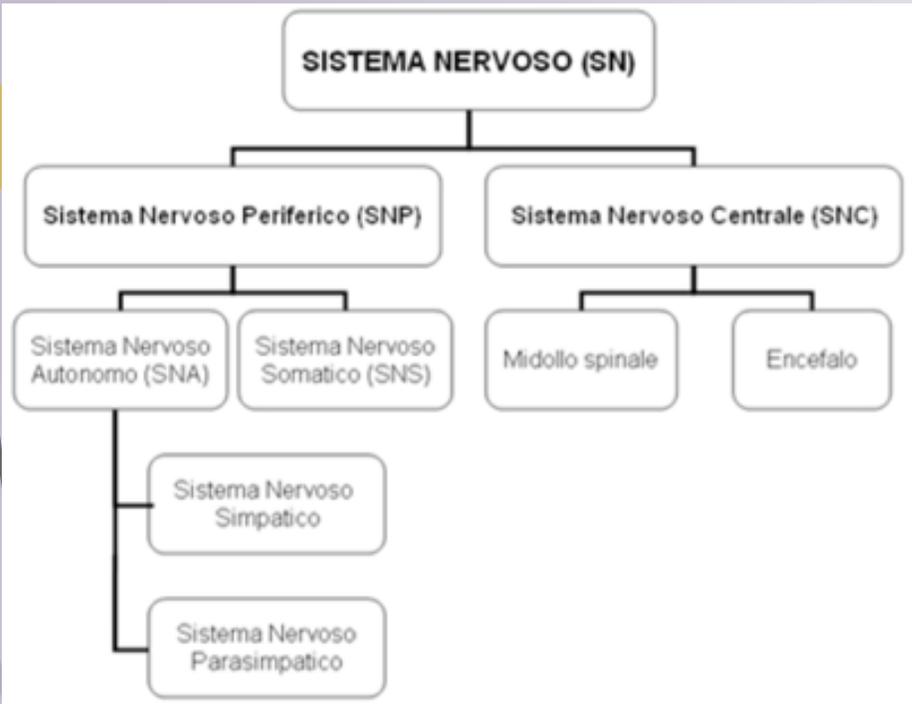




# Il sistema nervoso

a cura di Antonio Incandela

## Il sistema nervoso e la sua organizzazione



Il **sistema nervoso** è composto dagli organi e dalle strutture che consentono la trasmissione di segnali tra le diverse parti del corpo, così da coordinarne le azioni e le funzioni volontarie e involontarie, fisiche e psicologiche.

Esso viene distinto in:

- 1- **sistema nervoso centrale** (SNC), deputato a ricevere informazioni e ad elaborare risposte
- 2- **sistema nervoso periferico** (SNP), deputato a collegare il SNC agli organi di senso e agli effettori

Gli organi che compongono il **sistema nervoso centrale** sono l'encefalo e il midollo spinale, da cui si dipartono nervi che si dirigono in varie parti del corpo.

Il **sistema nervoso periferico** comprende due sezioni:

- Il **sistema nervoso autonomo**, composto a sua volta dal sistema nervoso simpatico, dal sistema nervoso parasimpatico e dal sistema nervoso enterico, che si occupa di far fronte alle funzioni di base dell'organismo
- il **sistema nervoso somatico**, formato da fibre nervose che trasmettono le informazioni relative ai movimenti e ai sensi del sistema nervoso centrale al resto del corpo e viceversa.

# I citotipi del sistema nervoso

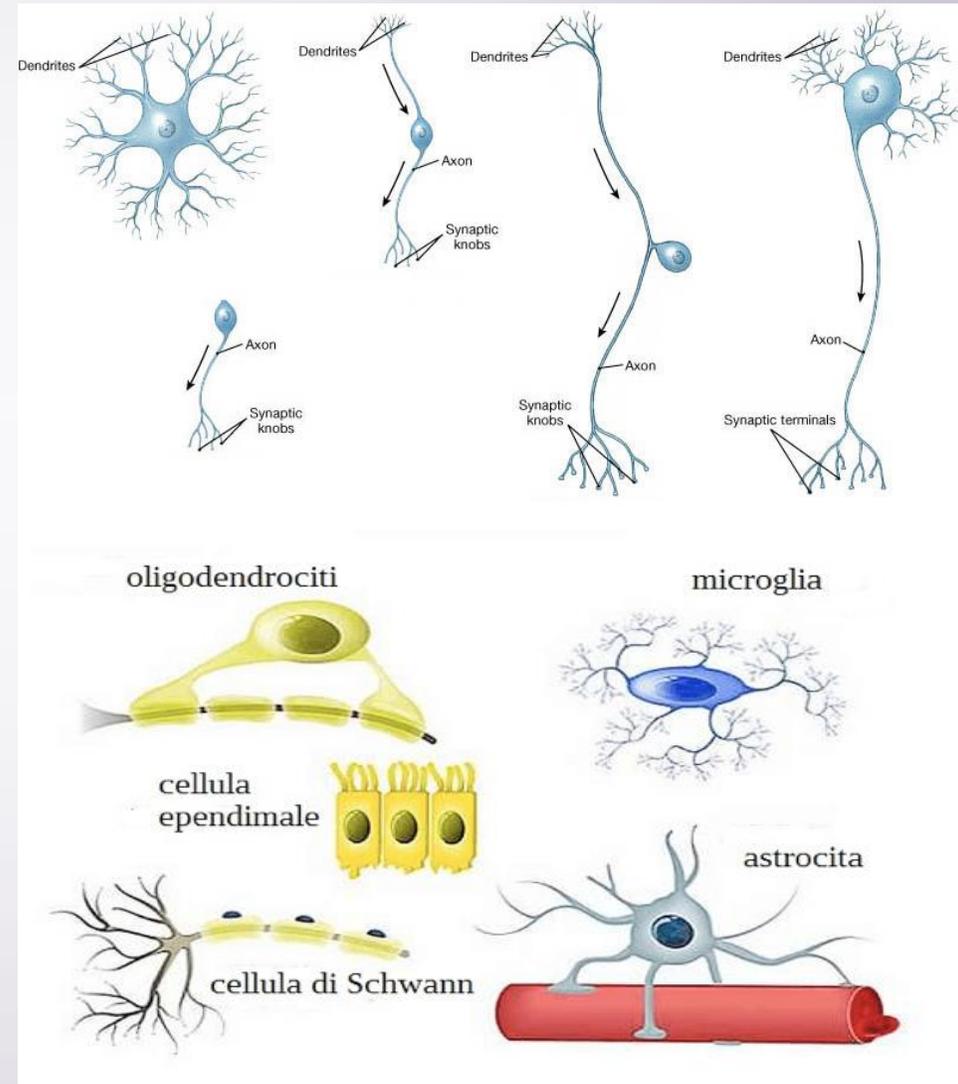
Il sistema nervoso presenta due tipi cellulari:

1. **neuroni**, unità strutturali su cui si basa tutta la rete di trasmissione degli impulsi nervosi

I principali tipi di neuroni sono:

- Neuroni sensoriali
- Interneuroni
- Motoneuroni

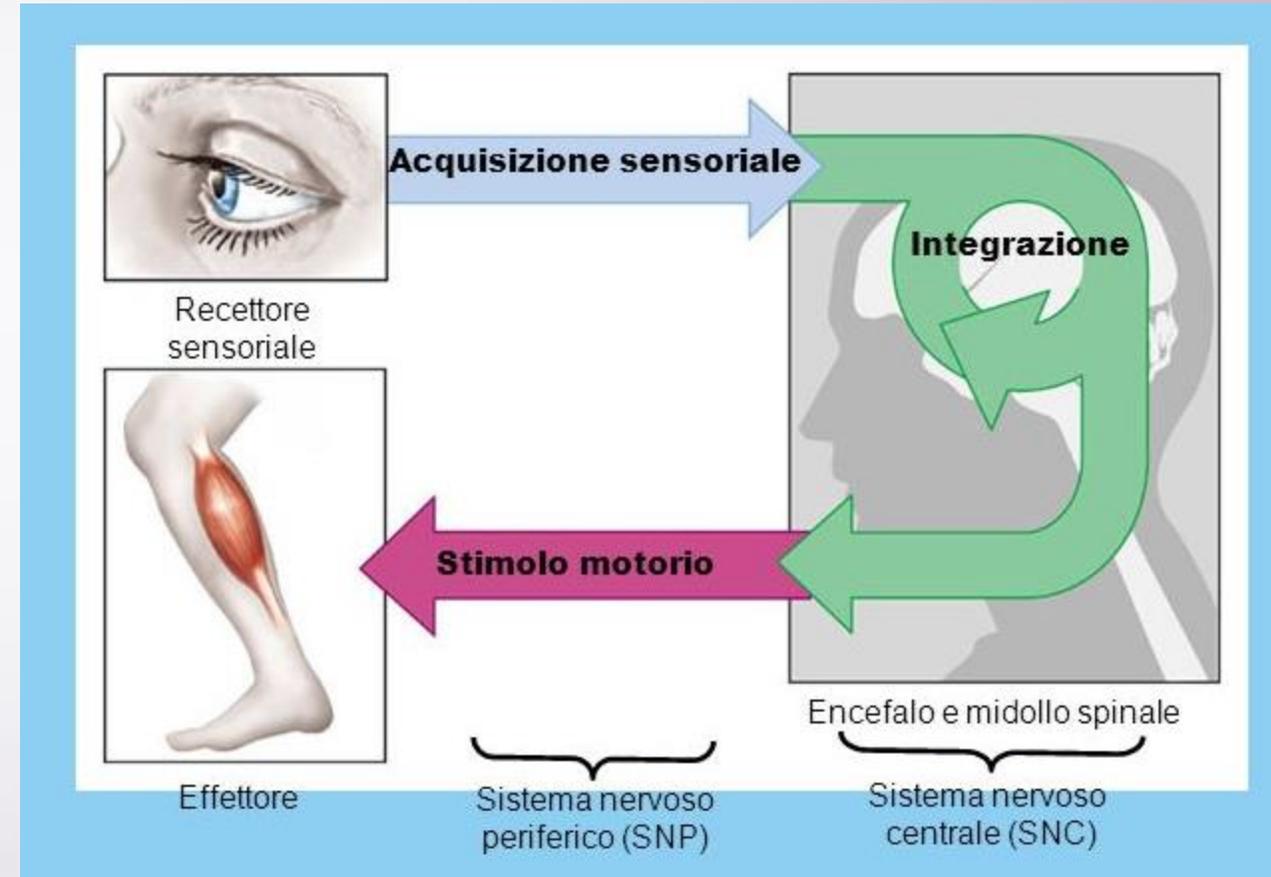
2. **cellule gliali** con la funzione di proteggere, sostenere e nutrire i neuroni e mantenere l'omeostasi del liquido interstiziale in cui sono immersi



## Le funzioni del sistema nervoso

Il sistema nervoso svolge tre funzioni strettamente interconnesse

- ✓ **Funzione sensoriale:** gli stimoli provenienti dall'esterno sono percepiti dai recettori sensoriali e vengono trasmessi, tramite neuroni sensoriali, al sistema nervoso centrale (SNC)
- ✓ **Funzione di integrazione:** elabora ed analizza l'informazione sensoriale per assumere decisioni atte ad una risposta appropriata
- ✓ **Funzione motoria:** dopo la percezione di uno stimolo può suscitare una risposta motoria appropriata, quale una contrazione muscolare o una secrezione ghiandolare



# Il potenziale di riposo e la trasmissione dell'impulso nervoso

Tra la superficie interna e quella esterna della membrana cellulare del neurone esiste una differenza di potenziale elettrico (**potenziale di riposo**, o **potenziale di membrana**): l'interno della cellula è caricato negativamente rispetto all'esterno.

Tale differenza è dovuta a diverse concentrazioni di ioni sodio ( $\text{Na}^+$ ) e potassio ( $\text{K}^+$ ) generate da meccanismi attivi di trasporto degli ioni attraverso la membrana (pompa sodio-potassio) e dalla diversa permeabilità della membrana plasmatica rispetto ai singoli ioni.

Il potenziale di riposo della membrana corrisponde ad una differenza di potenziale di  $-70 \text{ Mv}$

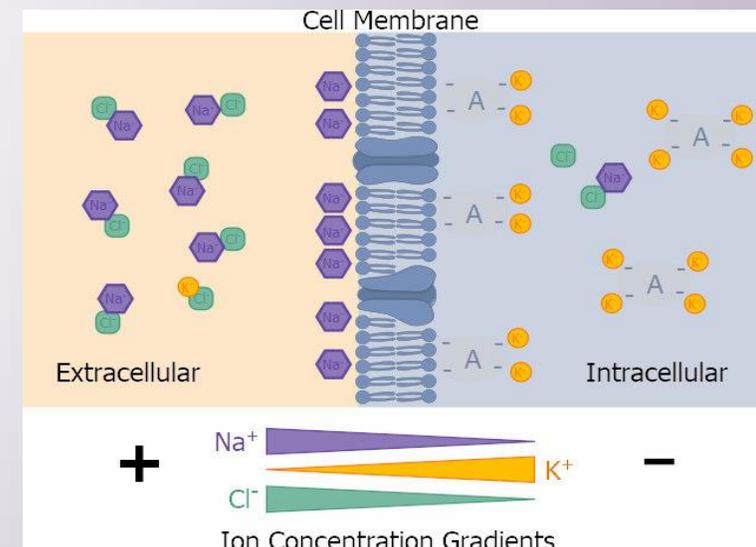
L'impulso nervoso determina una variazione della permeabilità della membrana, che si traduce in ultima analisi in un'inversione improvvisa della carica elettrica della cellula.

Questa variazione elettrica (che, come si è detto, costituisce la "risposta") prende il nome di **potenziale d'azione**.

In condizioni di riposo:

la concentrazione di  $\text{Na}^+$  nel liquido interstiziale è circa 10 volte maggiore che nel citosol

la concentrazione di  $\text{K}^+$  nel citosol è 30 volte maggiore che all'esterno



## Le tre fasi del potenziale di azione

### 1. Fase di depolarizzazione

la membrana si depolarizza fino a  $-55\text{mV}$  ("valore soglia") si ha l'apertura di proteine dette canali del sodio/potassio voltaggio-dipendenti che fanno sì che ioni positivi entrino nella cellula, depolarizzando ulteriormente la membrana fino a valori di  $+35\text{ mV}$ . (picco)

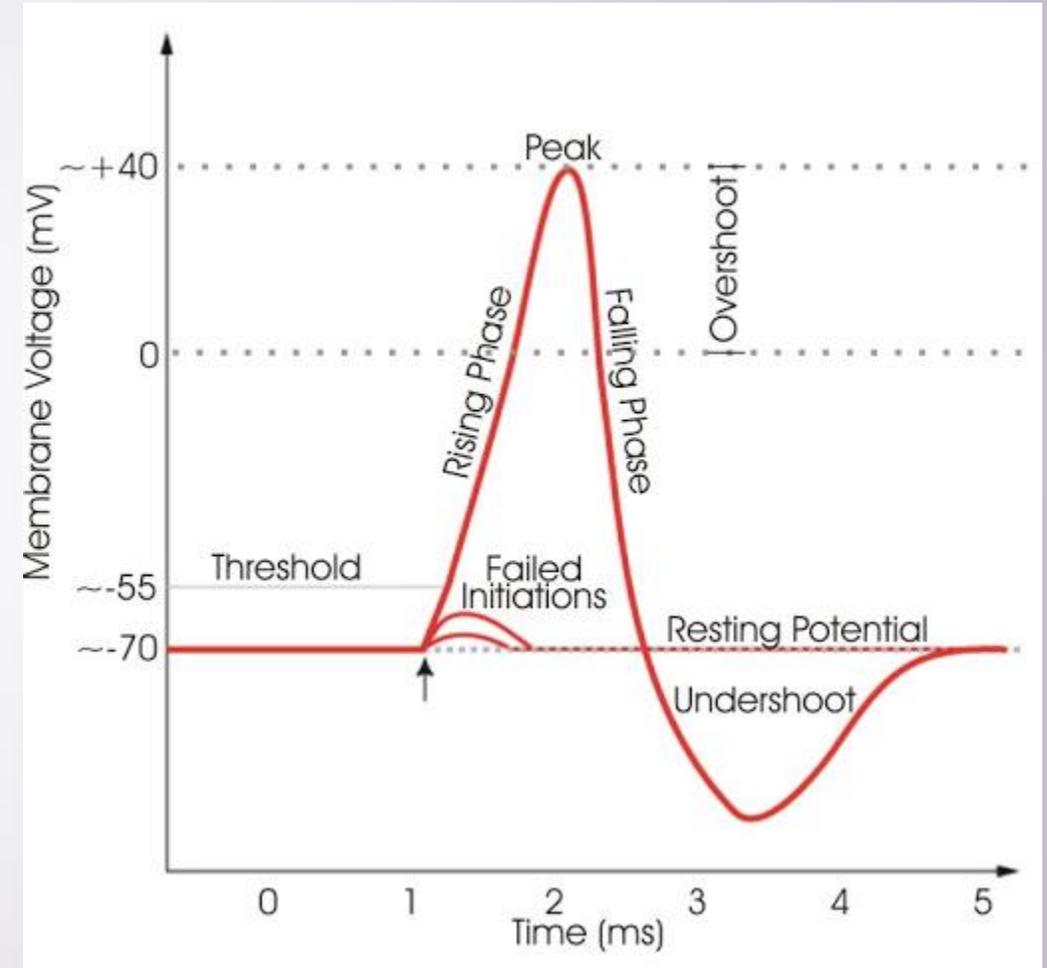
### 2. Fase post-iperpolarizzante

Si aprono i canali per il  $\text{K}^+$  e gli ioni fuoriescono dall'assone; il potenziale elettrico si abbassa (fino a  $-80\text{ mV}$ )

### 3. Fase di ripolarizzazione

Si chiudono i canali  $\text{K}^+$ , grazie alla pompa ATPasi sodio-potassio il potenziale di riposo è ripristinato: ogni 3 ioni  $\text{Na}^+$  che escono entrano 2 ioni  $\text{K}^+$

Il potenziale d'azione dura, nella trasmissione neuronale, circa 2 millisecondi



# L'impulso nervoso

L'impulso nervoso consiste nel propagarsi del potenziale d'azione lungo la membrana senza diminuire d'intensità e autopropagandosi: ioni carichi positivamente passano all'area adiacente allo stimolo

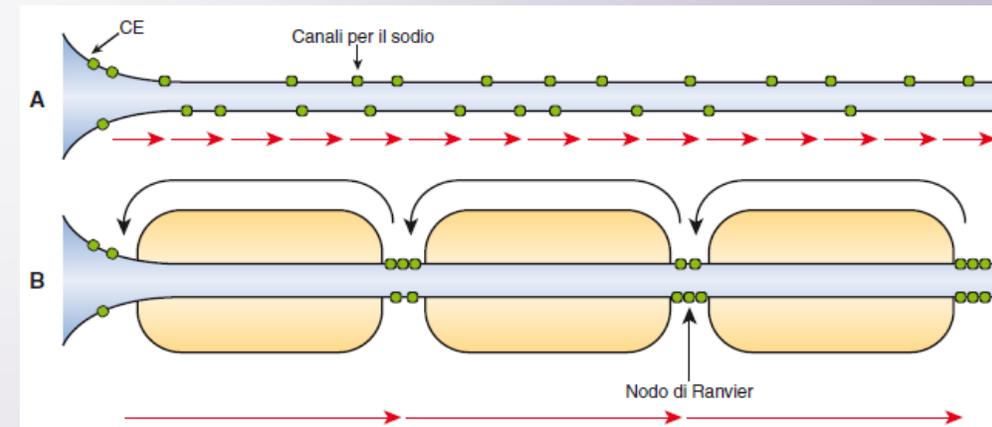
Esso risulta unidirezionale, ovvero il sito immediatamente precedente al passaggio del potenziale ha un periodo refrattario di iperpolarizzazione e i canali del sodio non possono aprirsi

La sua velocità di propagazione dipende da:

1. **diametro dell'assone** (più veloce negli assoni con diametro maggiore)
2. **presenza della guaina mielinica** (più veloce quando è presente)
3. **vasocostrizione** (il freddo e la pressione sul nervo rallentano la propagazione, per minore afflusso di sangue)

- ❖ Negli **assoni non mielinizzati** la propagazione è continua con velocità di circa 2 m/sec. Ciascun segmento adiacente di membrana si depolarizza fino al valore di soglia e genera un potenziale d'azione che depolarizza il tratto successivo
- ❖ Negli **assoni mielinizzati** la propagazione è saltatoria con velocità fino a 100m/sec. I canali per il Na<sup>+</sup> e per il K<sup>+</sup> a voltaggio dipendente si trovano nei nodi di Ranvier. Quando l'impulso nervoso si propaga lungo l'assone mielinizzato, la corrente salta la regione mielinica e va a depolarizzare il nodo successivo.

Ogni nodo si depolarizza e si ripolarizza nello stesso intervallo di tempo



## La trasmissione sinaptica

La trasmissione sinaptica rappresenta la serie di eventi che permettono la trasmissione dell'impulso nervoso da un neurone ad un'altra cellula eccitabile.

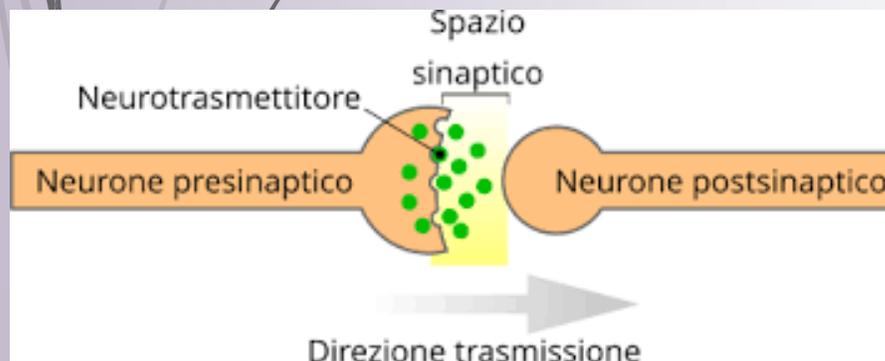
- il neurone che manda il segnale è detto **neurone presinaptico**
- quello che lo riceve è detto **neurone postsinaptico**

Il trasferimento delle informazioni avviene in un'unica direzione, da un neurone presinaptico ad un neurone postsinaptico o verso un effettore

- nella **giunzione neuromuscolare** la trasmissione sinaptica procede da un motoneurone somatico ad una fibra muscolare scheletrica

Si ha un **effetto eccitatorio** quando il neurone postsinaptico si depolarizza: se si raggiunge il valore di soglia si generano uno o più impulsi nervosi

Si ha un **effetto inibitorio** quando si verifica iperpolarizzazione sul neurone postsinaptico.

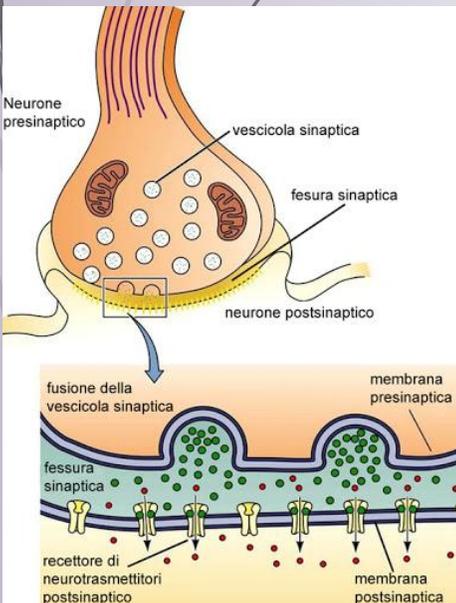
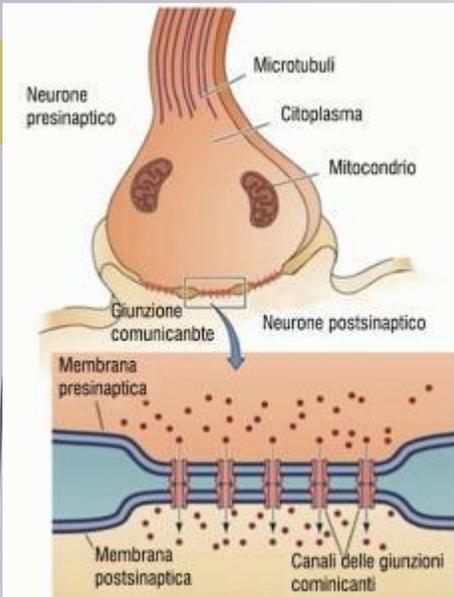


# Le sinapsi

Le sinapsi sono giunzioni specializzate che permettono la comunicazione tra neuroni o tra un neurone e un organo effetore.

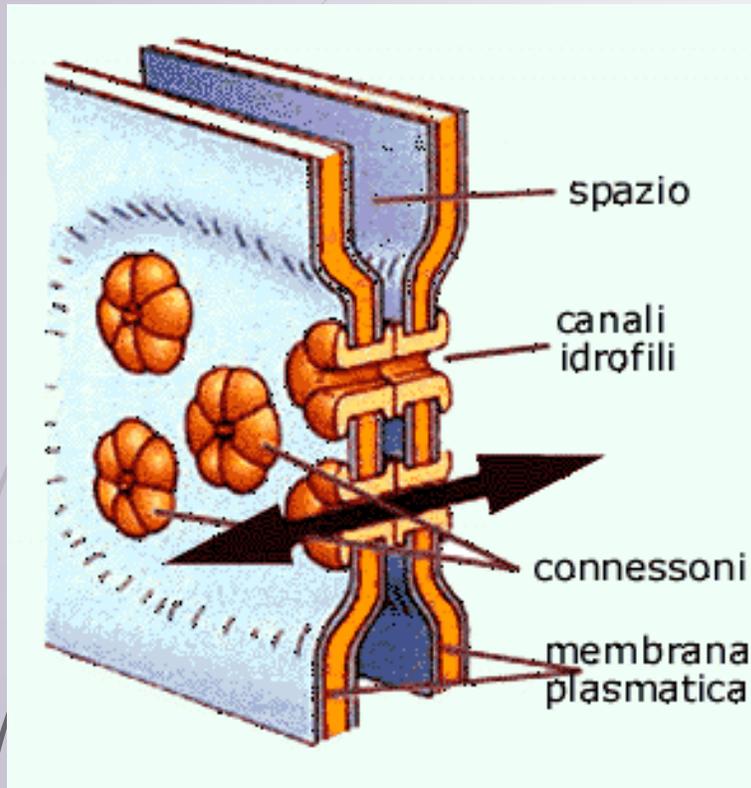
Esistono due tipi di sinapsi :

A. **sinapsi elettriche** - giunzioni attraverso le quali il potenziale si trasmette senza interruzioni da un neurone all'altro o da un neurone a un organo effetore (p.e. nel cuore e nel canale digerente)



B. **sinapsi chimiche** - giunzioni in cui i due neuroni non sono direttamente in contatto, ma presentano uno spazio che separa la cellula presinaptica da quella postsinaptica. Il messaggio viene trasmesso attraverso dei neurotrasmettitori

## Le sinapsi elettriche



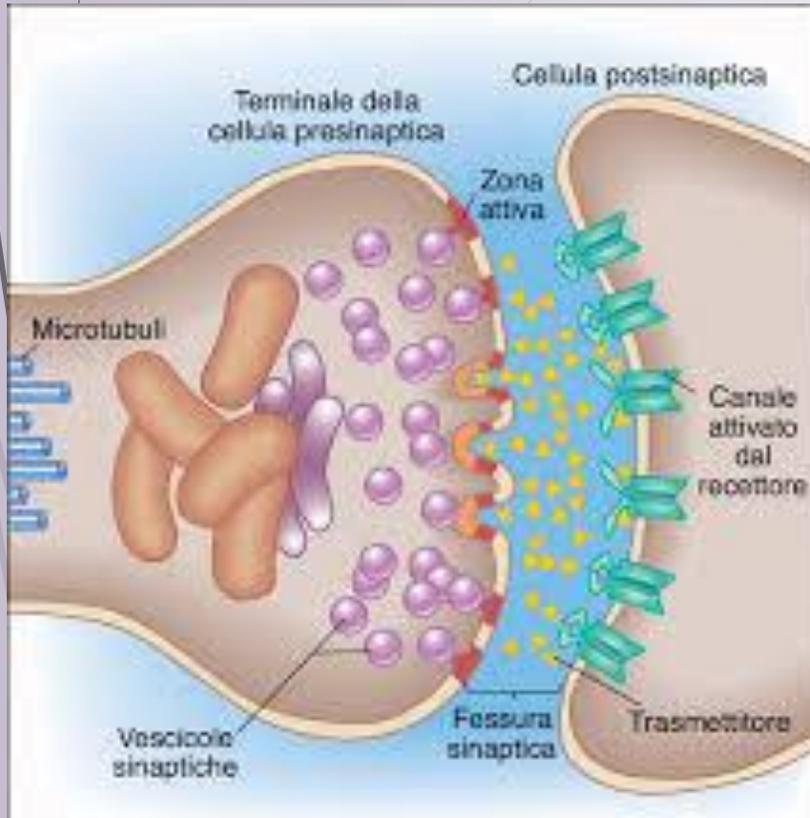
Nelle **sinapsi elettriche**, i neuroni sono connessi direttamente senza necessità di un messaggero chimico e ciò è reso possibile perché queste sinapsi hanno numerose giunzioni serrate che avvicinano la membrana presinaptica a quella postsinaptica costituite da **connessoni**, canali proteici formati da 6 subunità di **connessina**

Tali sinapsi sono molto rapide e l'impulso può procedere in entrambi le direzioni

Le sinapsi elettriche possono essere solo eccitatorie

## Le sinapsi chimiche

Nelle **sinapsi chimiche**, il terminale presinaptico contiene neurotrasmettitori incapsulati in piccole sfere chiamate **vescicole sinaptiche** ed include la membrana presinaptica dotata di canali per lo ione  $Ca^{2+}$ .



L'impulso nervoso arriva al bottone sinaptico dell'assone presinaptico e la conseguente depolarizzazione apre i canali del  $Ca^{2+}$  a dipendenza di voltaggio presenti sulla membrana dei bottoni sinaptici.

Gli ioni  $Ca^{2+}$  penetrano nei bottoni sinaptici attraverso i canali aperti e l'aumento della loro concentrazione all'interno del bottone sinaptico stimola l'esocitosi di alcune delle vescicole sinaptiche che rilasciano nello spazio sinaptico le molecole di neurotrasmettitori.

I neurotrasmettitori diffondono in tutto lo spazio sinaptico e si legano ai recettori presenti sulla membrana plasmatica del neurone postsinaptico

Il legame neurotrasmettitore-recettore apre canali ionici che permettono il passaggio attraverso la membrana di determinati ioni, facendo cambiare il voltaggio della membrana.

Tale cambiamento può essere depolarizzante o iperpolarizzante, dipendendo dal tipo di ioni ammessi dai canali

Se si verifica la depolarizzazione nel neurone postsinaptico e se viene raggiunto il valore di soglia, si innesca l'impulso nervoso.

I neurotrasmettitori sono sostanze che veicolano le informazioni attraverso la sinapsi, mantenendo l'effetto finché rimangono legati ai loro recettori.

La loro rimozione è fondamentale per un corretto funzionamento della sinapsi:

- alcuni diffondono fuori della fessura sinaptica, perdendo il loro effetto
- alcuni vengono distrutti ad opera di enzimi
- altri vengono riassunti attivamente dal neurone stesso o dalla neuroglia vicina

• In base alla loro natura chimica possono essere suddivisi in 4 tipi:

1. **Amminoacidi** – **glicina** (con effetto inibitorio sul SNC), **acido glutammico** e **acido aspartico** (con effetto eccitatorio sul SNC)
2. **Ammine biogene** – **serotonina** (coinvolta nella percezione sensoriale, nella regolazione della temperatura, nel controllo dell'umore, dell'appetito), **dopamina** (attiva nelle risposte emotive), **adrenalina** e **noradrenalina** (coinvolte in condizione di forte stress) e **acetilcolina** (azione eccitatoria nelle giunzioni neuromuscolari e azione inibitoria nei neuroni parasimpatici che rallentano il ritmo cardiaco)
3. **Neuropeptidi** - **encefaline**, **endorfine**, **neurotensina** (prodotti anche da speciali cellule presenti in organi come intestino, cuore e pancreas, intervengono in situazioni di piacere o di forte dolore)
4. **Neurotrasmettitori gassosi** - **ossido nitrico** (agisce rapidamente partecipando ai processi di apprendimento e memoria)

Medicinali, droghe e tossine o sostanze prodotte naturalmente possono modificare gli effetti dei neurotrasmettitori

La cocaina, ad esempio, produce euforia inibendo la riassunzione della dopamina; tale azione permette alla dopamina di restare più a lungo negli spazi sinaptici, producendo una stimolazione intensa, prolungata ed eccessiva di alcune regioni cerebrali con danni irreversibili