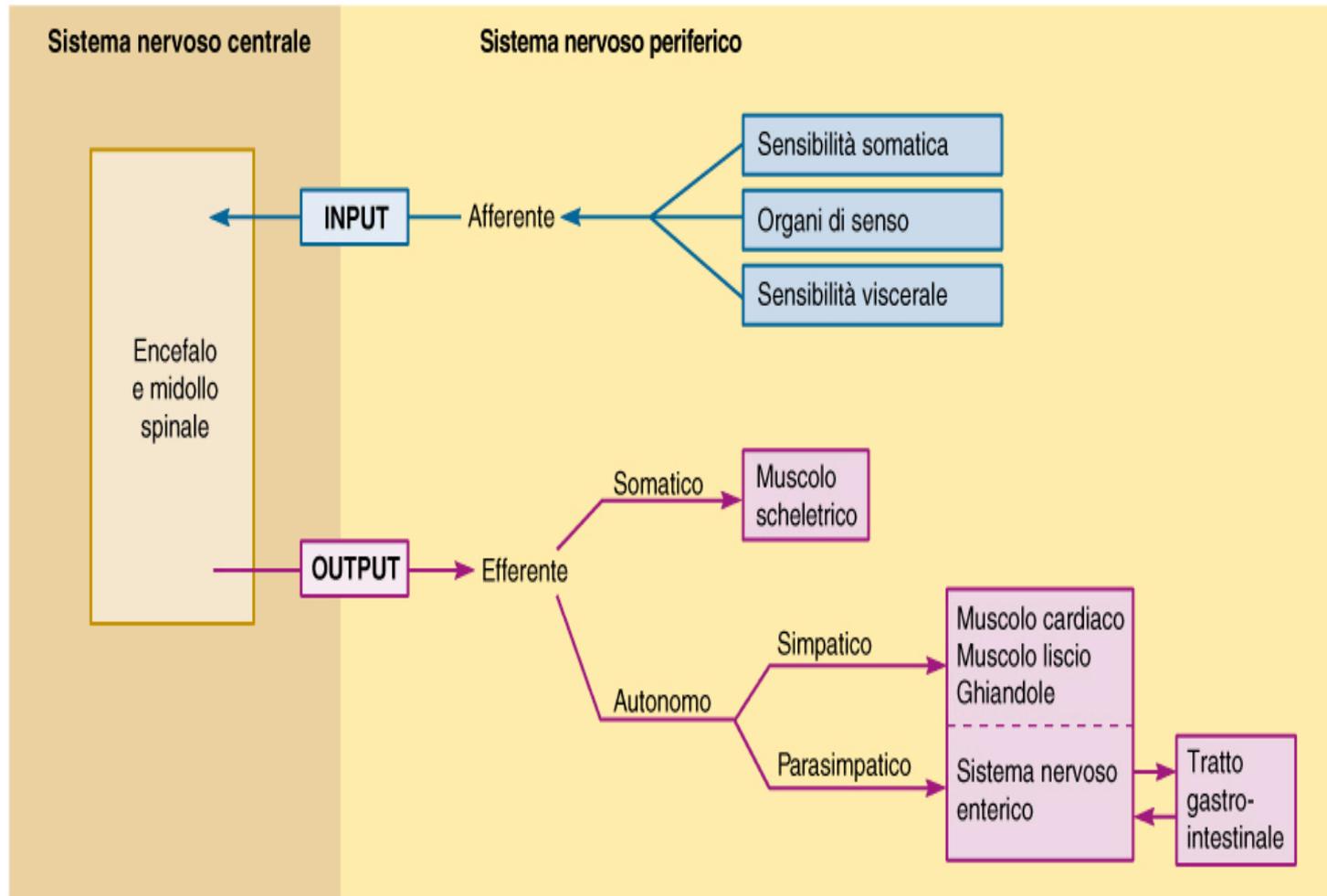


# POTENZIALE D'AZIONE

**FGE AA.2016-17**

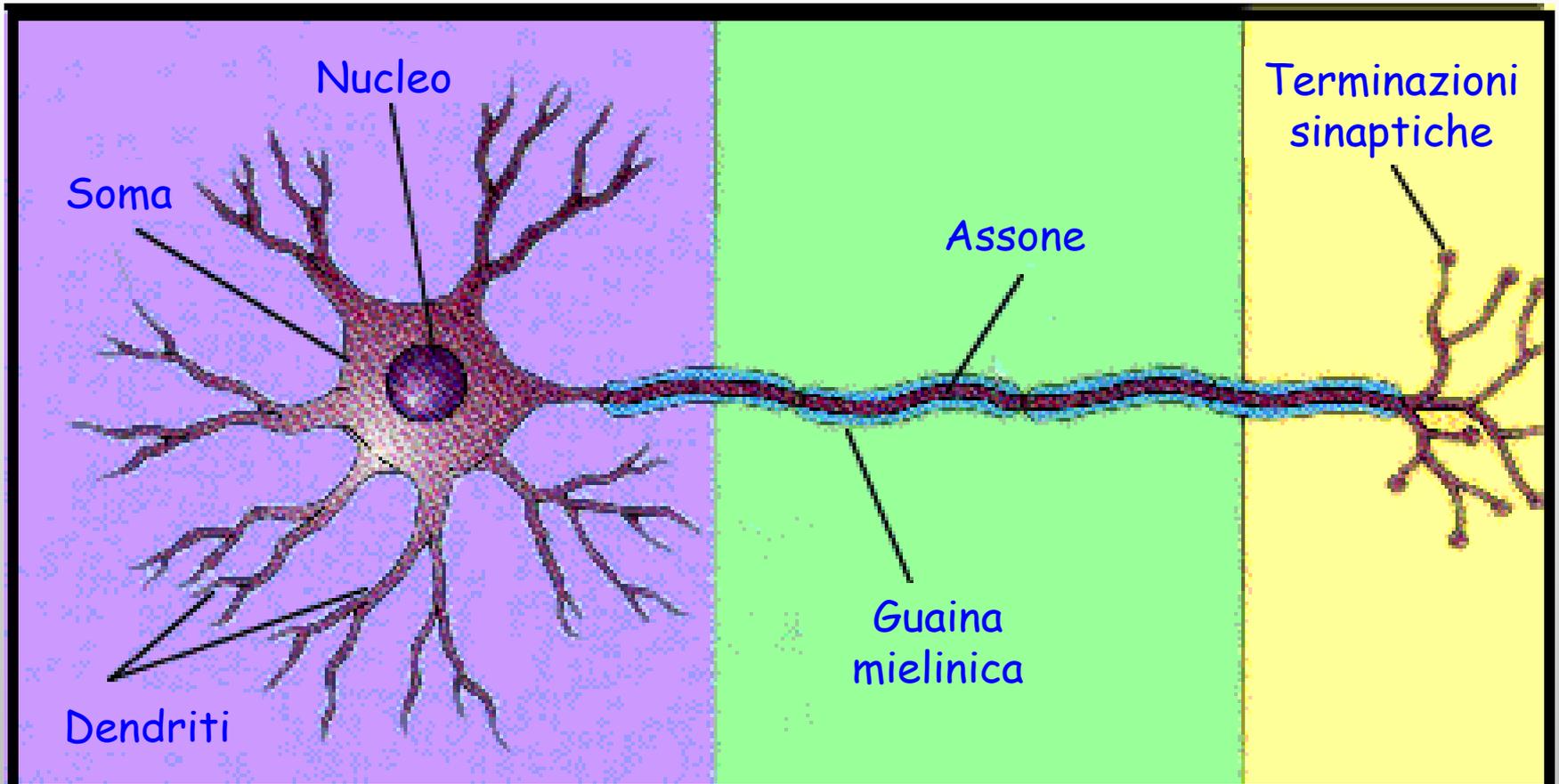
# OBIETTIVI

- ORGANIZZAZIONE GENERALE SN
- POTENZIALE DI AZIONE: DESCRIZIONE DELLE FASI E DETERMINANTI FISICO-CHIMICI
- ANDAMENTO DELLE CONDUTTANZE DEL SODIO E DEL POTASSIO NEL CORSO DEL PA
- PERIODI REFRAATTARI
- PROPAGAZIONE DEL PA NELLE FIBRE AMIELINICHE E MIELINICHE

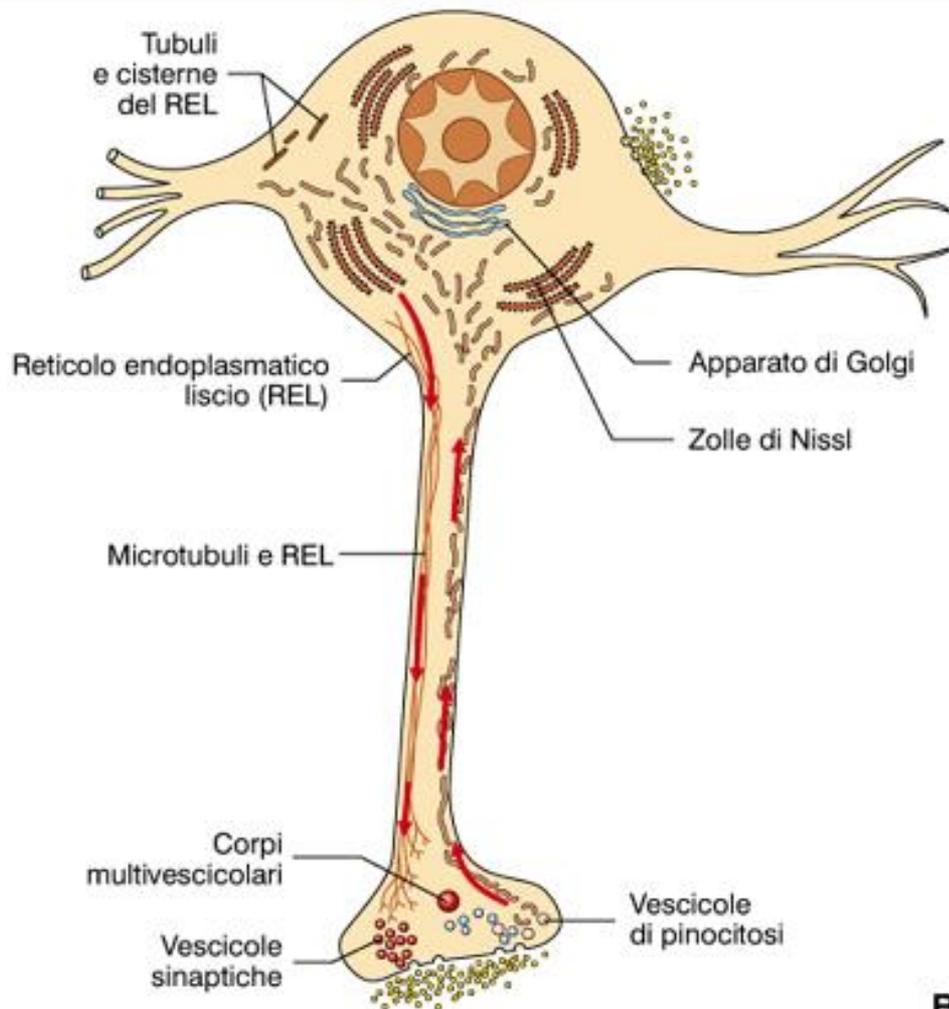
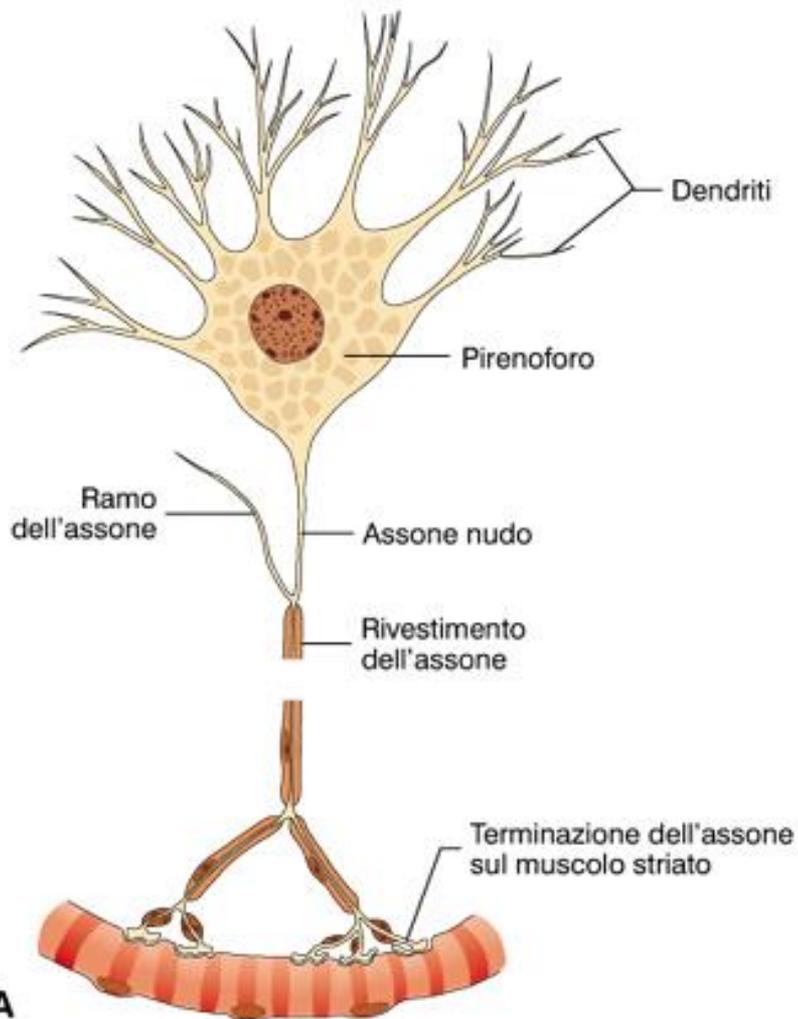


**FIGURA 7.1 Organizzazione del sistema nervoso.** Il sistema nervoso consta di due parti principali: il sistema nervoso centrale e quello periferico. Il sistema nervoso periferico è funzionalmente diviso nelle componenti afferente ed efferente. Le frecce indicano la direzione del flusso di informazioni.

# Neurone



# Neurone

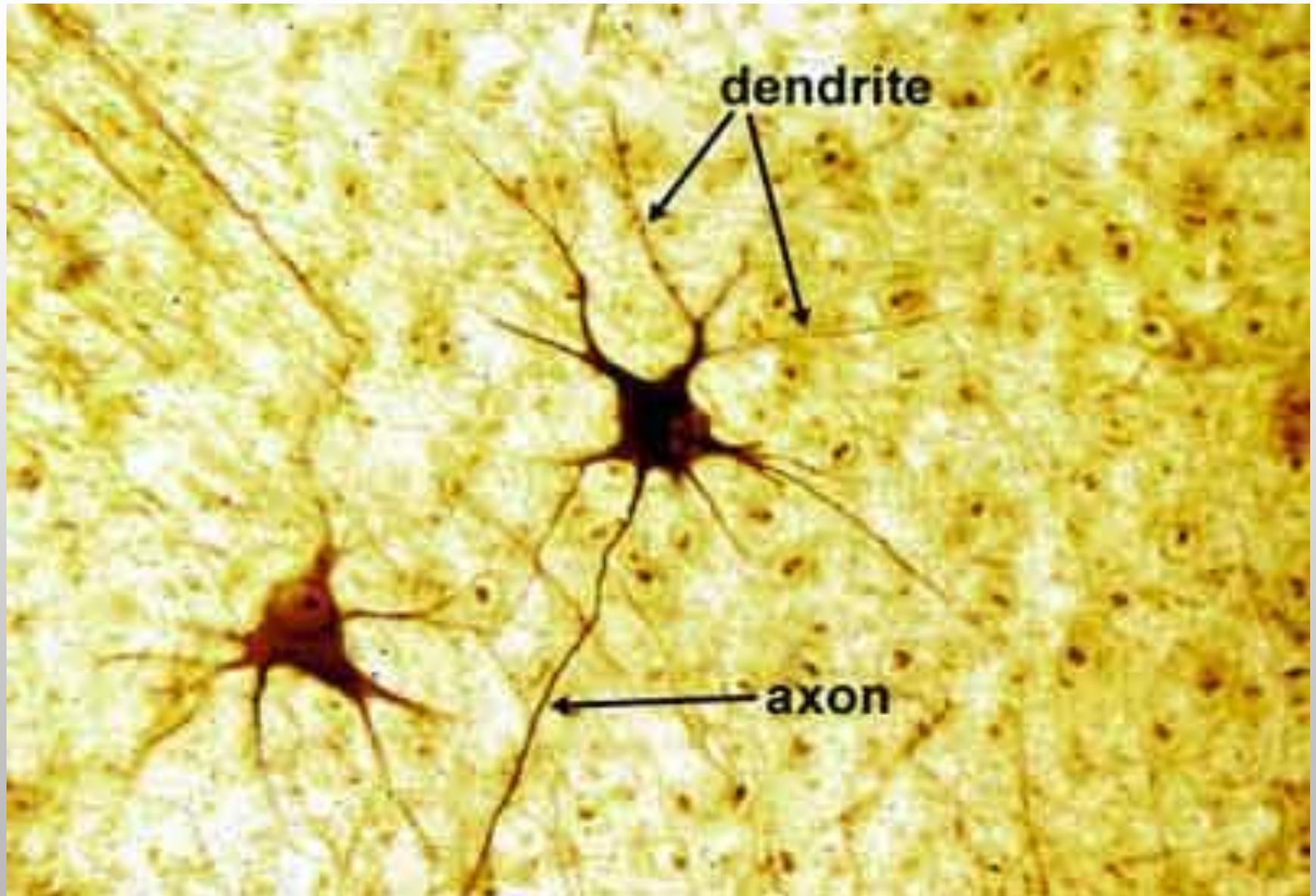


A

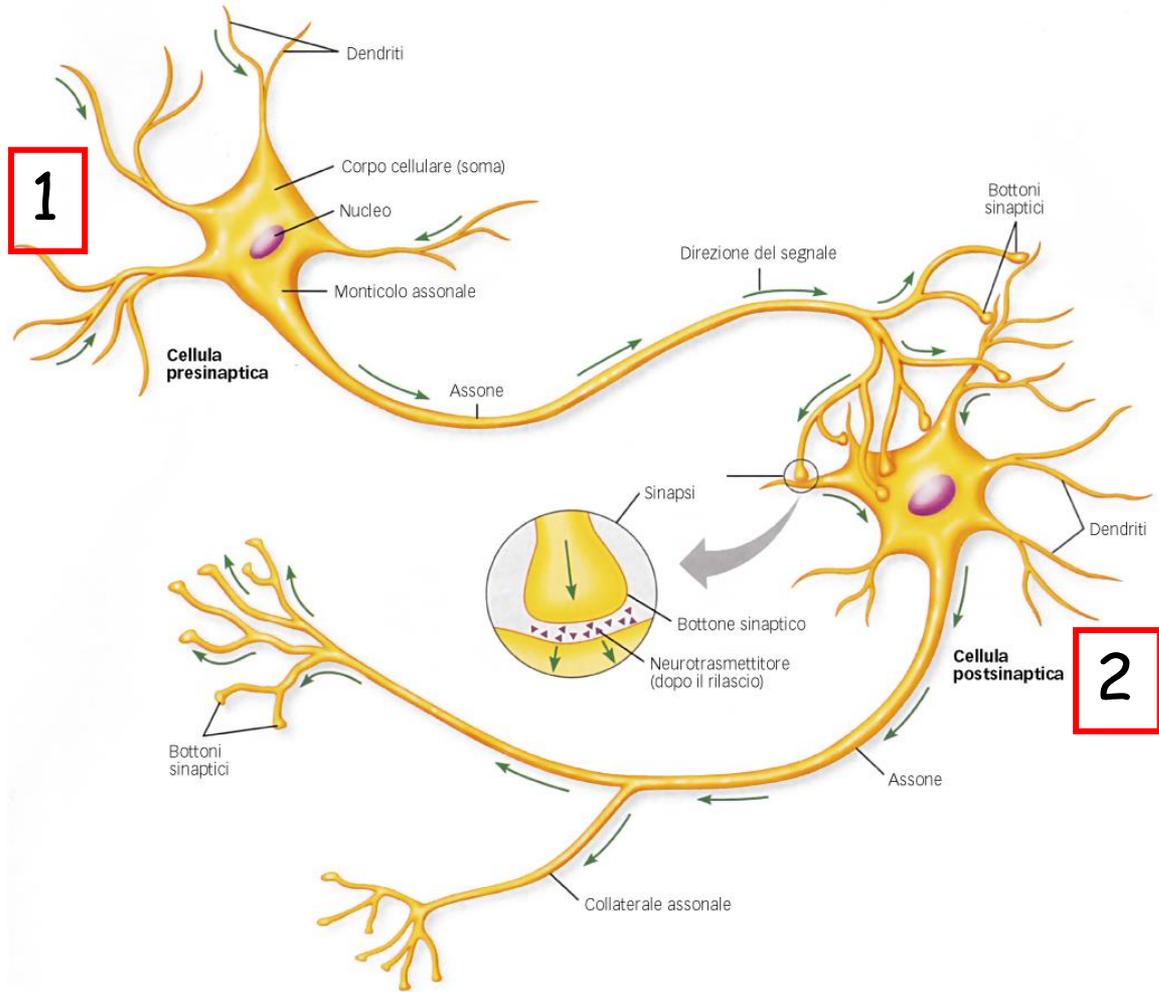
copyright edi.ermes milano

B

## Sezione istologica



# Neurone



Il neurone 1 comunica con il neurone 2 come mostrato dalle frecce che indicano la direzione della propagazione dell'impulso.

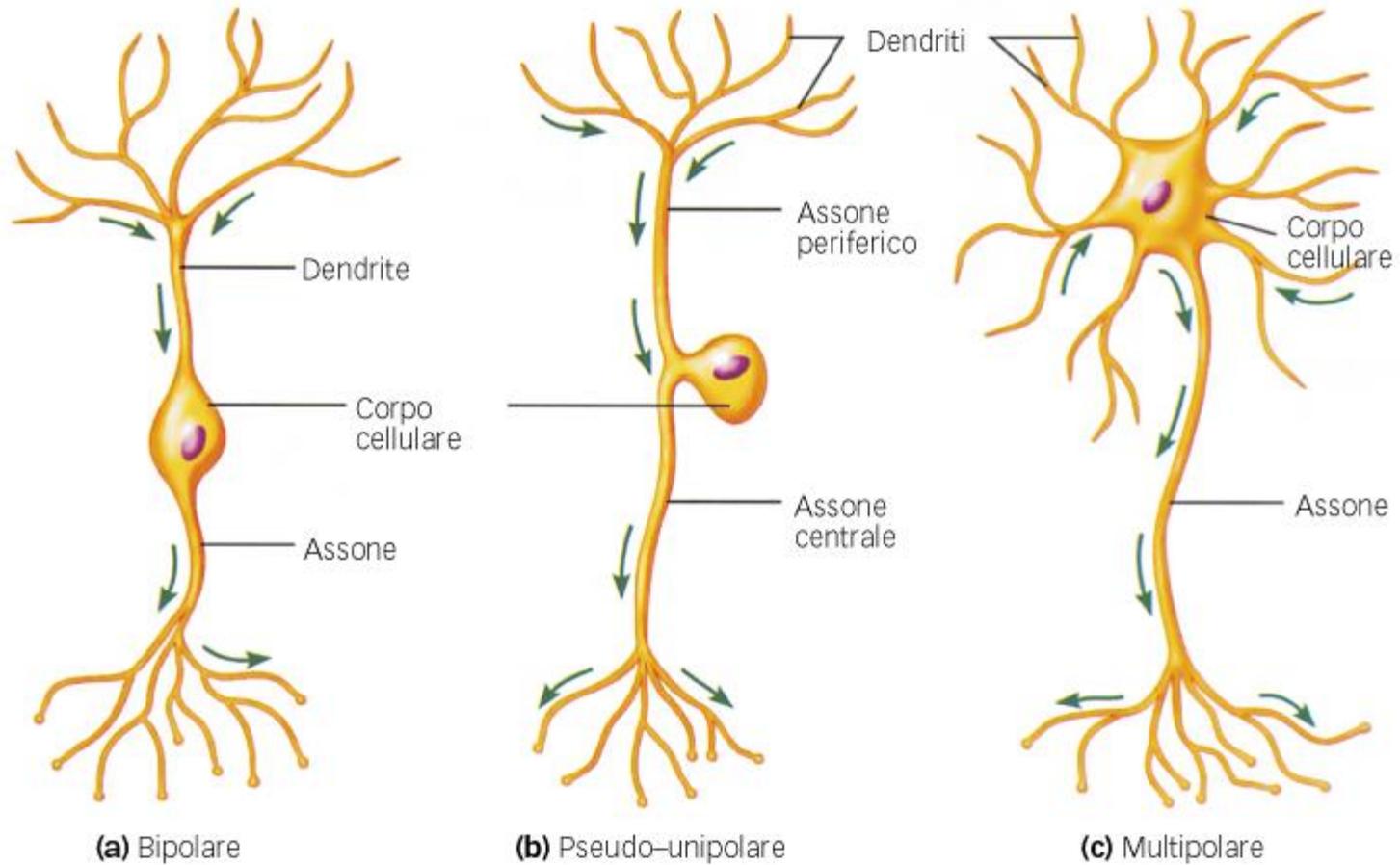
I dendriti e il soma ricevono l'informazione dagli altri neuroni.

L'assone ha la funzione di trasmettere l'informazione (impulso elettrico).

L'assone termina con una struttura detta bottone sinaptico che, mediante il rilascio di un neurotrasmettitore, permette il trasferimento dell'informazione ad altri neuroni.

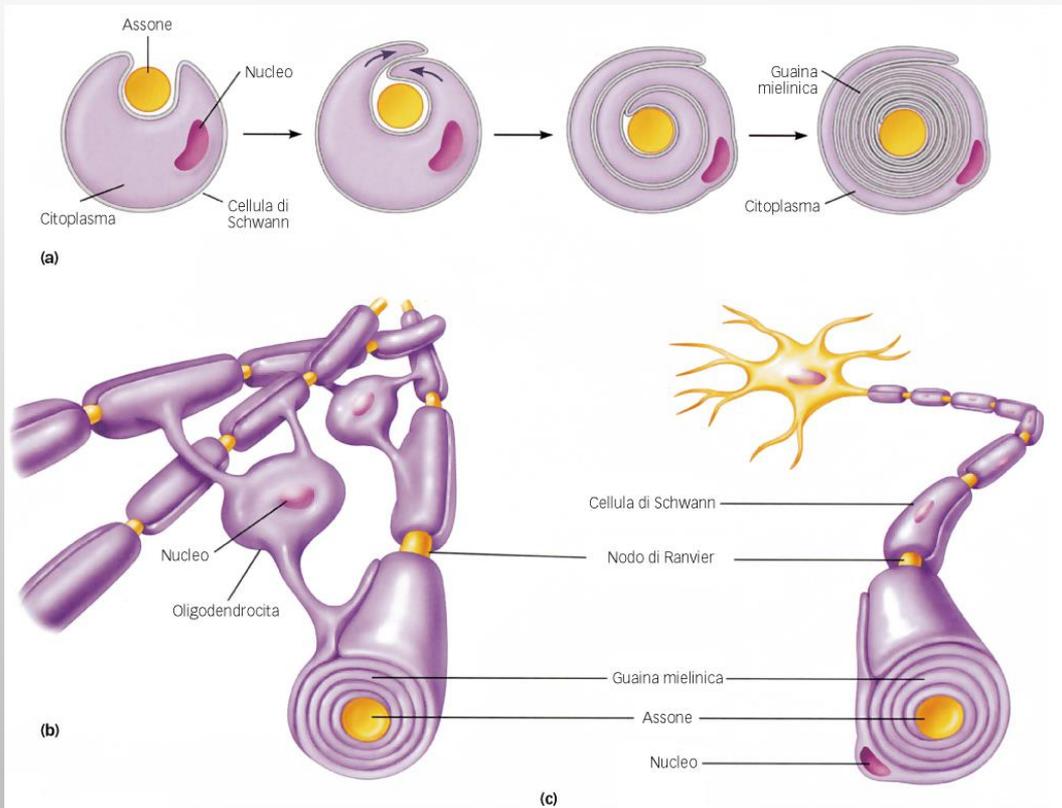
## Tipi di neuroni

Le frecce indicano la direzione della propagazione dell'impulso.



## Guaina mielinica

Gli assoni sono avvolti da cellule di neuroglia, disposte sequenzialmente, dette cellule di Schwann nel sistema nervoso periferico e cellule di oligodendroglia nel sistema nervoso centrale.



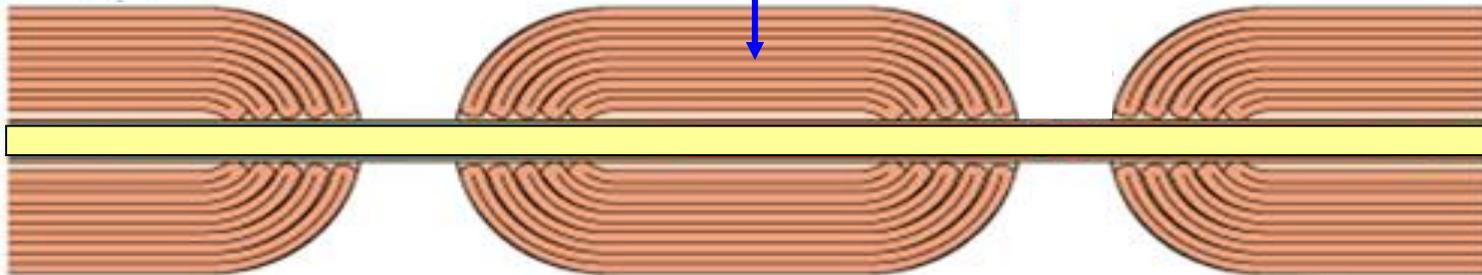
Tali cellule formano una guaina continua attorno all'assone, avvolgendo ripetutamente attorno ad esso il proprio plasmalemma, a formare una guaina mielinica.

La mielina ha una composizione simile a quella delle membrane plasmatiche (70% lipidi; 30% proteine) con alta concentrazione di colesterolo e fosfolipidi.

## Interruzione della guaina mielinica: i nodi di Ranvier

La mielina non ricopre totalmente l'assone, ma si interrompe nei nodidi Ranvier.  
La distanza internodale è 1-2 mm.

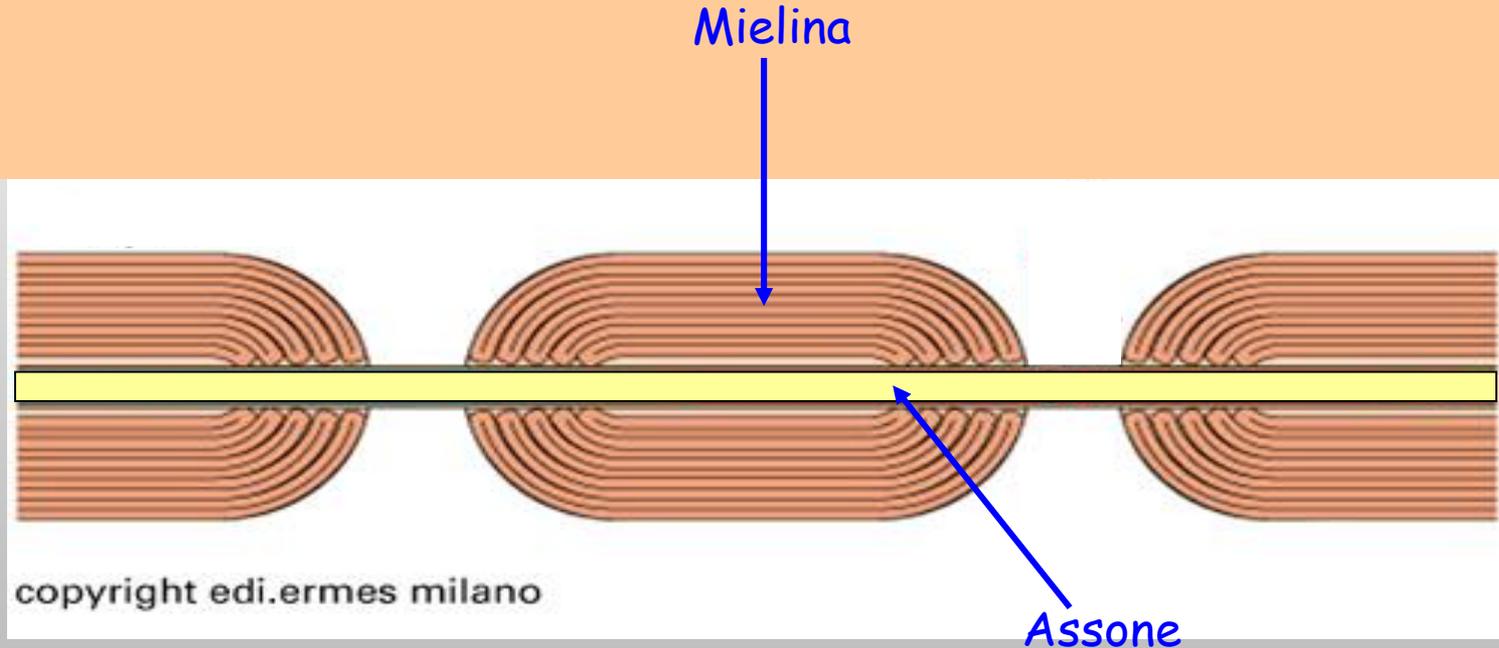
Mielina



copyright edi.ermes milano

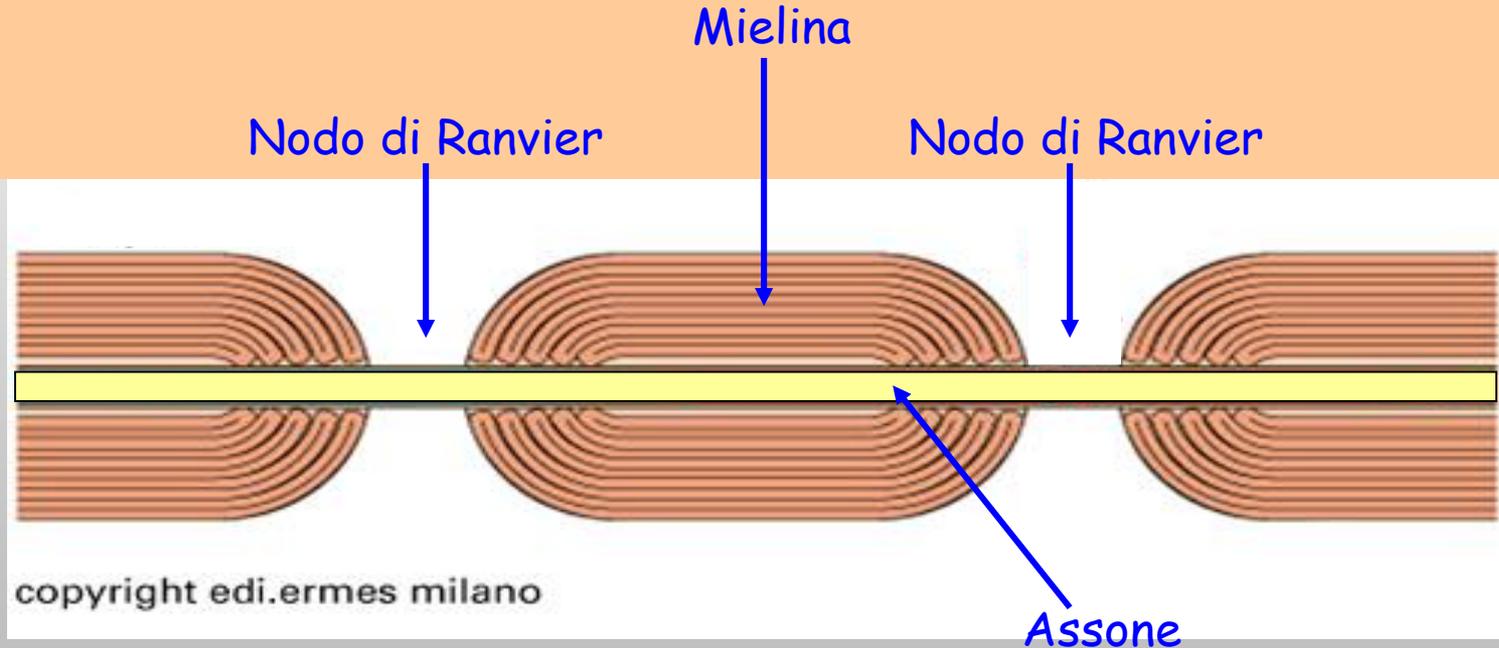
## Interruzione della guaina mielinica: i nodi di Ranvier

La mielina non ricopre totalmente l'assone, ma si interrompe nei nodì di Ranvier.  
La distanza internodale è 1-1,5 mm.



## Interruzione della guaina mielinica: i nodi di Ranvier

La mielina non ricopre totalmente l'assone, ma si interrompe nei nodi di Ranvier.  
La distanza internodale è 1-1,5 mm.



# IL POTENZIALE D'AZIONE

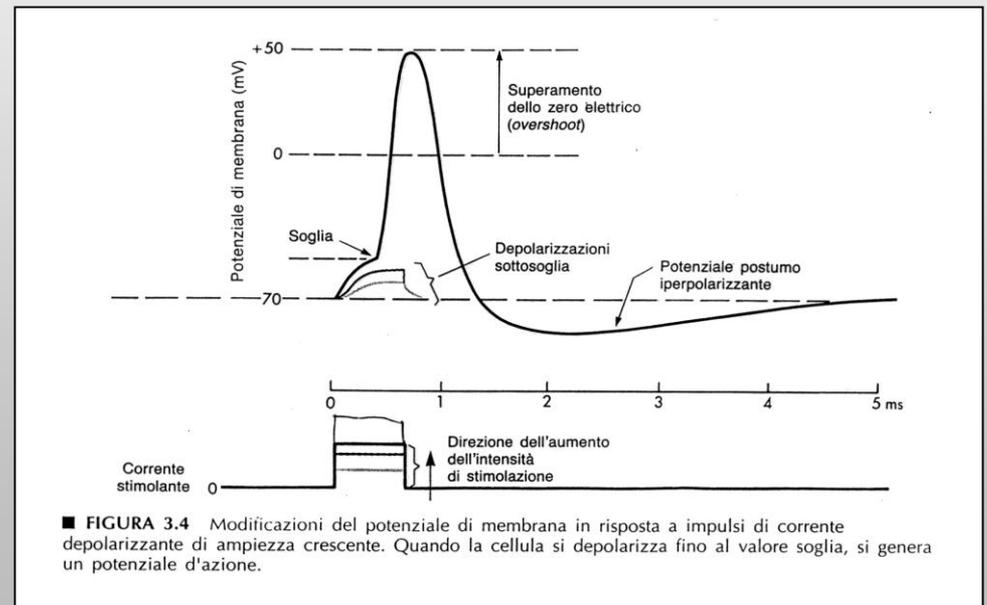
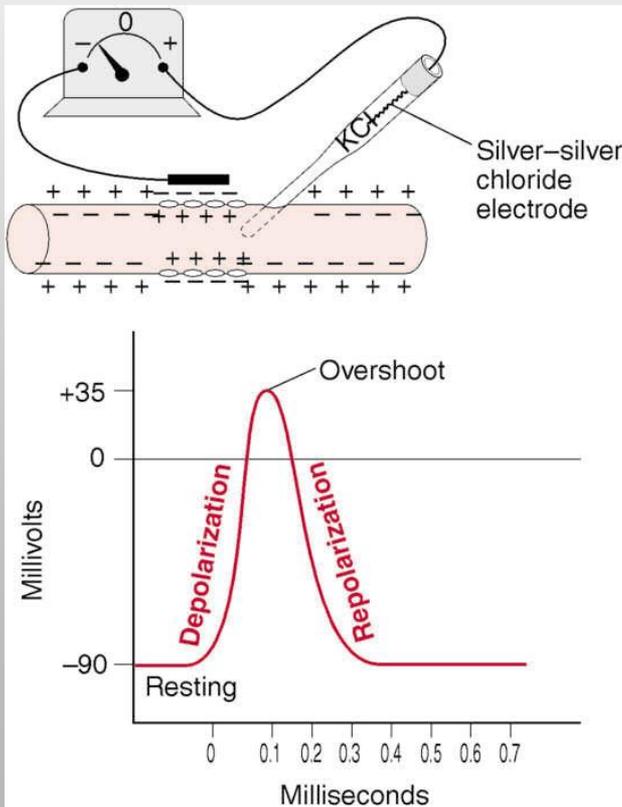
- Depolarizzazione
- Overshoot
- Iperpolarizzazione
- Ripolarizzazione

il PM diventa meno negativo (da -70 a -50)

il PM supera lo zero elettrico

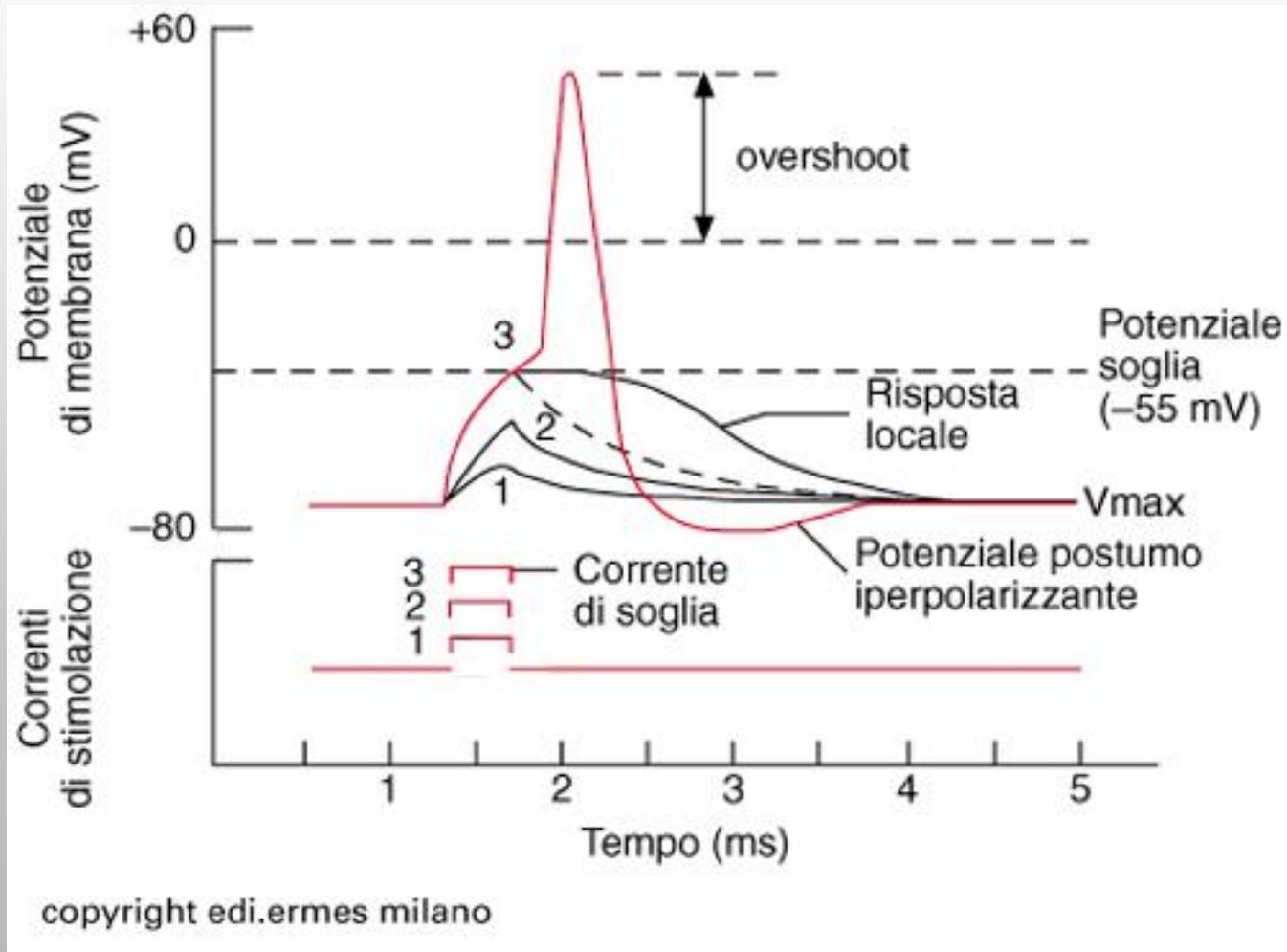
il PM diventa più negativo (da -70 a -90)

il PM torna a PMR ( a -70 mV)

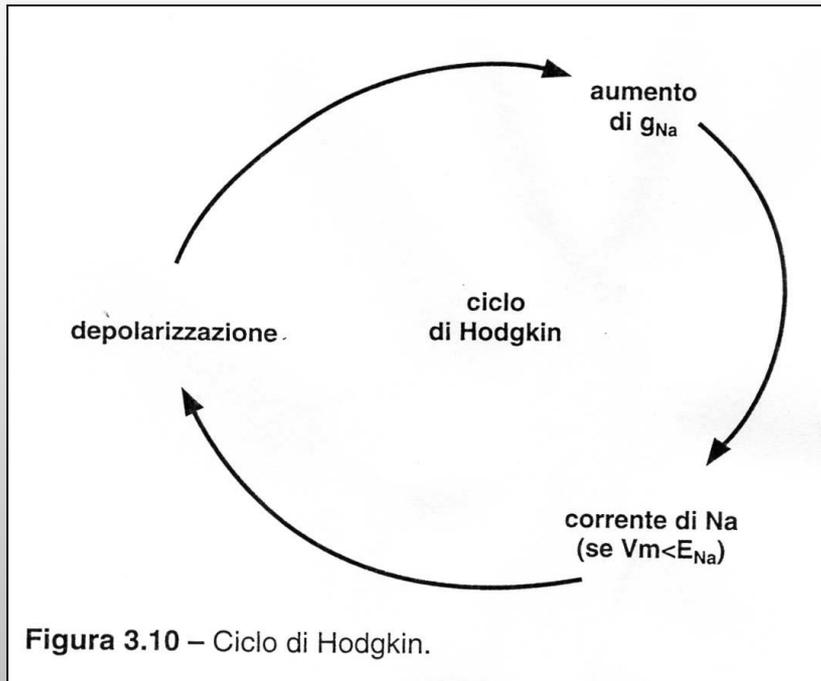


## Potenziale d'azione

Il potenziale d'azione è una variazione rapida del potenziale di membrana con rapido ritorno al potenziale di riposo.



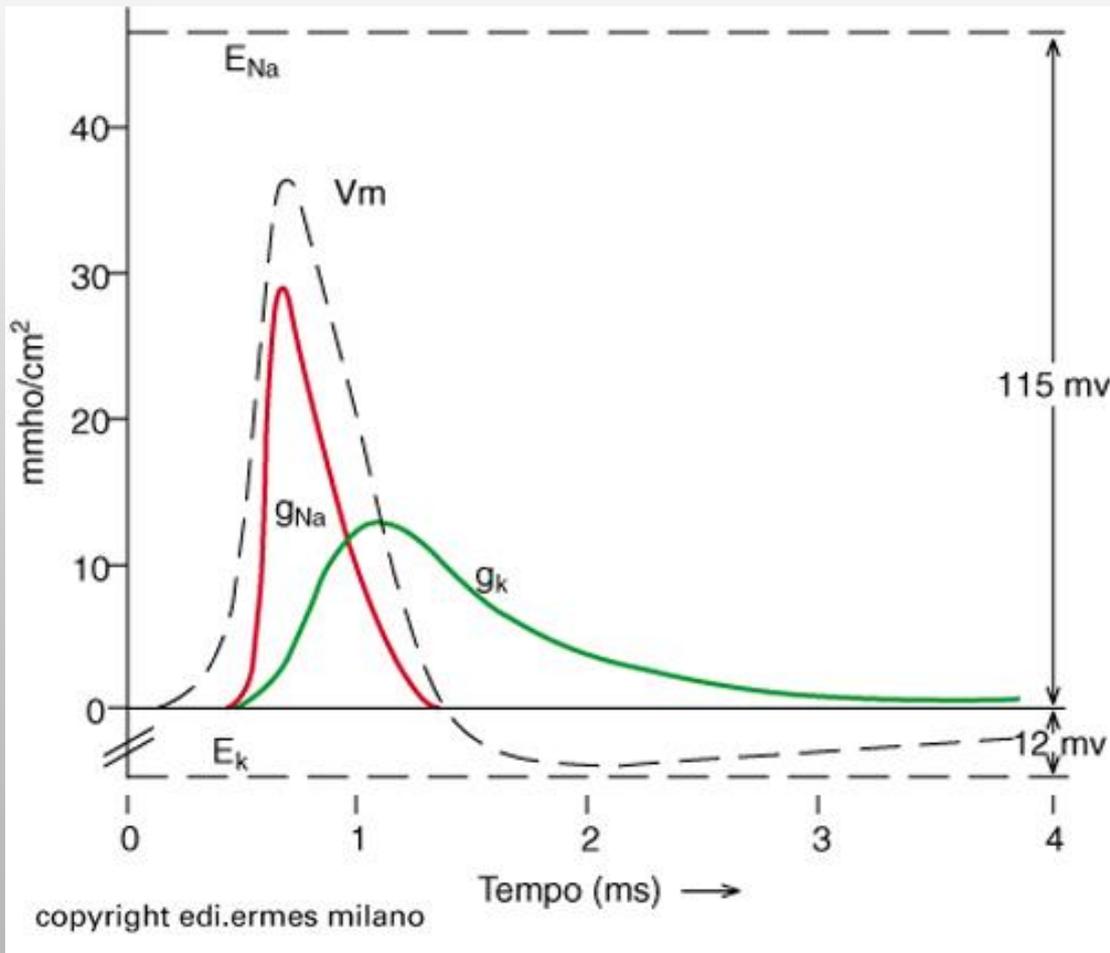
# GENESI DEL POTENZIALE D'AZIONE: CANALI VOLTAGGIO DIPENDENTI PER IL SODIO



- I canali per il sodio si aprono quando il potenziale di membrana diventa meno negativo. L'entrata di particelle positive riduce ulteriormente la negatività sul lato citoplasmatico e altri canali si aprono (effetto a cascata).
- Il PA è una risposta massimale tutto-o-nulla: una volta raggiunto il potenziale di soglia, il PA si autogenera ed evolve **spontaneamente**.

## Variazione di conduttanza durante il potenziale d'azione

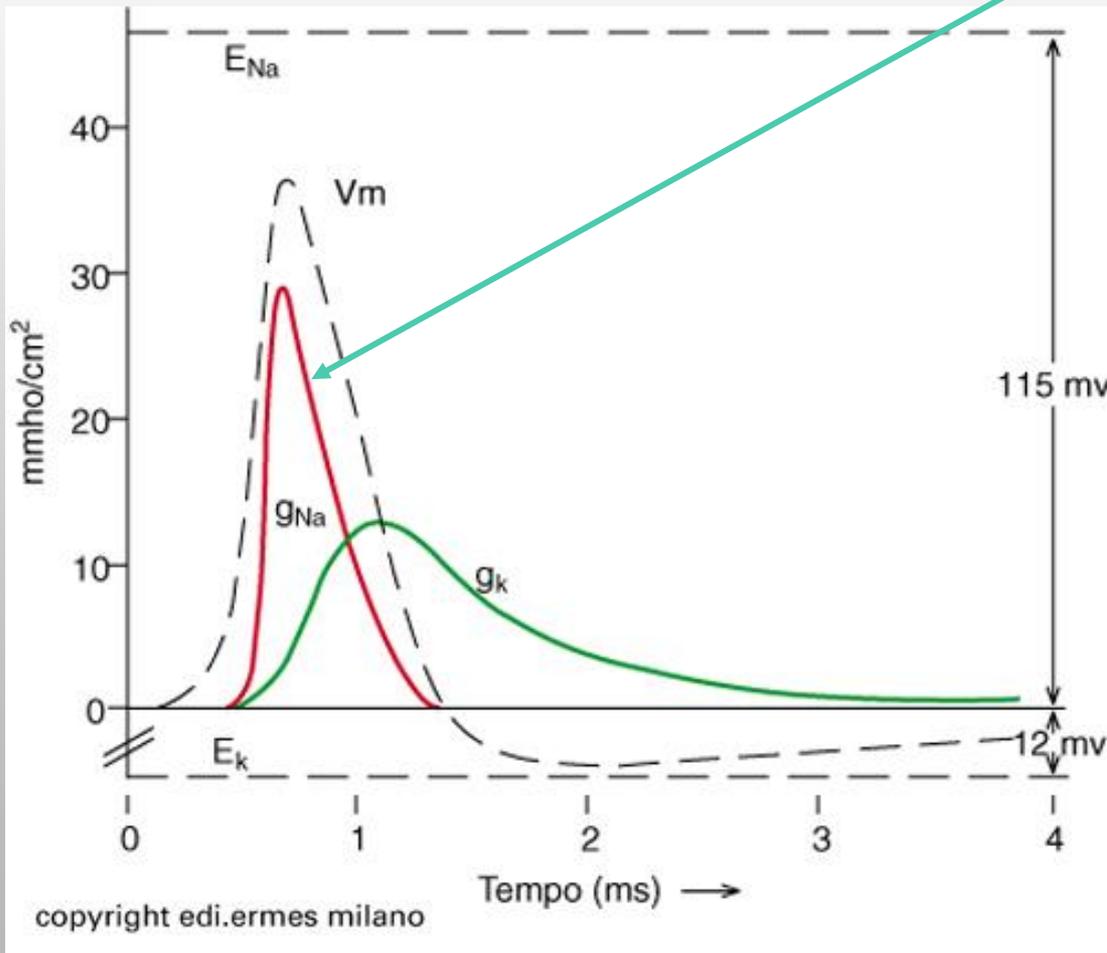
- Potenziale d'azione
- Conduttanza  $K^+$
- Conduttanza  $Na^+$



## Variazione di conduttanza durante il potenziale d'azione

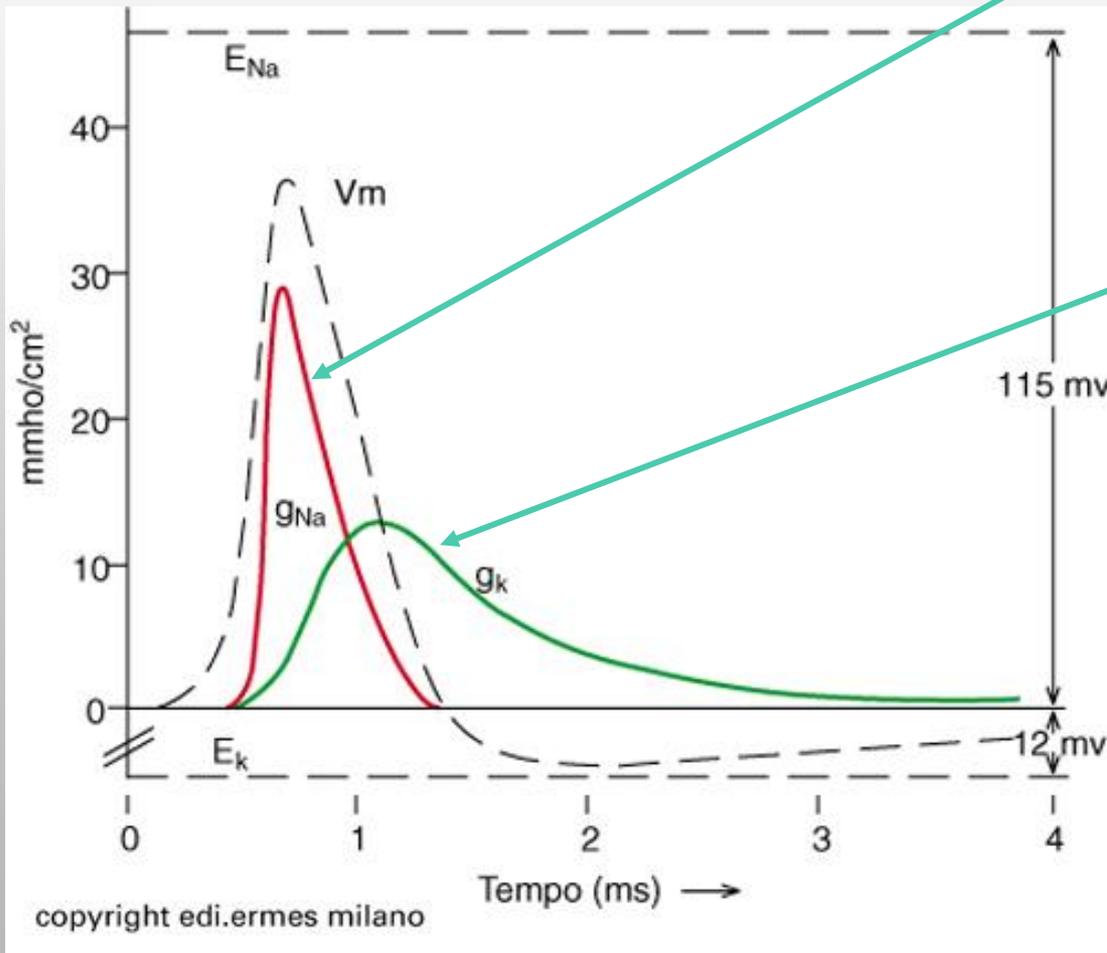
- Potenziale d'azione
- Conduttanza  $K^+$
- Conduttanza  $Na^+$

La conduttanza  $Na^+$  aumenta durante la fase iniziale inducendo la depolarizzazione per ingresso di  $Na^+$



# Variazione di conduttanza durante il potenziale d'azione

- Potenziale d'azione
- Conduttanza  $K^+$
- Conduttanza  $Na^+$

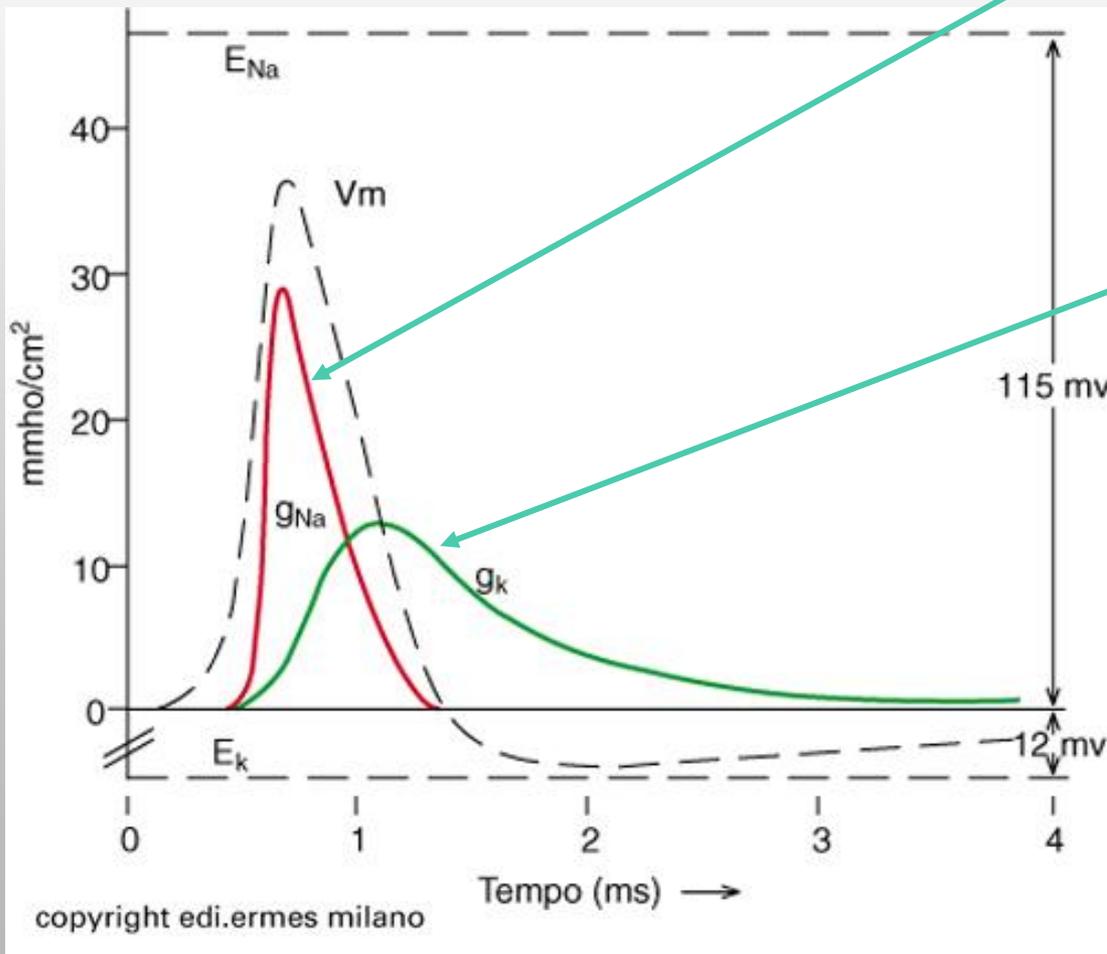


La conduttanza  $Na^+$  aumenta durante la fase iniziale inducendo la depolarizzazione per ingresso di  $Na^+$

La ripolarizzazione è dovuta ad un aumento per conduttanza  $K^+$

## Variazione di conduttanza durante il potenziale d'azione

- Potenziale d'azione
- Conduttanza  $K^+$
- Conduttanza  $Na^+$

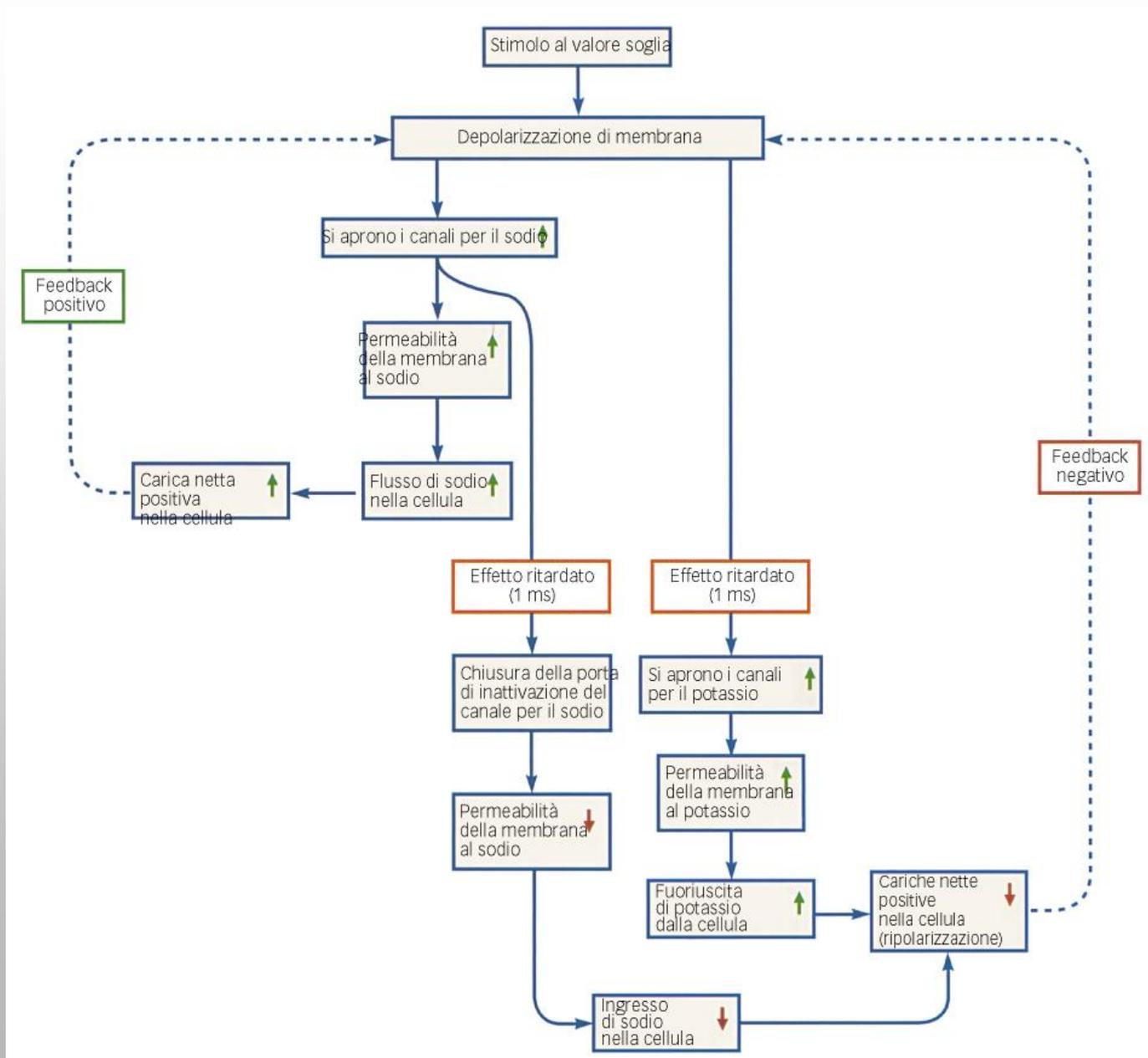


La conduttanza  $Na^+$  aumenta durante la fase iniziale inducendo la depolarizzazione per ingresso di  $Na^+$

La ripolarizzazione è dovuta ad un aumento per conduttanza  $K^+$

Alla fine del potenziale d'azione ci sarà un po' più  $K^+$  all'esterno e un po' più  $Na^+$  all'interno. Le concentrazioni iniziali sono ripristinate dalla pompa  $Na^+-K^+$

# Variazione di conduttanza durante il potenziale d'azione



## Genesi del potenziale d'azione

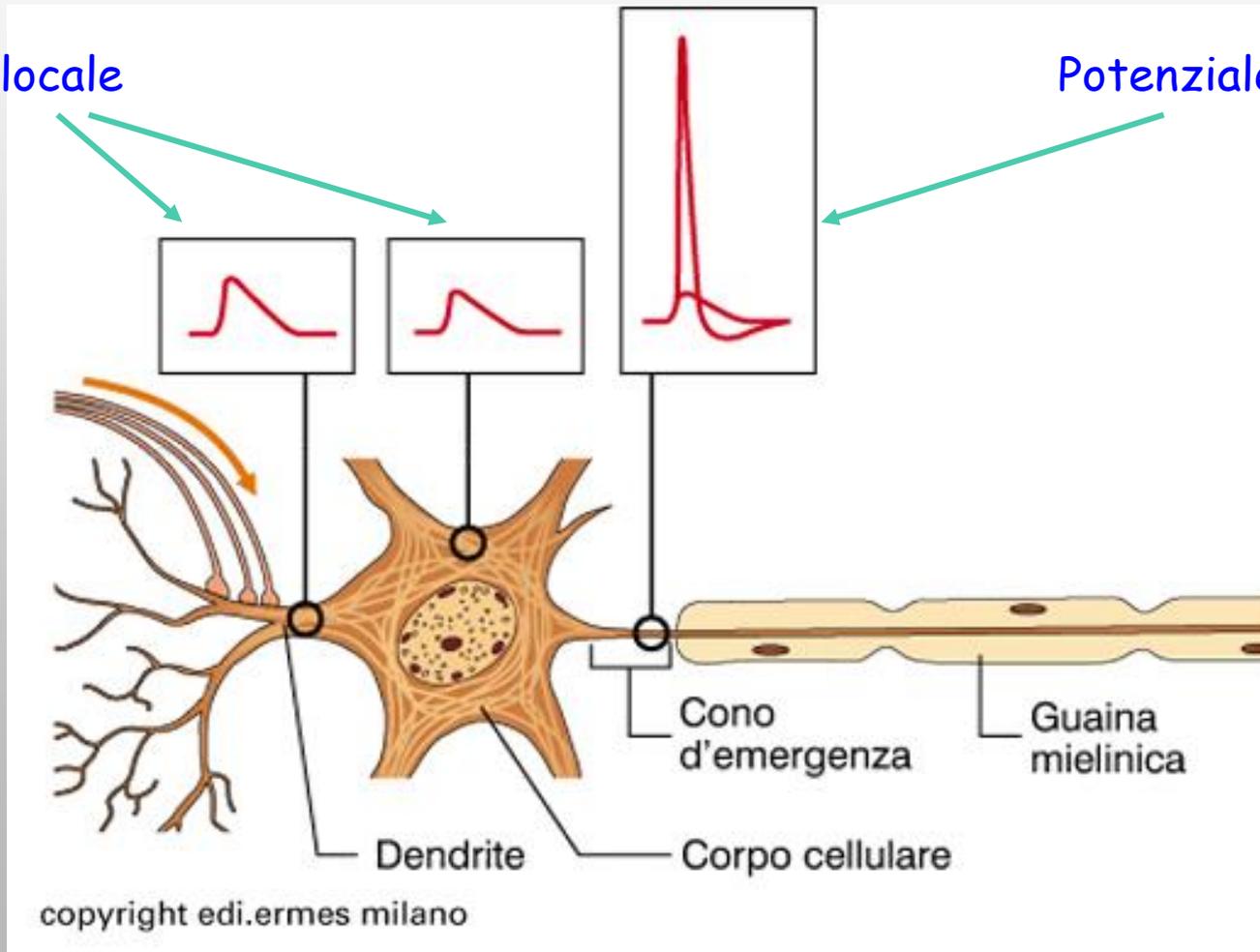
L'unica zona della membrana di un neurone in cui si può generare il potenziale d'azione è il monticolo assonico, nelle altre parti sono possibili solo potenziali locali.

## Genesi del potenziale d'azione

L'unica zona della membrana di un neurone in cui si può generare il potenziale d'azione è il monticolo assonico, nelle altre parti sono possibili solo potenziali locali.

Potenziale locale

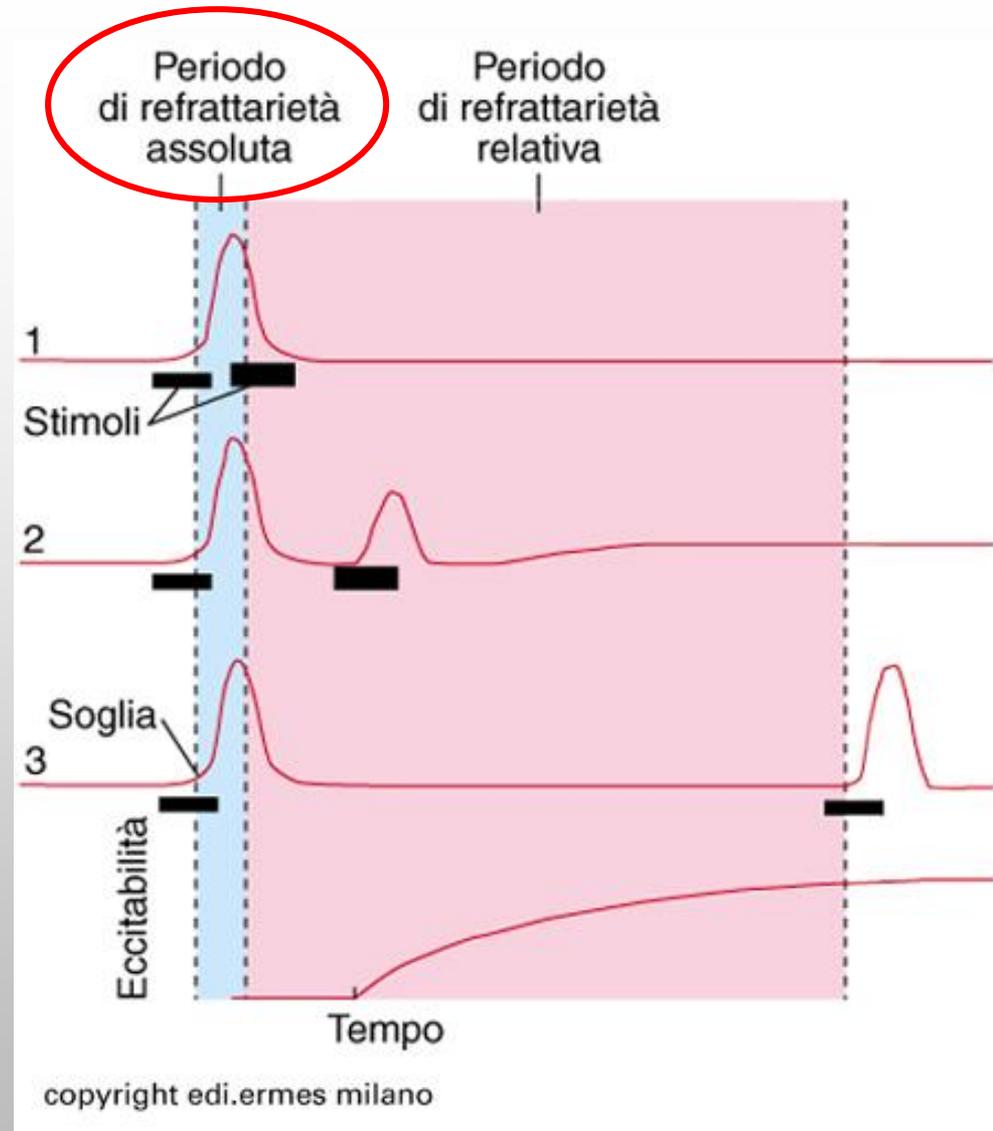
Potenziale d'azione



## Periodi refrattari

Due periodi refrattari :

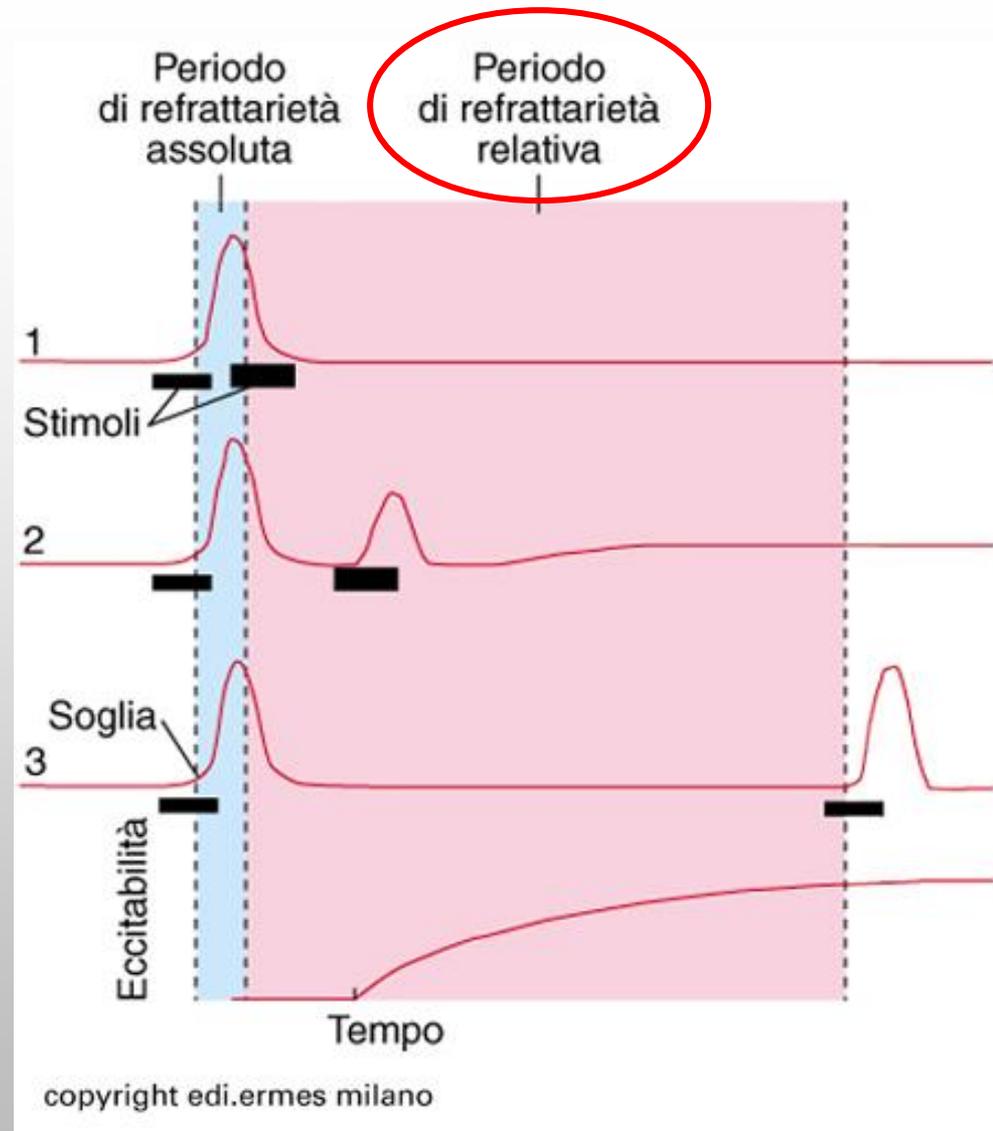
- Periodo refrattario assoluto  
Non può mai insorgere un potenziale d'azione



## Periodi refrattari

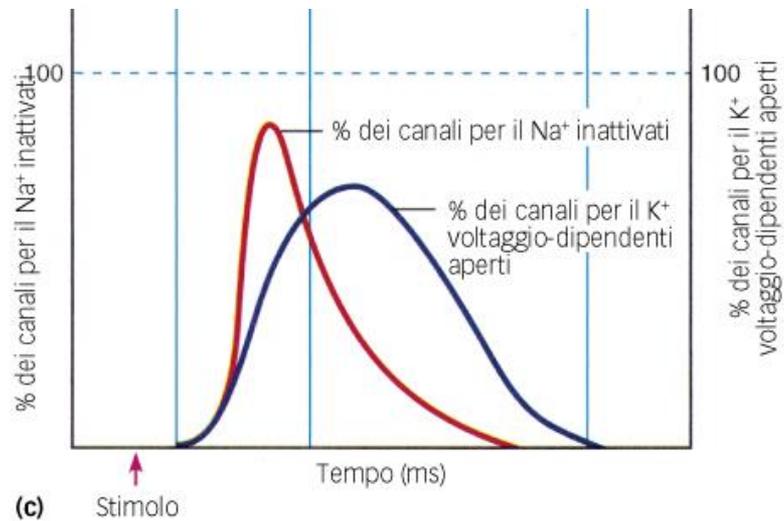
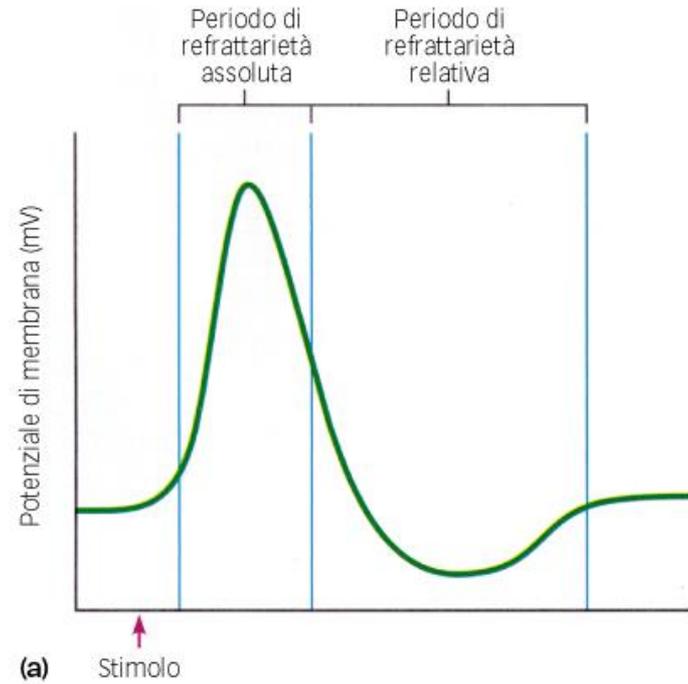
Due periodi refrattari :

- ✚ Periodo refrattario assoluto  
Non può mai insorgere un potenziale d'azione
- ✚ Periodo refrattario relativo  
Può insorgere un potenziale d'azione solo se lo stimolo è sopra soglia

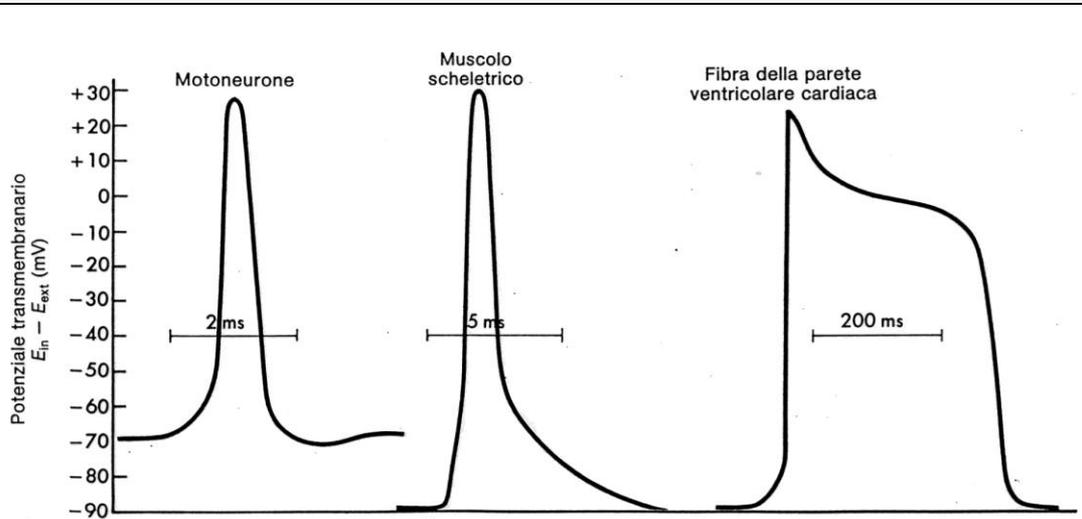


La refrattarietà impedisce la fusione di due impulsi e permette la propagazione di impulsi separati

# Periodi refrattari



# IL PA NEI DIVERSI TESSUTI ECCITABILI

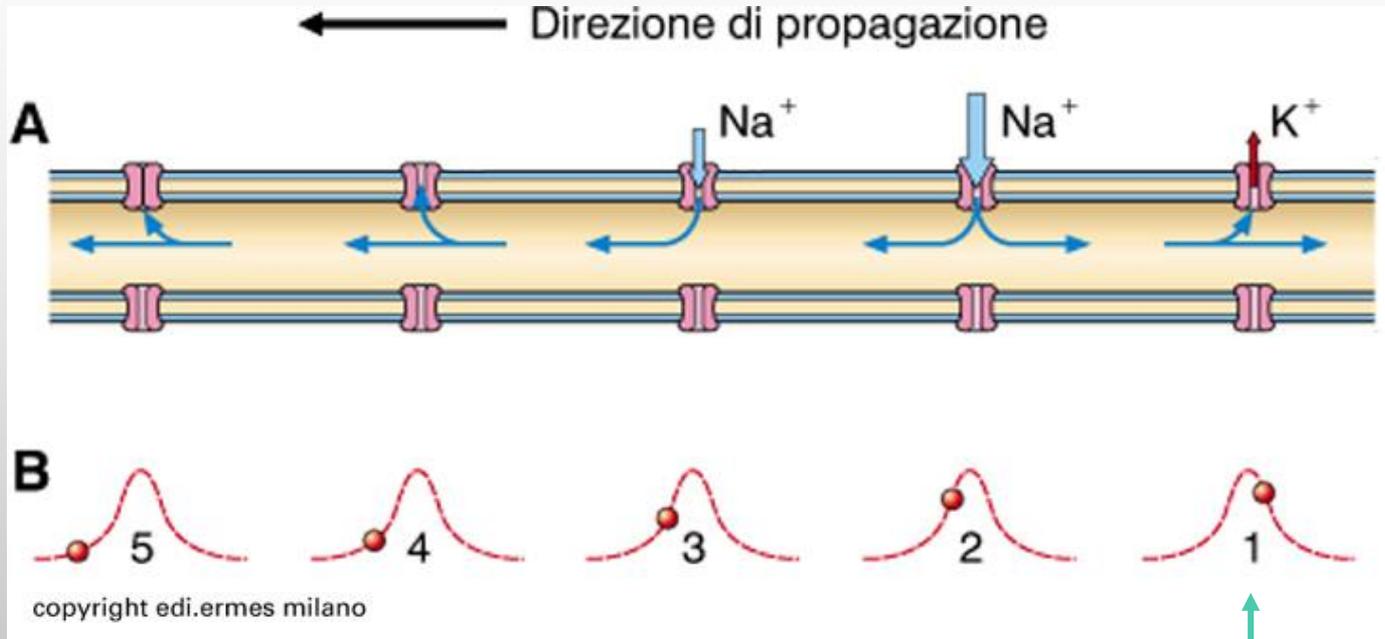


■ FIGURA 3.1 Potenziali d'azione (notare le diverse scale temporali) prodotti da tre diversi tipi di cellule di vertebrati. [Ridisegnato da Flickinger, C.J., et al., *Medical cell biology*, W.B. Saunders Co., Philadelphia 1979].

- Potenziali d'azione diversi (per durata e forma) in diversi tipi di cellule eccitabili indicano che le membrane cellulari contengono canali ionici diversi
- Tutte le cellule hanno il PMR. Solo quelle eccitabili possono variare il PM in base ad uno stimolo adeguato

# Propagazione del potenziale d'azione

La corrente depolarizzante è dovuta all'ingresso di cariche positive.



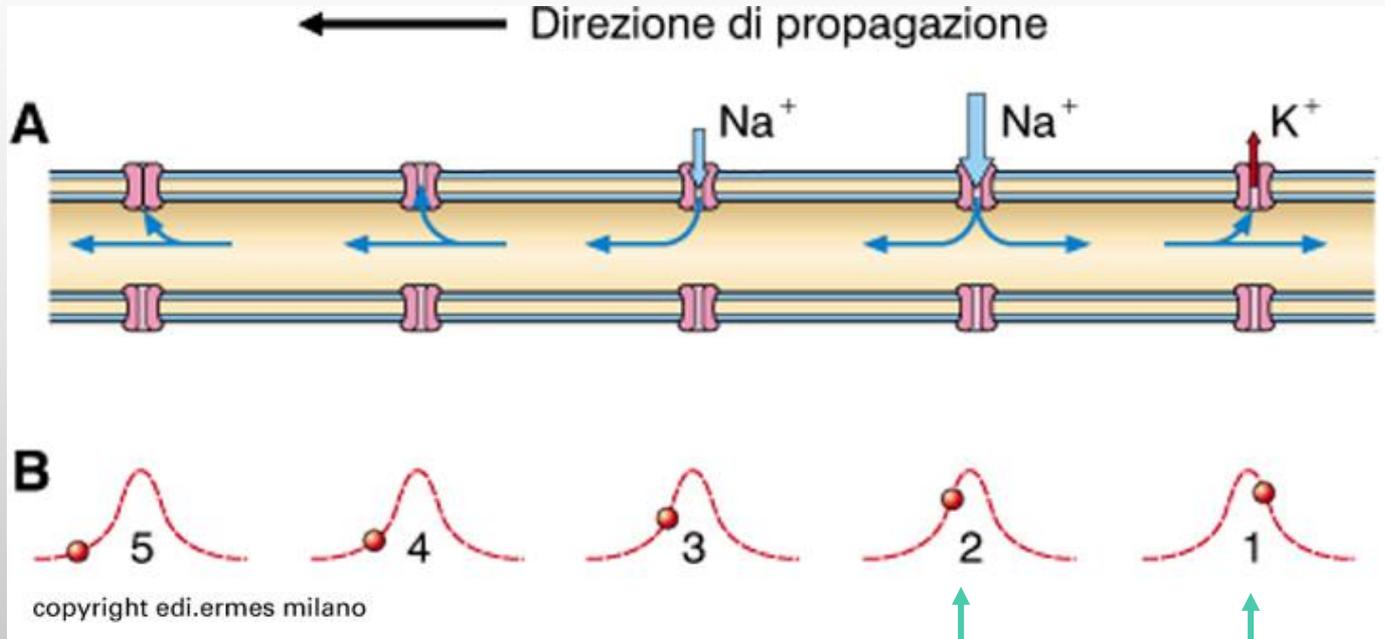
Terminazioni  
sinaptiche

Monticolo  
assonico

La membrana  
comincia a  
ripolarizzarsi

# Propagazione del potenziale d'azione

La corrente depolarizzante è dovuta all'ingresso di cariche positive.



Terminazioni  
sinaptiche

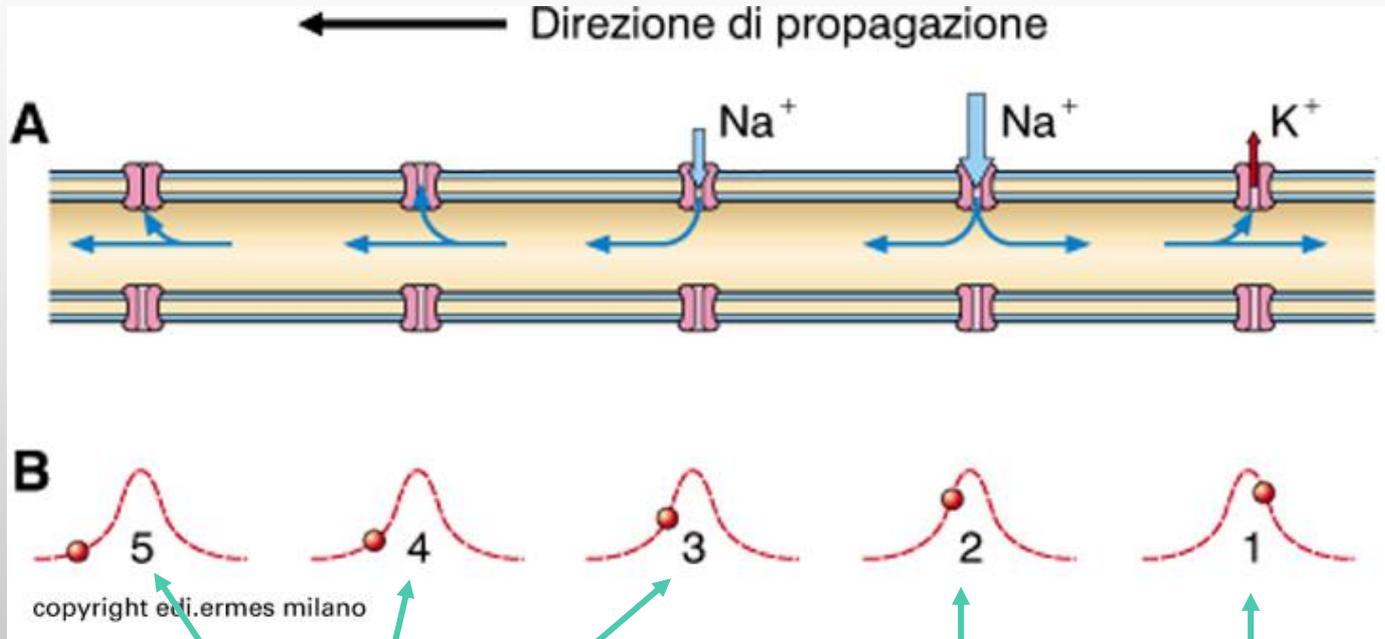
Monticolo  
assonico

La membrana  
raggiunge il picco  
del potenziale

La membrana  
comincia a  
ripolarizzarsi

# Propagazione del potenziale d'azione

La corrente depolarizzante è dovuta all'ingresso di cariche positive.



Terminazioni  
sinaptiche

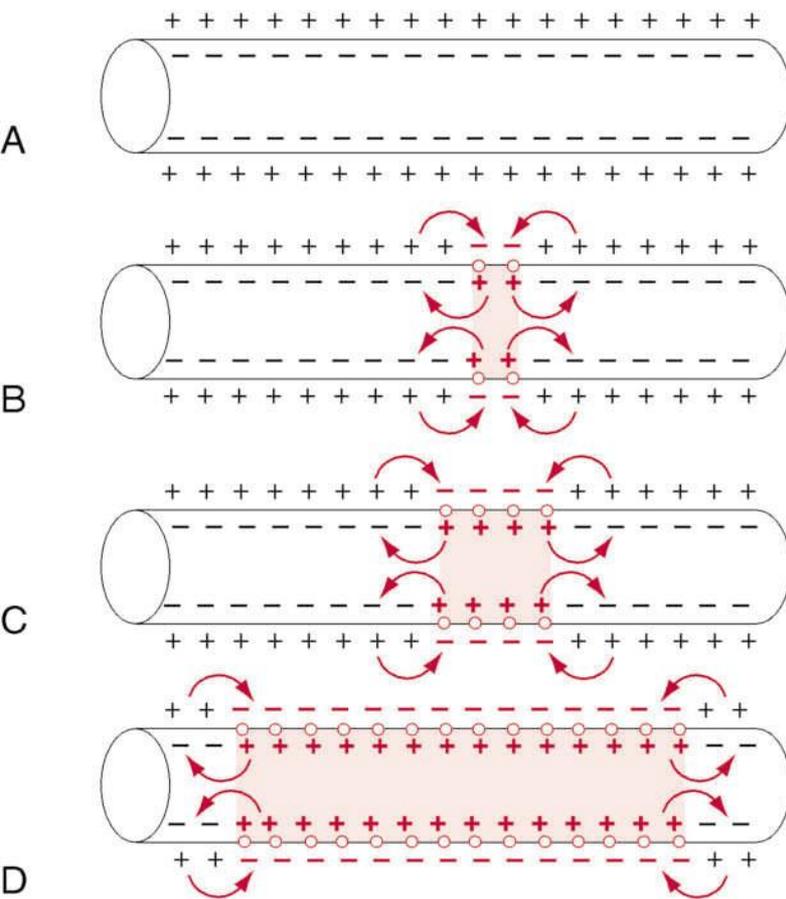
Monticolo  
assonico

La membrana è in tre  
successive fasi di  
depolarizzazione

La membrana  
raggiunge il picco  
del potenziale

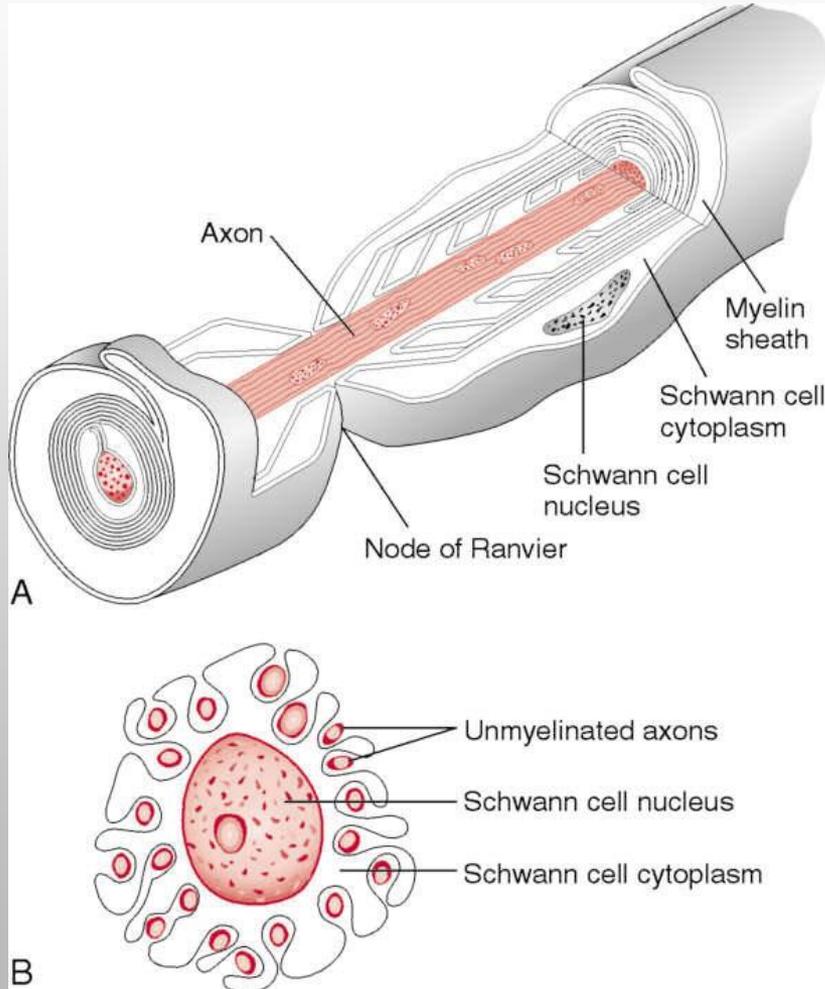
La membrana  
comincia a  
ripolarizzarsi

# PROPAGAZIONE DI PA-FIBRE AMIELINICHE



- **Impulso nervoso:** onda di depolarizzazione che corre lungo l'assone
- Zona del PA iniziale: punto di *scarico* in cui ioni  $\text{Na}^+$  fluiscono verso l'interno
- Ioni  $\text{Na}^+$  sono richiamati da zone adiacenti (*sorgente*) della membrana e la corrente assume un andamento circolare
- L'accumulo di cariche positive lungo l'assone dalla parte interna della membrana nelle zone sorgenti può raggiungere il potenziale di soglia ed innescare il PA
- Ripetendosi questo meccanismo, tratti successivi dell'assone possono depolarizzarsi e l'impulso si trasmette.
- La **velocità di conduzione** nelle fibre amieliniche è **proporzionale al diametro delle fibre**

# PROPAGAZIONE DI PA-FIBRE MIELINICHE

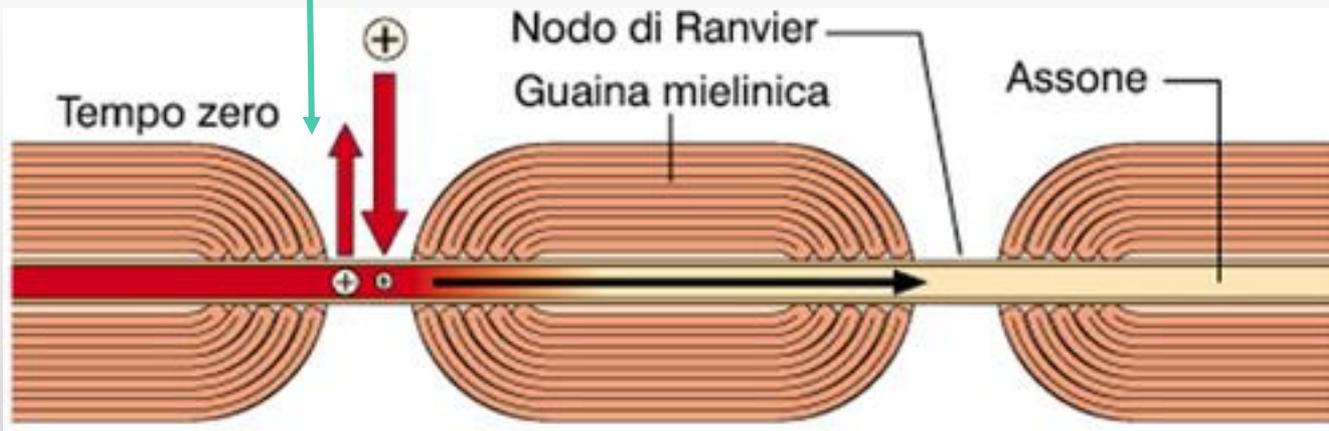


- **Mielina:** sostanza lipidica che conduce male la corrente ionica per cui i tratti di assone rivestiti da mielina sono isolati elettricamente dal LEC e non permettono il passaggio degli ioni coinvolti nella genesi del PA
- I segmenti ricoperti da mielina non si depolarizzano

## Conduzione saltatoria del potenziale d'azione

La membrana si depolarizza

Direzione di propagazione



# Conduzione saltatoria del potenziale d'azione

Direzione di propagazione



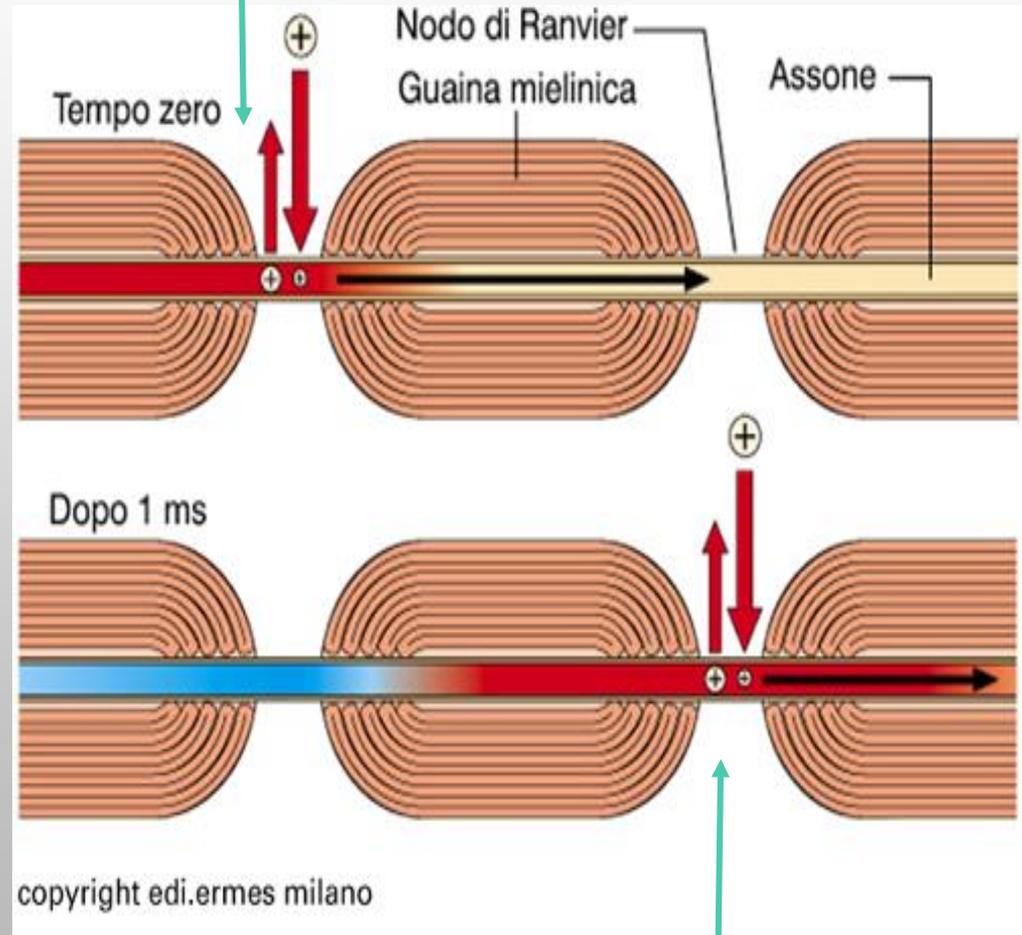
Le zone sprovviste di mielina (nodi di Ranvier) posseggono un gran numero di canali per il  $\text{Na}^+$  e possono depolarizzarsi

• L'impulso è condotto lungo l'assone da un nodo all'altro

• Conduzione saltatoria

• Velocità di propagazione della depolarizzazione molto più elevata rispetto a quanto osservato nelle fibre amieliniche.

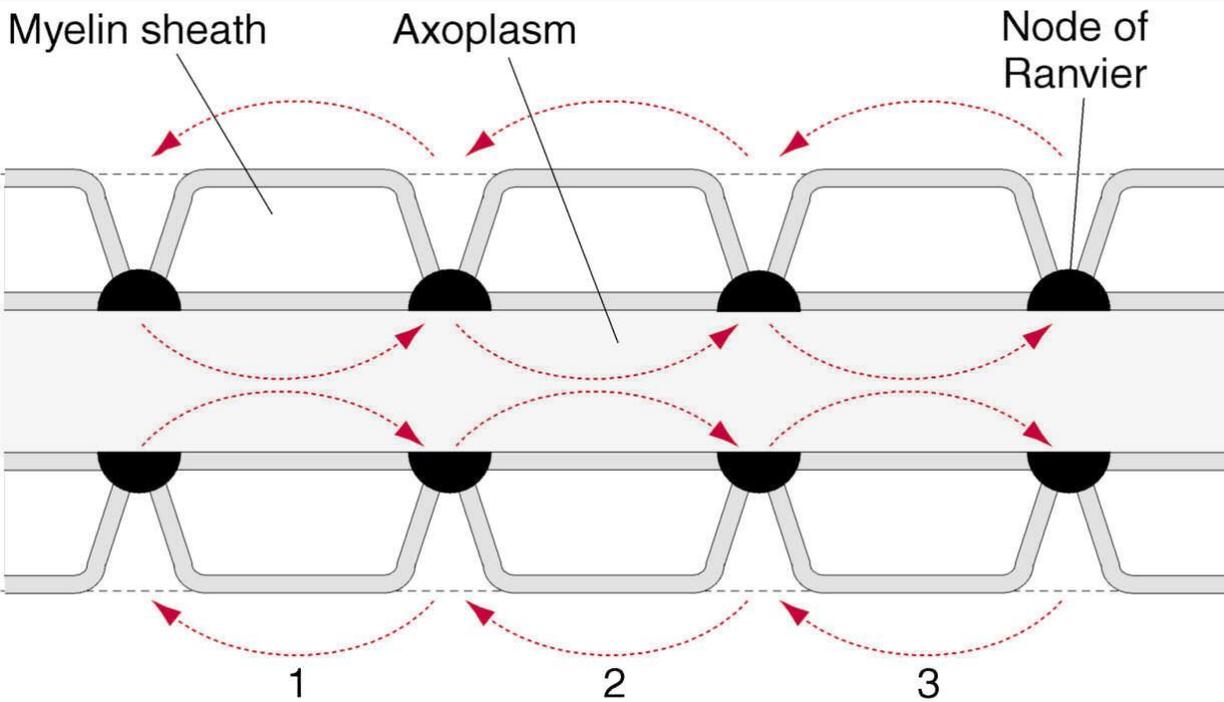
La membrana si depolarizza



copyright edi.ermes milano

La membrana si depolarizza

# PROPAGAZIONE DI PA-FIBRE MIELINICHE



- Le zone sprovviste di mielina (**nodi di Ranvier**) posseggono un gran numero di canali per il  $\text{Na}^+$  e possono depolarizzarsi
- L'impulso è condotto lungo l'assone da un nodo all'altro
- **Conduzione saltatoria**
- Velocità di propagazione della depolarizzazione **molto più elevata** rispetto a quanto osservato nelle fibre amieliniche

# Classificazione delle fibre nervose

(In base alla velocità di conduzione)

## Fibre del gruppo A

- Fibre mieliniche nervi periferici
- 5- 120 m/s
- Alfa: 80 - 120 m/s
- Beta: 35-80 m/s
- Delta: 5-30 m/s

## Fibre del gruppo B

- Fibre mieliniche del sistema nervoso autonomo
- < 50 m/s

## Fibre del gruppo C

- Fibre amieliniche a lenta conduzione
- < 2 m/s

# **BIBLIOGRAFIA**

- **Fisiologia dell'Uomo, autori vari, Edi.Ermes, Milano**
  - **Capitolo : Neurofisiologia generale (Capitoli 1.3, 1.4, 1.5)**
- **Fisiologia Generale ed Umana, Rhoades-Pflanzer**
  - **Capitolo 7: Organizzazione generale del sistema nervoso**