

Anatomia comparata

Apparati dei vertebrati

Sistema tegumentario

L'apparato tegumentario è il sistema di rivestimento esterno del corpo umano e svolge molteplici funzioni: **protezione** da urti meccanici, agenti patogeni, disidratazione (...); **attività sensoriale** tramite recettori cutanei che comporta sensibilità tattile, termica, dolorifica; funzione **osmoregolativa**, per regolare il passaggio di acqua ed elettroliti, importante soprattutto nei vertebrati acquatici e nei vertebrati terrestri per limitare la perdita di acqua; varie funzioni speciali tra cui la termoregolazione, la nutrizione, il mimetismo (...).

Il tegumento dei vertebrati è costituito da un epitelio superficiale, l'epidermide, e dal derma sottostante, che insieme costituiscono la **cute** (o pelle), dall'ipoderma e da vari annessi cutanei. L'**epidermide** è lo strato più esterno del tegumento ed è costituito da epitelio pavimentoso stratificato, così chiamato perché composto da più strati di cellule piatte ad allungate; l'epidermide contiene cheratinociti, cellule con citoscheletro ricco di cheratina, una proteina che contribuisce alla forza e alla resistenza della pelle. La coesione tra i cheratinociti è assicurata da giunzioni specializzate: desmosomi che uniscono i filamenti di citoscheletro; occludenti che impediscono il passaggio di liquidi tra gli spazi extracellulari; comunicanti che permettono gli scambi tra le cellule. L'epidermide non è vascolarizzata.

Il **derma** si trova sotto l'epidermide e presenta una parte superiore lassa e una parte inferiore più compatta, è costituito principalmente da tessuto connettivo che include fibre di collagene ed elastina che conferiscono alla cute forza ed elasticità.

L'**ipoderma** è un tessuto sottocutaneo, il più profondo del tegumento. È anch'esso costituito da tessuto connettivo, principalmente adiposo, e svolge un ruolo importante nella regolazione della temperatura corporea e nel fornire protezione ed isolamento termico agli organi sottostanti.

Infine nel tegumento si trovano numerose **terminazioni nervoso-sensoriali**, che permettono la percezione degli stimoli esterni, e vari **annessi cutanei** caratteristici delle diverse specie, come scaglie, squame, penne, peli (...). L'epidermide e gli annessi cutanei sono le componenti che si sono maggiormente differenziate nel corso dell'evoluzione, principalmente nel passaggio dall'ambiente acquatico a quello terrestre e in rapporto alla termoregolazione.

L'origine embrionale dell'epidermide avviene a partire dall'ectoderma, derma ed ipoderma si originano dal mesoderma, mentre gli annessi cutanei derivano sia dall'ectoderma che dal mesoderma. L'endoderma forma invece l'epitelio delle vie respiratorie e digerenti.

Pigmentazione cutanea

La pigmentazione cutanea è dovuta principalmente a fattori fisici strutturali (spessore e struttura della cute, effetto di incidenza dei raggi luminosi) e alla presenza di cromatofori, cellule specializzate presenti nel tegumento di molti animali. Derivano dalle creste neurali, si trovano tra derma ed epidermide e si presentano in forma principalmente stellata, ma possono essere anche fusiformi o tondeggianti. La peculiarità dei cromatofori consiste nel contenere diversi tipi di pigmento, determinando cambiamenti di colorazione in base alla disposizione e alla dispersione dei granuli al loro interno. Sono dunque responsabili della pigmentazione cutanea, consentendo così agli animali di mimetizzarsi con l'ambiente circostante, comunicare con altri membri della stessa specie, regolare la temperatura corporea o respingere i predatori. In base alla natura del pigmento che producono, distinguiamo tre tipi di cromatofori: melanofori, xantofori e iridofori.

I cambiamenti di colore possono essere:

- fisiologici: esclusivi degli eterotermi, sono rapidi cambiamenti dovuti alla dispersione o all'aggregazione dei granuli di pigmento. L'attività fisiologica nei cromatofori è controllata dal sistema nervoso centrale, che tramite il nervo ottico riceve informazioni visive e attiva il sistema endocrino, in particolare l'ipofisi produce l'ormone MSH che stimola i cromatofori e porta alla dispersione dei granuli di pigmento, mentre l'epifisi produce melatonina che aggrega i granuli;
- morfologici: tipici degli omeotermi, sono cambiamenti lenti dovuti alla variazione della quantità di pigmento (muta nivale) o della densità di cromatofori. L'attività morfologica è regolata dall'ipofisi, tramite la secrezione dell'ormone melanotropo MSH, che induce la sintesi di pigmenti.

Sistema endocrino

L'apparato endocrino è un sistema corporeo che comprende l'insieme di ghiandole endocrine che hanno la funzione di produrre e immettere nell'organismo particolari sostanze chiamate ormoni. L'apparato endocrino opera in stretta collaborazione con il sistema nervoso per permettere il funzionamento dell'organismo, grazie a recettori sensoriali distribuiti in tutto il corpo. Il sistema nervoso reagisce agli stimoli in maniera immediata, quello endocrino invece fa seguito ad attività fisiologiche più lente. Il centro di controllo del **sistema neuroendocrino** è l'ipotalamo, il quale comunica con l'ipofisi, la ghiandola a capo del sistema endocrino. L'**asse ipotalamo-ipofisario** è un importante sistema di regolazione dell'apparato endocrino.

- L'ipotalamo è una piccola regione del cervello situata nella parte inferiore del diencefalo, connessa all'ipofisi sia anatomicamente che funzionalmente, che riceve le sensazioni neuronali e regola l'attività dell'ipofisi e di altre ghiandole endocrine;
- L'ipofisi è una ghiandola endocrina situata alla base del cervello, sotto l'ipotalamo, divisa in:
 - ipofisi anteriore (adenoipofisi): produce e rilascia una varietà di ormoni (GH, ACTH, PRL) che regolano molte funzioni corporee, tra cui la crescita, il metabolismo, la riproduzione e lo stress;
 - ipofisi posteriore (neuroipofisi): immagazzina e rilascia ormoni prodotti dall'ipotalamo (ossitocina).

L'asse ipotalamo-ipofisario è un sistema di controllo a feedback: quando gli ormoni nel sangue raggiungono un livello ottimale viene inviato un segnale di feedback negativo per ridurre ulteriormente la produzione e il rilascio di ormoni ipotalamici e ipofisari. Questo ciclo di regolazione continua è fondamentale per mantenere l'omeostasi ormonale nel corpo.

Ormoni ipofisari

- ◆ **PRL:** la prolattina stimola la produzione di latte materno dopo il parto, grazie al rilascio di ossitocina nel sangue, e contribuisce a regolare il ciclo mestruale;
- ◆ **TSH:** l'ormone tireotropo (o tireostimolante) ha come bersaglio la tiroide e induce la produzione degli ormoni tiroidei T3 e T4;
- ◆ **MSH:** l'ormone melanotropo induce la sintesi di melanina;
- ◆ **FSH e LH:** l'ormone follicolo-stimolante e l'ormone luteinizzante sono gonadotropine, agiscono infatti sulle gonadi. L'ormone FSH nelle gonadi femminili determina la maturazione dei follicoli ovarici, mentre in quelle maschili regola la produzione e la maturazione degli spermatozoi. L'ormone LH nelle femmine induce la produzione di estrogeni e progesterone, nei maschi stimola le cellule del testicolo a produrre androgeni, come il testosterone;
- ◆ **GH:** l'ormone della crescita è responsabile dell'accrescimento corporeo;
- ◆ **ACTH:** ormone adrenocorticotropo agisce sulla corteccia del surrene determinando la produzione di glucocorticoidi, in particolare è fondamentale la sua azione nella regolazione della produzione di cortisolo, ormone coinvolto in una vasta gamma di funzioni fisiologiche quali la gestione dello stress, la regolazione del metabolismo, il controllo della funzione immunitaria e via dicendo;
- ◆ **RH:** gli ormoni di rilascio provengono dall'ipotalamo ed agiscono sull'ipofisi, stimolando la ghiandola pituitaria a produrre e rilasciare gli ormoni ipofisari. Ogni ormone ha un suo ormone di rilascio specifico: PRH → PRL; TRH → TSH; GNRH → FSH e LH (gonadotropine).

Epifisi: detta anche ghiandola pineale, è una ghiandola endocrina situata al centro della scatola cranica, preposta alla sintesi e al rilascio di melatonina, ormone chiave nella regolazione del ritmo circadiano, che consente la sincronizzazione tra il ritmo luce/buio e il ciclo sonno/veglia.

Pancreas: è una ghiandola ad attività endocrina ed esocrina. La funzione esocrina consiste nel produrre enzimi che aiutano la digestione del cibo. La funzione endocrina è responsabile soprattutto della secrezione di due importanti ormoni che controllano il metabolismo del glucosio: l'insulina, che favorisce l'accumulo di zuccheri negli organi di riserva, e il glucagone, che al contrario aumenta il tasso di glucosio nel sangue.

Ghiandole surrenali: il surrene è un organo dei vertebrati composto da due ghiandole endocrine, situate sopra ai reni. La sua attività è regolata dal rilascio dell'ormone ACTH da parte dell'ipofisi. Ogni ghiandola surrenale è composta da due parti:

- Midollo: è la parte più interna e secerne ormoni come l'adrenalina, atta a regolare la frequenza cardiaca, la pressione arteriosa, la sudorazione, eccetera;
- Corteccia: parte esterna che secerne ormoni come i corticosteroidi e i mineralcorticoidi, in particolare l'aldosterone è importante perché controlla la pressione sanguigna e i livelli di cloruro di sodio e di potassio nel sangue.

Sistema riproduttivo

L'apparato riproduttivo è l'insieme degli organi fisiologici preposti alla riproduzione. Nei vertebrati avviene la **riproduzione sessuale**, vantaggiosa perché aumenta la variabilità genetica grazie al fenomeno del crossing over (rimescolamento genetico). La riproduzione sessuata consiste nella formazione di un nuovo organismo dall'unione di due gameti, cellule specializzate con corredo cromosomico aploide ciascuna proveniente da uno dei due genitori di sesso diverso.

La **determinazione del sesso** può essere di due tipi:

- **singamica**: tipica degli amnioti, avviene al momento della fecondazione con la fusione di cromosomi che portano i caratteri sessuali. Negli umani la donna è il sesso omogametico, cioè produce solo cromosomi di tipo X, mentre l'uomo è il sesso eterogametico, che può produrre sia cromosomi X che Y; negli uccelli la situazione è inversa, il sesso omogametico (ZZ) è quello maschile eterogametico (ZW) è quello femminile. Se si fondono un cromosoma femminile X con uno maschile Y nascerà un individuo maschio XY, se invece si fondono un cromosoma femminile X e un cromosoma maschile X nascerà un individuo femmina XX.
- **metagamica**: tipica degli anamni, che non possiedono cromosomi sessuali, è una determinazione sessuale dettata dagli stimoli ambientali, come le condizioni sociali o la temperatura a cui sono esposte le uova. Sono frequenti fenomeni di ermafroditismo, che può essere:
 - simultaneo: contemporanea presenza nello stesso organismo di organi sessuali maschili e femminili;
 - sequenziale: si manifesta quando un individuo nasce con un determinato sesso ma nel corso della vita può assumere il sesso opposto. In questo caso si può verificare ermafroditismo proteroginico (si nasce femmine e poi si diventa maschi) o proterandrico (si nasce maschi e poi si diventa femmine).

Strategie riproduttive: a pari spesa energetica, distinguiamo:

- **strategia del numero (r)**: si produce un gran numero di prole, investendo relativamente poco tempo e risorse nell'assistenza parentale, per incrementare il tasso di crescita della popolazione, sfruttando le opportunità disponibili per la riproduzione.
- **strategia dell'efficienza (k)**: si genera una prole limitata, investendo però più risorse nella cura parentale e nell'adattamento agli ambienti specifici, per massimizzare la sopravvivenza e il successo riproduttivo delle loro progenie.

Dimorfismo sessuale: differenza morfologica fra individui appartenenti alla medesima specie ma di sesso differente. I sessi spesso non sono facilmente distinguibili, come i corvi, alle volte sono riconoscibili grazie a caratteri secondari che però compaiono solo dopo il raggiungimento della maturità sessuale, come i palchi dei cervi.

Organo di Bidder: è una struttura anatomica che si trova nel sistema riproduttivo di alcuni vertebrati, tipica in particolare del rospo maschio. Questo organo prende il nome dal fisiologo tedesco Bidder che lo descrisse per la prima volta. Si tratta di un ovario rudimentale, che diventa funzionale nel caso in cui i testicoli dovessero essere danneggiati, rendendo quindi l'animale capace di produrre uova attraverso l'azionamento di gonadi, le quali si trovano a stretto contatto con i reni, costituendo l'apparato urogenitale.

Tubuli seminiferi: strutture presenti nei testicoli dove avviene la spermatogenesi.

Ampolle seminifere: sono presenti nei testicoli degli anamni e suddivise in regioni dette cisti, all'interno di ognuna c'è un progenitore dello spermatozoo che matura autonomamente; negli anfibi urodela sono isogone (le cisti si sviluppano in maniera sincrona ma al loro interno vi sono spermatozoi a diverso stadio di maturazione) mentre negli anfibi anuri sono anisogone (gli spermatozoi all'interno delle cisti sono tutti allo stesso stadio di maturazione ma le cisti si sviluppano in maniera asincrona).

Cloaca: parte terminale dell'intestino in cui sboccano i condotti del sistema urinario e delle gonadi.

Sistema digerente

L'apparato digerente è un complesso sistema di organi e strutture che lavorano insieme per digerire il cibo, assorbire i nutrienti e eliminare i rifiuti. Gran parte del sistema digerente si forma a partire dall'endoderma, il quale dà origine all'archenteron, anche chiamato intestino primitivo in quanto si tratta della prima cavità che si forma nella blastula durante la gastrulazione. L'archenteron è inizialmente aperto verso l'esterno attraverso un'apertura chiamata blastoporo, la quale sarà in seguito coinvolta nella formazione dell'ano nell'embrione. L'archenteron si svilupperà poi ulteriormente nel tubo digerente dell'organismo adulto. La muscolatura intestinale deriva dal mesoderma; infine dalla parte anteriore dell'ectoderma, detta stomodeo, si origina la bocca, mentre dalla parte posteriore, il proctodeo, si formano la cloaca, il retto e l'ano.

Il sistema digerente funziona attraverso varie fasi: inizialmente il cibo ingerito viene chiamato bolo e le ghiandole salivari producono saliva, composta da muco, acqua, sali ed enzimi detti amilasi, che digeriscono l'amido; successivamente il cibo passa nella faringe e poi nell'esofago per arrivare nello stomaco, dove prende il nome di chimo, e avviene una prima digestione; in seguito passa nell'intestino tenue, in questa fase viene chiamato chilo ed è sottoposto all'azione di due ghiandole: il pancreas, che rilascia succo pancreatico e bicarbonato per bilanciare l'acidità, e il fegato, che rilascia sali biliari per emulsionare i grassi; il chilo passa infine nell'intestino crasso dove vengono assorbiti acqua e sali e diventa feci.

Cavità orale: la bocca deriva dall'ectoderma, in particolare dallo stomodeo, ed è specializzata nella cattura e nell'ingestione del cibo. Le sue caratteristiche cambiano significativamente in base al tipo di alimentazione. A livello generale contiene la lingua, i denti, il palato e le ghiandole salivari.

Ghiandole della bocca: ben sviluppate nei vertebrati terrestri, possono contenere enzimi digestivi, le loro secrezioni mucose e sierose lubrificano il cibo e ne facilitano la manipolazione e deglutizione.

Denti: sono strutture dure e calcificate. La parte visibile del dente è detta corona, situata sopra la gengiva, la radice invece si estende al di sotto della gengiva e si inserisce nell'osso della mandibola. Esternamente i denti sono rivestiti da smalto, composto da fosfato di calcio, e sotto di esso vi è la dentina, uno strato di tessuto duro e resistente che costituisce la maggior parte della massa del dente. La polpa è la parte interna del dente che contiene vasi sanguigni, nervi e tessuto connettivo, fornendo nutrimento e sensibilità al dente. I denti possono essere omodonti, cioè tutti simili o uguali tra loro, o eterodonti, ovvero diversi in base alla loro posizione. In base alla profondità distinguiamo:

- denti acrodonti: saldati direttamente alla superficie esterna delle ossa mascellari o del palato;
- denti pleurodonti: fissati lungo i margini laterali delle ossa mascellari;
- denti tecodonti: impiantati in alveoli dentari.

In base alla permuta dei denti, i mammiferi possono essere:

- difiodonti: li cambiano due volte;
- monifiodonti: non li cambiano mai;
- polifiodonti: li cambiano continuamente.

Faringe: la nasofaringe è separata dall'orofaringe tramite il palato molle, nella laringofaringe si incontrano le vie respiratorie e quelle alimentari, l'epiglottide si piega nel momento della deglutizione per deviare il cibo nell'esofago.

Esofago: tratto di tubo digerente che connette la faringe allo stomaco, presenta delle pieghe che possono dilatarsi al passaggio del cibo, per questo è costituito da muscolatura striata.

Stomaco: la sua superficie interna è molto irregolare, con numerose pieghe longitudinali che si estendono per accumulare il cibo; esternamente invece presenta molte fossette che rappresentano la zona di arrivo delle ghiandole gastriche. Il suo epitelio di rivestimento è monostratificato e composto da cellule a secrezione mucosa. Lo stomaco degli uccelli presenta due camere. Il proventriglio è uno stomaco ghiandolare che presenta una mucosa molto sottile e una sottomucosa più spessa, dotata di ghiandole per la secrezione dei succhi gastrici. Il ventriglio, noto anche come muscolo trituratore, si trova tra il proventricolo e il resto dell'intestino tenue. Si tratta di uno stomaco muscolare, infatti presenta una tonaca muscolare molto spessa, ricca di ghiandole tubulari composite e bastoncini di colina, elementi che favoriscono la frantumazione del cibo. La sua funzione principale è proprio quella di aiutare gli uccelli a macinare e digerire il cibo, poiché molti mangiano semi, grani o altro cibo che richiede una maggiore lavorazione meccanica per essere digerito efficacemente.

Valvola a spirale dei pesci: è una struttura anatomica che si trova nell'intestino di alcuni gruppi di pesci, in particolare nei pesci ossei (teleostei) e cartilaginei. Questa valvola è una caratteristica peculiare che si presenta come una serie di pieghe a spirale lungo la lunghezza dell'intestino, rallenta il cibo e determina un allungamento del tubo digerente.

Fermentazione: nei mammiferi a dieta prevalentemente erbivora la digestione della cellulosa richiede un processo di fermentazione ad opera di batteri simbiotici. A seconda delle specie può avvenire nello stomaco o nell'intestino, possiamo dunque distinguere:

- **Fermentazione gastrica:** è tipica dei ruminanti e si verifica nello stomaco (rumine);
- **Fermentazione intestinale:** è tipica per esempio di cavalli, conigli, elefanti e avviene nei ciechi dell'intestino ad opera dell'enzima cellulasi.

Sistema scheletrico

Il sistema scheletrico è l'insieme delle ossa, delle cartilagini e delle articolazioni che costituiscono lo scheletro di un organismo. tra le sue funzioni principali ricordiamo il sostegno e il rinforzo del capo, del tronco e delle appendici, la protezione di diversi organi e strutture interne, l'agevolazione del movimento dell'intero corpo o di parti di esso, la funzione di riserva di sali minerali quali calcio e fosforo, e l'emopoiesi, cioè la produzione di sangue per mezzo del midollo osseo.

Lo scheletro dei vertebrati è suddiviso in:

- **dermascheletro:** ha collocazione più superficiale, subito sotto il tegumento e si forma dall'ectoderma. È costituito principalmente da piastre ossee, dette anche ossa di rivestimento, che si sviluppano come ossa di membrana tramite ossificazione membranosa (o diretta);
- **endoscheletro:** è più profondo, si origina dal mesoderma e costituisce la maggior parte dello scheletro dei vertebrati. Le sue ossa derivano dall'ossificazione di modelli cartilaginei per ossificazione indiretta e sono chiamate anche ossa di sostituzione.

Scheletro assile: costituito da cranio, colonna vertebrale e gabbia toracica.

Scheletro appendicolare: composto da arti superiori ed inferiori, cintura scapolare e pelvi.

Colonna vertebrale: la notocorda è l'antenato della colonna vertebrale, nel corso del tempo si è progressivamente ridotta. La colonna vertebrale fornisce protezione del midollo spinale e dei grossi vasi ematici, aiuta la locomozione e dà sostegno al corpo. La sua unità funzionale è la vertebra, di origine mesodermica, ed è suddivisa in tre parti: corpo (o centro), canale vertebrale, e spina neurale. Sulle vertebre inoltre vi sono le apofisi, protuberanze ossee che impediscono alle vertebre di ruotare e rompere il midollo, ed anche estroflessioni in cui si inseriscono le costole, che proteggono il torace e favoriscono la respirazione.

Atlante e Epistrofeo: l'atlante è la prima vertebra cervicale (C1) che si trova all'inizio della colonna vertebrale. È così chiamata in riferimento al personaggio mitologico Atlante che nella mitologia greca fu condannato a sostenere il peso del cielo sulle sue spalle. L'atlante è una parte essenziale dell'anatomia del collo e della testa dei vertebrati ed insieme all'osso occipitale costituiscono l'articolazione atlanto-occipitale, che fornisce sostegno e flessibilità e consente una varietà di movimenti della testa e del collo, come l'inclinazione, l'estensione e la rotazione. L'epistrofeo è la seconda vertebra cervicale (C2) situata subito sotto l'atlante, nel quale si inserisce e con cui collabora per sostenere il peso della testa e consentirne la rotazione laterale.

Chiridio: il chiridio è la struttura di base dell'arto dei tetrapodi derivante da un progenitore comune ed è costituito da tre regioni:

- stilopodio, in cui si trovano omero e femore;
- zeugopodio, che presenta radio e ulna negli arti superiori, tibia e fibula negli arti inferiori;
- autopodio, composto da falangi e da ossa carpali e metacarpali per gli arti superiori, tarsali e metatarsali per gli arti inferiori.

Sistema nervoso

Il sistema nervoso coordina e regola le attività del corpo, permettendo agli organismi di percepire, elaborare e rispondere agli stimoli ambientali. Le informazioni sono raccolte dai recettori sensoriali, che possono essere neuroni o cellule epiteliali modificate, vengono poi trasmesse ai neuroni sensoriali che le inviano al sistema nervoso centrale, dove vengono elaborate dagli interneuroni ed infine i motoneuroni provocano una reazione muscolare. Il sistema nervoso è composto da:

- **sistema nervoso centrale:** comprende encefalo e midollo spinale e integra ed elabora le informazioni motorie e sensoriali, è isolato dal resto del corpo per preservarlo da infezioni esterne e per questo in superficie è circondato da guaine connettivali dette meningi;
- **sistema nervoso periferico:** crea e mantiene un collegamento con il sistema nervoso centrale ed è composto da: nervi cranici, che hanno origine dal tronco encefalico e trasmettono segnali sensoriali e motori tra l'encefalo e le strutture della testa e del collo; nervi spinali, che si originano dal midollo spinale e trasmettono segnali sensoriali e motori tra il midollo spinale ed il resto del corpo.

Organogenesi: il sistema nervoso si origina in fase post gastrulazione, dall'ectoderma che diventa piastra neurale grazie al rilascio di sostanze dette morfogeni, che guidano le espressioni dei geni dei tessuti circostanti. Di origine ectodermica sono anche i placoidi neurali che formano gli organi di senso.

Neuroni: sono cellule nervose destinate alla produzione ed allo scambio di segnali e rappresentano l'unità funzionale del sistema nervoso. I neuroni di proiezione possiedono lunghi assoni che si estendono da una parte del cervello all'altra e creano connessioni dirette tra strutture nervose distinte, anche molto lontane tra loro. Gli interneuroni sono i più numerosi e analizzano gli stimoli di senso in ingresso e coordinano quelli in uscita, consentendo quindi di modulare le risposte nervose.

Classificazione dei neuroni:

- neurone motorio multipolare: stimola la muscolatura scheletrica;
- neurone sensoriale pseudounipolare: raccoglie le informazioni sensoriali e le trasmette al sistema nervoso centrale;
- neurone di Purkinje: ha numerosi dendriti e regola i movimenti complessi e coordinati, impedendo un movimento troppo brusco.

Sinapsi: connessione funzionale tra due cellule nervose o tra una cellula nervosa e l'organo periferico di reazione.

Midollo spinale: è una struttura appartenente al sistema nervoso centrale e mette in comunicazione l'encefalo con il resto dell'organismo. È composto da due parti principali: la sostanza grigia, porzione più scura che comprende una porzione dorsale, composta da colonne dorsali con funzione sensoriale, e una porzione ventrale, dove vi sono colonne ventrali dotate di motoneuroni che stimolano la muscolatura scheletrica; sostanza bianca, che circonda la materia grigia e trasmette le informazioni nel cervello tramite impulsi elettrici. Nel sistema nervoso centrale ci sono inoltre fasci di fibre mielinizzati: i tratti ascendenti vanno dal midollo all'encefalo; i tratti discendenti (o spinali) vanno dall'encefalo al midollo.

Sistema nervoso autonomo: (o viscerale) innerva gli organi interni e le ghiandole, controllando le funzioni vegetative, cioè quelle funzioni che generalmente sono al di fuori del controllo volontario.

Si divide in sistema simpatico, che ha una funzione stimolante e domina durante le attività motorie, e parasimpatico, che stimola il rilassamento, la digestione e l'immagazzinamento di energia.