

Sistema Nervoso (Tessuto nervoso)

Il sistema nervoso viene spesso paragonato a un computer, ma in realtà è molto più complesso e versatile di qualunque dispositivo elettronico.

Se da un lato entrambi si basano su una rapida trasmissione di informazioni tramite segnali elettrici, dall'altro il sistema nervoso possiede una straordinaria capacità di adattarsi e riconfigurarsi grazie alla plasticità neuronale: porzioni dell'encefalo possono modificare le loro connessioni per integrare nuove informazioni, e questo rappresenta la base biologica dell'apprendimento.

Insieme al sistema endocrino, il sistema nervoso:

- controlla e regola l'attività degli altri apparati;
- utilizza meccanismi di comunicazione chimica verso organi e tessuti bersaglio, agendo in modo spesso complementare.

Differenza tra le risposte:

- Sistema nervoso → risposte molto rapide (in millisecondi), ma di durata breve.
- Sistema endocrino → risposte più lente, ma prolungate (ore, giorni, persino anni).

Veduta d'insieme del sistema nervoso

Il sistema nervoso comprende tutto il tessuto nervoso dell'organismo e si divide in due componenti principali:

- Sistema Nervoso Centrale (SNC)
- Sistema Nervoso Periferico (SNP)

Sistema Nervoso Centrale (SNC)

Il SNC comprende:

- encefalo
- midollo spinale

Funzioni principali:

- integrare, elaborare e coordinare informazioni sensitive (input) e stimoli motori (output);

- sede delle funzioni superiori → intelligenza, memoria, apprendimento, emozioni.

Sviluppo embrionale: il SNC deriva da un tubo cavo di tessuto nervoso; la cavità centrale residua si differenzia in:

- canale centrale (nel midollo spinale);
- ventricoli (nell'encefalo), in comunicazione con il canale centrale.

Tali cavità sono riempite da liquido cerebrospinale (LCS), fluido chiaro che circonda e protegge il SNC.

Sistema Nervoso Periferico (SNP)

Comprende:

- tutti i nervi periferici;
- tutto il tessuto nervoso al di fuori del SNC.

Funzioni:

- trasporta le informazioni sensitive al SNC (compartimento afferente);
- trasporta i comandi motori dal SNC ai tessuti e agli organi periferici (compartimento efferente).

Compartimento afferente

- porta al SNC le informazioni dai recettori sensitivi.

Tipi di recettori:

- somatici → muscolatura scheletrica, articolazioni, cute;
- viscerali → muscolatura liscia, cardiaca, ghiandole, organi degli apparati respiratorio e digerente.

Un recettore può essere:

- un dendrite;
- una cellula specializzata;
- un organo di senso (es. occhio, orecchio).

Compartimento efferente

Origina nel SNC → termina su un effettore (muscolatura o ghiandola).

Componenti:

1. Sistema Nervoso Somatico (SNS)
 - controlla la muscolatura scheletrica.
2. Sistema Nervoso Autonomo (SNA) o visceromotore
 - regola attività di:
 - muscolatura liscia,
 - muscolatura cardiaca,
 - ghiandole.

Attività motorie: volontarie e involontarie

Sistema Nervoso Somatico:

- attività volontarie → consapevoli (es. prendere un bicchiere);
- attività involontarie → riflessi, inconsci (es. ritirare la mano da una superficie calda).

Sistema Nervoso Autonomo:

- attività inconsci → es. battito cardiaco, digestione, risposta automatica a situazioni di pericolo.

Organizzazione del sistema nervoso

Ricapitolando:

- SNC: integrazione e coordinamento.
- SNP:
 - afferente → porta segnali al SNC (input);
 - efferente → trasmette comandi dal SNC agli effettori (output).

SNA (parte efferente del SNP autonomo) comprende:

- sistema parasimpatico;
- sistema simpatico.

Prossimi passi nello studio

Lo studio del sistema nervoso prosegue con l'analisi dell'istologia del tessuto nervoso: sarà importante comprendere l'organizzazione cellulare del sistema nervoso per poi affrontare l'anatomia e la fisiologia di:

- encefalo,
- midollo spinale,
- organi di senso,
- recettori del dolore,
- funzioni superiori.

Organizzazione cellulare nel tessuto nervoso

Il sistema nervoso è costituito essenzialmente da due tipi cellulari:

- neuroni,
- cellule della nevroglia (dette anche cellule gliali o della glia).

Neuroni

I neuroni sono responsabili del trasferimento e dell'elaborazione delle informazioni.

Ogni neurone presenta la seguente struttura:

- un corpo cellulare (detto pironoforo o soma), al cui interno il nucleo è circondato da una regione detta pericarion;
- numerosi dendriti, prolungamenti sensitivi altamente ramificati che ricevono informazioni da altri neuroni. Nei dendriti si trovano ulteriori piccole estroflessioni, dette spine dendritiche, che possono rappresentare fino all'80-90% della superficie totale del neurone e sono il sito principale di ricezione delle sinapsi eccitatorie;
- un lungo assone, che si distacca dal corpo cellulare e termina con uno o più bottoni sinaptici, tramite cui il neurone trasmette il segnale a un'altra cellula (neurone o effetto).

Nevroglia

Le cellule della glia svolgono funzioni fondamentali:

- isolano elettricamente i neuroni;

- forniscono una rete di supporto strutturale;
- mantengono l'omeostasi del microambiente intracellulare;
- hanno anche una funzione fagocitaria.

I neuroni sono in numero inferiore rispetto alle cellule gliali: nell'organismo umano si contano circa 100 miliardi di cellule gliali, circa 5 volte il numero totale dei neuroni.

Le cellule gliali sono più piccole e possiedono la capacità di dividersi anche nell'adulto, contrariamente ai neuroni.

Nevroglia del SNC

Nel sistema nervoso centrale (SNC), le cellule gliali sono di quattro tipi principali:

1. astrociti
2. oligodendrociti
3. microglia
4. cellule ependimali

Le cellule gliali nel SNC circondano i neuroni e:

- li mantengono in posizione,
- li separano tra loro,
- forniscono ossigeno e nutrienti,
- eliminano patogeni,
- rimuovono neuroni morti o danneggiati.

Astroцити

Sono le cellule gliali più numerose e di maggiori dimensioni.

Svolgono numerose funzioni (alcune ancora non del tutto comprese):

- Controllo dell'ambiente interstiziale
 - Gli astrociti hanno numerosi processi citoplasmatici che aumentano la superficie disponibile per lo scambio di ioni, neurotrasmettitori e metaboliti.

- Regolano la composizione chimica del microambiente extracellulare, mantenendo condizioni ideali per il funzionamento neuronale.
- Le loro terminazioni spesso avvolgono completamente i neuroni, proteggendoli dai cambiamenti chimici dell'ambiente circostante.
- **Mantenimento della barriera ematoencefalica (BEE)**
 - Il SNC è isolato dal sangue circolante per evitare che ormoni e altre sostanze possano alterare la funzione neuronale.
 - Le cellule endoteliali dei capillari del SNC formano una barriera altamente selettiva.
 - Gli "astrocitari pedicelli" (processi degli astrociti) rivestono i capillari, contribuendo al mantenimento della BEE mediante la produzione di sostanze specifiche.
- **Formazione di una rete di sostegno tridimensionale**
 - Grazie alla presenza di microfilamenti che attraversano il loro citoplasma, gli astrociti forniscono un robusto supporto strutturale ai neuroni del SNC.
- **Riparazione del tessuto nervoso danneggiato**
 - Gli astrociti partecipano alla formazione del tessuto cicatriziale nelle lesioni del SNC, stabilizzando le aree danneggiate e limitando ulteriori danni.
- **Guida dello sviluppo neuronale**
 - Durante lo sviluppo embrionale, gli astrociti contribuiscono a regolare la crescita neuronale e a dirigere la formazione delle connessioni sinaptiche attraverso la secrezione di fattori neurotrofici.

Oligodendrociti

Gli oligodendrociti rappresentano la seconda principale popolazione gliale del SNC.

- Possiedono sottili terminazioni citoplasmatiche, ma il corpo cellulare è più piccolo e presenta meno prolungamenti rispetto agli astrociti.
- I loro processi avvolgono gli assoni dei neuroni, formando la guaina mielinica, che ha funzione isolante e incrementa la velocità di conduzione dell'impulso nervoso.

Caratteristiche della mielinizzazione:

- più oligodendrociti collaborano per mielinizzare un singolo assone lungo la sua intera lunghezza;
- le porzioni rivestite da mielina sono dette internodi;
- tra un internodo e l'altro sono presenti piccole interruzioni → nodi di Ranvier.

Struttura del SNC:

- zone con abbondanza di assoni mielinici → sostanza bianca;
- zone con prevalenza di corpi cellulari, dendriti e assoni amielinici → sostanza grigia (di colore grigio scuro).

Microglia

Le cellule microgliali sono le cellule gliali più piccole del SNC.

Presentano sottili prolungamenti citoplasmatici con numerose e fini ramificazioni.

Origine

- Si sviluppano precocemente nell'embrione a partire da cellule staminali mesodermiche del midollo osseo, comuni ai macrofagi tissutali e ai monociti ematici.
- Una volta formata, la microglia migra nel SNC e qui rimane segregata, costituendo un sistema permanente di "pattugliamento" immunitario del tessuto nervoso.

Funzioni

- Le cellule microgliali sono fagocitiche: inglobano detriti cellulari, prodotti di rifiuto, agenti patogeni e cellule tumorali.
- Normalmente rappresentano circa il 5% delle cellule gliali del SNC, ma durante infezioni o lesioni la loro percentuale aumenta rapidamente per rispondere al danno.

Cellule ependimali

I ventricoli cerebrali e il canale centrale del midollo spinale sono rivestiti da uno strato di cellule detto ependima.

Caratteristiche

- Le cavità rivestite dall'ependima contengono liquido cerebrospinale (LCS), che circonda anche encefalo e midollo spinale.

- Il LCS svolge funzioni di protezione e di trasporto di nutrienti, gas, sostanze di scarto e altre molecole.

Struttura delle cellule endodimali

- Hanno forma cubica o cilindrica.
- A differenza delle cellule epiteliali tipiche, possiedono sottili prolungamenti citoplasmatici che mettono in contatto le cellule endodimali con le cellule gliali circostanti.
- Possono agire come recettori, monitorando la composizione del LCS.

Superficie apicale

- Durante lo sviluppo e nei primi anni di vita, è rivestita da ciglia.
- Nell'adulto, nelle regioni del canale centrale del midollo spinale, dei ventricoli laterali e del quarto ventricolo, possono persistere ciglia e microvilli.
 - Ciglia → facilitano la circolazione del LCS.
 - Microvilli → partecipano all'assorbimento del LCS.
- Le cellule che rivestono il terzo ventricolo sono prive di ciglia.

Nevroglia del Sistema Nervoso Periferico (SNP)

Nel SNP, la nevroglia è costituita da:

- Cellule satelliti
- Cellule di Schwann

Queste cellule svolgono funzioni simili a quelle di astrociti e oligodendrociti del SNC.

Organizzazione del SNP

- I pirenofori (corpi cellulari dei neuroni) sono riuniti in raggruppamenti detti gangli.
- Gli assoni, avvolti da tessuto connettivo, formano i nervi periferici.
- Tutti i pirenofori e gli assoni sono isolati dall'ambiente circostante grazie alle terminazioni delle cellule gliali.

Cellule satelliti

- Circondano i pirenofori nei gangli periferici.
- Funzioni principali:
 - regolano gli scambi di nutrienti e scorie tra i neuroni e il fluido extracellulare;
 - contribuiscono a isolare il neurone da stimoli esterni non sinaptici.

Cellule di Schwann

- Note anche come neurolemmociti.
- Avvolgono completamente ogni assone periferico, sia mielinico che amielinico.

Terminologia:

- La membrana cellulare di un assone → assolemma.
- Il rivestimento citoplasmatico esterno fornito dalle cellule di Schwann → neurolemma.

Funzioni principali:

- per gli assoni mielinici, formano la guaina mielinica, che consente una conduzione più rapida dell'impulso nervoso;
- per gli assoni amielinici, forniscono comunque protezione e supporto metabolico.

Neuroni

I neuroni sono le unità funzionali del sistema nervoso. La loro funzione primaria è trasmettere e elaborare informazioni tramite impulsi elettrici, che viaggiano da una parte all'altra del sistema nervoso.

Struttura del neurone

Un neurone tipo è composto da:

Corpo cellulare (pirenoforo o soma)

- Contiene un nucleo rotondeggiante con nucleolo prominente.
- Il citoplasma del corpo cellulare è detto pericarion.

- Il citoscheletro del pericarion è formato da neurofilamenti e neurotubuli, che rinforzano il neurone. I fasci di neurofilamenti formano le neurofibrille, che si estendono nei dendriti e nell'assone.

Organuli

- Mitocondri → producono ATP per soddisfare l'elevata richiesta energetica.
- Ribosomi (fissi e liberi) e RER → sintetizzano proteine.
- Le regioni contenenti raggruppamenti di ribosomi liberi e RER sono dette sostanza tigroide o corpi di Nissl, responsabili della colorazione grigiastra della sostanza grigia di encefalo e midollo spinale.

Capacità di divisione

- Molti neuroni perdono i centrioli durante il differenziamento → diventano incapaci di dividersi.
- Se un neurone muore, non viene generalmente sostituito.

Assone

- Prolungamento citoplasmatico lungo, specializzato nella propagazione del potenziale d'azione.
- Origina dal cono assonale (monticolo assonico).
- L'assoplasma (citoplasma dell'assone) contiene neurofibrille, neurotubuli, vescicole, lisosomi, mitocondri ed enzimi.
- L'assone può ramificarsi dando origine a rami collaterali.
- Termina con arborizzazioni terminali o telodendri, che terminano a loro volta con i bottoni sinaptici, attraverso cui il neurone comunica con altre cellule.

Trasporto assoplasmatico

- Movimento di organuli, nutrienti, molecole e prodotti di rifiuto lungo l'assone e i suoi rami.
- È un processo attivo che consuma energia e si basa sul movimento lungo le neurofibrille.

Classificazione dei neuroni

Classificazione morfologica

Si basa sul numero di processi che emergono dal pirenoforo.

1. Neuroni anassonici

- Piccoli.
- Non presentano una distinzione netta tra dendriti e assone.
- Presenti solo nel SNC e in particolari organi di senso.
- Funzione ancora poco conosciuta.

2. Neuroni bipolari

- Possiedono un singolo dendrite e un singolo assone con il pirenoforo interposto.
- Rari, ma coinvolti in funzioni sensoriali: vista, olfatto, udito.
- I loro assoni sono amielinici.

3. Neuroni pseudounipolari

- I dendriti e l'assone sono in continuità tra loro; il pirenoforo si trova lateralmente.
- I neuroni sensitivi del SNP sono in gran parte pseudounipolari.
- L'assone può essere mielinico.

4. Neuroni multipolari

- Presentano numerosi dendriti e un singolo assone, che può ramificarsi.
- Tipo più comune nel SNC.
- Tutti i neuroni motori che controllano i muscoli scheletrici sono multipolari e mielinici.

Classificazione funzionale

Basata sul ruolo svolto nel SNC e nel SNP.

1. Neuroni sensitivi (afferenti)

- Formano il compartimento afferente del SNP.
- Trasportano informazioni sensitive dall'ambiente interno o esterno verso il SNC.
- Gli assoni sensitivi sono detti fibre afferenti.

2. Distinzione per tipo di recettore:

- Enterocettori → monitorano condizioni interne degli organi e apparati.
- Esterocettori → raccolgono informazioni dall'ambiente esterno (tatto, temperatura, pressione, vista, olfatto, udito).
- Propriocettori → monitorano posizione e movimento di muscoli e articolazioni.
- Le informazioni da esterocettori e propriocettori sono trasportate da neuroni sensitivi somatici.
- Le informazioni da enterocettori sono condotte da neuroni sensitivi viscerali.

2. Neuroni motori (efferenti)

- Formano il compartimento efferente del sistema nervoso.
- Stimolano o modulano l'attività di effettori periferici (muscoli o ghiandole).
- Gli assoni motori sono detti fibre efferenti.

3. Due sistemi principali:

- Sistema nervoso somatico (SNS) → controlla i muscoli scheletrici (in modo volontario o involontario). I pironofori sono situati nel SNC e gli assoni raggiungono direttamente le giunzioni neuromuscolari.
- Sistema nervoso autonomo (SNA) → controlla la muscolatura liscia, cardiaca e le ghiandole (attività prevalentemente involontaria).
 - Neuroni pregangliari: dal SNC ai gangli periferici (fibre pregangliari).
 - Neuroni postgangliari: dai gangli agli effettori periferici (fibre postgangliari).

3. Interneuroni (neuroni associativi)

- Situati tra neuroni sensitivi e neuroni motori, all'interno di encefalo e midollo spinale.
- Funzioni:
 - Modulano gli input sensitivi.
 - Coordinano gli impulsi motori.
- Più complessa è la risposta a uno stimolo, maggiore è il numero di interneuroni coinvolti.
- Classificazione in base all'effetto sul neurone postsinaptico:
 - Eccitatori → rilasciano neurotrasmettitori eccitatori.
 - Inibitori → rilasciano neurotrasmettitori inibitori.

Rigenerazione del tessuto nervoso

La rigenerazione del tessuto nervoso riguarda la riparazione di:

- neuroni interi,
- cellule gliali,
- assoni,
- mielina,
- sinapsi.

SNC e SNP differiscono profondamente per:

- meccanismi di rigenerazione,
- velocità di riparazione,
- estensione del recupero.

Capacità di recupero del neurone

Un neurone ha una capacità limitata di recupero dopo una lesione:

- nel pirenoforo danneggiato → i corpi di Nissl scompaiono, il nucleo si sposta lateralmente.
- Se il neurone recupera la funzione → il suo aspetto ritorna normale.
- Se il danno è legato a:
 - ipossia (es. ictus),
 - compressione meccanica (es. lesione spinale o nervosa),→ il recupero è possibile solo se la circolazione o la pressione vengono ripristinate rapidamente. Altrimenti il danno sarà permanente.

Eventi a livello dell'assone

Il processo di rigenerazione è centrato sull'assone:

- Se la compressione riduce la pressione sanguigna locale, l'assone perde eccitabilità.
- Se la pressione è rimossa entro 1-2 ore, il neurone può recuperare in alcune settimane.
- Se la pressione è prolungata o se l'assone è reciso, la degenerazione è più grave.

Rigenerazione nel SNP

Nel SNP le cellule di Schwann giocano un ruolo chiave.

Degenerazione Walleriana

- La parte di assone distale al danno (moncone distale) degenera.
- Macrofagi fagocitano i detriti.
- Le cellule di Schwann:
 - non degenerano,
 - si dividono e formano un cordone cellulare che guida la rigenerazione.
 - rilasciano fattori di crescita per favorire la ricrescita assonale.

Crescita assonale

- Dopo un taglio:

- l'assone può iniziare a rigenerarsi già in poche ore (lesioni da taglio netto).
- nelle lesioni da schiacciamento/strappo, l'assone regredisce di alcuni cm e la rigenerazione richiede più tempo.
- Se l'assone cresce correttamente nel cordone formato dalle cellule di Schwann → può ristabilire le connessioni sinaptiche.
- Se invece la crescita devia → la funzione non viene ripristinata.

Se viene danneggiato un intero nervo periferico → solo una quota limitata di assoni ristabilirà connessioni corrette → funzione alterata permanentemente

Rigenerazione nel SNC

Nel SNC la rigenerazione è molto limitata per diversi motivi:

1. Il danno coinvolge in genere molti più assoni.
2. Gli astrociti producono tessuto cicatriziale che ostacola la crescita assonale.
3. Gli astrociti rilasciano sostanze che bloccano la ricrescita.

Impulso nervoso

Eccitabilità

L'eccitabilità è la capacità della membrana cellulare di rispondere a uno stimolo adeguato e generare un potenziale d'azione.

Le membrane eccitabili comprendono:

- le fibre muscolari scheletriche,
- le cellule muscolari cardiache,
- alcune cellule ghiandolari,
- l'assolemma della maggior parte dei neuroni.

Potenziale d'azione

Un potenziale d'azione (o impulso nervoso) è una variazione del potenziale di membrana che si sviluppa quando l'assolemma viene stimolata a un livello soglia.

Fasi del potenziale d'azione

- Tutte le cellule hanno un potenziale di membrana a riposo → differenza di carica elettrica tra i due lati della membrana plasmatica.
- Quando un assone riceve uno stimolo:
 - si modifica temporaneamente la permeabilità dell'assolemma.
 - ciò altera il potenziale di membrana → se si raggiunge il valore soglia, viene generato un potenziale d'azione.
- Una volta generato, il potenziale d'azione:
 - si propaga lungo l'assone fino ai bottoni sinaptici.
 - la propagazione è unidirezionale.

Velocità di conduzione

La velocità di conduzione dipende da:

1. Diametro dell'assone
 - maggiore diametro → maggiore velocità.
2. Presenza della guaina mielinica
 - gli assoni mielinici conducono impulsi da 5 a 7 volte più velocemente rispetto agli amielinici.

Valori tipici

- Assoni mielinici di grosso calibro (4-20 μm): conduzione fino a 140 m/s.
- Piccole fibre amieliniche (<2 μm): conduzione inferiore a 1 m/s.

Comunicazione sinaptica

Una sinapsi è il sito in cui avviene la comunicazione intercellulare tra un neurone e un'altra cellula, che può essere un altro neurone o un effettore (muscolare o ghiandolare).

La sinapsi può avvenire tra:

- un bottone sinaptico e un dendrite → sinapsi assodendritica;

- un bottone sinaptico e un corpo cellulare → sinapsi assosomatica;
- un bottone sinaptico e un assone → sinapsi assoassonica.

L'arrivo di un impulso nervoso al bottone sinaptico innesca eventi che permettono il trasferimento dell'informazione.

Le sinapsi si distinguono in:

- Sinapsi chimiche (o vescicolari) → prevalenti.
- Sinapsi elettriche (o non vescicolari) → più rare.

Sinapsi chimiche (vescicolari)

Sono le sinapsi più numerose. Qui il trasferimento dell'informazione avviene tramite il rilascio di neurotrasmettitori.

Meccanismo di base

- Un neurotrasmettitore viene rilasciato dalla membrana presinaptica del bottone sinaptico.
- Il neurotrasmettitore si lega a specifici recettori sulla membrana postsinaptica.
- Questo legame produce un cambiamento temporaneo del potenziale di membrana della cellula ricevente.

La comunicazione è unidirezionale → dal neurone presinaptico alla cellula postsinaptica.

Esempio: giunzione neuromuscolare

- Esempio classico di sinapsi chimica.
- Il neurotrasmettitore è acetilcolina (ACh).
- L'ACh è largamente usata anche nel SNC e SNP.
- Esistono oltre 50 neurotrasmettitori diversi.

Sequenza degli eventi

1. Arrivo di un potenziale d'azione al bottone sinaptico.
2. Innesco del rilascio di neurotrasmettitore mediante esocitosi.

3. Il neurotrasmettitore diffonde nella fessura sinaptica.
4. Si lega ai recettori postsinaptici, modificando la permeabilità della membrana postsinaptica:
 - Effetto eccitatorio → favorisce un nuovo potenziale d'azione.
 - Effetto inibitorio → riduce la probabilità di generare un potenziale d'azione.
5. Se il grado di eccitazione è sufficiente, si genera:
 - un potenziale d'azione nell'assone (se la cellula ricevente è un neurone),
 - un potenziale d'azione nel sarcolemma (se la cellula è una fibra muscolare).
6. Gli effetti sono di breve durata, poiché:
 - i neurotrasmettitori vengono degradati da enzimi,
 - oppure riassorbiti.

Per prolungare l'effetto → devono arrivare ulteriori impulsi nervosi e nuovi rilasci di neurotrasmettitore.

Sommatoria sinaptica

- Un neurone ricevente può avere migliaia di sinapsi chimiche sul proprio pirenoforo.
- Alcune sinapsi rilasciano neurotrasmettitori eccitatori, altre inibitori.
- L'attività complessiva del neurone dipende dalla somma degli impulsi eccitatori e inibitori ricevuti → tale somma viene elaborata a livello del cono assonale.

Sinapsi elettriche (non vescicolari)

Sono sinapsi più rare e si trovano sia nel SNC che nel SNP.

Meccanismo di base

- La membrana presinaptica e quella postsinaptica sono a stretto contatto.
- Le due membrane sono unite da giunzioni comunicanti (gap junctions), che permettono il passaggio diretto di ioni.
- Di conseguenza, l'impulso passa direttamente da una cellula all'altra → come se condividessero una sola membrana plasmatica.

Caratteristiche

- La conduzione dell'impulso è bidirezionale (diversamente dalla sinapsi chimica).
- La trasmissione è estremamente rapida e priva di ritardo sinaptico.
- Sono presenti in particolari circuiti dove è necessaria una sincronizzazione perfetta, come in certe aree del SNC.

Organizzazione ed elaborazione neuronale

I neuroni costituiscono le unità funzionali del sistema nervoso. Pur essendo miliardi nel SNC, sono organizzati in un numero relativamente ridotto di raggruppamenti neuronali (o pool neuronali), che svolgono specifiche funzioni.

I raggruppamenti neuronali sono definiti funzionalmente, non solo anatomicamente:

- possono essere diffusi, coinvolgendo neuroni di più regioni dell'encefalo,
- oppure localizzati, in regioni ben precise di encefalo o midollo spinale.

Ogni raggruppamento neuronale:

- ha un numero limitato di afferenze e efferenze,
- può contenere neuroni sia eccitatori che inibitori.

Circuiti neuronali

Lo schema funzionale di base di un raggruppamento neuronale si chiama circuito neuronale. Esso può svolgere diverse funzioni:

• Divergenza

- Propagazione dell'informazione da un singolo neurone a molti neuroni, o da un raggruppamento verso più raggruppamenti.
- Permette un'ampia distribuzione dell'informazione.
- Esempio: informazione visiva → percezione conscia e contemporanea attivazione di aree implicate in postura ed equilibrio.

• Convergenza

- Molti neuroni contraggono sinapsi su un unico neurone postsinaptico.

- Permette un controllo variabile di risposte motorie → sia volontario che involontario.
- Esempio: controllo del diaframma → normalmente automatico (centri respiratori), ma anche volontario (trattenere il fiato).

• **Elaborazione seriale**

- L'informazione viene trasportata in sequenza, da un neurone all'altro o da un raggruppamento all'altro.
- Tipica della trasmissione di informazione sensitiva tra i centri di elaborazione.
- Esempio: le vie del dolore contraggono sinapsi successive lungo la via ascendente.

• **Elaborazione in parallelo**

- Diversi neuroni o raggruppamenti elaborano contemporaneamente la stessa informazione.
- Consente risposte multiple e simultanee.
- Esempio: calpestare un oggetto appuntito → risposta automatica complessa:
 - sollevamento del piede,
 - spostamento del peso,
 - attivazione della percezione dolorosa,
 - reazione vocale ("ahi").

• **Riverbero (Feedback positivo)**

- Assoni collaterali tornano indietro verso la sorgente dell'impulso, stimolando ulteriormente i neuroni presinaptici.
- Il circuito continua ad attivarsi autonomamente fino a esaurimento o interruzione da parte di uno stimolo inibitorio.
- Circuiti di riverbero complessi contribuiscono a funzioni come:
 - mantenimento della coscienza,
 - coordinazione muscolare,
 - controllo del ritmo respiratorio.

Organizzazione anatomica del sistema nervoso

Le funzioni del sistema nervoso dipendono dalle interazioni tra i neuroni all'interno dei raggruppamenti neuronali.

Gli stadi più complessi di elaborazione neuronale avvengono nel SNC.

- L'informazione sensitiva (afferente) e i comandi motori (efferenti) sono trasportati dal SNP.

Nel SNC e nel SNP, assoni e pironofori non sono distribuiti casualmente, ma organizzati in agglomerati e fasci ben delimitati.

Sistema Nervoso Periferico (SNP)

- I pironofori dei neuroni sensitivi e dei motoneuroni viscerali si trovano nei gangli.
- Fasci di assoni formano i nervi:
 - nervi cranici → connessi all'encefalo,
 - nervi spinali → connessi al midollo spinale.

Sistema Nervoso Centrale (SNC)

- Gruppo di pironofori con funzione comune → centro.
- Se il centro ha un evidente confine anatomico → si chiama nucleo.
- Alcune aree della superficie encefalica sono coperte da corteccia cerebrale → strato di sostanza grigia.

Il termine centri superiori indica nuclei, centri o aree corticali implicati nelle funzioni di integrazione più elevate.

Sostanza bianca

- Formata da fasci di assoni con uguale origine, terminazione e funzione → detti tratti.
- I tratti del midollo spinale formano raggruppamenti più grandi → cordoni (o fascicoli).

Vie

- I centri e i tratti che connettono l'encefalo al resto del corpo costituiscono le vie:
 - vie ascendenti (sensitive) → portano informazioni dai recettori periferici ai centri encefalici.
 - vie discendenti (motorie) → originano nei centri motori del SNC e raggiungono gli organi effettori.