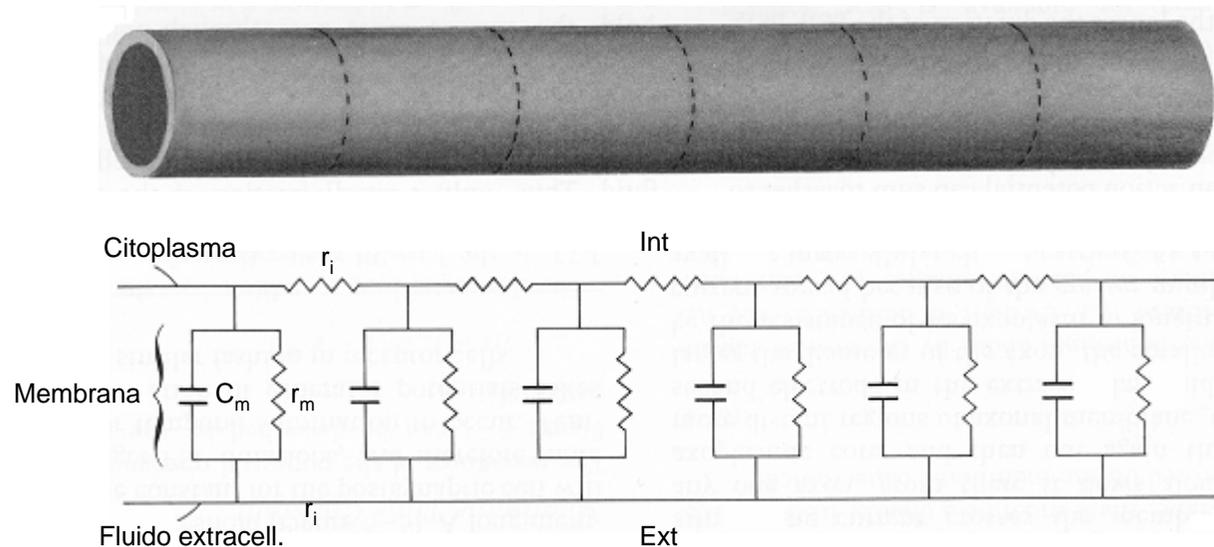


# Propagazione di un segnale elettrico lungo una fibra nervosa

## LA TEORIA DEL CAVO

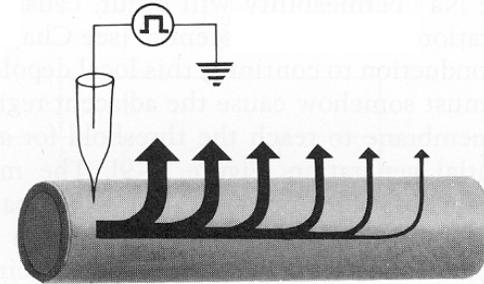
### Modello:

La fibra nervosa è assimilabile ad un **conduttore centrale** (*assoplasma*) separato da un **conduttore esterno** (*fluido extracellulare*) per mezzo di uno **strato isolante** (*membrana*)

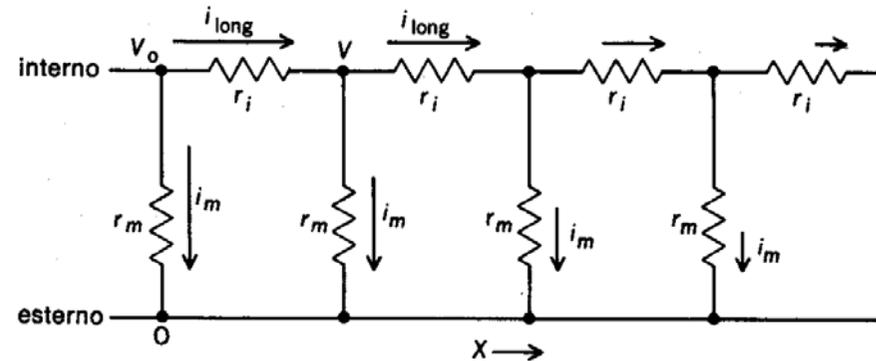


# La membrana assonale costituisce un isolante imperfetto

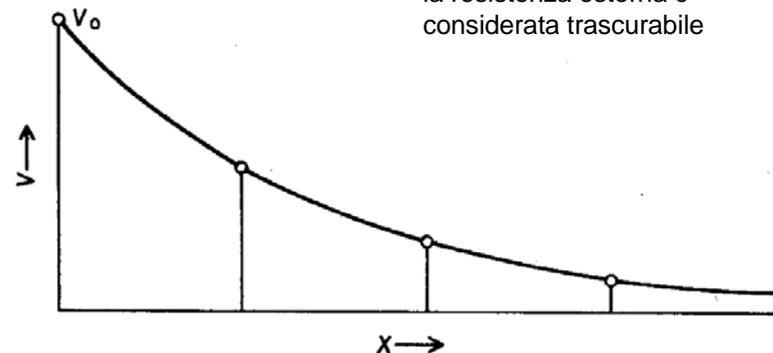
Una frazione della corrente che fluisce nell'assoplasma esce attraverso la membrana



Pertanto l'intensità del segnale elettrico diminuisce di ampiezza col crescere della distanza dal punto della fibra in cui esso è stato generato

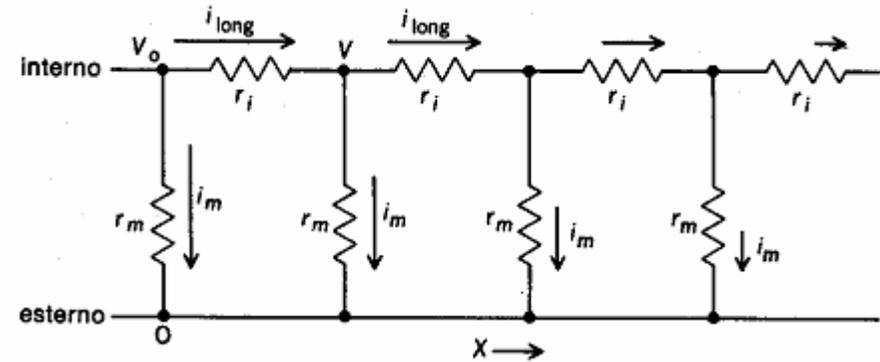


la resistenza esterna è considerata trascurabile



In un punto dell'assoneviene applicato un segnale di ampiezza  $V_0$ . La sua propagazione dipende dalla quantità di corrente longitudinale che fluisce lungo l'assoplasma:

$$i_{long} = -\frac{1}{r_i} \cdot \frac{dV}{dx}$$



La parte di corrente longitudinale che diminuisce con la distanza è quella che fluisce attraverso la membrana,  $i_m$ :

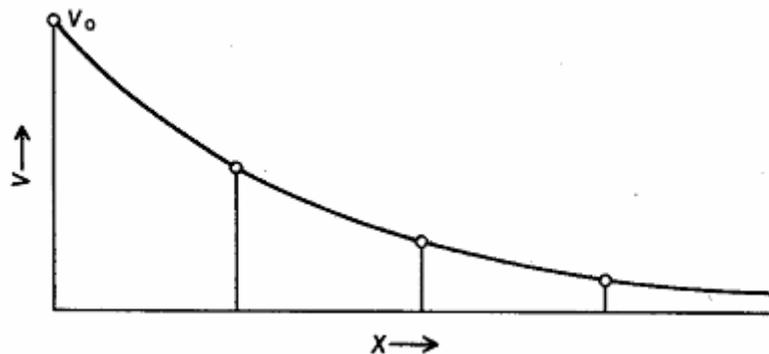
$$i_m = -\frac{di_{long}}{dx} = \frac{V}{r_m}$$

Dalle due equazioni precedenti si ricava:

$$\frac{r_m}{r_i} \cdot \frac{d^2V}{dx^2} = V$$

Una soluzione di tale equazione differenziale del 2° ordine è:  $V_m = V_0 \cdot \exp\left(\frac{-x}{\sqrt{r_m/r_i}}\right)$

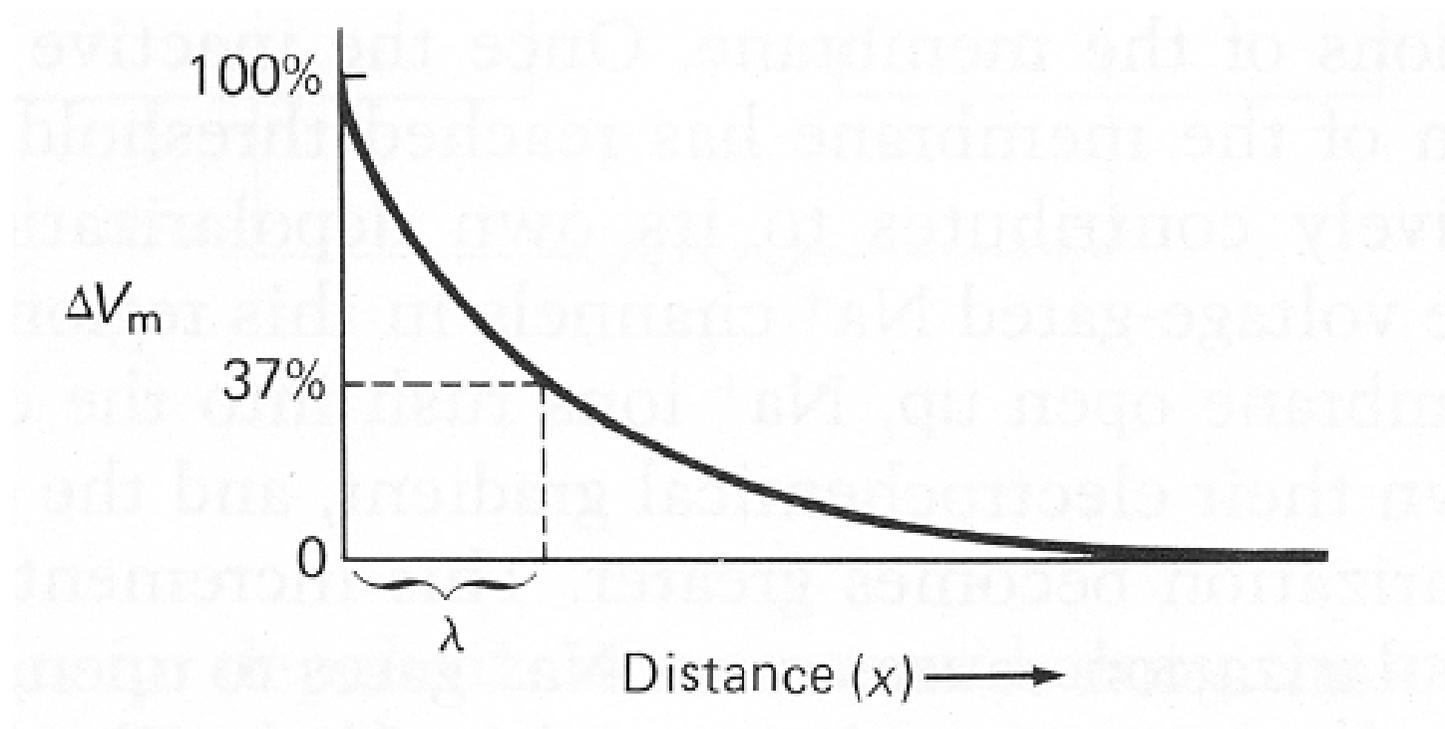
che, ponendo:  $\sqrt{\frac{r_m}{r_i}} = \lambda$  si può riscrivere come:  $V_m = V_0 \cdot \exp\left(\frac{-x}{\lambda}\right)$



Come si vede, il decadimento del potenziale di membrana al variare della distanza ha un andamento esponenziale

# Significato di lambda

**Costante di spazio  $\lambda$ :** rappresenta quella distanza alla quale la variazione del potenziale di membrana  $\Delta V_m$  è pari al 37% di  $\Delta V_o$ .



## Quesito del giorno

Un neurone, in seguito ad uno stimolo di corrente iniettata nel punto  $x_0$ , subisce una variazione del potenziale di membrana  $\Delta V_0$  di +20 mV. Sapendo che la costante di spazio di quel neurone è  $\lambda=0.1$  mm, calcolare a quale distanza da  $x_0$   $\Delta V$  sarà decaduto da +20 mV a +10 mV.

$$\Delta V_m = \Delta V_o \cdot \exp\left(\frac{-x}{\lambda}\right)$$

$$\frac{\Delta V_m}{\Delta V_o} = \exp\left(\frac{-x}{\lambda}\right)$$

$$\lambda = 0.1 \text{ mm} \quad \Delta V_o = 20 \text{ mV}$$

$$x = \lambda \cdot \ln \frac{\Delta V_o}{\Delta V_m} = 0.1 \cdot \ln \frac{20}{10} = 0.069 \text{ mm}$$

[www.fisiokinesiterapia.biz](http://www.fisiokinesiterapia.biz)

# La costante di spazio $\lambda$ dipende anche dal diametro della fibra

Ricordando che l'unità di misura della *resistenza radiale*  $r_m$  è  $\Omega \cdot \text{cm}$  e quella della *resistenza longitudinale*  $r_i$  è  $\Omega/\text{cm}$ , definiamo:

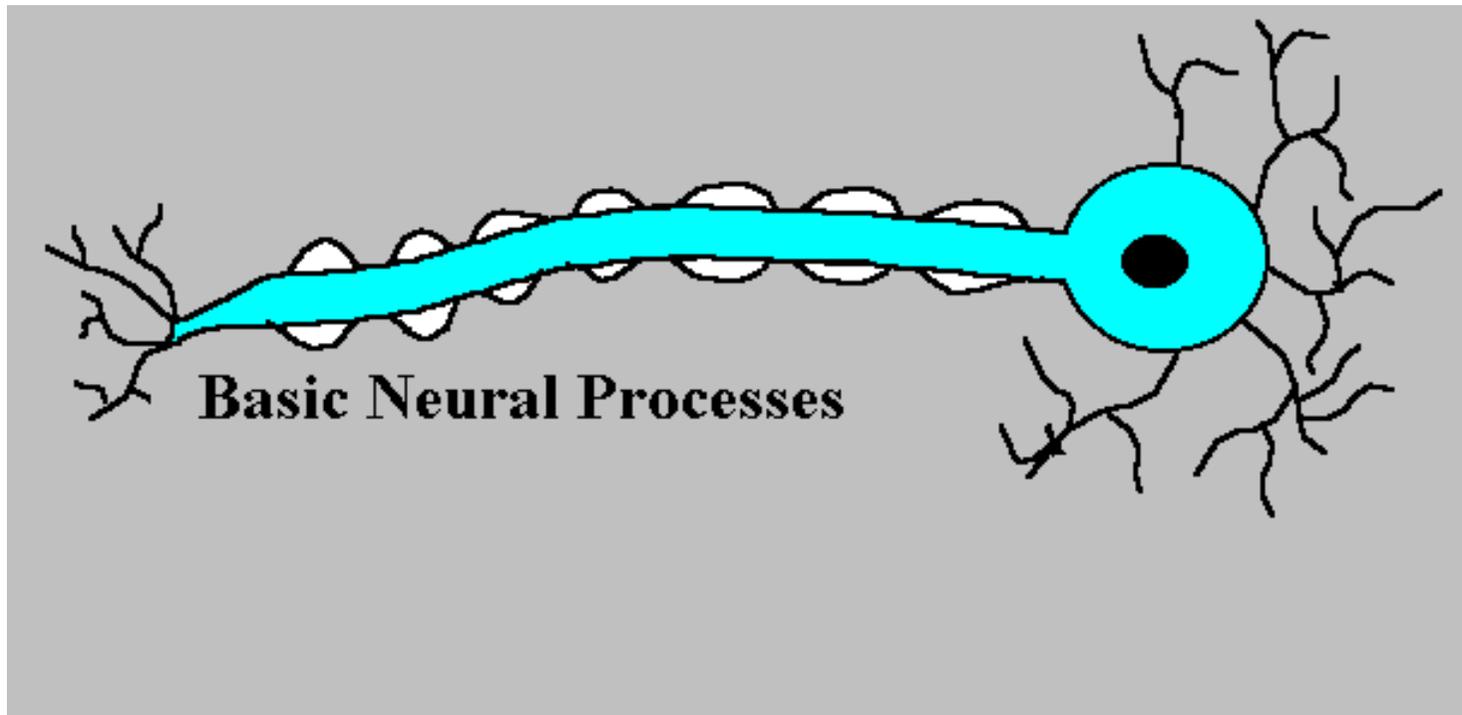
Resistenza specifica della membrana  $R_{sm}$  la resistenza offerta al passaggio della corrente da un  $\text{cm}^2$  di membrana [ $\Omega \cdot \text{cm}^2$ ]

Resistenza specifica dell'assoplasma  $R_{si}$  la resistenza offerta al passaggio della corrente da un tratto di assoplasma lungo un  $\text{cm}$  [ $\Omega \cdot \text{cm}$ ]

Allora sarà:  $r_m = \frac{R_{sm}}{2\pi\rho}$      $r_i = \frac{R_{si}}{\pi\rho^2}$      $\longrightarrow$      $\lambda = \sqrt{\rho \cdot \frac{R_{sm}}{2R_{si}}}$

Quindi,  $\lambda$  aumenta con la **radice quadrata** del raggio

**Un'altra importante proprietà del potenziale d'azione è quella di potersi propagare lungo la fibra nervosa**

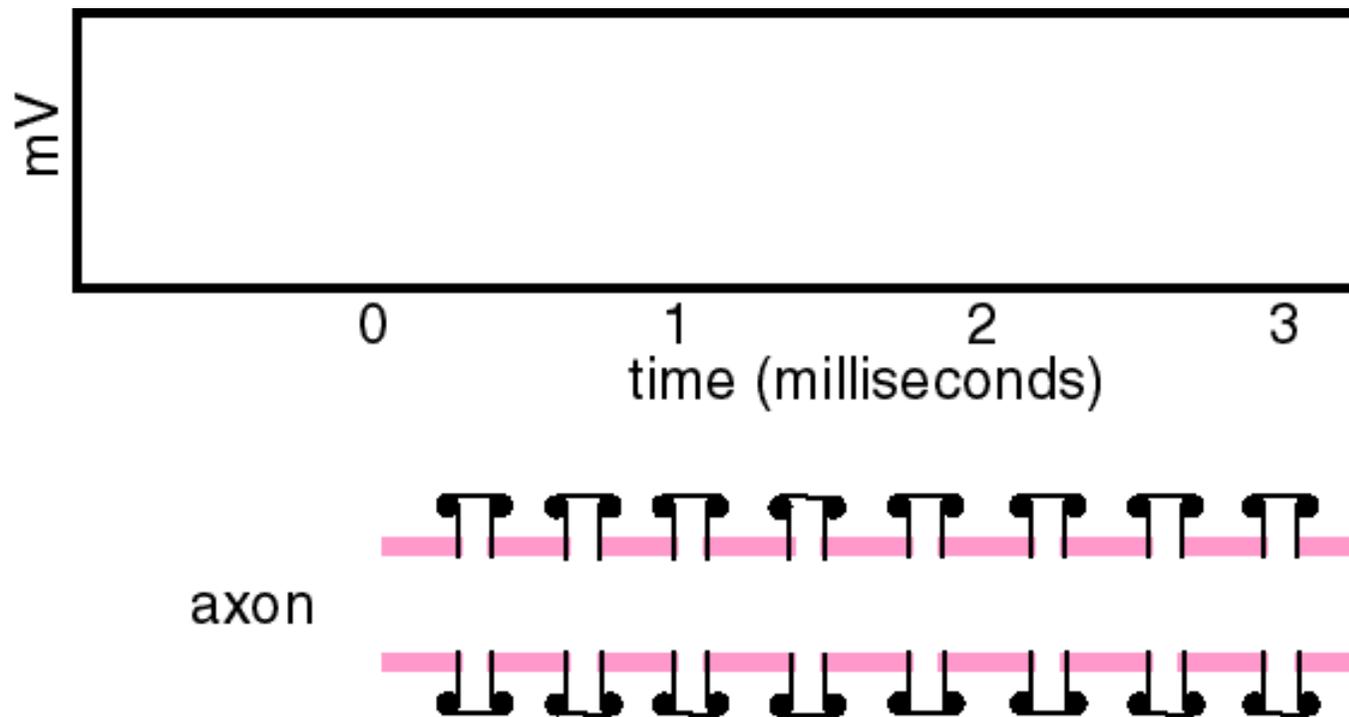


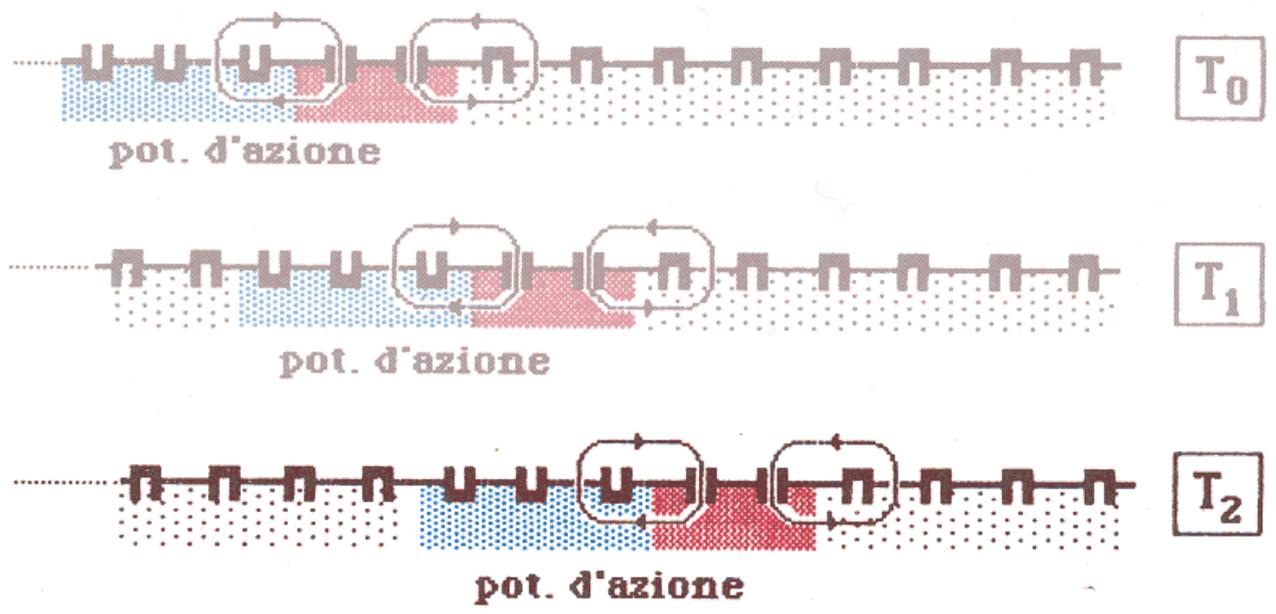
**Dal vivo**

**Un potenziale d'azione tende a propagarsi in tutte le direzioni dal punto in cui è stato generato**

**ma**

**Un potenziale d'azione in via di propagazione può solo avanzare e mai retrocedere**





—————→  
**direzione di propagazione**



# VELOCITÀ DI CONDUZIONE del potenziale d'azione in una fibra nervosa

Essa è direttamente proporzionale alla costante di spazio  $\lambda$

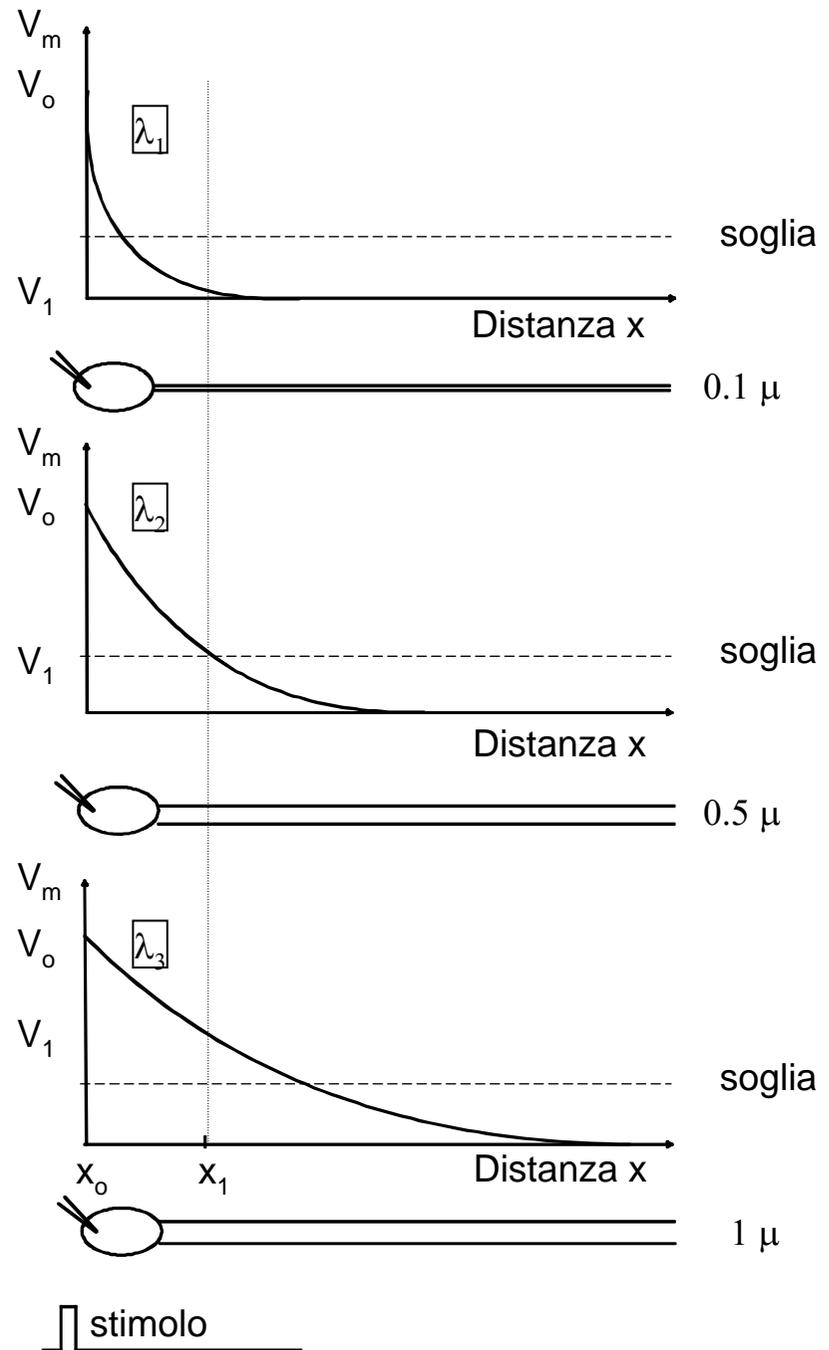
Essa è inversamente proporzionale alla costante di tempo  $\tau$

$$v \propto \frac{\lambda}{\tau}$$

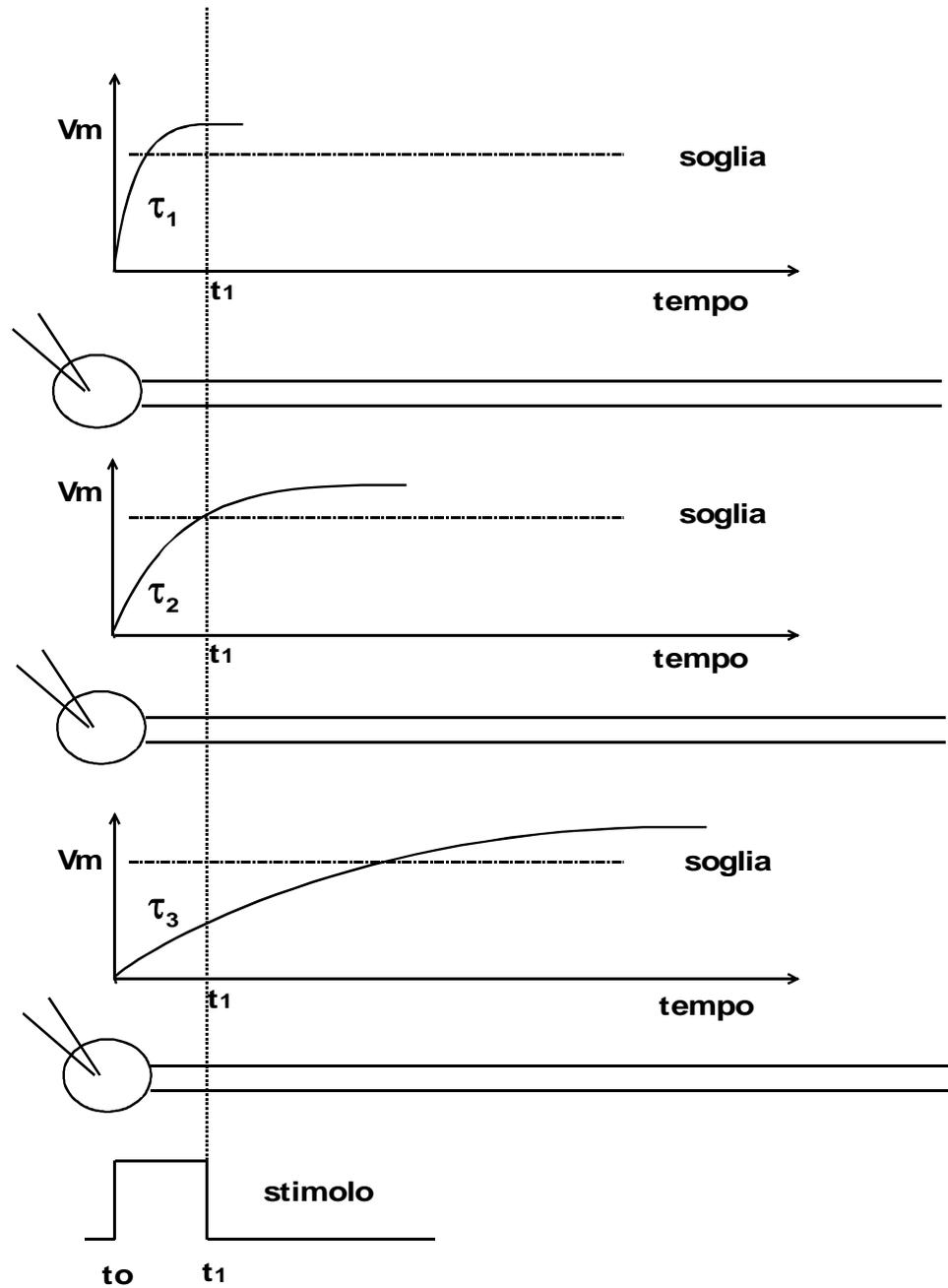
Inoltre, essendo  $\lambda \propto \sqrt{\rho}$

**$v$  aumenta all'aumentare del diametro della fibra**

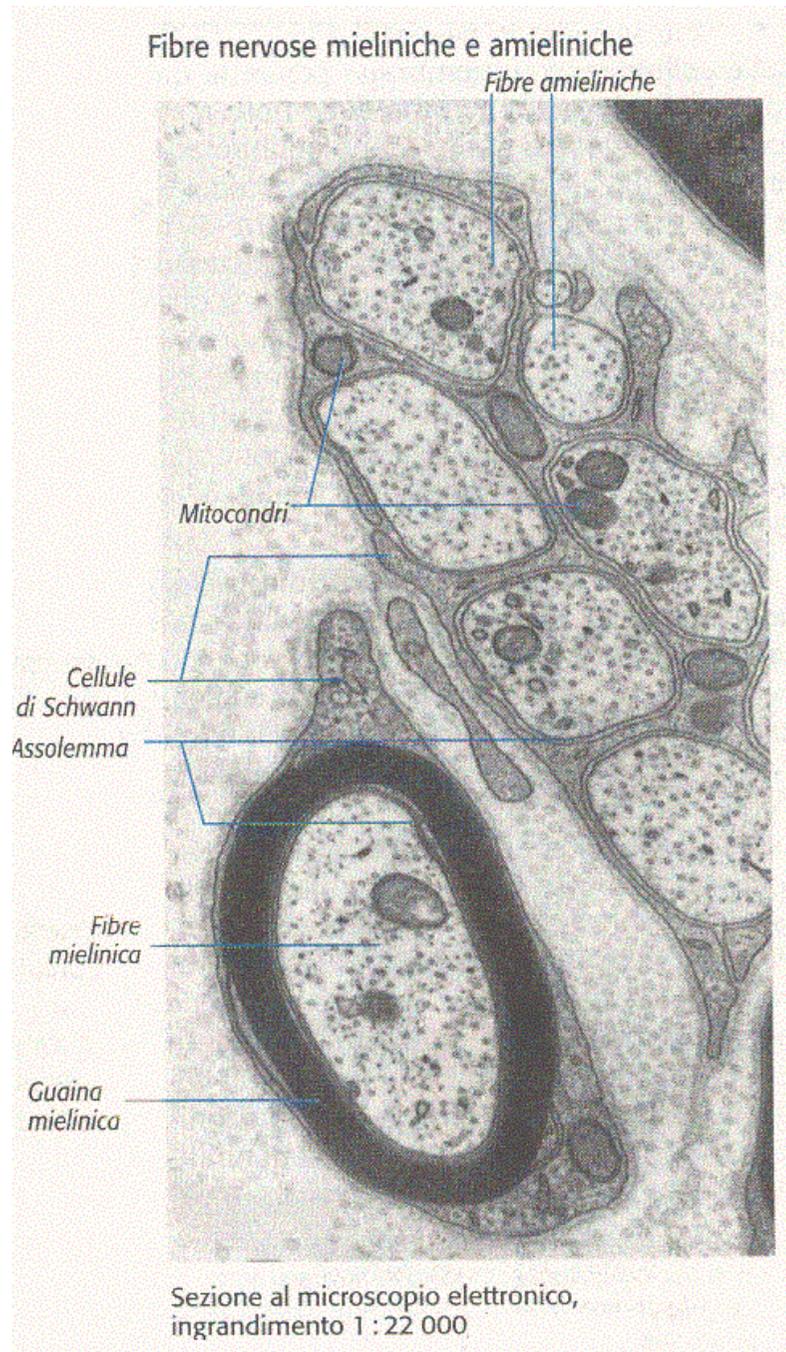
**L'eccitabilità neuronale è influenzata dalla costante di spazio  $\lambda$**



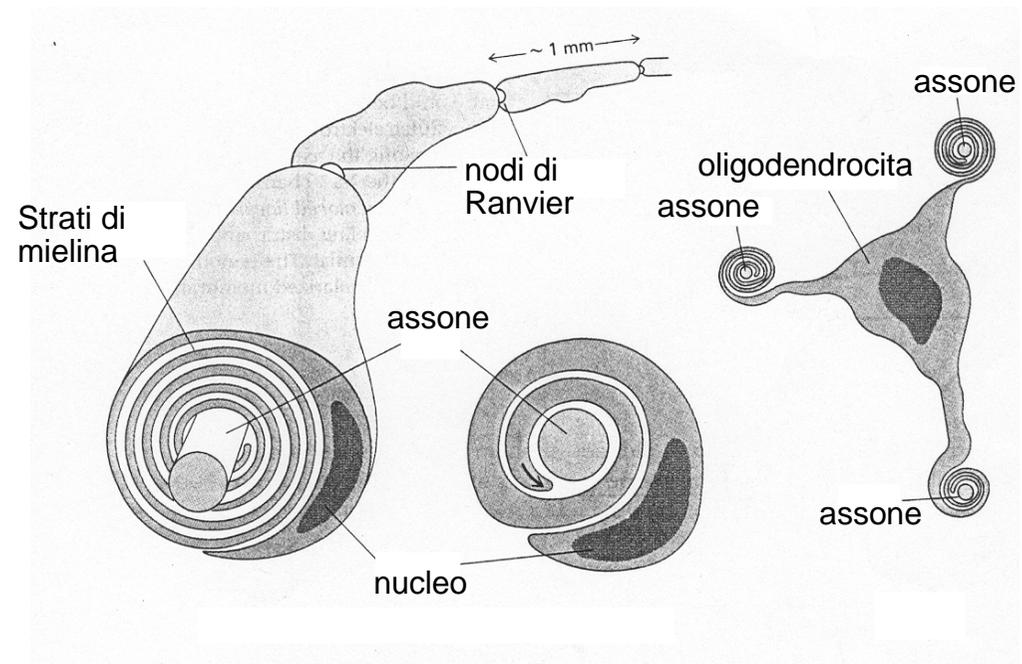
**L'eccitabilità neuronale è influenzata dalla costante di tempo  $\tau$**



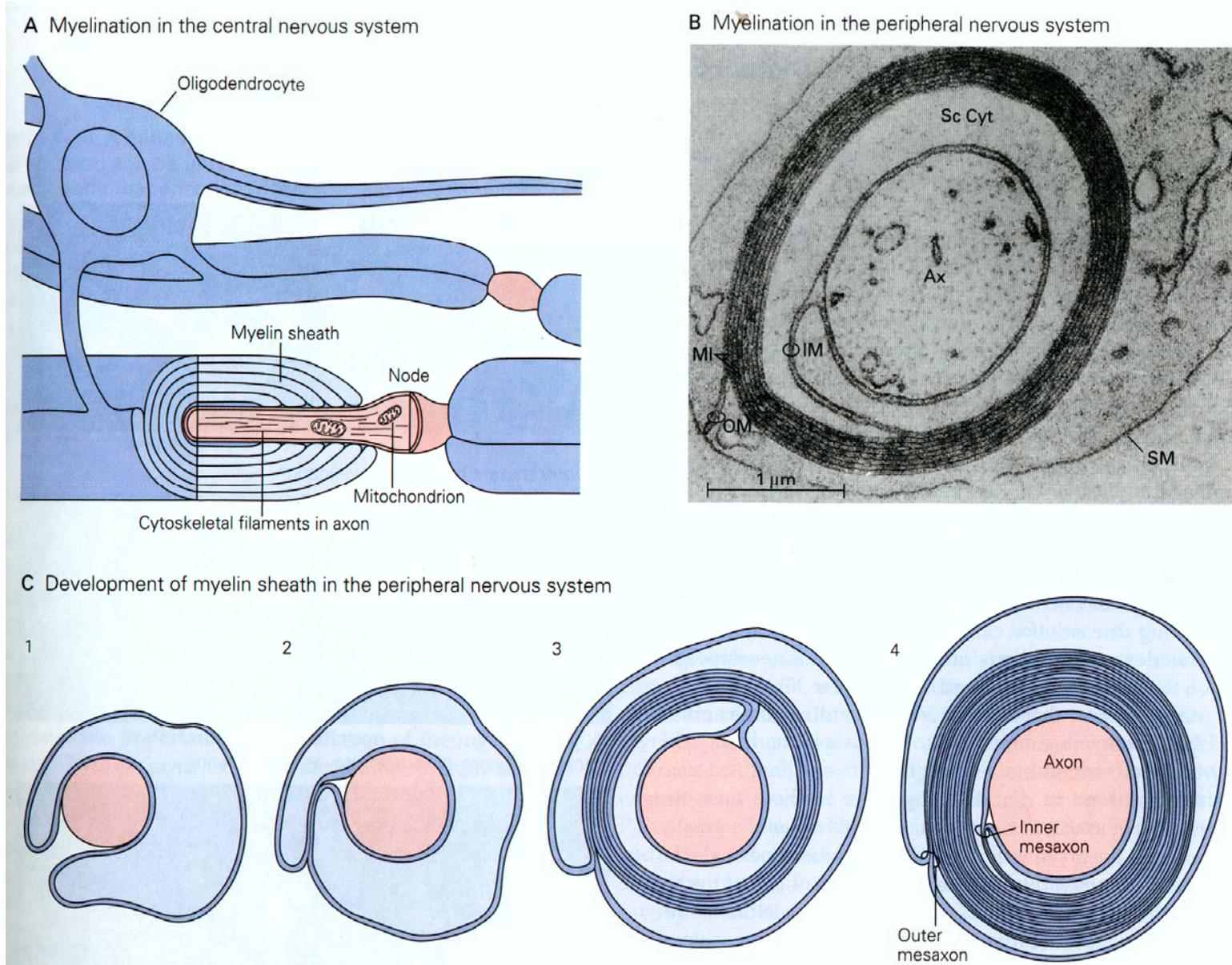
# Le fibre nervose possono essere amieliniche o mieliniche



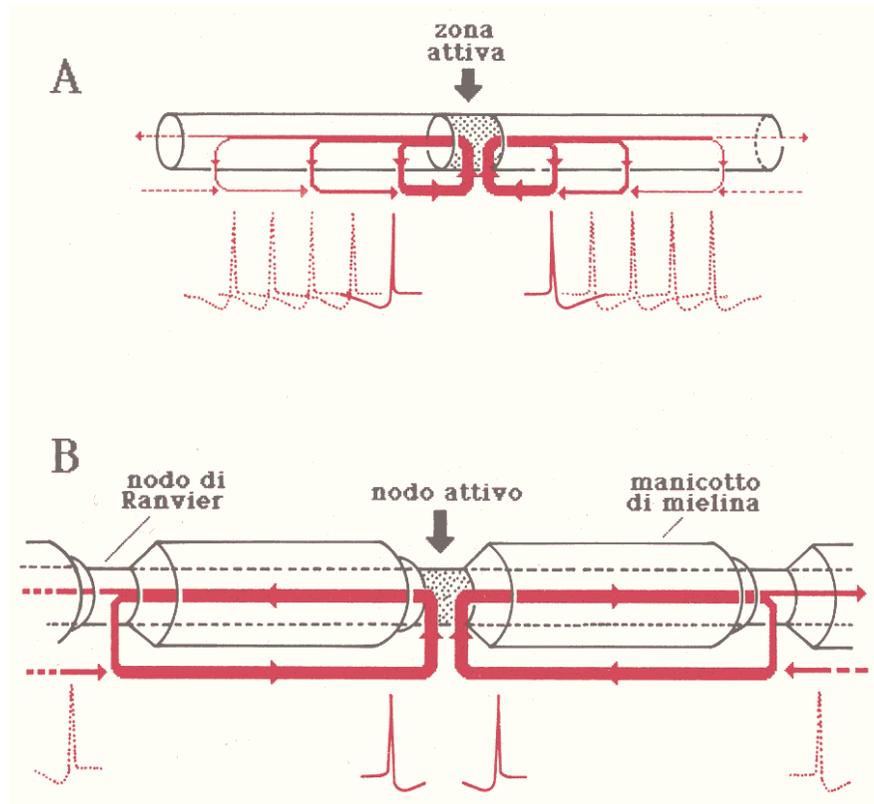
## Diagramma schematico di un assone mielinizzato di un nervo periferico



# Mielinizzazione degli Assoni del SNP e del SNC



# Conduzione saltatoria nelle fibre mieliniche



Nelle fibre mieliniche la conduzione del potenziale d'azione non avviene in maniera “continua” ma con un meccanismo “saltatorio”

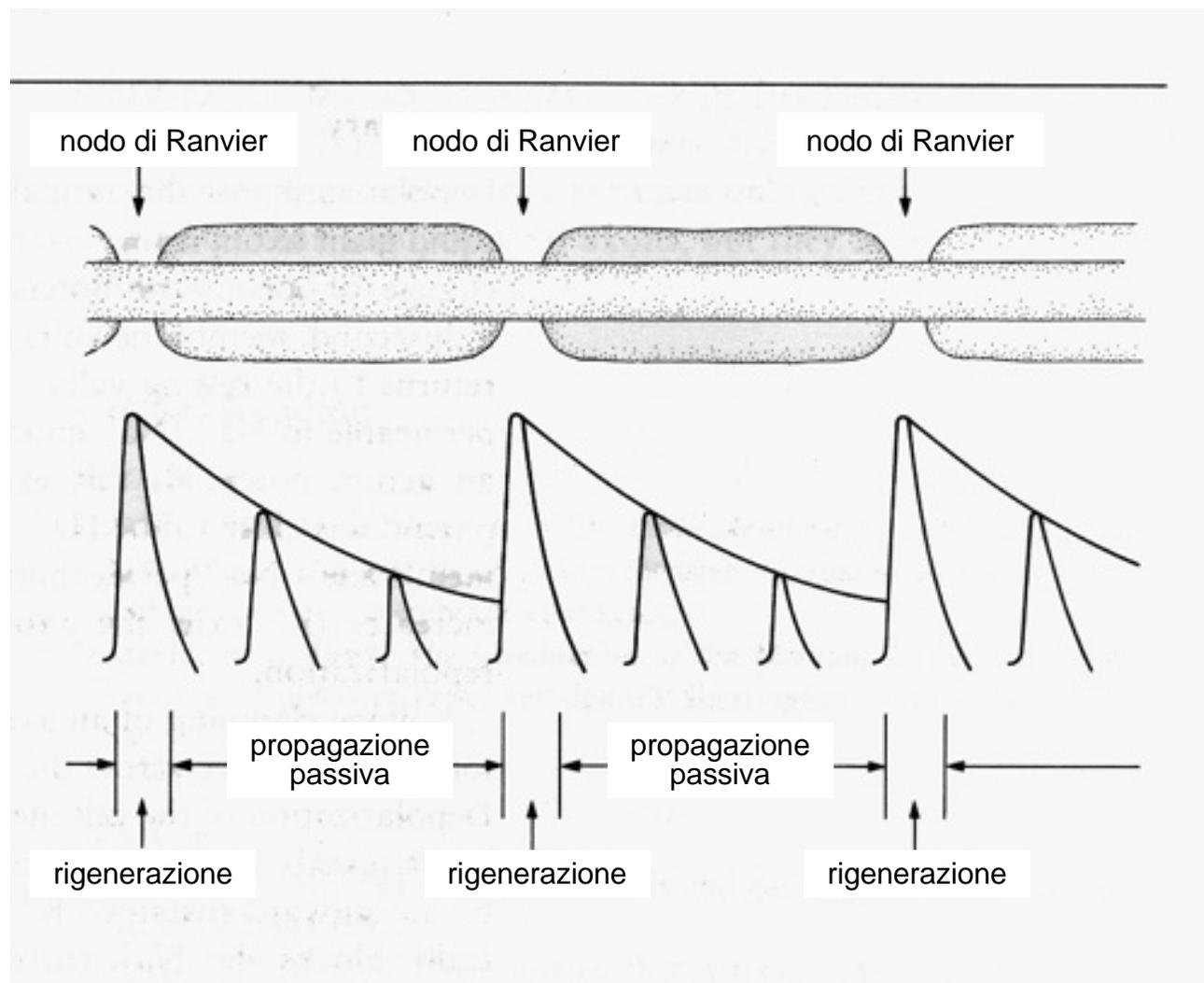
Conseguenze della presenza dei manicotti di mielina:

Aumento della resistenza di membrana  $r_m$



Aumenta la velocità di conduzione

# Conduzione saltatoria

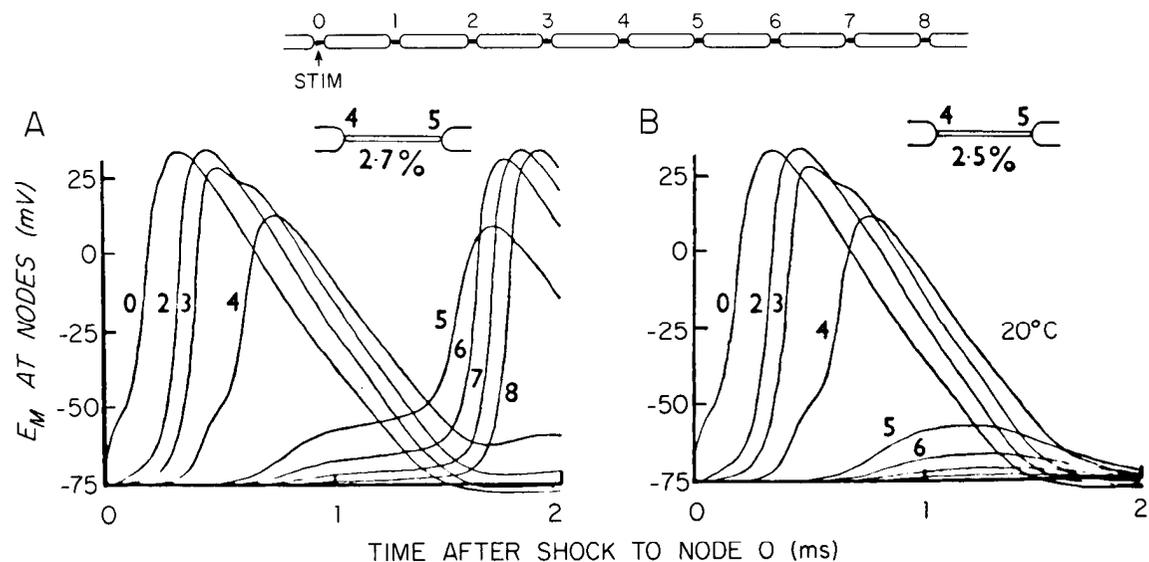


Collegamento  
a  
*NeuroLab*  
*(conduction velocity)*

<http://www.cudos.ac.uk/web/neurolab/exhibits.htm>

# Effetto della Perdita della Mielina

## 3 MEMBRANE EXCITABILITY: ACTION POTENTIAL PROPAGATION IN AXONS □ 75



**Figure 3-18** Computer simulation of action potentials propagating in a partially demyelinated nerve fiber at 20°C. The calculation uses a Hodgkin-Huxley-like model suitable for the excitable nodal membranes and cable equations appropriate for myelinated internodes. The time course of the predicted membrane potential changes is plotted for nine successive nodes of Ranvier. *A*, Internodal myelin between nodes 4 and 5 is assumed to be only 2.7% of normal thickness. *B*, The same internode, assumed to be 2.5% of normal thickness. (From Koles, Z.J.; Rasminsky, M. *J. Physiol. [Lond.]* 227:351-364, 1972.)

# Sclerosi Multipla

- Demielinizzazione Centrale
- Perdita di oligodendrociti
- Gli assoni rimangono relativamente preservati