

ANATOMIA MICROSCOPICA DEL SISTEMA NERVOSO

TELENCEFALO

<https://histology.medicine.umich.edu/resources/central-nervous-system#iv-cerebrum>

1

La **corteccia cerebrale** rappresenta la porzione più esterna del telencefalo e costituisce il principale centro di integrazione delle funzioni nervose superiori. Istologicamente, si distingue in **paleocorteccia, archicorteccia e neocorteccia** (o isocorteccia), in base alla filogenesi e al numero di strati istologici. La **neocorteccia**, presente nella maggior parte della superficie telencefalica, è organizzata in **sei strati istologici sovrapposti**, ciascuno con caratteristiche citologiche e funzionali peculiari.

Strati della neocorteccia (tipicamente numerati da I a VI)

1. Strato molecolare (I)

- **Contenuto cellulare:** povero di corpi cellulari; contiene soprattutto **assoni, dendriti apicali e cellule orizzontali di Cajal**.
- **Funzione:** sede di numerose sinapsi; svolge un ruolo integrativo.

2. Strato granulare esterno (II)

- **Contenuto cellulare:** piccole **cellule granulari** (o stellate) e **piccole cellule piramidali**.
- **Funzione:** ricezione e integrazione di afferenze cortico-corticali.

3. Strato piramidale esterno (III)

- **Contenuto cellulare:** cellule piramidali di **dimensioni medie**.
- **Funzione:** origine di fibre cortico-corticali che stabiliscono connessioni associative e commissurali.

4. Strato granulare interno (IV)

- **Contenuto cellulare:** cellule granulari (stellate) molto dense.
- **Funzione:** principale sede di **afferenze talamocorticali** (particolarmente sviluppato nella corteccia sensitiva primaria).

5. Strato piramidale interno (V)

- **Contenuto cellulare:** cellule piramidali di grandi dimensioni (es. **cellule di Betz** nella corteccia motoria).
- **Funzione:** origine delle vie discendenti (es. cortico-spinali, cortico-bulbari).

6. Strato multiforme o polimorfo (VI)

- **Contenuto cellulare:** eterogeneo, con cellule fusate, piramidali e stellate.
- **Funzione:** invia fibre e proiezioni al talamo (fibre cortico-talamiche).

2

Tipi di corteccia in base alla funzione

- **Corteccia motoria (area 4 di Brodmann):** spessore maggiore dello strato V.
 - **Corteccia sensitiva primaria (area 3,1,2):** strato IV ben sviluppato.
 - **Corteccia associativa:** maggiore sviluppo degli strati II e III.
-

Tipologie cellulari principali

- **Cellule piramidali:** eccitatorie (glutammatergiche), presenti in tutti gli strati eccetto il I; dendrite apicale diretta verso lo strato I.
 - **Cellule stellate (granulari):** prevalentemente eccitatorie o inibitorie; specialmente nello strato IV.
 - **Cellule fusate:** di forma allungata, caratteristiche dello strato VI.
 - **Cellule orizzontali di Cajal:** presenti nello strato I, rare, con ruolo modulatorio.
 - **Cellule di Martinotti:** interneuroni inibitori che proiettano verso lo strato I.
-

Organizzazione colonnare

La corteccia presenta un'organizzazione **colonnare verticale:** le cellule attraverso i sei strati si dispongono in **moduli funzionali** detti **colonne corticali**, che costituiscono le unità operative dell'elaborazione corticale.

Glia corticale

La corteccia ospita anche diversi tipi di cellule gliali:

- **Astrociti protoplasmatici** (abbondanti nella sostanza grigia),
- **Oligodendrocyti** (più scarsi),

- **Cellule della microglia** (difesa immunitaria),
- **Cellule ependimali** (nelle zone periventricolari).

Caratteristica	Isocorteccia (Neocorteccia)	Paleocorteccia	Archicorteccia
Origine filogenetica	Più recente	Intermedia	Più antica
Strati istologici	6 strati (I-VI)	3-5 strati	3 strati
Localizzazione	90% della superficie telencefalica	Corteccia olfattiva, uncus	Ippocampo, giro dentato
Funzione principale	Funzioni sensoriali, motorie, cognitive	Olfatto	Memoria, apprendimento, emozioni
Strato dominante	Variabile a seconda della funzione	Strato piriforme	Strato piramidale
Esempi di aree	Aree di Brodmann (es. 4, 17, 22, ecc.)	Corteccia olfattiva laterale, amigdala	Ippocampo, subiculum
Cellule principali	Piramidali, granulari, fusate	Piramidali, cellule mitrali	Granulari, piramidali
Organizzazione	Colonne corticali	Struttura più primitiva e compatta	Struttura curva, laminare

Classificazione citoarchitettonica della neocorteccia

La neocorteccia, o isocorteccia, può essere suddivisa in diverse tipologie in base alla predominanza di specifici strati istologici e alla distribuzione delle cellule nervose. Questa classificazione, originariamente proposta da Brodmann e approfondita da altri autori, distingue cinque principali tipi istologici:

1. Corteccia granulare (o koniocorticale)

Caratterizzata da un notevole sviluppo dello strato IV, ricco di cellule granulari (o stellate), mentre lo strato V è poco rappresentato. È tipica delle aree sensitivo-percettive primarie, in cui predomina l'elaborazione di afferenze talamocorticali. Esempi classici sono la corteccia somatosensoriale primaria (aree 3,1,2), la corteccia visiva primaria (area 17) e la corteccia uditiva primaria (aree 41 e 42).

2. Corteccia agranulare

In questa tipologia, lo strato IV è scarsamente rappresentato o assente, mentre risultano particolarmente sviluppati gli strati III e V, che contengono grandi cellule piramidali, come le cellule di Betz. È la struttura tipica delle aree motorie primarie, deputate alla generazione di impulsi motori volontari, come la corteccia motoria primaria (area 4) e la corteccia premotoria (area 6).

3. Corteccia omotipica associativa

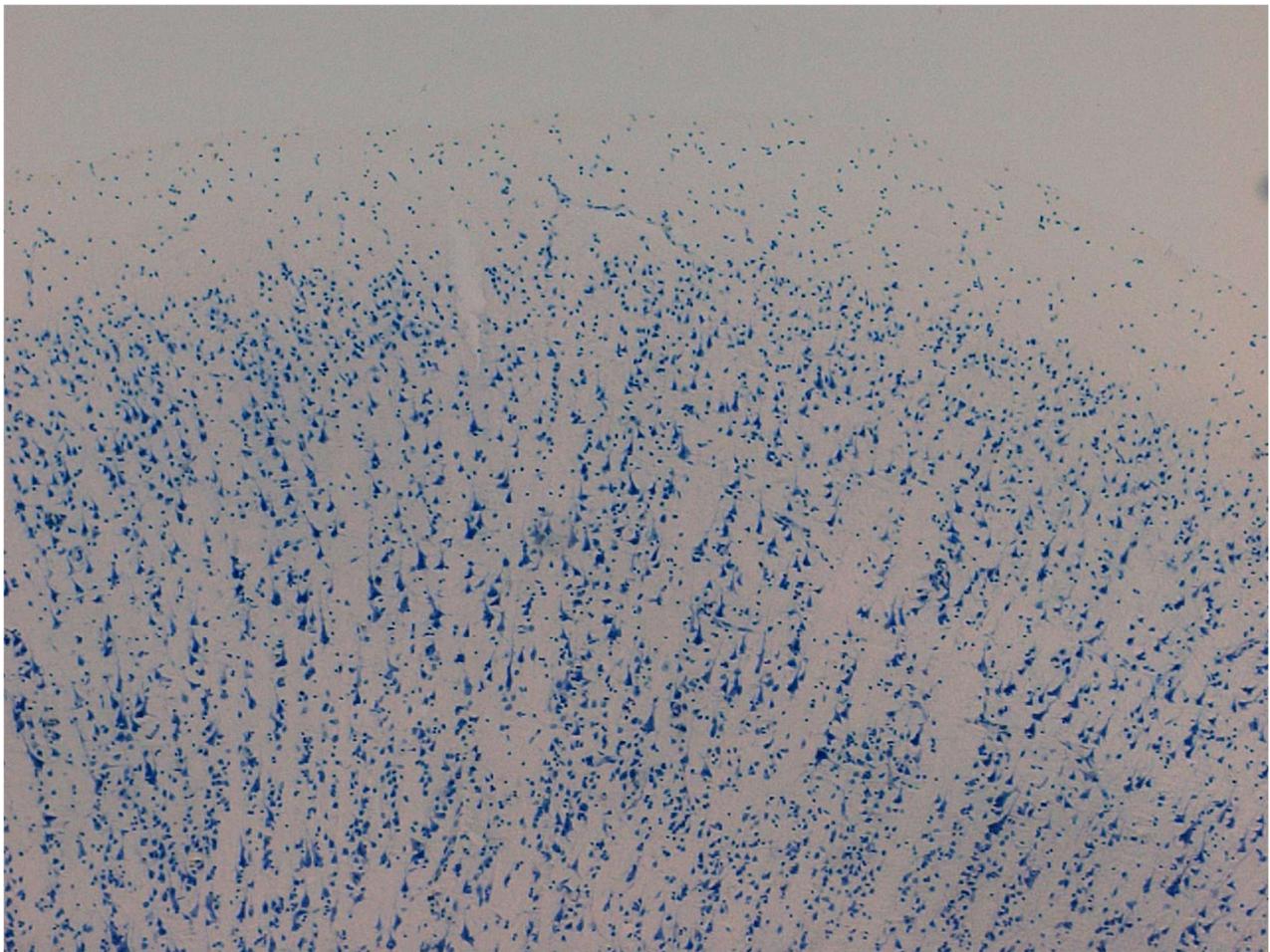
Presenta tutti e sei gli strati istologici ben rappresentati, con uno sviluppo armonico, in particolare degli strati II e III, che sono coinvolti nelle connessioni cortico-corticali. Si riscontra nelle aree associative, responsabili dell'integrazione multimodale e dell'elaborazione cognitiva superiore. Ne sono esempi le aree prefrontali, le aree parietali posteriori e le aree temporali superiori.

4. Corteccia eterotipica granulare

È una variante iper-specializzata della corteccia granulare, nella quale lo strato IV appare particolarmente ipertrofico, riflettendo l'intensità delle afferenze sensoriali ricevute, soprattutto da nuclei talamici specifici. Il prototipo istologico di questa categoria è rappresentato dalla corteccia visiva primaria (area 17).

5. Corteccia eterotipica agranulare

Costituisce una variante specializzata della corteccia agranulare, nella quale gli strati III e V risultano fortemente sviluppati e ricchi di cellule piramidali di grandi dimensioni. Queste strutture sono responsabili della generazione di proiezioni discendenti dirette al tronco encefalico e al midollo spinale. La corteccia motoria primaria (area 4) rappresenta l'esempio più rappresentativo.



CERVELLETTO

<https://histology.medicine.umich.edu/resources/central-nervous-system#i-spinal-cord>

La corteccia cerebellare costituisce la sottile lamina superficiale del cervelletto ed è responsabile dell'elaborazione delle informazioni motorie e propriocettive. Presenta una struttura laminare tripartita altamente organizzata e conservata in tutta l'estensione del cervelletto, indipendentemente dalla suddivisione in lobo anteriore, posteriore o flocculonodulare.

Struttura generale

La corteccia cerebellare è suddivisa in tre strati concentrici, disposti dall'esterno verso l'interno nel seguente ordine:

1. Strato molecolare (strato esterno)

- Aspetto: relativamente povero di corpi cellulari, è costituito da una fitta rete di dendriti e assoni orientati orizzontalmente.
- Cellule presenti:

- Cellule stellate (superficiali)
- Cellule a canestro (più profonde)
- Elementi sinaptici:
 - Dendriti ramificati delle cellule del Purkinje
 - Assoni delle fibre parallele, derivanti dalla biforcazione delle fibre muscoidi tramite le cellule granulari
- Funzione: zona di integrazione sinaptica e modulazione, in particolare dell'attività delle cellule del Purkinje.

6

2. Strato delle cellule del Purkinje (strato intermedio)

- Costituito da un unico strato monostratificato di grandi neuroni piriformi, le cellule del Purkinje, disposte ordinatamente in una fila.
- Dendriti: si estendono nel piano perpendicolare alle fibre parallele, arborizzandosi intensamente nello strato molecolare.
- Assoni: si dirigono verso la sostanza bianca, dove formano sinapsi con neuroni dei nuclei profondi del cervelletto.
- Funzione: rappresentano l'unico output efferente della corteccia cerebellare, sempre di tipo inibitorio (GABAergico).

3. Strato granulare (strato interno)

- Molto denso, contiene numerose piccole cellule granulari.
- Cellule principali:
 - Cellule granulari: eccitatorie (glutammatergiche); i loro assoni ascendono allo strato molecolare e si biforcano in fibre parallele.
 - Cellule di Golgi: interneuroni inibitori, con corpo nello strato granulare e arborizzazione nello strato molecolare.
- Funzione: prima stazione di elaborazione delle afferenze eccitatorie provenienti dalle fibre muscoidi.

Afferenze alla corteccia cerebellare

Le afferenze principali giungono sotto forma di:

- Fibre muscoidi: originano da molteplici fonti (midollo spinale, nuclei pontini, vestibolari ecc.) e terminano sulle cellule granulari.

- Fibre rampicanti: originano esclusivamente dall'oliva inferiore bulbare e si avvolgono direttamente attorno ai dendriti delle cellule del Purkinje, formando sinapsi potenti.

7

Organizzazione funzionale

Le afferenze eccitatorie (fibre muscoidi e rampicanti) e le vie interne (fibre parallele, fibre di cellule a canestro, stellate e di Golgi) sono organizzate in unità longitudinali dette microzone, ciascuna con una propria topografia funzionale e destinazione nei nuclei cerebellari profondi.

Cellule gliali

Tutti e tre gli strati contengono astrociti, in particolare:

- Astrociti protoplasmatici nello strato molecolare
- Bergmann glia: variante specializzata di astrociti intimamente associata ai dendriti del Purkinje
- Oligodendrociti e microglia più abbondanti nello strato profondo e nella sostanza bianca.

Circuiti cerebellari

Il cervelletto non genera comandi motori autonomi, ma **modula l'attività dei sistemi motori sovrastanti e sottostanti**, attraverso **circuiti altamente organizzati e conservati**, essenziali per il controllo della coordinazione, dell'equilibrio, del tono muscolare e dell'apprendimento motorio.

Architettura generale

Tutti i circuiti cerebellari seguono un **modello comune** in cui:

- le informazioni afferenti giungono alla **corteccia cerebellare** attraverso due vie principali: **fibre muscoidi e fibre rampicanti**;
- la **corteccia cerebellare elabora** tali segnali attraverso una rete di interneuroni e cellule del Purkinje;
- le **cellule del Purkinje**, unico output della corteccia, **inibiscono i nuclei cerebellari profondi**, che rappresentano l'output finale del cervelletto verso il sistema nervoso centrale.

Afferenti: fibre muscoidi e rampicanti

1. Fibre muscoidi

- Origine: nuclei pontini, vestibolari, midollo spinale, formazione reticolare.
- Sinapsi: si distribuiscono nello **strato granulare**, dove eccitano le **cellule granulari**.
- Le cellule granulari generano **fibre parallele** che decorrono orizzontalmente nello **strato molecolare** e sinaptano con:
 - dendriti delle **cellule del Purkinje**
 - interneuroni inibitori (cellule a canestro e stellate)
- Funzione: veicolano **informazioni sensorio-motorie multimodali**.

2. Fibre rampicanti

- Origine: **nucleo olivare inferiore controlaterale**.
- Decorso: penetrano direttamente nello **strato molecolare** e si **avvolgono attorno ai dendriti delle cellule del Purkinje** formando numerose sinapsi.
- Funzione: veicolano **input specifici per l'apprendimento motorio** e la plasticità sinaptica.

Interneuroni inibitori

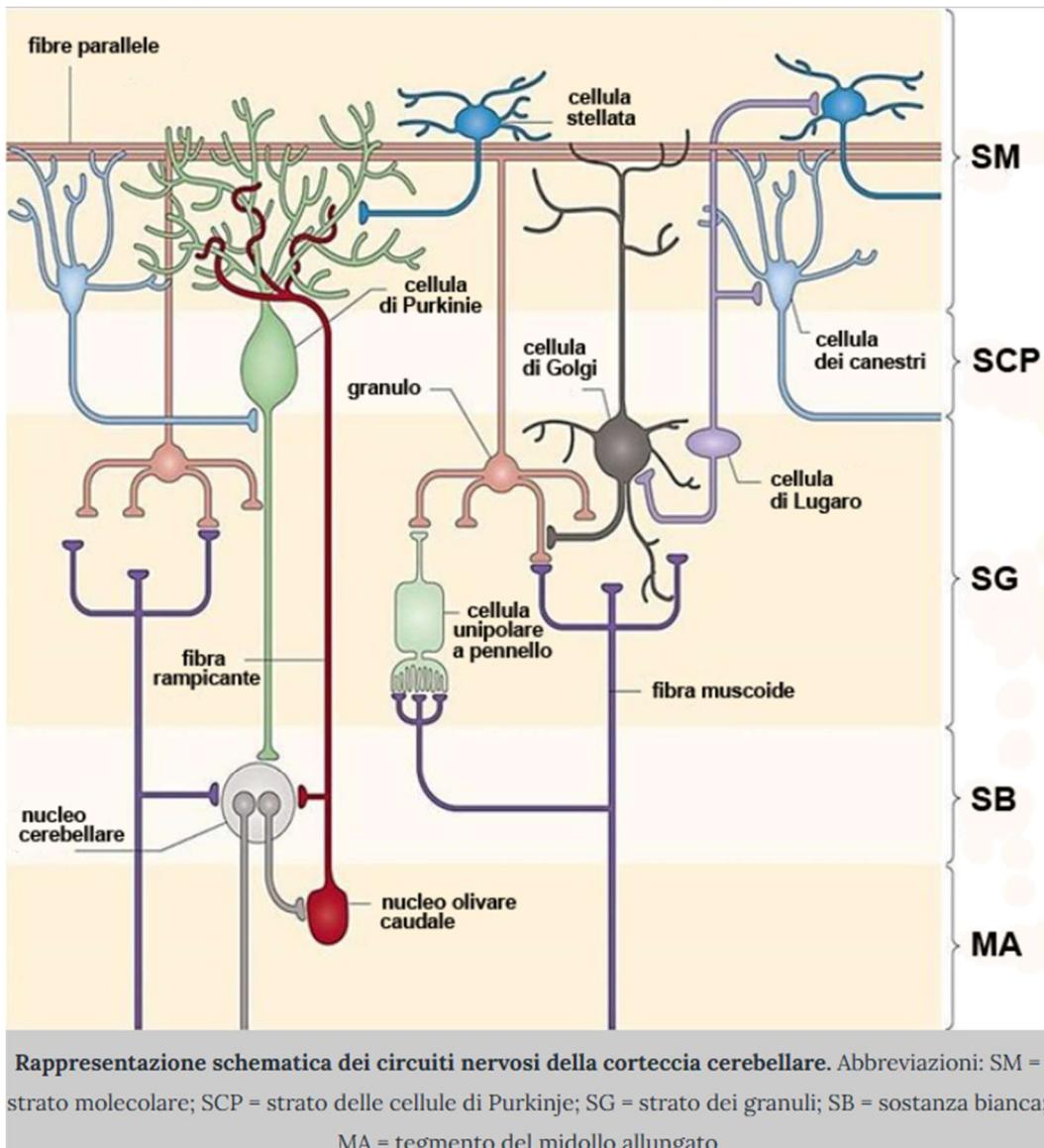
La modulazione dell'attività delle cellule del Purkinje è mediata da interneuroni GABAergicici:

- **Cellule stellate e a canestro** (strato molecolare): inibiscono i dendriti e il soma del Purkinje.
- **Cellule di Golgi** (strato granulare): inibiscono le cellule granulari modulando l'ingresso delle fibre muscoidi.

Efferenze: cellule del Purkinje e nuclei cerebellari profondi

- Le **cellule del Purkinje** proiettano assoni **inibitori (GABA)** verso uno dei **nuclei profondi del cervelletto** (dentato, interposito, fastigiale), a seconda della zona di origine.
- I **nuclei profondi** inviano assoni eccitatori (glutammatergici) verso:
 - **corteccia cerebrale motoria** (via talamo)
 - **nuclei motori del tronco encefalico** (via vestibolo-spinale, reticolo-spinale, rubro-spinale)

- **midollo spinale** (vie discendenti indirette)



9

Organizzazione funzionale: zone cerebellari

Il cervelletto è organizzato in **tre zone funzionali**, ognuna con un circuito distinto:

1. Vestibolocerebello (lobo flocculonodulare)

- Afferenze: nuclei vestibolari
- Output: nuclei vestibolari
- Funzione: equilibrio, riflessi oculomotori

2. Spinocerebello (vermis e parte intermedia)

- Afferenze: midollo spinale

- Output: nuclei fastigiale e interposito
- Funzione: controllo del tono e della postura, esecuzione fluida del movimento

3. Cerebrocerebello (emisferi laterali)

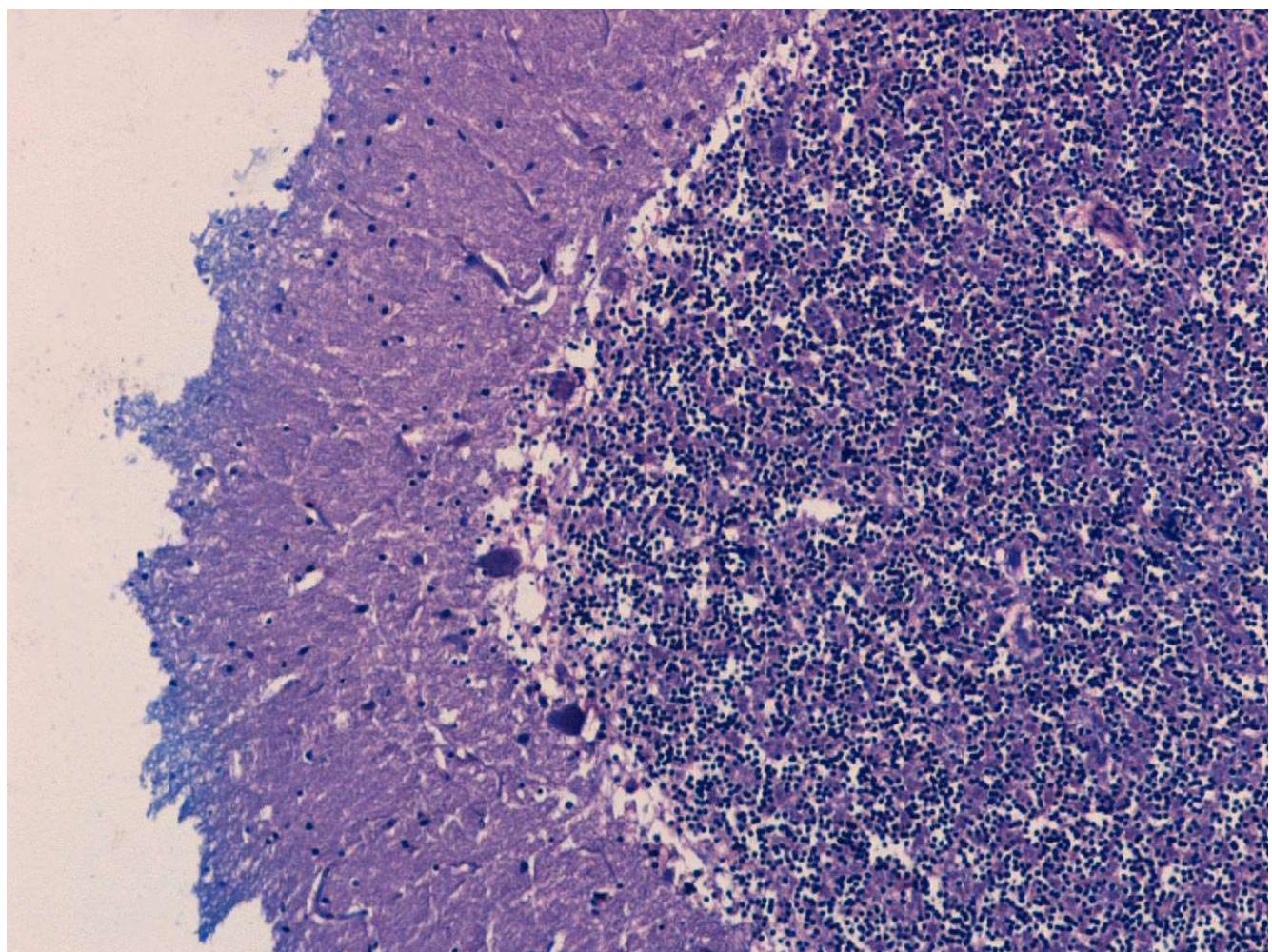
- Afferenze: corteccia cerebrale (tramite nuclei pontini)
- Output: nucleo dentato → talamo → corteccia motoria
- Funzione: pianificazione e coordinazione del movimento volontario complesso

10

Plasticità sinaptica

Un elemento fondamentale dei circuiti cerebellari è la **plasticità a lungo termine**:

- la sinapsi **fibre parallele – cellule del Purkinje** è soggetta a **long-term depression (LTD)**, soprattutto in presenza simultanea di stimolazione delle **fibre rampicanti**, contribuendo all'apprendimento motorio e all'adattamento dei movimenti.



MIDOLLO SPINALE

<https://histology.medicine.umich.edu/resources/central-nervous-system#i-spinal-cord>

Il midollo spinale è un organo cilindrico, alloggiato nel canale vertebrale, che funge da centro di integrazione per riflessi spinali e da via di comunicazione tra sistema nervoso periferico e encefalo. Istologicamente, il midollo presenta una organizzazione interna altamente ordinata, distinguibile in sostanza grigia (centrale) e sostanza bianca (periferica), visibili in sezione trasversale come la tipica struttura “a farfalla” o “a H”.

Sostanza grigia

La sostanza grigia è composta prevalentemente da corpi cellulari neuronali, cellule gliali, dendriti e tratti di assoni amielinici. Si organizza in corna anteriori, posteriori e laterali (queste ultime presenti solo da C8 a L2-L3) e in colonne longitudinali.

Corno anteriore (ventrale)

- Contiene neuroni motori somatici di grande dimensione (cellule del moto α e γ).
- È la sede d'origine delle fibre motorie efferenti somatiche.
- I neuroni qui presenti sono organizzati in colonne nucleari, ciascuna con topografia segmentaria e somatotopica.

Corno posteriore (dorsale)

- Contiene neuroni di interneuroni associativi e neuroni di proiezione.
- Comprende formazioni nucleari ben definite, tra cui:
 - Zona marginale (Lamina I)
 - Substantia gelatinosa (Lamina II) – modulazione del dolore
 - Nucleo proprio (Laminae III-IV)
 - Nucleo dorsale di Clarke (C8-L3) – afferenze propriocettive

Corno laterale (solo in regioni toraco-lombari e sacrali)

- Contiene neuroni pregangliari visceromotori simpatici (T1-L2) o parasimpatici sacrali (S2-S4).
- Dà origine alle fibre efferenti del sistema nervoso autonomo.

Sostanza bianca

Disposta perifericamente alla sostanza grigia, è costituita da assoni mielinici organizzati in cordoni:

- Cordone anteriore (ventrale)
- Cordone laterale
- Cordone posteriore (dorsale)

All'interno dei cordoni, gli assoni si raggruppano in fascicoli o vie, che si distinguono in:

Vie ascendenti (afferenti)

- Fascicolo gracile e cuneato: sensibilità epicritica e propriocettiva incosciente
- Tratto spinotalamico: dolore, temperatura, tatto protopatico
- Tratti spinocerebellari (anteriore e posteriore): propriocettività incosciente

Vie discendenti (efferenti)

- Tratto corticospinale laterale: motilità volontaria fine
- Tratto corticospinale anteriore: motilità assiale
- Tratti extrapiramidali: rubrospinale, vestibolospinale, reticolospinale

Colonne cellulari (nuclei longitudinali della sostanza grigia)

1. Colonna mediale (in tutto il midollo): motoneuroni somatici per muscoli assiali
2. Colonna laterale (solo nei segmenti cervicali e lombari): motoneuroni per muscoli degli arti
3. Colonna intermedio-laterale (da T1 a L2): neuroni visceromotori simpatici
4. Colonna parasimpatica sacrale (S2–S4): per innervazione visceri pelvici

Cellule gliali

Il midollo contiene abbondanti cellule gliali:

- Astrocyti (sia fibrosi che protoplasmatici): regolano omeostasi e barriera ematoencefalica
- Oligodendrociti: mielinizzazione assonale (nella sostanza bianca)

- Microglia: funzione immunitaria e fagocitaria
- Cellule ependimali: rivestono il canale centrale, residuo del lume del tubo neurale, contenente liquor

Le lame di Rexed

Le **lame di Rexed** sono una classificazione istologica della **sostanza grigia del midollo spinale**, proposta da Bror Rexed nel 1952, basata sulla **citoarchitettura** e sulla **funzione neuronale**. Questa suddivisione comprende **dieci lame (I-X)**, disposte in maniera concentrica attorno al **canale centrale** e distribuite in modo coerente lungo l'intera estensione del midollo.

Lamina I – Zona marginale di Waldeyer

- **Localizzazione:** sommità del corno dorsale.
- **Contenuto:** piccoli neuroni di proiezione.
- **Funzione:** riceve afferenze nocicettive e termiche dalle fibre di piccolo calibro (Adelta, C); trasmette a talamo e tronco encefalico tramite il **tratto spinotalamico**.

Lamina II – Substantia gelatinosa di Rolando

- **Localizzazione:** appena al di sotto della lamina I.
- **Contenuto:** neuroni intercalati, interneuroni inibitori e facilitatori.
- **Funzione:** modulazione del dolore e della temperatura tramite interneuroni GABAergici ed enkephalinergici; elabora informazioni prima della trasmissione a lame più profonde.

Laminae III e IV – Nucleo proprio del corno dorsale

- **Localizzazione:** porzione centrale del corno dorsale.
- **Contenuto:** neuroni di proiezione e interneuroni.
- **Funzione:** riceve afferenze tattili e propriocettive; trasmette informazioni al talamo e al cervelletto.

Lamina V

- **Localizzazione:** base del corno dorsale.
- **Contenuto:** neuroni di proiezione a lungo assone.
- **Funzione:** riceve afferenze nocicettive e propriocettive profonde; coinvolta nella trasmissione delle informazioni sensoriali al cervello, in particolare dolore viscerale riferito.

Lamina VI

- **Localizzazione:** solo nei segmenti cervicali e lombari; alla base del corno dorsale.
- **Funzione:** riceve afferenze da muscoli e articolazioni (proprioettive); invia informazioni ai tratti spinocerebellari.

Lamina VII – Zona intermedia

- **Localizzazione:** tra corna dorsale e ventrale.
- **Contenuto:** comprende nuclei importanti:
 - **Nucleo dorsale di Clarke** (T1–L2): afferenze proprioettive → tratto spinocerebellare dorsale.
 - **Colonna intermediolaterale** (T1–L2): neuroni visceromotori simpatici.
 - **Colonna parasimpatica sacrale** (S2–S4): neuroni pregangliari parasimpatici.
- **Funzione:** centro d'integrazione viscerale e proprioettiva.

Lamina VIII

- **Localizzazione:** base del corno ventrale, medialmente.
- **Contenuto:** interneuroni inibitori e facilitatori, connessi bilateralmente.
- **Funzione:** modulazione dell'attività dei motoneuroni; riceve input da vie extrapiramidali (vestibolospinale, reticolospinale).

Lamina IX – Colonne motoneuronali

- **Localizzazione:** porzioni laterale e mediale del corno ventrale.
- **Contenuto:** **motoneuroni alfa** (per muscoli scheletrici) e **motoneuroni gamma** (per fusi neuromuscolari).
- **Funzione:** esecuzione del comando motorio volontario e riflesso; topografia somatotopica precisa:
 - **Mediale:** muscoli prossimali e assiali.
 - **Laterale:** muscoli distali degli arti.

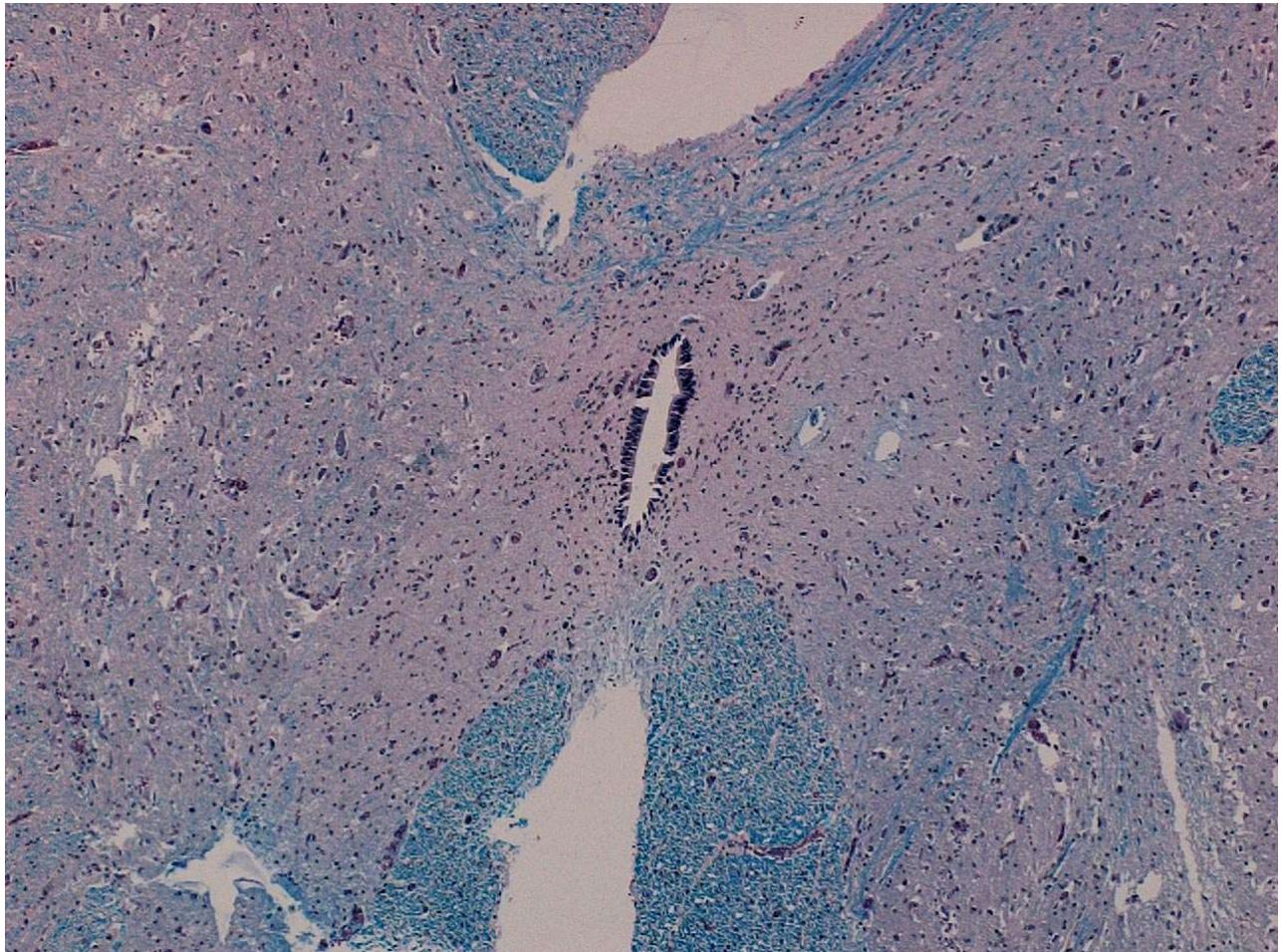
Lamina X – Zona periependimale

- **Localizzazione:** circonda il canale centrale.
- **Contenuto:** interneuroni di connessione trasversale.

- **Funzione:** integrazione intersegmentale e comunicazione bilaterale tra le metà del midollo.

Considerazioni funzionali

- Le lamine **I–VI** sono deputate principalmente all'**elaborazione sensitiva**.
- Le lamine **VII–IX** sono implicate nel **controllo motorio e viscerale**.
- La **lamina X** ha funzione **intersegmentale e commissurale**.



GANGLIO SPINALE

I gangli spinali (o gangli delle radici dorsali) sono formazioni ovalari situate lungo il decorso delle radici dorsali dei nervi spinali, all'interno dei forami intervertebrali. Si tratta di gangli sensitivi, che contengono i corpi cellulari dei neuroni pseudounipolari, responsabili della trasmissione afferente somatica e viscerale al sistema nervoso centrale.

1. Organizzazione generale

A differenza dei gangli del sistema nervoso autonomo, i gangli spinali:

- non contengono sinapsi, essendo sede esclusiva di corpi neuronali afferenti;
- presentano una organizzazione ben delimitata da una capsula connettivale;
- sono ben vascolarizzati.

2. Struttura istologica

La sezione istologica rivela tre componenti principali:

a. Neuroni pseudounipolari

- Rappresentano la quasi totalità delle cellule gangliari.
- Il corpo cellulare è grande, tondeggiante, con nucleo centrale vescicoloso e nucleolo prominente.
- Il neurone ha un unico prolungamento che si biforca a T:
 - un ramo periferico, diretto ai recettori somatici/viscerali;
 - un ramo centrale, che entra nel midollo spinale attraverso la radice dorsale.
- Il citoplasma è ricco di corpi di Nissl (reticolo endoplasmatico rugoso) e mitocondri.

b. Cellule satelliti

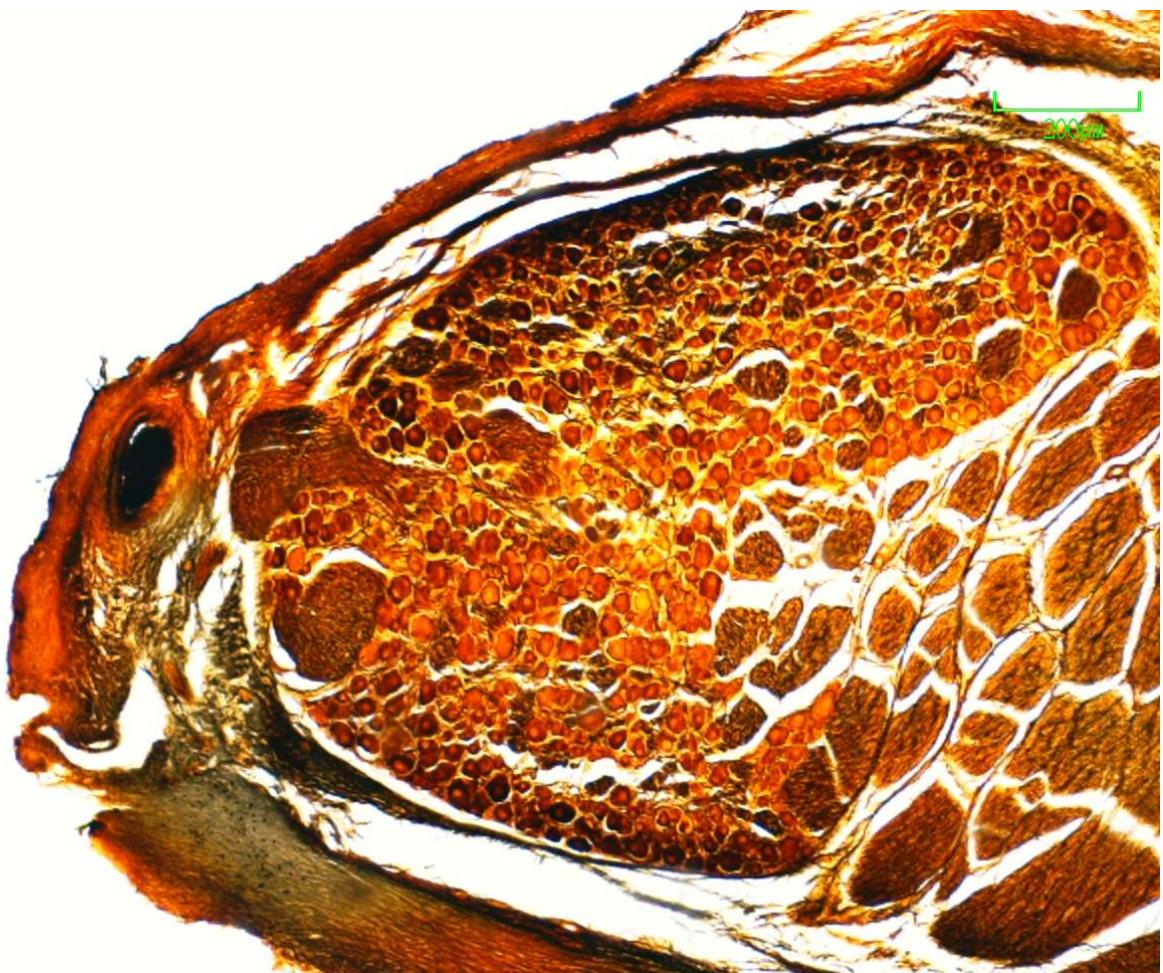
- Sono cellule gliali (derivazione neuroectodermica) che circondano completamente ogni corpo neuronale.
- Formano un involucro continuo, con funzioni trofiche, protettive e di regolazione ionica.
- Morfologicamente, sono appiattite, con nucleo scuro e citoplasma sottile.
- Non vanno confuse con le cellule della glia centrale (es. astrociti).

c. Stroma e connettivo

- Il ganglio è avvolto da una capsula connettivale fibrosa.
- All'interno si osserva uno stroma lasso, ricco di fibre reticolari, capillari fenestrati e cellule immunitarie.
- Sono presenti vasi ematici abbondanti, soprattutto attorno ai corpi neuronali.

3. Caratteristiche funzionali

- Il ganglio spinale agisce come stazione intermedia per la trasmissione dell'impulso sensitivo:
l'informazione viaggia senza sinapsi, direttamente dal recettore periferico al midollo spinale.
- È implicato nella trasduzione e conduzione degli stimoli meccanici, termici, dolorifici e propriocettivi.



Ganglio simpatico

I gangli simpatici fanno parte del sistema nervoso autonomo e costituiscono le stazioni intermedie delle vie efferenti visceromotorie simpatiche. Sono localizzati lungo la catena paravertebrale (tronchi simpatici) o in posizione pre- o para-viscerale (gangli prevertebrali o plessiformi).

A differenza dei gangli spinali, i gangli simpatici contengono sinapsi e sono costituiti da neuroni multipolari postgangliari, cellule gliali e connettivo.

1. Architettura generale

Il ganglio simpatico è una struttura ovoidale o allungata, rivestita da una capsula connettivale

e attraversata da fibre nervose che stabiliscono sinapsi all'interno della massa gangliare.

L'organizzazione è meno ordinata rispetto a quella dei gangli spinali.

2. Struttura istologica

a. Neuroni multipolari

- Corpi cellulari grandi, rotondi o poligonali, con un nucleo vescicoloso e un nucleolo prominente.
- Citoplasma basofilo, ricco di corpi di Nissl (granuli di RNA ribosomiale).
- Possiedono più dendriti e un unico assone, che origina la fibra postgangliare.
- Ricevono sinapsi da fibre pregangliari mieliniche, provenienti dai neuroni della colonna intermediolaterale del midollo spinale (T1–L2).
- Producono neurotrasmettitori adrenergici o colinergici, a seconda della destinazione d'organo.

b. Cellule satelliti

- Circondano parzialmente i neuroni, ma in modo meno continuo rispetto a quelle dei gangli spinali.
- Morfologicamente più piccole e meno numerose, talvolta interrotte da sinapsi.
- Funzione: supporto trofico e regolazione metabolica, ma non isolamento sinaptico.

c. Sinapsi

- Le sinapsi si formano tra l'assone pregangliare (mielinico, colinergico) e i dendriti o soma del neurone gangliare postgangliare.
- Tipicamente colinergiche, attivate da acetilcolina.

d. Stroma e connettivo

- Capsula esterna formata da tessuto connettivo denso.
- All'interno, uno stroma lasso con fibre reticolari, vasi sanguigni abbondanti, e talora cellule immunitarie.
- Le fibre nervose sono presenti in fasci e possono essere mieliniche (pregangliari) o amieliniche (postgangliari).

3. Caratteristiche funzionali

- I gangli simpatici costituiscono il primo relè neuronale del sistema nervoso simpatico: neurone pregangliare (midollo spinale) → neurone postgangliare (ganglio simpatico) → effettore viscerale.
- I neuroni postgangliari innervano: muscolatura liscia, ghiandole, cuore, vasi, visceri.

Caratteristica	Ganglio spinale	Ganglio simpatico
Tipo di neurone	Pseudounipolare	Multipolare
Presenza di sinapsi	Assenti	Presenti
Cellule gliali	Cellule satelliti	Cellule satelliti + fibre nervose
Organizzazione	Ordinata, cellule ben separate	Disordinata, cellule raggruppate
Funzione	Afferente (sensitiva)	Efferente (visceromotoria, postgangliare)

NERVO PERIFERICO

I nervi periferici sono strutture complesse costituite da fasci di assoni mielinici e amielinici, avvolti da più strati di tessuto connettivo specializzato e accompagnati da cellule gliali periferiche. Essi veicolano impulsi afferenti (sensitivi) ed efferenti (motori e autonomi) tra sistema nervoso centrale e periferia.

1. Organizzazione generale

La struttura istologica del nervo periferico è tripartita in tre guaine concentriche:

a. Epinevrio

- Tessuto connettivo denso e irregolare che riveste il nervo intero.
- Contiene vasi sanguigni di calibro maggiore (vaso nervorum) e fibre elastiche.
- Protegge il nervo e lo connette ai tessuti circostanti.

b. Perinevrio

- Guaine concentriche cellulari (epiteliodi) e connettivali che circondano ciascun fascicolo nervoso (gruppo di assoni).
- Costituisce una barriera emato-nervosa, selettiva e semipermeabile.
- È formato da cellule perinevrali con giunzioni strette e lamina basale, disposte in strati concentrici.

c. Endonevrio

- Tessuto connettivo lasso che circonda individualmente ogni assone all'interno del fascicolo.
- Contiene capillari fenestrati, fibre reticolari, cellule endoteliali, cellule di Schwann, e macrofagi.

2. Componenti cellulari

a. Assoni

- Derivano da neuroni i cui corpi cellulari si trovano nei gangli spinali (afferenti) o nei nuclei del midollo spinale (efferenti).
- Possono essere:

- Mielinici: a conduzione rapida, avvolti da cellule di Schwann.
- Amielinici: a conduzione lenta, parzialmente avvolti da invaginazioni delle cellule di Schwann, ma senza mielina.

b. Cellule di Schwann

- Glia periferica derivata dalla cresta neurale.
- Funzioni:
 - Mielinizzazione degli assoni → formazione della guaina mielinica (segmentata da nodi di Ranvier).
 - Supporto trofico e isolante per gli assoni amielinici.
- Ogni cellula mielinizzante avvolge un tratto assonico → segmento internodale.

c. Cellule endoteliali e perinevrali

- Costituiscono la barriera selettiva per gli scambi tra il nervo e l'ambiente extracellulare.

3. Aspetti istologici specifici

- Nervo in sezione trasversale (colorazione H&E):
 - Appare composto da più fascicoli tondeggianti (ognuno con rivestimento perinevrico).
 - All'interno dei fascicoli si osservano assoni piccoli (amielinici) o grandi (mielinici) in una matrice endonevrina.
 - Le cellule di Schwann possono essere visibili con nucleo appiattito.
- Colorazione con osmio o Luxol fast blue:
 - Evidenzia la guaina mielinica (nera con osmio, blu con Luxol).
- Nodi di Ranvier:
 - Interruzioni regolari della mielina, fondamentali per la conduzione saltatoria dell'impulso.
- Linee di Schmidt-Lanterman:
 - Interruzioni radiali nella mielina, visibili in sezioni longitudinali, rappresentano canali citoplasmatici nelle cellule di Schwann.

4. Vascolarizzazione e barriera emato-nervosa

- I nervi sono vascolarizzati da una rete di arteriole e venule che penetrano tramite l'epinevrio e si ramificano nel perinevrio e nell'endonevrio.
- La barriera emato-nervosa è formata da cellule perinevrali con giunzioni strette e da cellule endoteliali dei capillari endonevriali.

5. Rigenerazione nervosa

- Dopo danno assonale (lesione periferica), le cellule di Schwann:
 - Fagocitano la mielina danneggiata.
 - Proliferano e formano tubi endonevriali (bande di Büngner) che guidano la rigenerazione dell'assone.
- La velocità di rigenerazione è di circa 1–3 mm al giorno, a seconda delle condizioni loca

