

ISTOLOGIA

È lo studio della struttura microscopica del materiale biologico e del modo in cui le sue cellule interagiscono tra loro da un punto di vista biologico e strutturale. La struttura di una cellula è correlata alla funzione che svolge. La maggior parte delle malattie è associata a delle alterazioni del tessuto. La citologia è lo studio della struttura della cellule e delle sue parti ed è pertanto uno studio propedeutico all'istologia. Quest'ultima è lo studio della morfologia dei tessuti.

Nella cellula si individuano due compartimenti, il compartimento citoplasmatico e il compartimento del nucleo; quest'ultimo è il compartimento che raccoglie il DNA e diverse proteine, e durante il ciclo cellulare il DNA diventa visibile compattandosi sotto forma di cromosomi; nel citoplasma sono presenti degli organelli che possono esseri suddivisi in due gruppi: membranosi, ossia quelli che sono rivestiti da una membrana biologica; non membranosi, che sono privi del rivestimento della membrana biologica. La cellula è rivestita da un doppio strato di fosfolipidi che costituiscono la membrana plasmatica, la quale rappresenta ciò che separa una cellula dall'esterno. Altri organelli importanti sono l'apparato di Golgi, il reticolo endoplasmatico rugoso che ha funzione di sintesi e di indirizzamento di proteine all'esterno e verso alcuni compartimenti, lisosomi che sono delle centrali di smaltimento di proteine, zuccheri e lipidi, poiché contengono una serie di enzimi che sono in grado di digerire ogni macromolecola biologica, i perossisomi, i ribosomi, costituiti da RNA ribosomiale e proteine, che sintetizzano le proteine, il citoscheletro, formato da proteine, che mantiene la forma della cellula, il mitocondrio, rivestito da una doppia membrana biologica, che si occupa della produzione di energia della cellula.

I tessuti sono di quattro tipi: epiteliali, connettivi (adiposo, cartilagineo, grasso, osseo e sangue), nervosi e muscolari.

TESSUTI EPITELIALI

Sono di due tipi, epiteliali di rivestimento ed epiteliali ghiandolari. I primi sono costituiti da cellule legate tra di loro, ed essi hanno funzione di rivestimento o costituiscono cavità interne. I secondi sono costituiti anch'essi da cellule fittamente stipate, ma sono specializzati nella produzione di molecole; sono di due tipi, epiteli ghiandolari esocrini, e epiteli ghiandolari endocrini.

Ad una specifica struttura corrisponde una specifica funzione, ad esempio i globuli rossi sono tondi e concavi per trasportare il sangue, ed un'alterazione nella loro forma costituisce un problema nel trasporto del sangue, o nello spermatozoo, costituito da una testa e una coda per muoversi autonomamente, e se lo spermatozoo non avesse una coda o l'avesse alterata, ci sarebbe un'alterazione della funzione poiché non sarebbe in grado di raggiungere l'ovocita.

Gli epiteli di rivestimento vengono classificati in base a due criteri: il numero di strati di cellule che costituisce l'epitelio di rivestimento; con un solo strato l'epitelio di rivestimento è semplice, con più strati, stratificato; ci sono delle varianti in cui un unico strato di cellule può far pensare a più strati poiché i nuclei si trovano a diverse altezze e questo tipo di epitelio è definito pseudostratificato. Il secondo criterio di classificazione dipende dalla forma delle cellule che costituiscono gli strati dell'epitelio di rivestimento; nel caso in cui le cellule siano piatte, l'epitelio è definito squamoso, nel caso in cui abbiano una struttura cuboidale l'epitelio viene definito cubico, e nel caso in cui le cellule abbiano un'altezza maggiore rispetto alla base l'epitelio viene definito colonnario. Gli epiteli di rivestimento sono: semplice squamoso, semplice cubico, semplice cilindrico, pseudostratificato, stratificato squamoso non cheratinizzato (ossia senza un rivestimento di cheratina), stratificato squamoso cheratinizzato (con rivestimento di cheratina), stratificato

cilindrico, infine transizionale (poiché ha una struttura in relazione allo stato funzionale in cui si trova l'organo, di forma a cupola quando l'organo è rilassato e di forma piatta quando l'organo è disteso).

L'epitelio semplice squamoso o pavimentoso ha funzione di rivestimento delle membrane, trasporto di fluidi, scambio gassoso e lubrificazione; un esempio di epitelio squamoso può essere individuato negli alveoli polmonari, che costituiscono il rivestimento interno dei vasi sanguigni (parete endoteliale).

L'epitelio semplice cubico ha funzione di secrezione, assorbimento e protezione e costituisce i dotti di molte ghiandole, nonché il rivestimento delle ovaie. L'epitelio semplice cilindrico ha funzione di trasporto, assorbimento, secrezione e protezione; un esempio è individuato nei villi intestinali, dove le cellule dell'epitelio dei villi intestinali hanno la funzione di assorbire i prodotti della digestione dalla porzione apicale della cellula (la parte più in alto); la porzione apicale è sollevata in pieghe aumentando la superficie di contatto con la parete intestinale, formando delle piccole estroflessioni della membrana plasmatica che vanno a definire la struttura dei microvilli. Lungo l'epitelio intestinale sono presenti anche delle cellule che non hanno funzione assorbente ma hanno funzione secernente, ossia sono cellule ghiandolari intercalate in un epitelio di rivestimento. Nell'epitelio pseudostratificato le cellule hanno una struttura non regolare; può essere individuato nella trachea ed ha delle estroflessioni dette ciglia che hanno la funzione di muovere i liquidi che attraversano la trachea, e con ciò eliminano batteri e liquidi. L'epitelio stratificato squamoso non cheratinizzato ha funzione di protezione e secrezione, un esempio è la mucosa della bocca; quello stratificato cheratinizzato ha funzione di protezione ed un esempio è l'epidermide; l'epidermide ha più strati di cellule (strato basale, spinoso, granuloso, lucido e corneo). L'epitelio stratificato cubico ha funzione di assorbimento e secrezione, un esempio è costituito dai dotti delle ghiandole sudoripare. L'epitelio stratificato cilindrico ha funzione di secrezione, assorbimento e protezione, e un esempio è la congiuntiva degli occhi. L'epitelio stratificato transizionale ha funzione di protezione e un esempio è costituito tratto urinario, dal calice renale all'uretra.

Gli epitelii ghiandolari costituiscono ghiandole esocrine, costituite da una regione di cellule detta adenomero, che ha la funzione di secernere le molecole e da una regione detta dotto escretore. Inoltre gli epitelii ghiandolari costituiscono le ghiandole endocrine, che differiscono dalle ghiandole esocrine poiché non vi sono cellule in contatto con l'epitelio di rivestimento. La più semplice ghiandola esocrina è la cellula mucipara caliciforme ed è situata nell'epitelio di rivestimento dell'intestino. Le ghiandole esocrine sono classificate in base alla forma: dove la comunicazione con l'epitelio non si ramifica le ghiandole sono definite semplici (esempio di ghiandola semplice è la ghiandola sudoripara), e dove il dotto principale verso l'epitelio si ramifica le ghiandole sono dette composte (esempio ghiandole salivari e ghiandola mammaria). Un altro metodo per classificare le ghiandole esocrine si basa sulla modalità con la quale le cellule secernono: nel caso in cui l'intera cellula costituisce il prodotto di secrezione la ghiandola è merocrina (pancreas o ghiandola sudoripara), nel caso in cui una parte della cellula della ghiandola costituisce il prodotto di secrezione la ghiandola è detta apocrina (ghiandola mammaria). Il pancreas è una ghiandola mista in quanto è sia esocrina poiché il dotto principale va a defluire nella cavità del duodeno dove verranno trasportati gli enzimi da esso prodotti, sia endocrina poiché è costituito da isolotti di cellule che hanno funzioni endocrine, e sono dette isole di Langerhans, le quali fanno riversare gli ormoni nel sangue con il quale vanno in circolo nel corpo (producono insulina e glicemia).

Le ghiandole endocrine producono due tipi di ormoni, proteici e steroidei (che derivano dalla struttura del colesterolo). Sono costituite da ammassi cellulari che non hanno contatto con l'epitelio di rivestimento, sono molto vascolarizzate, infatti il prodotto di secrezione viene riversato attraverso il sangue, con il quale gli ormoni raggiungono il tessuto bersaglio. Possono esserci diverse strutture di ghiandole endocrine: ghiandole endocrine a cordoni cellulari (esempio la paratiroide), cioè costituite da una struttura compatta e

ghiandole endocrine a follicoli le quali cellule formano delle cavità contenenti una sostanza colloidale (esempio la tiroide). L'ipofisi è una delle ghiandole endocrine più importanti ed è situata accanto all'encefalo e regola ormoni diversi che regolano l'attività di altre ghiandole endocrine. Si divide in due porzioni: ipofisi anteriore, o adenoipofisi, che è a cordoni cellulari (secerne prolattina, LH, FSH, ACTH), e ipofisi posteriore, o neuroipofisi (secerne ormone antidiuretico e ossitocina). La ghiandola surrenale ha una parte corticale, che secerne ormoni steroidei (mineralcorticoidi e glucocorticoidi) e una parte midollare, che secerne ormoni catecolamine (adrenalina e noradrenalina). Le cellule di Leydig non costituiscono un organo ma hanno funzione endocrina all'interno di cellule non ghiandolari (secermono ormoni androgeni e si trovano nei testicoli).

TESSUTO CONNETTIVO

Così detto perché ha il compito di connettere strutturalmente e funzionalmente gli altri tessuti nella formazione degli organi. I tessuti connettivi sono divisi in due gruppi: propriamente detti e specializzati, questi ultimi a loro volta sono ossa, sangue e cartilagine. La maggior parte del tessuto connettivo deriva dalle cellule mesenchimali, che a loro volta derivano dal mesoderma, il foglietto mediale embrionale; esso è costituito da cellule con forma irregolare e che presentano prolungamenti, immerse in una sostanza intercellulare che è priva di fibre reticolari e complessi di proteoglicani. La cellula mesenchimale è una cellula staminale e pluripotente, in grado di differenziare molti tipi cellulari: fibroblasti, adipociti, condroblasti, elementi ematici; fibrocellule muscolari lisce, cellule endoteliali e periciti.

L'organizzazione strutturale del tessuto connettivo prevede la presenza di tre componenti: le cellule, la matrice extracelulare, che a sua volta comprende una componente fibrosa (fibre collagene, reticolari, elastiche) e una sostanza amorfa (GAG, proteoglicani, glicoproteine adesive).

Le cellule del tessuto connettivo appartengono a varie categorie, ciascuna delle quali è deputata ad avere particolari funzioni, ad esempio ci sono cellule come i fibroblasti la cui funzione è di secernere macromolecole della matrice extracellulare, osteociti, osteoblasti e condrociti che hanno funzione di sostegno, adipociti che hanno funzione di riserva e metabolismo, cellule ematiche che hanno funzione di difesa dell'organismo.

Le cellule del tessuto si dividono in cellule fisse e in cellule migranti, rappresentano una popolazione che nasce e rimane all'interno del tessuto connettivo per l'intera durata del ciclo vitale a svolgere le proprie funzioni, all'interno di questa categoria si trovano cellule stabili a lunga vita, come adipociti e fibroblasti; le cellule migranti (la maggior parte) si originano dal midollo osseo e passano nel torrente circolatorio ed in seguito a vari stimoli possono passare da qui al tessuto connettivo dove svolgono specifiche funzioni, sono cellule con vita breve, esempi sono monociti e granulociti.

La componente fibrosa del tessuto connettivo comprende: fibre collagene, fibre reticolari e fibre elastiche; le prime due sono diverse aggregazioni di un'unità fibrosa elementare, la fibra di tropocollagene, che è una molecole con una struttura a elica che si origina dall'avvolgimento di tre catene alfa, composte da idrossiprolina, prolina e glicina; il tropocollagene è una glicoproteina, infatti i residui di idrossilisina, presenti alle estremità delle catene alfa, sono legati a catene di polisaccaridi; le molecole di tropocollagene si associano longitudinalmente (testa coda) e parallelamente tra di loro formando le fibrille di collagene, le quali assemblandosi a fasci formano le fibre di collagene; le fibre reticolari sono il risultato dell'unione delle fibrille di collagene, ma in questo caso esse si intrecciano tra loro. Le fibre elastiche sono costituite da elastina e microfibrille ricche di fibrillina, sono presenti nella tonaca elastiche delle arterie e nei legamenti; mentre le prime due conferiscono al tessuto resistenza meccaniche, le fibre elastiche conferiscono la

capacità di recuperare le dimensioni originali dopo essere stato disteso. Le fibre di collagene al microscopio ottico presentano una fine striatura longitudinale formata da fibre sottili dello spessore di 0,2 – 0,3 micron che lo compongono, al microscopio elettronico si vedono le microfibrille che hanno uno spessore da 20 a 100 nanometri e sono associate tra di loro parallelamente; le fibre di collagene sono fondamentali per l'organismo, tanto che sono la seconda componente per quantità dopo l'acqua, sono fibre flessibili, poco estensibili e conferiscono resistenza alla trazione. Esistono più di 25 tipi di catena alfa di tropocollagene, ciascuno codificato da un gene diverso, in più l'assortimento di tipi diversi di catena alfa comporta la formazione di 20 tipi diversi di collagene; da ricordare che il tipo I e il tipo IV costituiscono il 90% del collagene dell'intero organismo, è frequente inoltre la presenza di diversi tipi collagene all'interno degli stessi tessuti. I principali tipi di collagene: il tipo I, che è presente nelle ossa, nei tendini nel derma e nel tessuto cicatriziale, il tipo II che è presente nella cartilagine ialina, nei dischi intervertebrali e nella notocorda, tipo III, che è la componente maggiore delle fibre reticolari, IV tipo, che è associato alle lamine basali, tipo V, che (insieme al tipo I) è presente durante lo sviluppo embrionale.

La sostanza amorfa è composta da proteoglicani, a loro volta composti da glicosamminoglicani (lunghi polisaccaridi lineari covalentemente legati ad un nucleo proteico); i proteoglicani si assemblano ad altre molecole a formare macromolecole; la sostanza amorfa comprende anche le glicoproteine, talvolta adesive, poiché collegano la matrice extra cellulare alle macromolecole presenti sulla membrana delle cellule. La sostanza amorfa risulta invisibile nei preparati a fresco (microscopio ottico) data la sua scarsa densità di macromolecole, ma risulta positiva a una colorazione PAS ed è colorabile con coloranti basici. Ha molteplici funzioni importanti, la principale è quella di diffondere i nutrienti, poi influenza l'orientamento delle microfibrille di collagene durante la neoformazione, e contribuisce alla difesa dell'organismo ostacolando la diffusione dei microrganismi.

Tutte e tre le componenti che costituiscono il tessuto connettivo sono vincolate da reazioni complesse: le cellule producono e secernono i componenti della matrice extracellulare e quest'ultima regola l'attività delle cellule. Ci sono alcuni tessuti in cui l'importanza delle cellule è maggiore, come i fibroblasti, e dei tessuti in cui la componente fibrosa è più importante, come nei tendini e nei legamenti.

La varietà dei componenti dei tessuti connettivi e il loro diverso assortimento da origine a diversi tipi di tessuti connettivi, ognuno dei quali ha una struttura e una funzione specifica; le funzioni sono molte: funzione meccanica e di sostegno (che assume diverse forme), funzione trofica (nutrizione) nei confronti dei parenchimi, è importante nei depositi di grassi, funzione di difesa dell'organismo (come attività fagocitaria o produzione di anticorpi), è importante per il mantenimento dell'omeostasi dell'organismo.

I tessuti connettivi propriamente detti sono lasso, denso, reticolare e adiposo. La quantità, qualità e disposizione delle fibre sono i criteri per la classificazione dei TCPD.

Il tessuto lasso riempie gli spazi in profondità della pelle, è adiacente ai sottili epiteli come nel tubo digerente e nell'apparato respiratorio, e circonda il parenchima delle cellule. È caratterizzato da un'abbondante matrice extracellulare che occupa la maggior parte dello spazio e contiene diversi tipi cellule al suo interno, come fibroblasti, macrofagi, adipociti, cellule indifferenziate e cellule migranti responsabili delle reazioni infiammatorie, allergiche e immunitarie. Le fibre del collagene sono molto sottili e intrecciate tra loro.

Nel connettivo denso le fibre di collagene sono abbondanti, raccolte in fasci stipati tra loro e conferiscono al tessuto consistenza e resistenza. Si trova nel derma della pelle, nei legamenti e nelle guaine dei nervi. Interposte tra le fibre dense si possono vedere dei fibroblasti allungati; la sostanza amorfa è poco evidente.

Il tessuto reticolare è costituito prevalentemente dal collagene di tipo III, le fibre formano una rete tridimensionale all'interno della quale si possono trovare fibroblasti e macrofagi; il tessuto reticolare forma le impalcature dei sinusoidi del fegato, dei linfonodi, del midollo osseo e del muscolo liscio.

Il tessuto adiposo si divide in tessuto adiposo bianco e in tessuto adiposo bruno. Essi differiscono per diverse colorazioni e funzioni metaboliche. Il tessuto adiposo bianco è costituito da cellule che presentano una grossa goccia lipidica, pertanto assume una colorazione bianca, è molto vascolarizzato, si trova sotto gli strati cutanei di tutto il corpo e si addensa maggiormente in specifiche zone che dipendono dall'età e dal sesso dell'organismo. Il tessuto bruno è costituito da cellule multiloculari di lipidi che si accumulano in piccole gocce separate tra loro, ha una conformazione in lobuli e una vascolarizzazione che ricorda la struttura di una ghiandola; appare di un colore bruno-rossastro per l'alta vascolarizzazione e per la presenza dei mitocondri. La funzione principale è termoregolatrice, infatti produce calore grazie all'ossidazione degli acidi grassi e alla presenza dei mitocondri.

I tessuti connettivi specializzati comprendono cartilagine, ossa e sangue. La cartilagine è composta sia da cellula che da matrice extracellulare; all'interno delle cellule si distinguono le cellule condrogeniche, che sono fusiformi, hanno un nucleo ovoidale, derivano dalle cellule mesenchimali e hanno la capacità di differenziarsi in condroblasti, che sono delle cellule basofile, addette alla sintesi e alla secrezione della matrice extracellulare; condrociti, che sono condroblasti che rimangono circondati dalla matrice extracellulare da essi prodotta, in strutture dette lacune. La cartilagine è sprovvista sia di vasi che di nervi, pertanto le cellule ricevono il nutrimento per diffusione attraverso la matrice extracellulare, che è composta da componente fibrosa, in cui ci sono fibre di collagene di tipo II e fibre elastiche; nella sostanza amorfa ci sono glicosamminoglicani, proteoglicani e glicoproteine adesive. La cartilagine presenta caratteristiche sia di solidità che di flessibilità, inoltre la sua elevata levigatezza la rende perfetta per rivestire le articolazioni.

L'accrescimento della cartilagine avviene con due meccanismi distinti: accrescimento interstiziale o apposizione. Il primo si ha nella piastra epifisaria, ossia la giunzione tra epifisi e diafisi nella ossa lunghe, in questo tipo di accrescimento, la cartilagine si accresce dall'interno della cartilagine stessa, ovvero nelle sedi destinate a diventare cartilagine le cellule mesenchimali si raggruppano diventando rotondeggianti, e formano dei centri condrocitari; queste cellule si differenziano in condroblasti, che iniziano a secernere la loro matrice extracellulare intorno a loro stessi, e man mano che ciò avviene i condroblasti si ritrovano rinchiusi nelle lacune e a questo punto diventano condrociti; questi proliferano e continuano a produrre matrice extracellulare, formando gruppi di più condrociti all'interno della stessa lacuna (gruppi isogenici). Con l'aumentare della secrezione della matrice extracellulare i condrociti si separano in lacune diverse e continuano a proliferare. La zona dove i condrociti continuano a proliferare è detta zona di proliferazione piastra epifisaria, con l'incremento della secrezione della matrice extracellulare il condrocita assume una forma cellulare più appiattita. L'accrescimento per apposizione avviene a partire dal pericondrio (uno strato di connettivo denso costituito da fibroblasti e da cellule condrogeniche) che circonda la cartilagine stessa; in questo caso la cartilagine si accresce dall'esterno; all'interno del pericondrio ci sono delle cellule che si differenziano per mitosi dando origine ai condroblasti, i quali secernono la matrice extracellulare finché non si trovano intrappolati nella lacuna e diventano condrociti. Nel periodo di accrescimento post-natale, la cartilagine permane tra epifisi e diafisi delle ossa lunghe e permette l'allungamento delle ossa (cartilagine di accrescimento); nell'adulto la cartilagine permane in corrispondenza di alcune zone del corpo, come nelle articolazioni, nelle orecchie, nella laringe, nella trachea, nel naso, nei dischi intervertebrali, nelle costole. A seconda della composizione della matrice extracellulare la cartilagine si distingue in tre tipi: ialina, elastica e fibrosa. La prima è la più diffusa nell'organismo e nello sviluppo quasi tutto l'embrione si sviluppa da cartilagine ialina e in seguito nel corso del processo di ossificazione la cartilagine viene

calcificata; dopo la nascita la cartilagine ialina rappresenta la cartilagine di coniugazione (tra epifisi e diafisi); presenta un colore grigio bluastrato, un aspetto traslucido e una consistenza plastica. Al suo interno sono riconoscibili i condrociti all'interno delle proprie lacune e nella matrice extracellulare si possono notare sia le fibre che la materia amorfa. La cartilagine elastica è simile a quella ialina tranne per il fatto che le fibre hanno una struttura simile a quella delle fibre elastiche del connettivo elastico; le fibre si ramificano e decorrono in tutte le direzioni mascherando la sostanza amorfa, le cellule presenti nelle lacune hanno una forma rotondeggiante; dalla presenza delle numerose fibre la cartilagine elastica appare gialla e opaca. La cartilagine fibrosa è una forma di transizione tra un connettivo denso e la cartilagine ialina, è priva di pericondrio ed è caratterizzata dalla presenza di fasci fibrosi costituiti da collagene di tipo I, sono presenti all'interno delle cellule che sono allineate o isolate e decorrono parallelamente ai fasci articolari; è presente nella sinfisi pubica, nei dischi intervertebrali ed è attaccata alle ossa; la sostanza amorfa è scarsamente presente.

Il tessuto osseo è una forma specializzata di tessuto connettivo caratterizzata dalla mineralizzazione della matrice extracellulare che conferisce al tessuto stesso resistenza e robustezza con il minimo peso necessario e sufficiente; la durezza è garantita dai sali minerali presenti nella parte inorganica della matrice extracellulare, mentre la robustezza è dovuta alle fibre di collagene nella parte organica della matrice extracellulare; l'osso ha una notevole capacità di rimodellamento durante tutto l'arco della vita di un organismo; ha funzione di sostegno e di protezione degli organi, di leva, e di omeostasi del calcio nell'intero organismo. Le cellule del tessuto osseo sono diverse: cellule osteoprogenitrici, localizzate all'interno del periostio e dell'endostio, due strati di connettivo specializzato che rivestono la superficie esterna e la superficie interna del tessuto osseo. Le cellule osteoprogenitrici hanno una forma fusiforme e un nucleo ovoidale; derivano dalle cellule mesenchimali e sono in grado di differenziare gli osteoblasti; essi sono le cellule che partecipano direttamente alla formazione del tessuto osseo, sia secernendo la componente organica della matrice extracellulare sia regolando la composizione dei sali minerali, si dispongono lungo le trabecole ossee in formazione, formando una catenella di cellule allineate che continuano a secernere la matrice extracellulare che formerà l'osso. Quando gli osteoblasti si ritrovano all'interno della loro matrice cellulare, esse differenziano in osteociti; essi sono le cellule principali dell'osso maturo, sono fornite di lunghi prolungamenti nell'osso maturo nei canalicoli ossei, che si diramano in tutte le direzioni. Altre cellule nelle ossa sono gli osteoclasti, dei sincizi polinucleati, che si dispongono sulla superficie di una trabecola ossea in formazione e sono cellule adibite al riassorbimento della matrice extracellulare, sono infatti presenti nelle lacune delle ossa. La matrice extracellulare si suddivide in una parte organica (35%) e in una parte inorganica (65%): la prima è formata in gran parte da fibre di collagene di tipo I, ed è composta anche da una sostanza amorfa (aggreganti; osteocalcina, osteopontina, importanti per la connessione della matrice extracellulare alle cellule dell'osso); la parte inorganica è composta da sali minerali (per lo più calcio e fosforo), e idrossiapatite.

In un osso si possono distinguere due porzioni: una esterna e l'osso compatto (diafisi) e una di osso spugnoso, che forma sia la cavità delle estremità delle ossa (epifisi), sia la cavità midollare delle diafisi. L'osso spugnoso ha un aspetto alveolare ed è costituito da sottili trabecole lamellari che si ramificano in una rete tridimensionale, e al suo interno c'è il midollo osseo. Le cavità midollari sono interconnesse e si connettono con la cavità midollare della diafisi. L'osso compatto è solido, cavo all'interno e grazie a questa struttura conferisce all'osso resistenza alla rottura e alla flessione; all'interno ospita il midollo osseo; la superficie esterna dell'osso è rivestita da una sottile lamina connettivale detta periostio, che è costituita da cellule sia appartenenti al connettivo fibroso, sia da cellule osteoprogenitrici in uno strato più interno del periostio; la cavità midollare della diafisi e le ossa spugnose, sono rivestite da uno strato di cellule pavimentose chiamate endostio, che è un connettivo specializzato composto da cellule osteoprogenitrici e

osteoblasti. La caratteristica principale dell'osso adulto è la sua struttura lamellare: ciascuna lamella è costituita sia da cellule che da sostanze intercellulari; le fibre di collagene all'interno di una lamella si dispongono parallelamente; si distinguono all'interno di un osso compatto quattro tipi di sistemi lamellari, lamelle circolari interne, esterne, osteoni e lamelle interstiziali. Il periostio si ancora all'osso compatto mediante le fibre di Sharpey, che sono delle fibre di tessuto connettivo denso che collegano il periostio alle lamelle circolari esterne che formano il perimetro dell'osso compatto. Le lamelle circolari interne delimitano la parte interna dell'osso compatto e sono in connessione con l'osso spugnoso. La maggior parte dell'osso compatto è costituito da osteone, dei sistemi di lamelle concentriche intorno al canale di Havers, dei canali in cui passano sia i nervi che i vasi del tessuto osseo. Questi sono connessi tra loro attraverso i canali di Volkmann. Le lamelle interstiziali sono dei residui di osteoni che circondano gli osteoni stessi.

L'ossificazione avviene in due modi distinti: intermembranosa o endocondrale. Esempi di ossa che si formano mediante la prima sono le ossa della calotta cranica; il tessuto osseo si forma a partire dal tessuto mesenchimale: si formano dei centri primari di ossificazione nei quali le cellule mesenchimali producono una matrice arricchita da fibronectina, collagene di tipo I e tenascina; alcune di queste cellule mesenchimali di queste differenziano in osteoblasti, i quali secernono matrice extracellulare, formando le prime trabecole ossee, il successivo accrescimento avviene per apposizione di matrice da parte degli osteoblasti. Il secondo processo avviene nella maggior parte delle ossa lunghe e corte; rappresenta la formazione dell'osso a partire da un abbozzo cartilagineo, si forma prima un abbozzo di cartilagine ialina, che porta all'ipertrofia dei condrociti e la matrice extracellulare cartilaginea si calcifica; contemporaneamente la parte centrale della diafisi inizia a vascolarizzarsi; con questo meccanismo alcune cellule condrogeniche si differenziano in osteoprogenitrici che formano quindi gli osteoblasti, i quali secernono la matrice e si muovono verso le diafisi delle ossa in formazione; man mano che il processo va avanti inizia l'azione degli osteoclasti, che assorbono la cartilagine calcificata e determinano un allargamento della cavità midollare.

Il sangue è una componente fluida associata alla matrice extracellulare; esso è composto da una parte corpuscolare composta da eritrociti, leucociti e piastrine e il plasma (la componente liquida), che rappresenta il 55% del sangue, un liquido giallo, composto al 90% da acqua, in cui sono dissolte delle proteine dal 7% al 9% e altri componenti organiche, inorganiche, ormoni, enzimi e vitamine.

Il sangue ha notevoli funzioni importanti, come il mantenimento dell'omeostasi dell'organismo, è il mezzo attraverso cui si hanno le diffusioni, si trasportano i nutrienti, gli ormoni e le molecole regolatrici, ha funzione di termoregolazione e di eliminazione dei prodotti finali del metabolismo cellulare.

La parte corpuscolata e facilmente visibile: i globuli rossi (o eritrociti) sono la componente principale del sangue e sono adibiti agli scambi di gas, proprio per questo sono privi di nucleo, biconcavi e privi di organelli e sono ricchi di emoglobina, hanno un ciclo di vita di circa 120 giorni; i linfociti non svolgono la funzione principale nel sangue ma usano il torrente circolatorio per spostarsi all'interno del corpo, hanno funzione di difesa dell'organismo; le piastrine sono delle frammentazioni citoplasmatiche di megacariociti, non hanno nucleo e hanno un aspetto discoidale e sono importanti nei processi di coagulazione del sangue; i leucociti si distinguono in granulociti e agranulociti: i primi si suddividono in basofili, eosinofili e neutrofilo; i basofili sono delle cellule che hanno il nucleo mascherato dalle numerose granulazioni di colore violetto, che contengono prevalentemente eparina, infatti sono gli iniziatori dei processi infiammatori e responsabili dell'ipersensibilità alle allergie e all'asma; gli eosinofili hanno un nucleo bilobato e le granulazioni hanno un aspetto giallo arancione e svolgono un'attività fagocitaria, infatti sono importanti

per la difesa contro i parassiti; i neutrofili hanno un nucleo polimorfo, finissime granulazioni e sono cellule con attività fagocitaria e sono importanti per il riconoscimento e la distruzione dei batteri.

Gli agranulociti sono linfociti, che hanno un nucleo sferoidale, la cromatina molto addensata; a seconda della funzione possono essere divisi in linfociti B, T e natural killer (NK), sono responsabili del sistema immunitario, provvedono infatti al riconoscimento specifico degli antigeni esterni e svolgono la funzione di cellule effettrici; monociti, che hanno il nucleo reniforme e finissime granulazioni, permangono nel circolo sanguigno per pochi giorni, poiché poi migrano nel connettivo dove differenziano in macrofagi, i quali attuano un'attività fagocitaria, e producono dei processi infiammatori e immunitari.

TESSUTO MUSCOLARE

È un tessuto responsabile del movimento volontari e involontari degli organi e del tessuto grazie alla sua proprietà della contrattilità. Nei vertebrati si hanno tre tipi di muscoli: tessuto scheletrico, cardiaco e liscio. Il primo forma i muscoli dello scheletro ed è responsabile della locomozione, è un muscolo volontario e striato; il secondo è un muscolo striato involontario ed è la parte contrattile del cuore (miocardio); il terzo non presenta striature, è involontario e responsabile dei movimenti degli organi e dei vasi. Tutti e tre derivano dal mesoderma e in tutti e tre la contrazione avviene mediante lo scorrimento dei filamenti sottili su quelli spessi. La membrana del tessuto muscolare viene detta sarcolemma, il citoplasma sarcoplasma, e il reticolo endoplasmatico liscio è detto reticolo sarcoplasmatico.

MUSCOLO SCHELETRICO

Il muscolo scheletrico è composto da lunghe fibre muscolari, composte a loro volta da lunghe cellule multinucleate, che derivano dalla fusione dei mioblasti; i nuclei si vanno a diffondere in periferia nel muscolo adulto, non sono in grado di replicare e sono in uno stato quiescente. Il muscolo è circondato da una guaina connettivale di tessuto connettivo spesso detto epimisio, dall'epimisio si diramano dei fasci reticolari di connettivo che circondano dei fascetti di miofibre (perimisio), dal perimisio si dirama del connettivo reticolare che circonda ciascuna miofibrilla e questo connettivo è detto endomisio. I vasi all'interno del muscolo scheletrico seguono l'andamento dell'endomisio. Per l'abbondanza dei vasi il tessuto muscolare assume una colorazione rosea scura.

Le peculiarità del muscolo scheletrico sono: la lunghezza delle fibre muscolari, il fatto che siano dei sincizi multinucleati, e il fatto che sia un muscolo striato; il muscolo è composto da miofibrille, che si dispongono adiacenti, e questa disposizione fa sì che si possano vedere le striature. Le striature sono formate dall'alternanza di bande A o anisotrope e bande I o isotrope. All'interno della prima c'è una regione più chiara detta banda H all'interno della quale passa una striscia più scura detta striscia M; all'interno della banda I passa una striscia più scura detta linea Z. I nuclei all'interno della miofibrilla sono in uno stato quiescente, e la rigenerazione del muscolo avviene a carico delle cellule satelliti che sono delle cellule staminali, che si localizzano all'interno della fibra muscolare in una postazione speciale che è compresa tra sarcolemma e membrana basale; queste cellule sono in stato quiescente, ma in risposta a un danno vengono attivate e proliferano per ricostruire il muscolo.

Il sarcomero è l'unità funzionale del muscolo scheletrico, è compreso tra due bande Z e comprende tutta la banda A e metà delle due bande I contigue. All'interno di esso si possono ritrovare le striature che sono derivate dalla conformazione e dalla disposizione dei filamenti spessi con i filamenti sottili. Questi ultimi sono composti da actina quelli spessi da miosina. La banda A che è quella anisotropa appare più scura a causa della sovrapposizione di filamenti sottili con filamenti spessi. La linea M è più scura per via di legami

crociati esistenti tra filamenti spessi che servono a mantenere la struttura dei filamenti spessi durante la contrazione muscolare. Al livello della linea Z ciascun filamento sottile entra a contatto con quattro filamenti sottili del sarcomero adiacente, e la linea Z serve anch'essa per mantenere giusta posizione dei filamenti durante la contrazione. Quando il muscolo si contrae le due linee Z si avvicinano verso il centro del sarcomero, così facendo la banda I diminuisce la sua estensione e la banda A mantiene la stessa lunghezza.

La contrazione del muscolo scheletrico avviene in risposta ad un impulso nervoso; la zona di contatto tra i neurofilamenti e il muscolo scheletrico prende il nome di giunzione muscolare o placca motrice. I neurofilamenti entrano in contatto con i recettori dell'acetilcolina in modo specializzato: al livello della placca motrice il terminale assonico rilascia con le vescicole il neurotrasmettitore (acetilcolina) nello spazio intersinaptico e nella porzione postsinaptica i recettori raccolgono il neurotrasmettitore, che provoca una depolarizzazione della membrana, che cambia il suo potenziale d'azione, ossia da potenziale di riposo passa a potenziale d'azione. La contrazione è quindi dovuta alla specializzazione che si trova all'interno della fibra muscolare scheletrica, in particolare il sarcoplasmatico all'interno della fibra muscolare scheletrica si dispone con elementi longitudinali ed elementi trasversali. I primi si sovrappongono alla banda A del sarcomero e al livello della banda H formano una cisterna fenestrata centrale. Le seconde: al livello della giunzione tra la banda A e la banda I il reticolo sarcoplasmatico forma delle estensioni che abbracciano il tubulo trasversale T (invaginazione del sarcolemma); il tubulo T con due cisterne terminali del reticolo sarcoplasmatico formano la triade del muscolo scheletrico che è la parte più importante per la funzione della contrazione del muscolo scheletrico; ciò perché l'impulso nervoso provoca la depolarizzazione della membrana, che percorre il sarcolemma e si insinua all'interno della fibra muscolare attraverso il tubulo T e attiva così i recettori diidropiridinici voltaggio-dipendenti; essi a loro volta attivano i recettori rianodinici che sono presenti sulla superficie delle cisterne terminali, che permettono il rilascio del calcio nel sarcoplasma. Il calcio si lega alla tropomiosina (presente nel legamento sottile), la quale cambia conformazione e si sposta con la conseguente esposizione del legame dell'actina per la miosina; in seguito all'idrolisi dell'ATP si ha lo scorrimento dei filamenti sottili su quelli spessi e il seguente legame di una nuova molecola di ATP alla testa della miosina impedisce alla miosina di rilegarsi all'actina. Alla fine della contrazione muscolare il calcio deve essere riassorbito dal reticolo sarcoplasmatico per permettere.

All'interno del muscolo scheletrico si differenziano fibre veloci e fibre lente: le prime sono contraddistinte da contrazioni rapide e forti, hanno metabolismo glicolitico ossia producono ATP tramite glicolisi, suscettibili all'affaticamento e sono bianche per la bassa presenza di mitocondri; fibre lente, caratterizzate dalle contrazioni lente, hanno metabolismo ossidativo, sono resistenti all'affaticamento e sono rosse per il grosso numero di mitocondri. Ci sono anche categorie intermedie, e all'interno di un muscolo di solito si trovano molti tipi di fibre, ma di solito un muscolo ha un andamento più verso fibre veloci o più verso fibre lente. In concomitanza con il metabolismo delle fibre si ha anche un'associazione isoforme della catena pesante della miosina: le fibre veloci presentano catene della miosina di tipo 2B, mentre le fibre lente presentano catene della miosina di tipo 1A.

La rigenerazione del muscolo scheletrico consiste in prima un processo di rigenerazione e necrosi e poi un processo di rigenerazione e nuova miogenesi. Al livello istologico: dopo due giorni dal danno c'è la necrosi, con un alta quantità di fibre necrotiche degeneranti, a quattro giorni appaiono delle fibre rigeneranti che accrescono le proprie dimensioni, e a 7 giorni le fibre rigeneranti accrescono di dimensioni e l'infiammazione è quasi del tutto assorbita. Al livello molecolare: le cellule satelliti vengono riattivate, e attivano prima dei processi di proliferazione e in seguito di differenziamento, poi le cellule satelliti possono

fondersi tra loro per formare delle fibre neorigeneranti o possono fondersi a fibre preesistenti danneggiate riparandole. Al livello di geni: nella rigenerazione si ha la riattivazione dell'espressione genica fetale.

Un contrasto patologico in cui è importante la rigenerazione sono le distrofie muscolari: sono delle malattie genetiche progressive, caratterizzate dalla degenerazione e dalla debolezza del muscolo; derivano da mutazioni nelle proteine coinvolte nel complesso glicoproteico della distrofina e proteoglicani. Questo complesso permette l'ancoraggio dei componenti interni della cellula con i componenti della matrice extracellulare, mancando questa connessione i muscoli distrofici sono soggetti a danno da semplice contrazione muscolare; la rigenerazione muscolare non riesce quindi a compensare questo danno, il muscolo quindi non si rigenera e acquista tessuto fibrotico e adiposo. Promuovendo la rigenerazione muscolare i pazienti distrofici hanno dei miglioramenti nelle loro condizioni di vita. Al livello istologico i muscoli distrofici appaiono con un grande infiltrato di tessuto fibrotico o tessuto fibroso e i muscoli distrofici contengono un grosso numero di fibre danneggiate.

MUSCOLO CARDIACO

È un muscolo striato involontario, presente nel miocardio e nella vena polmonare; è costituito da una rete di cellule cardiache dette cardiomiociti, più grandi delle normali cellule (lunghezza di 80 micron e larghezza di 15), sono centronucleate, hanno le estremità biforcute che entrano in connessione con le cellule adiacenti tramite delle giunzioni terminali specializzate, i dischi intercalari. I cardiomiociti si dispongono in strati, che vengono chiamati lamine, esse sono separate da sottili setti connettivali, nei quali decorrono vasi e nervi del sistema di conduzione del cuore. A differenza del muscolo scheletrico il muscolo cardiaco non è organizzato in miofibrille, è più ricco di mitocondri ed ha una ritmicità intrinseca e spontanea.

Si possono distinguere delle porzioni trasversali e delle porzioni longitudinali dei dischi intercalari. Nelle prime si riscontra la presenza di fasciae adhaerentes o desmosomi, delle zone specializzate che appaiono come placche di materiale denso, ed hanno funzione meccanica, assicurando la connessione tra cardiomiociti; nella seconda si trovano diverse giunzioni GAP, delle giunzioni a bassa resistenza elettrica che permettono l'accoppiamento elettrico tra cardiomiociti adiacenti.

Il tessuto muscolare cardiaco è comandato sia dal sistema nervoso simpatico che dal sistema nervoso parasimpatico, e gli impulsi nervosi servono a modificare sia la frequenza che la forza del battito cardiaco.

Al livello della struttura si notano differenze rispetto al muscolo scheletrico: il reticolo sarcoplasmatico è meno sviluppato e non si trovano delle estensioni che sono presenti nel muscolo scheletrico, ma si trovano delle espansioni terminali che entrano in contatto con il tubulo trasversale; un'espansione con il tubulo trasversale forma la diade del muscolo cardiaco e il tubulo trasversale si trova in corrispondenza della linea Z e non delle giunzioni A e I del muscolo scheletrico. Altra differenza è il liquido extracellulare, che nel muscolo cardiaco è la fonte principale del calcio per la contrazione muscolare.

Il battito cardiaco insorge spontaneamente al livello di nodo seno atriale, da qui si propaga al nodo atrio-ventricolare, da qui attraverso il fascio di His si propaga attraverso il setto interventricolare per poi propagarsi nei due ventricoli. Al livello istologico le cellule dei nodi seno atriale e atrio-ventricolare sono più piccole dei miociti, mentre le cellule delle fibre del Purkinje sono più grandi, e al microscopio elettronico si nota una grossa presenza di mitocondri e glicogeno. Le cellule dell'atrio sono più piccole delle cellule del ventricolo, ciò dipende dal lavoro inferiore che sostengono, ma sono più ricche di giunzioni GAP, infatti l'impulso passa più velocemente nell'atrio che nel ventricolo.

La rigenerazione del muscolo cardiaco è poco efficiente, se vengono iniettate delle cellule provenienti dal midollo osseo al cuore, solo poche cellule vengono differenziate e inglobate all'interno del miocardio. Anche nel cuore si è riscontrata la presenza di cellule staminali, ma anche esse non differenziano con facilità. Negli esperimenti sui topi si è scoperto che il cuore è perfettamente in grado di rigenerarsi nei primi giorni di vita dell'animale, tanto che è in grado di rigenerare anche porzioni di cuore rimosse. Se lo stesso viene fatto ad un animale di una settimana il cuore non è in grado di rigenerarsi poiché i cardiomiociti hanno perso la capacità di rigenerare.

MUSCOLO LISCIO

Il tessuto muscolare liscio è così detto poiché non ci sono le striature e non hanno i tubuli T. È presente nella tonaca uterina, nei dotti ghiandolari e nelle arterie. Tra le cellule muscolari lisce è sempre presente tessuto connettivo lasso e fibre reticolari. Nella tonaca dell'utero sono presenti due lamine di tessuto muscolare liscio disposte perpendicolarmente tra loro, questa disposizione permette i movimenti di peristalsi; nei dotti ghiandolari sono presenti delle cellule del tessuto muscolare liscio, le cellule mioepiteliali, che hanno forma ramificata che abbraccia l'acino dei dotti ghiandolari. In tutti i tessuti la contrazione del tessuto muscolare liscio permette la fuoriuscita del secreto dei dotti ghiandolari e del liquido all'interno dei lumi.

Al livello cellulare la fibrocellula del muscolo liscio è una cella fusiforme, nella parte centrale è presente il nucleo ed è più grande rispetto alle estremità che sono assottigliate, le estremità sono a fasci, giustapposte tra di loro in modo tale che il nucleo entri in contatto con le estremità delle fibrocellule adiacenti. Lo spazio intercellulare è attraversato in più punti da sottili propaggini cellulari, mediante le quali le cellule adiacenti entrano in connessione; al livello delle propaggini ci sono delle strutture cellulari simili alle giunzioni GAP e queste permettono l'accoppiamenti ionico tra le cellule contigue e permettono una diffusione di un'onda di depolarizzazione da una cellula all'altra.

Al livello ultrastrutturale: nella zona perinucleare è disposta la maggior parte degli organelli della cellula muscolare liscia; all'interno delle cellule sono presenti anche dei corpi densi che danno ancoraggio ai miofilamenti, hanno una funzione paragonabile alle linee Z nel muscolo scheletrico; sulla membrana delle cellule muscolari lisce sono talvolta presenti delle caveole, delle invaginazioni, con probabile funzione di trasmissione di segnale della membrana alle cisterne che contengono il calcio. I miofilamenti presenti sono sia sottili che spessi, tuttavia quelli spessi si formano al momento della contrazione e nel rilasciamento vengono disassemblati.

Gli stimoli della contrazione possono essere di varia natura, il muscolo liscio infatti è sia innervato dal sistema simpatico, che provoca la contrazione delle cellule che, da quello parasimpatico che ne provoca il rilassamento, ma la contrazione avviene anche mediante stimoli meccanici, ormoni o tramite l'ossido nitrico. La cellula contratta cambia la forma del nucleo, che assume una forma a spirale.

Le cellule muscolari lisce a seconda di come ricevono l'innervazione possono essere multiunitarie o unitarie: le prime sono cellule che ricevono un terminale sinaptico per ogni cellula così ogni cellula si contrae indipendentemente, le seconde solo alcuni corpi cellulari ricevono un contatto sinaptico e la trasmissione dell'impulso tra cellule adiacenti avviene mediante le giunzioni GAP.

TESSUTO NERVOSO

Il sistema nervoso è presente in tutte le regioni dell'organismo ed esercita la funzione di comunicazione mettendo in contatto le cellule all'interno dell'organismo tra loro e con l'esterno; ha due proprietà:

l'irritabilità e la conducibilità; la prima è la capacità di reagire agli stimoli dell'ambiente esterno e di trasformarli in impulsi nervosi, la seconda è la capacità di trasmettere dei segnali nervosi ad altre parti della cellula nervosa e a cellule effettrici (come cellule ghiandolari o muscoli).

Il sistema nervoso è suddiviso in sistema nervoso cerebro-spinale e autonomo; il primo è costituito da sistema nervoso centrale, che comprende encefalo e midollo spinale, e al cui interno possono distinguere due tipi di sostanza, la sostanza grigia e la sostanza bianca a la prima è costituita da corpi cellulari e dendriti, la seconda da fibre nervose; sistema nervoso periferico, che comprende i nervi cranici e i nervi spinali. Il sistema nervoso autonomo controlla la motilità viscerale, ghiandolare e cardiaca; comprende sistema simpatico e parasimpatico: il primo è responsabile delle reazioni in situazioni di emergenza (aumento di frequenza di respirazione e di battito cardiaco, dilatazione della pupilla, riduzione delle motilità viscerali); il secondo è antagonista al primo e di conseguenza provoca effetti opposti.

Si parla di nuclei in caso di corpi cellulari aggregati all'interno del sistema nervoso centrale, si parla di gangli quando si intendono aggregati di corpi cellulari all'interno del sistema nervoso periferico o del sistema autonomo.

Una cellula nervosa è costituita da un corpo cellulare detto soma nel quale è presente il nucleo, l'apparato di Golgi, che ha una posizione perinucleare e gli organelli; dal soma si estendono delle estensioni citoplasmatiche dette neuriti, che possono essere distinte in dendriti e assoni, i primi sono più corti, ramificati, hanno una superficie non lineare e ricevono gli stimoli provenienti dall'ambiente esterno e dalle altre cellule nervose e li trasmettono al corpo cellulare, per questo si può dire che sono caratterizzati da conduzione centripeta dall'impulso nervoso; l'assone è invece caratterizzato da una conduzione centrifuga dell'impulso nervoso, ossia conduce gli impulsi in direzione distale (lontana) dal corpo cellulare, è più lungo dei dendriti, è privo di estroflessioni ed è caratterizzato da bottoni sinaptici all'estremità dell'assone in contatto con la cellula. Le zone di contatto tra cellule nervose o tra esse e le cellule target (esempio è la cellula muscolare) prendono il nome di sinapsi.

Per il tessuto nervoso ci sono diverse colorazioni istologiche: alcune mettono in evidenza la forma e l'aspetto del corpo cellulare del neurone, come il metodo di Golgi, ossia la fissazione con bicromato di potassio e l'impregnazione con nitrato d'argento; altre mettono in evidenza le ramificazioni degli assoni, come il metodo di Cajal, che prevede l'impregnazione con nitrato d'argento e un trattamento con un agente riducente.

I neuroni vengono classificati sia in base alla forma che in base alla funzione; in base alla forma si distinguono: neuroni multipolari, che presentano molte diramazioni dendritiche e un assone (motoneuroni, fibre del Purkinje), neuroni bipolari, che hanno un solo dendrite e un solo assone (epitelio olfattivo), neuroni unipolari, che hanno una sola estroflessione che ha due rami, morfologicamente sono 2 assoni, uno periferico che riceve stimoli sensitivi e uno che conduce gli stimoli del SNC (gangli delle radici dorsali). Se suddivisi in base alla funzione ci sono: neuroni afferenti o sensitivi, che sono specializzati nella ricezione di impulsi nervosi sui dendriti e alla loro trasmissione al SNC, neuroni efferenti o motori, che si originano dal SNC e portano gli impulsi ai vari organi (muscoli, ghiandole, nervi), interneuroni, che nel SNC hanno la funzione di collegare cellule sensitive e motorie.

Un esempio di nervo misto è il nervo spinale: è connesso mediante due radici al midollo spinale, la radice dorsale che è sensitiva e afferente e la radice ventrale, che è motrice ed efferente, dopo l'uscita dal canale della vertebra queste radici si uniscono e formano il nervo spinale misto, che arriva alla cellula muscolare e la innerva sia con nervi sensitivi che con nervi motori.

La struttura della cellula nervosa è formata da pirenoforo (corpo centrale), dai dendriti e dall'assone. Il pirenoforo ha un nucleo eucromatico (con una colorazione debole), a significare la grossa sintesi genica della cellula nervosa, il citoplasma che è detto pericario, dove sono presenti diversi organelli, tra cui l'apparato di Golgi, che è molto esteso e perinucleare, diversi ribosomi, centrioli e talvolta gocce lipidiche e granuli di pigmento. Una caratteristica del pirenoforo sono i corpi di Nissl, delle aree colorabili con colorazioni basiche; essi sono degli aggregati di cisterne di reticolo endoplasmatico rugoso, sono importanti per la sintesi proteica all'interno della cellula nervosa. All'interno del pirenoforo sono presenti anche delle neurofibrille, che sono costituite da neurotubuli e neurofilamenti, che sono importanti per il traffico di organelli, di membrane e di molecole all'interno della cellula nervosa.

I dendriti sono considerati i terminali sensoriali del neurone, sono delle estroflessioni citoplasmatiche del corpo della cellula, per cui hanno il dendroplasma (citoplasma dei dendriti) molto simile al pericario, sono quindi ricchi di ribosomi e l'unico organello che non presentano è l'apparato di Golgi; sono caratterizzati da spine dendritiche, ossia delle estroflessioni della superficie dei dendriti che sono sede di contatti sinaptici con numerose terminazioni assoniche di altre cellule, sono formate da actina, delle fibre contrattili che si modellano in base alle sinapsi che vengono formate tra dendriti e terminazioni assoniche. L'assone è avvolto da una membrana unitaria detta assolemma, il suo citoplasma è detto assoplasma, non ci sono ribosomi ed ha una ricca impalcatura citoscheletrica composta da microtubuli di circa 24 nanometri di diametro, da neurofilamenti, con un diametro di 10 nanometri e microfilamenti di actina, con un diametro di 6 nanometri. Tutti i filamenti sono orientati parallelamente all'asse maggiore dell'assone e sono responsabili del trasporto di organelli e molecole dal corpo cellulare al terminale assonico e viceversa; nell'assone infatti sono presenti due tipi di flussi, uno è lento, unidirezionale e anterogrado, ossia flusso assoplasmatico, uno è veloce e bidirezionale ed è chiamato trasporto assonico. I flussi sono importanti per il trasporto di organelli e molecole sia in una direzione che nell'altra.

La fibra nervosa è l'unione dell'assone con le cellule del nevroglia che lo avvolgono a formare una guaina. Gli assoni nel sistema nervoso periferico e nel sistema nervoso autonomo sono circondate dalla cellula del nevroglia detta di Schwann, mentre nel sistema nervoso centrale sono circondate dalla cellula del nevroglia detta oligodendroglia. Le cellule di Schwann si dispongono sequenzialmente e ricoprono l'assone per tutta la sua lunghezza dal cono d'emergenza dell'assone fino al terminale sinaptico, che è privo della cellula di Schwann. A seconda del diametro dell'assone essa forma la guaina mielinica, maggiore è il diametro maggiormente è richiesta la presenza della mielina, che ha la funzione di velocizzare la propagazione dell'impulso nervoso; la guaina mielinica è costituita da avvolgimenti concentrici della membrana plasmatica della cellula di Schwann saldati tra loro mediante giunzioni occludenti; tra il primo strato avvolto intorno all'assone e i successivi strati concentrici vi è uno strato detto strato adassonale, che è formato dal citoplasma della cellula di Schwann; tra il primo strato e l'assone rimane uno spazio detto interstizio che è formato da spazio extracellulare. Le cellule di Schwann risultano interrotte ad intervalli regolari da costrizioni che prendono il nome di nodi di Ranvier, lo spazio tra due nodi di Ranvier è detto internodo. La lunghezza dell'internodo e la presenza e lo spessore della guaina mielinica sono direttamente proporzionali al diametro dell'assone; nella guaina mielinica sono visibili delle incisioni oblique dette incisioni di Schmidt-Lanterman, esse sono dei corridoi citoplasmatici che permettono il collegamento della parte esterna della cellula di Schwann che contiene il nucleo con la cellula di Schwann che è in contatto con l'assone; la funzione della guaina mielinica è quella di favorire la diffusione dell'impulso nervoso, i nervi con diametro piccoli non hanno bisogno di guaina mielinica, in questo caso una cellula di Schwann contiene nel citoplasma più terminali assonici di piccolo diametro, e in questo caso la cellula viene detta cellula di Remak.

Le sinapsi sono il punto di contatto tra le cellule nervose (sinapsi interneuroniche) o con le cellule target; le sinapsi interneuroniche si distinguono in: sinapsi assosomatiche, nel caso in cui l'assone della prima cellula entra in contatto con il corpo cellulare della seconda, sinapsi assodendritica se l'assone della prima cellula entra in contatto con i dendriti della seconda cellula neuronale, sinapsi assoassoniche, ossia tra due assoni e dendrodendritiche, tra due dendriti. La sinapsi è una connessione polarizzata: l'impulso nervoso è diretto forzatamente in una direzione, quindi si riconosce una cellula presinaptica e una cellula postsinaptica, tra le due cellule si interpone una fessura sinaptica che è attraversata da molecole di adesione che hanno la funzione di stabilire la ferma adesione tra due cellule. La terminazione presinaptica si riconosce in quanto è ricca di mitocondri e vescicole (dal diametro dai 40 ai 60 nanometri) contenenti neurotrasmettitori e neuropeptidi; le vescicole vengono rilasciate nello spazio intersinaptico e vanno ad interagire con la cellula postsinaptica, che è ricca di microtubuli, in una zona, detta zona di densità postsinaptica; questa è costituita da scaffold proteici legati sia ai recettori che ai microtubuli, ed hanno il compito di regolare la velocità della risposta allo stimolo presinaptico della cellula postsinaptica. Si riconoscono le sinapsi di tipo I (eccitatorie) e le sinapsi di tipo II (inibitorie); le prime hanno una densità postsinaptica maggiore e uno spazio intersinaptico maggiore rispetto alle seconde.

Le cellule del neuroglia rivestono i neuroni, i dendriti e le fibre nervose del sistema nervoso, hanno funzione di sostegno, sono il mezzo attraverso il quale avvengono gli scambi gassosi e di nutrienti delle cellule nervose, partecipano sia alla formazione che alla riparazione delle lesioni nervose e delle sinapsi. Sono in numero superiore rispetto alle cellule nervose (in rapporto 10/1 o 50/1 a seconda del sistema nervoso), e si distinguono in 6 tipi di cellule diverse: ependimociti, che rivestono la cavità interna del cervello e del midollo osseo, formando un epitelio cubico semplice o cilindrico semplice multiciliato ed hanno funzione di rivestimento; astrociti, a loro volta distinti in astrociti fibrosi se sono presenti nella sostanza bianca o protoplasmatici se sono presenti nella sostanza grigia, sono molto numerosi e formano una rete che avvolge neuroni e fibre nervose, sono elettricamente accoppiati tramite giunzioni GAP con altri astrociti, oligodendrociti ed ependimociti, e supportano strutturalmente e metabolicamente i neuroni, infatti hanno funzioni trofiche (nei confronti dei neuroni) e partecipano alla formazione delle sinapsi e alla riparazione delle lesioni nervose, modulano l'impulso nervoso, in quanto hanno la capacità di catturare e metabolizzare alcuni neurotrasmettitori, inoltre partecipano alla formazione della barriera ematoencefalica; oligodendrociti, delle cellule piccole con un numero modesto di prolungamenti sottili e nel sistema nervoso centrale hanno funzione di avvolgere e formare la guaina mielinica degli assoni; cellule della microglia, che si originano da precursori ematopoietici (a differenza di tutte le altre cellule del neuroglia che si originano dall'ectoderma), sono responsabili della potatura delle sinapsi in eccesso durante le fasi di sviluppo embrionale tramite meccanismi di fagocitosi; cellule di Schwann, che sono responsabili dell'avvolgimento e della formazione della guaina mielinica intorno agli assoni nel SNP e SNA (autonomo).