



capitolo 10

CENNI DI TERMINOLOGIA ISTOLOGICA E ANATOMICA



OBIETTIVI DI CAPITOLO

- Breve sintesi sull'organizzazione dei tessuti del corpo umano e dei Vertebrati

10.1 ORGANIZZAZIONE GERARCHICA DEL VIVENTE

Come già richiamato nel par. 1.1, gli organismi viventi sono caratterizzati da un'organizzazione gerarchica dei propri costituenti organici, in quanto i livelli inferiori si integrano armonicamente in quelli superiori, come le cellule nei tessuti, i tessuti negli organi, gli organi nei sistemi o apparati, e così via (Fig. 1.6). L'anatomia, comparata e umana, si occupa

in modo più specifico del livello degli apparati o sistemi d'organo, ma è utile fare un sintetico richiamo ai livelli organizzativi sottostanti (in particolare quelli tissutale e di organo), soprattutto per quei riferimenti terminologici utili per comprendere l'organizzazione morfologica degli apparati di cui ci occuperemo più in dettaglio.

10.2 TESSUTI

Riguardo al livello istologico, i tessuti sono gruppi di cellule simili sia dal punto di vista della forma sia da quello della funzione. Nel corpo di un vertebrato sono presenti tessuti che ne delimitano la superficie, che ne sostengono la struttura e che par-

tecipano ai movimenti o che contribuiscono all'omeostasi, al metabolismo energetico e alla comunicazione. Questi ruoli importanti possono essere riassunti classificando i tessuti in quattro categorie principali (Tab. 10.1).

TABELLA 10.1

Descrizione schematica dei principali tessuti.

Tessuto	Definizione	Localizzazione tipica
Epiteliale	Tessuto composto da uno o più strati di cellule strettamente connesse che rivestono la superficie di un organo o formano ghiandole. Può avere funzioni protettive, di secrezione e assorbimento.	Epidermide, rivestimento interno del canale digerente e del sistema respiratorio, fegato e altre ghiandole.
Connettivo	Tessuto caratterizzato da una matrice extracellulare in cui le cellule sono immerse; spesso con funzione di sostegno e protezione.	Tendini e legamenti, cartilagine e osso, derma, sangue.
Muscolare	Tessuto formato da cellule affusolate, eccitabili e specializzate per la contrazione.	Muscoli scheletrici (muscolo striato); cuore (muscolo cardiaco); parete dei visceri (muscolo liscio).
Nervoso	Tessuto costituito da cellule eccitabili, specializzate per una rapida comunicazione intercellulare.	Sistema nervoso centrale, periferico e autonomo.

10.2.1 Tessuti epiteliali

I **tessuti epiteliali** somigliano a fogli appiattiti di cellule strettamente aderenti fra loro che rivestono le superfici all'interno e all'esterno del corpo (Figg. 10.1-10.2). Un tipico epitelio esterno è rappresentato dall'epidermide del sistema tegumentario; gli epiteli interni tappezzano l'intestino e le cavità corporee. Di regola in questi tessuti non sono presenti vasi sanguigni, per cui l'ossigeno e altre molecole vi accedono per diffusione. Un epitelio è definito **semplice** se costituito da un unico strato di cellule, **composto** se da più strati. Un **epitelio squamoso** o **pavimentoso** è un epitelio semplice formato da cellule estremamente appiattite che tappezzano il lume dei vasi sanguigni (endotelio), l'interno delle cavità polmonari (mesotelio) e il cavo oro-faringeo e l'esofago. L'**epitelio cilindrico** o **colonnare** consiste di cellule di forma cilindrica, come nella mucosa dello stomaco e

dell'intestino. Fra queste sono comprese le **cellule caliciformi** deputate alla produzione di **muco** (un colloide viscoso contenente sali inorganici, lisozimi e glicoproteine) che lubrifica il tegumento nei Vertebrati acquatici e protegge le cellule epiteliali dei sistemi respiratorio, digestivo e urogenitale da microrganismi patogeni. Le cellule cilindriche sono specializzate ad assorbire molecole organiche che transitano lungo l'intestino e la loro membrana plasmatica si solleva in centinaia di microvilli (orletto a spazzola) per aumentare la superficie assorbente. L'**epitelio pseudostratificato** è un epitelio di rivestimento composto da un unico strato di cellule che poggiano tutte sulla membrana basale. Le cellule non hanno però tutte la stessa forma e non tutte arrivano alla superficie. L'epitelio pseudostratificato è spesso ciliato, come nel caso della superficie interna della

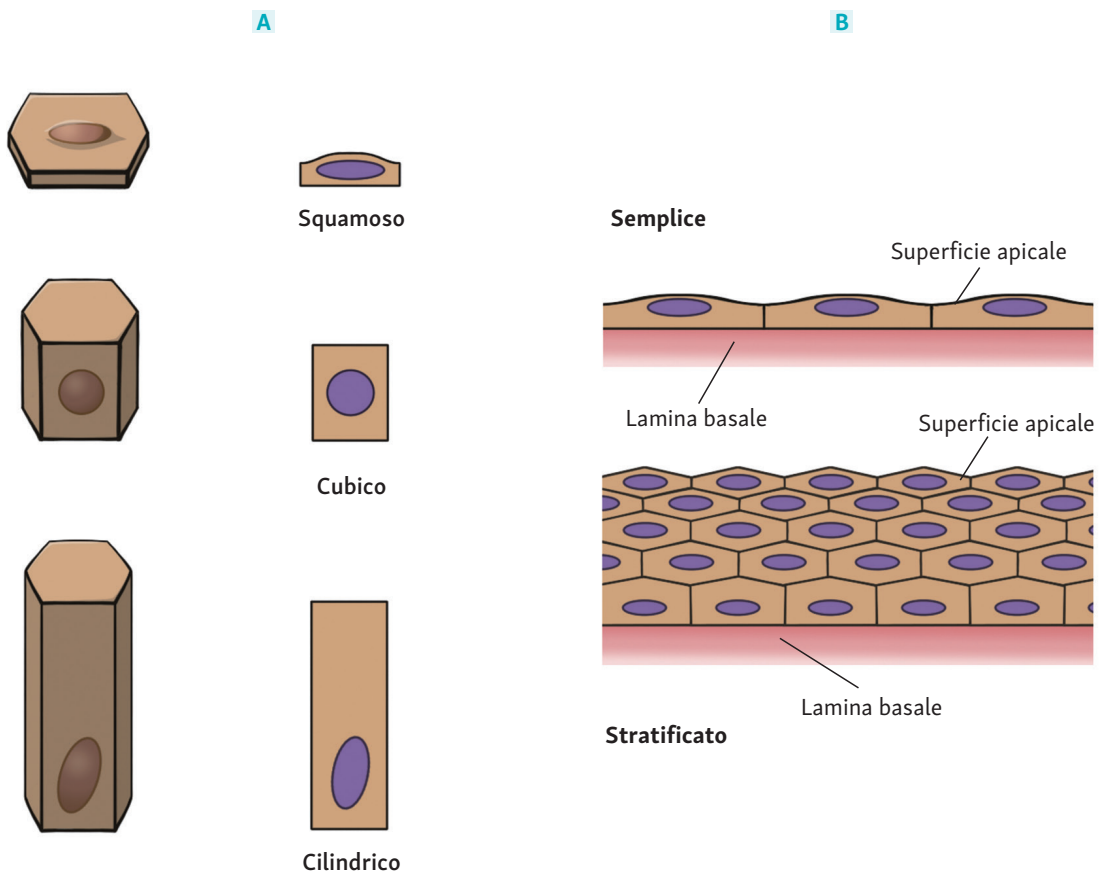
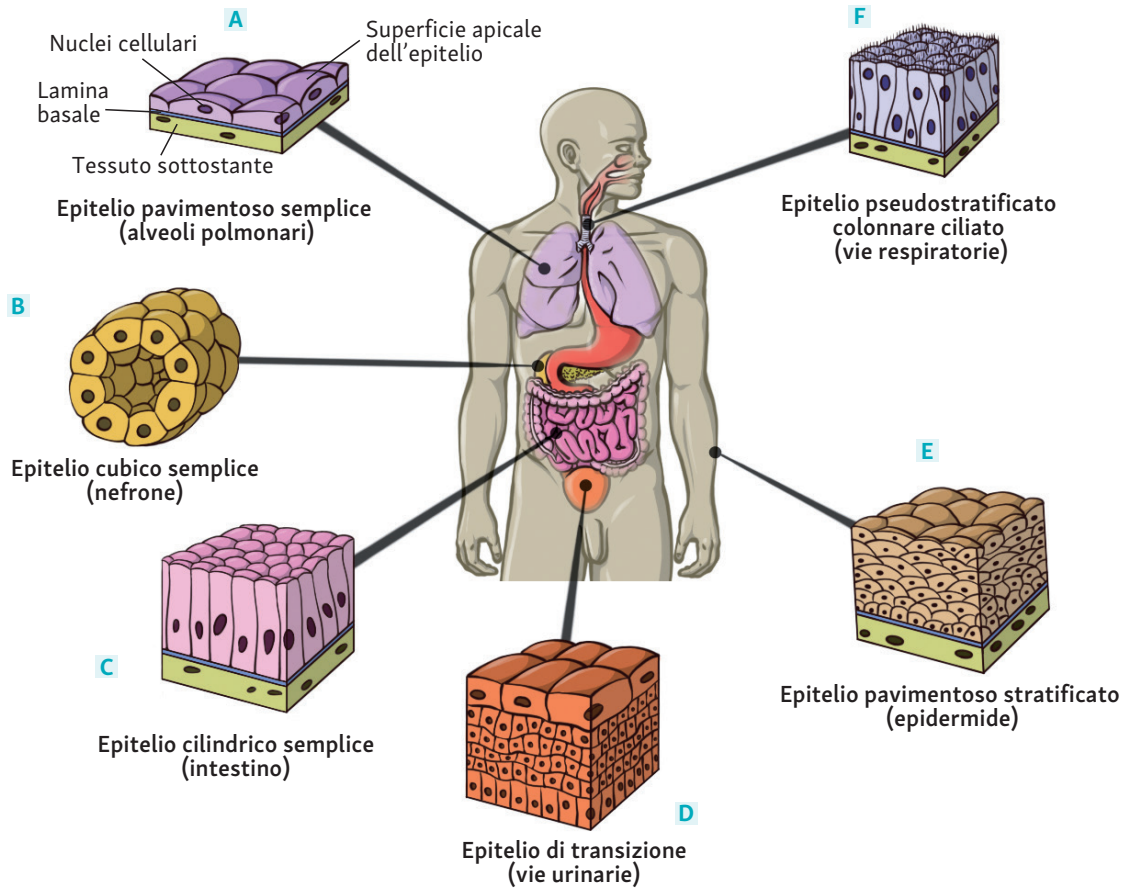


FIGURA 10.1

Classificazione degli epiteli in base alla forma delle cellule (A) e agli strati cellulari (B).

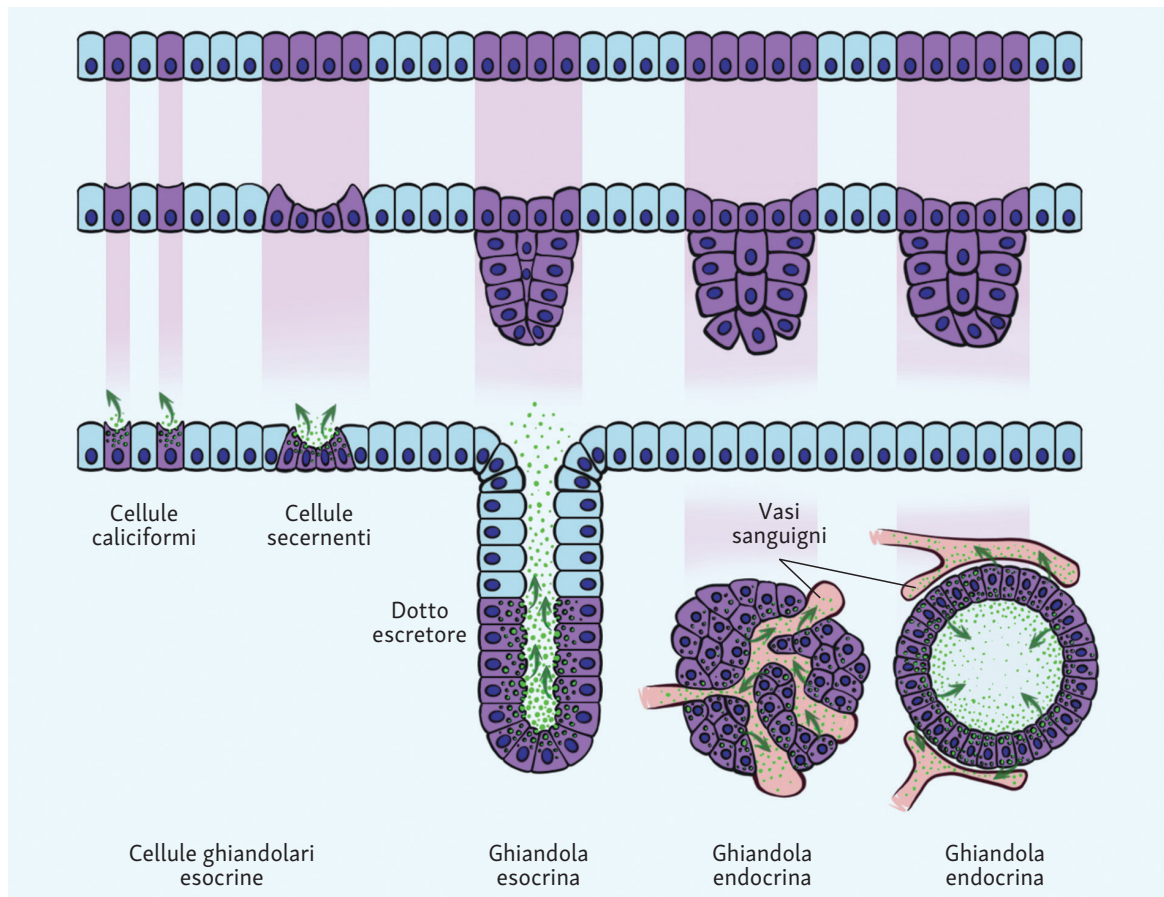
**FIGURA 10.2**

Localizzazione anatomica dei principali tessuti epiteliali.

trachea, dove favorisce il movimento del muco verso l'esofago e l'eliminazione con esso di particelle che vi restano intrappolate. L'**epitelio cubico** è formato a sua volta da cellule cuboidali e forma tipicamente i dotti tubulari all'interno dei reni (tubulo renale, dotto collettore). Queste cellule svolgono un ruolo rilevante in quanto assorbono acqua e sali durante la produzione dell'urina. Infine, un tipico esempio di **epitelio stratificato** è costituito dall'epidermide che forma la parte più superficiale della pelle, mentre l'**epitelio di transizione** è caratteristico delle vie urinarie e della vescica ed è dotato di notevole capacità di distensione. Al di sotto dell'epitelio è inoltre presente una **lamina basale** formata da collagene, glicoproteine e altri complessi glicoproteici, che ancora l'epitelio al connettivo sottostante e ne regola gli scambi di materiali.

I **tessuti ghiandolari** possono essere considerati epitelii modificati in quanto si originano da invagina-

zioni di una superficie epiteliale (**Fig. 10.3**), sebbene il tessuto connettivo contribuisca a formare il rivestimento esterno e i setti che separano le parti secernenti di una ghiandola. Queste producono una **secrezione**, quando essa è utile per qualche attività corporea (come nel caso degli enzimi digestivi o degli ormoni), o un'**escrezione** quando si tratta di prodotti di rifiuto (come l'urina o, in parte, il sudore). Le ghiandole sono distinguibili in **esocrine** ed **endocrine**. Le prime mantengono un collegamento con la superficie epiteliale dalla quale si sono originate attraverso un **dotto** che convoglia la secrezione verso l'esterno. Le ghiandole endocrine, invece, perdono il collegamento con l'esterno e sono prive di un dotto; sono però dotate di un'estesa vascolarizzazione e riversano il loro secreto direttamente nel sangue. La secrezione delle ghiandole endocrine è rappresentata dagli **ormoni** che operano come messaggeri chimici per stimolare cellule e tessuti nei diversi distretti corporei

**FIGURA 10.3**

Le ghiandole esocrine ed endocrine derivano entrambe da tessuti epiteliali; nel caso delle ghiandole esocrine pluricellulari, il secreto viene riversato sulla superficie dell'epitelio (esterno o interno) grazie al dotto escretore, mentre le ghiandole endocrine, prive di dotto escretore, rilasciano il proprio secreto nel sangue.

(par. 14.4). Comunque, la distinzione fra ghiandole esocrine ed endocrine non è sempre così netta. Per esempio, il fegato è una ghiandola esocrina che secerne la bile nella cistifellea attraverso un dotto epatico comune, ma produce anche ormoni, albumina e altre sostanze che vengono immesse direttamente nella rete vascolare. Anche altre strutture ghiandolari, come il rene, il pancreas e le gonadi, sono dotate sia di una componente endocrina sia di una esocrina. Inoltre, pressoché tutti gli organi interni, come l'intestino o il cuore, sono dotati di cellule con funzione endocrina; allo stesso tempo, le vie respiratorie, prevalentemente tappezzate da cellule ciliate, sono provviste di cellule mucipare caliciformi, che sono esocrine.

Le ghiandole esocrine sono definite **semplici** se sono dotate di un singolo dotto escretore, **composte** se il dotto è ramificato (**Fig. 10.4**); se il dotto e la

porzione secernente (**adenomero**) sono di diametro uniforme, la ghiandola è definita **tubulare**, mentre se l'adenomero è dilatato a formare una struttura sacciforme (acino o alveolo) essa è definita **acinoso** o **alveolare**; una ghiandola in cui l'adenomero ha caratteristiche sia tubulari sia acinose è definita **tubulo-acinoso**. Le ghiandole esocrine possono essere classificate anche in base alla natura del secreto e alla modalità di secrezione. Le **ghiandole sierose** producono un fluido acquoso, come nel caso del sudore, del latte o dei succhi digestivi contenenti enzimi; le ghiandole mucose producono glicoproteine che a contatto con l'acqua si idratano formando il muco, di consistenza appiccicosa, mentre le **ghiandole miste** contengono sia cellule mucipare sia sierose. Dal punto di vista della modalità di secrezione, le ghiandole che rilasciano il secreto per

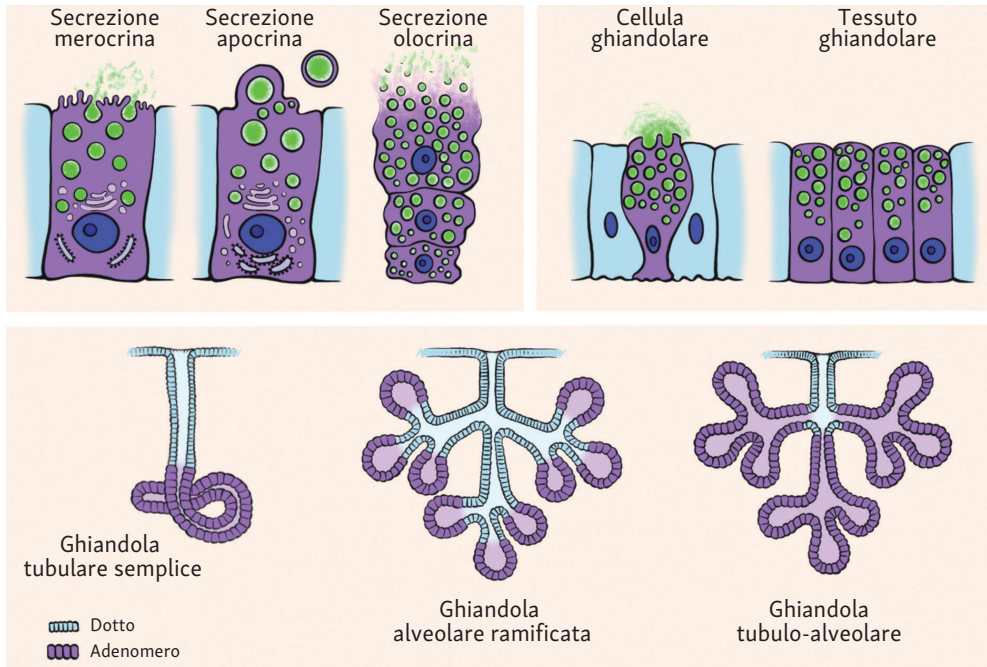
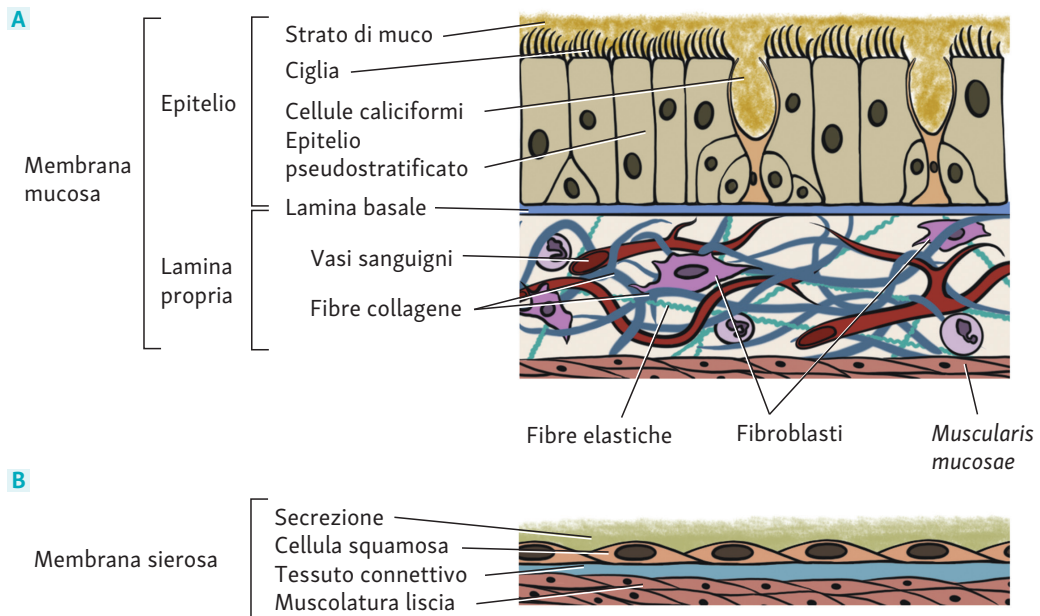


FIGURA 10.4
Classificazione degli epiteli ghiandolari in base alla modalità di secrezione e alla morfologia delle ghiandole.

esocitosi sono definite **merocrine** o **eccrine**, tipicamente rappresentate dalle ghiandole sudorifere (par. 11.2.4), dal pancreas esocrino, dalle ghiandole gastriche (par. 12.2.4) e da molte altre; nelle ghiandole oocrine, rappresentate tipicamente dalle ghiandole sebacee (par. 11.2), il secreto si accumula nella cellula stessa che successivamente si disintegra, rilasciandolo. Nel caso, infine, delle **ghiandole apocrine**, come le odorifere e le mammarie (par. 7.8), il secreto si accumula nella porzione apicale della cellula sotto forma di granuli non rivestiti da membrana. Al momento della secrezione, la membrana plasmatica si invagina e si fonde a costituire un'unica grande vescicola di secrezione, sicché la cellula perde una parte di citoplasma e di membrana plasmatica.

Le **membrane** sono tessuti epiteliali associati a tessuto connettivo (Fig. 10.5). La membrana più estesa del corpo è quella **cutanea**, che consiste di un epitelio squamoso stratificato (epidermide) appoggiato su uno strato di tessuto connettivo (derma, par. 11.2.1). Le due principali membrane interne sono invece la **membrana sierosa** e quella **mucosa**. La prima è formata da un epitelio squamoso semplice (mesotelio) e da uno strato sottile di connettivo lasso e rappresenta il tipico rivestimento della cavità celomatica. Essa produce un fluido acquoso filtrato dal sangue e il suo nome deriva dal fatto che tale secrezione ha

una composizione simile a quella del plasma sanguigno (o siero). Le suddivisioni della cavità celomatica (cavità pericardica, pleurica e peritoneale) sono rivestite da membrane sierose, che tappezzano anche la superficie di alcuni organi come il cuore (pericardio), l'intestino (peritoneo viscerale) e i polmoni (pleura polmonare); esse formano inoltre delle strutture di ancoraggio dei visceri all'interno del celoma (come i **legamenti dei visceri** e i **mesenterici**, Fig. 2.27). Le membrane mucose rivestono organi cavi che hanno uno sbocco esterno, come il canale digerente, le vie respiratorie e i dotti urogenitali. Esse sono formate da un epitelio, una lamina propria (strato sottile di tessuto connettivo lasso) e spesso da uno strato di muscolatura liscia (*muscularis mucosae*) e possono svolgere funzioni di protezione, assorbimento e secrezione. Sono spesso rivestite dal muco prodotto da cellule caliciformi o da ghiandole pluricellulari, che serve a intrappolare microrganismi e particelle estranee, impedendogli di penetrare all'interno del corpo (per esempio nel sistema respiratorio), o svolge una funzione di protezione e lubrificazione (per esempio nell'intestino) per la mucosa stessa. Infine, le articolazioni mobili del sistema scheletrico sono tappezzate da una **membrana sinoviale** formata dal solo tessuto connettivo che produce una secrezione lubrificante (**liquido sinoviale**) in grado di ridurre l'attrito fra le parti in movimento (par. 11.4.3).

**FIGURA 10.5**

Struttura schematica delle membrane mucose (A) e sierose (B).

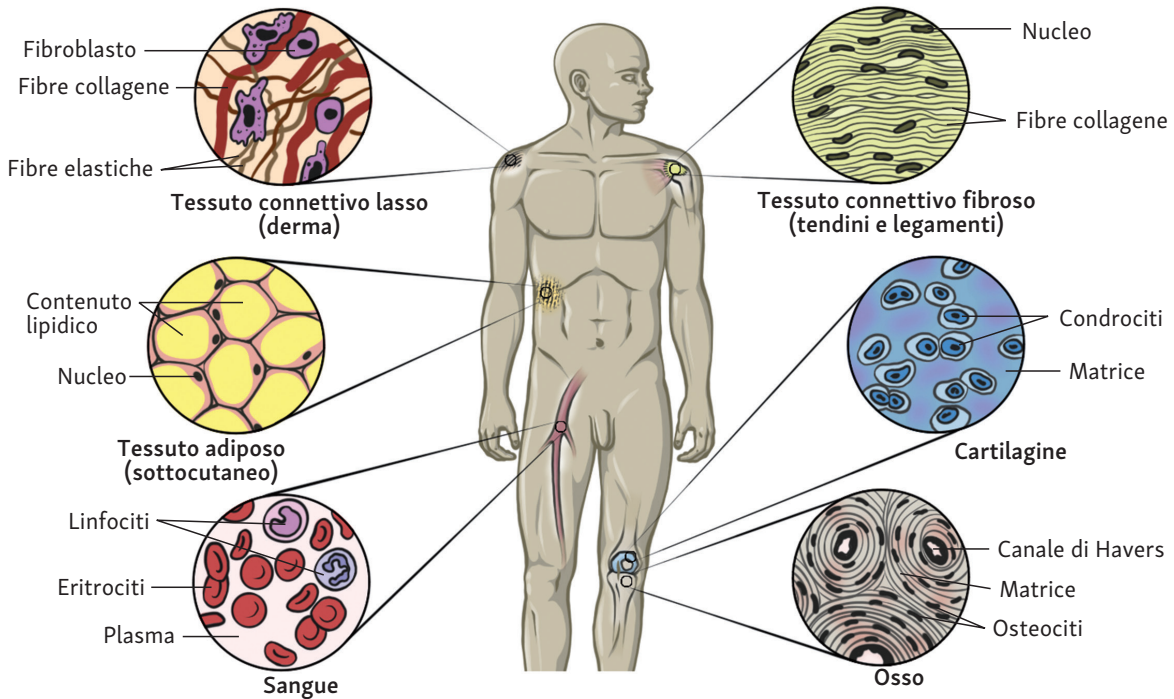
10.2.2 Tessuti connettivi

I **tessuti connettivi** svolgono un ruolo cruciale per dare sostegno e protezione agli organi, per collegare diverse strutture anatomiche fra loro (come nel caso di un tendine che unisce un muscolo a un osso) o per fornire una solida impalcatura di sostegno al corpo (cartilagine e osso). Essi contribuiscono inoltre all'accumulo di energia e alla produzione di calore (tessuto adiposo), al trasporto (gas, nutrienti, ormoni ecc., tramite il sangue) e alla difesa immunitaria (macrofagi, leucociti, plasmacellule ecc.) (Fig. 10.6). La maggior parte delle cellule di un connettivo non sono in diretto contatto fra loro ma sono separate dalla **matrice extracellulare** formata da una componente fibrillare e una amorfa. I connettivi, spesso riccamente vascolarizzati, costituiscono i tessuti più abbondanti e istologicamente variabili e possono essere ripartiti in quattro ampie categorie.

1) Il **tessuto connettivo fibroso** è il connettivo più diffuso e diversificato, con una notevole abbondanza della **componente fibrillare** che include fibre collagene, reticolari ed elastiche. Le **fibre collagene** sono resistenti e flessibili e costituiscono circa il 25% delle proteine del corpo, entrando a far parte di tendini, legamenti e della parte profonda del tegumento (derma). Per il loro colore bianco traslucido nei tessuti freschi sono anche definite «fibre bianche». Le **fibre reticolari** sono fibre di collagene

rivestite da glicoproteine; esse formano un reticolo spugnoso per organi quali la milza e i nodi linfatici. Le **fibre elastiche** sono formate da elastina, la cui struttura conferisce quelle proprietà resilienti che consentono a pelle, polmoni e arterie di tornare alla loro forma originaria dopo essere stati sottoposti a forze di stiramento o di contrazione. A fresco si presentano di color giallastro, da cui la definizione di «fibre gialle». La **componente amorfa** è di consistenza gelatinosa e include proteine e carboidrati quali glicosaminoglicani (GAG), proteoglicani e glicoproteine. Essa assorbe le forze di compressione e protegge le cellule da traumi meccanici. Le cellule più caratteristiche del tessuto connettivo fibroso sono i **fibroblasti** di forma affusolata, che producono la matrice extracellulare. In base all'abbondanza relativa e all'organizzazione della componente fibrillare, il tessuto connettivo fibroso può essere ulteriormente distinto in un **connettivo lasso** in cui prevale la componente amorfa (parte superficiale del derma) e un **connettivo compatto** (parte profonda del derma) in cui le fibre collagene sono preponderanti e hanno una disposizione regolare.

2) Il **tessuto adiposo** o **grasso** è un connettivo in cui gli **adipociti** sono il tipo cellulare prevalente. Esso costituisce la principale riserva energetica dell'organismo ed è soggetto a un costante turnover fra

**FIGURA 10.6**

Localizzazione anatomica dei principali tessuti connettivi.

accumulo e utilizzo del grasso; esso fornisce inoltre isolamento termico e assicura protezione e supporto meccanico a organi come i bulbi oculari entro le orbite e i reni. In media, le femmine dei Mammiferi presentano un maggiore accumulo di grasso rispetto ai maschi in modo da disporre di maggiori riserve energetiche a sostegno della gravidanza e della produzione del latte. La maggior parte del tessuto adiposo è rappresentato dal **grasso bianco**, ma nelle specie di Mammiferi ibernanti e nei bambini è presente il **grasso bruno**, in grado di produrre calore. Infatti, esso è particolarmente ricco di mitocondri che rilasciano tutta l'energia prodotta dall'ossidazione del grasso sotto forma di calore, anziché accumularla come ATP (cfr. par. 7.2).

- 3) Il **connettivo di sostegno** comprende a sua volta la cartilagine e l'osso. La **cartilagine** è un connettivo di sostegno piuttosto rigido ma con una matrice flessibile che costituisce lo scheletro dei Vertebrati primitivi (Agnati, Condrotti). Essa è prodotta dai **condroblasti** che sintetizzano la matrice che li circonda e che alla fine li ingloba in lacune sotto forma di condrociti. Di regola la cartilagine è scarsamente vascolarizzata, per cui gli scambi metabolici avvengono per diffusione attraverso la matrice che con-

tiene GAG e fibre collagene. Le tre forme principali di cartilagine si distinguono in base all'organizzazione della componente fibrillare. In quella elastica sono presenti le fibre omonime che conferiscono elevata flessibilità a strutture anatomiche quali l'orecchio esterno, il setto nasale e le cartilagini della laringe; la cartilagine fibrosa è caratterizzata da fasci grossolani di collagene ed è presente tipicamente nei dischi intervertebrali e nella sinfisi pubica; la cartilagine ialina, infine, è la variante più diffusa, di color bianco traslucido e di consistenza liscia e flessibile. È rappresentata nelle metafisi, nelle articolazioni mobili, nella trachea, nei bronchi e nella gabbia toracica. La cartilagine elastica e la maggior parte di quella ialina sono rivestite da una sottile lamina di tessuto connettivo fibroso (**pericondrio**) che contribuisce all'accrescimento della cartilagine per tutta la vita grazie alla presenza di una riserva di condroblasti. Il **tessuto osseo** è un connettivo calcificato duro che forma gran parte dello scheletro in Osteitti e Tetrapodi (**FOCUS 3.1**). Circa un terzo del peso secco è rappresentato da fibre collagene e GAG, che conferiscono all'osso la capacità di curvarsi; i due terzi consistono invece di minerali (fosfato di calcio, sotto forma di idrossiapatite, per

circa l'85%, carbonato di calcio per circa il 12%) che permettono all'osso di resistere alla compressione generata dal peso del corpo. Come la cartilagine, l'osso è ricoperto da un rivestimento di tessuto connettivo fibroso, il periostio.

- 4) Il **sangue**, infine, è un tessuto connettivo fluido che scorre all'interno dei vasi sanguigni (par. 12.4.1). La sua funzione principale è il trasporto delle cellule e della matrice extracellulare liquida fra i diversi distretti corporei. Sembra strano che tessuti così apparentemente diversi come l'osso e il sangue siano considerati entrambi connettivi, ma essi hanno in comune molto più di quanto non sembri a prima vista. Come in altri connettivi, per esempio, anche nel sangue prevale la matrice rispetto alle cellule, rappresentate rispettivamente dal **plasma** e dagli **elementi figurati**, e anche il sangue è di origine mesodermica (par. 12.4). Le cellule sanguigne sono di tre tipi, eritrociti, leucociti e piastrine. Gli **eritrociti** o **globuli rossi** sono la componente più abbondante e nei Mammiferi sono privi di nucleo mentre negli altri Vertebrati ne sono provvisti; essi sono deputati al trasporto di ossigeno e anidride carbonica. I **leucociti** o **globuli bianchi** svolgono vari ruoli nella difesa dell'organismo da infezioni o altre patologie; essi si spostano da un organo all'altro attraverso il circolo sanguigno ma trascorrono gran parte del tempo nei tessuti connettivi. Nella specie umana e in generale nei Mammiferi risultano un po' più grandi degli eritrociti e se ne distinguono cinque tipi in base alle variazioni nella forma del nucleo e alla diversa

propensione ad assumere i coloranti istologici: neutrofili, eosinofili, basofili, linfociti e monociti. Le **piastrine**, infine, sono frammenti cellulari dispersi fra le cellule ematiche; esse sono coinvolte nella coagulazione del sangue e rilasciano dei fattori di crescita che favoriscono lo sviluppo e il mantenimento dei vasi sanguigni.

10.2.3 Tessuto muscolare

Il **tessuto muscolare** è dotato della capacità di contrarsi e accorciarsi, per tornare alla lunghezza originaria dopo aver eseguito la sua attività motoria. Da sottolineare, tuttavia, che non solo i movimenti del corpo dipendono dai muscoli, ma che anche i processi digestivi, l'eliminazione dei cataboliti e dei rifiuti della digestione, la respirazione, la circolazione del sangue e la fonazione nell'uomo, sono attività legate alla contrazione muscolare. I muscoli svolgono anche un ruolo chiave nella produzione del calore corporeo. In queste complesse attività sono coinvolte tre tipologie muscolari: il muscolo scheletrico, quello cardiaco e il muscolo liscio (**Fig. 10.7**). Il **muscolo scheletrico** consiste di lunghe fibre affusolate e plurinucleate di natura sinciziale, molte delle quali sono inserite sulle ossa, con eccezioni a livello di lingua, esofago, alcuni muscoli facciali e **sfinteri** (muscoli ad anello che aprono e chiudono alcuni passaggi corporei). Il muscolo scheletrico è anche definito **striato** e **volontario**. La striatura, ben visibile in microscopia ottica, è dovuta alla sovrapposizione delle componenti proteiche (actina e miosina) che determinano la contrazione

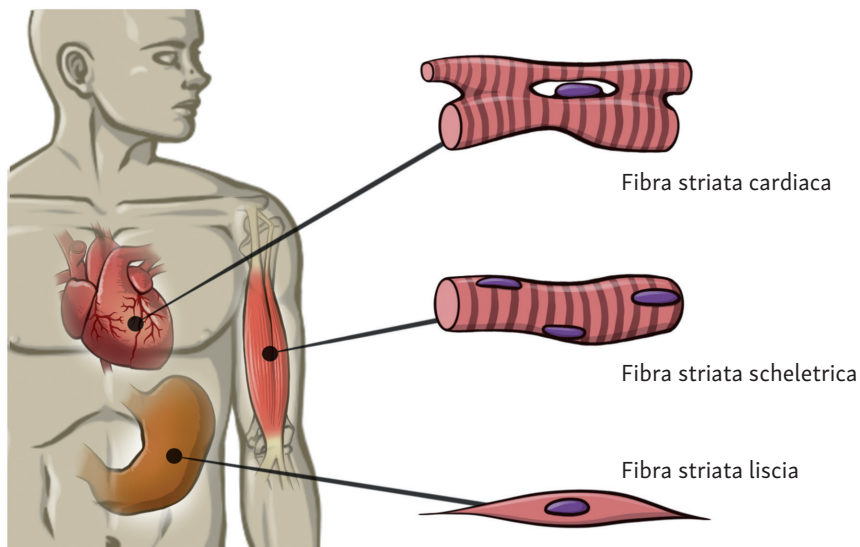
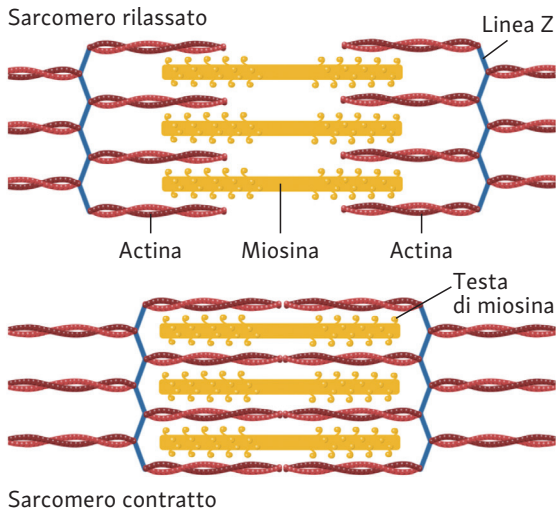


FIGURA 10.7

Esempi di localizzazione anatomica dei tessuti muscolari scheletrico (muscolatura volontaria), cardiaco (miocardio) e liscio (muscolatura viscerale).

**FIGURA 10.8**

L'interazione fra actina e miosina all'interno del sarcomero permette la contrazione muscolare.

muscolare (Fig. 10.8), mentre il termine volontario si riferisce al fatto che la contrazione è un'attività conscia del soggetto. Il **muscolo cardiaco** è limitato al cuore ed è anch'esso striato, sebbene consista di elementi cellulari mononucleati (cardiomiociti); differisce inoltre dal muscolo scheletrico in quanto è involontario ed è in grado di contrarsi anche se tutti i

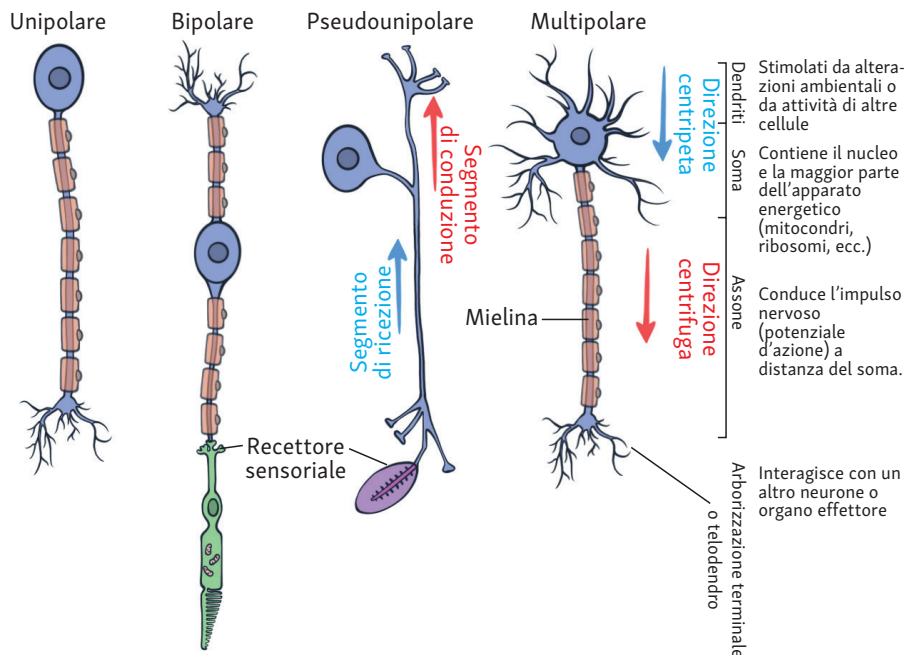
collegamenti nervosi sono stati recisi. I cardiomiociti sono uniti fra loro a livello dei dischi intercalari che consentono all'onda di contrazione di passare rapidamente da una cellula all'altra in modo che una camera cardiaca (atrio o ventricolo) si contraiga pressoché contemporaneamente. Il **muscolo liscio**, privo di striature e involontario, è formato da cellule fusiformi mononucleate (miociti) che si trovano in piccolo numero nell'iride e nella pelle, ma con particolare abbondanza nella parete dei tratti digerente, respiratorio e urinario, nell'utero e nei vasi sanguigni, dove formano la **muscolatura viscerale**. Nell'intestino le fibre muscolari lisce formano due strati adiacenti, uno con andamento circolare, l'altro longitudinale (**tunica muscolare**, par. 12.2.1), coinvolti nella propulsione del materiale alimentare attraverso l'organo; regolando il calibro dei vasi sanguigni, il muscolo liscio svolge un ruolo fondamentale nel controllare flusso e pressione del sangue. Sia la muscolatura liscia sia quella striata formano gli sfinteri che regolano lo svuotamento di retto e vescica.

10.2.4 Tessuto nervoso e mielinizzazione assonica

Il **tessuto nervoso** è specializzato per la comunicazione tramite segnali elettrici e chimici. Esso è formato dai neuroni o cellule nervose e dalle cellule gliali (o neuroglia) che supportano i neuroni. Quest'ul-

FIGURA 10.9

Le sezioni morfofunzionali del neurone e le sue principali tipologie.



timi rappresentano le unità morfo-funzionali del sistema nervoso. Un neurone possiede tipicamente un corpo cellulare o pirenoforo contenente il nucleo e la maggior parte degli organelli citoplasmatici (mitocondri, ribosomi ecc.) e due tipi di prolungamenti: uno o più dendriti percorsi dalla corrente nervosa in direzione centripeta; e un assone, neurite o cilindrasse, spesso molto lungo, nel quale l'impulso nervoso si propaga centrifugamente (Fig. 10.9). Il numero e la disposizione dei prolungamenti forniscono un utile criterio per una classificazione dei neuroni. Di rara occorrenza e confinato pressoché esclusivamente nell'embrione è il **neurone unipolare**, fornito di un singolo prolungamento. Relativamente più frequente è il **neurone bipolare**, nel quale i due prolungamenti emergono dai poli opposti del pirenoforo. Neuroni bipolari sono presenti nei Vertebrati adulti a livello dei gangli del nervo stato-acustico (VIII nervo cranico) e nell'epitelio retinico dell'occhio. Ancora più comune è il **neurone pseudounipolare** presente nei gangli spinali (sensitivi), così denominato poiché dal corpo cellulare emerge un singolo prolungamento che poi si biforca a T per inviare una diramazione in entrambe le direzioni: quella rivolta verso un recettore costituisce la branca di ricezione (di valore dendritico), mentre la branca che si dirige verso il midollo spinale rappresenta il tratto di conduzione (di valore assonico). Si pensa che i neuroni pseudounipolari si originino nell'embrione come neuroni bipolari i cui prolungamenti convergono e si fondono a livello prossimale. La maggioranza dei neuroni sono di tipo **multipolare**, caratterizzati da numerose brevi e ramificate estroflessioni dendritiche e da un singolo e spesso molto lungo prolungamento assonico. Sono di questo tipo, ad esempio, i motoneuroni spinali (Fig. 10.10).

I neuroni sono in grado di reagire a stimoli esterni o interni in modo da produrre delle risposte sotto

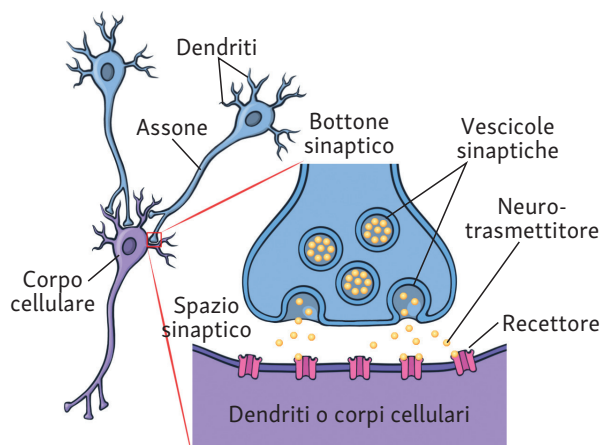


FIGURA 10.10
Particolare di una sinapsi chimica.

forma di **potenziali di azione**, brusche variazioni del potenziale di riposo (-70 mV) verso valori positivi (depolarizzazione). L'impulso nervoso consiste nella depolarizzazione orientata della membrana plasmatica di un singolo neurone fino a raggiungere il segmento di trasmissione o arborizzazione terminale (**telodendro**) dell'assone. Qui, attraverso i bottoni sinaptici, vengono stabiliti i contatti con altri neuroni (**sinapsi**) o con cellule effettrici (muscolari o ghiandolari) (**giunzioni cito-neurali**). A questo livello, un neurotrasmettitore viene rilasciato dalle vescicole sinaptiche e si diffonde rapidamente attraverso lo stretto spazio fra il telodendro e i recettori collocati nella membrana della cellula postsinaptica (Fig. 10.10). Qui il neurotrasmettitore si lega ai recettori dove può attivare (tramite depolarizzazione) o inibire (tramite iperpolarizzazione) l'elemento postsinaptico (Tab. 10.2). La velocità di conduzione del potenziale di azione

TABELLA 10.2

Alcuni neurotrasmettitori e le relative categorie biochimiche di appartenenza.

Gruppo chimico	Neurotrasmettitore	Funzione
Colinergico	Acetilcolina ($C_7H_{16}NO_2$)	Eccitatoria o inibitoria
Ammine biogene	Catecolammine: adrenalina, noradrenalina, dopamina (derivate dalla tirosina) Serotonina (derivata dal triptofano)	Eccitatoria o inibitoria
Aminoacidi	Glutammato, aspartato	Eccitatoria
	GABA (acido gamma-aminobutirrico)	Inibitoria

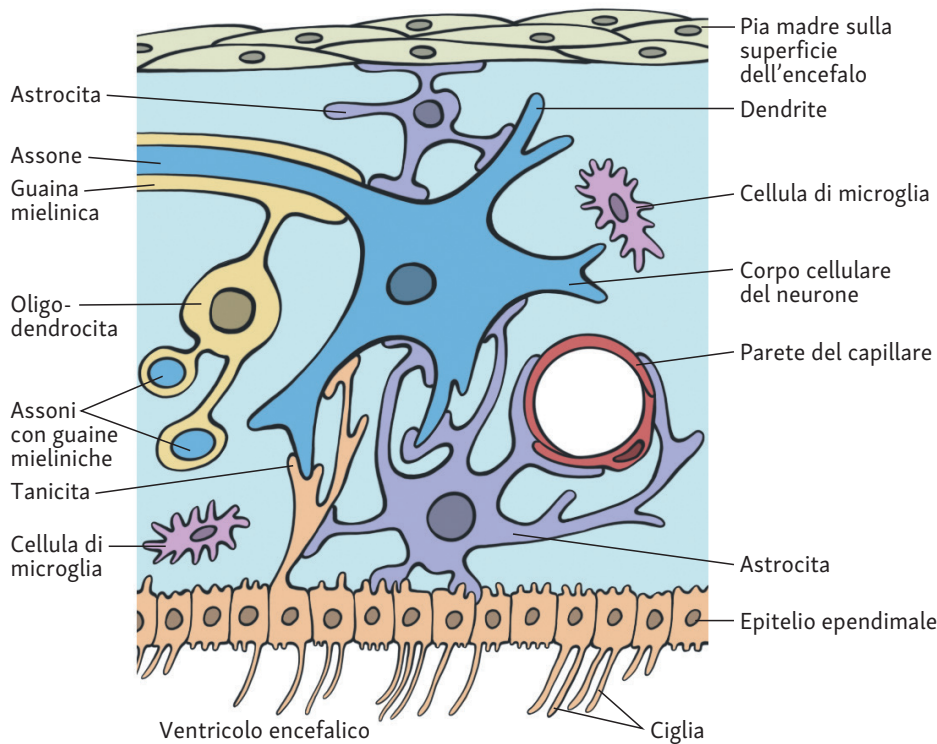


FIGURA 10.11
Rappresentazione schematica degli elementi della neuroglia.

è una funzione della radice quadrata del diametro dell'assone, perciò un aumento di 10 volte nella velocità di conduzione richiede un aumento di 100 volte del diametro dell'assone. I Vertebrati hanno aggirato questo vincolo morfologico rivestendo gli assoni di **mielina**, un materiale lipidico prodotto da cellule specializzate della glia gli **oligodendrociti** a livello centrale e le **cellule di Schwann** a livello periferico: esse circondano gli assoni, ma nei soli Gnatostomi vi si arrotolano attorno formando una guaina di materiale biancastro, la mielina appunto, formata da strati concentrici di membrana plasmatica (Fig. 10.11). La guaina mielinica è discontinua in quanto, a intervalli di circa 0,75-3 mm, è interrotta da brevi discontinuità di circa $1\ \mu\text{m}$ (**nodi di Ranvier**) che rappresentano le zone di passaggio da una cellula gliale all'altra (Fig. 10.12). La mielina è un ottimo materiale isolante per la conduzione elettrica, che si propaga molto più rapidamente nelle fibre mieliniche che in quelle prive di guaina mielinica (**fibre amieliniche**). Negli assoni mielinizzati, infatti, l'impulso nervoso, anziché spostarsi punto per punto lungo l'assone, salta da un nodo di Ranvier al successivo, dove il liquido extracellulare viene a contatto con la membrana plasmatica dell'assone

che presenta un'alta densità di canali ionici, permettendo l'afflusso di ioni sodio all'interno della fibra nervosa e dunque la depolarizzazione della membrana plasmatica del neurone. La rapidità di comunicazione assicurata dalla mielinizzazione delle fibre nervose degli Gnatostomi costituisce un «carattere chiave» del grande successo evolutivo di questi Vertebrati rispetto ai più primitivi Agnati (par. 4.4). Basti solo pensare che la velocità di conduzione nell'assone gigante delle cellule di Mauthner delle lamprede, con un calibro di circa $50\ \mu\text{m}$ ma privo di mielina, è di 4m/sec , contro i 120m/sec di un assone mielinico del diametro di soli $5\ \mu\text{m}$. La mielinizzazione ha permesso al sistema nervoso degli Gnatostomi di essere allo stesso tempo rapido e complesso, con circa 10 miliardi di neuroni e 1×10^{15} connessioni che avrebbero richiesto altrimenti assoni di uno spessore impossibile da raggiungere.

Oltre al fondamentale ruolo nella produzione della mielina, le cellule gliali costituiscono la maggior parte del tessuto nervoso e generalmente sono più piccole dei neuroni; esse svolgono varie funzioni di supporto e di collegamento fra loro e con i neuroni ma non sono in grado di trasmettere segnali su lunga distanza (Fig. 10.11).

10.3 ORGANI, SISTEMI E APPARATI

Salendo nell'organizzazione gerarchica, si può osservare che i differenti tessuti si combinano insieme per formare organi molto diversificati per forma e funzione, ma che si possono raggruppare in due categorie principali: **organi cavi** e **organi pieni**. I primi sono di forma tondeggiante o tubulare e presentano una cavità (**lume**) che può comunicare o meno con l'ambiente esterno; il lume è delimitato da una parete formata da vari strati di tessuti, definiti **tuniche** (Fig. 10.13). Generalmente, lo strato che delimita il lume è tappezzato da una **tunica** (o membrana) **mucosa** (par. 10.2.1) che può avere funzioni secernenti, come nel caso dello stomaco o dei bronchi, o essere specializzata per l'assorbimento come nell'intestino tenue (par. 12.2.4), oppure presentare capacità elastiche (epitelio di transizione) come nella vescica urinaria (par. 13.2.1). Procedendo verso l'esterno, è presente una **tunica sottomucosa** di tessuto connettivo che accoglie le strutture vascolari e nervose dell'organo. Lo strato seguente è costituito dalla **tunica muscolare**, formata da muscolatura liscia che consente i movimenti peristaltici che mobilitano il contenuto dell'organo stesso. La **tunica sierosa** rappresenta lo strato più esterno di connettivo lasso che permette il posizionamento dell'organo stabilendo delle connessioni con le strutture anatomiche circostanti.

Gli **organi pieni** sono privi di un lume e sono formati da tessuto epiteliale, come nel caso di alcune ghiandole, dei polmoni o del fegato; da connettivo, come per gli organi linfoidi (linfonodi, milza); da tessuto muscolare striato, come i muscoli

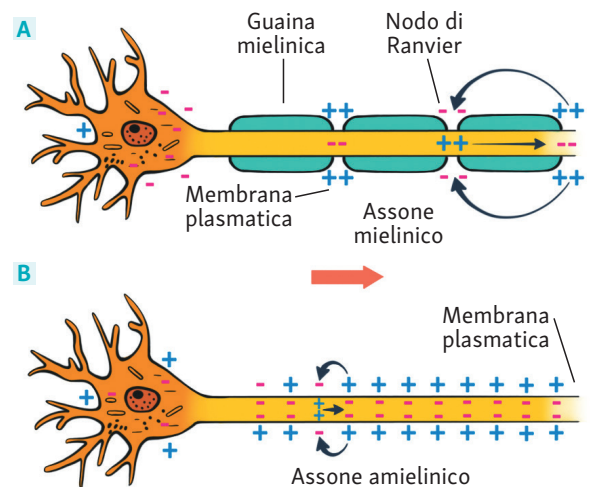


FIGURA 10.12

La propagazione del potenziale di azione è accelerata in un assone mielinico rispetto a uno amielinico.

scheletrici; o da tessuto nervoso, come per il midollo spinale o l'encefalo. Le cellule dei vari tessuti possono essere raggruppate in tubuli (come nel nefrone), fasci (come nei nervi), cordoni (come nel fegato), nidi (come in alcune ghiandole endocrine) ecc. Questa componente istologica costituisce il **parenchima** dell'organo, cioè la parte che adempie le funzioni specifiche dell'organo stesso, mentre lo **stroma**, formato da tessuto connettivo, ha una funzione strutturale e trofica, contenendo terminazioni nervose e vasi sanguigni; inoltre, lo stroma può penetrare all'interno del parenchima suddividendolo in vari settori, come nel caso del testicolo

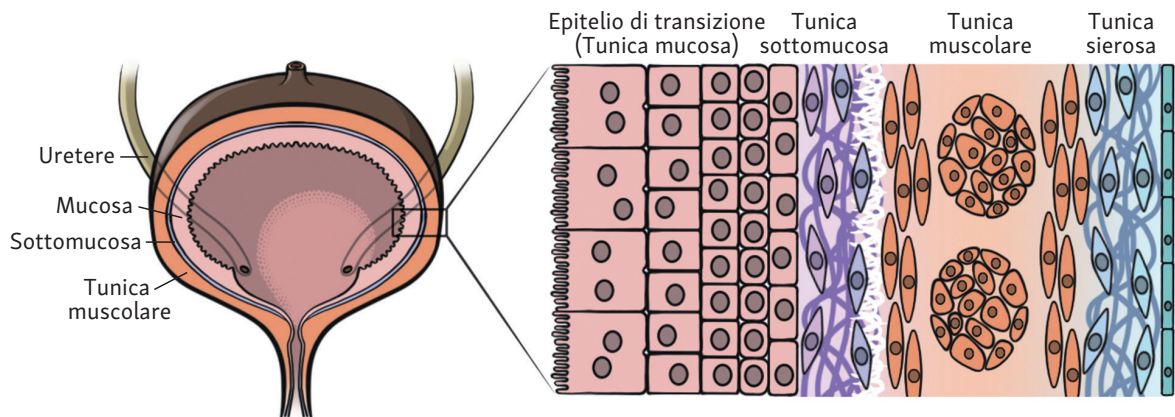


FIGURA 10.13

Esempio di organo cavo (vescica urinaria), il cui lume è delimitato da una serie di strati tissutali, o tuniche.

(par. 13.3.1), o di molte ghiandole divise in lobi e lobuli. Il tessuto connettivo forma anche una struttura di rivestimento esterno, la **capsula**, dotata di un'apertura (**ilo**) per il transito di vasi sanguigni, nervi e dotti dell'organo (Fig. 10.14).

È utile precisare, infine, che quando gli organi che presiedono a una stessa funzione hanno un'organizzazione tissutale eterogenea contribuiscono a

formare un **apparato**, come nel caso dell'apparato digerente, che include il canale alimentare nonché alcuni organi ghiandolari complessi come il fegato e il pancreas (cfr. par. 12.2.6); il termine **sistema** viene invece riservato a un insieme di organi con funzioni simili e formati dallo stesso tipo di tessuto, come nel caso del sistema nervoso, costituito da neuroni e cellule gliali (par. 14.2).

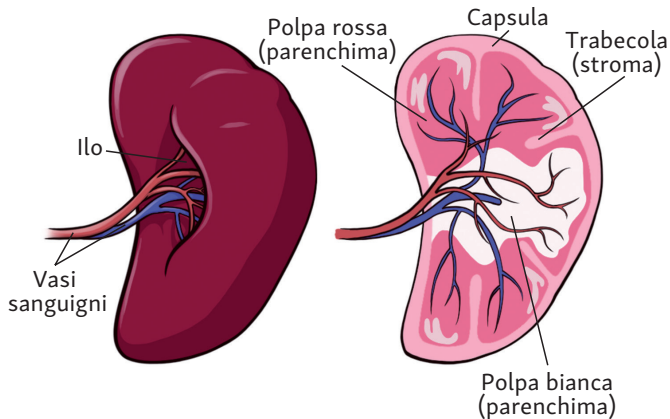


FIGURA 10.14

Esempio di organo pieno (milza), in cui è possibile distinguere il parenchima dell'organo, cioè la parte che adempie le funzioni specifiche dell'organo stesso (in questo caso la «polpa», con funzioni emopoietiche ed emocateretiche), mentre lo stroma, formato da tessuto connettivo (capsula e trabecole), ha una funzione strutturale e trofica.

FOCUS 10.1 Cambiamenti posturali nell'evoluzione umana

La Fig. F10.1A mostra un corpo umano in cui il lato destro (a sinistra nella figura) è rappresentato come in un tipico testo-atlante di anatomia; sul lato sinistro del corpo (a destra nella figura) coscia, gamba e piede sono ruotati invece di circa 180° per evidenziare che il lato posteriore della coscia e della gamba e il lato plantare del piede corrispondono al lato anteriore dell'arto superiore e al lato palmare della mano, rispettivamente. Questi cambiamenti nella posizione sono ancor più chiari se si considera che durante lo sviluppo embrionale umano gli arti superiore e inferiore ruotano di 90° ciascuno, in direzioni opposte, in modo che il pollice assume una posizione più laterale, mentre l'alluce diventa più mediale all'interno dei loro rispettivi arti (Fig. F10.1B-D). Considerando perciò le originali corrispondenze fra gli arti superiore e inferiore, diventa più semplice confrontare la loro anatomia. In quest'ottica, ciò che è diventato «anteriore» (o ventrale) nell'anatomia umana, come l'articolazione del ginocchio, in realtà risultava «posteriore» (o dorsale) nello scheletro dei Tetrapodi ancestrali (Fig. 5.11).

FIGURA F10.1

Cambiamento nella posizione relativa degli arti nella specie umana in rapporto al bipedismo. La figura in A evidenzia la rotazione subita dall'arto inferiore, per cui ciò che è posteriore (o dorsale) nell'arto superiore è diventato anteriore (o ventrale) nell'arto inferiore. Inoltre, durante lo sviluppo embrionale umano e nell'infanzia (B-D), gli arti superiore e inferiore ruotano di 90° ciascuno, in direzioni opposte, in modo che il pollice assume una posizione più laterale, mentre l'alluce diventa più mediale all'interno dei loro rispettivi arti.

