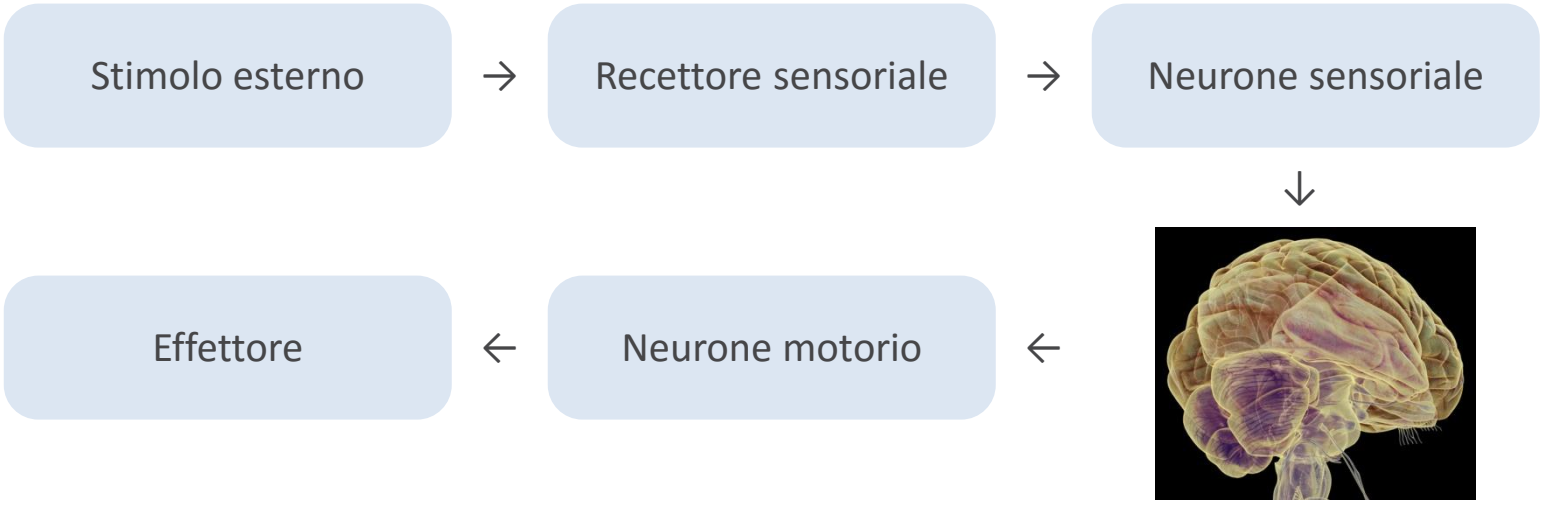
Il sistema nervoso (SN)

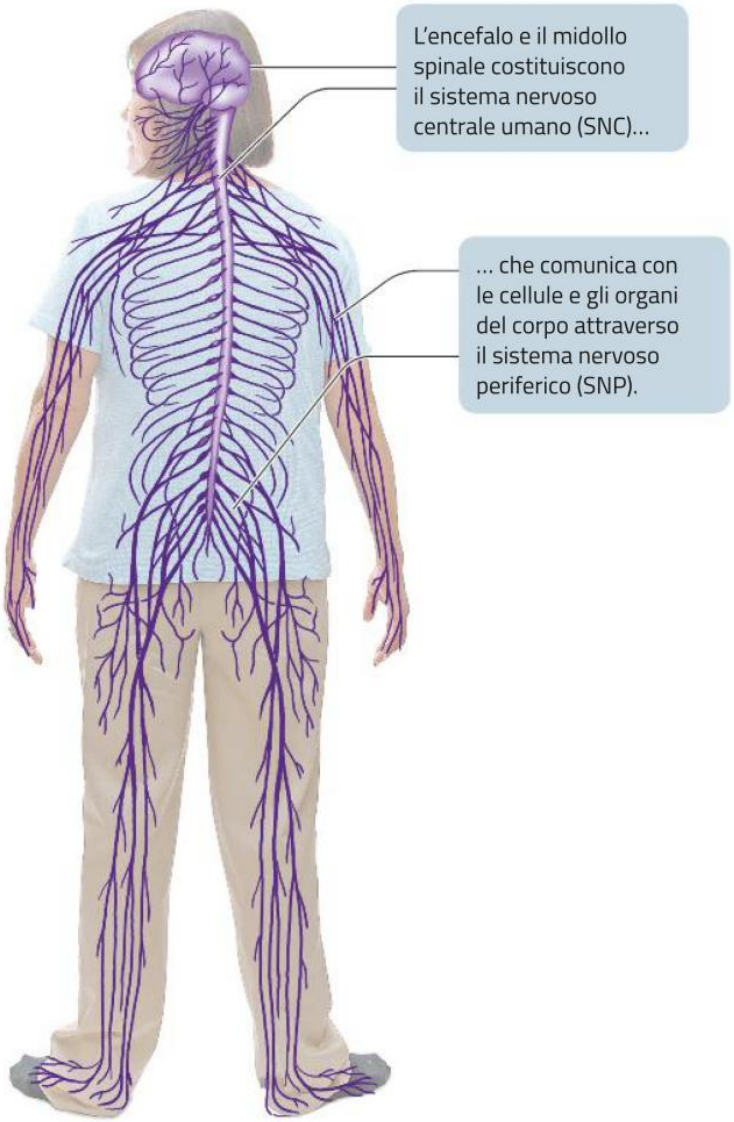
Il SN opera secondo un preciso modello:

Gli stimoli provenienti dall'esterno sono percepiti dai **recettori sensoriali** e vengono trasmessi, tramite **neuroni sensoriali**, al **sistema nervoso centrale** (SNC), che elabora le risposte e le invia tramite **neuroni motori** agli **organi effettori**



Sistema nervoso centrale

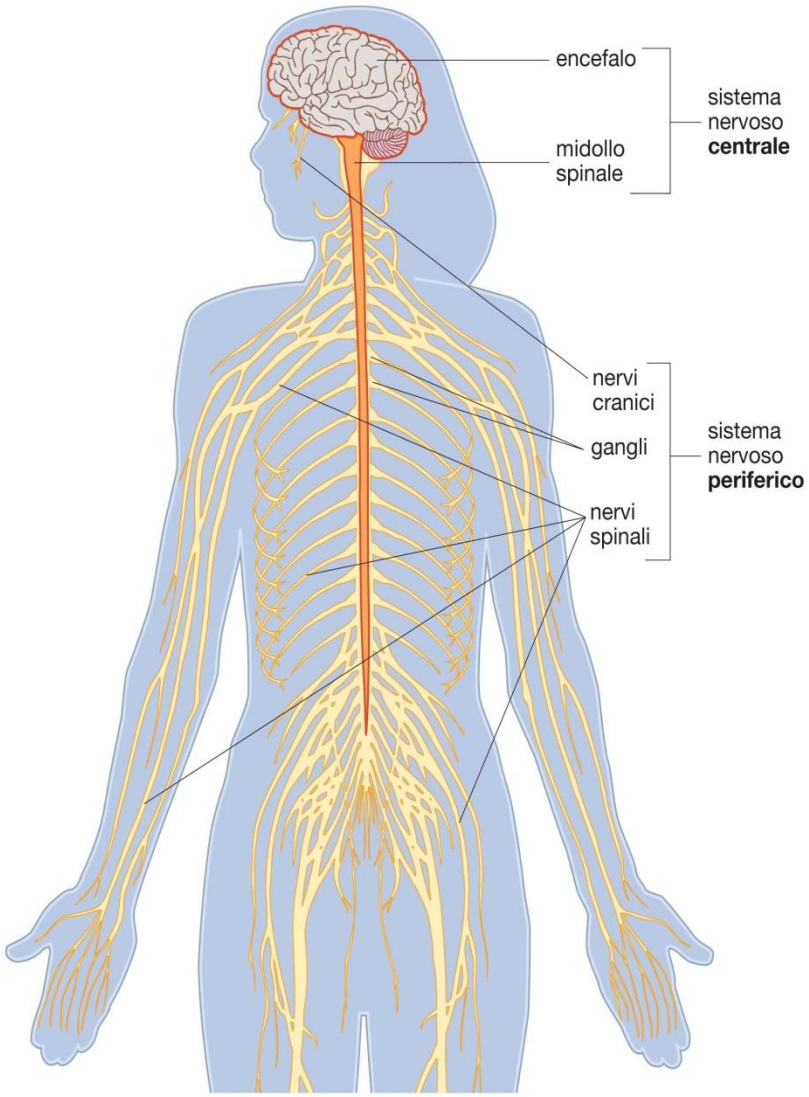
Organizzazione del sistema nervoso



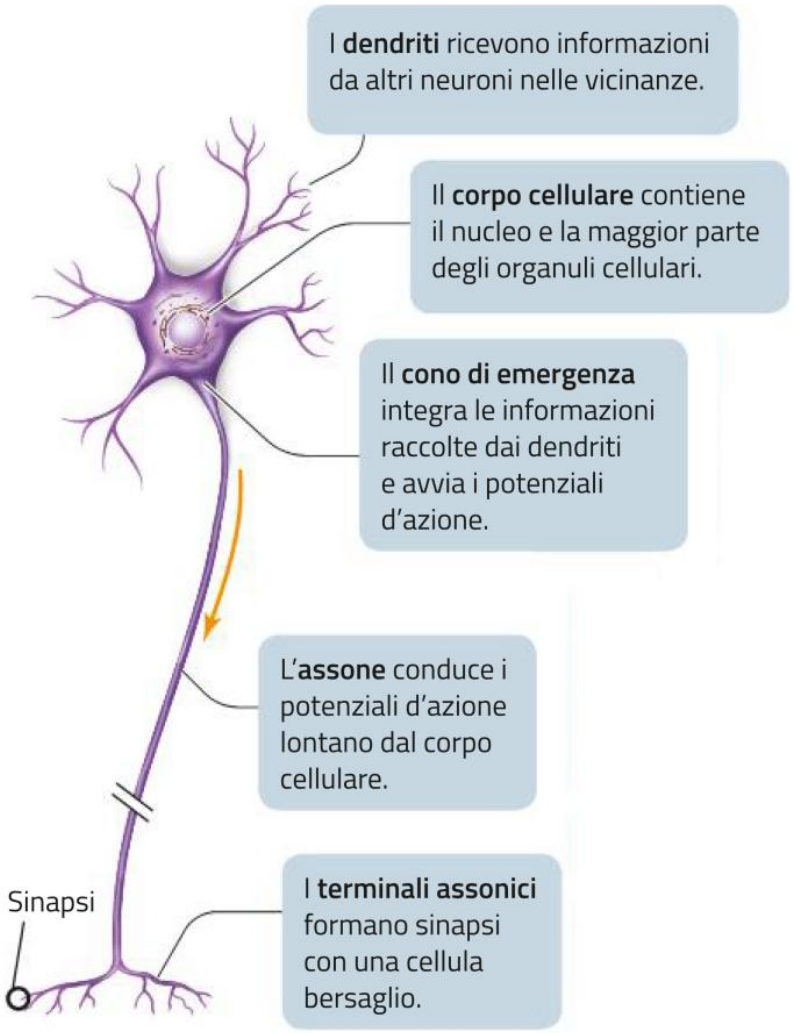
Nell'uomo il SN si divide in:

- **sistema nervoso centrale** (SNC): *encefalo* e *midollo spinale*.

- **sistema nervoso periferico** (SNP): *nervi* e *gangli*


encefalo
midollo spinale
sistema nervoso **centrale**
nervi cranici
gangli
nervi spinali
sistema nervoso **periferico**

Le unità funzionali



Le unità funzionali del sistema nervoso sono i **neuroni**.

I neuroni sono cellule eccitabili costituite da:

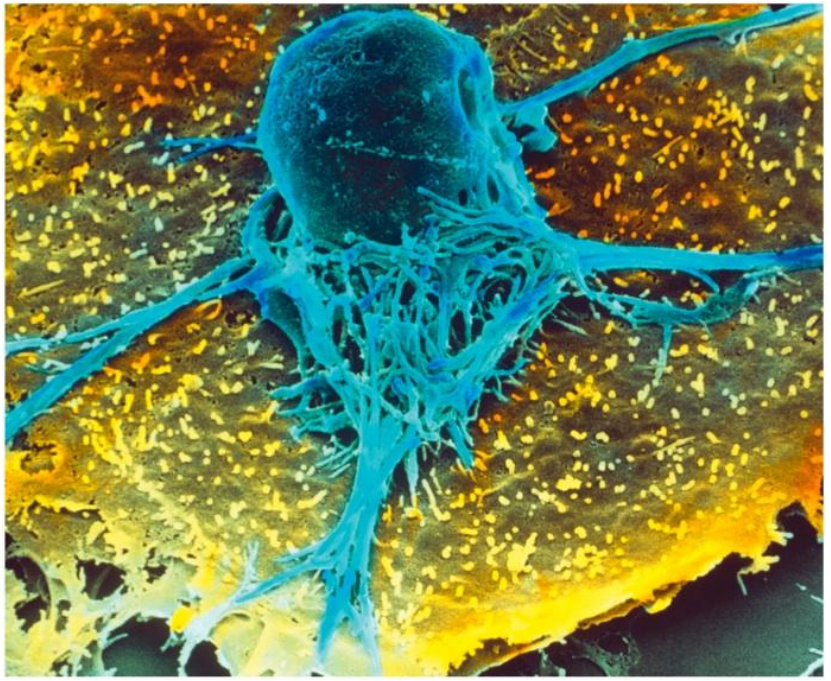
- un **corpo cellulare**;
- più **dendriti**;
- un **assone**.

Le cellule gliali

Le cellule gliali (cellule di Schwann, oligodendrociti, astrociti) costituiscono circa la metà della massa del sistema nervoso centrale.

La glia sostiene le fibre nervose dal punto di vista sia strutturale sia metabolico.

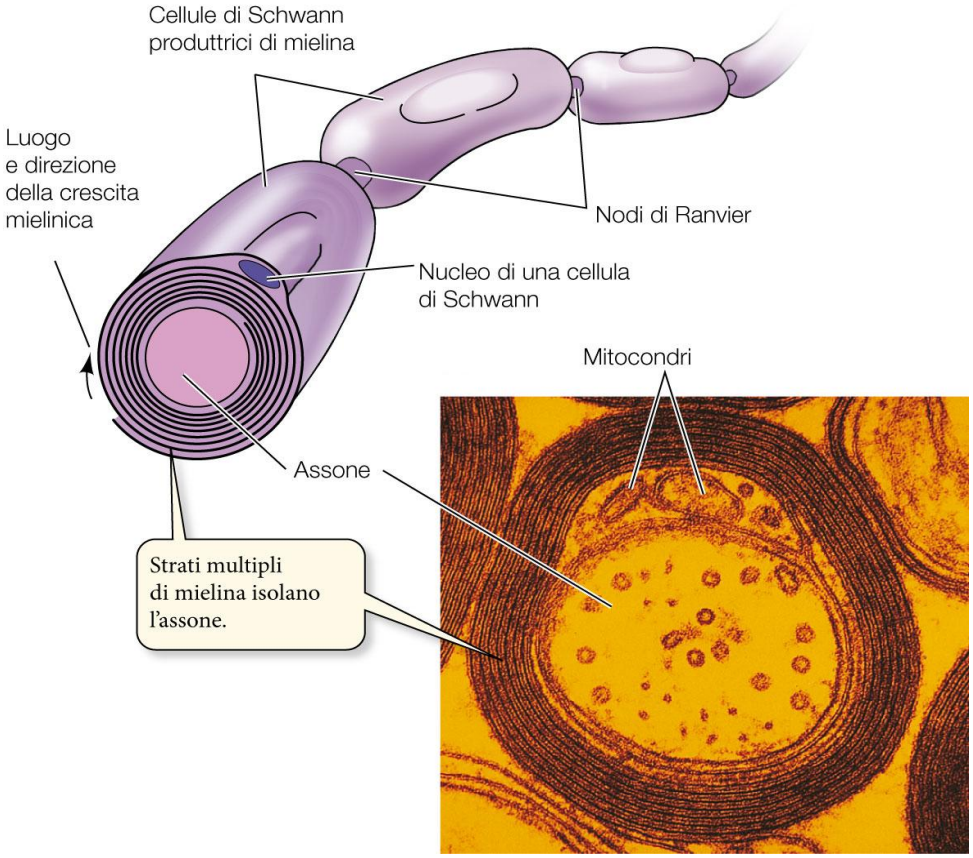
Non sono eccitabili e non conducono impulsi.



Una cellula gliale particolare

Le **cellule di Schwann** (SNP) rivestono l'assone con una **guaina mielinica**, che serve ad aumentare la velocità dell'impulso nervoso lungo l'assone.

La guaina mielinica non è continua, ma presenta un certo numero di interruzioni, i **nodi di Ranvier**, a intervalli regolari



IMPULSO NERVOSO

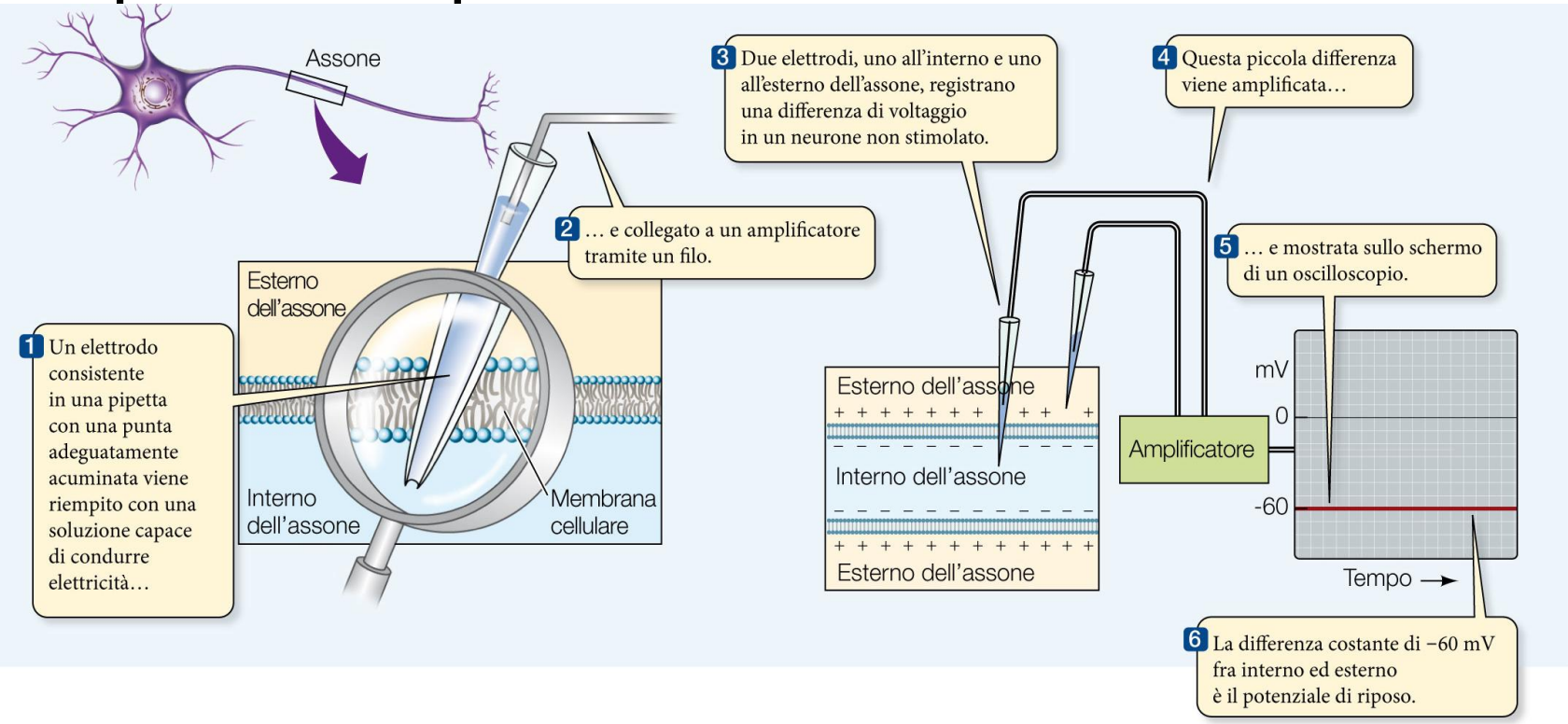
La trasmissione delle informazioni lungo gli assoni avviene mediante impulsi nervosi, ossia segnali di natura elettrochimica che si propagano molto velocemente sfruttando la differenza di potenziale presente normalmente ai due lati della membrana assonica.

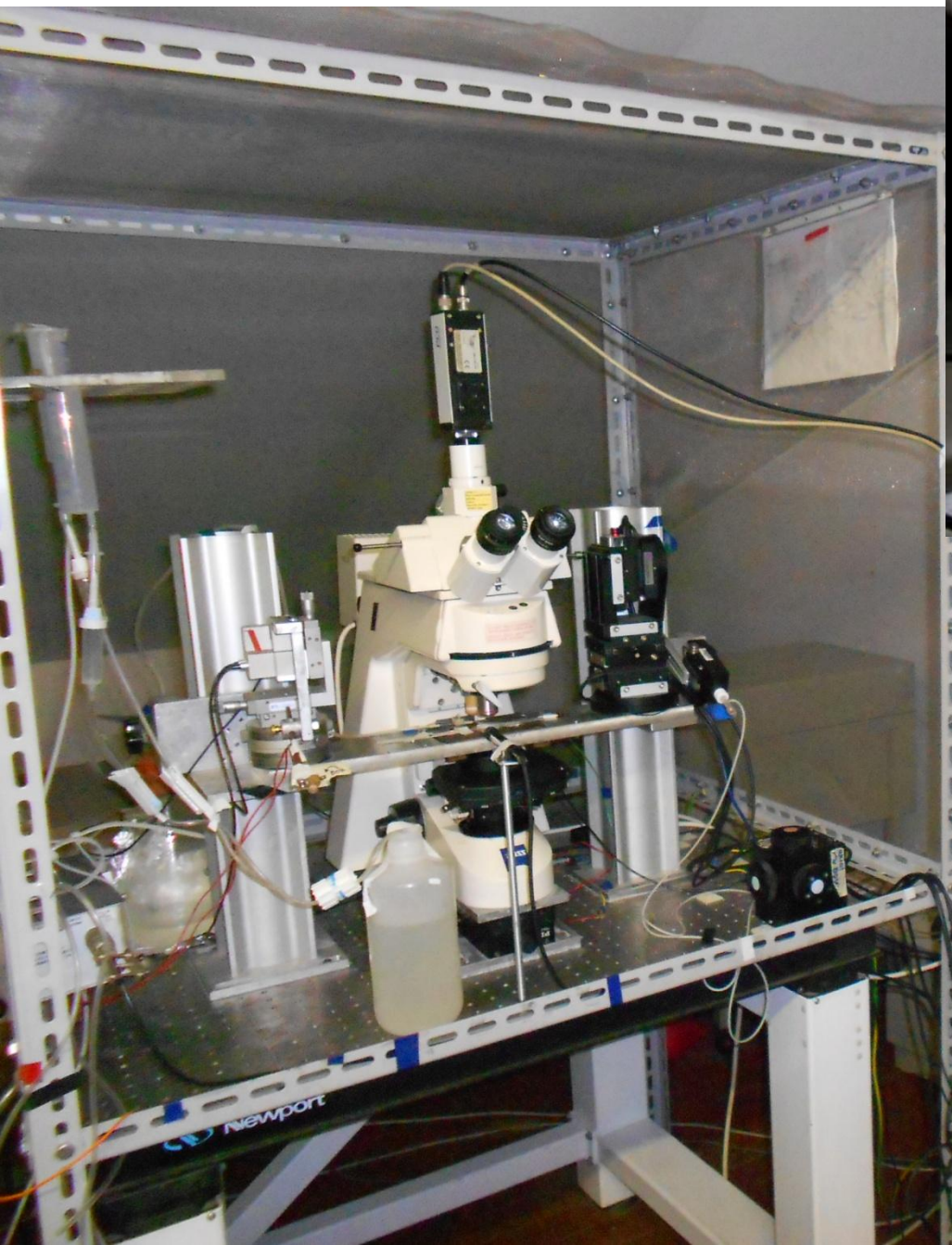
Il potenziale di riposo

La capacità di condurre gli impulsi di un neurone è legata a due caratteristiche:

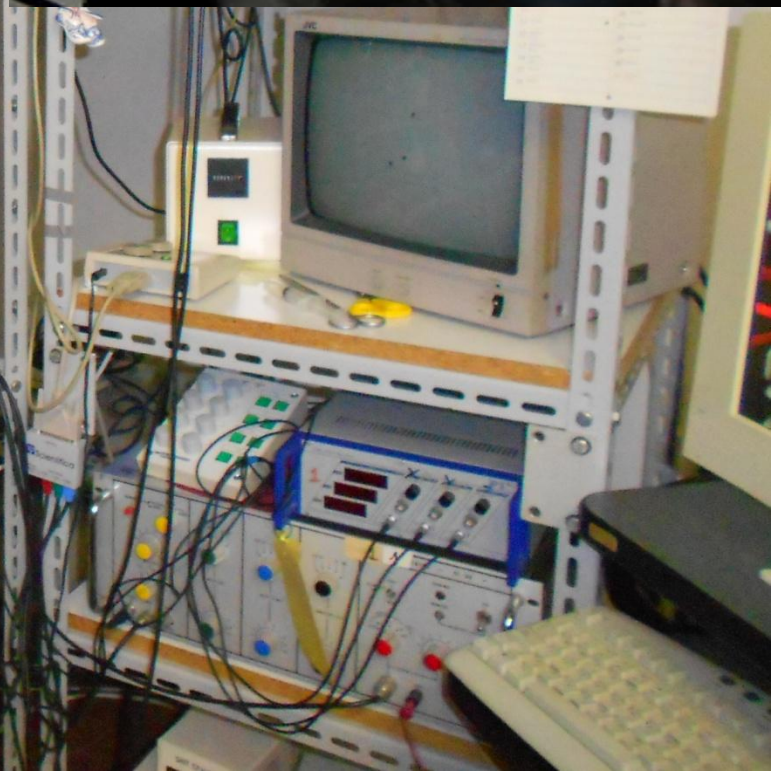
- sono cellule polarizzate;
- possiedono specifici canali ionici che permettono l'instaurarsi del **potenziale di membrana**.

Quando nell'assone non passa un impulso elettrico, il potenziale di membrana è definito **potenziale di riposo**.



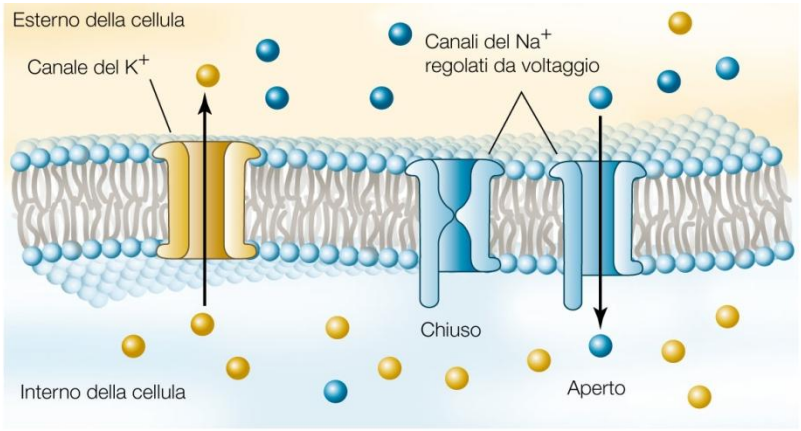

Newport



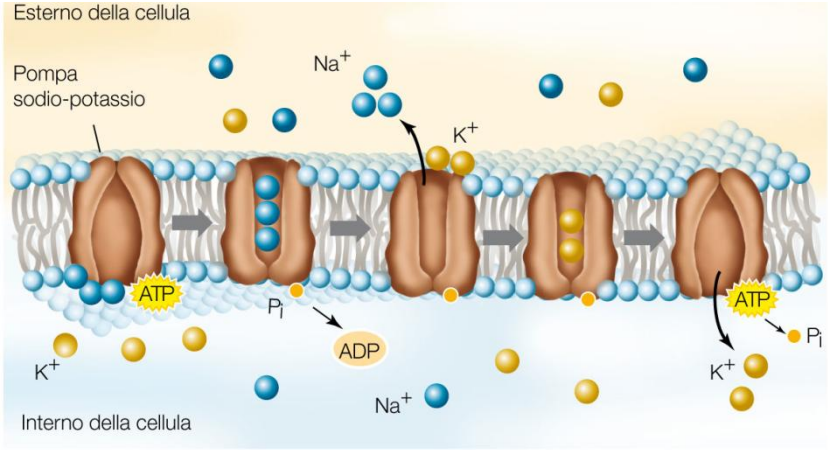


La membrana del neurone

Canali Na^+ e K^+



Pompa Na^+–K^+ (ATPasi)



Il potenziale di riposo è determinato dalla differenza di ioni Na^+ e K^+ tra l'interno e l'esterno della membrana (-70mV).

La concentrazione di questi ioni è regolata da:

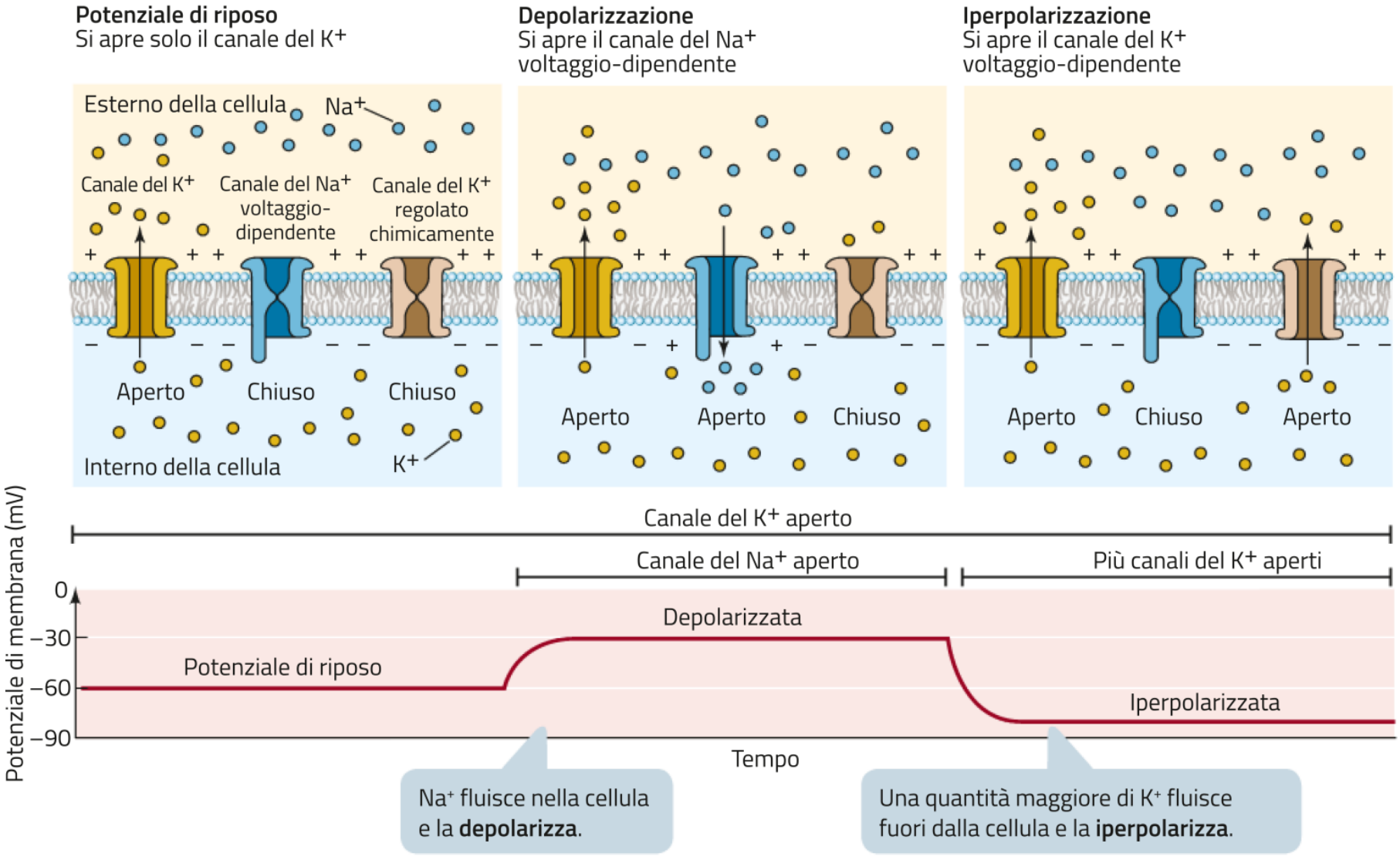
- canali del Na^+ e del K^+;
- pompa sodio-potassio;
- canali voltaggio-dipendenti.

Il pda rappresenta l'impulso nervoso, ovvero una sequenza di eventi che annullano, invertono ed infine ripristinano il potenziale di membrana di riposo.

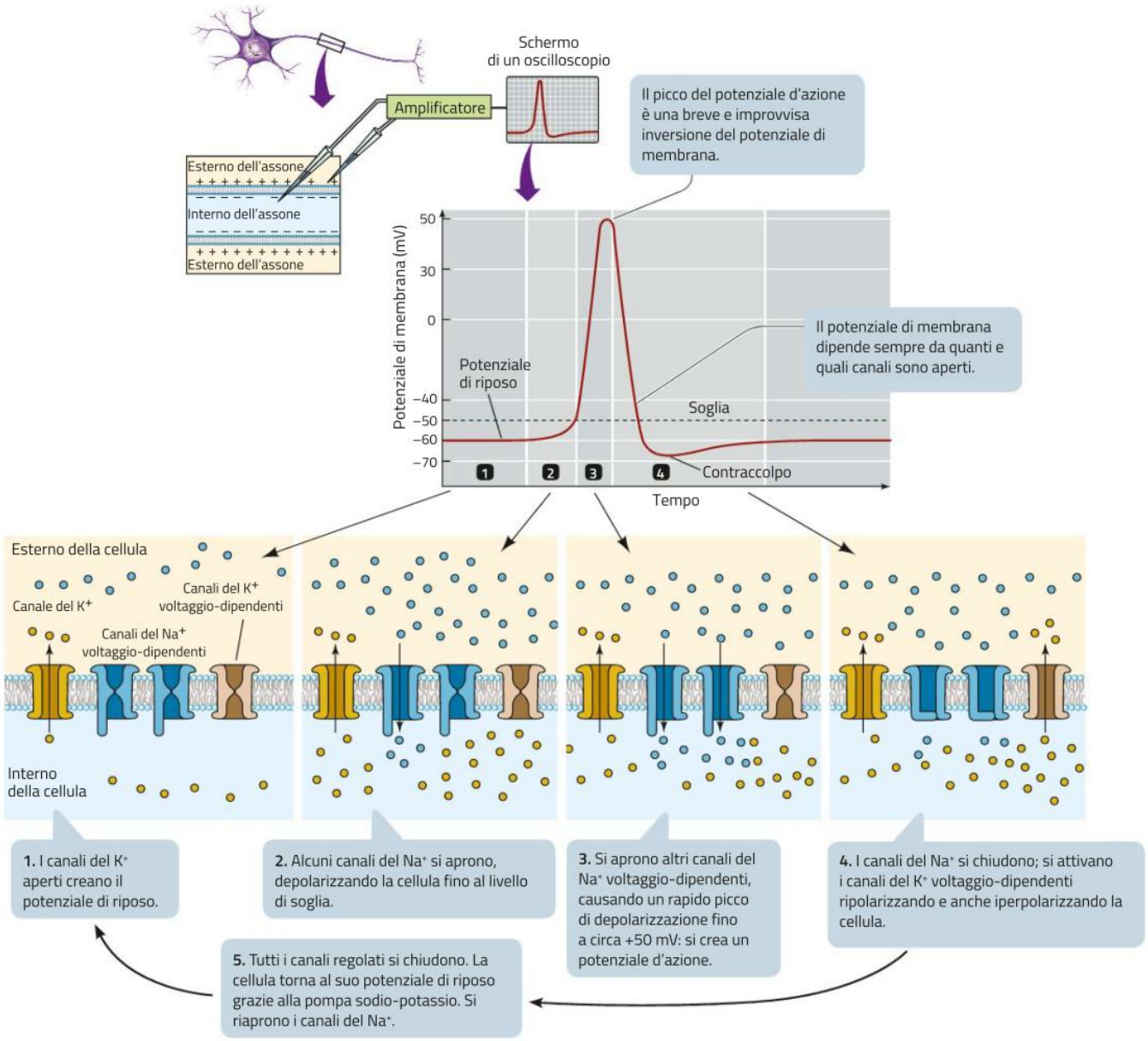
Tale sequenza si attiva a seguito di uno stimolo, ovvero un evento in grado di modificare il potenziale di riposo a seguito dell'apertura/chiusura repentina dei canali Na/K.
Affinchè lo stimolo produca pda è necessario superare il valore di soglia: se lo stimolo non è sufficientemente intenso non si genera alcun pda.

Legge "tutto o nulla": non importa quanto sia intenso lo stimolo, il pda generato è sempre uguale, ciò che varia è solo la frequenza, cioè il numero di potenziali generati nell'unità di tempo (stimolo intenso, maggiore frequenza).

Depolarizzazione e iperpolarizzazione



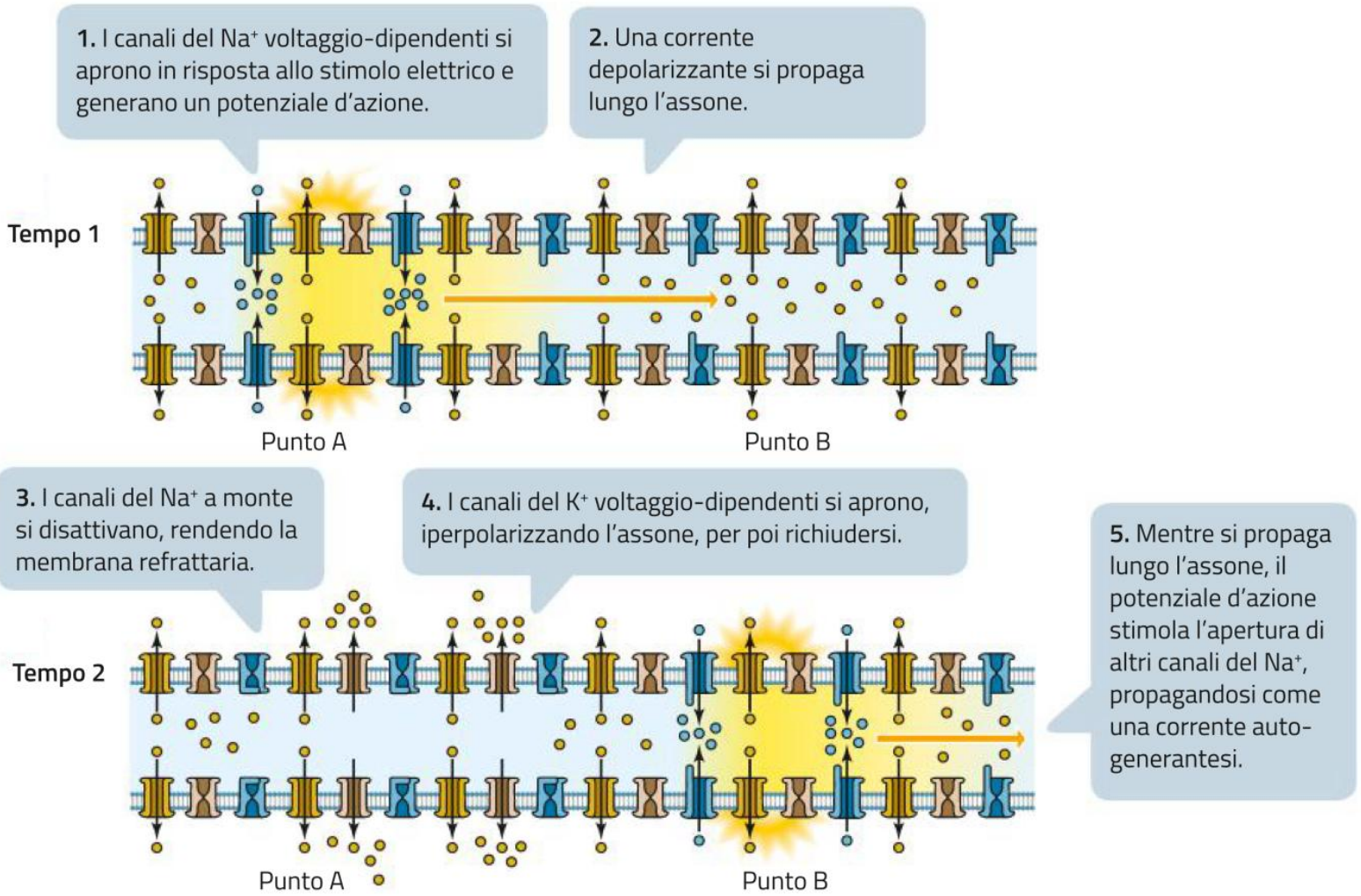
Il potenziale d'azione



La propagazione continua

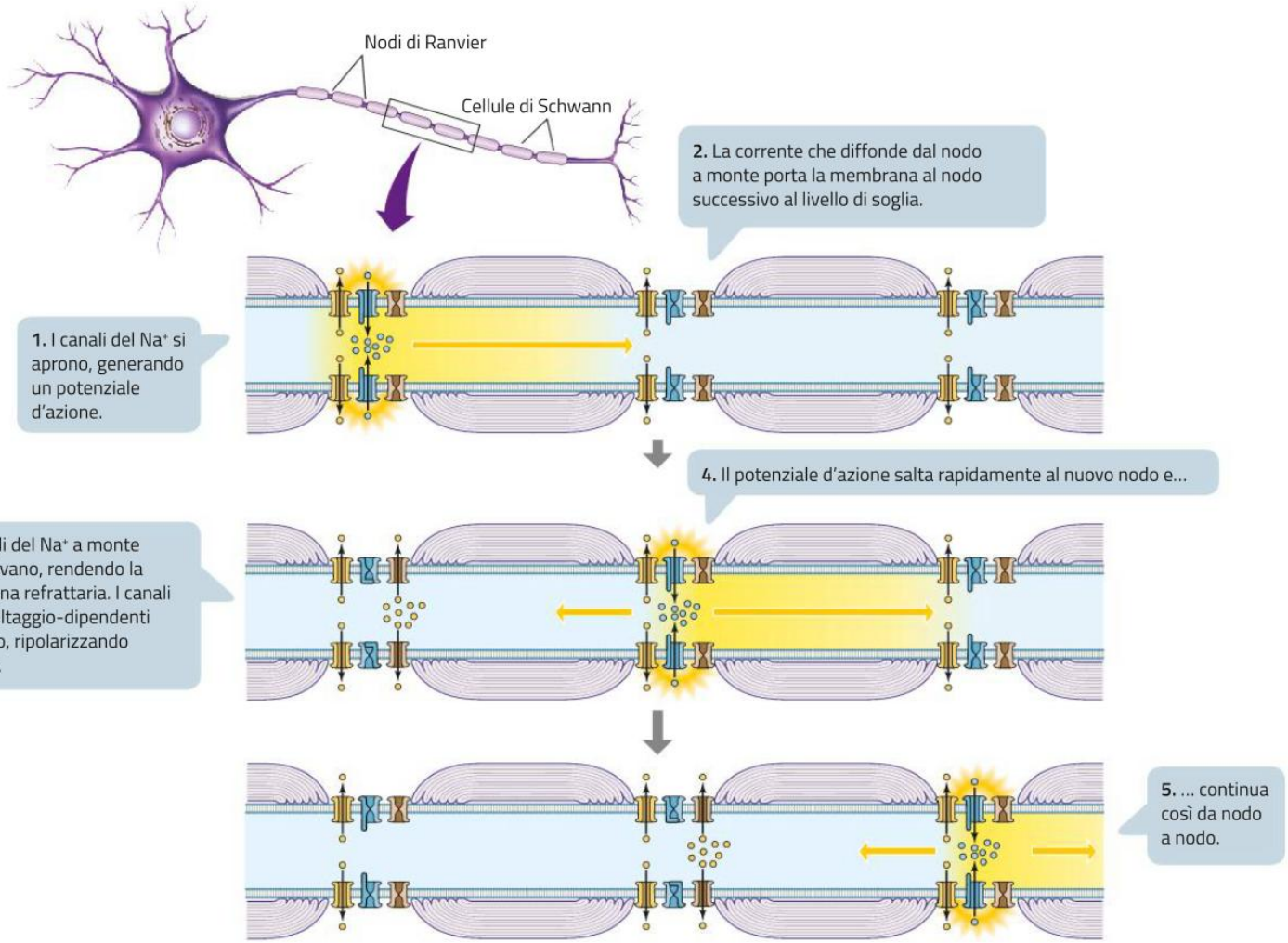
La propagazione dell'impulso nervoso è **continua** se si ha l'apertura dei canali Na^+ e la membrana si depolarizza oltre il valore soglia.

I potenziali d'azione si propagano lungo gli **assoni non mielinizzati**.


1. I canali del Na⁺ voltaggio-dipendenti si aprono in risposta allo stimolo elettrico e generano un potenziale d'azione.
2. Una corrente depolarizzante si propaga lungo l'assone.
Tempo 1
Punto A
Punto B
3. I canali del Na⁺ a monte si disattivano, rendendo la membrana refrattaria.
4. I canali del K⁺ voltaggio-dipendenti si aprono, iperpolarizzando l'assone, per poi richiudersi.
5. Mentre si propaga lungo l'assone, il potenziale d'azione stimola l'apertura di altri canali del Na⁺, propagandosi come una corrente auto-generantesi.
Tempo 2
Punto A
Punto B

La propagazione saltatoria

La propagazione dell'impulso nervoso può anche essere **saltatoria**, ma avviene soltanto negli **assoni mielinizzati** dove il potenziale d'azione sembra saltare in corrispondenza dei *nodi di Ranvier.*


Nodi di Ranvier
Cellule di Schwann
2. La corrente che diffonde dal nodo a monte porta la membrana al nodo successivo al livello di soglia.
1. I canali del Na^+ si aprono, generando un potenziale d'azione.
4. Il potenziale d'azione salta rapidamente al nuovo nodo e...
3. I canali del Na^+ a monte si disattivano, rendendo la membrana refrattaria. I canali del K^+ voltaggio-dipendenti si aprono, ripolarizzando l'assone.
5. ... continua così da nodo a nodo.

Le sinapsi

I neuroni comunicano a livello delle **sinapsi**.

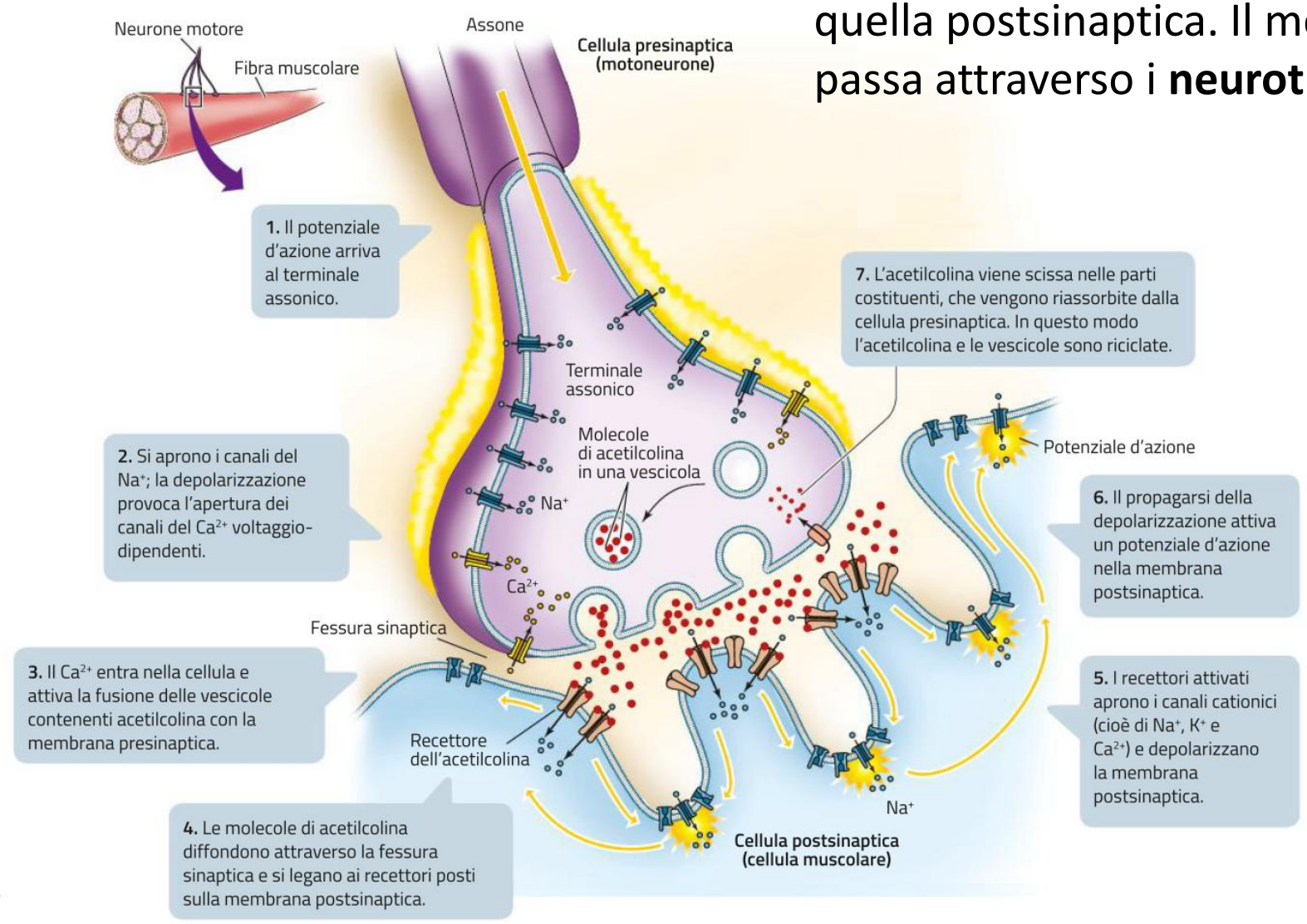
La cellula che manda il segnale è definita **presinaptica**, quella che riceve il segnale è detta **postsinaptica**.

Le sinapsi possono essere:

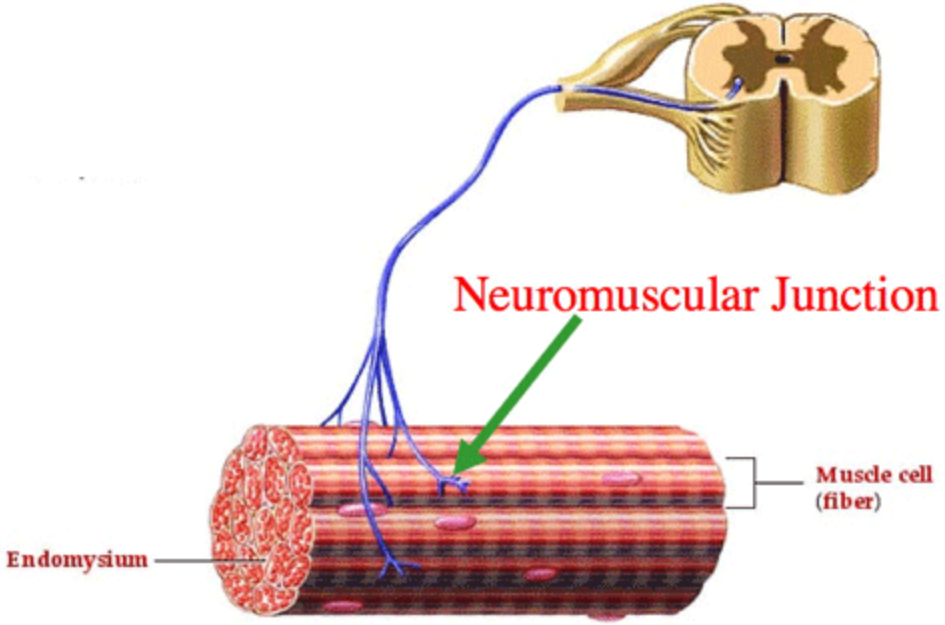
- **chimiche**, se il segnale passa attraverso un *neurotrasmettitore*;
- **elettriche**, quando i neuroni sono connessi tra loro mediante *giunzioni serrate*.

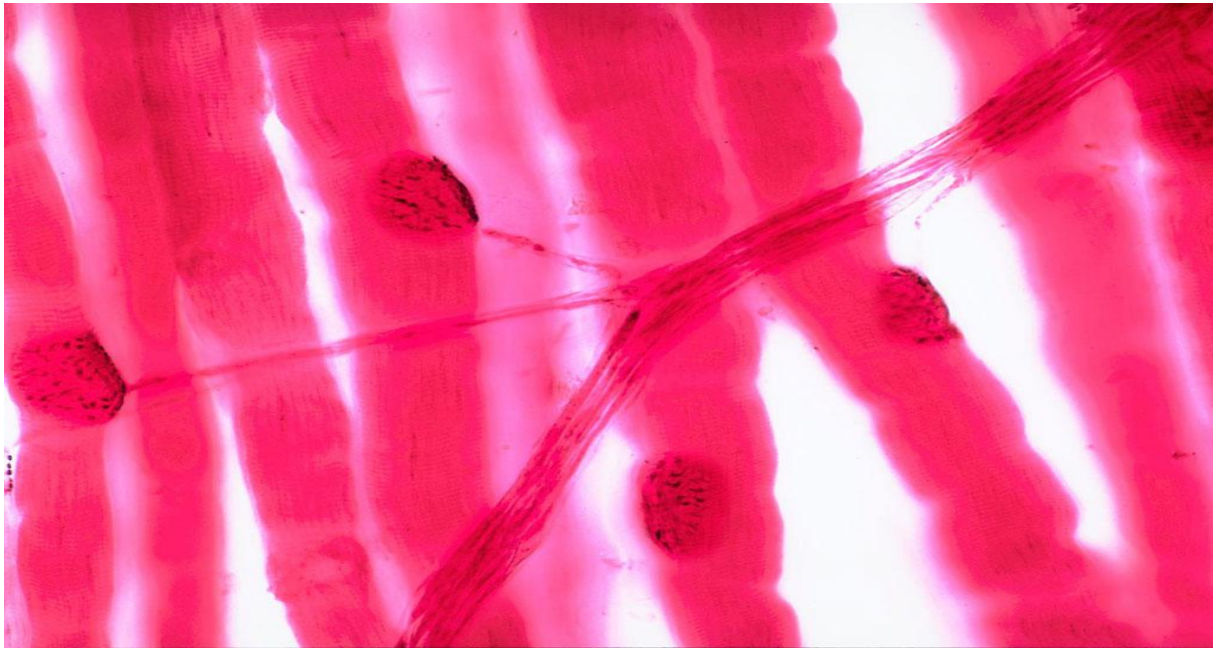
Le sinapsi chimiche

Sono giunzioni in cui i due neuroni non sono direttamente in contatto, ma presentano uno spazio intersinaptico che separa la cellula presinaptica da quella postsinaptica. Il messaggio passa attraverso i **neurotrasmettitori.**

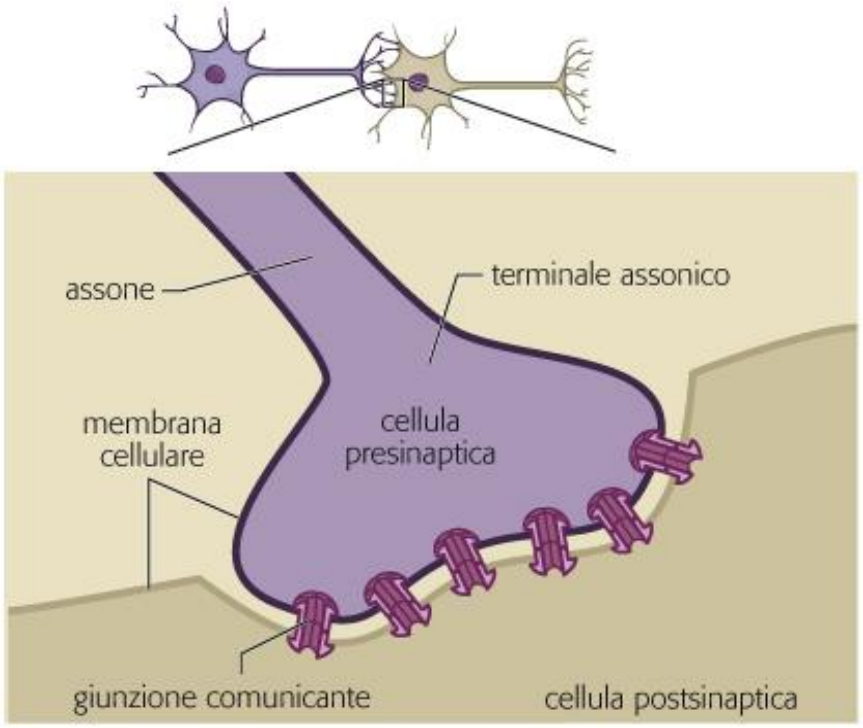


Neuromuscular Junction





LE SINAPSI ELETTRICHE



Sono giunzioni attraverso le quali il potenziale si trasmette senza interruzioni da un neurone all'altro o da un neurone a un organo effettore (ex. nel cuore e nel canale digerente)

Le interazioni delle sinapsi

Le sinapsi permettono interazioni molto complesse e presentano alcune proprietà peculiari:

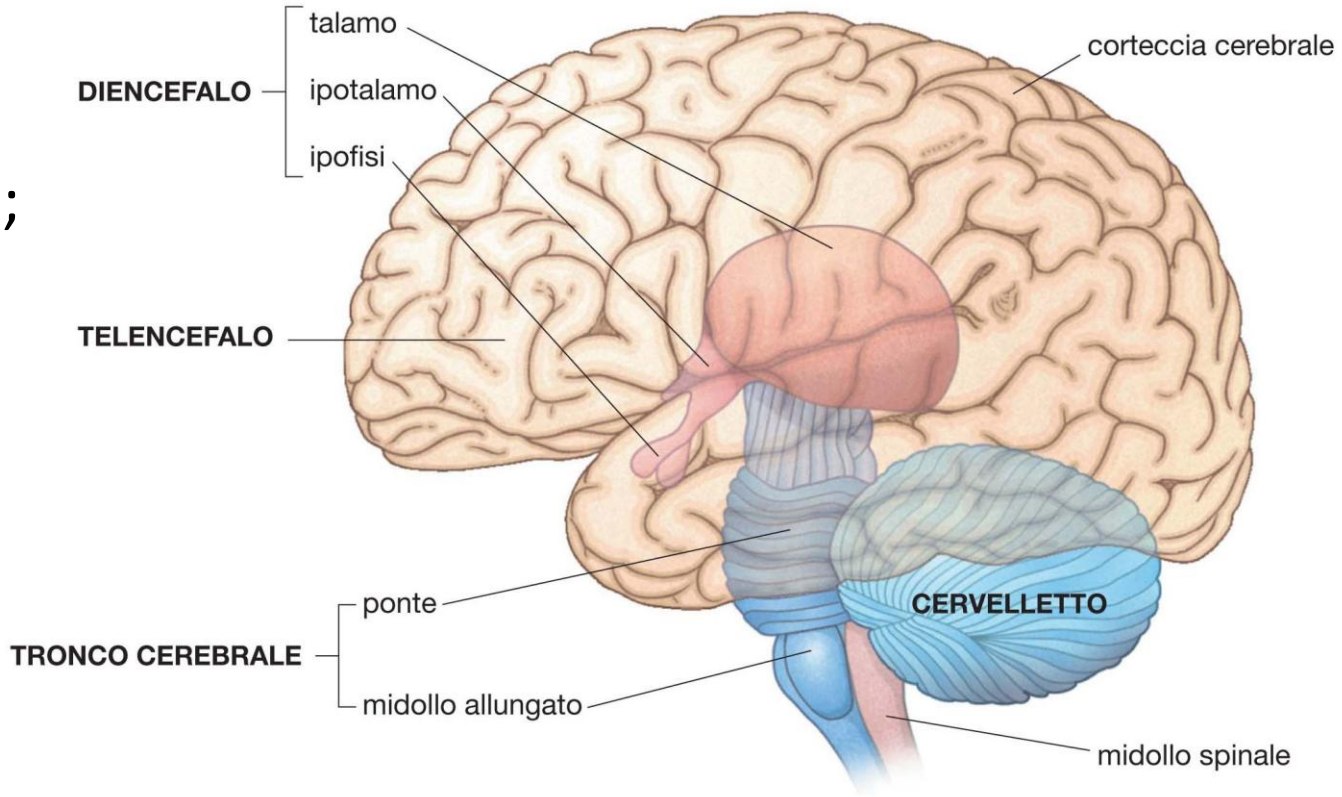
- le **sinapsi** possono essere sia *eccitatorie* sia *inibitorie*;
- la cellula postsinaptica integra **input eccitatori** e **inibitori**;
- i potenziali postsinaptici eccitatori e inibitori vengono **sommati** nello spazio e nel tempo.

IL SISTEMA NERVOSO CENTRALE (SNC)

Il SNC è costituito dall'**encefalo** e dal **midollo spinale**.

L'encefalo è formato da *sostanza grigia (corpi cellulari dei neuroni)* e *sostanza bianca* (assoni) ed è suddiviso in:

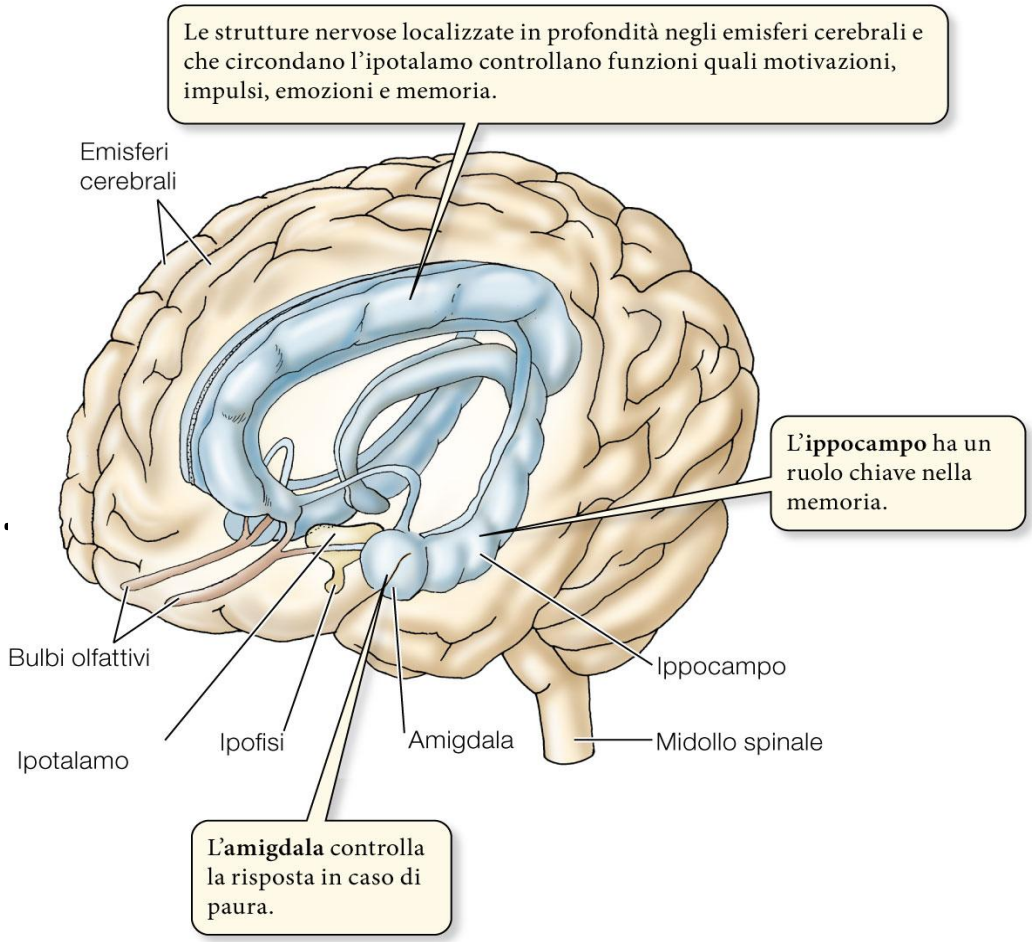
- telencefalo;
- diencefalo;
- tronco encefalico;
- cervelletto.



IL TELENCEFALO

Il telencefalo (o *cervello*) è composto da due **emisferi cerebrali**, ricoperti dalla **corteccia cerebrale** (sost. grigia con circonvoluzioni) e uniti dal **corpo calloso**.

La porzione più antica del telencefalo, in termini evolutivi, viene chiamata **sistema limbico**.

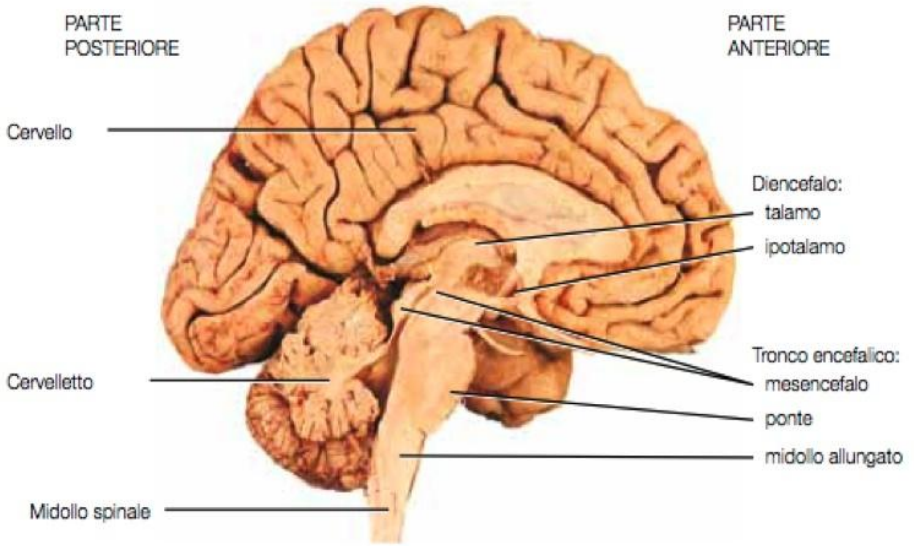


LE ALTRE PORZIONI DELL'ENCEFALO

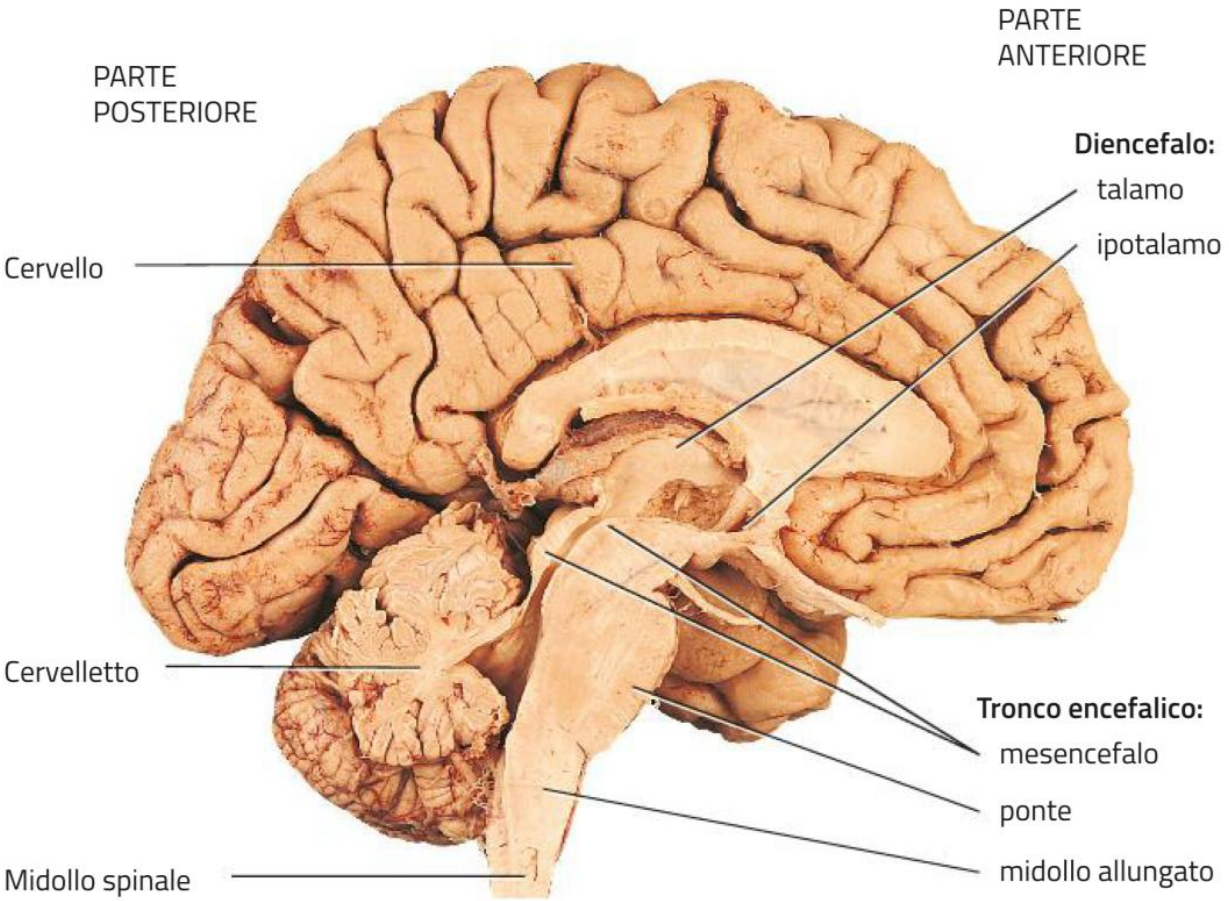
Il **diencefalo** comprende talamo, ipotalamo ed epifisi, ed è coinvolto nell'omeostasi corporea e nella produzione di ormoni.

Il **tronco encefalico** (mesencefalo, ponte e midollo allungato) è posto tra il midollo spinale e il diencefalo: riunisce le vie sensoriali e motorie, controlla i movimenti e i bisogni fisiologici primari.

Il **cervelletto** è posizionato sotto al cervello, controlla la postura e coordina i movimenti integrando informazioni provenienti sia dall'ambiente esterno che da quello interno.



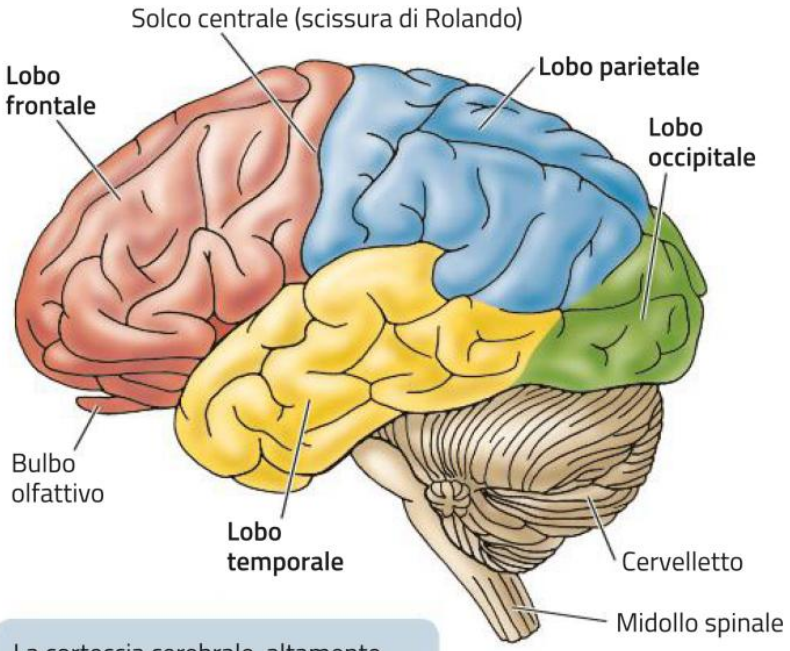
Il cervello umano



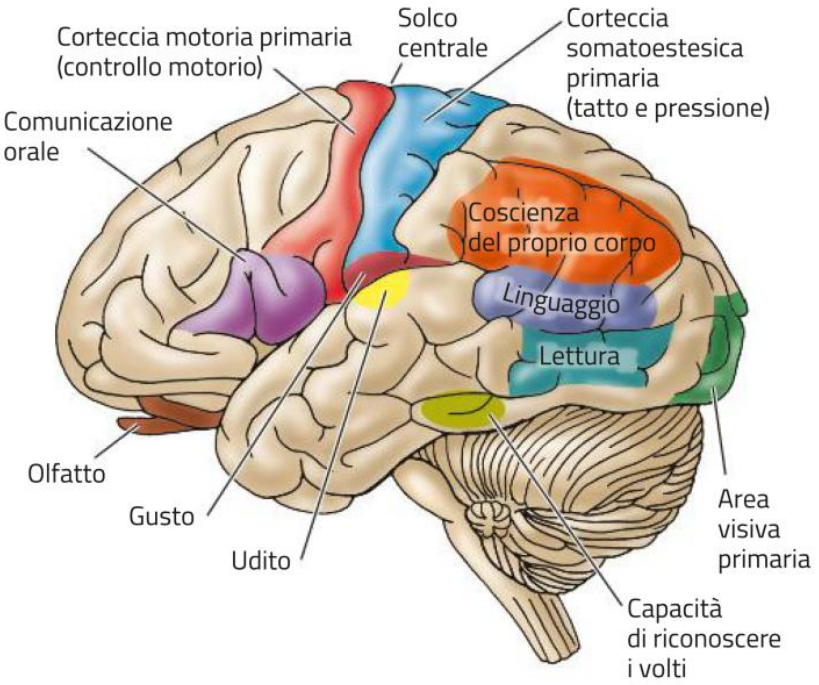
La corteccia cerebrale

La corteccia cerebrale è suddivisa tramite solchi in **lobi**

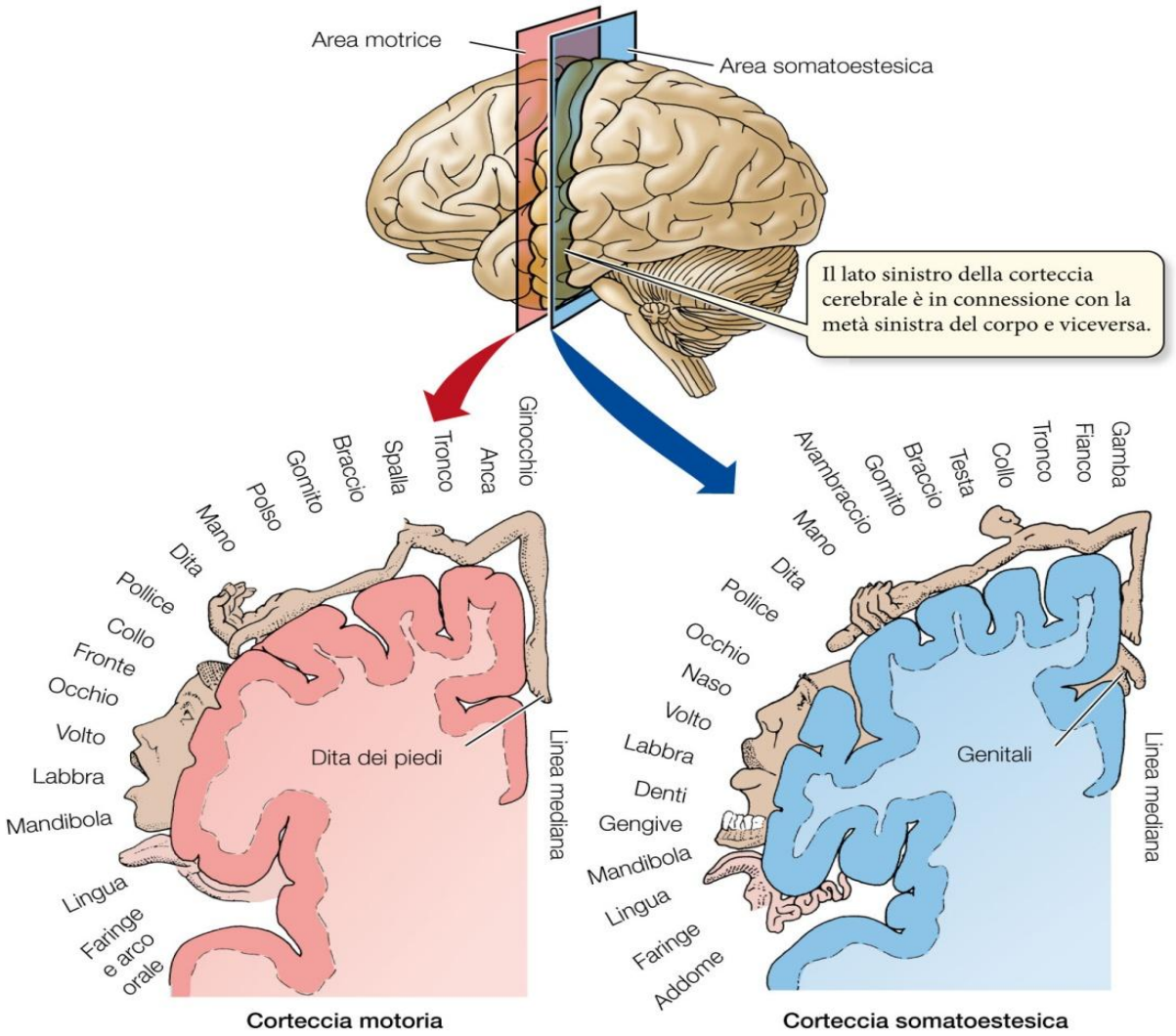
ed è coinvolta nelle funzioni superiori del sistema nervoso.



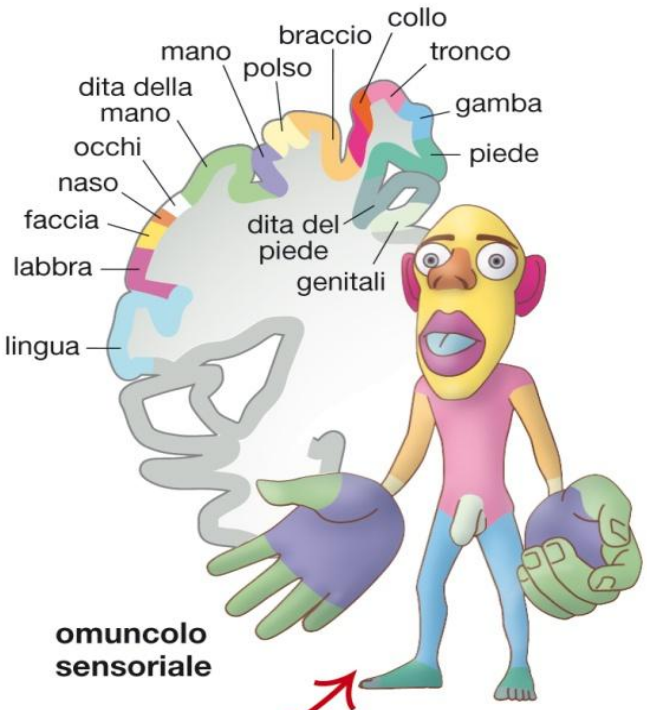
La corteccia cerebrale, altamente circonvoluta, riveste tutte le altre strutture prosencefaliche.



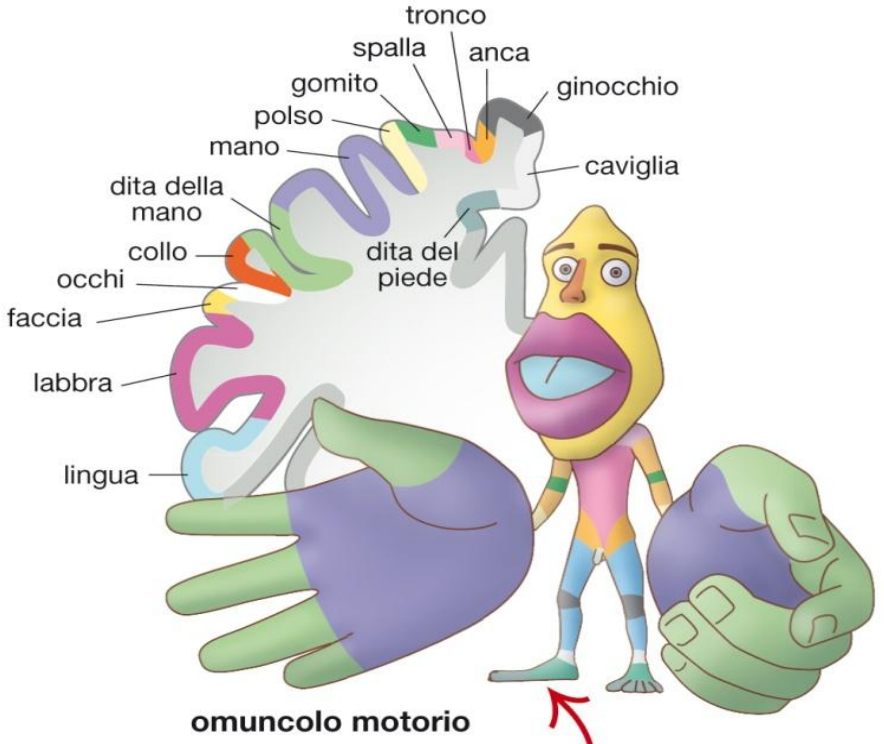
LA CORTECCIA MOTORIA E QUELLA SOMATOESTESICA PRIMARIA



La **corteccia motoria primaria** controlla l'attività dei muscoli, mentre la **corteccia somatoestesica primaria** raccoglie tutte le informazioni tattili e pressorie.



Le parti del corpo più sensibili agli stimoli tattili sono le mani, le labbra, il capo e gli organi genitali, infatti i neuroni che ricevono gli impulsi provenienti da questi organi occupano le porzioni più vaste dell'area sensoriale della corteccia cerebrale.

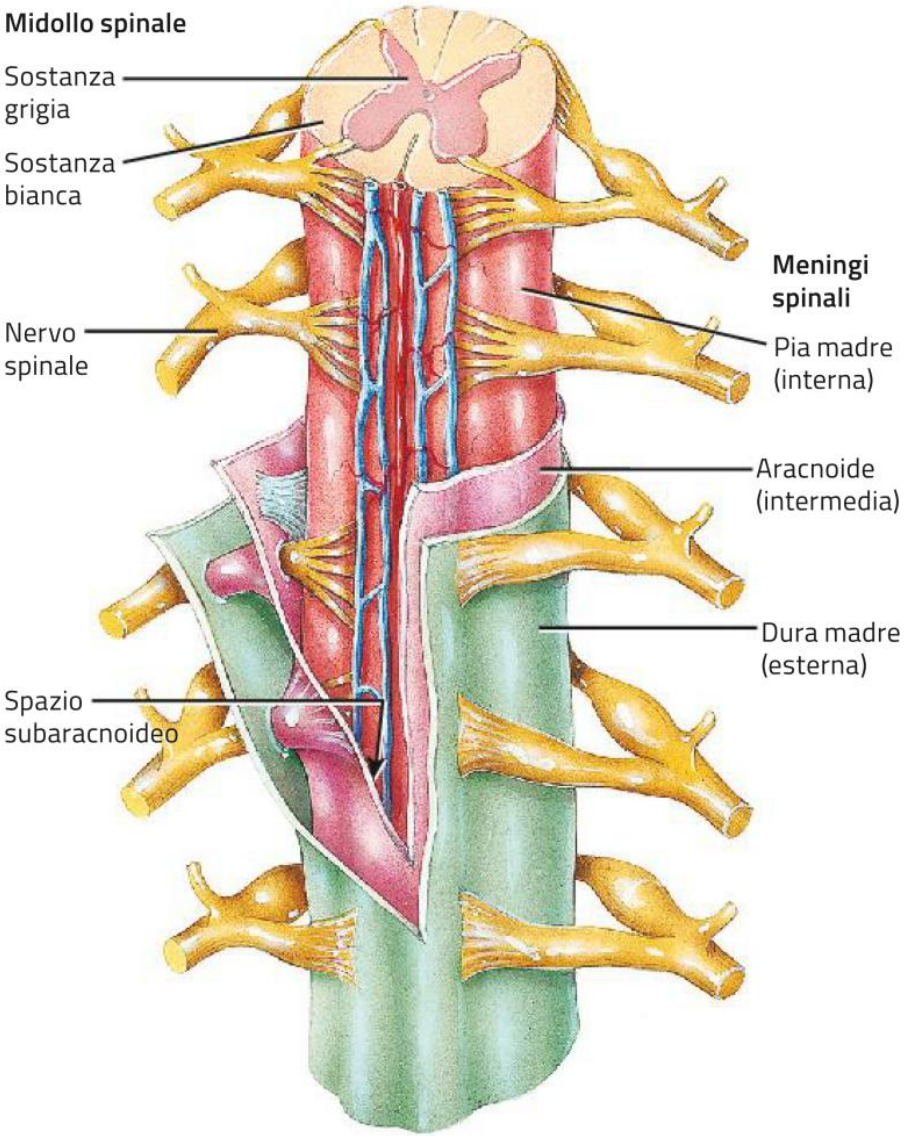


I neuroni motori che inviano gli impulsi ai muscoli delle mani, delle dita, delle labbra e della lingua occupano la maggior parte dell'area motoria della corteccia cerebrale. Il movimento preciso delle labbra e della lingua è particolarmente importante per l'articolazione del linguaggio.

Le meningi

L'encefalo e il midollo spinale sono avvolti da tre membrane di tessuto connettivo, dette **meningi**:

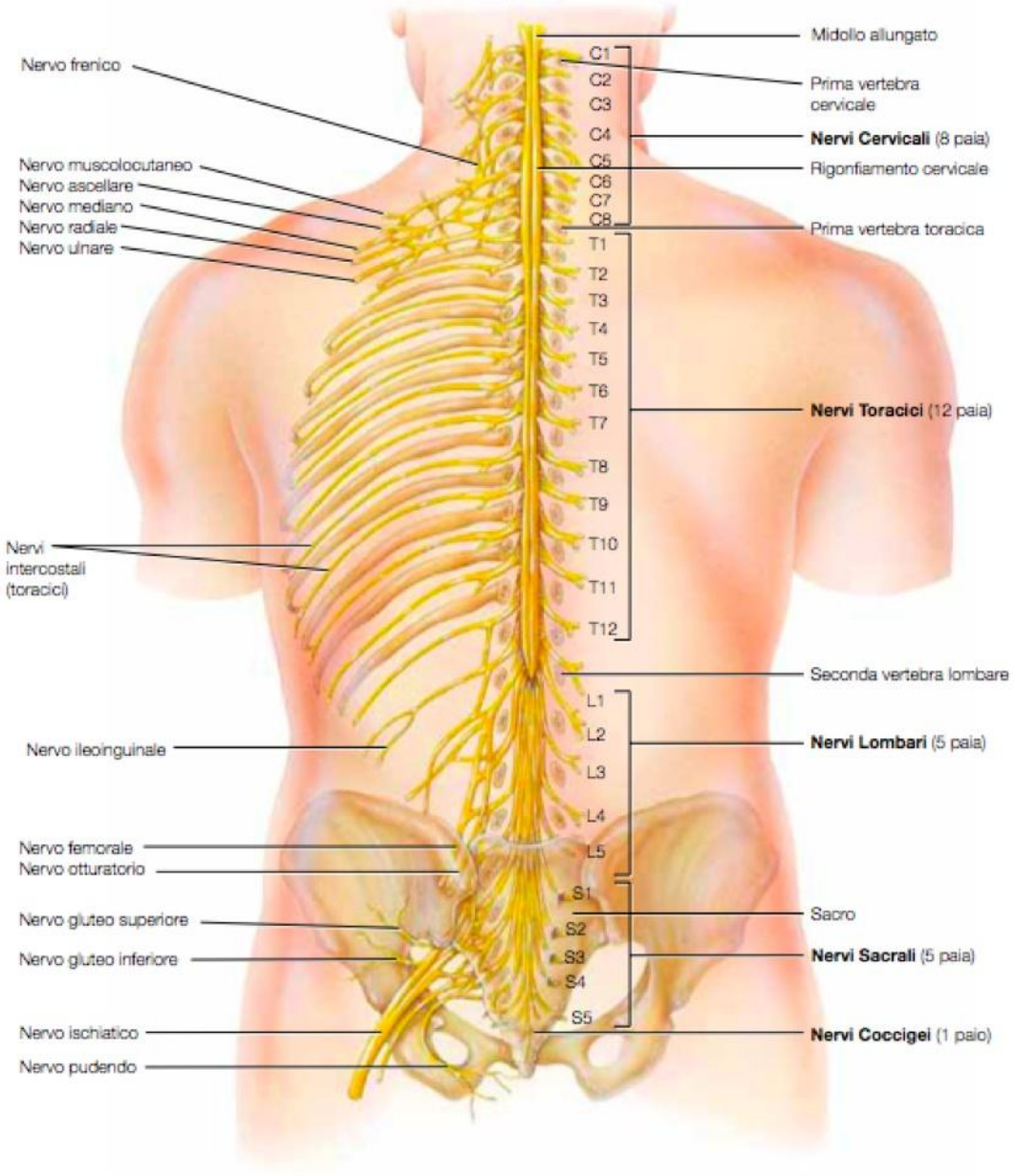
- *dura madre;*
- *aracnoide;*
- *pia madre*.



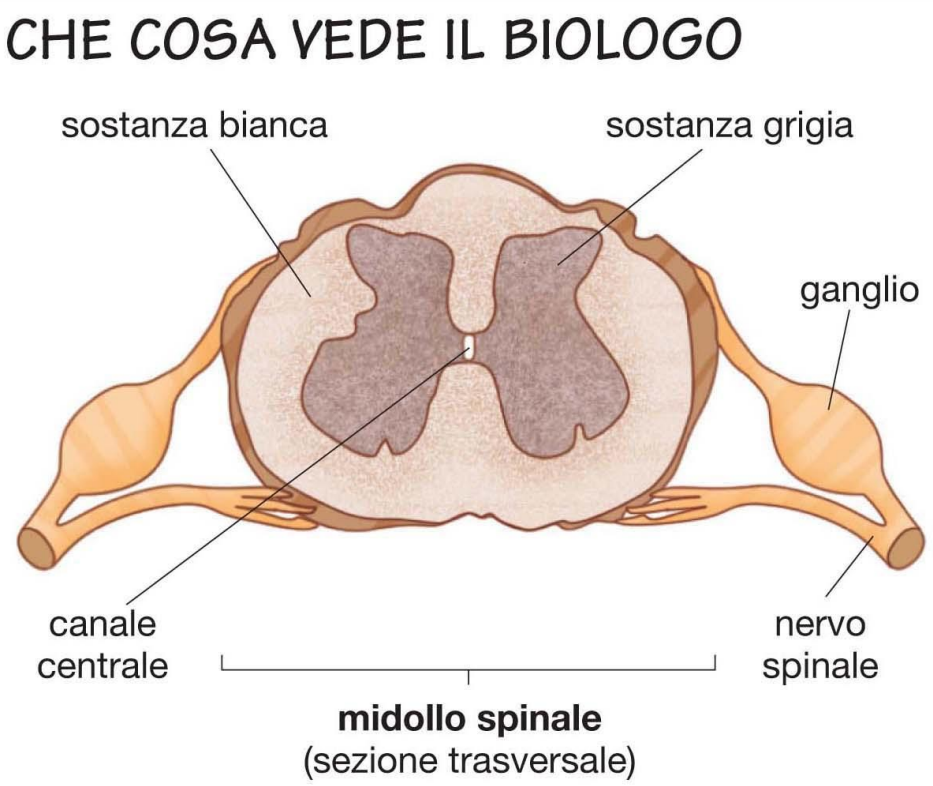
IL MIDOLLO SPINALE E I NERVI

Il **midollo spinale** porta le informazioni dalla periferia all'encefalo attraverso le *vie sensoriali ascendenti* e trasferisce le risposte mediante le *vie motorie discendenti*.

I **nervi spinali** collegano il midollo spinale ai recettori sensoriali, ai muscoli e alle ghiandole.







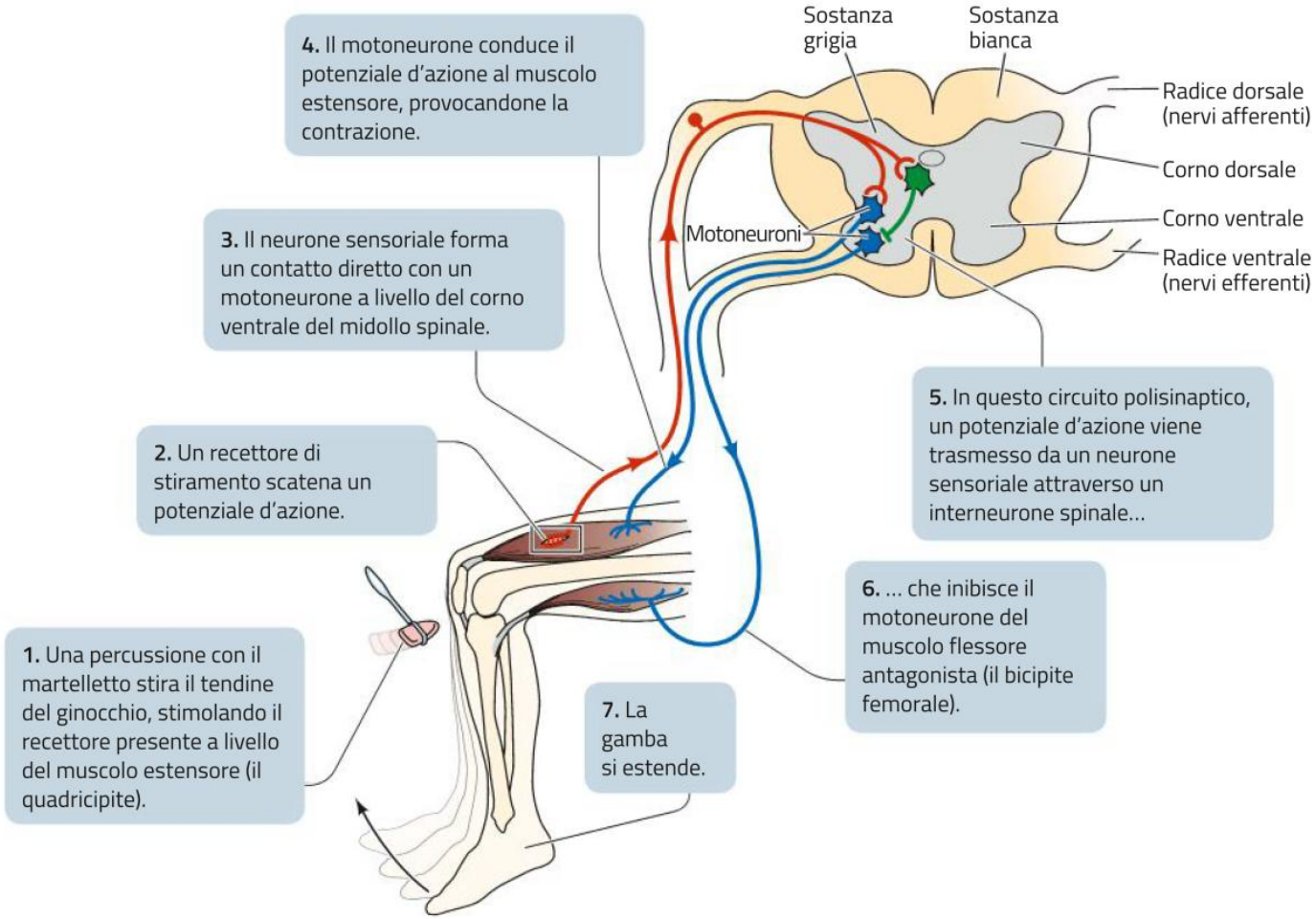
I nervi spinali sono nervi misti:

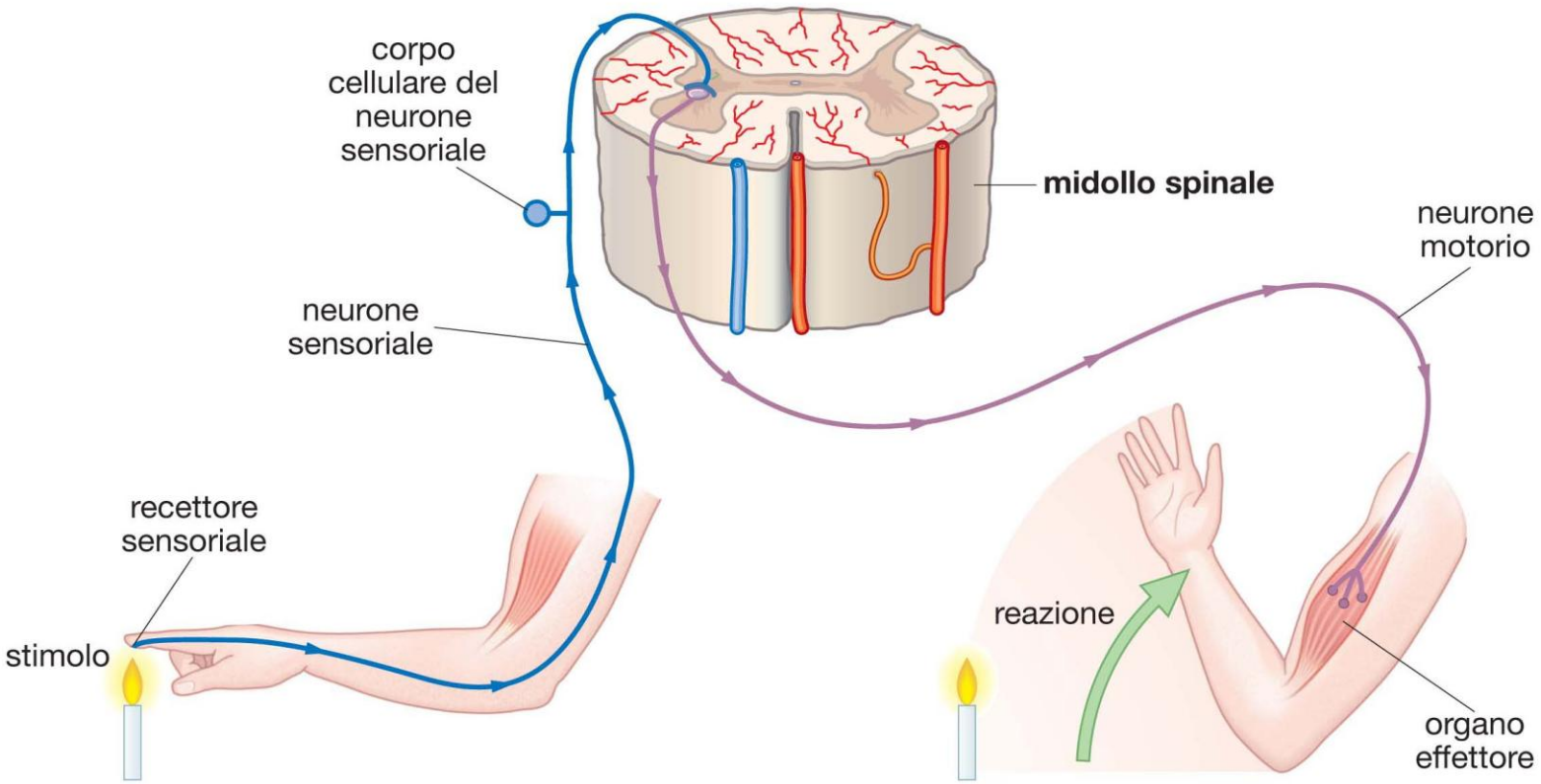
- componente afferente: assoni sensoriali che penetrano nel corno dorsale del midollo e che portano informazioni all'SNC. I corpi cellulari di questi neuroni sono situati nei gangli spinali all'esterno del midollo.

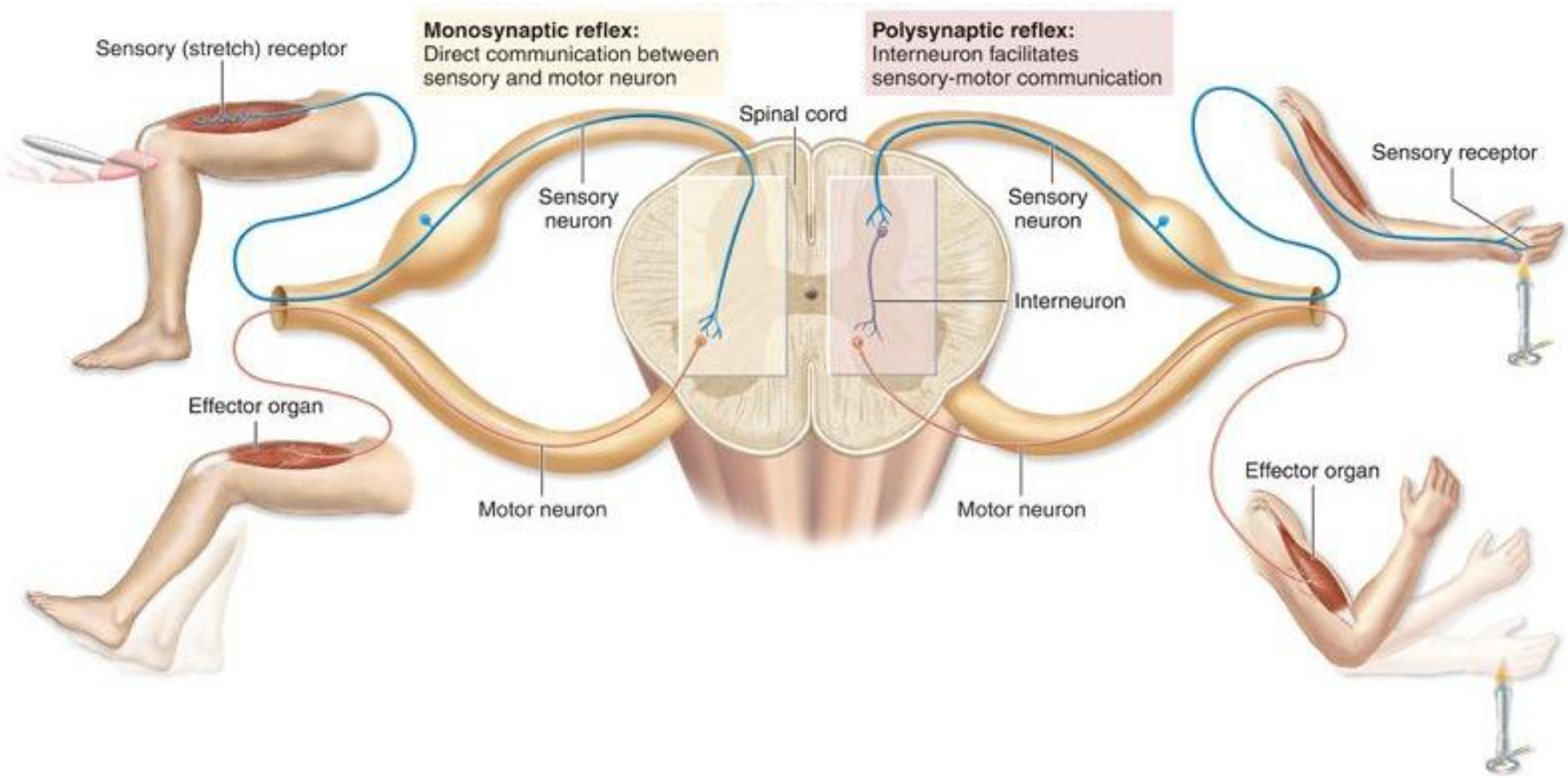
- componente efferente: assoni, i cui corpi cellulari si trovano nel midollo spinale, che portano informazioni dall'SNC a muscoli e ghiandole.

I riflessi spinali

Il midollo spinale può generare risposte involontarie, come nel caso del **riflesso rotuleo** o **patellare**.




corpo cellulare del neurone sensoriale
midollo spinale
neurone motorio
neurone sensoriale
recettore sensoriale
stimolo
reazione
organo effettore


Monosynaptic reflex:
Direct communication between sensory and motor neuron
Polysynaptic reflex:
Interneuron facilitates sensory-motor communication
Sensory (stretch) receptor
Spinal cord
Sensory neuron
Sensory neuron
Sensory receptor
Interneuron
Effector organ
Motor neuron
Motor neuron
Effector organ

IL SISTEMA NERVOSO PERIFERICO (SNP)

Il SNP comprende i nervi e i gangli ed è formato da due componenti funzionalmente diverse:

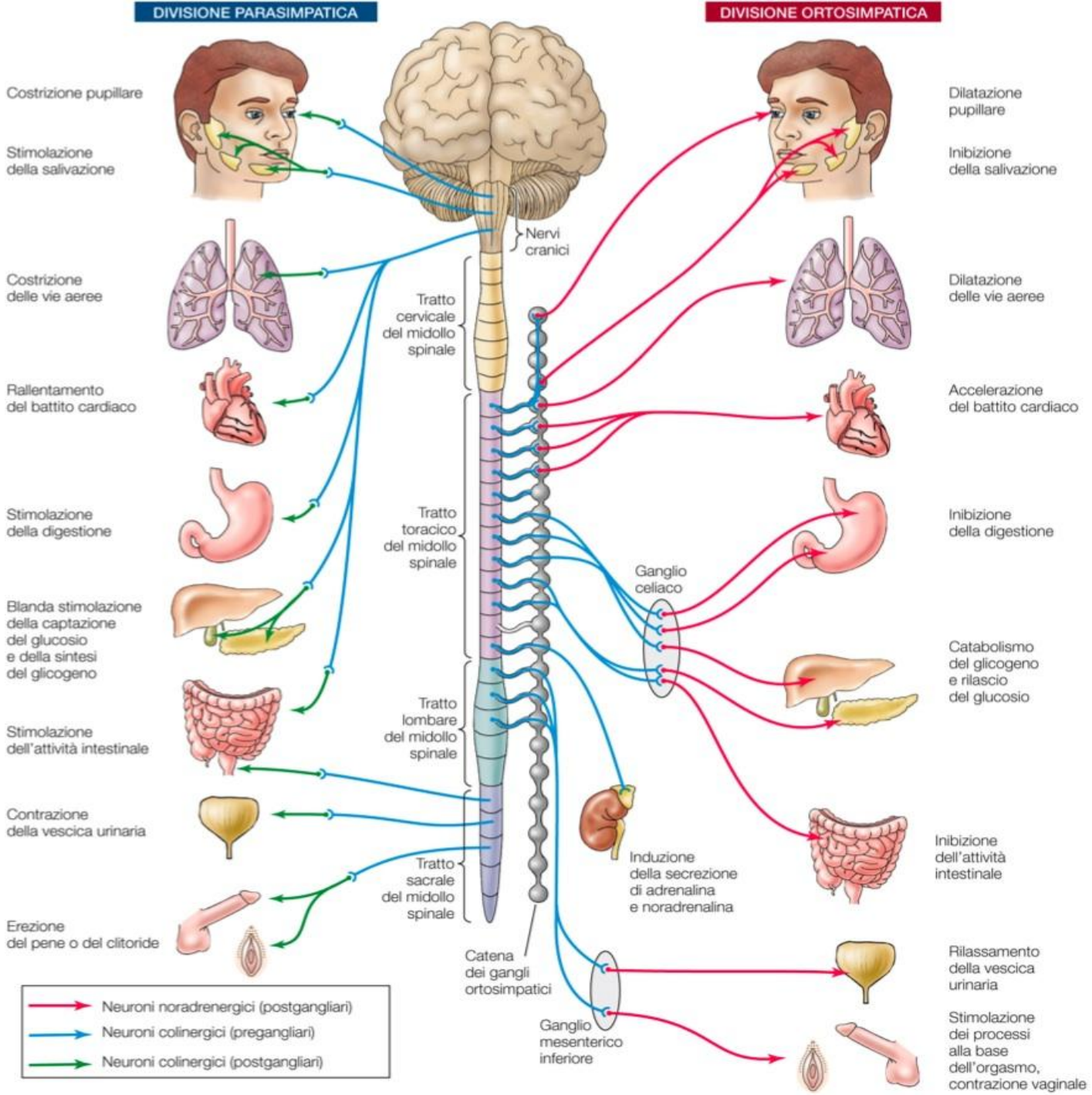
- il **sistema nervoso somatico** costituito da neuroni sensoriali, che trasmettono le informazioni percepite, e da neuroni motori, che producono movimenti volontari;

- il **sistema nervoso autonomo** che controlla le funzioni involontarie, la muscolatura liscia, il cuore, gli apparati digerente, endocrino ed escretore.

IL SISTEMA NERVOSO AUTONOMO (SNA)

Il SNA controlla le azioni involontarie e comprende due gruppi di neuroni che costituiscono la divisione **ortosimpatica** (o simpatica) e quella **parasimpatica**, che hanno azioni contrapposte.

A seconda del tipo di stimolo può entrare in funzione il sistema ortosimpatico - attacco e fuga (NT NA) o quello parasimpatico - digerisci e rilassati (NT Ach).


DIVISIONE PARASIMPATICA
DIVISIONE ORTOSIMPATICA
Costrizione pupillare
Stimolazione della salivazione
Costrizione delle vie aeree
Rallentamento del battito cardiaco
Stimolazione della digestione
Blanda stimolazione della captazione del glucosio e della sintesi del glicogeno
Stimolazione dell'attività intestinale
Contrazione della vescica urinaria
Erezione del pene o del clitoride
Nervi cranici
Tratto cervicale del midollo spinale
Tratto toracico del midollo spinale
Tratto lombare del midollo spinale
Tratto sacrale del midollo spinale
Catena dei gangli ortosimpatici
Ganglio mesenterico inferiore
Ganglio celiaco
Dilatazione pupillare
Inibizione della salivazione
Dilatazione delle vie aeree
Accelerazione del battito cardiaco
Inibizione della digestione
Catabolismo del glicogeno e rilascio del glucosio
Induzione della secrezione di adrenalina e noradrenalina
Inibizione dell'attività intestinale
Rilassamento della vescica urinaria
Stimolazione dei processi alla base dell'orgasmo, contrazione vaginale
Neuroni noradrenergici (postgangliari)
Neuroni colinergici (pregangliari)
Neuroni colinergici (postgangliari)