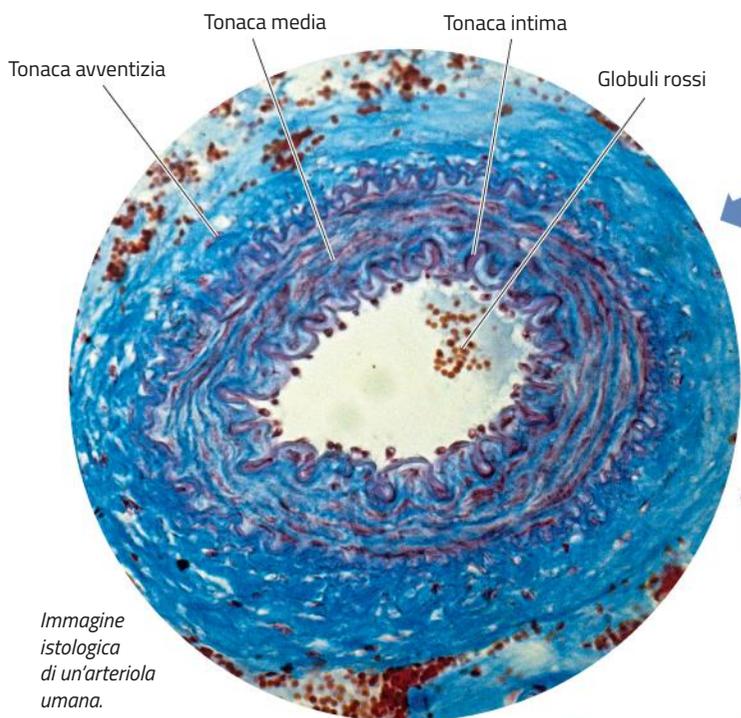
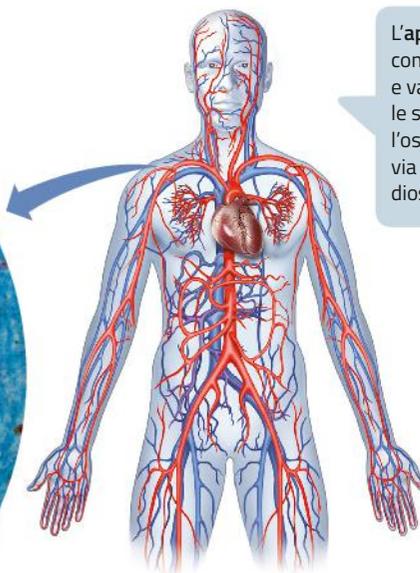
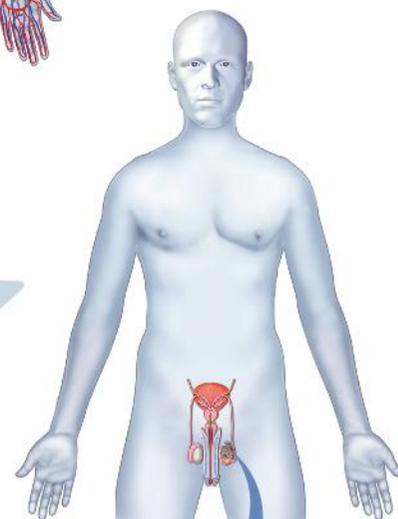


Immagine istologica di un'arteriola umana.



L'apparato cardiovascolare è composto da sangue, cuore e vasi sanguigni. Trasporta le sostanze nutritive e l'ossigeno alle cellule, e porta via le sostanze di rifiuto e il diossido di carbonio.



L'apparato riproduttore comprende le gonadi (testicoli e ovaie) e gli organi a esse associati. Produce i gameti e consente la fecondazione e lo sviluppo di nuovi individui.

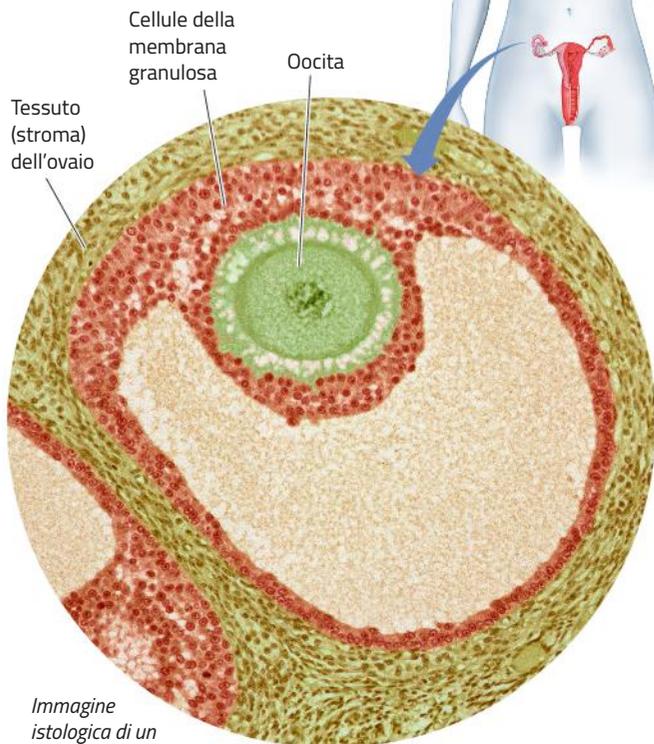
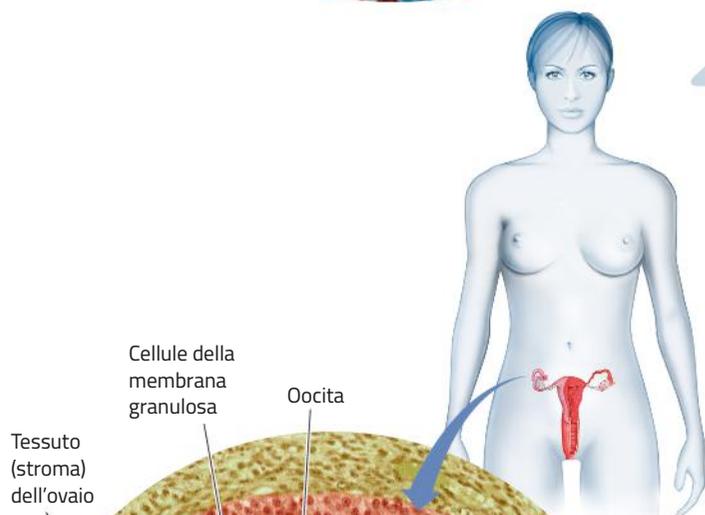


Immagine istologica di un follicolo ovarico umano.

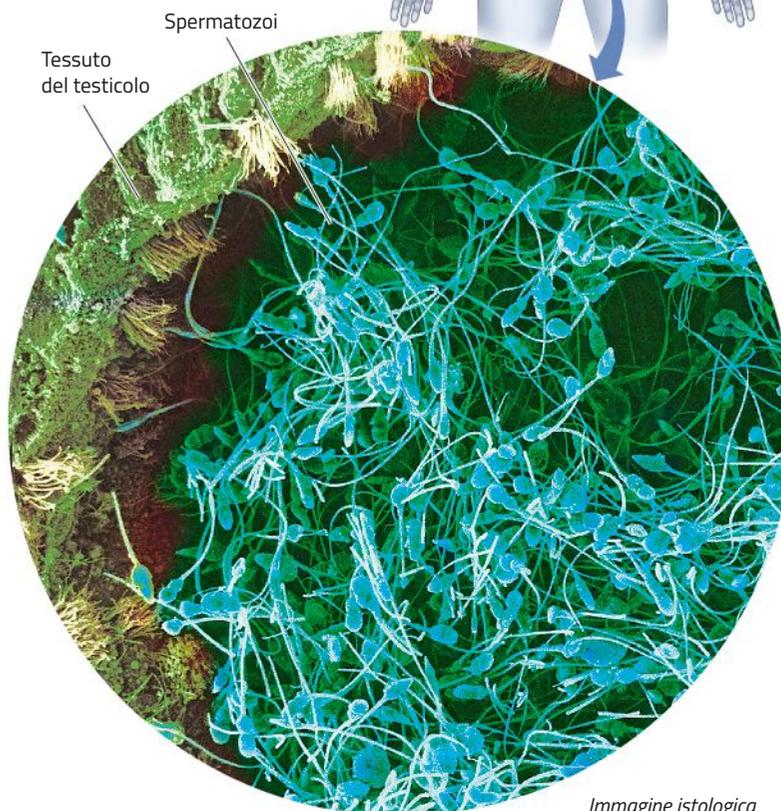


Immagine istologica (SEM) di spermatozoi umani nel testicolo.

**Figura 1.11 Sistemi e apparati, organi e tessuti che li costituiscono**

L'apparato respiratorio e i sistemi del corpo umano: endocrino, nervoso, scheletrico, muscolare e linfatico-immunitario.

Il sistema endocrino è composto da ghiandole che producono gli ormoni, sostanze che regolano il funzionamento degli organi e dell'organismo.

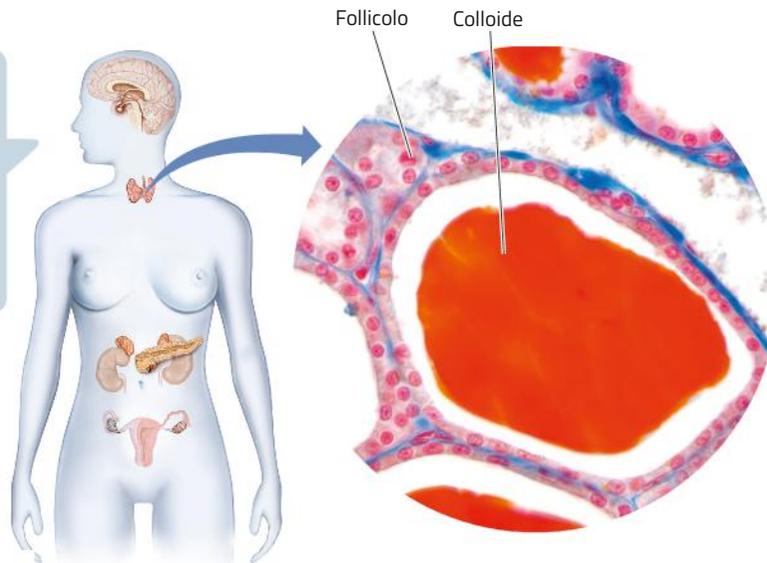
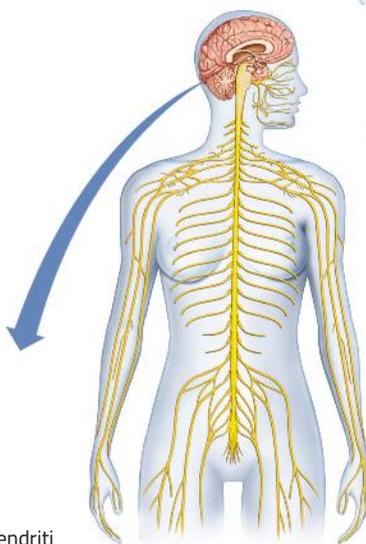


Immagine istologica della tiroide umana. (Ingrandimento, 440x)

Il sistema nervoso è formato dall'encefalo, dal midollo spinale, dai nervi e dagli organi di senso. Riceve gli stimoli esterni e interni ed elabora le risposte.



L'apparato respiratorio è costituito dai polmoni e dalle vie aeree. Garantisce gli scambi dei gas respiratori, trasferendo l'ossigeno al sangue, ed eliminando il diossido di carbonio.

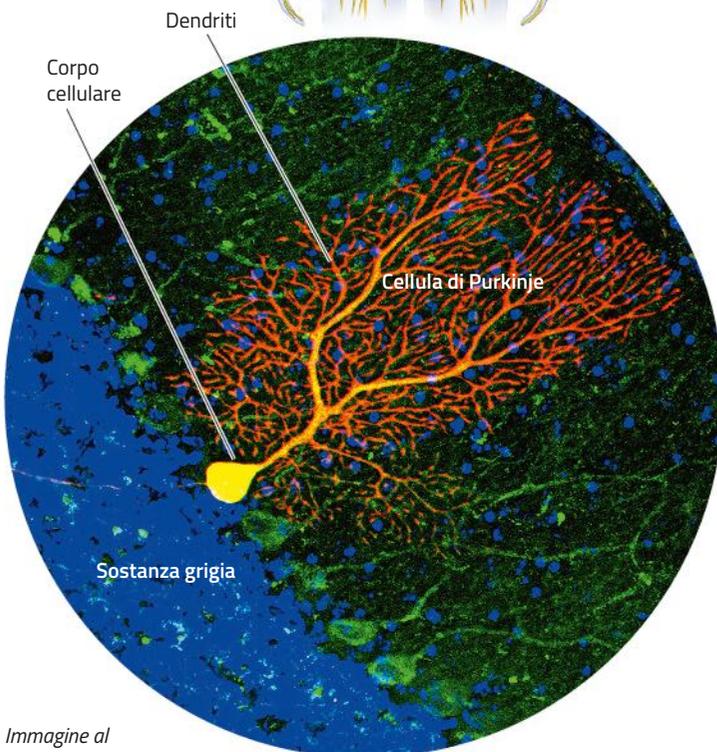
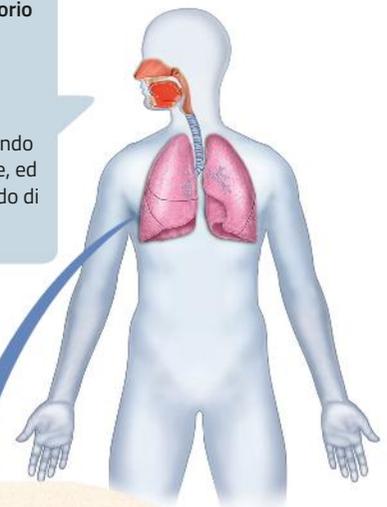


Immagine al microscopio confocale del cervelletto umano.

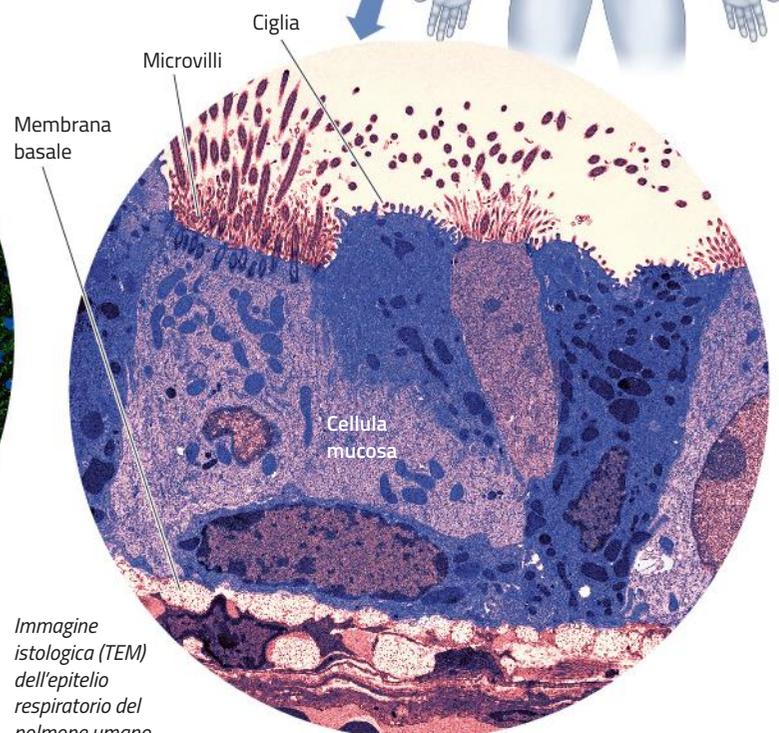
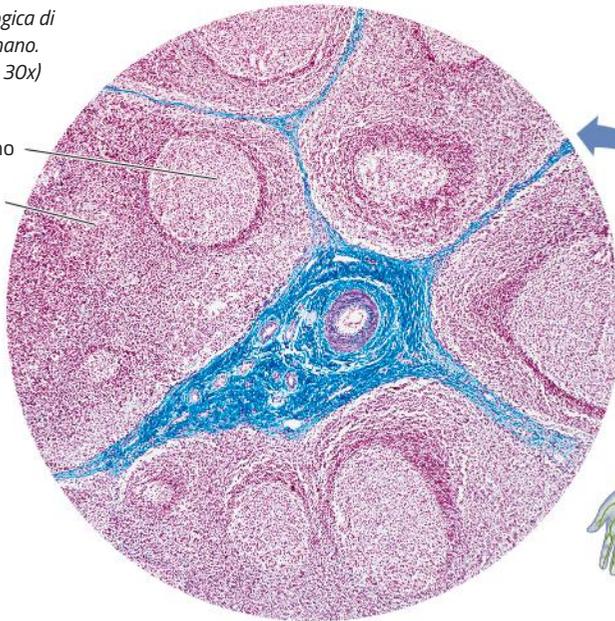


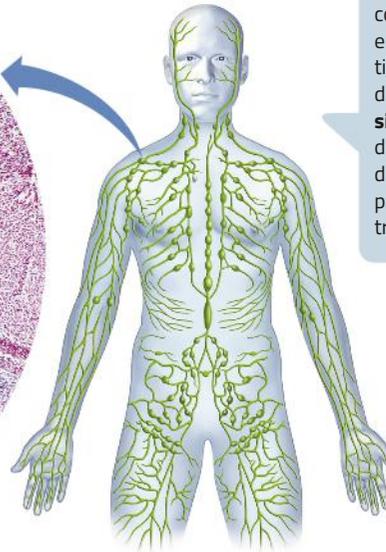
Immagine istologica (TEM) dell'epitelio respiratorio del polmone umano.

Immagine istologica di un linfonodo umano. (Ingrandimento, 30x)

Vaso sanguigno  
Tessuto connettivo



Il **sistema linfatico** è costituito dalla linfa e dai vasi linfatici, dal timo, dalle tonsille e dai linfonodi. Insieme al **sistema immunitario** difende l'organismo dall'attacco di agenti patogeni; contribuisce al trasporto dei liquidi.



Il **sistema scheletrico** è formato da ossa, legamenti e cartilagini. Offre sostegno al corpo e protezione agli organi interni. Fornisce supporto ai muscoli, rendendo possibile il movimento.



Il **sistema muscolare** è costituito da tessuto muscolare. Permette i movimenti del corpo attraverso il muscolo scheletrico. Gli organi interni sono formati da muscolo liscio, e il cuore da muscolo cardiaco.



Striatura data dal susseguirsi di actina e miosina

Fibra muscolare

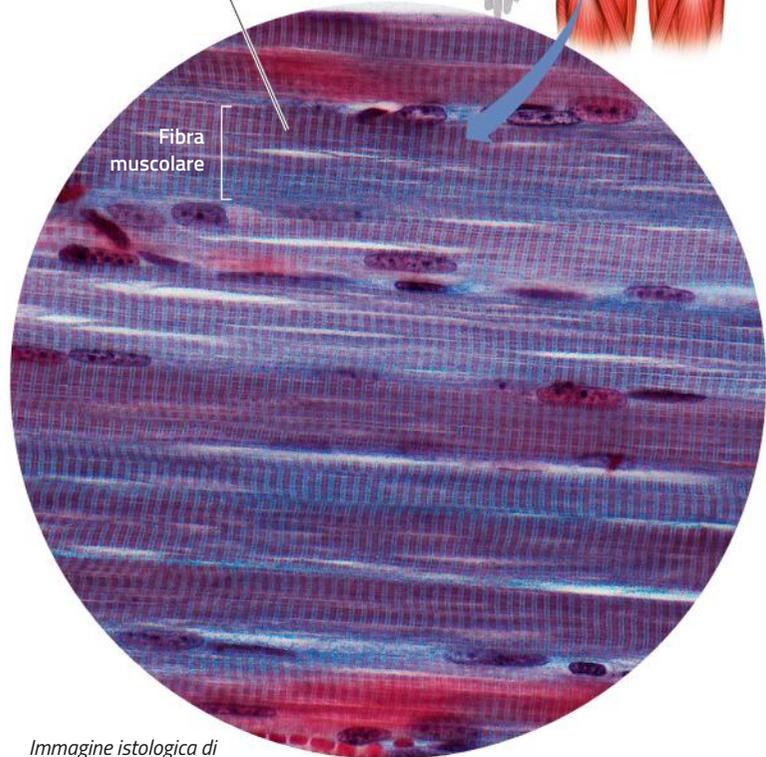


Immagine istologica di una sezione di muscolo scheletrico umano. (Ingrandimento, 250x)

Canali di Havers  
Lamelle  
Osteocita

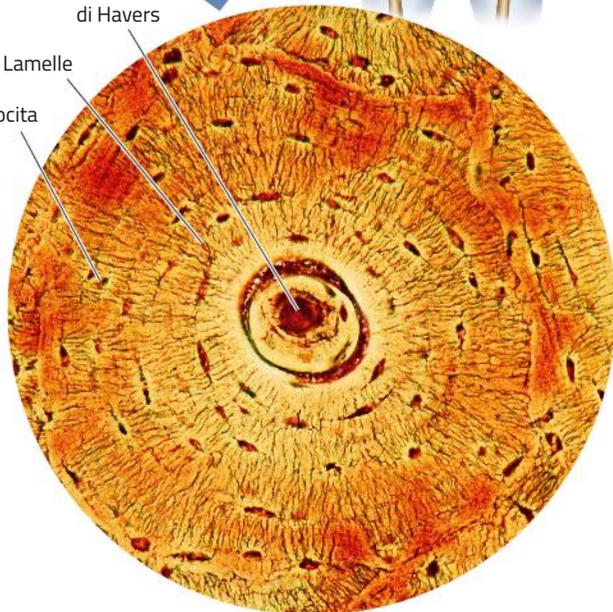


Immagine istologica del tessuto osseo compatto umano. (Ingrandimento, 450x)

## 10 Le membrane interne

La superficie interna del corpo e degli organi sono delimitate da rivestimenti che svolgono diverse funzioni. La cavità ventrale è rivestita da due tipi di membrane epiteliali, *muose* e *sierose*.

1. Le **membrane muose** rivestono le cavità che comunicano con l'esterno, come la bocca o l'interno dello stomaco; la loro superficie è umida e lubrificata da secrezioni cellulari.
2. Le **membrane sierose** rivestono le cavità non comunicanti con l'esterno e gli organi in esse contenute. Il *peritoneo*, per esempio, è il rivestimento esterno degli organi che si trovano nella cavità addominale come l'intestino; le *pleure* avvolgono la superficie esterna dei polmoni, e il *pericardio* ricopre la superficie del cuore. Intorno a ogni organo sono presenti due membrane sierose, separate da uno spazio ridotto entro cui si trova del liquido; lo strato esterno è aderente alla cavità in cui è contenuto l'organo, quello interno aderisce invece alla superficie esterna dell'organo stesso. Gli organi come cuore, polmoni e intestino, grazie alle loro membrane, si muovono senza attrito mantenendo la posizione corretta.

**Ricorda** La superficie interna del corpo e quella degli organi sono rivestite da **membrane epiteliali interne** che si distinguono in **muose**, se rivestono le cavità comunicanti con l'esterno, e **sierose** se sono presenti in organi e cavità interne.

## 11 L'apparato tegumentario riveste il nostro corpo

La superficie corporea esterna è rivestita dalla **cute**, un involucro che può essere considerato come un vero e proprio apparato perché dotato di proprietà particolari (figura 1.12).

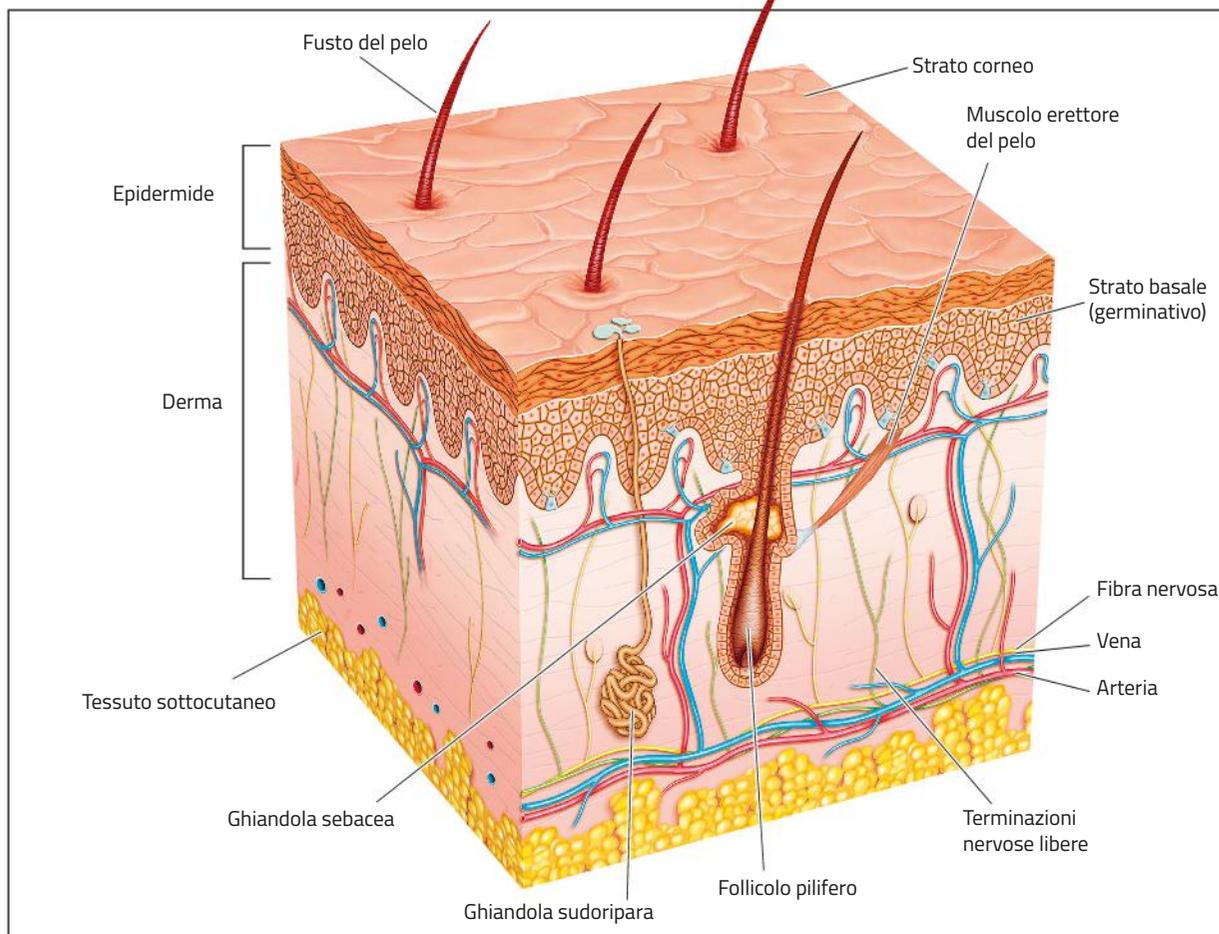
La cute è resistente, elastica, impermeabile e funziona come una barriera che impedisce l'ingresso di agenti patogeni o sostanze nocive. Inoltre è dotata di recettori sensoriali che contribuiscono a mantenere costante la temperatura corporea, impedendo al nostro organismo di perdere troppa acqua.

L'apparato tegumentario poggia su uno strato costituito prevalentemente di tessuto adiposo che lo collega ai tessuti più profondi. Inoltre, lo strato sottocutaneo isola termicamente il corpo e lo protegge dagli urti meccanici.

Nella cute sono presenti anche vari annessi: ghiandole sudoripare e sebacee, peli e unghie (figura 1.13). La cute è formata da uno strato esterno di tessuto epiteliale, l'*epidermide*, e dal sottostante strato connettivale, il *derma*.

- L'**epidermide** è un epitelio pavimentoso pluristratificato che viene continuamente rinnovato; contiene diversi tipi di cellule epiteliali e poggia su uno strato basale, costituito da cellule in attiva proliferazione. Le più numerose sono i *cheratociti* che producono una grande

Il termine **cheratocita** al suffisso *-cita* fa precedere *cherato-*, dal greco *kéras*, «corno»; lo strato dell'epidermide in cui si trovano i cheratociti viene definito **strato corneo**.



**Figura 1.12** La cute  
In questo disegno schematico sono illustrati i vari componenti della cute umana, divisa in due strati sovrapposti: l'epidermide, più superficiale, e il derma sottostante, che a sua volta poggia sul tessuto sottocutaneo.



quantità di cheratina, una proteina fibrosa, resistente e idrorepellente. Le cellule dello strato basale (o strato germinativo) che appoggia sul derma, si dividono rapidamente generando ogni giorno milioni di nuove cellule, che vengono spinte verso gli strati più superficiali. A mano a mano che salgono, le cellule invecchiano e si arricchiscono di cheratina. Lo strato più esterno (o *strato corneo*) è costituito da cellule appiattite fortemente cheratinizzate, che muoiono e si sfaldano. L'epidermide viene sostituita interamente in un mese e mezzo. Nell'epidermide sono presenti anche particolari cellule, dette

**Melanocita** antepone al suffisso *-cita*, *melano-*, dal greco *mélas*, «nero»; bruno-nerastra è la melanina di cui sono ricchi i melanociti.

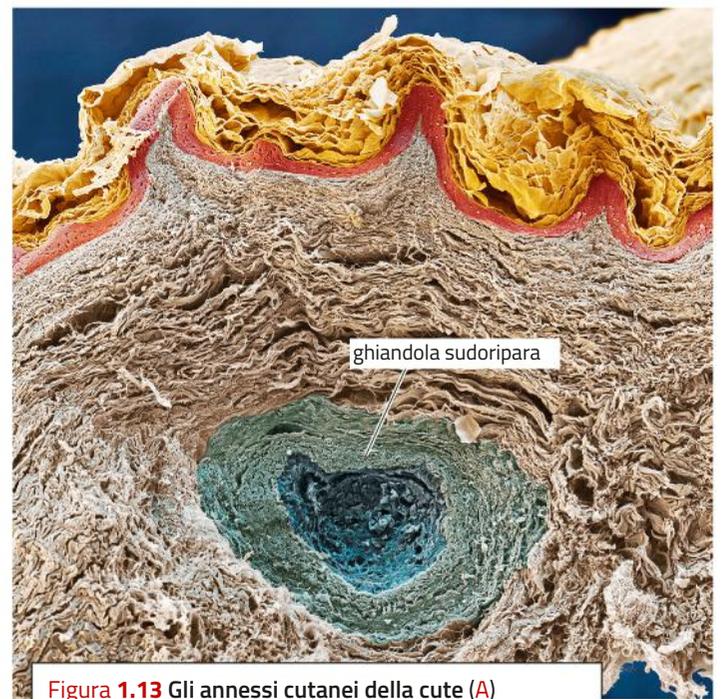
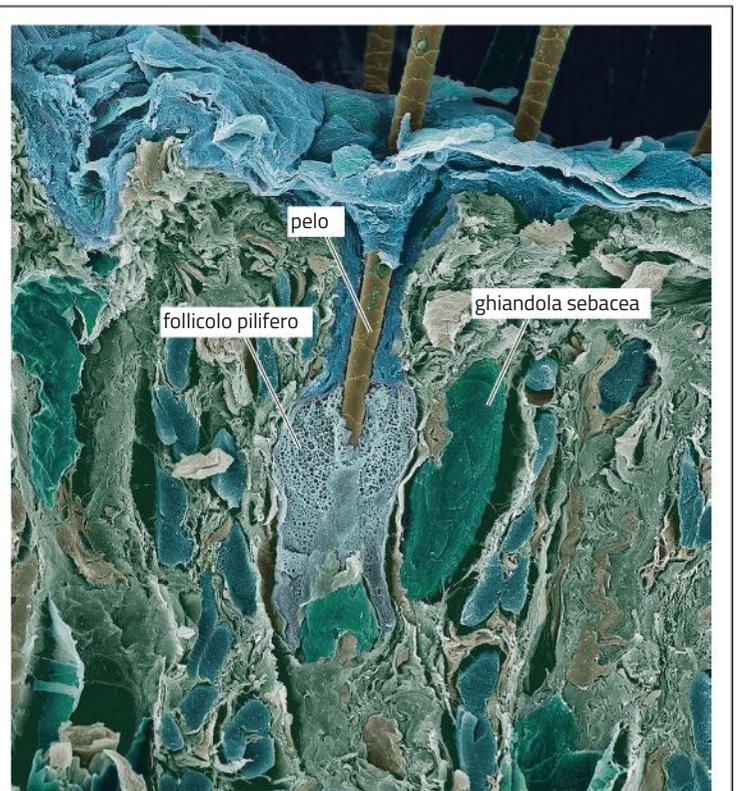
*melanociti*, che producono la *melanina*, un pigmento scuro che protegge la cute dai danni delle radiazioni solari. I melanociti hanno prolungamenti molto sottili che si insinuano fra le altre cellule dell'epidermide. Quando l'epidermide viene esposta al

Sole, la produzione di melanina aumenta e i prolungamenti formano una sorta di «ombrello» protettivo. Dall'epidermide derivano anche le ghiandole sudoripare e sebacee, che alloggiavano nel derma sottostante, e i follicoli piliferi. L'epidermide è priva di vasi sanguigni e fibre nervose.

- Il **derma**, formato da tessuto connettivo, è un materiale resistente ricco di fibre di collagene ed elastina, irrorato dai vasi sanguigni. Grazie ai meccanismi di vasodilatazione e vasoconstrizione, contribuisce alla regolazione della temperatura corporea: quando la temperatura interna sale, i vasi sanguigni del derma si dilatano e il sangue disperde calore verso l'esterno; se invece la temperatura corporea scende, i vasi vengono chiusi e il calore non si disperde. Il derma ha anche altre funzioni: contiene recettori tattili, terminazioni nervose libere per il dolore e cellule specializzate nella difesa, come i fagociti. Nel derma troviamo le *ghiandole sebacee*, che producono il sebo, un materiale oleoso che mantiene morbida la cute, e le *ghiandole sudoripare*, che producono il sudore su stimolo del sistema nervoso.

Sul torace dei mammiferi, per esempio, si trovano le **ghiandole mammarie** o mammelle, che sono ghiandole sudoripare modificate che, nelle femmine, producono il latte. Ogni mammella presenta una sporgenza pigmentata, il *capezzolo*, dove sboccano le aperture dei dotti galattofori da cui fuoriesce il latte. Internamente, ogni ghiandola è costituita da *lobi* separati da tessuto adiposo e connettivo; i lobi sono suddivisi in *lobuli* più piccoli, chiamati *alveoli*, che secernono il latte.

**Ricorda** La **cute** è il rivestimento esterno del corpo ed è formata dall'**epidermide**, lo strato esterno da cui derivano le ghiandole sebacee e sudoripare, e dal **derma**, formato da tessuto connettivo e ricco di vasi sanguigni.



**Figura 1.13** Gli annessi cutanei della cute (A)

Dettaglio al microscopio elettronico a scansione di un follicolo pilifero, dal quale emerge un pelo, con annessa ghiandola sebacea; (B) sezione della cute al microscopio elettronico a scansione, con particolare su una ghiandola sudoripara nel derma.

#### verifiche di fine lezione

#### Rispondi

- Elenca gli apparati e i sistemi presenti nel corpo umano indicandone le funzioni.
- Che ruolo svolge la membrana mucosa? E quella sierosa?
- Quali tessuti e annessi sono presenti nella cute?
- Descrivi brevemente le ghiandole mammarie.

## L'omeostasi: la regolazione dell'ambiente interno

Il nostro organismo contiene milioni di cellule in attività che necessitano di interagire con l'ambiente esterno.

La maggior parte delle cellule, però, non è a contatto diretto con l'esterno; gli scambi necessari avvengono tra le cellule e il liquido interstiziale in cui sono immerse. Questo liquido è presente in ogni tessuto e costituisce l'ambiente interno del nostro corpo, la cui composizione e temperatura devono essere mantenute costanti.

## 12 L'omeostasi garantisce l'equilibrio fisico-chimico

La capacità dell'organismo di mantenere condizioni relativamente stabili nell'ambiente interno è chiamata **omeostasi**. L'omeostasi è uno stato dinamico che richiede un lavoro notevole;

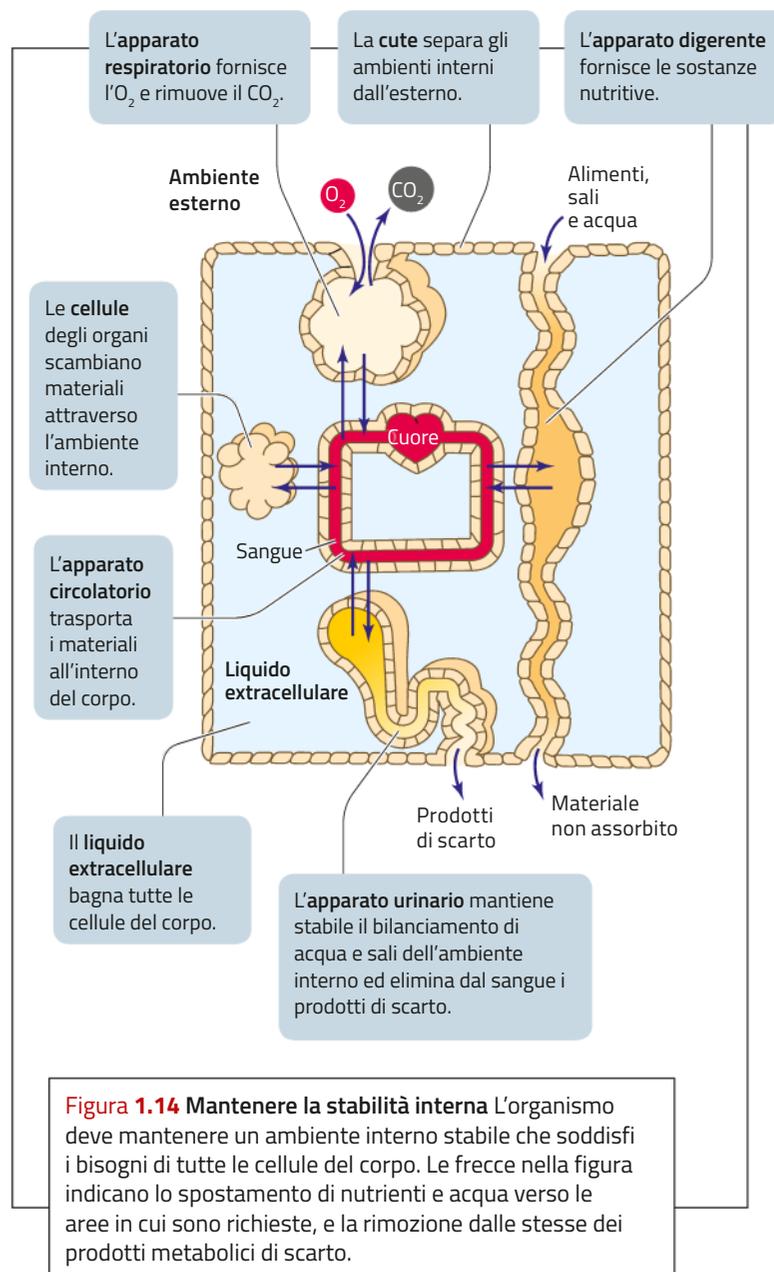
**Omeostasi** deriva dal greco *homos*, «uguale», e *stasis*, «stare fermi». Si riferisce alla capacità di mantenere costante l'ambiente interno, anche al variare di quello esterno.

l'equilibrio fisico-chimico interno, infatti, è costantemente minacciato sia dall'ambiente esterno che varia continuamente sia dall'attività metabolica delle cellule del corpo. Per garantire l'omeostasi, l'attività dell'intero organismo deve essere controllata e regolata in risposta ai cambiamenti interni ed esterni (figura 1.14).

A livello degli apparati e delle funzioni fisiologiche, le variabili più importanti da mantenere in equilibrio sono:

- la temperatura;
- l'equilibrio idrosalino;
- l'apporto dei nutrienti essenziali;
- lo scambio dei gas respiratori;
- la pressione e il volume del sangue;
- l'eliminazione delle sostanze di rifiuto tossiche.

Le attività di tutti gli apparati sono regolate (cioè accelerate o rallentate) dalle azioni di specifici segnali prodotti dai sistemi nervoso ed endocrino.



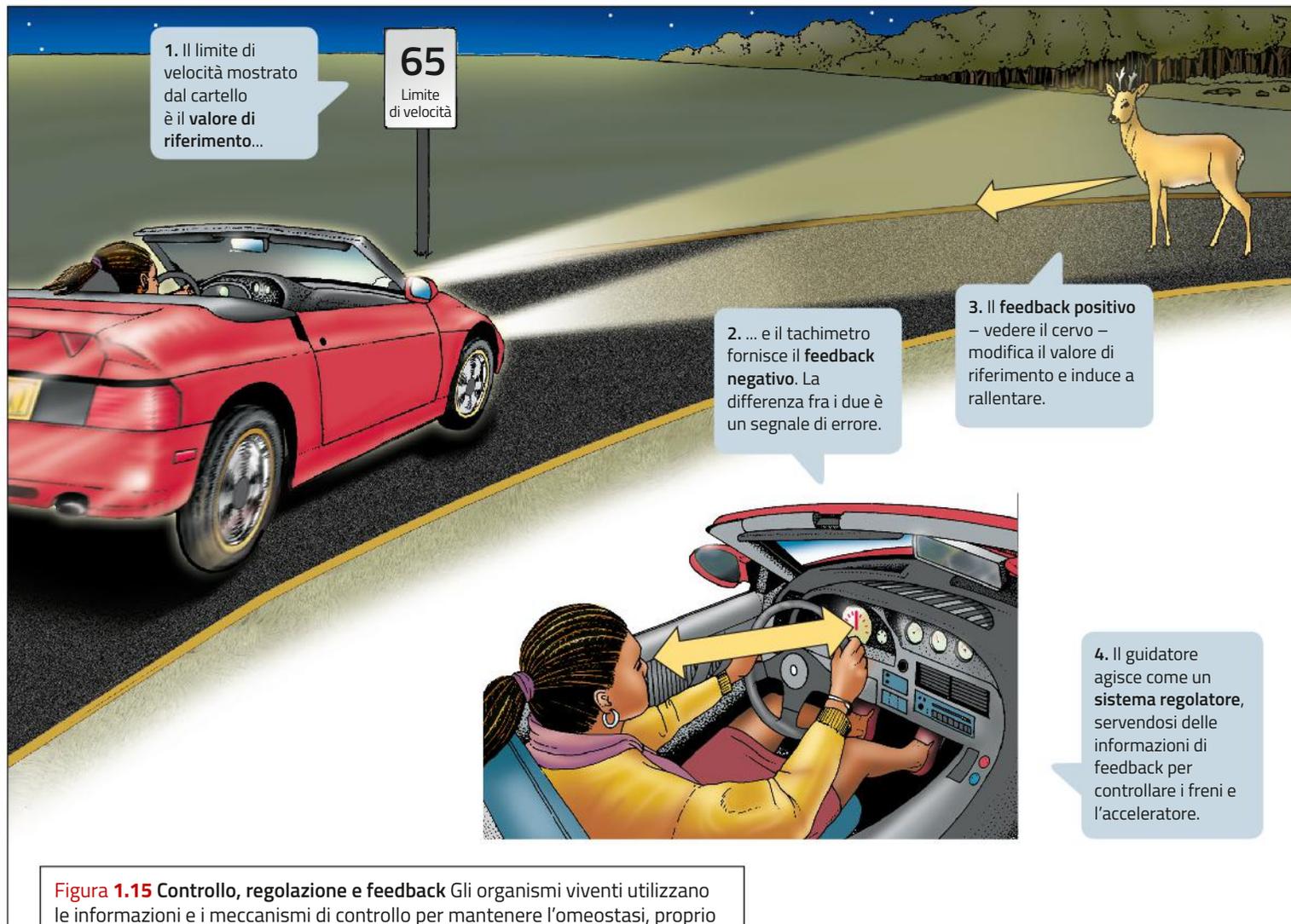
**Figura 1.14** **Mantenere la stabilità interna** L'organismo deve mantenere un ambiente interno stabile che soddisfi i bisogni di tutte le cellule del corpo. Le frecce nella figura indicano lo spostamento di nutrienti e acqua verso le aree in cui sono richieste, e la rimozione dalle stesse dei prodotti metabolici di scarto.

**Ricorda** L'**omeostasi** è la capacità dell'organismo di regolare e mantenere stabile il suo ambiente interno. Alla base di questa regolazione c'è l'azione coordinata dei sistemi nervoso ed endocrino.

## 13 I meccanismi dell'omeostasi

Il sistema di controllo comprende sempre un *recettore*, un *centro di regolazione* e un *effettore*.

1. Il **recettore** è un sensore che recepisce l'informazione relativa a un determinato fattore nell'ambiente esterno o interno e invia un segnale al sistema regolatore.
2. Il **centro di regolazione** analizza le informazioni ricevute, confrontandole con il valore di riferimento da mantenere; se riscontra un'alterazione invia un comando all'effettore.
3. L'**effettore** agisce modificando l'ambiente interno in base alle richieste del centro di regolazione.



Per esemplificare, immagina di essere alla guida di un'automobile su una strada con un limite di velocità; tu (il sistema regolatore) controlli la velocità della tua auto con l'acceleratore e i freni (gli effettori), ma quando usi l'acceleratore e i freni per regolarla devi sapere qual è la tua velocità e qual è il limite. Il limite di velocità è il valore di riferimento, e la lettura del tachimetro è l'informazione del recettore.

Quando il valore di riferimento e l'informazione del recettore vengono confrontati, ogni differenza è un segnale di errore. I segnali di errore suggeriscono azioni correttive, che tu compi attraverso l'acceleratore o il freno (figura 1.15).

Nei sistemi biologici l'effettore non si limita a realizzare la risposta, ma ogni volta invia un segnale di ritorno al centro di controllo. Tale processo, chiamato retroazione o **feedback**, influenza a sua volta l'attività del sistema regolatore, inibendola (feedback negativo) o potenziandola (feedback positivo). Il meccanismo del feedback è essenziale per definire la durata e l'entità della risposta.

Il termine **feedback** in inglese significa «rifornire all'indietro», nel senso di «reazione» a un qualche tipo di stimolo biologico.

Il *feedback negativo* è il meccanismo biologico più frequente; la parola «negativo» indica che queste informazioni spingono gli effettori a ridurre o invertire il processo che ha generato il segnale di ritorno. Il feedback negativo nei sistemi fisiologici tende a far tornare una variabile interna al valore di riferimento, da cui essa ha deviato.

In alcuni sistemi fisiologici si rilevano anche feedback positivi. Un *feedback positivo* amplifica una risposta. Esempi di feedback positivi sono le risposte che vuotano le cavità del corpo, come la minzione, la defecazione, lo starnuto e il vomito.

Questi principi di controllo e regolazione ci aiutano a capire come funziona un sistema e com'è regolato.

**Ricorda** Il **controllo dell'omeostasi** avviene grazie a un sistema che comprende sempre: un recettore, un centro di regolazione e un effettore. L'effettore può anche inviare un segnale di ritorno al centro di controllo (feedback), influenzando l'attività del regolatore.

## 14 Un esempio di omeostasi: la regolazione della temperatura corporea

Gli esseri umani, come i mammiferi e gli uccelli, sono *endotermi*: possono regolare la loro temperatura corporea in modo da mantenerla abbastanza costante, indipendentemente dalle variazioni ambientali. In genere la temperatura interna del nostro corpo oscilla in un intervallo compreso fra 35,5 e 37,5 °C; le nostre cellule, infatti, possono sopportare solo cambiamenti minimi rispetto a tali valori.

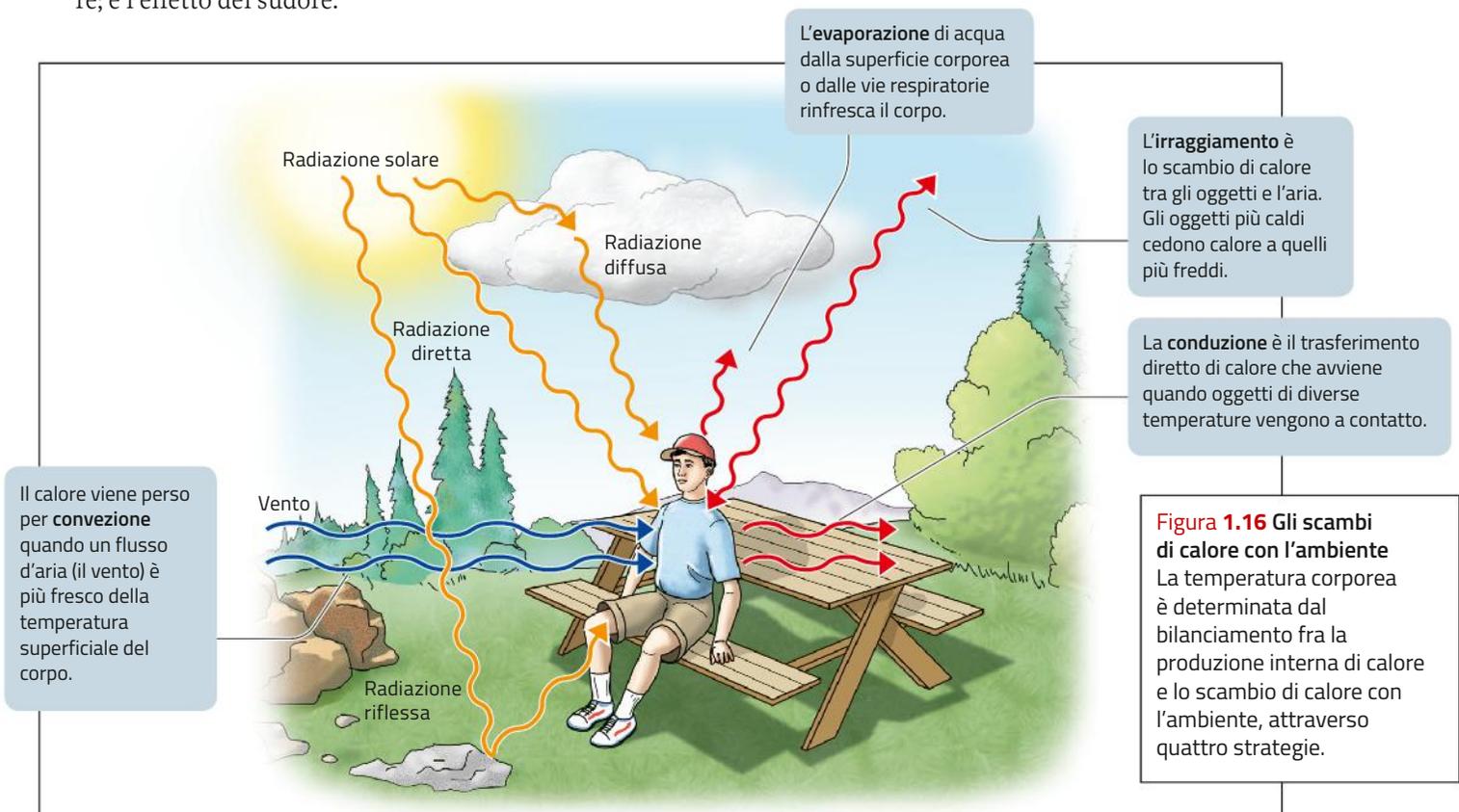
Nell'ambiente esterno, invece, la temperatura varia in un intervallo molto più ampio; per questo motivo il nostro corpo deve continuamente adattarsi a ciò che accade all'esterno, evitando la naturale dispersione del calore se l'ambiente è troppo freddo, o il surriscaldamento quando fa troppo caldo. Ricordiamo che esistono quattro possibili vie per lo scambio di calore fra il corpo e l'ambiente (figura 1.16).

1. **Irraggiamento:** questa modalità di trasferimento del calore si verifica da oggetti più caldi a oggetti più freddi attraverso lo scambio di radiazione infrarossa; è ciò che senti quando stai vicino a un caminetto acceso.
2. **Conduzione:** mettendo a contatto due oggetti a differenti temperature si verifica la conduzione; pensa a quando ti metti un impacco di ghiaccio su una caviglia slogata.
3. **Convezione:** i trasferimenti di calore per convezione sono tipici dei fluidi e avvengono grazie agli spostamenti delle particelle; ne sono un esempio le correnti d'aria o d'acqua.
4. **Evaporazione:** questo tipo di scambio termico si verifica quando l'acqua evapora da una superficie, sottraendole calore; è l'effetto del sudore.

Gli organismi endotermi regolano la temperatura corporea sia agendo sulle modalità di scambio sia regolando la produzione interna di calore, che varia in relazione alla velocità del metabolismo cellulare. Le strategie adottate sono diverse in relazione alle variazioni di temperatura.

- Quando la variazione della temperatura corporea non è eccessiva, è sufficiente modificare il flusso di sangue diretto verso la cute, aumentandolo (in questo caso il corpo si raffredda) o riducendolo (per trattenere calore).
- Quando la temperatura interna si abbassa in modo considerevole, la produzione di calore cresce accelerando la velocità del metabolismo cellulare e aumentando l'attività muscolare. Un esempio sono i *brividi*, contrazioni dei muscoli che usano l'energia contenuta nell'ATP per produrre calore.
- Quando, invece, la temperatura sale, il corpo aumenta la dispersione del calore sudando. La *sudorazione* comporta la dispersione sulla superficie corporea di acqua che evapora. Si tratta di un meccanismo molto efficace, perché l'evaporazione dell'acqua richiede una notevole quantità di calore: 1 g d'acqua, quando evapora, assorbe 2272 J (Joule), pari a circa 543 calorie. Se questa evaporazione si verifica sulla superficie cutanea, come nella sudorazione, la maggior parte del calore disperso proviene dalla cute e dal sangue sottostante.

**Ricorda** La **regolazione della temperatura corporea** in un animale endotermo è un esempio di come agisce l'omeostasi.



## 15 Il termostato dei vertebrati

I meccanismi di termoregolazione e gli adattamenti che abbiamo descritto funzionano attraverso un sistema regolatore che integra informazioni provenienti dall'ambiente e dall'organismo e invia comandi che regolano la temperatura corporea. Questo sistema regolatore, che si basa su un meccanismo a feedback, può essere considerato come un *termostato*.

Dove si trova il termostato dei vertebrati? Il suo centro integrativo principale è situato alla base del cervello, in una struttura chiamata **ipotalamo**.

L'ipotalamo registra le variazioni di temperatura grazie a un sistema di recettori: quando la temperatura supera (o scende al di sotto) il valore «impostato», attiva le risposte opportune per invertire la variazione. L'ipotalamo può integrare diverse altre fonti di informazione e può modificare tale valore in relazione a esigenze specifiche. Per esempio, la temperatura corporea viene mantenuta più elevata durante la veglia che durante il sonno.

**Ricorda** La termoregolazione e altri adattamenti biologici agiscono attraverso un sistema regolatore che può essere paragonato a un termostato. Il centro di integrazione di questo sistema è l'**ipotalamo**, una struttura posta alla base del cervello.

### verifiche di fine lezione

#### Rispondi

- A Che cosa significa il termine «omeostasi»?
- B Quali variabili bisogna controllare per garantire l'equilibrio omeostatico del corpo umano?
- C Come è organizzato un sistema di controllo con feedback negativo?
- D Qual è la funzione della febbre?



## La febbre, una «trovata» contro le infezioni

Gli antichi Greci, tra i quali il padre della medicina Ippocrate, consideravano la febbre come un segno positivo per valutare il possibile decorso di un'infezione. Erano davvero solo credenze?

**F**ino a non molti anni fa, la febbre era considerata un fastidio da eliminare, quasi fosse essa stessa una malattia e non un sintomo di un'infezione in corso. Da qualche tempo, tuttavia, il vecchio buon senso ha trovato conferma anche nelle teorie scientifiche, e la teoria dell'evoluzione giunge a fornire il dovuto sostegno al sapere tradizionale.

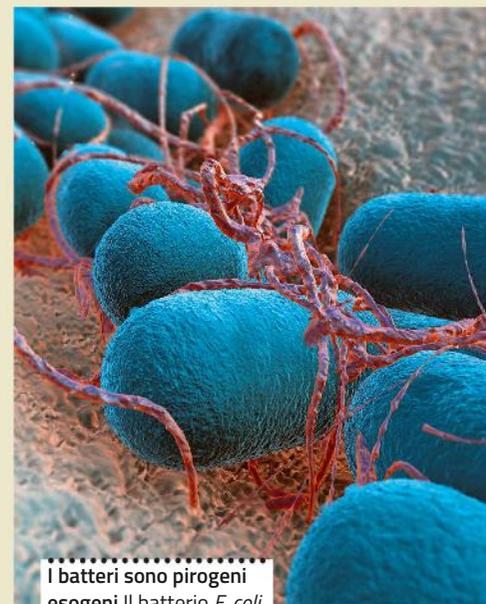
La febbre è un aumento della temperatura che il nostro organismo genera in risposta all'esposizione a sostanze chiamate **pirogeni**.

I *pirogeni esogeni* provengono da sostanze estranee, come batteri o virus che invadono il corpo; i *pirogeni endogeni* sono, invece, prodotti dalle cellule del sistema immunitario in risposta a un'infezione. La presenza nell'organismo di un pirogeno provoca un aumento del valore «impostato» dall'ipotalamo per la produzione di calore metabolico.

Se la febbre fosse soltanto un fastidio derivante dalla malattia, ci si potrebbe chiedere per quale ragione esistano anche i pirogeni endogeni. La risposta è che la febbre accelera le reazioni di risposta all'infezione. Essa infatti rende più rapido l'afflusso dei globuli bianchi e ne stimola l'attività, così come stimola l'azione dell'interferone, una molecola coinvolta nella risposta immunitaria. Inoltre, l'aumento della temperatura può favorire la denaturazione di alcune tossine prodotte dai microrganismi patogeni.

Poiché la febbre è frutto di un adattamento evolutivo, si tratta di un meccanismo ben lungi dall'essere perfetto. Una febbre elevata e prolungata può causare seri danni. Pazienti affetti da *iperpiressia*, vale a dire con temperature che oltrepassino i 41 °C, vanno trattati con tempestività per evitare che il rialzo termico li possa condurre alla morte.

L'uso attento di farmaci antipiretici, come il paracetamolo o l'aspirina, può consentire di controllare il rialzo termico, mantenendolo entro i limiti in cui i benefici sono massimi e i danni trascurabili.



**I batteri sono pirogeni esogeni** Il batterio *E. coli* può provocare infezioni e febbre.

## La rigenerazione dei tessuti

I tessuti del nostro corpo sono strutture dinamiche in cui si realizza un particolare equilibrio tra proliferazione, differenziamento e morte cellulare. Nell'adulto le cellule sono sottoposte a usura, anche se in modo differente a seconda dei tessuti, e inoltre possono essere danneggiate da fattori esterni e malattie. Alcuni tessuti si rigenerano attraverso il ricambio cellulare.

## 16 La capacità di rigenerarsi dipende dal tessuto

Non tutti i tessuti conservano una buona capacità rigenerativa. Alcuni tessuti, come il sangue e gli epitelii, sottoposti a forte usura, si rigenerano continuamente; l'epitelio del tratto digerente viene rinnovato all'incirca ogni cinque giorni, lo strato superficiale della cute ogni due settimane e le cellule del sangue ogni quattro mesi. Altri tessuti, come quello del fegato, si mantengono stabili e sembrano rigenerarsi con molta lentezza (il fegato si rinnova in circa 1-2 anni), ma dimostrano una straordinaria capacità rigenerativa quando vengono danneggiati. Alcuni tessuti, come il tessuto nervoso e il tessuto muscolare cardiaco, perdono quasi del tutto la capacità rigenerativa già poco tempo dopo la nascita e non sono in grado di rinnovarsi quando subiscono un danno. La capacità rigenerativa dei tessuti dipende da due fattori diversi:

1. la presenza nel tessuto di cellule indifferenziate, chiamate **cellule staminali**;
2. la presenza di segnali che stimolano o bloccano la divisione per mitosi e il differenziamento delle staminali.

**Ricorda** Le cellule che muoiono possono essere sostituite grazie alla **rigenerazione dei tessuti**. La capacità di rigenerarsi varia a seconda del tipo di tessuto, alcuni come il sangue si rigenerano continuamente, altri come quello nervoso perdono questa capacità dopo la nascita.

## 17 Le cellule staminali possono avere potenzialità diverse

Le cellule staminali sono i precursori di tutte le cellule che compongono gli organi di un individuo. Entrano in gioco principalmente in due occasioni: durante lo sviluppo e l'accrescimento, producendo le cellule che costituiranno l'individuo adulto; quando le cellule dei tessuti sono danneggiate o usurate, dando luogo alle cellule di sostituzione.

**Staminale** deriva da *stame*, l'organo riproduttore maschile dei fiori.

Tutte le cellule staminali hanno le seguenti caratteristiche:

- non svolgono un'attività specifica all'interno dell'organismo, se non quella di costituire una riserva di «cellule di ricambio»;
- sono in grado di riprodursi molte volte dando origine a cellule identiche a se stesse;
- in presenza di appositi stimoli, si trasformano in cellule con funzioni specifiche (come cellule del muscolo, del cervello o del fegato).

Le cellule staminali vengono classificate in quattro gruppi principali, in base alle loro caratteristiche.

1. Staminali **unipotenti**, che possono dare origine a *un solo tipo* di cellula. Per esempio, nel midollo osseo esistono cellule staminali che sono in grado di dare origine solo ai globuli rossi e non ai globuli bianchi.
2. Staminali **multipotenti**, che possono dare origine ad *alcuni tipi* di cellule. Sempre nel midollo osseo, esistono delle cellule staminali da cui si originano più tipi di staminali unipotenti.
3. Staminali **pluripotenti**, che originano *molti* tipi di cellule, per esempio le cellule embrionali del feto e del cordone ombelicale (vedi foto nella **figura 1.17**).
4. Staminali **totipotenti**, che danno origine a *tutte* le possibili cellule di un organismo.

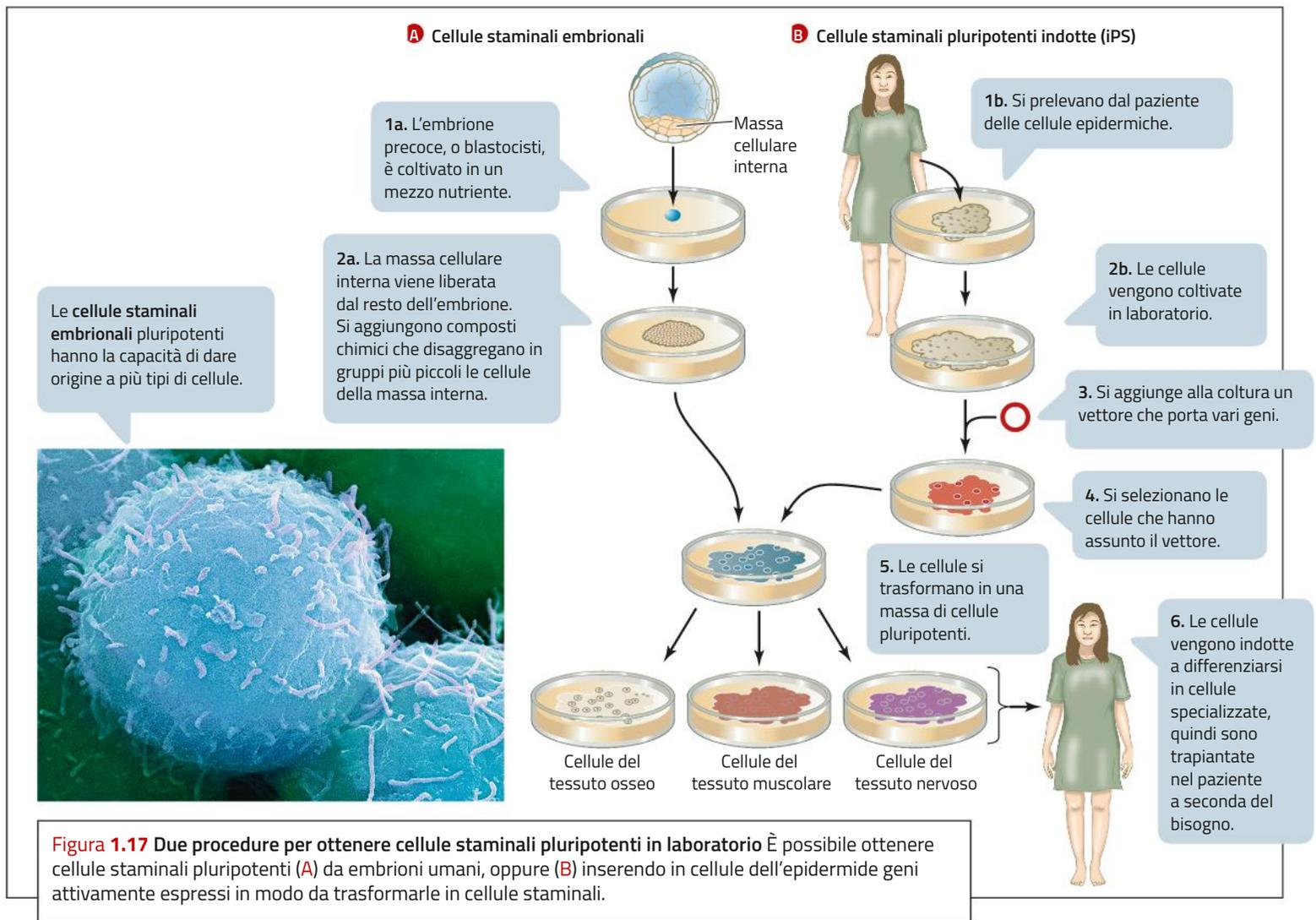
Secondo studi recenti, solo le cellule dei primissimi stadi della vita embrionale sono totipotenti, possono cioè generare un nuovo embrione e tutti gli annessi embrionali come la placenta.

A mano a mano che lo sviluppo embrionale procede, le cellule si modificano: prima perdono la capacità di generare gli annessi embrionali (cellule pluripotenti), poi si specializzano e diventano multipotenti. In vari tessuti dell'adulto perdurano cellule staminali multipotenti, e unipotenti.

**Ricorda** Particolari cellule indifferenziate, dette **staminali**, sono i precursori di tutte le cellule dell'organismo e permettono la rigenerazione dei tessuti. In base alle loro caratteristiche, le staminali sono classificate in: unipotenti, multipotenti, pluripotenti e totipotenti.

## 18 Le staminali adulte

Nell'adulto, le staminali si dividono producendo altre cellule che si differenziano per sostituire le cellule morte e mantenere l'integrità dei tessuti. La potenzialità rigenerativa del tessuto dipende innanzitutto dal numero di cellule staminali presenti. Nei tessuti



che si rinnovano continuamente, il numero di staminali è molto elevato, ma sembra che alcune siano presenti anche nel sistema nervoso e nel muscolo cardiaco.

Il numero di staminali non è l'unico fattore decisivo per l'equilibrio di un tessuto. Infatti la proliferazione e il differenziamento delle cellule staminali multipotenti e unipotenti (nell'adulto e nell'embrione) non sono mai lasciati al caso, ma avvengono «a richiesta», cioè in risposta a specifici segnali come i fattori di crescita o gli ormoni. Durante la vita embrionale anche le cellule vicine possono influire sul differenziamento delle cellule staminali.

Le cellule staminali di tessuti diversi non rispondono in modo identico ai fattori di crescita o agli ormoni; per esempio, quelle del tessuto nervoso, diventano quiescenti poco dopo la nascita.

Identificare i meccanismi che inducono una cellula staminale a riprodursi è un punto chiave delle ricerche sulla rigenerazione e sull'invecchiamento cellulare. Capire come indurre la proliferazione di staminali potrebbe aprire nuovi scenari anche per i trapianti, campo in cui sono stati raggiunti importanti risultati soprattutto per le staminali del sangue.

Un altro filone di ricerca riguarda la possibilità di «azzerare» la specializzazione delle staminali adulte lasciando invariato il

loro potenziale riproduttivo, allo scopo di generare staminali di tessuti diversi. Questa trasformazione si chiama *transdifferenziazione*. Studi recenti hanno dimostrato che in alcuni animali le cellule staminali multipotenti sono dotate di una certa plasticità e possono andare incontro a transdifferenziazione.

Alcune ricerche hanno mostrato che le cellule dell'epidermide possono essere «alterate» e diventare pluripotenti; queste cellule vengono indotte a differenziare in molti tessuti. I ricercatori le hanno chiamate cellule iPS (cellule staminali pluripotenti indotte, **figura 1.17**).

**Ricorda** La potenzialità rigenerativa dei tessuti dipende dal numero di **cellule staminali adulte** presenti e da specifici segnali, fattori di crescita e ormoni, che inducono le staminali a riprodursi e a differenziarsi.

**verifiche di fine lezione**

**Rispondi**

- A** Quali sono le proprietà delle cellule staminali?
- B** Esistono diverse categorie di cellule staminali: dove si trovano e quali funzioni svolgono?
- C** Che cos'è la transdifferenziazione?

## Limits to performance



Paula Radcliffe collapsed from heat stress during the 2004 Olympic marathon: when the body is subjected to extreme heat, its homeostatic mechanisms may fail.

The 2008 New York City Marathon took place on a cold, clear, windy day in November. For the third time, the first-place woman in this 42-km race was world record holder Paula Radcliffe. Radcliffe had also been expected to win the women's marathon in the 2004 Olympics. But that race took place on an extremely hot (a high of 34°C), humid day in Athens. Overcome by heat stress, Radcliffe collapsed 6 km from the finish line. In contrast, the average temperature for the three New York marathons Radcliffe won was 7°C.

Based on a survey of many marathons, elite runners have their best times when temperatures are below 10°C; higher temperatures can mean serious problems. The 2012 Boston Marathon coincided with an unseasonable April heat wave, with temperatures exceeding 27°C. During the course of the race, 120 runners were rushed to hospitals with severe heat stress.

When a person's internal body temperature rises above 40°C, major organs begin to fail, a condition known as heat stroke. Every year some athletes suffer heat stroke, which leads to death in a high percentage of cases. Soldiers in desert environments are at extreme risk of heat stroke, as are workers in many occupations, including firefighting, agriculture, and construction.

### The importance of losing heat

Why is heat stroke a particular danger for those who must be active in the heat? The short answer is that working muscles generate heat. That heat leaves the muscles in the blood and is circulated around the body, raising the temperature of the body's internal tissues. Although some of the heated blood flows to the skin, where heat can be lost to the environment, humans are subject to the problems faced by all mammals in losing excess heat. First, their normal internal temperatures are not far from the environmental temperatures that cause heat stress, so they don't have much of a safety zone. Second, most mammalian skin surfaces are covered with an insulating layer of fur—great for conserving body heat in cold environments, but an impediment to heat loss in warm ones.

Evolutionary adaptation in mammals has resulted in the efficient heat-loss portals of non-furred areas such as the nose, tongue, and footpads. In these areas, specialized blood vessels can open up and act like radiators to disperse heat (conversely, these portals can close down to conserve heat). Humans are not furred, but our evolutionary ancestors were, and we retain these general mammalian blood vessel adaptations in our hands, feet, and face (which is why we blush).

### Answer the questions

- 1 What are the most at risk workers of heat stroke? Why?
- 2 Do human beings display any adaptations to control body temperature?
- 3 How do furred mammals control temperature homeostasis?

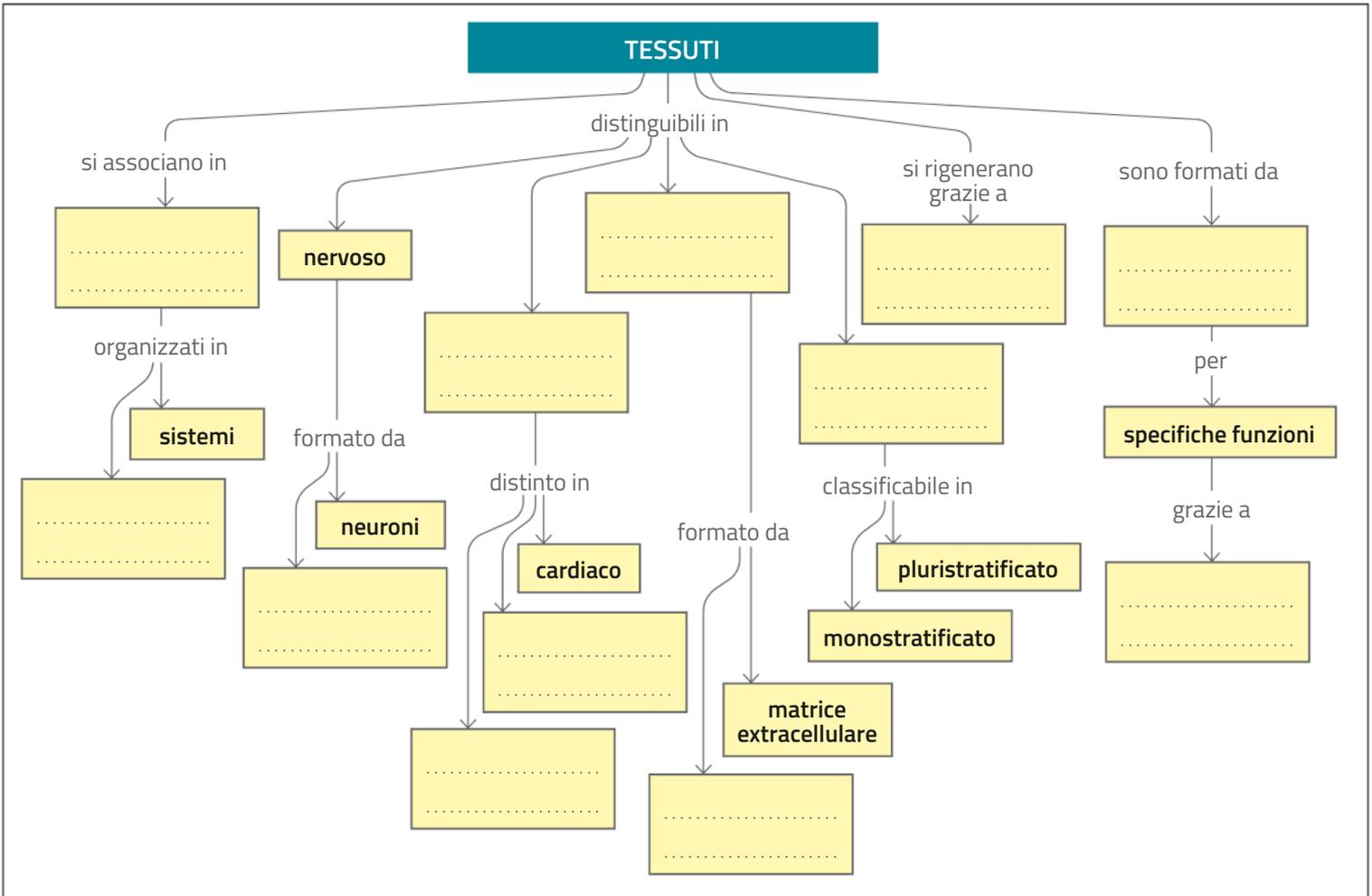
Ripassa con la **SINTESI DEL CAPITOLO** (italiano e inglese)

Costruisci la tua **MAPPA INTERATTIVA**

**ZITE ONLINE** Mettiti alla prova con 20 esercizi interattivi

**1 Completa la mappa inserendo i termini mancanti.**

cellule specializzate / connettivo / cellule / liscio / apparati / cellule gliali / epiteliale / cellule staminali / espressione genica differenziata / muscolare / scheletrico striato / organi



**2 Dai una definizione per ciascuno dei seguenti termini associati.**

membrana basale:	Sottile rivestimento che delimita le cellule di tutti gli esseri viventi.
membrana plasmatica:	.....
epiteli di rivestimento:	Ricoprono e proteggono la superficie esterna e le cavità interne.
epiteli ghiandolari:	.....
conduzione:	.....
convezione:	Trasferimenti di calore tipici dei fluidi, dovuti allo spostamento delle particelle.
irraggiamento:	.....
evaporazione:	.....
pluripotente:	.....
totipotente:	.....
multipotente:	Cellule che possono dare origine solo ad alcuni tipi cellulari.
collagene:	Proteina dei tessuti connettivi che forma fibre forti e resistenti all'allungamento.
elastina:	.....

## Test a scelta multipla

**3** Quale tra le seguenti affermazioni relative ai tessuti è corretta?

- (A) cellule di tessuti diversi possiedono gli stessi geni
- (B) cellule di tessuti diversi svolgono funzioni analoghe
- (C) cellule di tessuti diversi possiedono le stesse proteine
- (D) tessuti diversi possiedono lo stesso tipo di cellule

**4** Nel corpo umano non è presente

- (A) l'epitelio di rivestimento
- (B) l'epitelio motorio
- (C) l'epitelio sensoriale
- (D) l'epitelio ghiandolare

**5** Scegli il completamento errato riguardante le struttura e le funzioni dei tessuti epiteliali.

- (A) contengono cellule di forma cilindrica, cubica o appiattita
- (B) possono avere funzione di rivestimento
- (C) contengono vasi sanguigni
- (D) possono essere monostratificati o pluristratificati

**6** Le ghiandole endocrine differiscono da quelle esocrine perché

- (A) secernono sostanze all'interno del corpo e non sulla superficie esterna
- (B) sono prive di un dotto escretore e riversano i loro prodotti nel sangue
- (C) sono controllate da specifici ormoni e non dal sistema nervoso
- (D) derivano da un tessuto connettivo specializzato e non da quello epiteliale

**7** Tutte le cellule muscolari

- (A) si contraggono in risposta a stimoli nervosi
- (B) sono caratterizzate dalla presenza di numerosi nuclei
- (C) contengono proteine contrattili
- (D) si riconoscono per via della caratteristica striatura

**8** Individua quale di questi non è un tessuto connettivo.

- (A) il sangue
- (B) il tessuto osseo
- (C) l'epidermide
- (D) la cartilagine

**9** Nel tessuto nervoso

- (A) sono presenti due tipi di cellule eccitabili: neuroni e cellule gliali
- (B) ogni neurone possiede un assone e un dendrite
- (C) le cellule nervose sono fuse in una rete continua
- (D) le cellule nervose trasmettono impulsi in una sola direzione

**10** Quale tra le seguenti affermazioni riguardanti apparati e sistemi è errata?

- (A) sistemi e apparati sono formati da organi che cooperano per svolgere specifiche funzioni
- (B) nel nostro corpo troviamo sei apparati e cinque sistemi
- (C) sono formati da organi che possono essere sia vicini sia lontani tra loro
- (D) in un apparato ci sono organi aventi la stessa origine embrionale

**11** Le membrane sierose

- (A) rivestono le cavità che comunicano con l'esterno
- (B) rivestono organi come i polmoni e l'intestino
- (C) sono a singolo strato
- (D) bloccano in modo rigido gli organi in una posizione fissa

**12** Individua il completamento errato a proposito delle cavità del corpo.

- (A) sono due e contengono gli organi
- (B) si distinguono in dorsale e ventrale
- (C) la cavità dorsale ospita l'intestino e i reni
- (D) la cavità ventrale ospita il cuore e i polmoni

**13** Quale tra le seguenti affermazioni relative alla cute è errata?

- (A) è formata da epidermide e derma
- (B) possiede recettori di senso
- (C) può essere considerata un organo
- (D) poggia su uno strato di tessuto adiposo

**14** Le condizioni che consentono a un tessuto di rigenerarsi sono

- (A) la presenza di cellule specifiche per sostituire quelle danneggiate
- (B) la capacità dei tessuti circostanti di modificarsi opportunamente
- (C) l'arrivo di specifici segnali attraverso il sistema nervoso
- (D) la presenza di cellule staminali e di specifici segnali che stimolano la mitosi

**15** L'omeostasi viene definita come

- (A) la capacità di mantenere condizioni relativamente stabili nell'ambiente interno
- (B) la capacità di bloccare i cambiamenti che avvengono nell'ambiente interno
- (C) l'attività che consente di rallentare tutti i processi fisiologici
- (D) la capacità di mantenere relativamente costante la temperatura corporea

**16** La temperatura corporea

- (A) è regolata grazie a una struttura presente nel cervello, l'ipofisi
- (B) dipende dall'interazione tra recettori interni ed esterni e l'ipotalamo
- (C) dipende soltanto da fattori esterni all'organismo
- (D) è costante durante tutto l'arco della giornata

**17** Le cellule staminali

- (A) svolgono un'attività precisa all'interno dell'organismo
- (B) sono localizzate in un'unica regione del corpo, ovvero la milza
- (C) pluripotenti danno origine a gran parte dei tipi cellulari
- (D) totipotenti e multipotenti svolgono le stesse funzioni

## Test yourself

- 18**  Which of the following statements characterizes the protein elastin?
- (A) it functions predominantly in muscle tissue to resist excess stretching
  - (B) it is found predominantly in epithelial tissue
  - (C) it is found in the extracellular matrix of connective tissue
  - (D) it is the most abundant protein in the body
  - (E) it is responsible for the elasticity of the long extensions of neurons.
- 19**  Which of the following choices would cause a decrease in the hypothalamic temperature set point for metabolic heat production?
- (A) entering a cold environment
  - (B) taking an aspirin when you have a fever
  - (C) arousing from hibernation
  - (D) getting an infection that causes a fever
  - (E) cooling the hypothalamus
- 20**  Which of the following statements best describes the position of a tissue in the level of organization of the human body?
- (A) tissues are the most important level of organization
  - (B) tissues are between cells and organs in the levels of organization
  - (C) tissues are the most complex level of organization
  - (D) tissues are between organs and systems in the levels of organization
  - (E) none of the above
- 21**  Which of the following is not a type of connective tissue?
- (A) bone
  - (B) cartilage
  - (C) blood
  - (D) collagen
  - (E) ligament

- 22**  Which of the following statements about muscle tissue is false?
- (A) in the cardiac muscle tissue, cells are striated
  - (B) skeletal muscle fibers are long and cylindrical striated cells
  - (C) in the smooth muscle tissue, cells are striated
  - (D) skeletal muscle tissue is under control of the nervous system
  - (E) muscle tissue can be skeletal, cardiac or smooth
- 23**  Epithelium plays all of the following roles in organisms except
- (A) secretion
  - (B) transport
  - (C) protection
  - (D) preventing leakage of fluids from an organ system into surrounding tissue
  - (E) cushioning, lubricating, and insulating other tissue.
- 24**  Negative feedback loops
- (A) generally lead to highly unstable internal physiological conditions
  - (B) cause internal conditions to deviate from the normal range
  - (C) are part of larger, positive feedback systems
  - (D) rely on sensors to trigger effectors to alter an organism's internal environment
  - (E) none of the above
- 25**  The term «homeostasis» describes
- (A) the body's use of physical and chemical processes to maintain a consistent internal environment
  - (B) the biochemical processes associated with the maintenance of body temperature
  - (C) the metabolic patterns of active (versus stationary) animals
  - (D) the metabolic patterns of stationary (versus active) animals
  - (E) the health benefits of a sedentary lifestyle

## Verso l'Università

- 26** Quale dei seguenti livelli di organizzazione negli organismi viventi comprende tutti gli altri?
- (A) tessuto
  - (B) cellula
  - (C) apparato
  - (D) organo
  - (E) organulo cellulare

*[dalla prova di ammissione a Medicina Veterinaria, anno 2009]*

- 27** Le cellule olfattive sono presenti in un tessuto:
- (A) epiteliale
  - (B) connettivo lasso
  - (C) adiposo
  - (D) connettivo denso
  - (E) cartilagineo

*[dalla prova di ammissione a Medicina e a Odontoiatria, anno 2012]*

- 28** «Tessuto caratterizzato da notevoli doti di resistenza e di elasticità. Svolge un ruolo di sostegno strutturale all'interno dell'organismo. È costituito da cellule disperse in una abbondante matrice extracellulare gelatinosa, ricca di fibre (responsabili dell'elasticità) e di sostanza amorfa di origine proteica.» Tale definizione si riferisce al:
- (A) tessuto cartilagineo
  - (B) tessuto osseo
  - (C) tessuto muscolare
  - (D) tessuto epiteliale
  - (E) tessuto nervoso

*[dalla prova di ammissione a Medicina e Chirurgia, anno 2008]*

### 29 Leggi e completa le seguenti frasi riferite agli epitelii.

- Tutti gli epitelii poggiano su una ..... basale, che funge da appoggio.
- La presenza di ..... tra le cellule epiteliali le connette strettamente.
- Gli epitelii di ..... ricoprono e proteggono le cavità interne.
- Alcuni epitelii sono ..... cioè sono formati da un solo strato di cellule.

### 30 Leggi e completa le seguenti frasi riferite ai connettivi propriamente detti.

- I connettivi propriamente detti si distinguono da quelli definiti .....
- Il ..... è la sostanza più presente nelle fibre del connettivo denso.
- Quando vi sono diversi tipi di fibre, si parla di connettivo ..... tipico degli spazi tra gli organi.
- Un connettivo propriamente detto è il tessuto ..... con funzioni di riserva di energia.

### 31 Leggi e completa le seguenti frasi riferite alle ghiandole.

- Gli epitelii ghiandolari sono costituiti da cellule che producono e ..... diverse sostanze: latte, ....., sudore, .....
- Determinati epitelii di rivestimento contengono ..... disperse nel tessuto.
- La maggior parte delle ghiandole è costituita da ..... che formano ..... che si piega e si inflette, invadendo il tessuto sottostante.
- Le ghiandole possono essere di due tipi: ..... ed .....

### 32 Leggi e completa le seguenti frasi riferite alle membrane interne.

- Le membrane ..... rivestono le cavità che comunicano con l'esterno, come ..... o l'interno dello stomaco.
- La superficie delle mucose è ..... e lubrificata da .....
- Le membrane ..... rivestono le cavità non comunicanti con ..... e gli organi in esse contenute.
- Gli organi come cuore, ..... e intestino, grazie alle loro membrane, si muovono senza ....., mantenendo la posizione corretta.

### 33 Descrivi brevemente la funzione principale dei seguenti sistemi e apparati e indica quali di essi sono sistemi e quali apparati, chiarendone la differenza.

- endocrino
- immunitario e linfatico
- scheletrico
- tegumentario
- urinario

### 34 Indica le due affermazioni corrette relative ai tessuti e motiva le tue risposte.

- tutte le cellule del tessuto nervoso sono eccitabili
- il sangue, pur essendo liquido, è un tessuto
- l'osso non è un vero e proprio tessuto perché non contiene cellule vive
- la funzione di alcuni epitelii è quella di rivestire parti dell'organismo

### 35 Le cellule di Schwann sono cellule altamente specializzate che si avvolgono attorno agli assoni isolandoli e regolandone la funzionalità. Per questo motivo puoi ipotizzare che le cellule di Schwann

- facciano parte delle cellule gliali
- siano neuroni altamente specializzati
- siano cellule eccitabili
- siano dannose per i neuroni

**Motiva la tua risposta precisando la differenza sostanziale tra neuroni e cellule gliali.**

### 36 Indica quali tra le seguenti affermazioni relative alle cellule staminali sono corrette e poi motiva le tue risposte.

- alcuni tessuti si rigenerano continuamente
- qualunque cellula può diventare staminale, se opportunamente stimolata
- le cellule totipotenti non si trovano negli organismi adulti
- la transdifferenziazione si realizza soltanto in laboratorio

## SPIEGA

**37** Per ogni tipo di tessuto si può evidenziare una stretta relazione tra la struttura e la funzione svolta.

Descrivi i tessuti che hai studiato sulla base di questa chiave di lettura e cita almeno un tessuto per ogni tipo, a titolo di esempio.

## PRECISA

**38** Il tessuto cardiaco possiede alcune caratteristiche speciali. Indica quali e chiariscine l'importanza funzionale.

## ANALIZZA E DEDUCI

**39** L'artrosi (meglio definita osteoartrosi) è una malattia degenerativa che determina usura della cartilagini e insorge nella maggior parte degli individui sopra i 65 anni. Infatti, se la cartilagine viene distrutta più velocemente della sua capacità di rigenerazione, si assottiglia, diminuisce la produzione delle proteine della matrice extracellulare e aumenta il contenuto di fluidi; il tessuto diventa, quindi, meno resistente e meno protettivo.

Osserva la tabella e indica quale dei tessuti riportati può essere stato prelevato da una soggetto affetto da osteoartrosi.

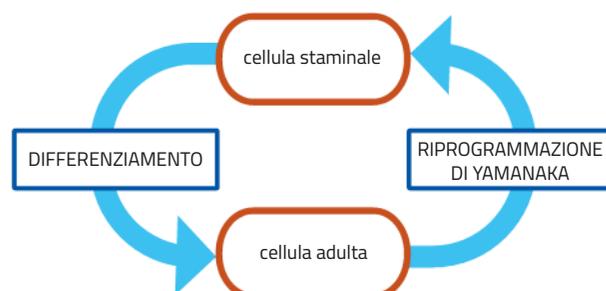
Paziente	Condrociti (%)	Collagene e proteoglicani (%)	H <sub>2</sub> O (%)
A	1,9	37,1	61,0
B	1,8	23,0	75,2
C	1,8	34,4	63,8

## DEFINISCI

**40** Definisci quali sono le caratteristiche di una cellula staminale e spiega quali sono le differenze tra cellule staminali embrionali e adulte.

## RICERCA

**41** S. Yamanaka ha ricevuto il premio Nobel nel 2012 per le sue ricerche sulle cellule staminali pluripotenti indotte (iPS). Aiutandoti con il disegno qui sotto, ricerca brevemente in rete in che cosa consisteva il lavoro di ricerca per cui è stato premiato e perché risulta così innovativo.



## SCHEMATIZZA

**42** Costruisci una mappa concettuale che evidenzi i meccanismi che contribuiscono a mantenere costante la temperatura corporea nell'*Homo sapiens*. Utilizza anche le seguenti parole chiave:

- ipotalamo
- capillari periferici
- sudorazione
- brividi

## RIFLETTI

**43** Da circa una decina d'anni l'epidermide può essere coltivata in laboratorio a partire da cellule staminali estratte dal prepuzio reciso dei neonati. In sole tre settimane l'epidermide viene coltivata e poi innestata su gravi ustionati.

Recentemente alcuni centri di ricerca inglesi e americani sono riusciti a ricostruire in laboratorio lembi di cute.

Spiega perché questo viene considerato un ulteriore passo avanti e perché questa cute può essere utilizzata per curare ferite più profonde. Quali altre strutture dovrebbero idealmente essere inserite per migliorare ancora le prestazioni degli organi di sintesi?

## METTI IN RELAZIONE

**44** La reazione qui riportata rappresenta la respirazione cellulare.



Immagina una cellula muscolare del bicipite, che usa questa reazione per ricavare l'energia necessaria per contrarsi.

Spiega quali apparati le consentono di avere a disposizione i due reagenti che servono per la reazione e attraverso quali apparati verrà eliminato il diossido di carbonio prodotto.