



# SINAPSI

**FGE AA.2015-16**



## Conduzione dei potenziali di membrana

Il potenziale di membrana si può propagare in due modi :

- + Sotto forma di potenziale locale  
conduzione con decremento
- + Sotto forma di potenziale d'azione  
conduzione senza decremento

## Trasmissione sinaptica

Il termine sinapsi indica la connessione tra due neuroni, tra un neurone e una fibra muscolare (placca neuromuscolare) o tra un neurone e una cellula endocrina.

La sinapsi consiste di tre parti principali:

- + La membrana presinaptica  
la membrana terminale dell'assone presinaptico
- + La fessura sinaptica  
spazio che separa le due cellule
- + La membrana postsinaptica  
la membrana cellulare della cellula postsinaptica

## Trasmissione sinaptica

Il termine sinapsi indica la connessione tra due neuroni, tra un neurone e una fibra muscolare (placca neuromuscolare) o tra un neurone e una cellula endocrina.

Esistono due tipi di sinapsi:

- Le sinapsi elettriche
- Le sinapsi chimiche

## Sinapsi chimiche

Nella sinapsi chimica il passaggio dell'informazione consiste nell'utilizzo di molecole, dette neurotrasmettitori.

## Sinapsi chimiche

Nella sinapsi chimica il passaggio dell'informazione consiste nell'utilizzo di molecole, dette neurotrasmettitori.

La sinapsi consiste di tre parti principali:

- + La membrana presinaptica  
la membrana terminale dell'assone presinaptico

## Sinapsi chimiche

Nella sinapsi chimica il passaggio dell'informazione consiste nell'utilizzo di molecole, dette neurotrasmettitori.

La sinapsi consiste di tre parti principali:

- + La membrana presinaptica  
la membrana terminale dell'assone presinaptico
- + La fessura sinaptica  
spazio che separa i due neuroni (circa 16-30 nm)

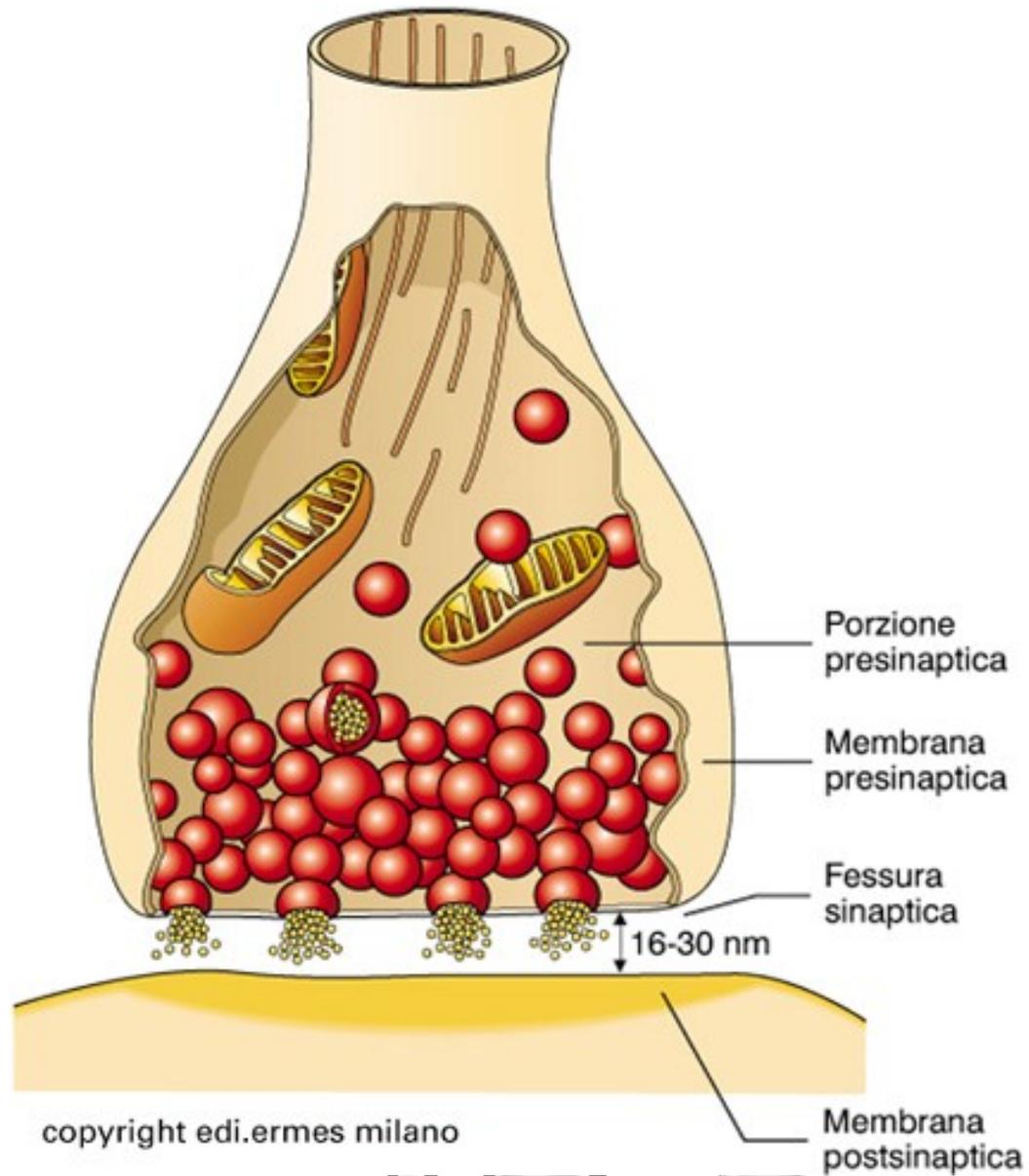
## Sinapsi chimiche

Nella sinapsi chimica il passaggio dell'informazione consiste nell'utilizzo di molecole, dette neurotrasmettitori.

La sinapsi consiste di tre parti principali:

- + La membrana presinaptica  
la membrana terminale dell'assone presinaptico
- + La fessura sinaptica  
spazio che separa i due neuroni (circa 16-30 nm)
- + La membrana postsinaptica  
la membrana cellulare dell'assone postsinaptico

# Sinapsi chimiche



## Meccanismo di azione nelle sinapsi chimiche

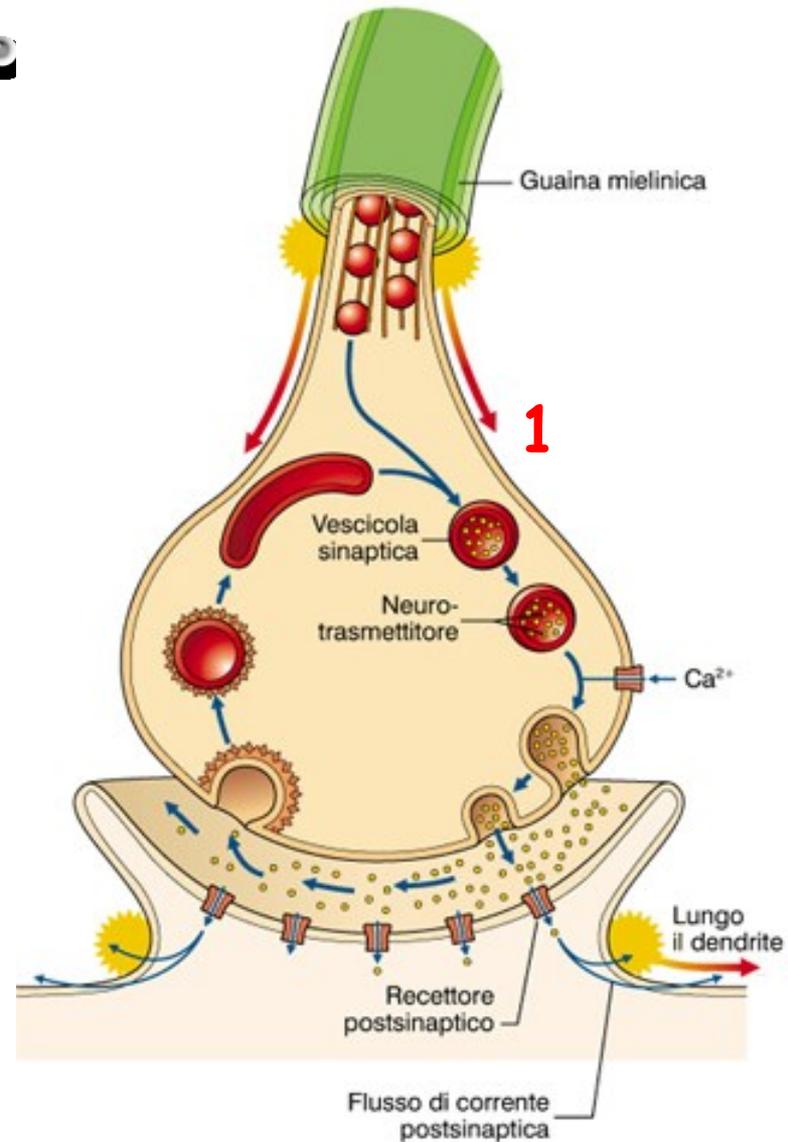
- sintesi di un neurotrasmettitore
- accumulo e rilascio di un neurotrasmettitore
- interazione di un neurotrasmettitore col recettore
- rimozione del neurotrasmettitore dallo spazio sinaptico (diffusione - degradazione enzimatica - ricaptazione)

Ritardo sinaptico: il tempo che intercorre tra l'insorgenza del potenziale d'azione e l'accoppiamento neurotrasmettitore-recettore .

Varia tra 0.5 e 5 msec.

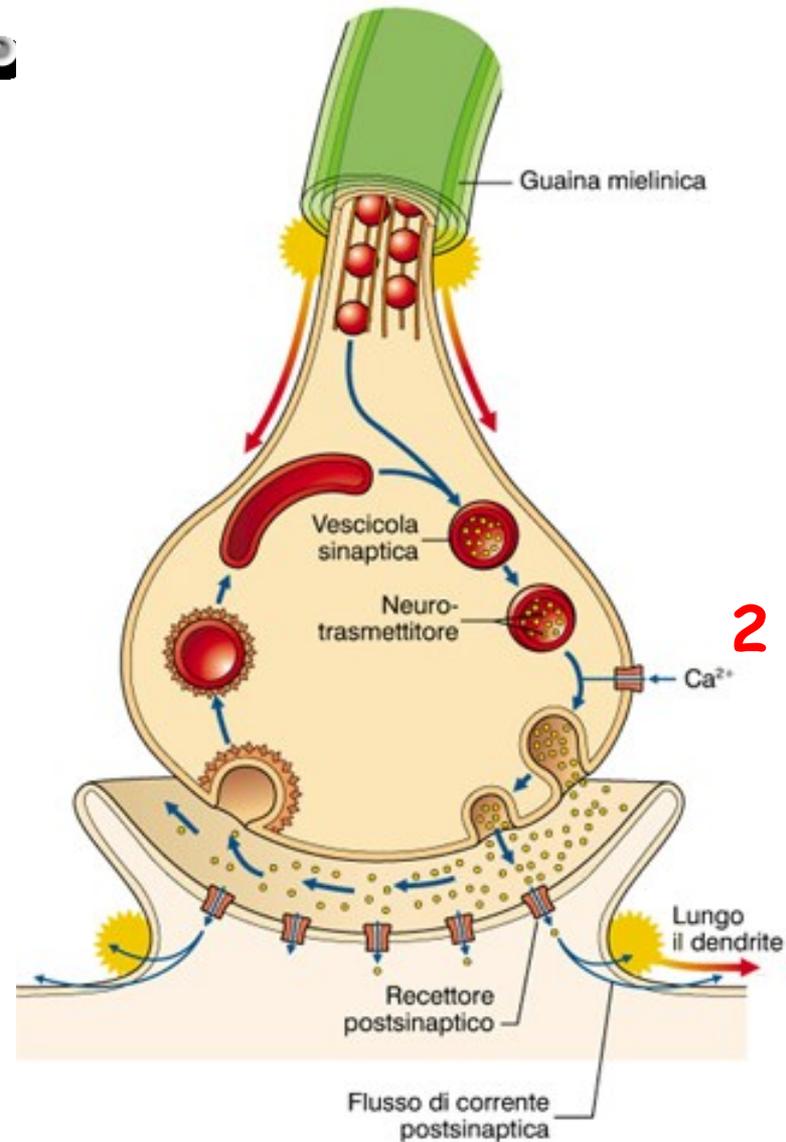
# Meccanismo di azione nella membrana presinaptica

## 1. Arrivo del potenziale d'azione



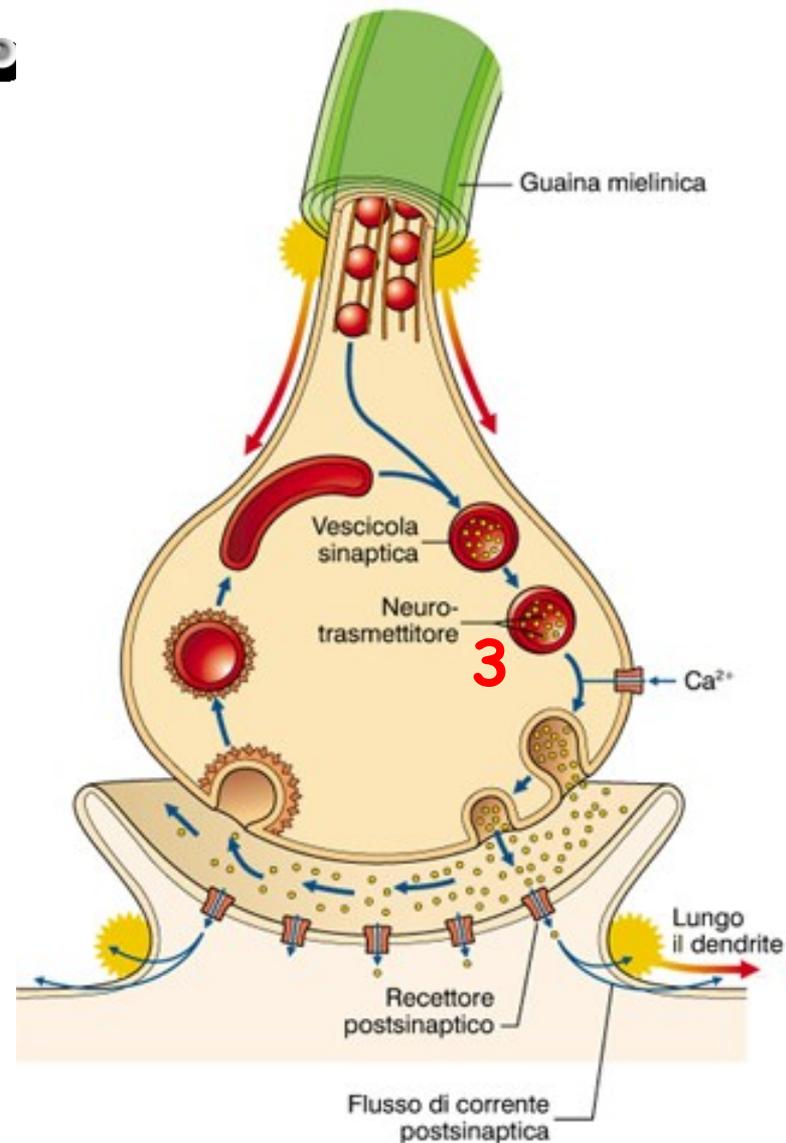
# Meccanismo di azione nella membrana presinaptica

1. Arrivo del potenziale d'azione
2. Si aprono i canali voltaggio-dipendenti per il  $\text{Ca}^{2+}$  (circa -40 mV) che causano



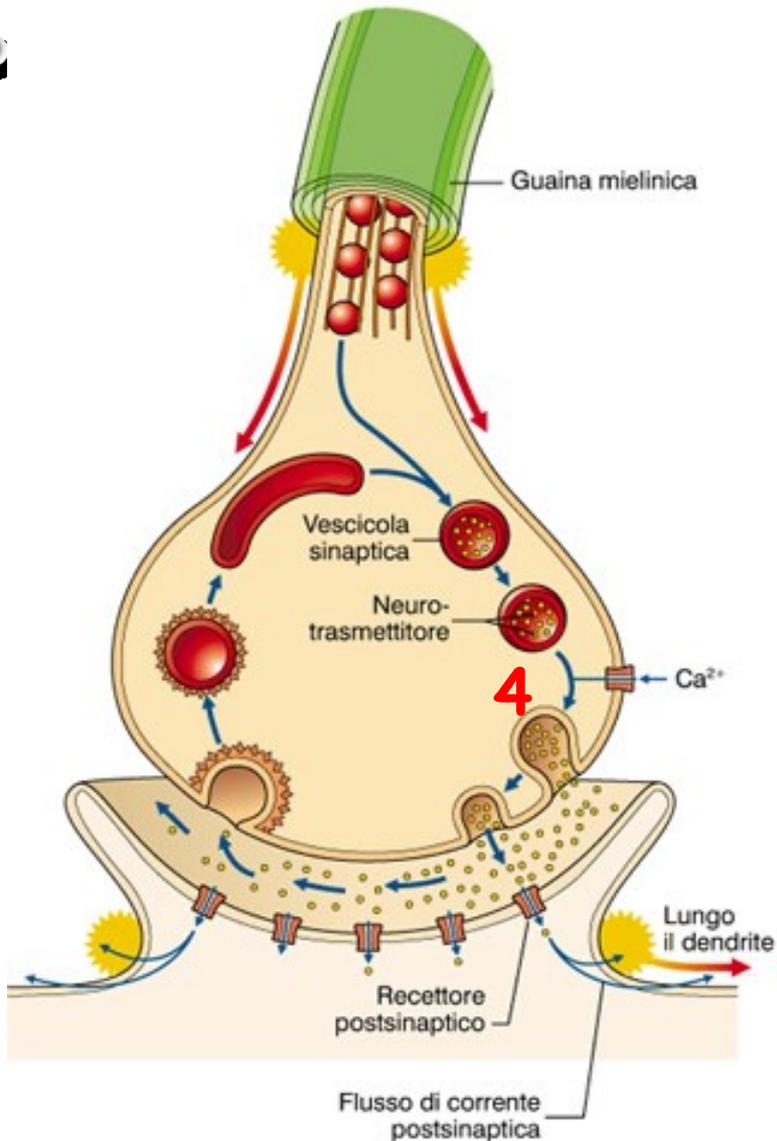
# Meccanismo di azione nella membrana presinaptica

1. Arrivo del potenziale d'azione
2. Si aprono i canali voltaggio-dipendenti per il  $\text{Ca}^{2+}$  (circa -40 mV) che causano
3. la fusione delle membrane vescicolari con la membrana presinaptica



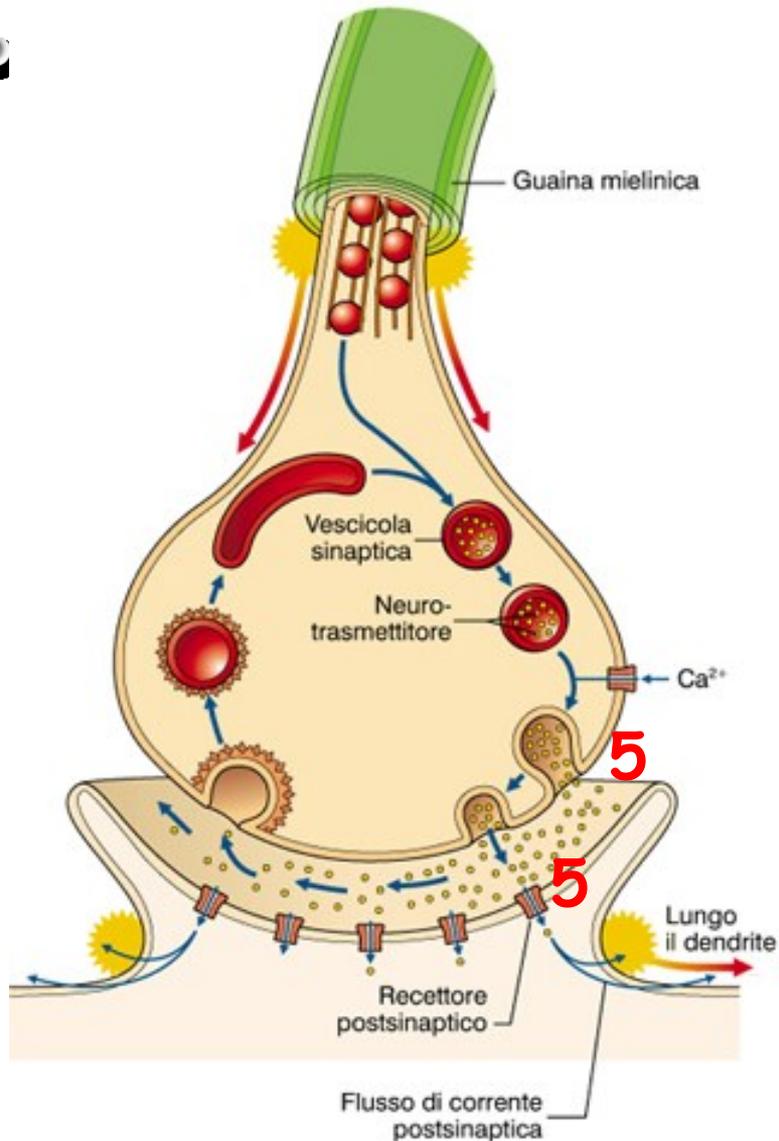
# Meccanismo di azione nella membrana presinaptica

1. Arrivo del potenziale d'azione
2. Si aprono i canali voltaggio-dipendenti per il  $\text{Ca}^{2+}$  (circa -40 mV) che causano
3. la fusione delle membrane vescicolari con la membrana presinaptica
4. Esocitosi delle vescicole contenenti i neurotrasmettitori nella fessura sinaptica

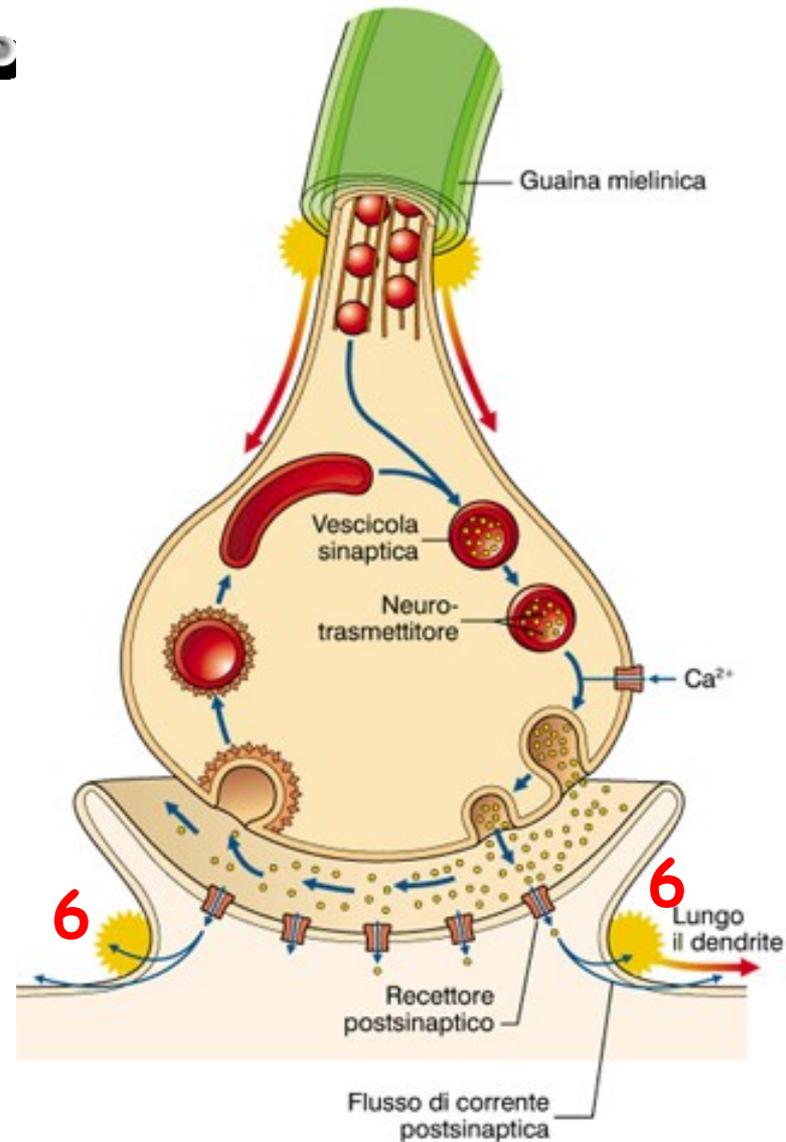


## Meccanismo di azione nella membrana presinaptica

1. Arrivo del potenziale d'azione
2. Si aprono i canali voltaggio-dipendenti per il  $\text{Ca}^{2+}$  (circa -40 mV) che causano
3. la fusione delle membrane vescicolari con la membrana presinaptica
4. Esocitosi delle vescicole contenenti i neurotrasmettitori nella fessura sinaptica
5. I neurotrasmettitori diffondono fino a incontrare i recettori posti sulla membrana postsinaptica



## Meccanismo di azione nella membrana presinaptica



copyright edi.ermes milano

1. Arrivo del potenziale d'azione
2. Si aprono i canali voltaggio-dipendenti per il  $Ca^{2+}$  (circa -40 mV) che causano
3. la fusione delle membrane vescicolari con la membrana presinaptica
4. Esocitosi delle vescicole contenenti i neurotrasmettitori nella fessura sinaptica
5. I neurotrasmettitori diffondono fino a incontrare i recettori posti sulla membrana postsinaptica
6. Il neurotrasmettitore provoca, nella membrana postsinaptica, variazioni della conduttanza di uno o più ioni

## Sinapsi elettriche

Nella sinapsi elettrica il passaggio dell'informazione consiste nel trasferimento della corrente elettrica per mezzo di ioni che attraversano le membrane di due cellule contigue.

Gli ioni passano attraverso canali specializzati non selettivi, le *gap junction*.

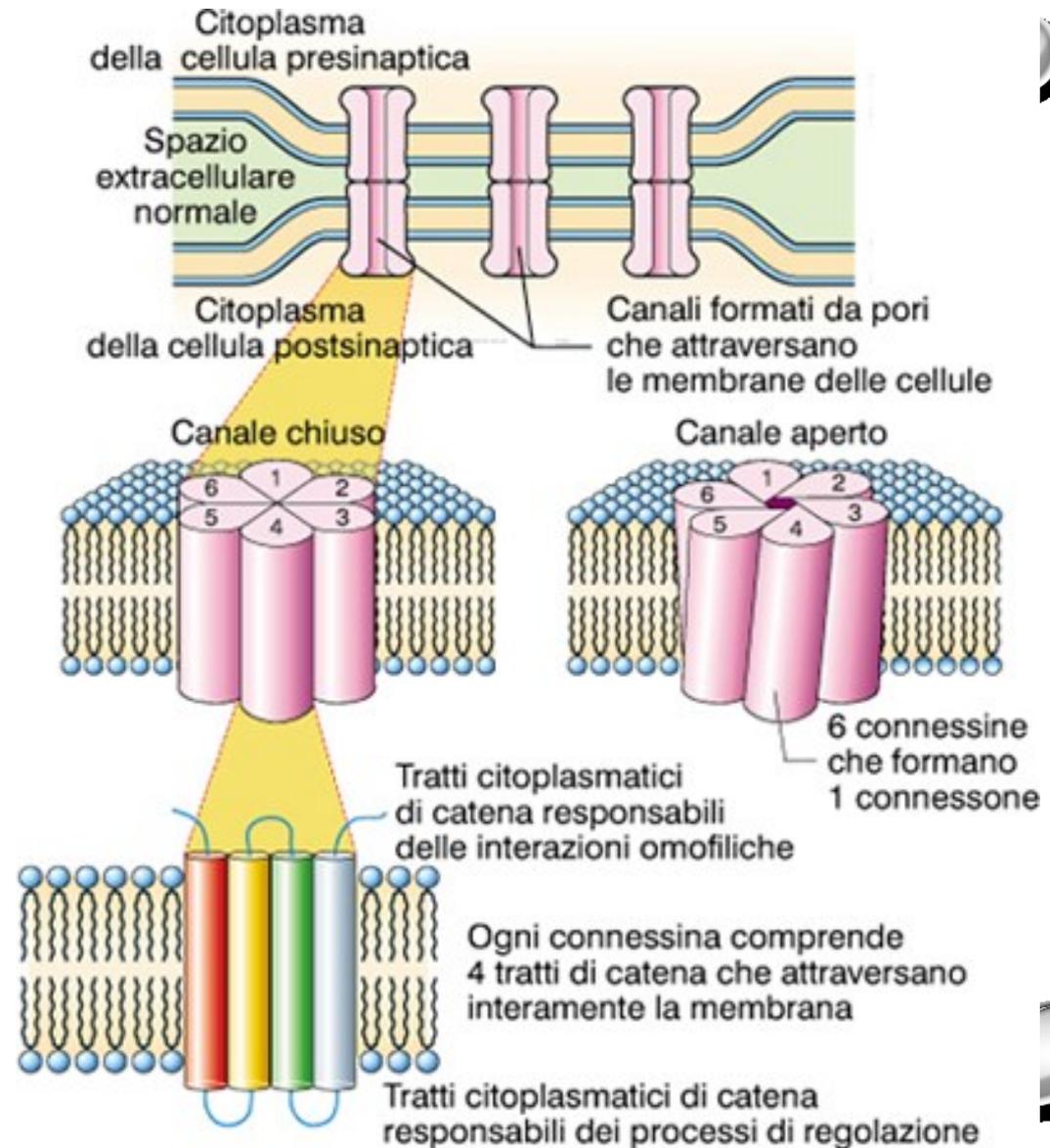
Questo tipo di trasmissione è detto *elettrotonico* e avviene senza ritardo sinaptico.

## Sinapsi elettriche

Nella sinapsi elettrica il passaggio dell'informazione consiste nel trasferimento della corrente elettrica per mezzo di ioni che attraversano le membrane di due cellule contigue.

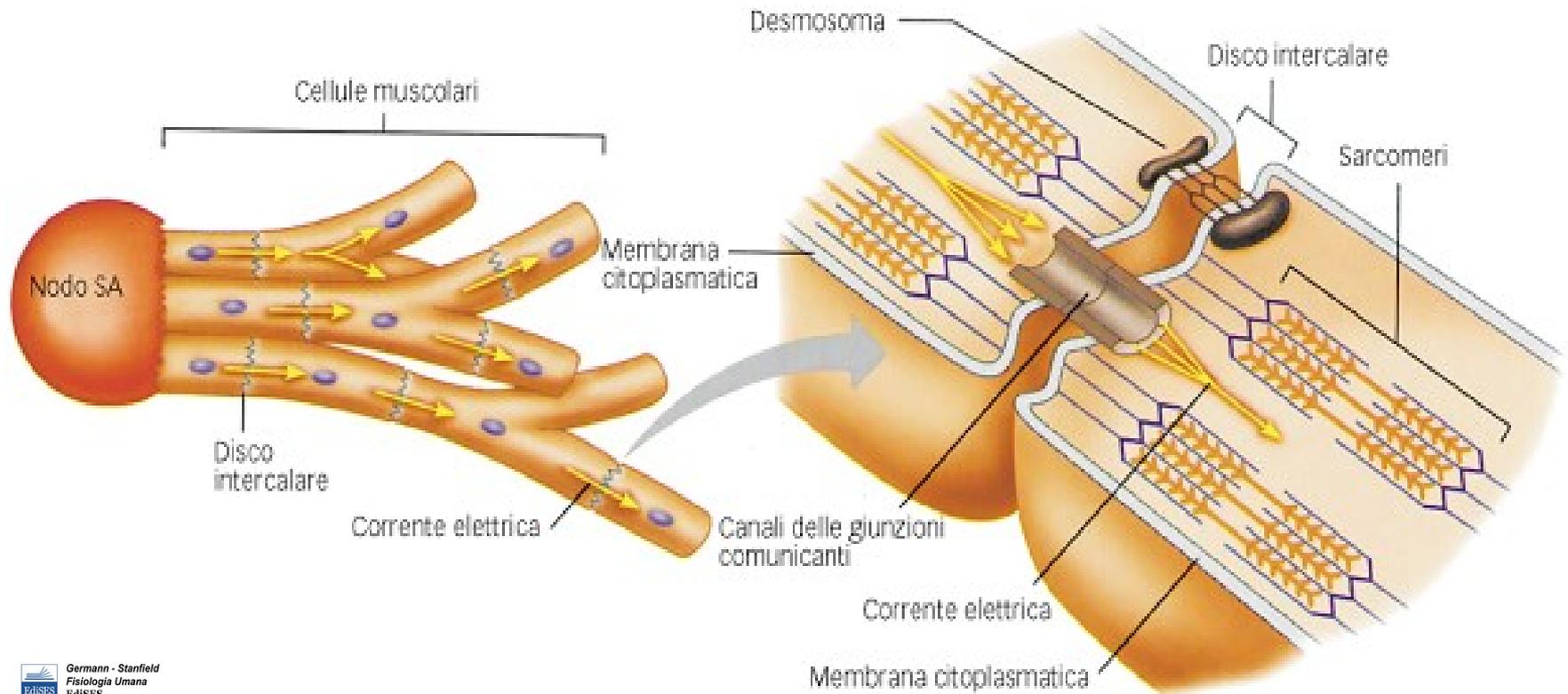
Gli ioni passano attraverso canali specializzati non selettivi, le *gap junction*.

Questo tipo di trasmissione è detto *elettrotonico* e avviene senza ritardo sinaptico.



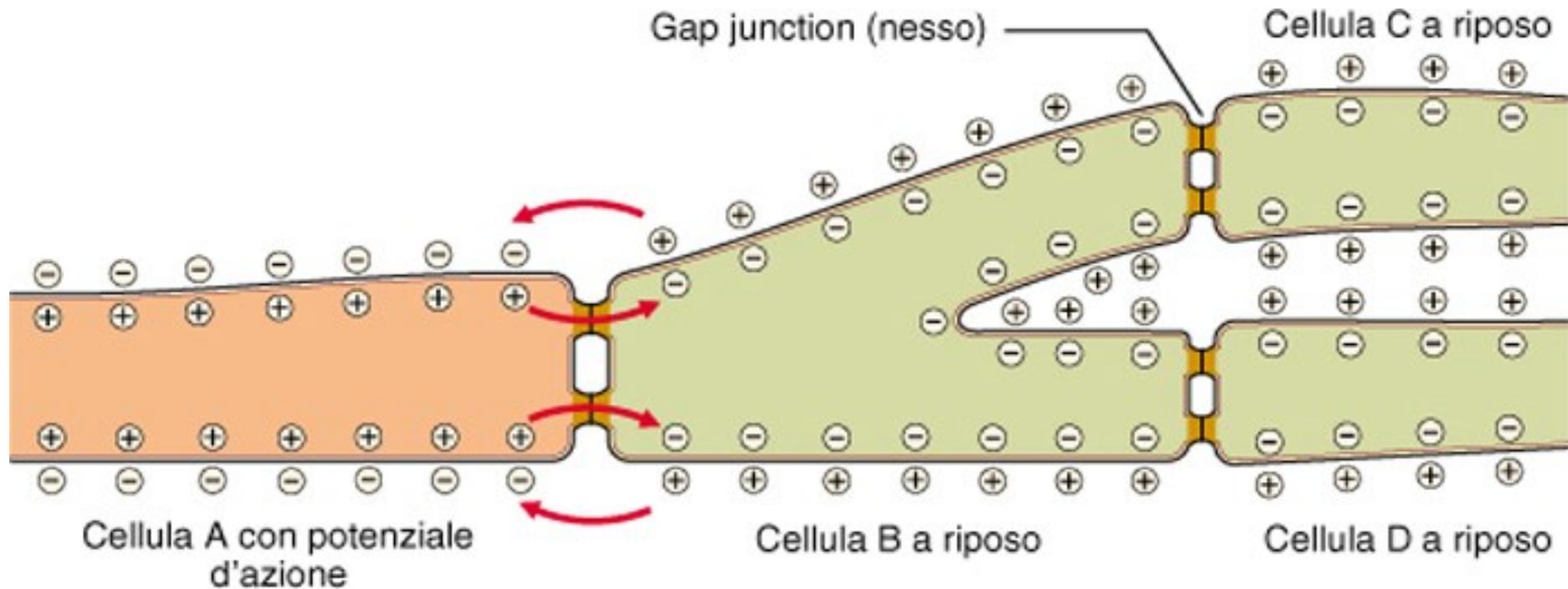
## Esempio di connessioni elettriche stabilite dalle cellule del miocardio

Potenziale d'azione viene trasmesso alle cellule adiacenti mediante le *gap junction* nei dischi intercalari.



## Propagazione del potenziale d'azione tra cellule contigue

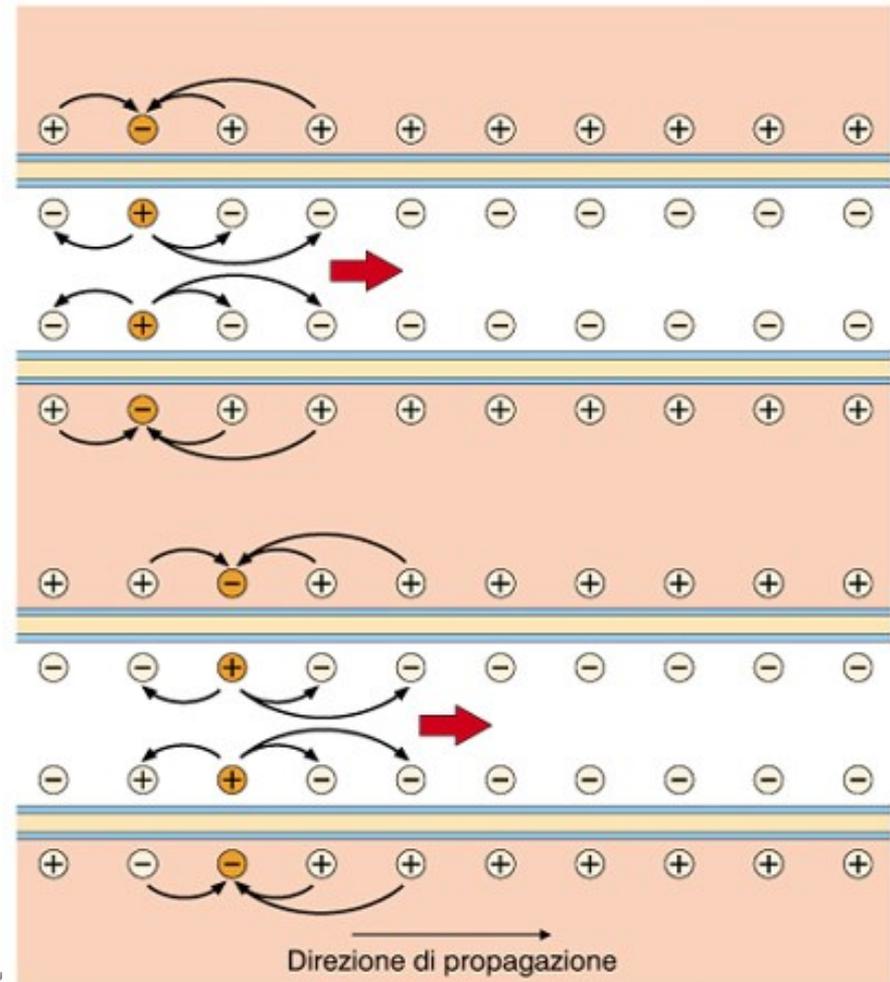
La propagazione del potenziale d'azione tra cellule contigue avviene mediante correnti locali a livello dei dischi intercalari.



## Potenziale locale (o elettrotonico)

I potenziali locali si instaurano in seguito a variazioni sottosoglia del potenziale di membrana e si propagano in modo elettrotonico passivo.

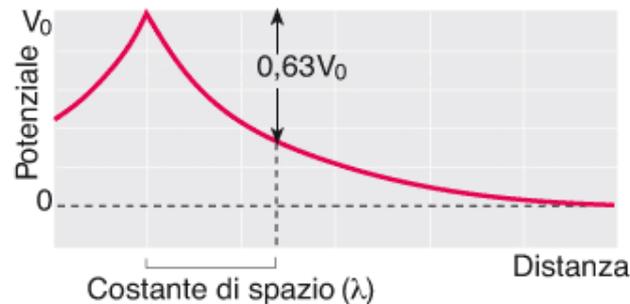
La corrente, determinata dal flusso ionico, entra nella membrana plasmatica e si propaga nel citoplasma fino ad incontrare i canali di membrana da cui esce e chiude il circuito locale *ad anello*.





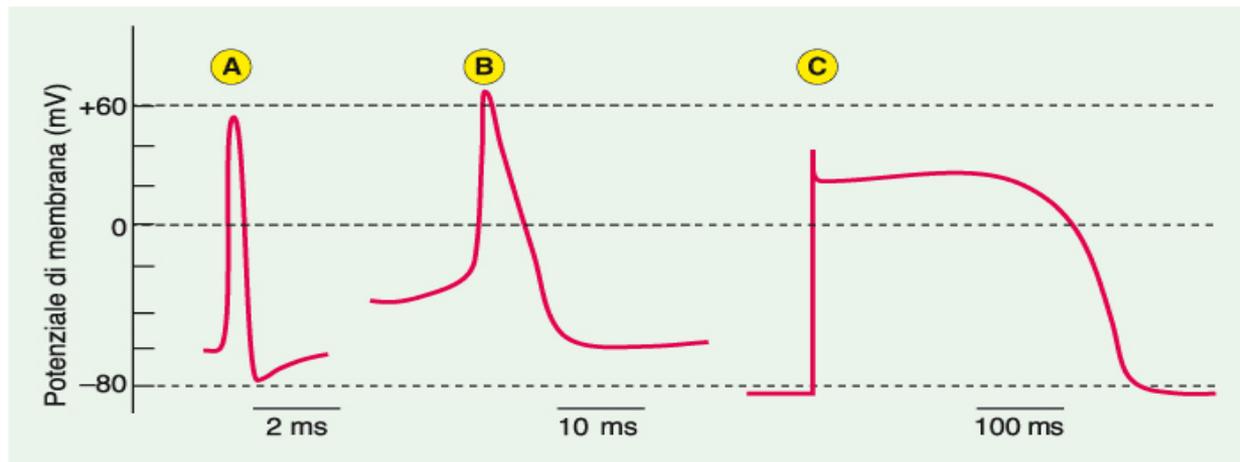
## Caratteristiche del potenziale locale (o elettrotonico)

- ▶ Si propaga con decremento;
- ▶ Si genera nel soma (o pirenoforo) e nei dendriti;
- ▶ E' graduato, cioè usa variazioni di ampiezza, entità e forma del segnale per comunicare il tipo di informazione.



## Caratteristiche del potenziale d'azione

- Si propaga senza decremento;
- Si genera nel monticolo assonico (o cono di emergenza);
- Presenta periodi di refrattarietà (assoluta e relativa);
- Non è un graduato, cioè l'ampiezza, l'entità e la forma del segnale non variano. Usa variazioni di frequenza di scarica per comunicare l'informazione.



**Figura 4.7**

Esempi di potenziali d'azione di tre tipi di cellule eccitabili diverse: **(A)** motoneurone; **(B)** cellula cromaffine della midollare surrenale; **(C)** cellula di muscolo ventricolare cardiaco.

# Differenza tra sinapsi chimiche ed elettriche

## Sinapsi chimiche:

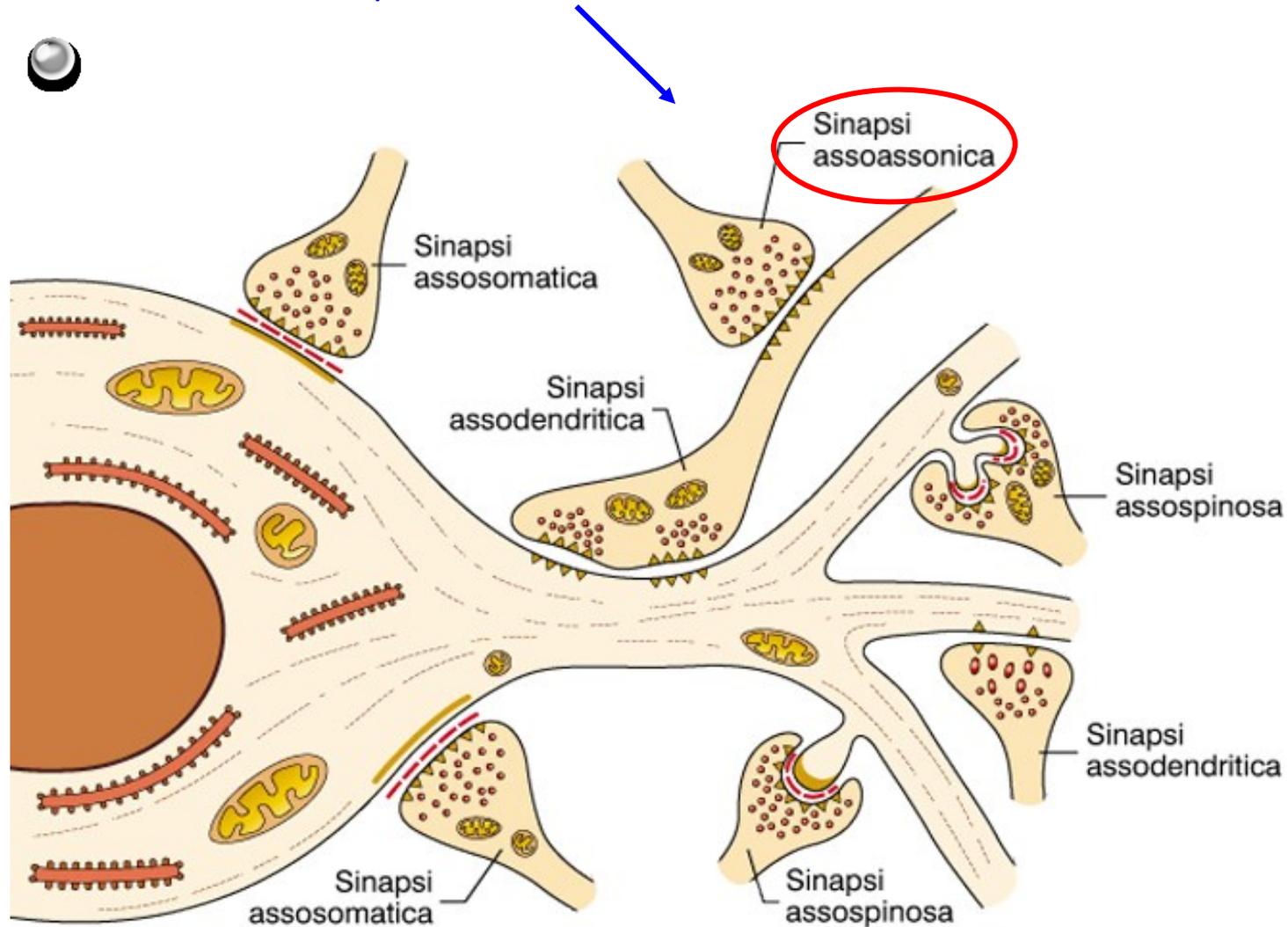
Lo stimolo passa dalla membrana presinaptica a quella postsinaptica mediante il rilascio di un neurotrasmettitore nella fessura sinaptica (16-30 nm).

## Sinapsi elettriche:

Lo stimolo passa dalla membrana presinaptica a quella postsinaptica attraverso specifici canali detti gap junction, che mettono in diretta comunicazione le due membrane. Questo è possibile poiché la fessura sinaptica ha uno spessore di 4-5 nm.

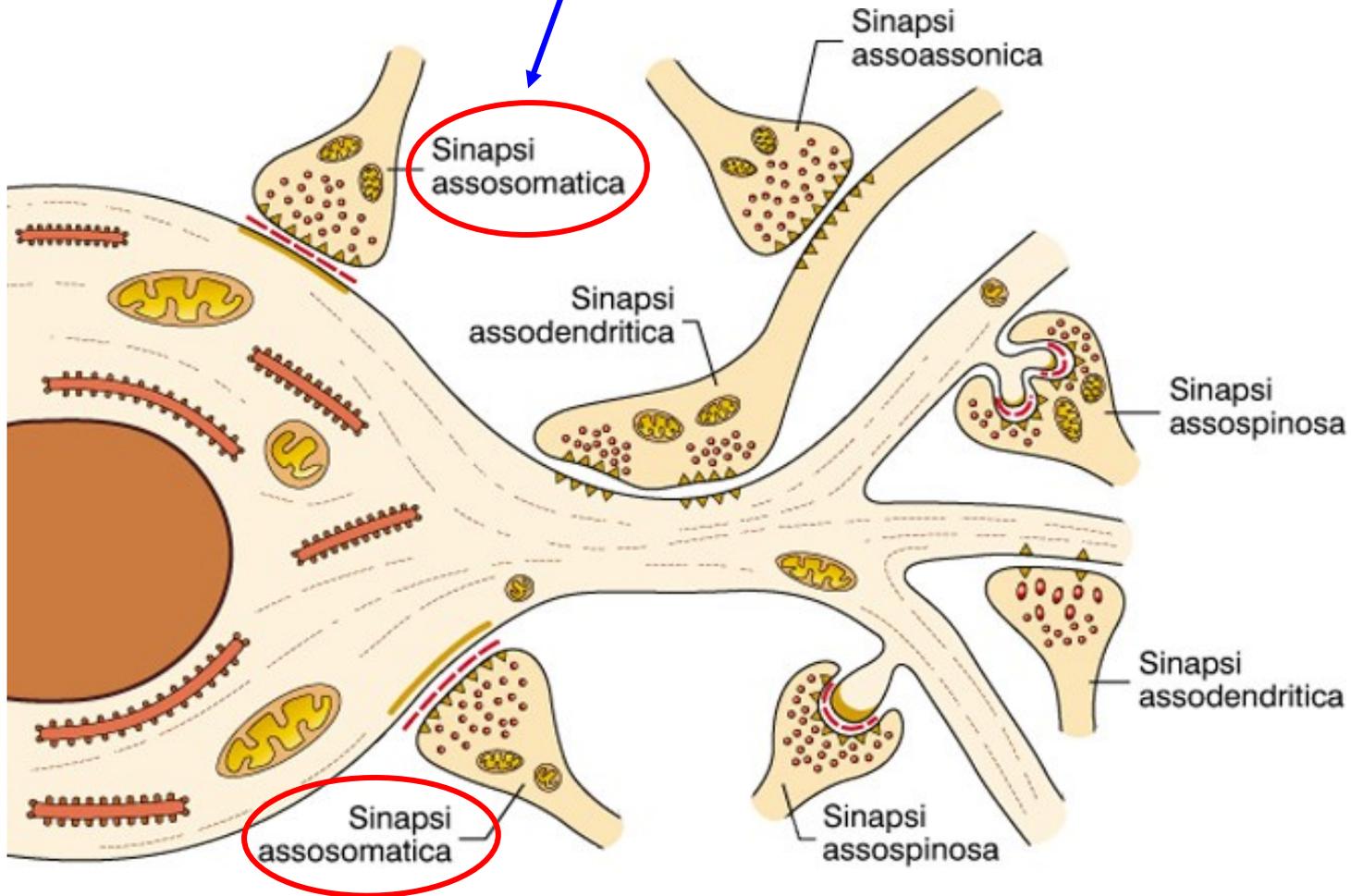
# Tipi di sinapsi

Assoassonica: sinapsi tra due assoni



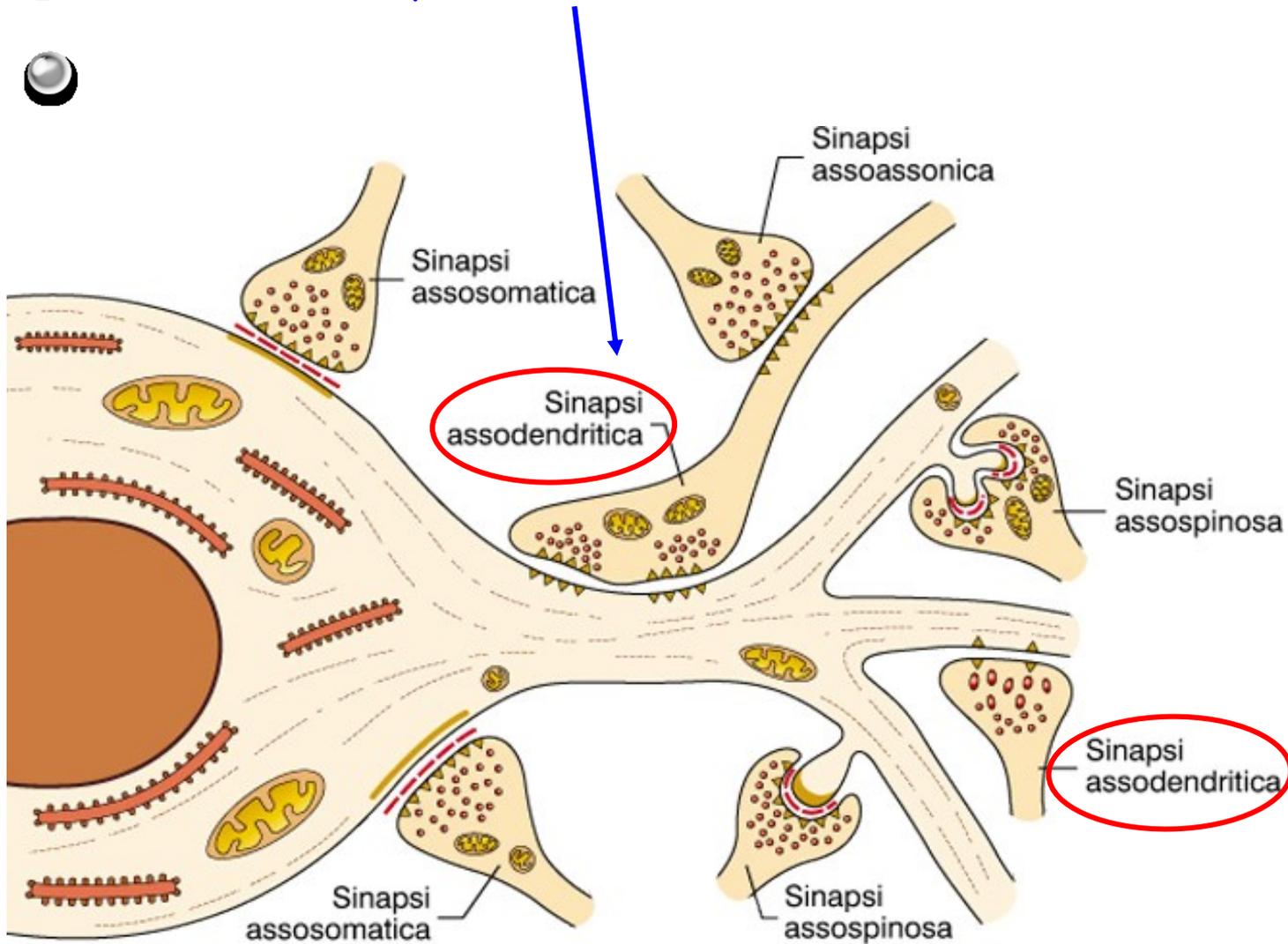
# Tipi di sinapsi

Assosomatica: sinapsi tra assone e soma



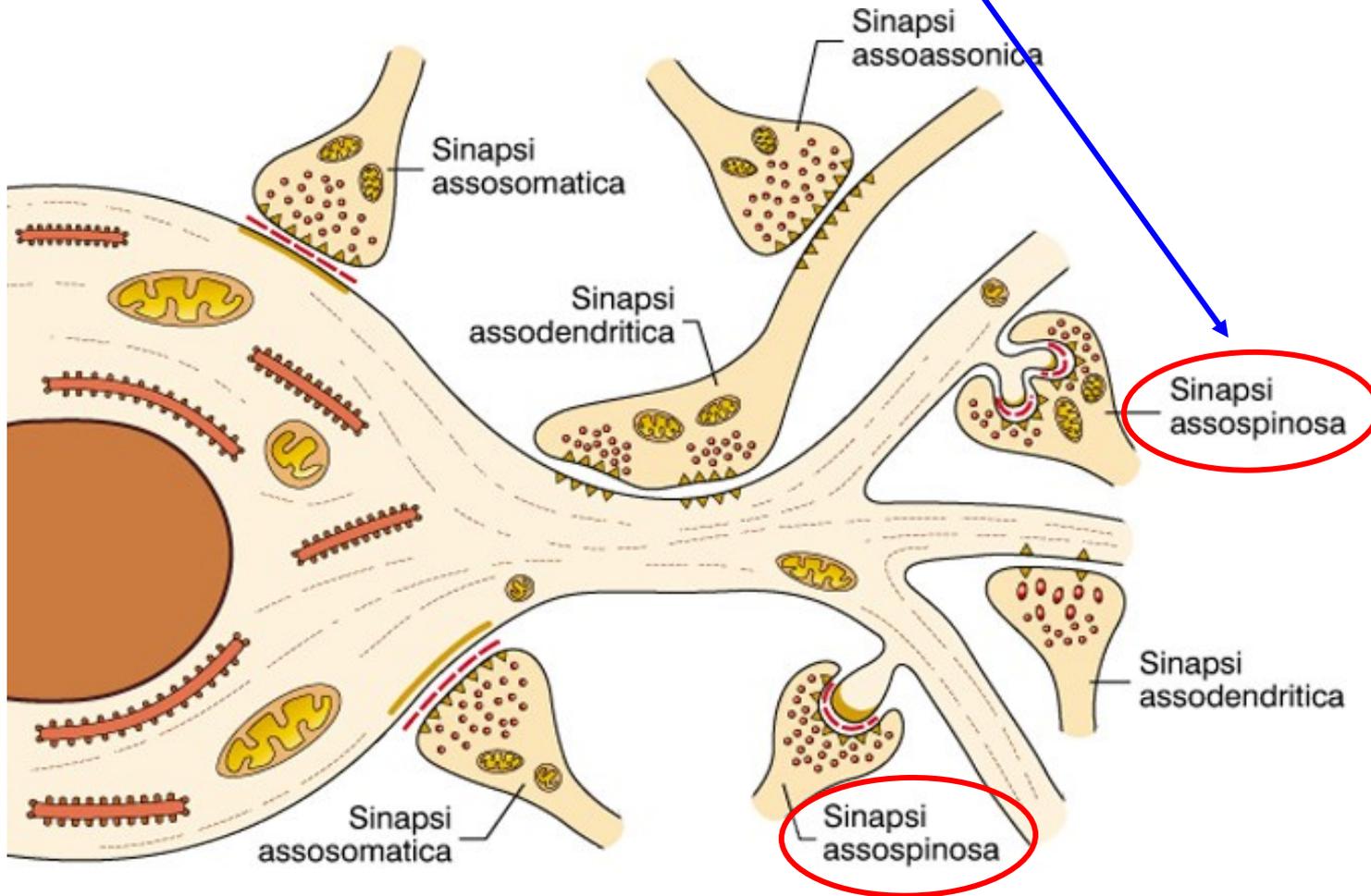
# Tipi di sinapsi

Assodendritica: sinapsi tra assone e dendrite



# Tipi di sinapsi

Assospinosa: sinapsi tra assone e una spina



## Principali neurotrasmettitori

- ✓ acetilcolina (ACh)
- ✓ dopamina (DA)
- ✓ noradrenalina (NA)
- ✓ adrenalina (A)
- ✓ serotonina (5'-HT)
- ✓ glutammato (Glu)
- ✓ glicina (Gly)
- ✓ acido  $\gamma$ -amino-butirrico (GABA)
- ✓ oppioidi endogeni (encefaline, endorfine, dinorfine)

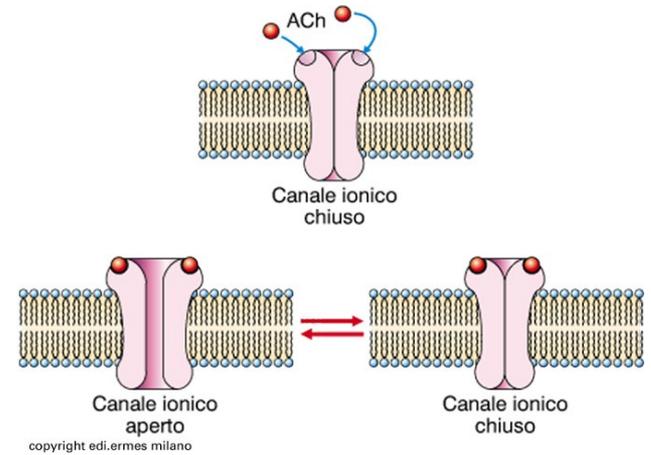
# Meccanismo di azione nella membrana postsinaptica

Ci sono due tipi di recettori:



## Recettori ionotropi

Il legame del neurotrasmettitore al recettore apre direttamente un canale ionico.

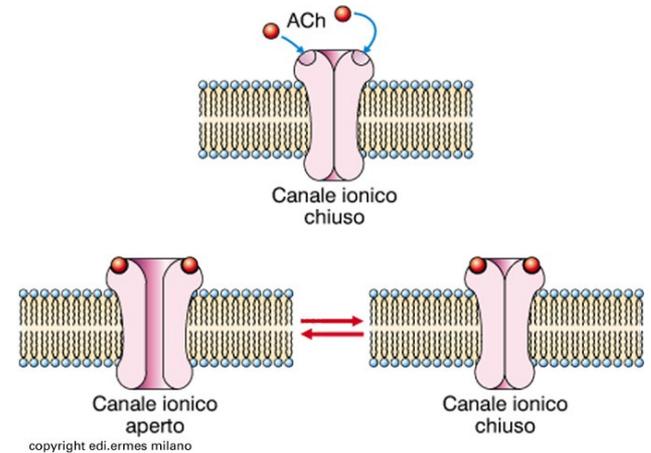


# Meccanismo di azione nella membrana postsinaptica

Ci sono due tipi di recettori:

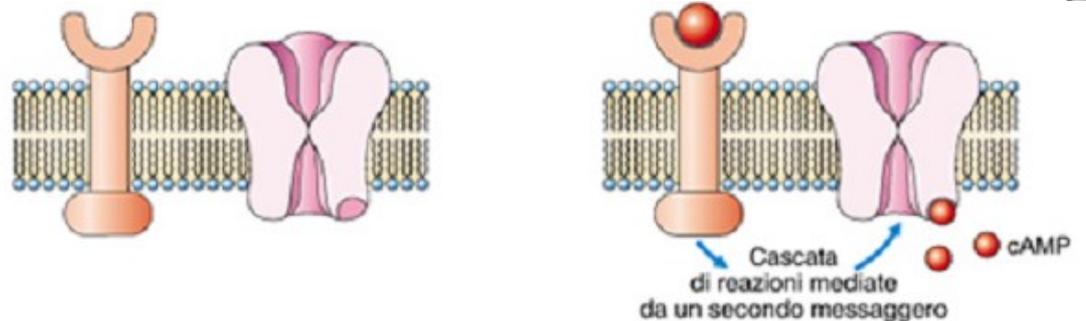
## Recettori ionotropi

Il legame del neurotrasmettitore al recettore apre direttamente un canale ionico.



## Recettori metabotropi

Il legame del neurotrasmettitore al recettore crea una cascata di reazioni metaboliche intracellulari (secondi messaggeri) che portano all'apertura di un canale ionico "dall'interno".



## Meccanismo di azione nella membrana postsinaptica

L'attivazione dei recettori ionotropi non genera nel neurone postsinaptico un potenziale d'azione.

Le variazioni del potenziale postsinaptico prendono il nome di:

- Potenziale postsinaptico eccitatorio (EPSP)  
causa una depolarizzazione
- Potenziale postsinaptico inibitorio (IPSP)  
causa una iperpolarizzazione

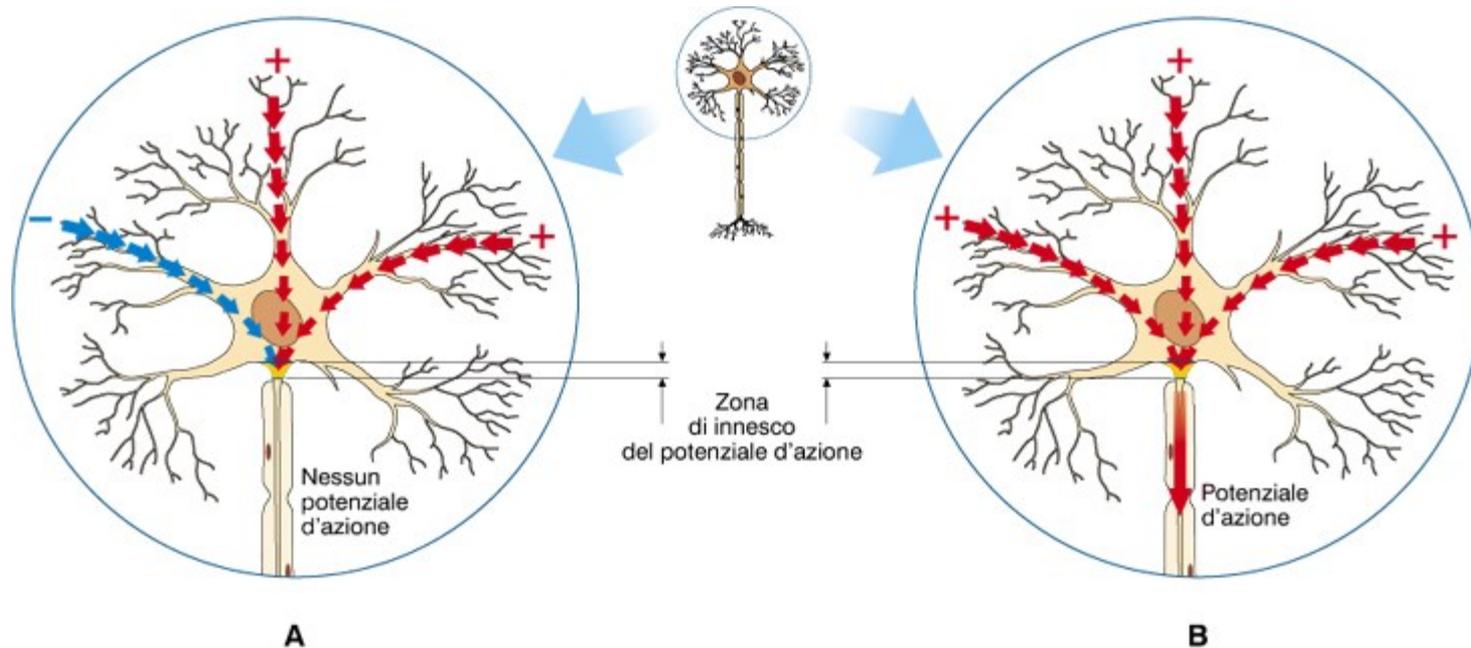
## Meccanismo di azione nella membrana postsinaptica

La variazione di potenziale indotta è la conseguenza dell'attivazione di canali ionici specifici; in genere EPSP è la conseguenza di un aumento di permeabilità per  $\text{Na}^+$ , mentre IPSP per  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$ .

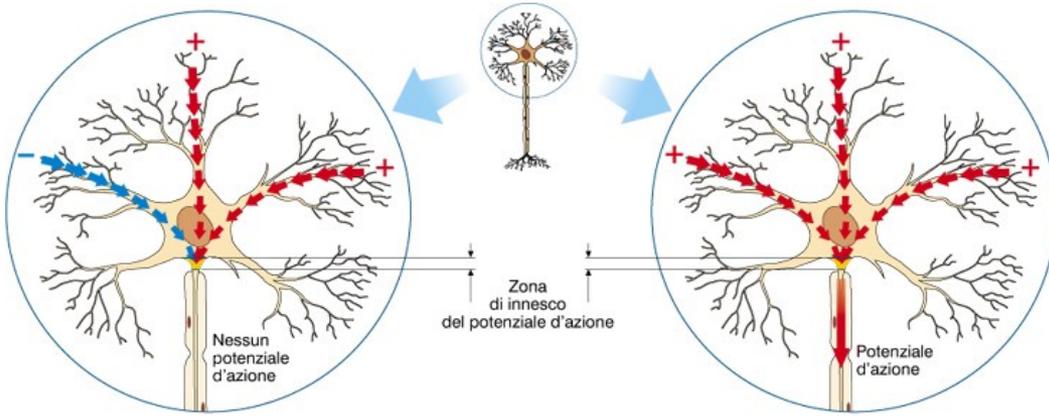
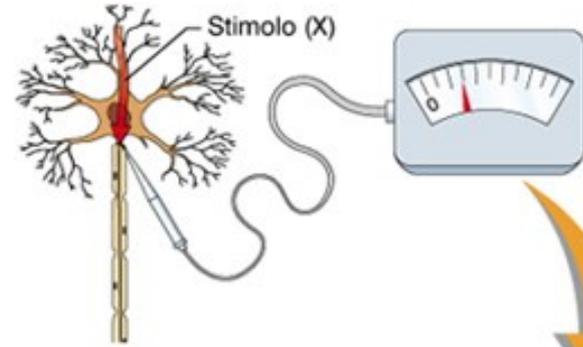
## Meccanismo di azione nella membrana postsinaptica

La variazione di potenziale indotta è la conseguenza dell'attivazione di canali ionici specifici; in genere EPSP è la conseguenza di un aumento di permeabilità per  $\text{Na}^+$ , mentre IPSP per  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$ .

I potenziali postsinaptici si possono sommare sia temporalmente (frequenza di scarica elevata) che spazialmente (più terminazioni attivate).



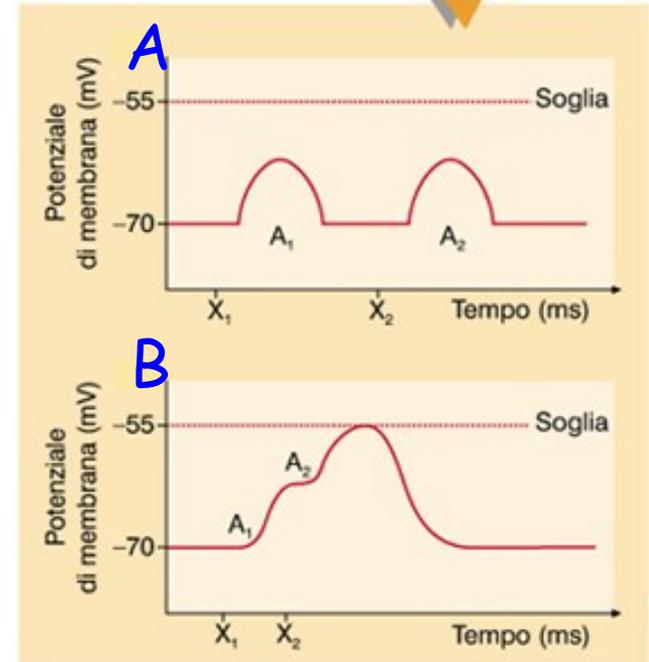
# Meccanismo di azione nella membrana postsinaptica



A

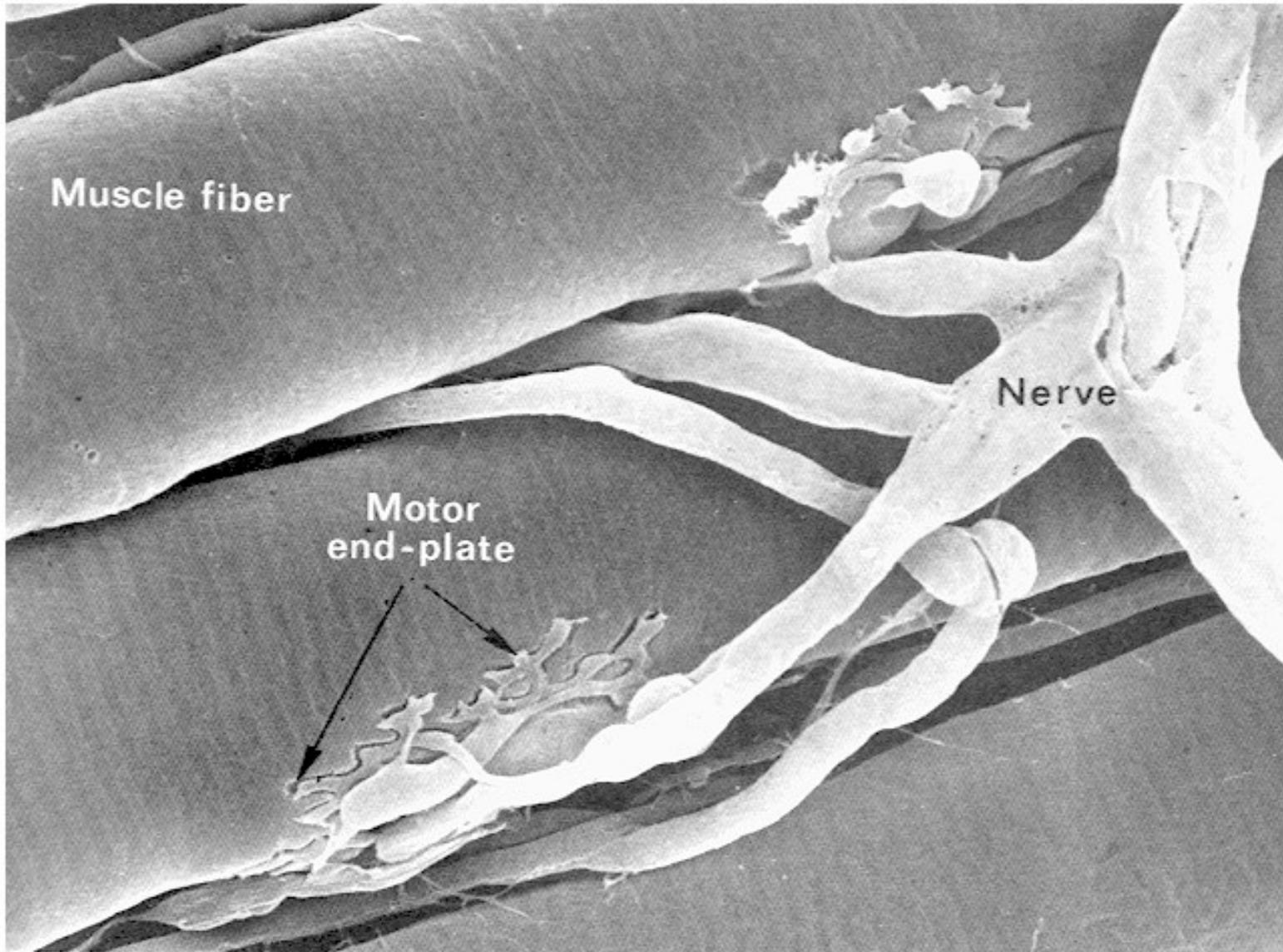
B

copyright edi. ilano

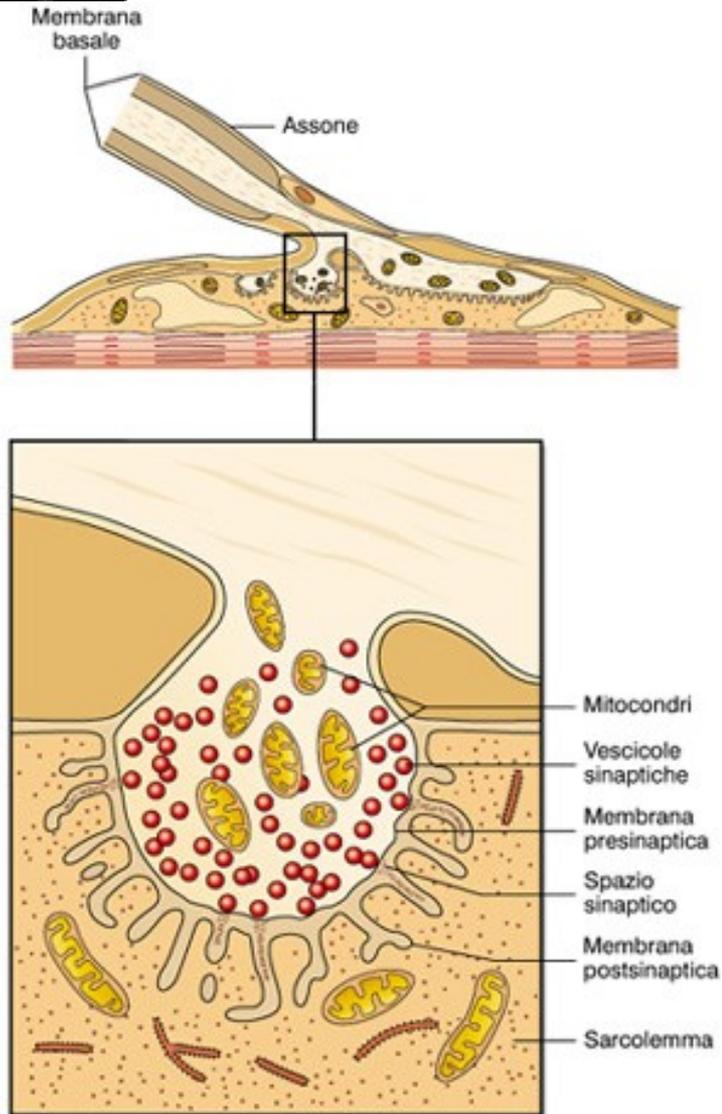


copyright edi.ermes milano

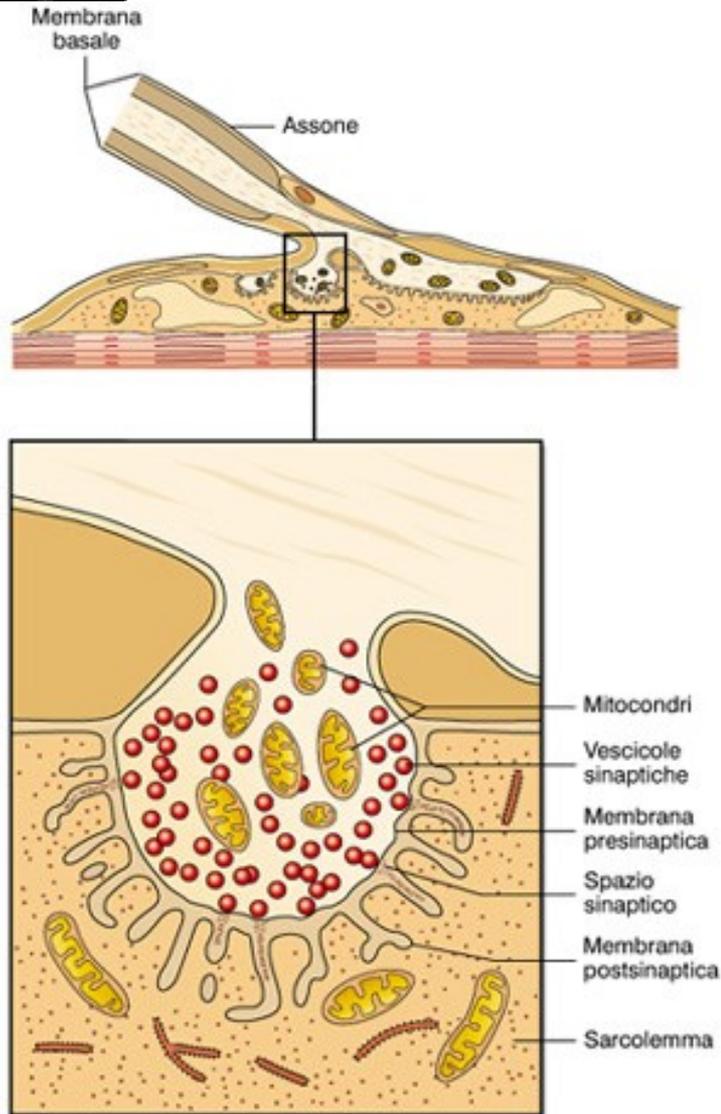
Sinapsi neuromuscolare (o placca neuromuscolare)



# Sinapsi neuromuscolare (o placca neuromuscolare)



## Sinapsi neuromuscolare (o placca neuromuscolare)



copyright edi.ermes milano

Il neurotrasmettitore utilizzato in questo tipo di sinapsi è l'acetilcolina (ACh) che attiva i recettori ionotropi. Di conseguenza si aprono canali ionici non selettivi che fanno passare ioni  $K^+$  e  $Na^+$ .

L' EPSP viene detto potenziale di placca ed è sufficiente a generare un potenziale d'azione.

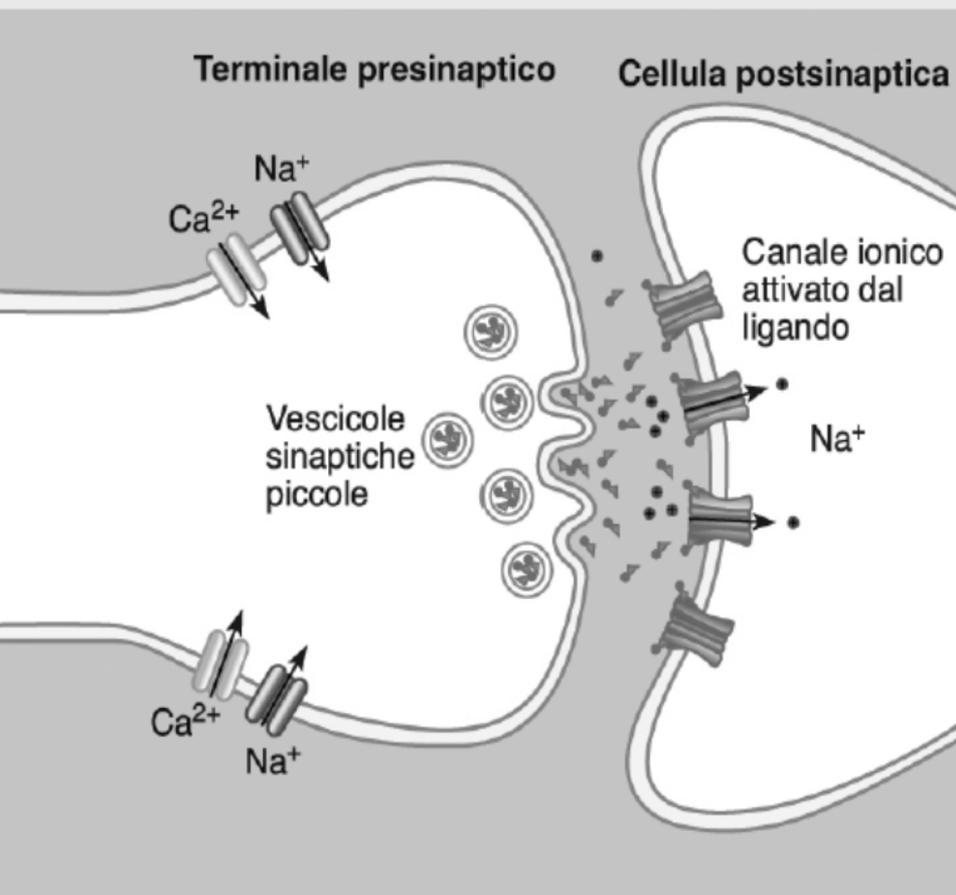
Ogni potenziale d'azione in un motoneurone crea un potenziale d'azione in una fibra muscolare.

## Sinapsi viscerale

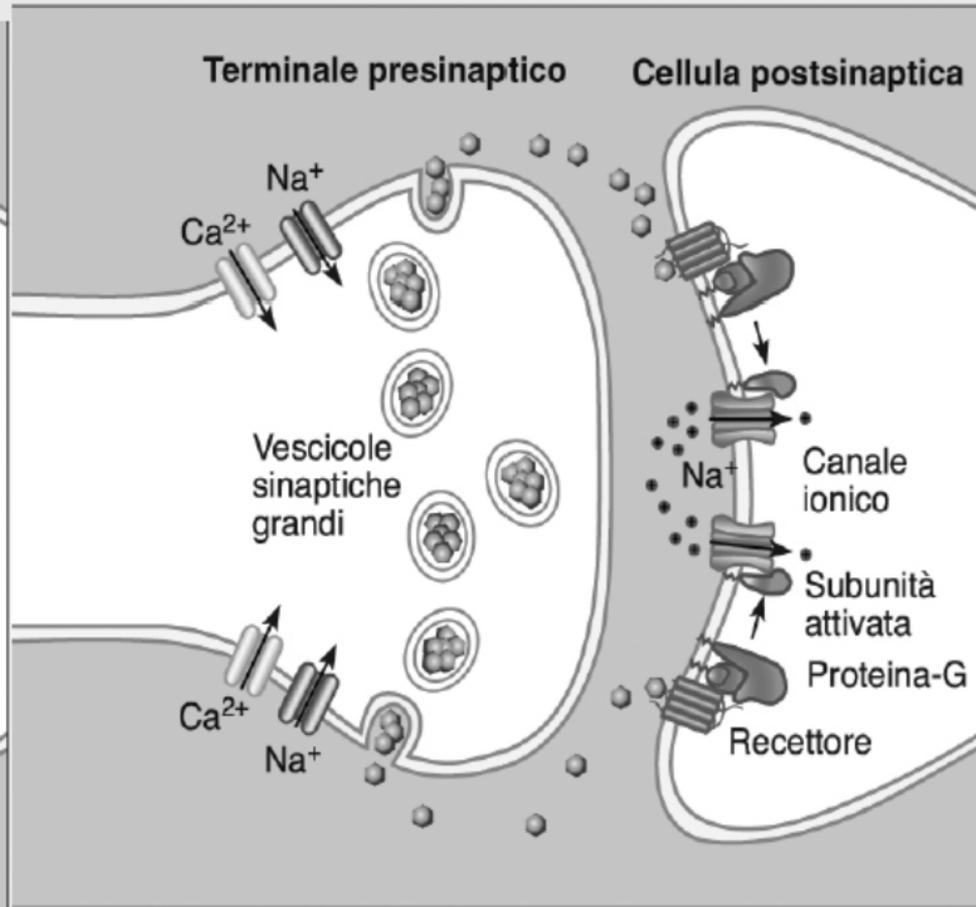
- Le sinapsi tra motoneurone e muscolo scheletrico sono sempre eccitatorie, mentre le sinapsi del s.n.a. possono eccitare o inibire direttamente l'organo bersaglio.

Una particolare caratteristica del s.n.a. è rappresentata dal possedere un'attività tonica di base. Questo permette a ciascuna divisione del s.n.a. di controllare un determinato organo bersaglio da sola, poiché, aumentando o riducendo il livello di attività tonica, l'organo innervato può essere, rispettivamente, stimolato o inibito.

# Trasmissione rapida e lenta



Rapida



Lenta

# Sommario

## Argomenti principali del sistema nervoso

### ✓ Origine del potenziale di riposo

Potenziale di equilibrio  $K^+$  e Potenziale di equilibrio  $Na^+$

Potenziale di membrana

Potenziale d'azione

### ✓ Sinapsi

### ✓ Potenziali locali