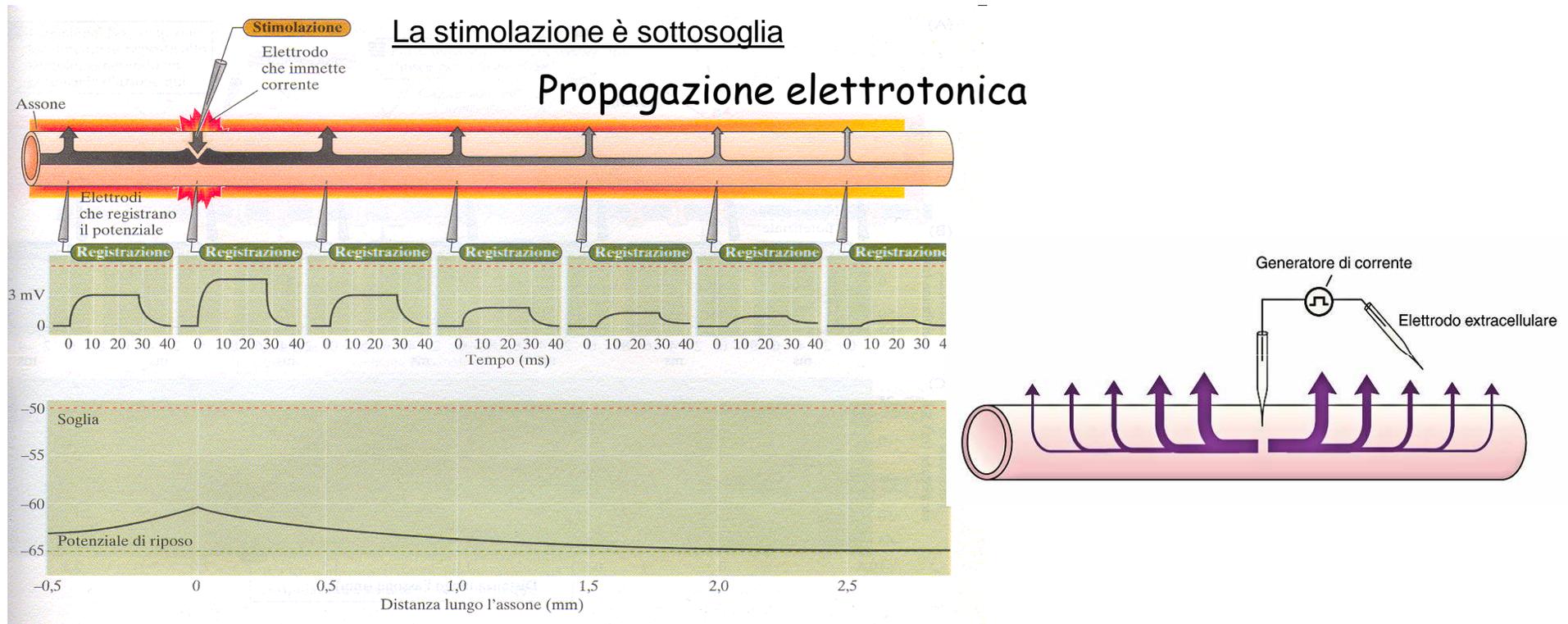
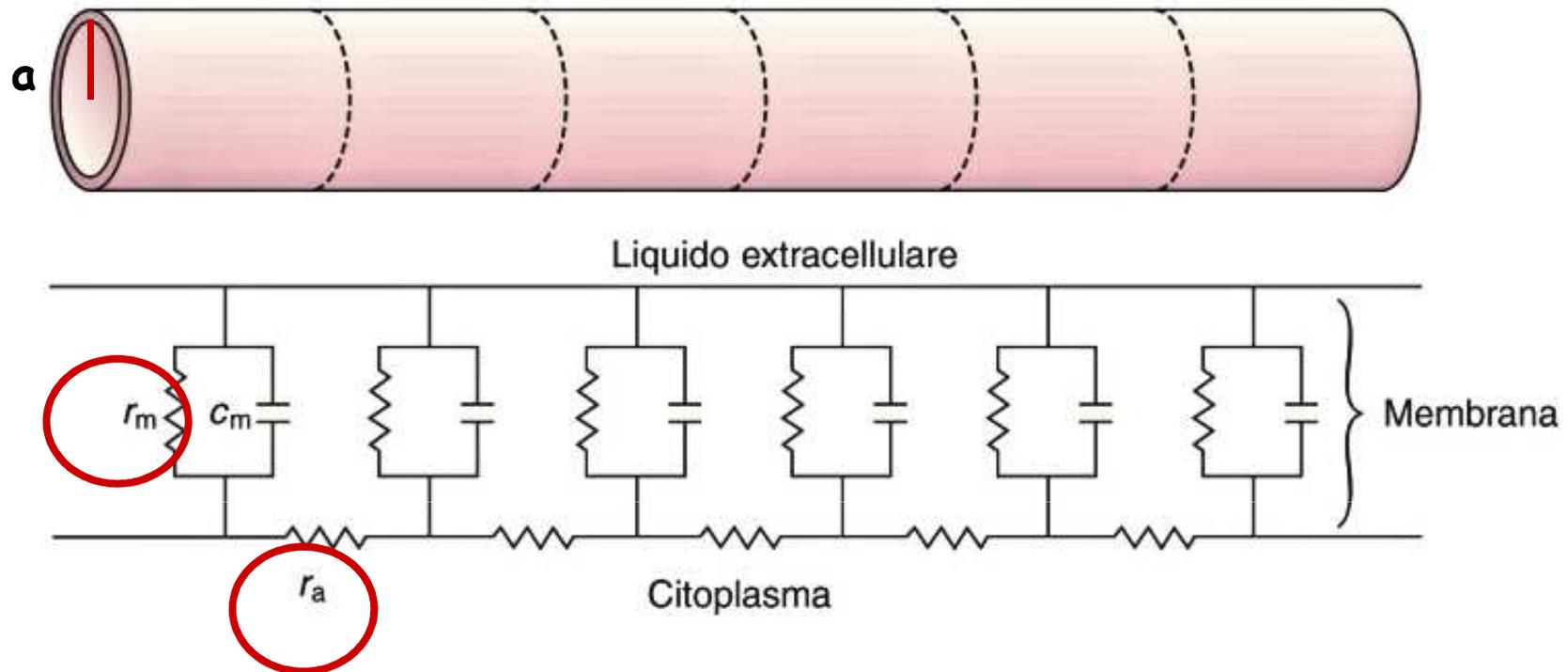


Un potenziale sotto soglia nato in un punto diminuisce di ampiezza man mano che è condotto lungo l'assone o i dendriti di un neurone (**conduzione elettrotonica**). La resistenza di membrana (r_m) e dell'assone (r_a) influenzano l'efficienza con cui vengono condotti i segnali elettrici.



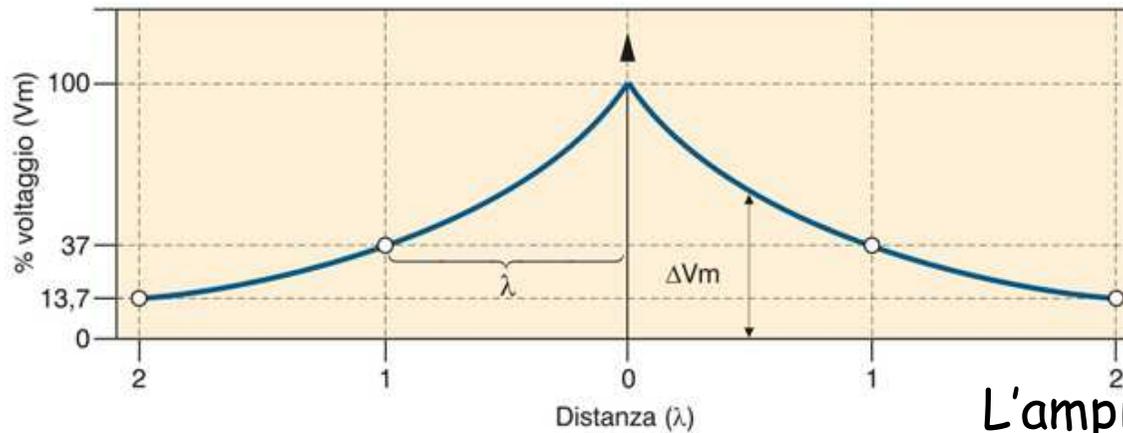
La corrente applicata in un punto si propaga lungo l'assone ma in parte viene persa attraverso la r_m . Questo determina attenuazione del segnale man mano che ci si allontana dal punto di stimolazione.

Sia r_a che r_m dipendono dal diametro del conduttore



• $r_a = \rho / \pi a^2$ (ρ = resistenza specifica di 1cm^3 di citoplasma, πa^2 = area sezione del processo). $\uparrow a \rightarrow \downarrow r_a$

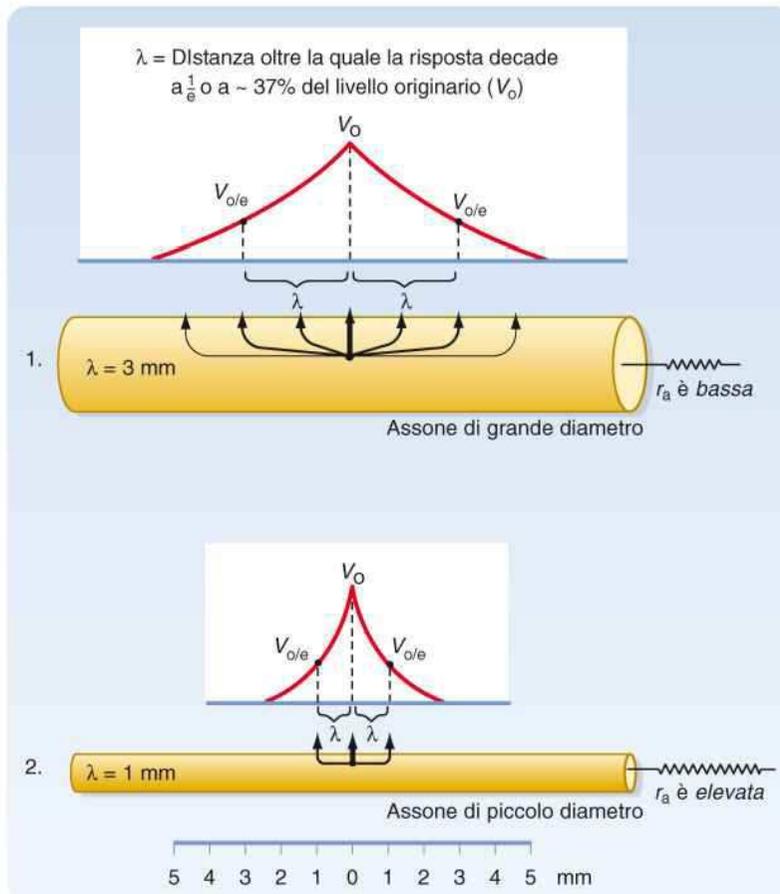
• $r_m = r_{sm} / 2\pi a$ (r_{sm} = resistenza specifica di membrana, $2\pi a$ = superficie laterale del cilindro: estensione della membrana). $\uparrow a \rightarrow \downarrow r_m$



$$\Delta V(x) = \Delta V_0 e^{-\frac{x}{\lambda}}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{r_m}{r_a}}$$

L'ampiezza del potenziale decresce esponenzialmente con la distanza. λ (**costante di spazio**) è la distanza alla quale V_m cade al 37% del valore iniziale.



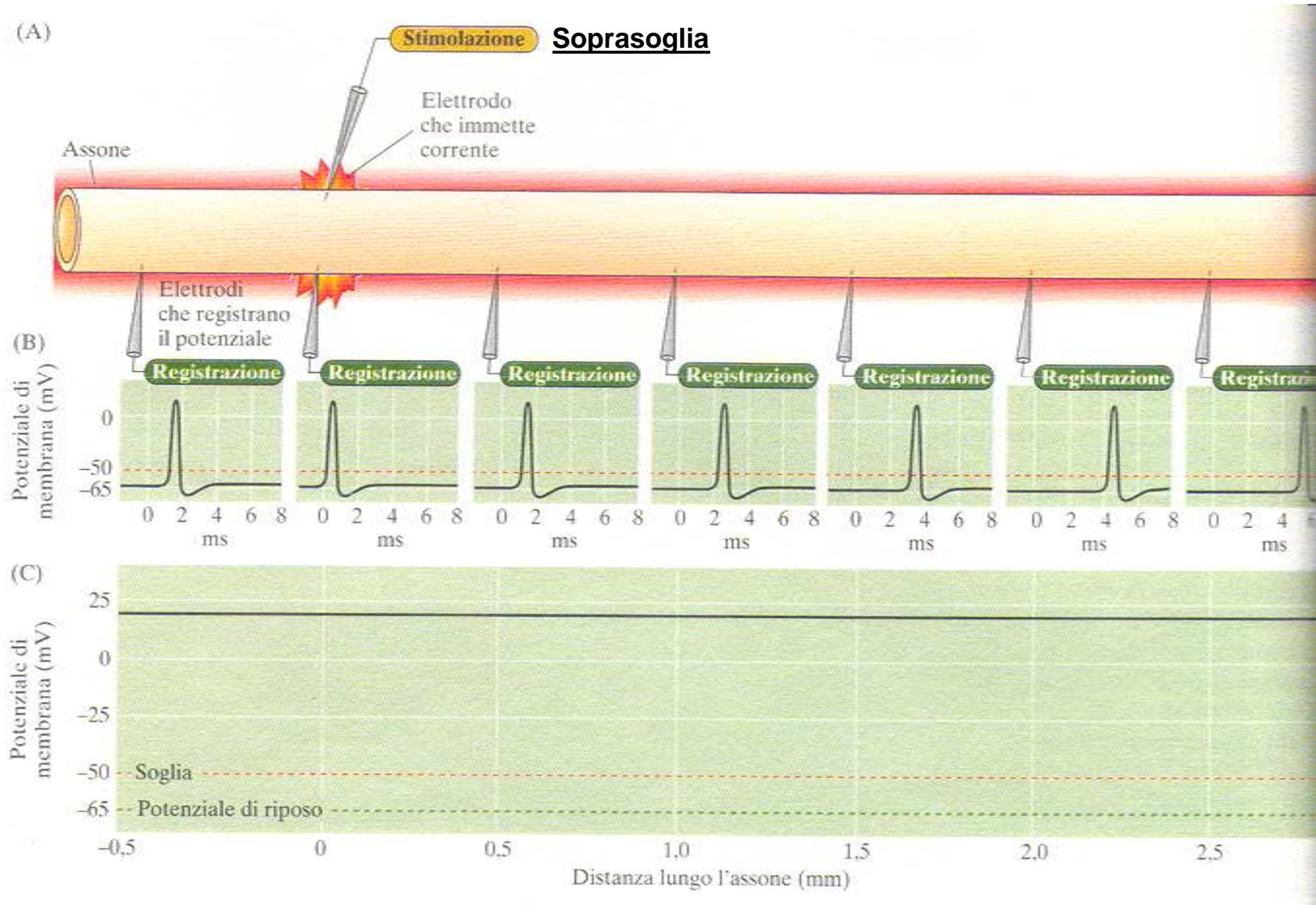
λ aumenta con il diametro (d) della fibra (il rapporto r_m/r_a è correlato al raggio, $\lambda \propto \sqrt{d}$)

Maggiore è λ migliori sono le proprietà del cavo conduttore.

λ : ~1 mm (assoni)
~150-200 μm (dendriti)

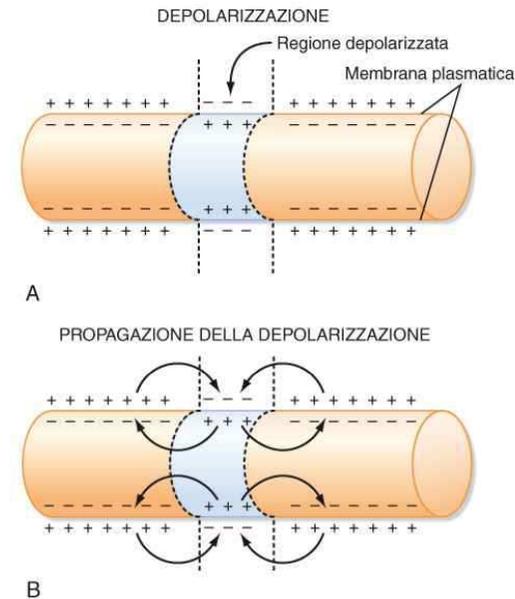
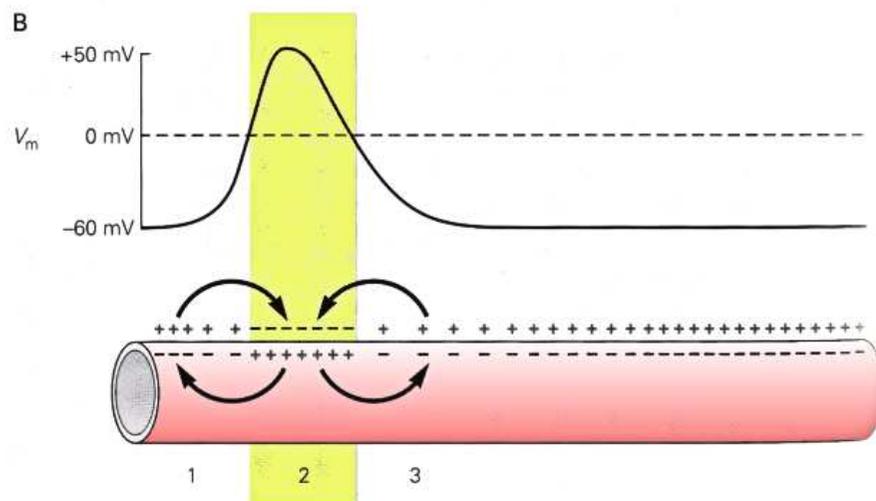
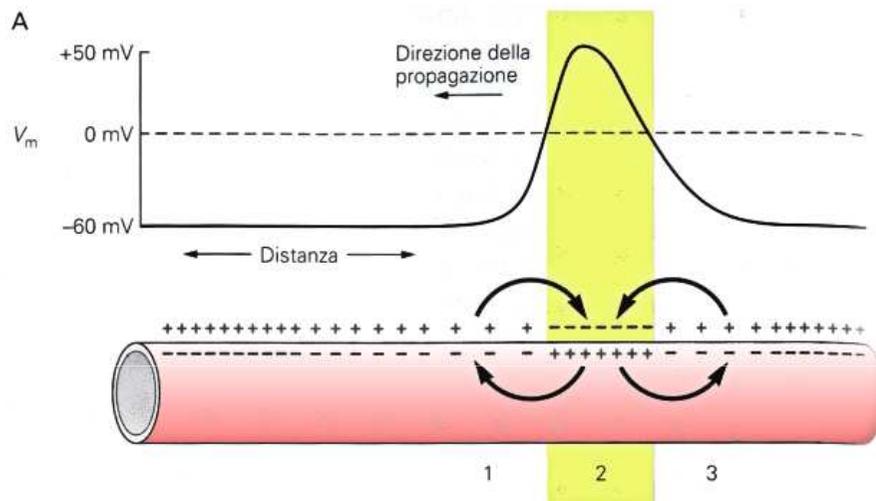
Propagazione del potenziale d'azione

Il pda si propaga a grandi distanze senza decremento permettendo la **conduzione dell'informazione nervosa**.



Propagazione del potenziale d'azione

La conduzione del **pda** lungo un assone dipende dalla continua generazione di nuovi pda. La differenza di potenziale che si crea tra il punto dove è nato un **pda** e le zone vicine a riposo genera correnti ioniche (**elettrotoniche**) che **depolarizzano** la zona inattiva, fino alla soglia per la nascita di un nuovo pda.

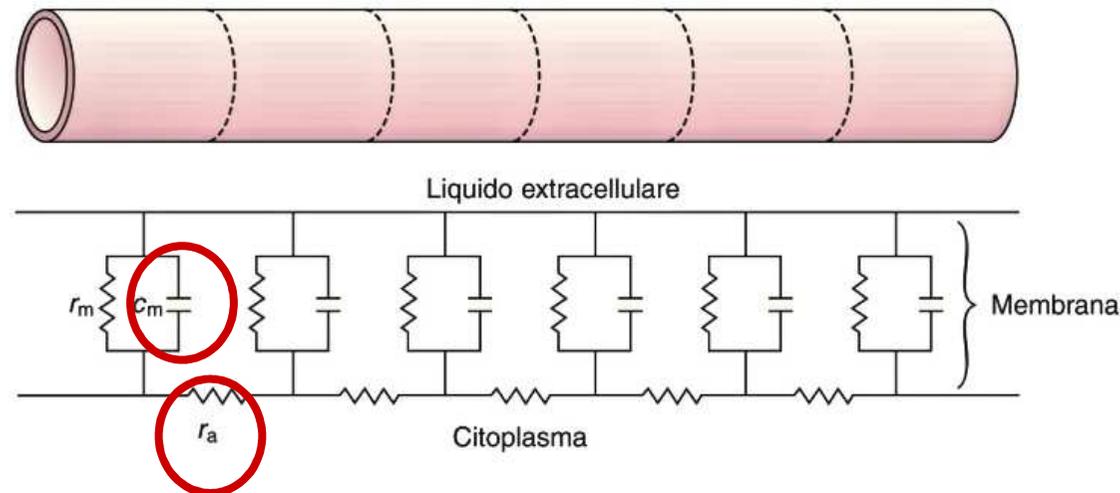


Koeppen, Stanton Berne & Levy Fisiologia, VI edizione Copyright 2010 C.E.A. Casa Editrice Ambrosiana

La velocità di propagazione del pda dipende dal valore della **costante di spazio (λ)**.

\uparrow diametro \rightarrow \uparrow velocità di conduzione del pda

La velocità di propagazione del pda dipende dalla **resistenza assiale (r_a)** e dalla **capacità di membrana (C_m)**.



- $\uparrow r_a \rightarrow \downarrow$ corrente che passa nel tratto di membrana adiacente. E' necessario più tempo per depolarizzare zone di membrana adiacenti.
- $\uparrow C_m \rightarrow \uparrow$ carica Q necessaria a far variare il potenziale (depolarizzare la membrana). La corrente, per determinare una data depolarizzazione, deve scorrere per un tempo maggiore e la trasmissione è rallentata.

La velocità con cui la depolarizzazione si propaga durante la conduzione del pda, è inversamente proporzionale a $r_a \cdot C_m$

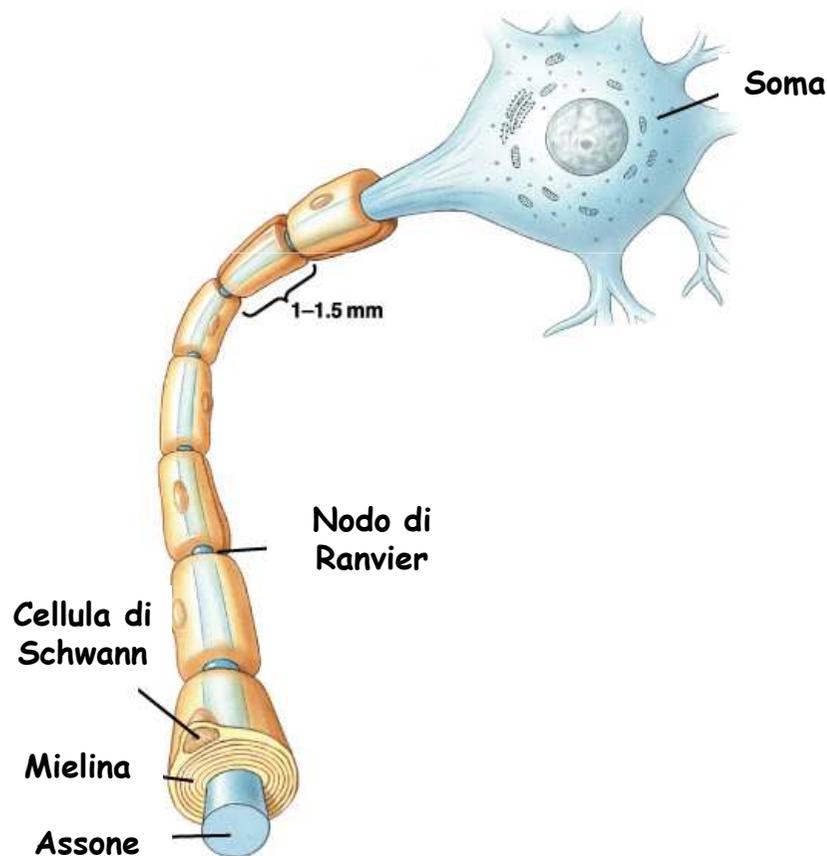
$$v \sim 1/r_a C_m$$

Per aumentare la velocità di propagazione si può:

- Diminuire r_a = aumentare il diametro della fibra nervosa
- Diminuire C_m
- Aumentare r_m

$$v \sim 1/r_a C_m$$

Mielinizzazione della fibra nervosa

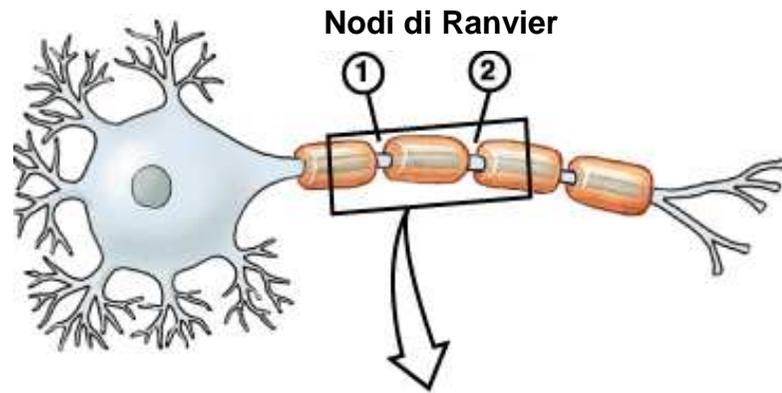


Equivale ad aumentare di 100 volte lo **spessore** della membrana assonale con conseguente:

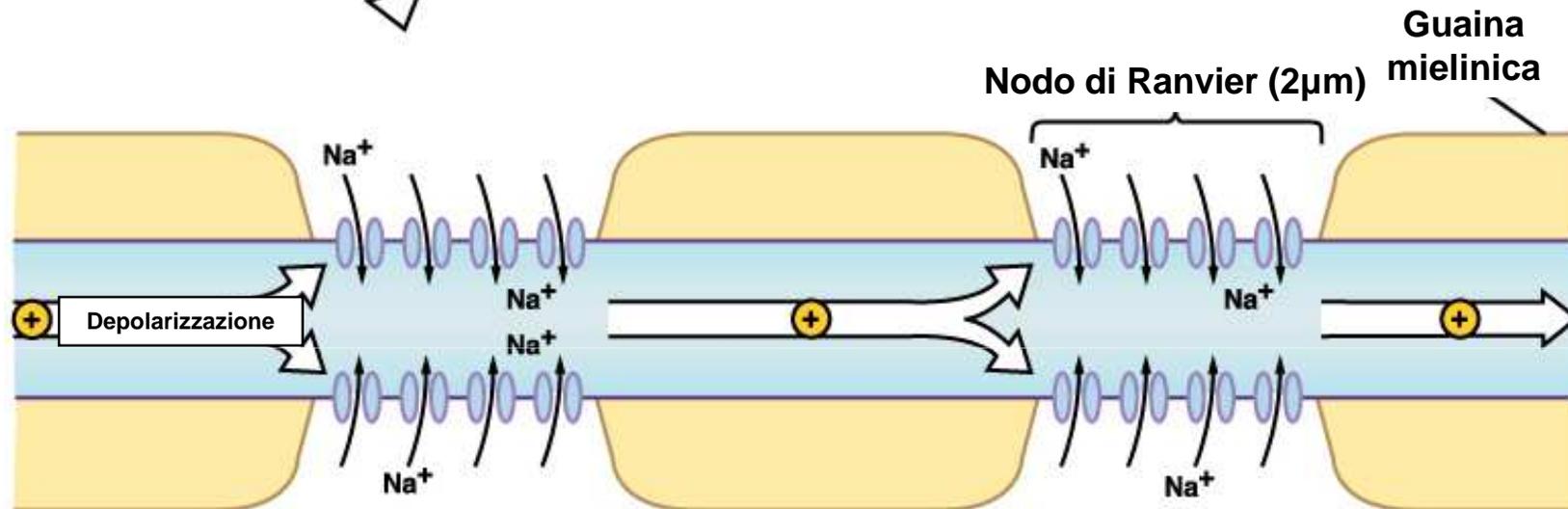
- $\downarrow C_m$ (C è inversamente proporzionale allo spessore dell'isolante) $\rightarrow \downarrow r_a \cdot C_m$
- $\uparrow r_m$ (gli avvolgimenti di membrana rappresentano resistenze in serie, che si sommano). $\rightarrow \uparrow \lambda$

La diminuzione di $r_a C_m$ dovuta alla mielinizzazione è maggiore rispetto a quella dovuta ad aumento del diametro.

A parità di diametro, le fibre mieliniche conducono a velocità maggiore, rispetto a quelle amieliniche.

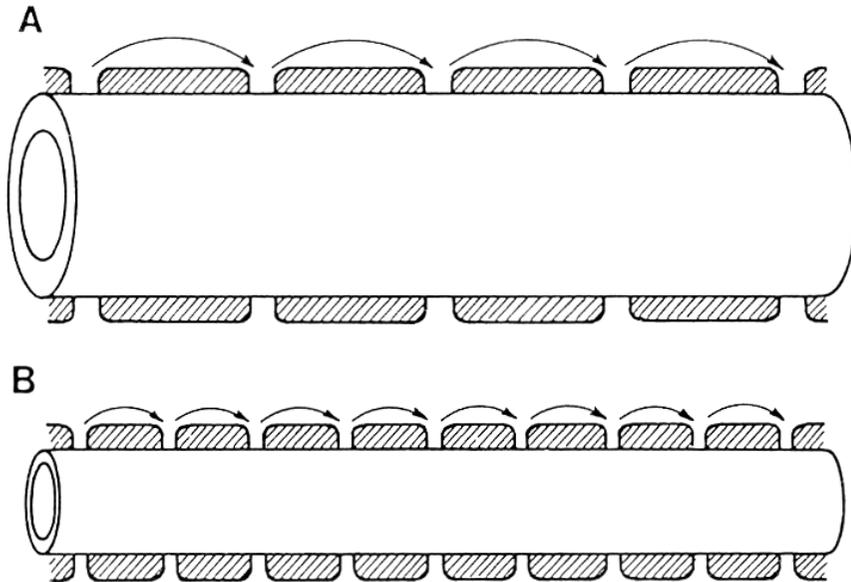


Mielinizzazione



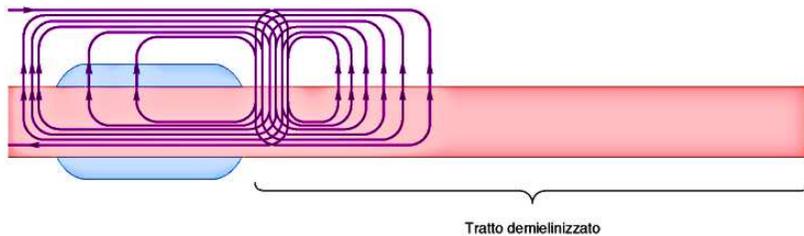
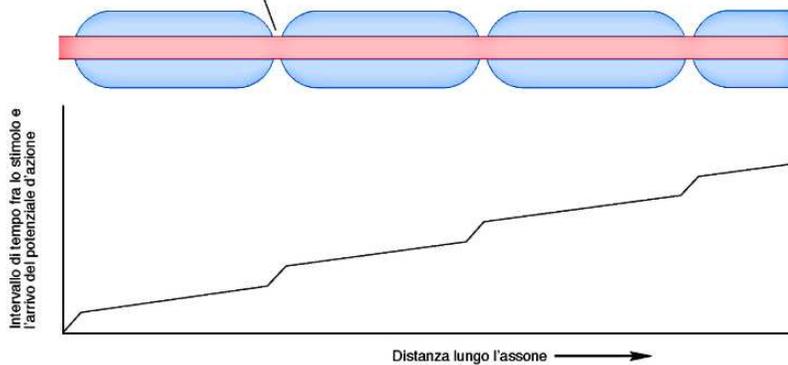
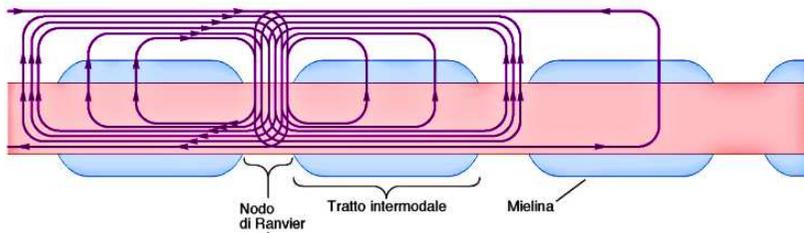
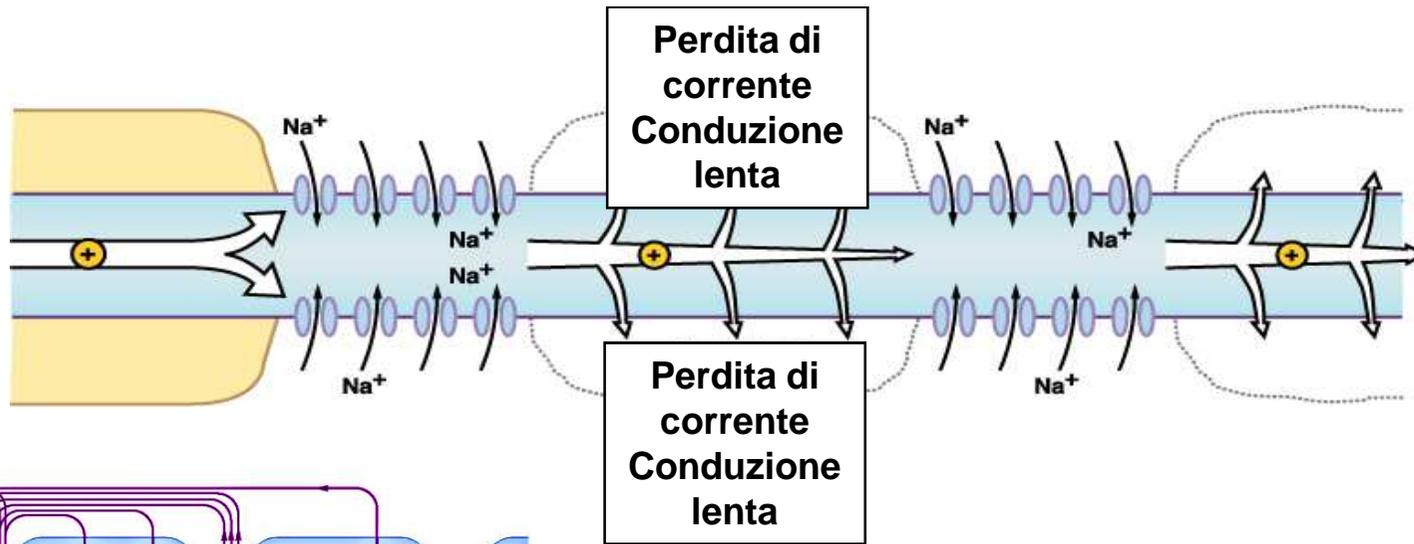
- Nelle fibre mieliniche, il pda nasce solo a livello dei **nodi di Ranvier** (elevata densità di canali Na^+ voltaggio-dipendenti).
- Le correnti elettrotoniche viaggiano rapidamente da un nodo all'altro, determinando una conduzione detta **saltatoria**.
- La conduzione saltatoria è favorevole anche da un punto di vista energetico, perché limita l'azione delle pompe Na^+/K^+ ATP dipendenti alle zone nodali.

La velocità di propagazione dipende dal numero di nodi che il pda deve saltare



↑ diametro → ↓ numero nodi
→ ↑ velocità di conduzione.
Per le fibre di tipo A, vale la seguente approssimazione :

$$V \text{ (m/sec)} = 6 d \text{ (}\mu\text{m)}$$



La velocità di conduzione diminuisce nei casi di degenerazione della guaina mielinica

Classificazioni delle fibre nervose

Tipo di fibra	Funzione (es.)	Diametro medio (μm)	Velocità di conduzione media
Aα	Afferenze primarie fusi neuromuscolari α -motoneuroni	15	100 m/s (70-120)
Aβ	Afferenze cutanee (tatto e pressione)	8	50 m/s (30-70)
Aγ	γ -motoneuroni	5	20 m/s (15-30)
Aδ	Afferenze cutanee (termiche e nocicettive)	3	15 m/s (12-30)
B	Simpatiche pregangliari	<3	7 m/s (3-15)
C Amieliniche	Afferenze cutanee (nocicettive) Efferenze simpatiche postgangliari	1	1 m/s (0,5-2)

Fibre afferenti

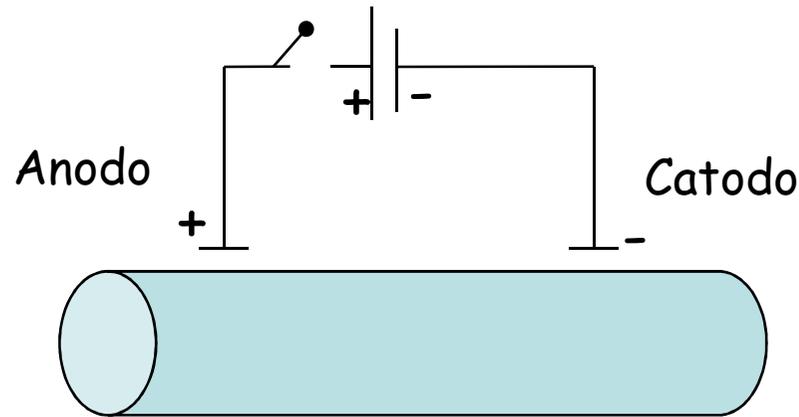
Gruppi	Funzione (es.)	Diametro medio (μm)	Velocità di conduzione media
I	Afferenze primarie fusi neuromuscolari e corpuscoli tendinei di Golgi	13	75 m/s (70-120)
II	Meccanocettori cutanei	9	55 m/s (25-70)
III	Sensibilità muscolare profonda	3	11 m/s (10-25)
IV amieliniche	Fibre nocicettive	1	1 m/s

Nel corso di esami neurologici, per verificare la presenza di neuropatie periferiche, si effettuano stimolazioni facendo passare corrente attraverso coppie di elettrodi extracellulari, posti su un nervo, e si registrano, in un tratto più a valle, con elettrodi registranti, i **potenziali d'azione** che insorgono nella popolazione di fibre nervose stimulate (**potenziale d'azione composto**).

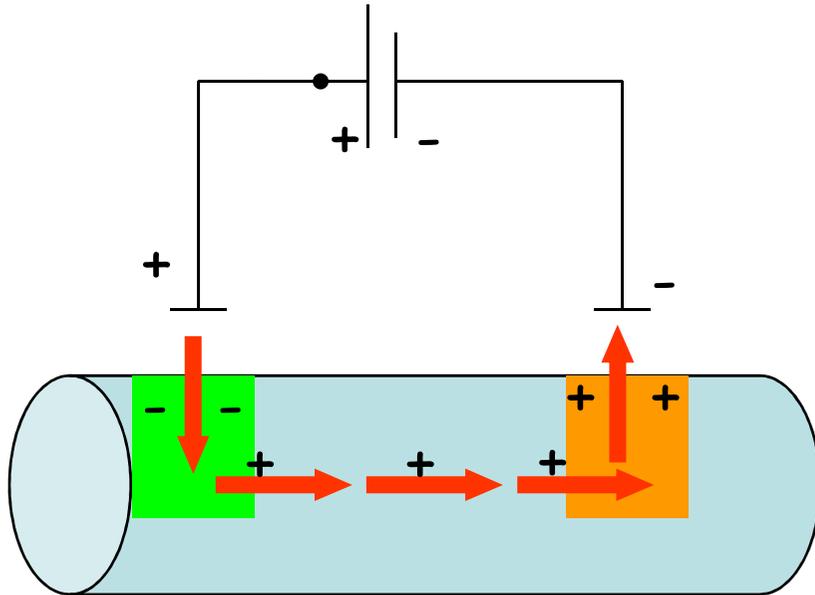
Ogni stimolo è caratterizzato da:

- **Polarità**
- **Intensità**
- **Durata**

Polarità



Chiusura del circuito



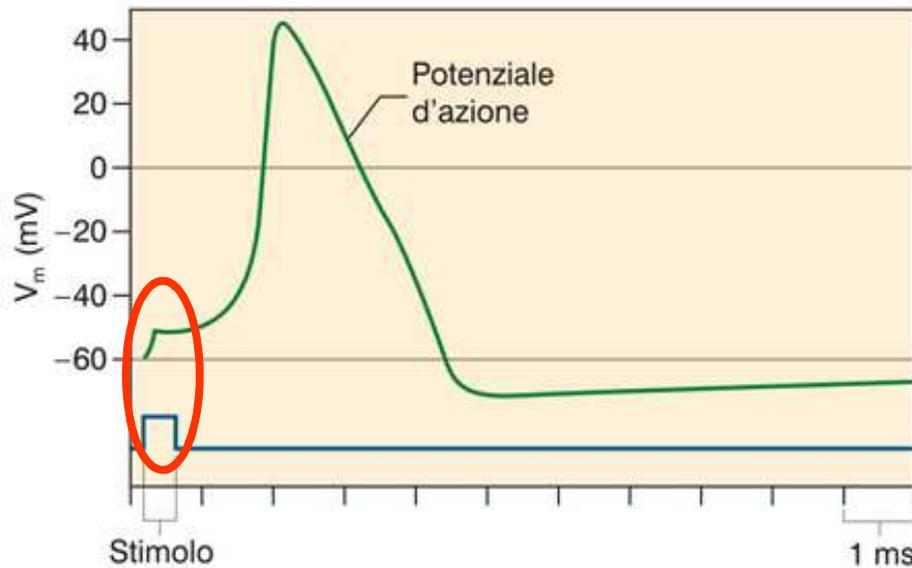
Iperpolarizzazione all'anodo
Anelettrotono

Depolarizzazione al catodo
Catelettrotono

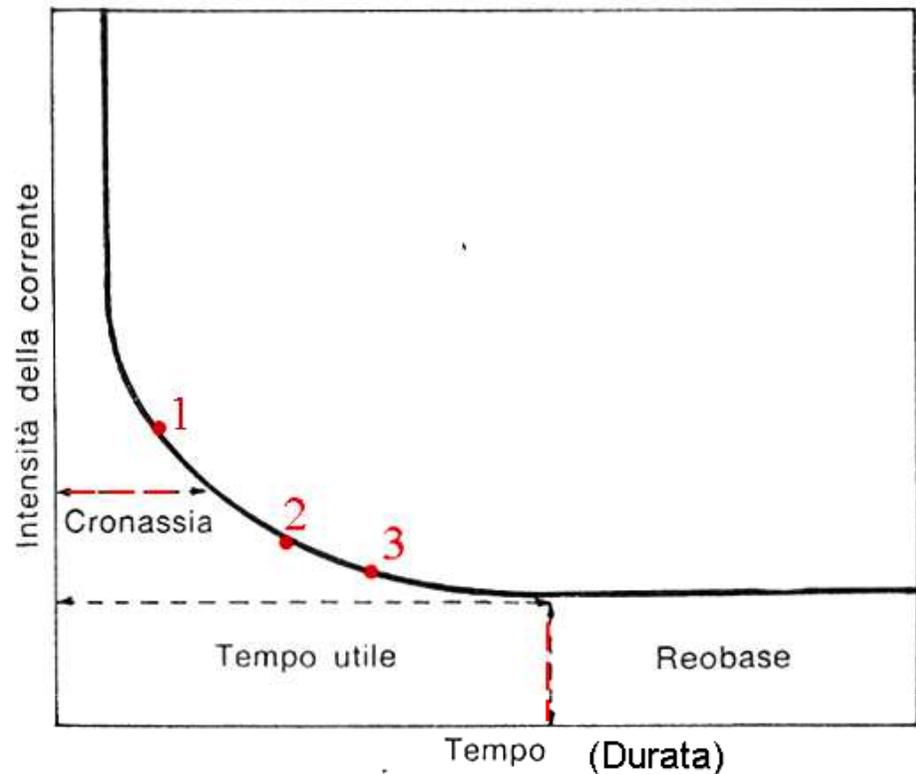
➤ Alla chiusura del circuito l'eccitazione nasce al **catodo**

➤ Alla apertura del circuito l'eccitazione nasce all'**anodo**

Quando la corrente cessa, il rapido ritorno da uno stato di iperpolarizzazione al potenziale di riposo, che si verifica all'**anodo**, ha l'effetto di una depolarizzazione che, se sufficiente, genera il pda.



A causa delle proprietà passive della membrana, uno **stimolo**, per essere efficace, deve avere una certa **intensità e durata**. Entro un certo range, queste due grandezze sono interdipendenti.

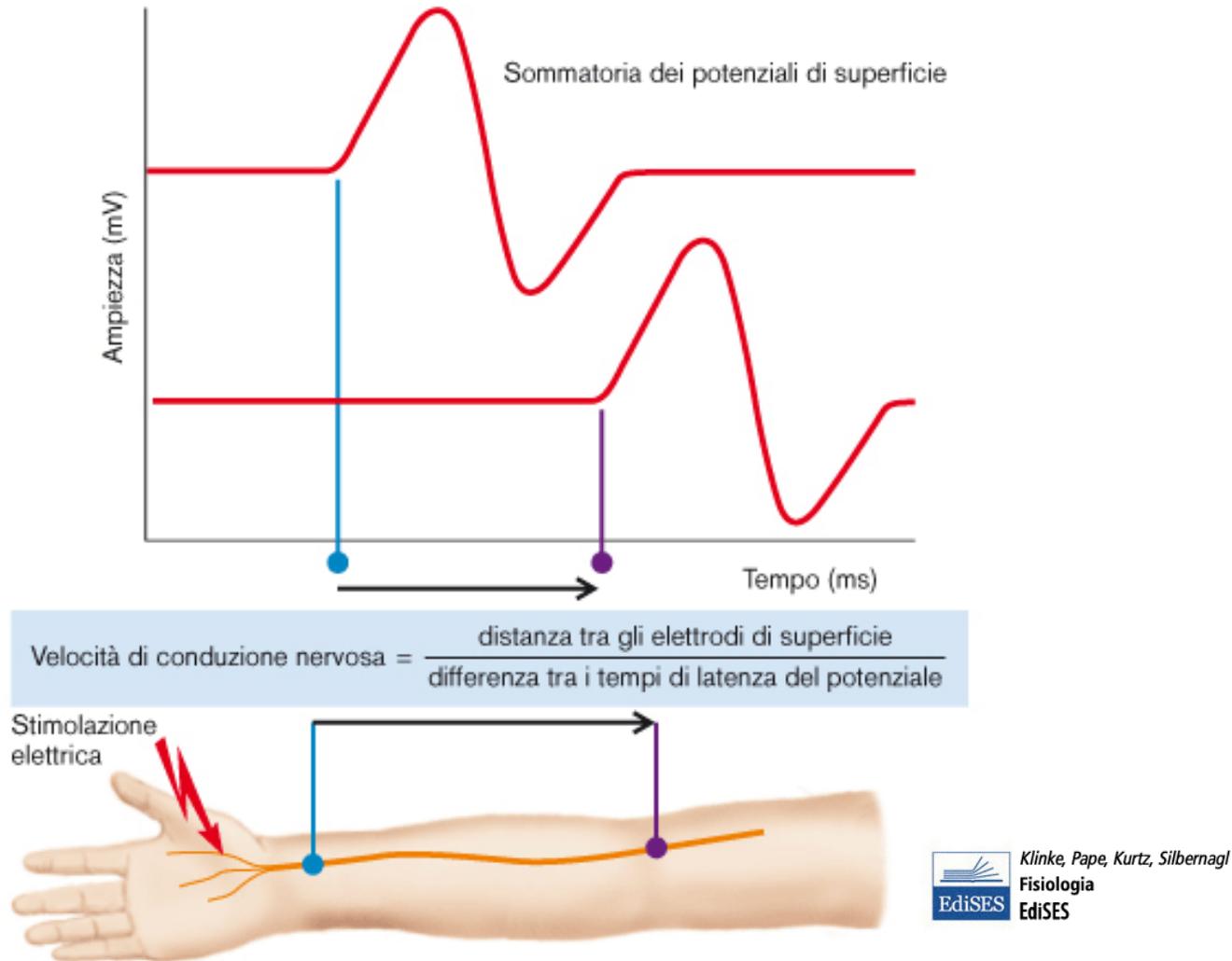


Minore è **l'intensità** dello stimolo, maggiore deve essere la sua **durata** e viceversa.

L'intensità minima in grado di generare una risposta (pda) è detta **Reobase**.

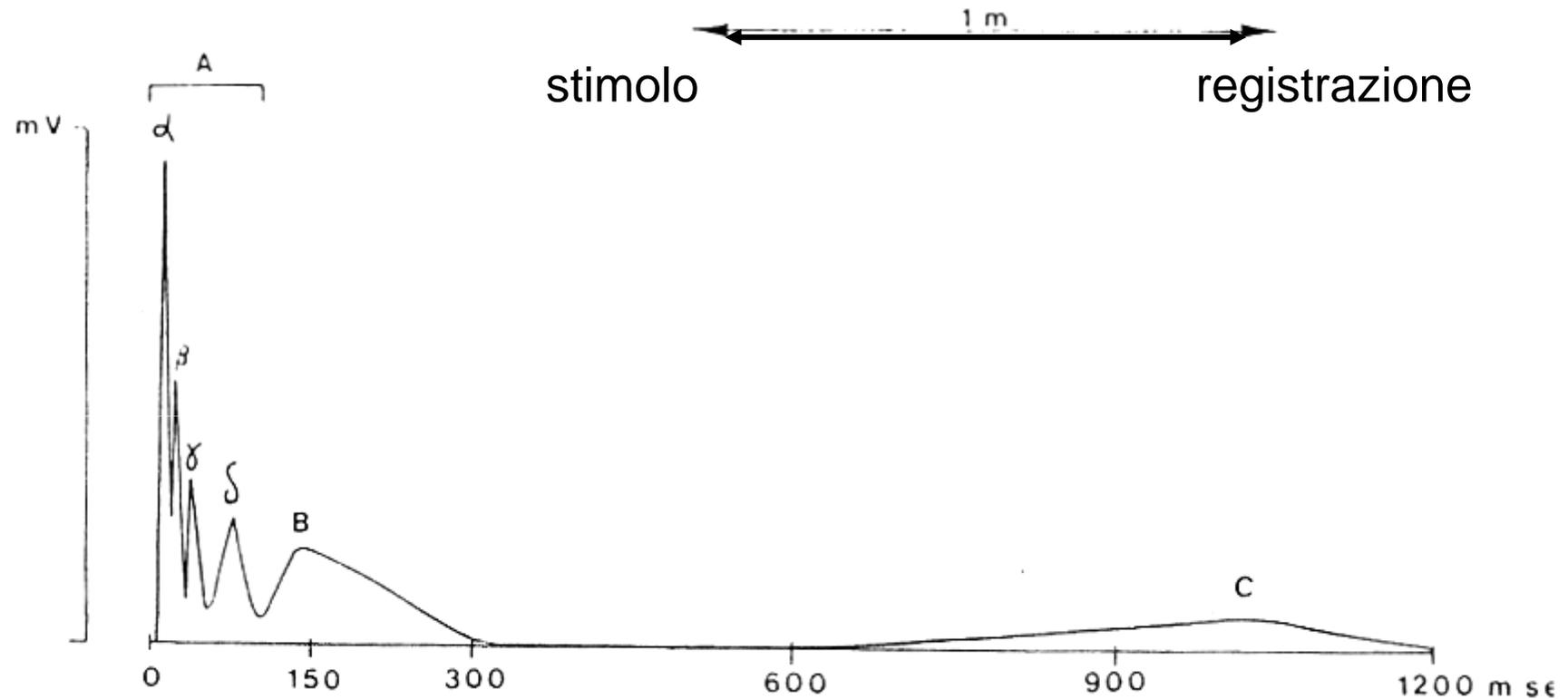
Cronassia: Durata di uno stimolo di intensità uguale al doppio della reobase.

ELETTRONEUROGRAFIA



Si valuta mediante elettrodi registranti di superficie posti lungo il decorso del tronco nervoso stimolato, il segnale elettrico extracellulare (potenziale d'azione composto, sommatoria dei pda degli assoni del nervo) per calcolare la velocità di conduzione del nervo esaminato

Potenziale composto di un nervo



Velocità di conduzione ed eccitabilità delle fibre nervose dipendono dal loro diametro.