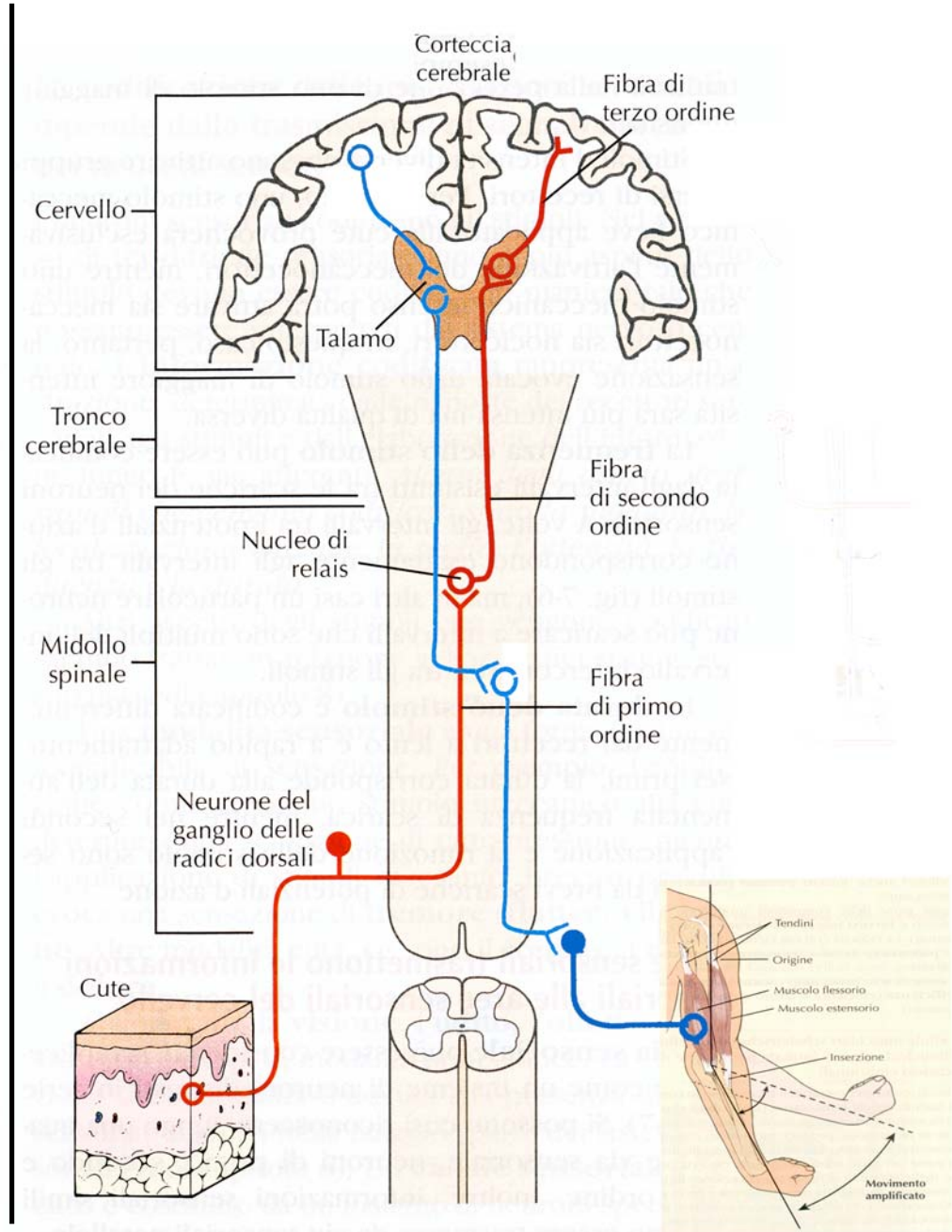


La comunicazione elettrica

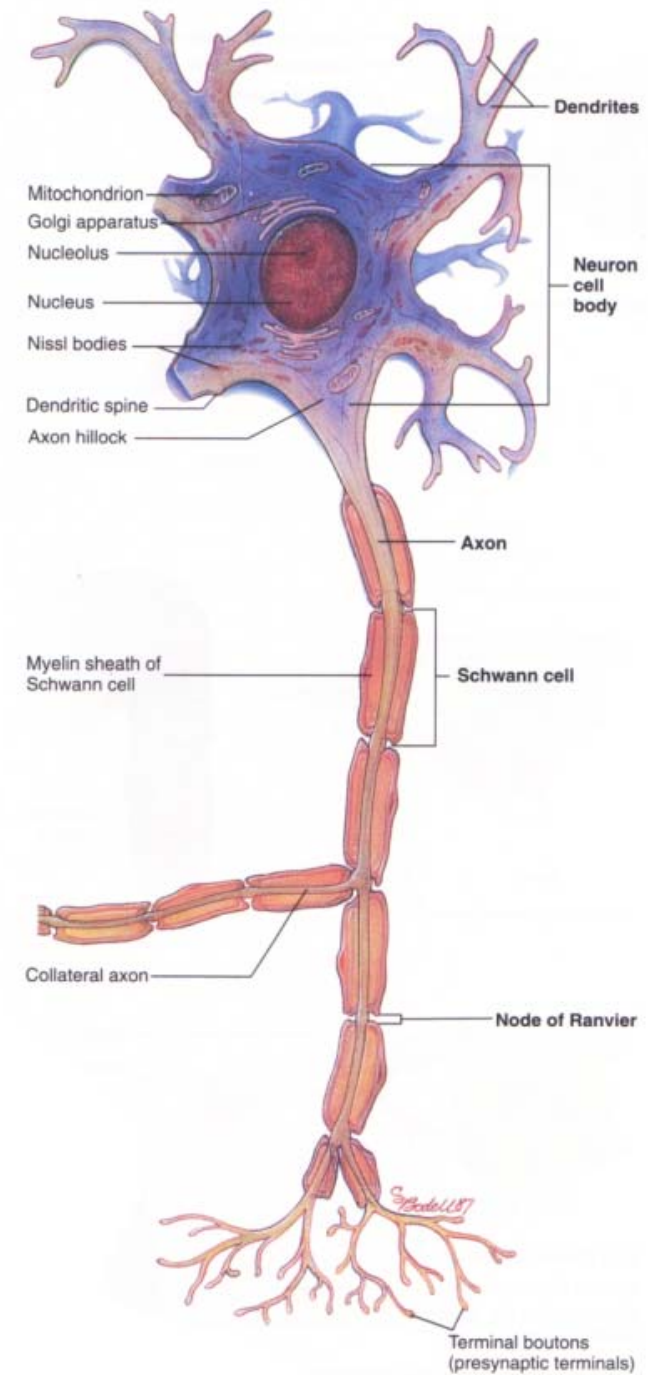


Le cellule "chiave":

i neuroni

I messaggi "chiave":

i potenziali d'azione

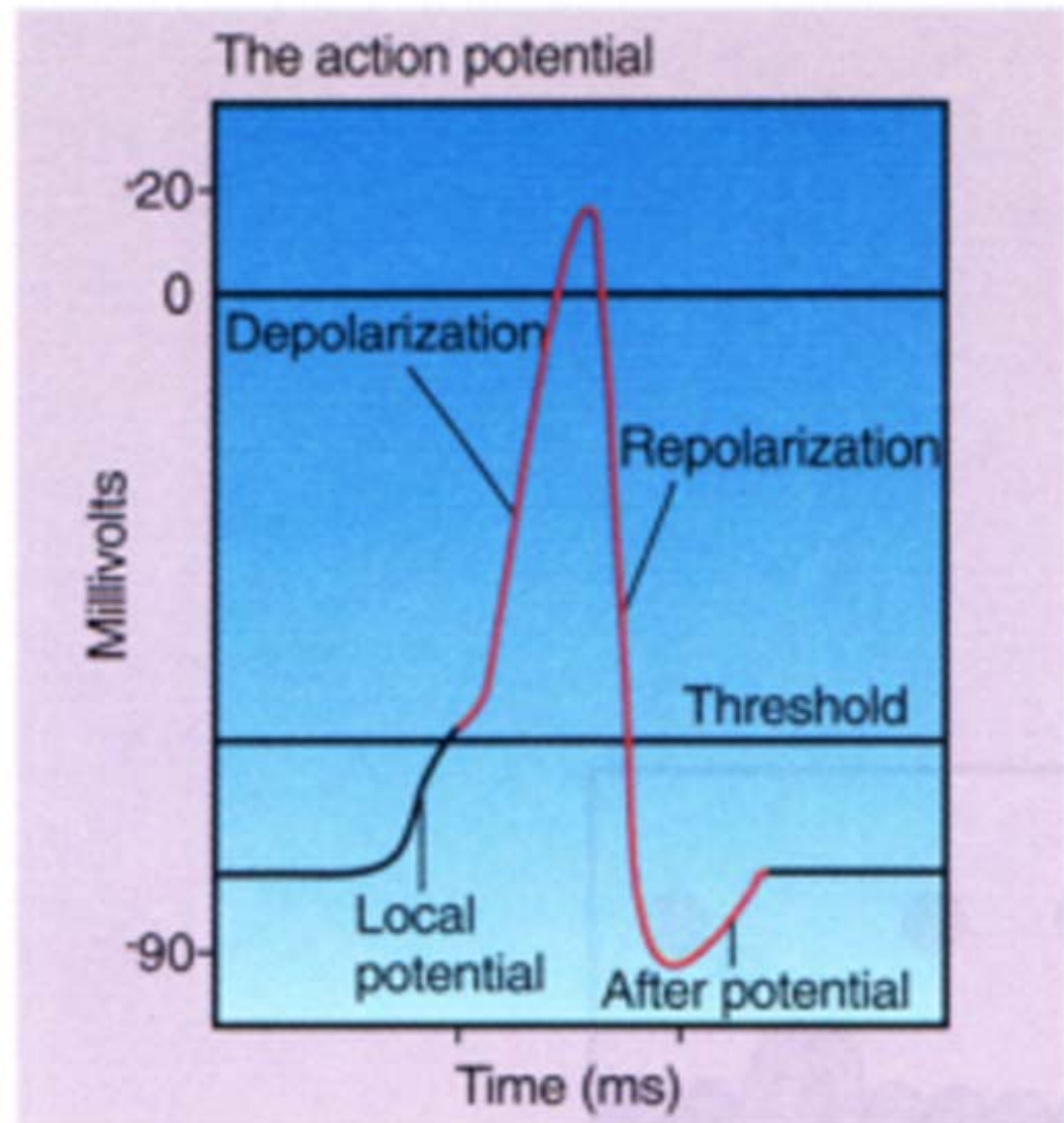


Le fasi del
potenziale d'azione:

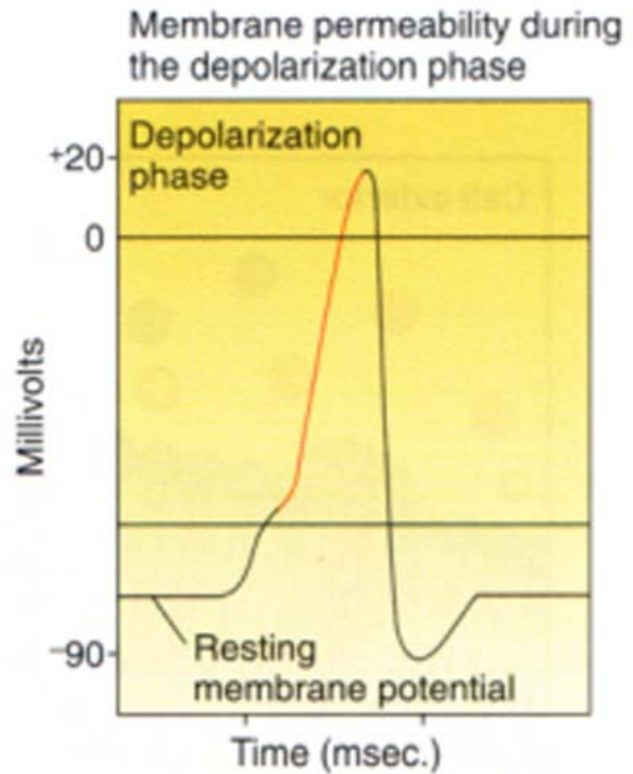
depolarizzazione

ripolarizzazione

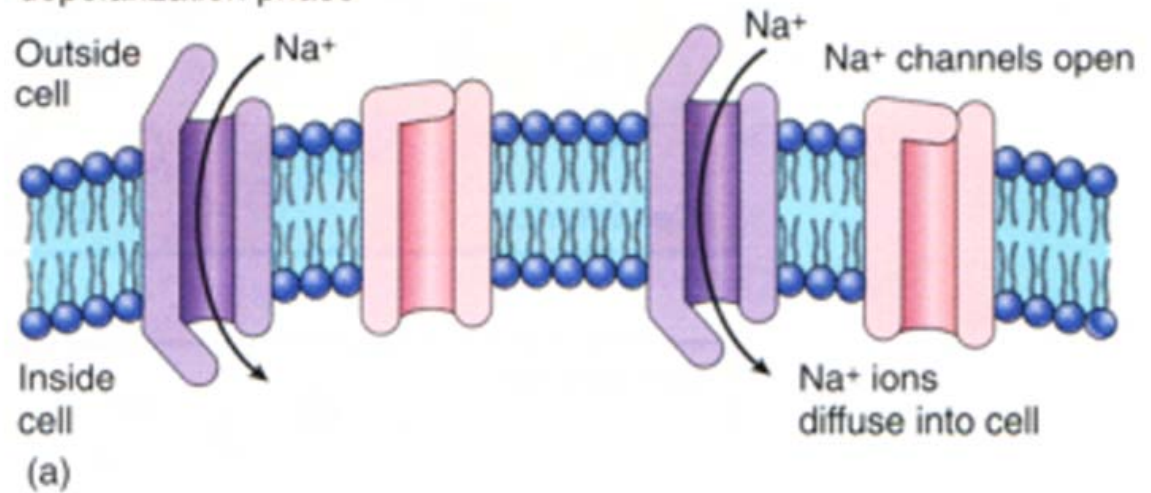
iperpolarizzazione



La fase di salita: la depolarizzazione



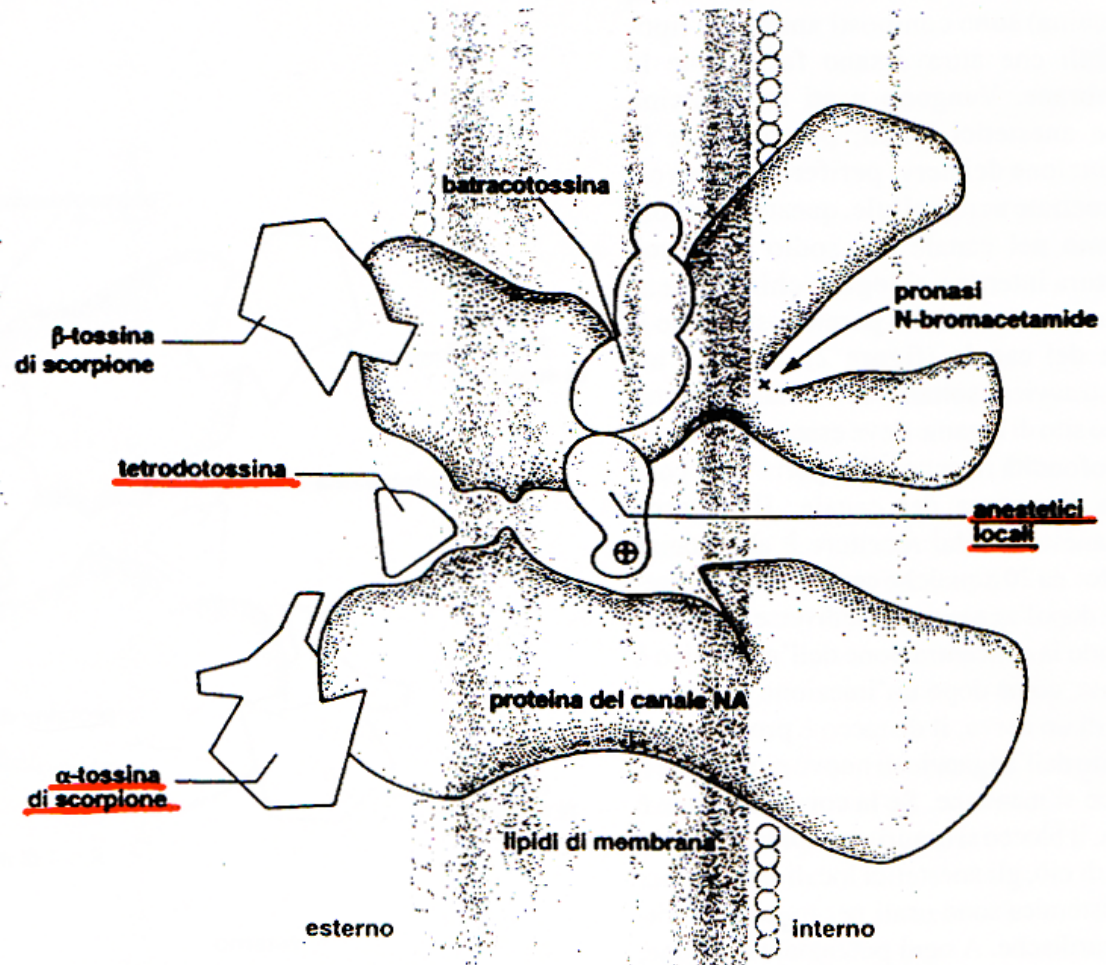
During the depolarization phase



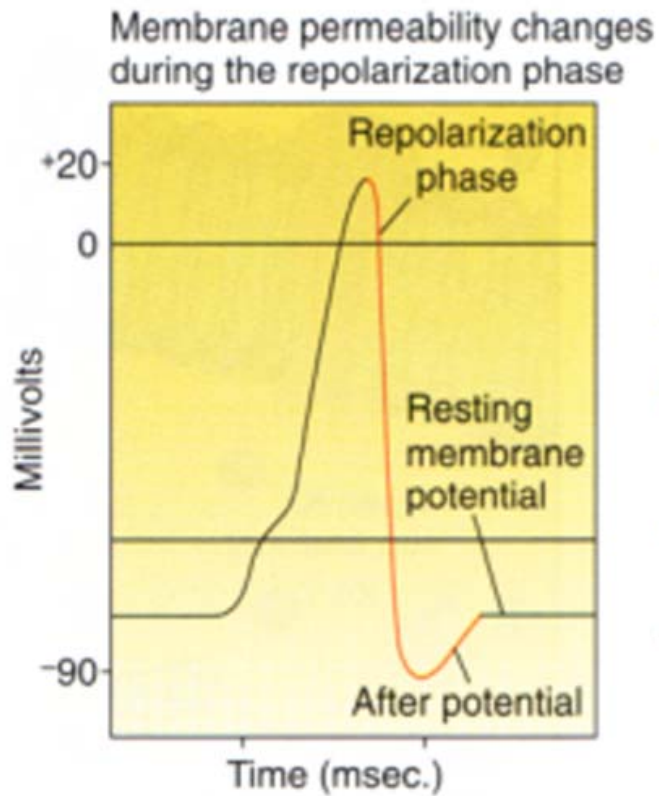
I canali voltaggio-dipendenti per il Na⁺: il bersaglio degli anestetici locali



Figura 2 - Siti di legame di alcune sostanze che interferiscono con il funzionamento del canale per il sodio.



La fase di discesa: la ripolarizzazione



During the repolarization phase

Outside cell

Inside cell

(b)

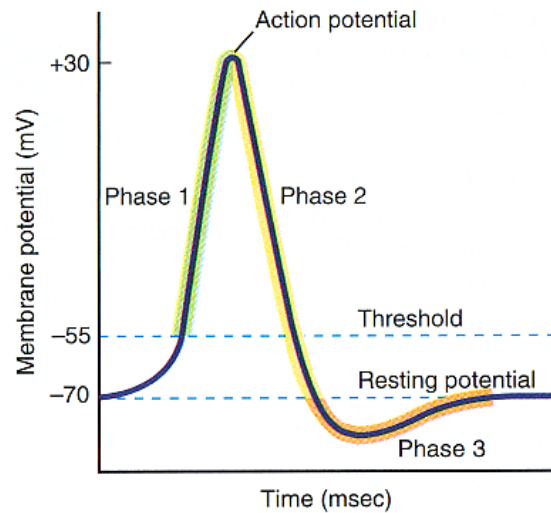
Na⁺ channels close

K⁺

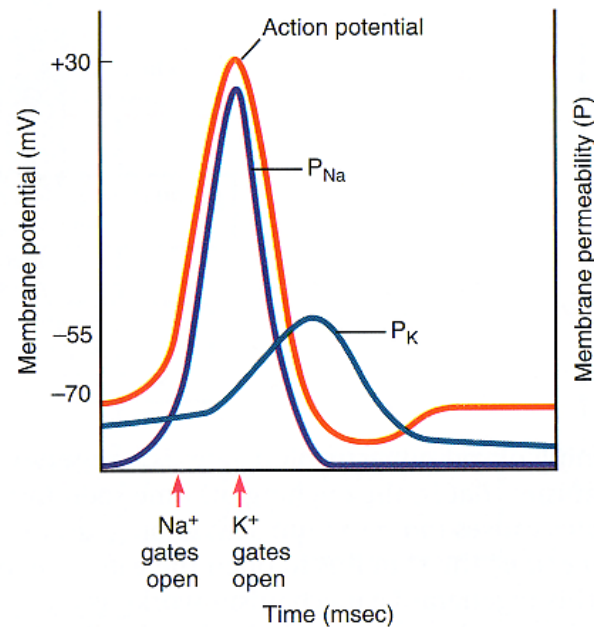
K⁺ channels open until end of the after potential

K⁺

La diversa cinetica delle correnti responsabili del potenziale d'azione



(a) Three phases of an action potential



(b) Permeability changes for Na^+ and K^+ during an action potential

P_{Na} corrente rapida

P_{K} corrente lenta

FIGURE 6.13 The phases and ionic basis of an action potential. (a) The three distinct phases of an action potential: (1) depolarization, (2) repolarization, and (3) after-hyperpolarization. (b) The permeability changes for sodium ions (P_{Na}) and potassium ions (P_{K}) that occur during an action potential. The rapid depolarization of phase 1 is caused by a rapid sodium permeability increase that enables sodium to move into the cell. The repolarization of phase 2 is caused by a slower increase in potassium permeability, enabling greater movement of potassium out of the cell compared to resting conditions. The after-hyperpolarization of phase 3 is caused by the continuing movement of potassium out of the cell.

Il meccanismo di "gating"
 dei canali per il Na^+
 e dei canali per il K^+

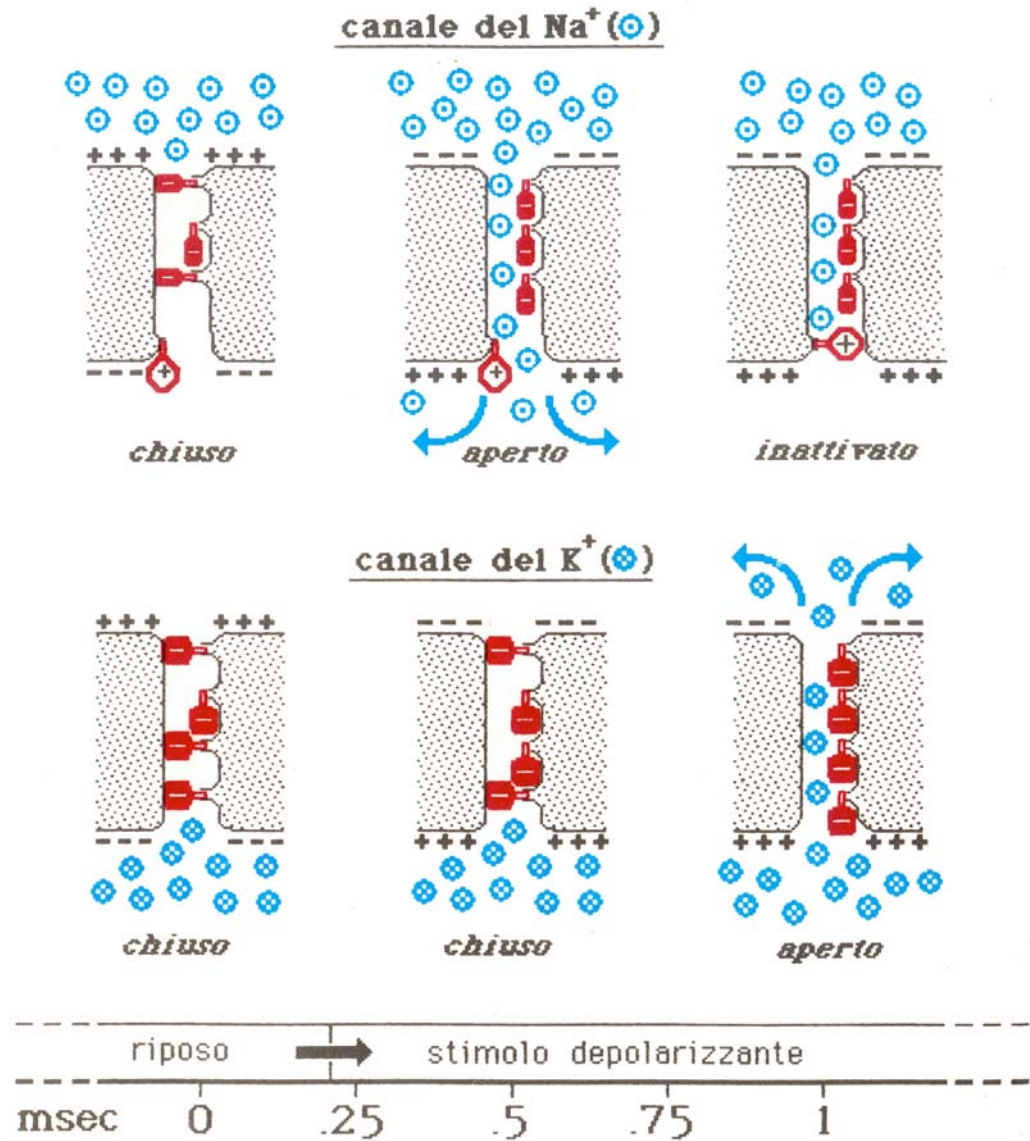


Fig. 6.38 - Gli schemi illustrano in modo simbolico il comportamento delle "gates" (3 di tipo M ed 1 di tipo H) di un canale del Na^+ e delle "gates" (tutte e 4 di tipo N) di un canale del K^+ , nella membrana dell'assone gigante. La configurazione che indica lo stato di *chiusura* è solo 1 delle 7 possibili per il canale del Na^+ , ed 1 delle 15 possibili per il canale del K^+ .

L'inattivazione dei canali per il Na⁺

Meccanismo "palla-catena"

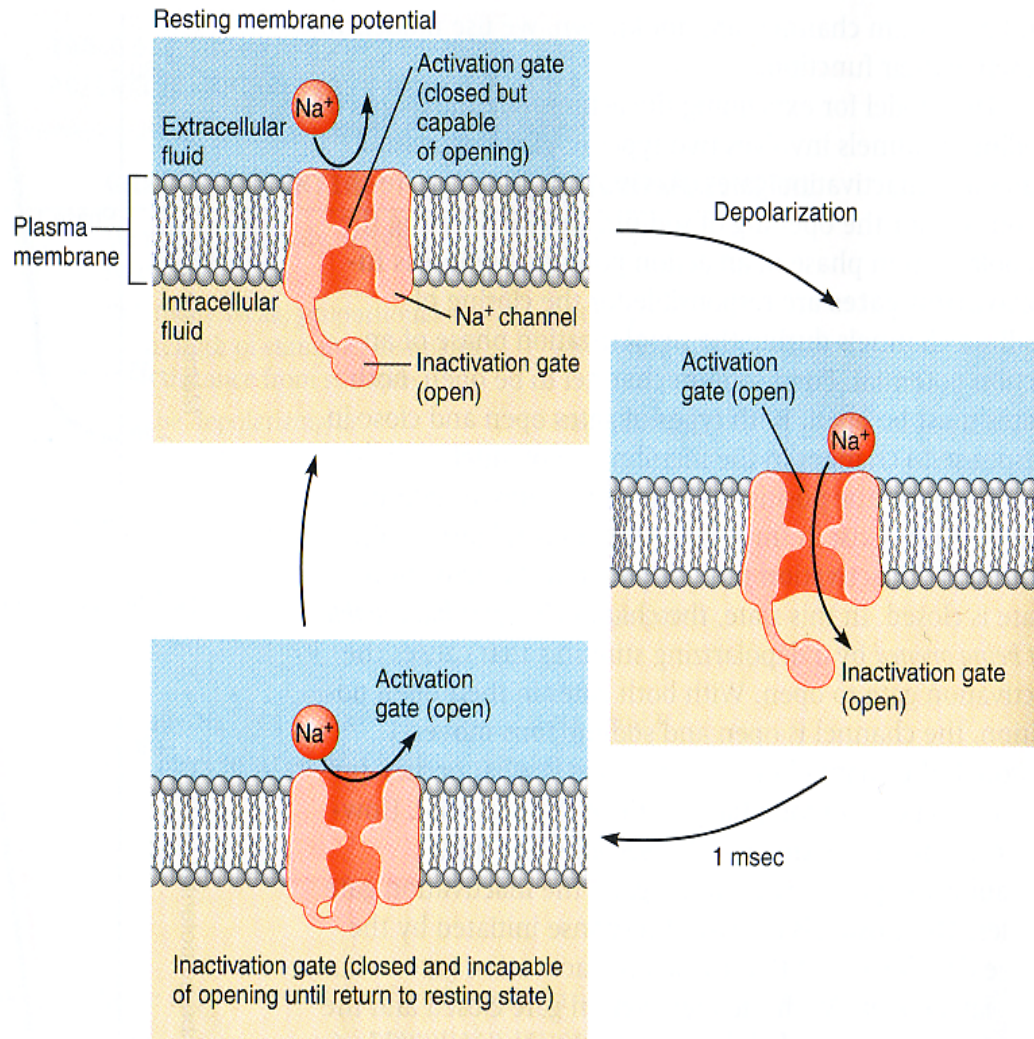


FIGURE 6.14 A model for the operation of voltage-gated sodium channels. Voltage-gated sodium channels are schematically represented here by two gates. At rest, the sodium inactivation gate is open and the activation gate is closed but can open in response to a depolarizing stimulus. Following a depolarizing stimulus to threshold, both the activation and inactivation gates are open, and sodium can move through the channel. Approximately 1 msec after a depolarizing stimulus, the inactivation gate closes and remains closed until the cell has repolarized to the resting state. Before repolarization the channel cannot open in response to a new depolarizing stimulus.

La legge del "tutto o nulla"

Il potenziale soglia

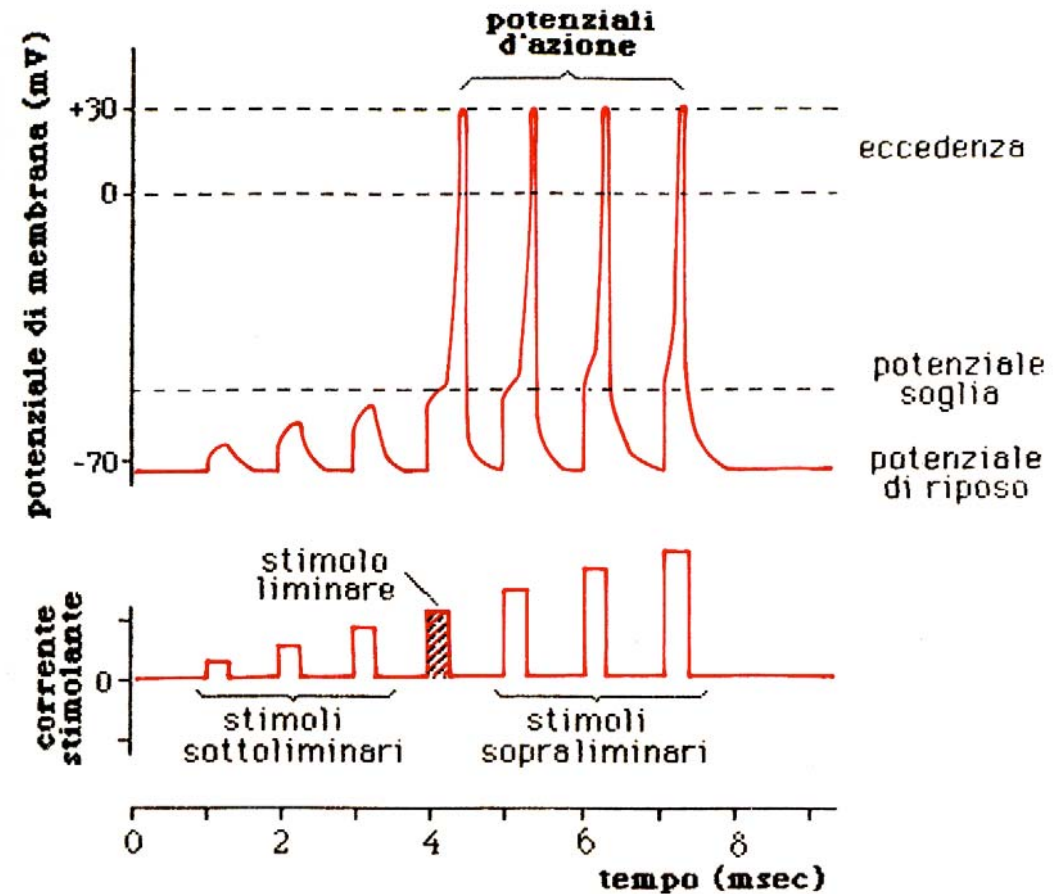
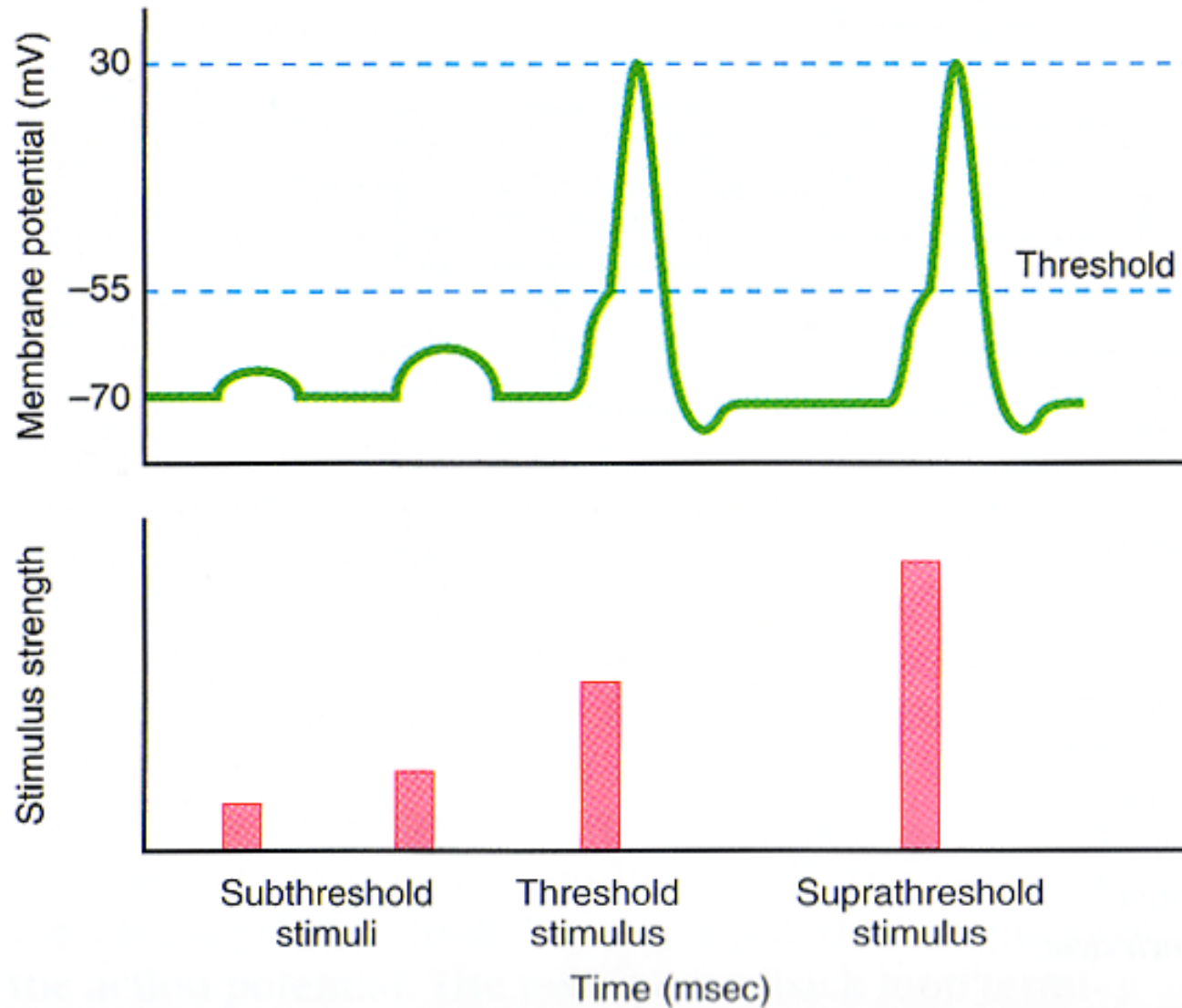


Fig. 6.28 - Rappresentazione schematica della relazione tra l'intensità degli impulsi di corrente che agiscono da stimoli su una fibra nervosa (**in basso**) e le risposte che essi evocano (**in alto**). La legge del "tutto o nulla" è dimostrata dal fatto che l'ampiezza del potenziale d'azione evocata dallo stimolo *liminare* è già la *massima* possibile e non aumenta con l'intensità degli stimoli al di sopra della soglia.

Stimoli sottosoglia, soglia e soprasoglia



La refrattarietà:

assoluta

relativa

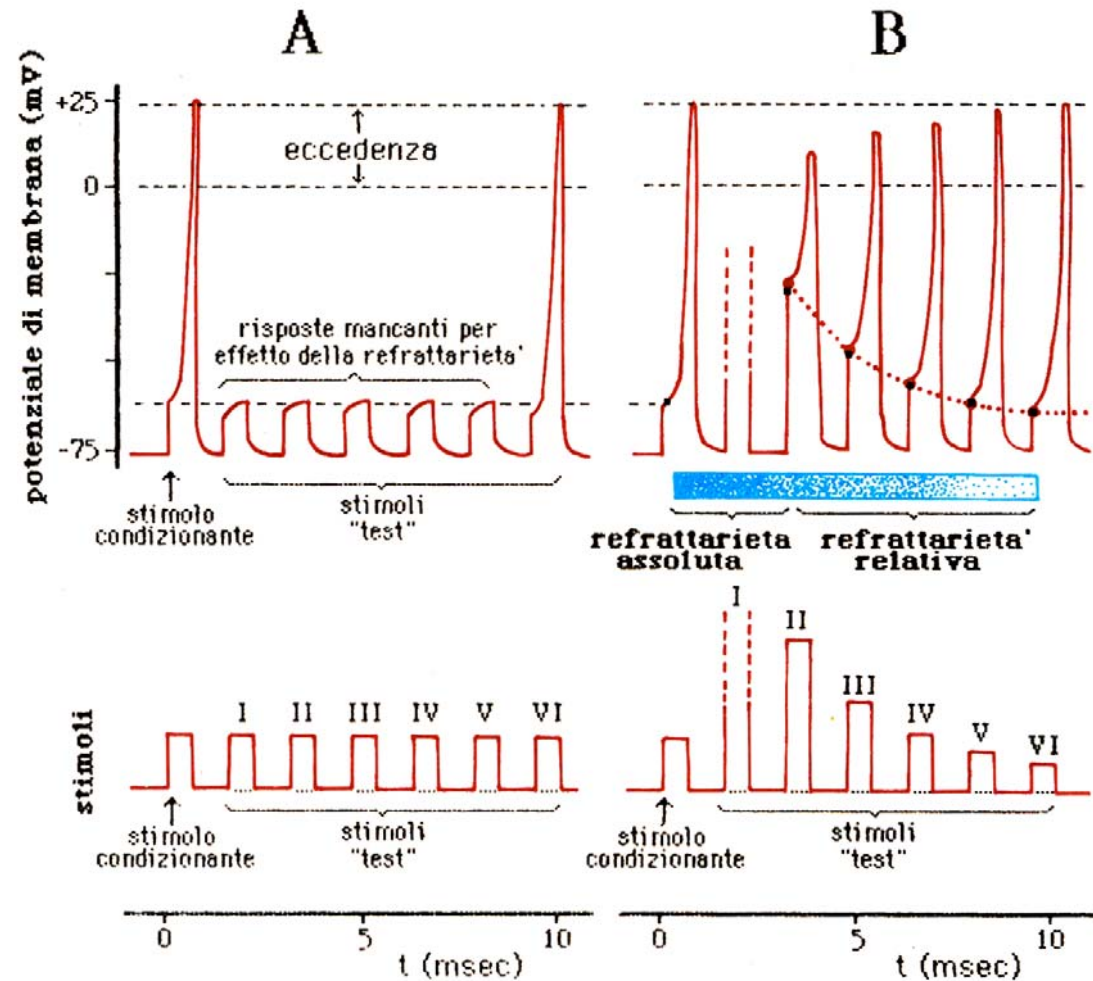
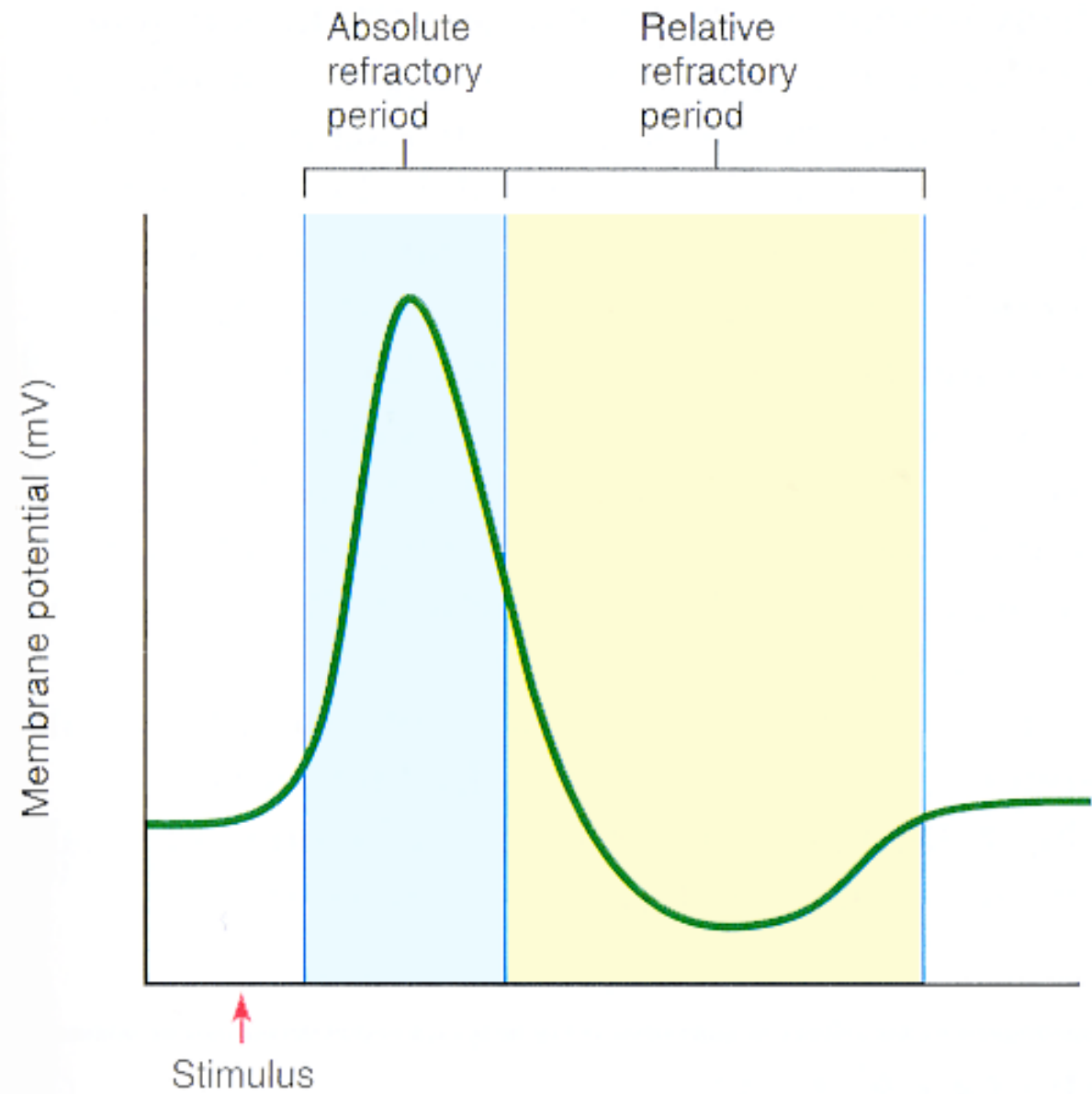


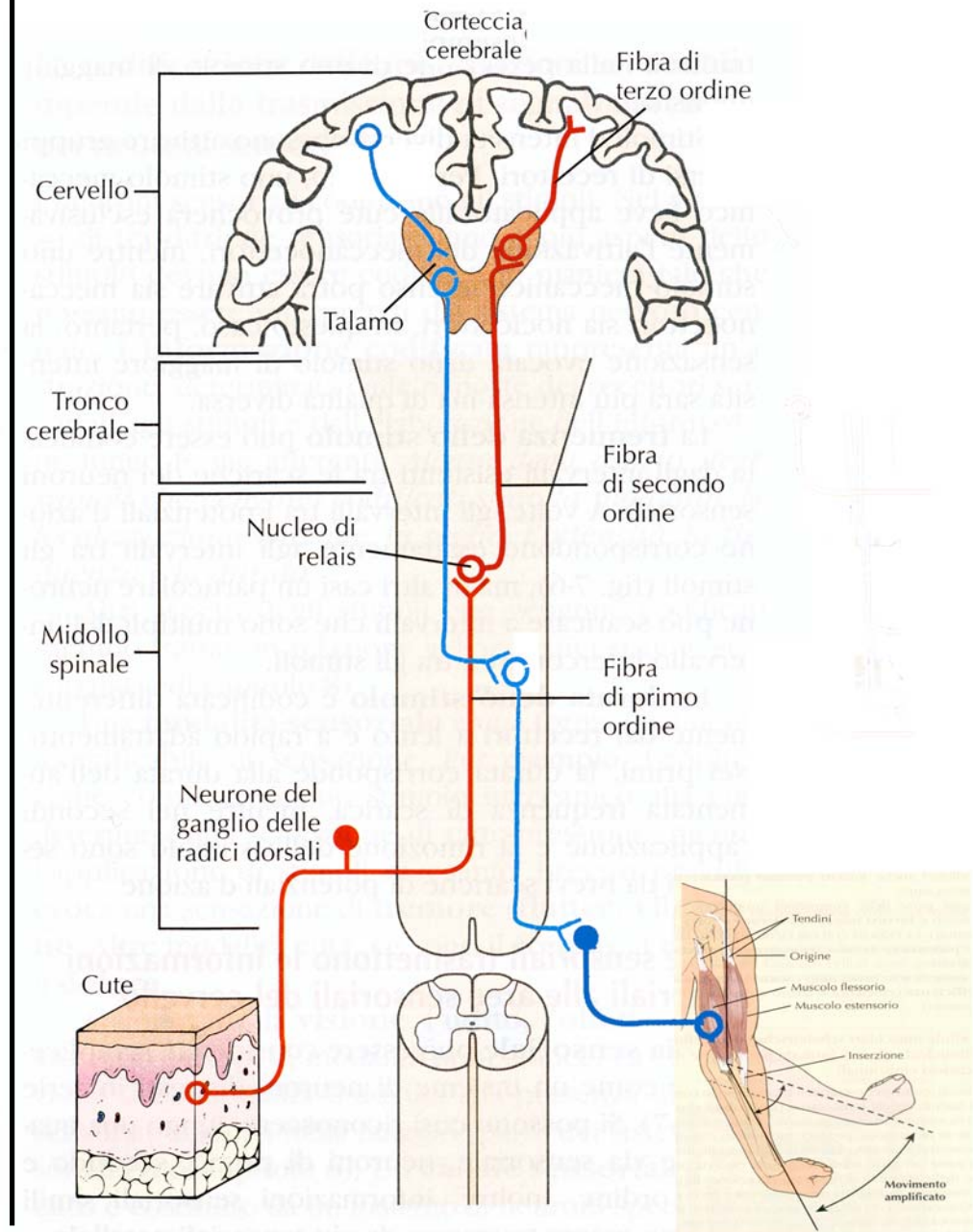
Fig. 6.29 - Il diagramma illustra il fenomeno della *refrattarietà*. **A**: Dopo un potenziale d'azione evocato dallo stimolo "condizionante" liminare, devono trascorrere circa 10 millisecondi prima che uno degli stimoli "test" di uguale intensità (I,II,III,IV,V,VI) ripetuti a brevi intervalli riesca ad evocare un secondo potenziale d'azione. **B**: Immediatamente dopo un potenziale d'azione la refrattarietà è *assoluta*, per cui uno stimolo di qualsiasi intensità (I) è inefficace; successivamente la refrattarietà diventa *relativa*: è allora possibile evocare un secondo potenziale d'azione purché lo stimolo "test" sia sufficientemente sopraliminare. In questa fase la soglia ritorna gradualmente al livello di riposo, come dimostra il progressivo decrescere delle intensità liminari degli stimoli "test".

La refrattarietà:

la durata



La comunicazione elettrica



I principi fisici della propagazione del potenziale d'azione

Le correnti elettrotoniche in una superficie piana

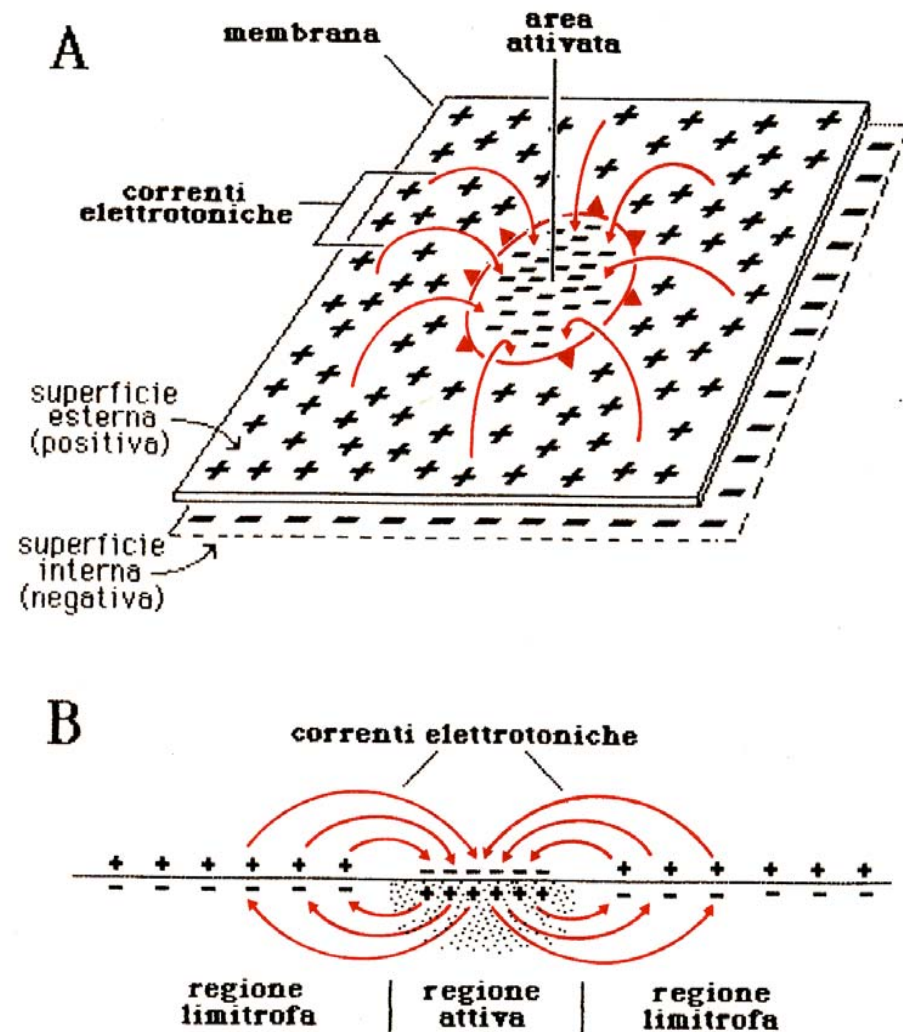
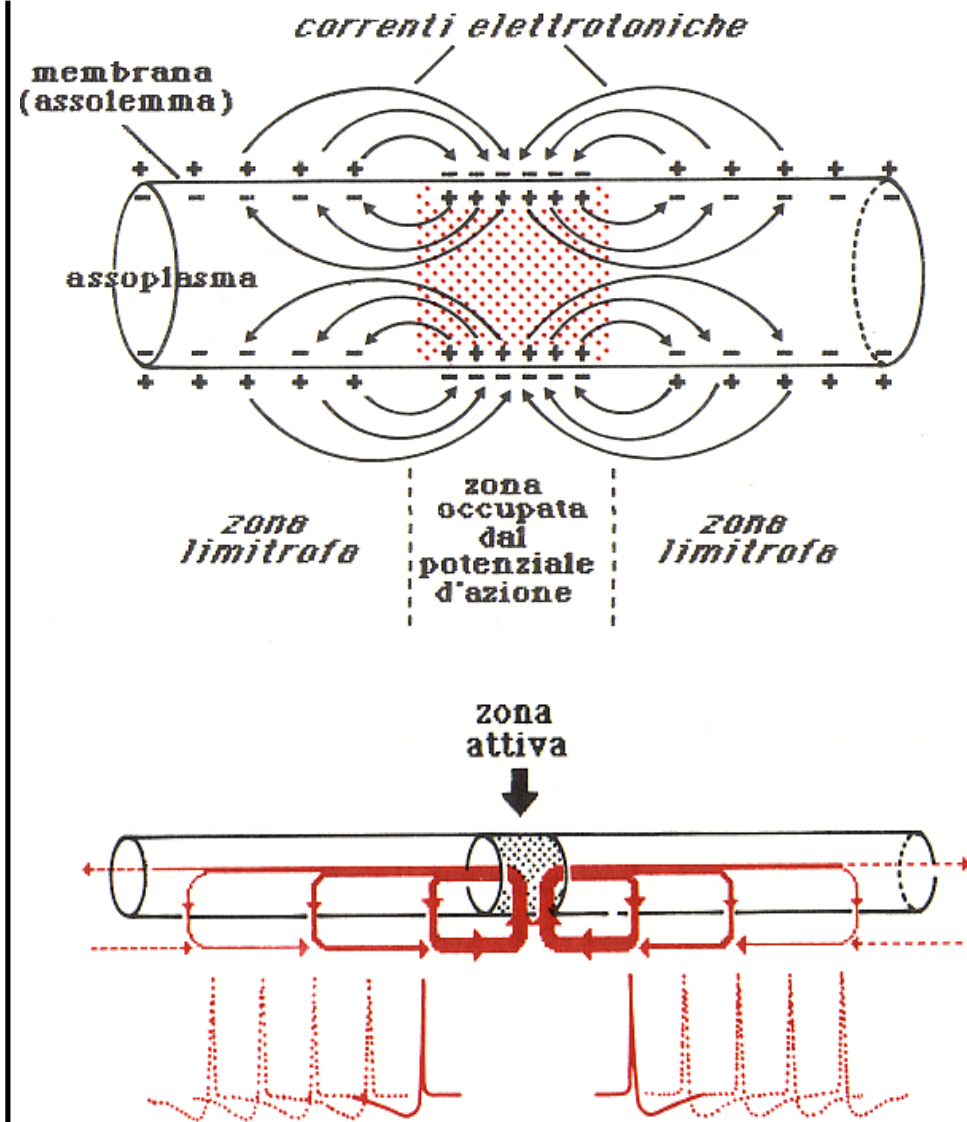
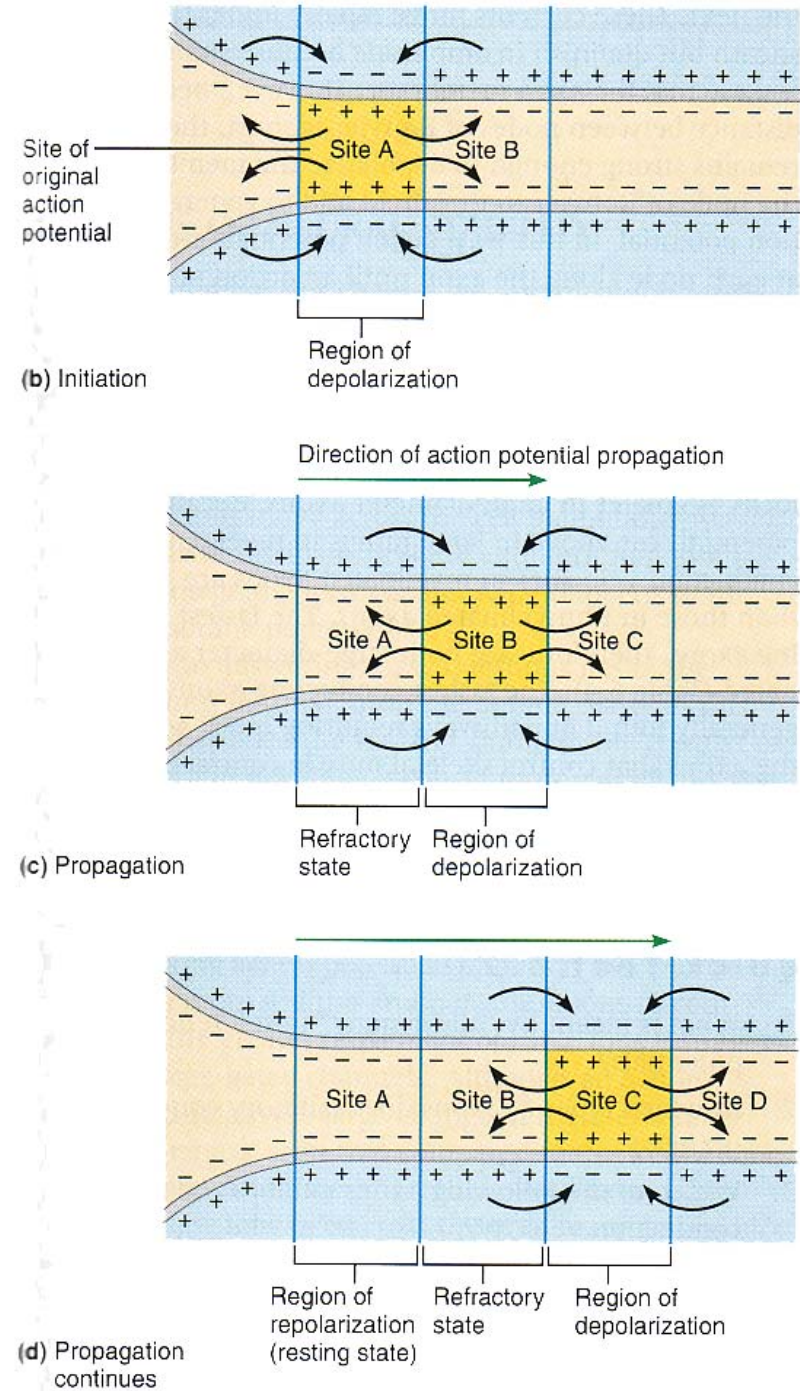
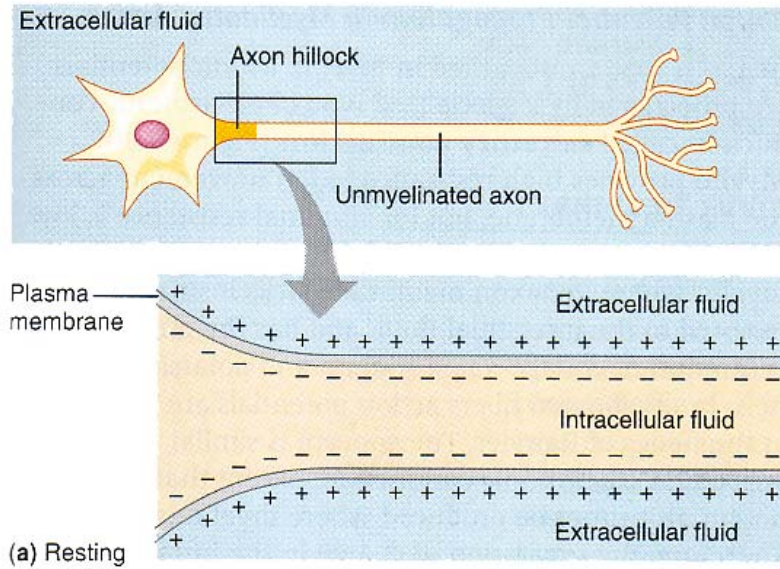


Fig. 6.42 - **A:** Distribuzione delle correnti elettrotoniche alla superficie di un'ideale membrana piana ove si trovi un'area circolare attivata. **B:** Decorso delle correnti elettrotoniche visto trasversalmente rispetto alla membrana.

Le correnti elettrotoniche lungo una fibra nervosa



La propagazione
 del potenziale d'azione
 richiede canali voltaggio-dipendenti
 lungo tutta la fibra nervosa



La refrattarietà rende la propagazione del potenziale d'azione unidirezionale

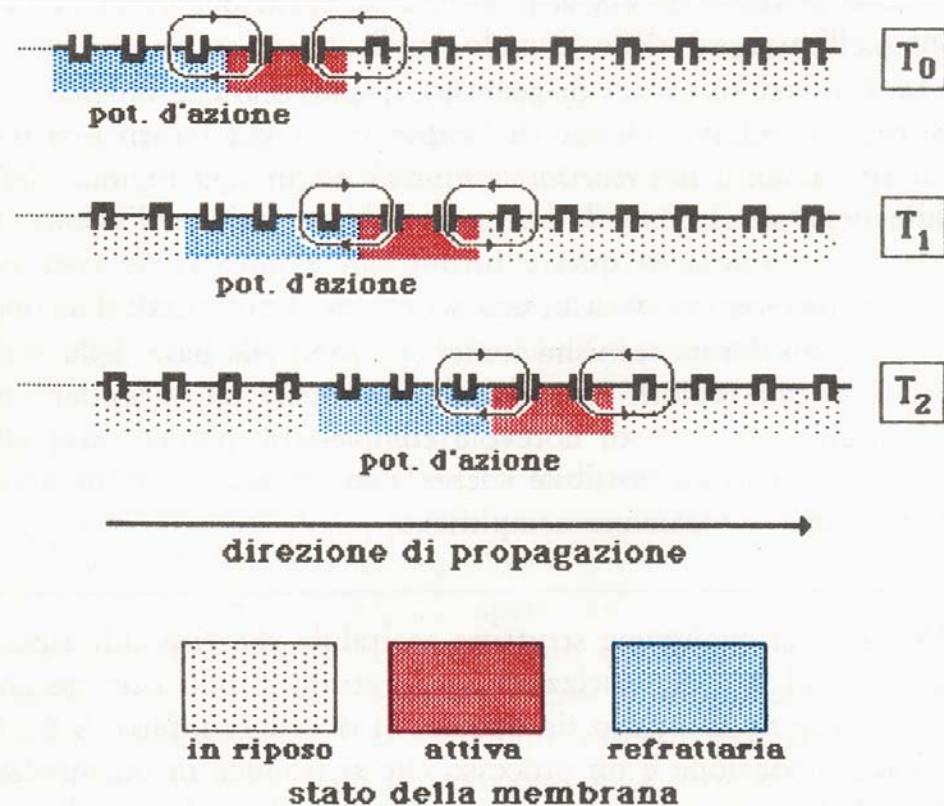
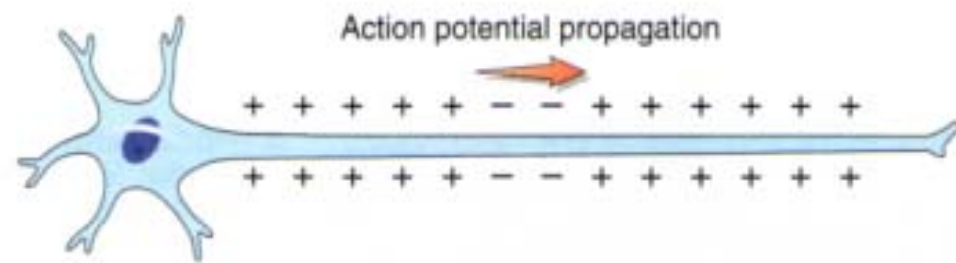
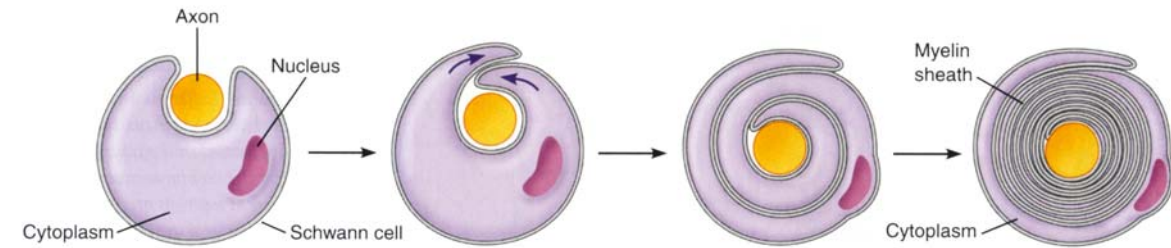
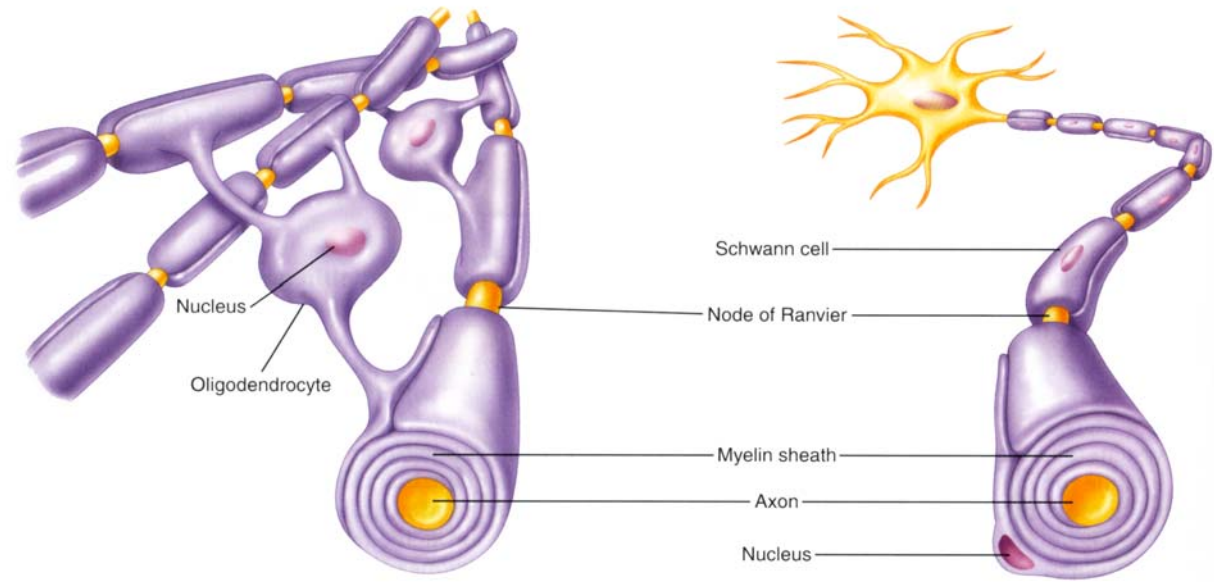


Fig. 6.43 - Illustrazione schematica del principio per cui un potenziale d'azione in via di propagazione può solo avanzare e mai retrocedere.

Il processo di mielinizzazione



(a)

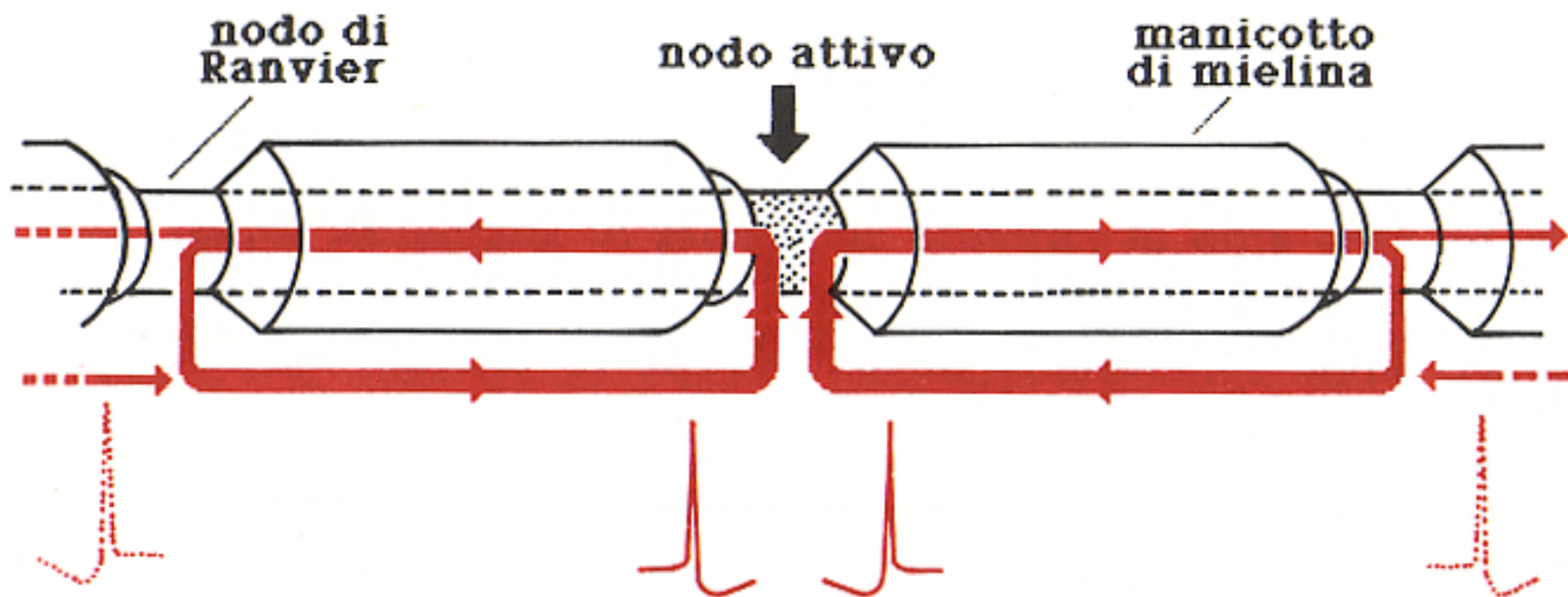


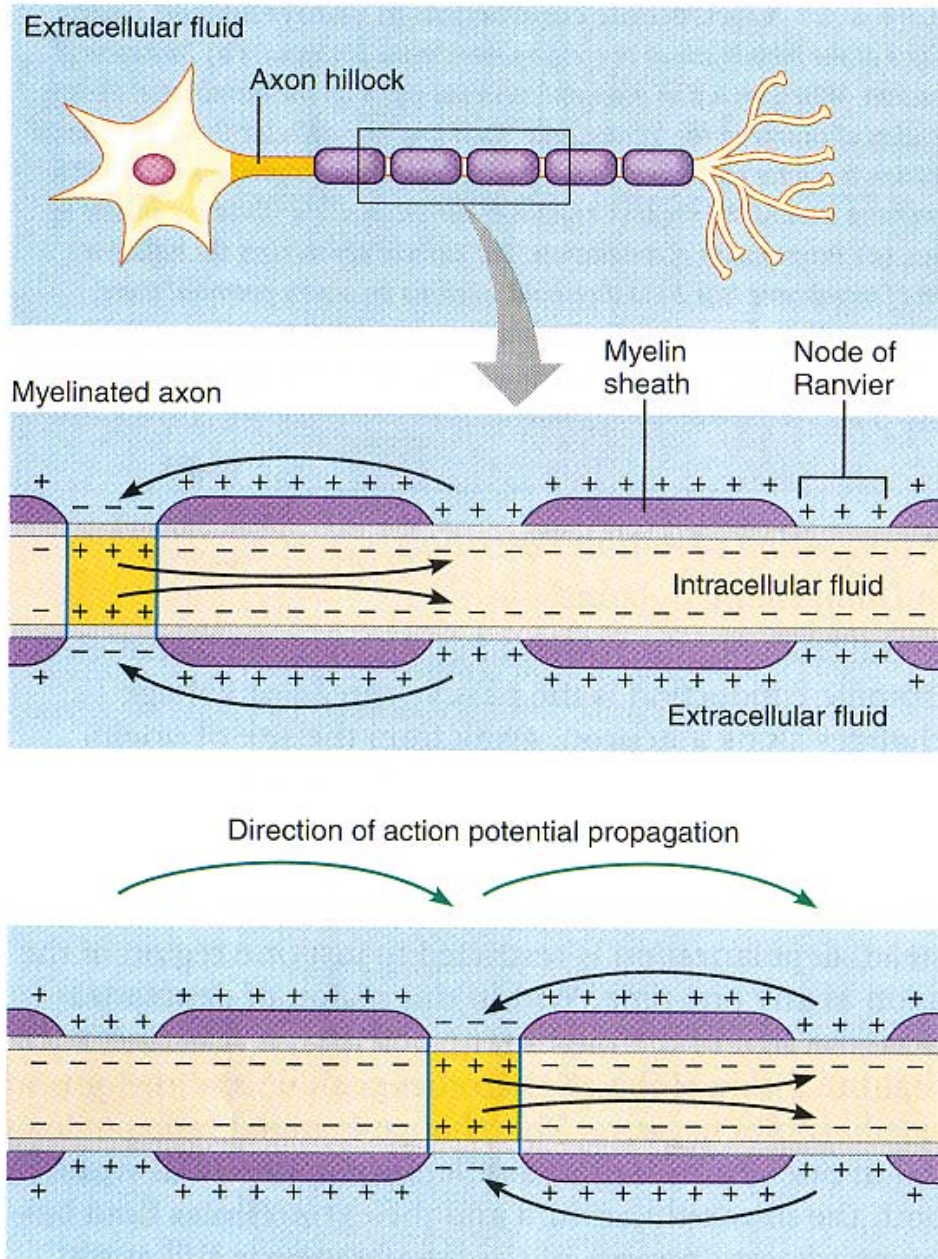
(b)

(c)

FIGURE 6.5 Formation and origins of myelin sheaths. (a) Formation of a myelin sheath by a Schwann cell. Myelin, which consists of concentric layers of plasma membrane provided by either a Schwann cell or an oligodendrocyte, forms a layer of insulation around an axon. (b) Arrangement of myelin sheaths formed by oligodendrocytes in the central nervous system. A single oligodendrocyte sends out cytoplasmic processes that form myelin sheaths around several axons. Note the Nodes of Ranvier, gaps in the myelin sheaths. (c) Arrangement of myelin sheaths formed by Schwann cells in the peripheral nervous system. A given Schwann cell sheathes only a single axon.

Le correnti elettrotoniche in una fibra nervosa mielinizzata

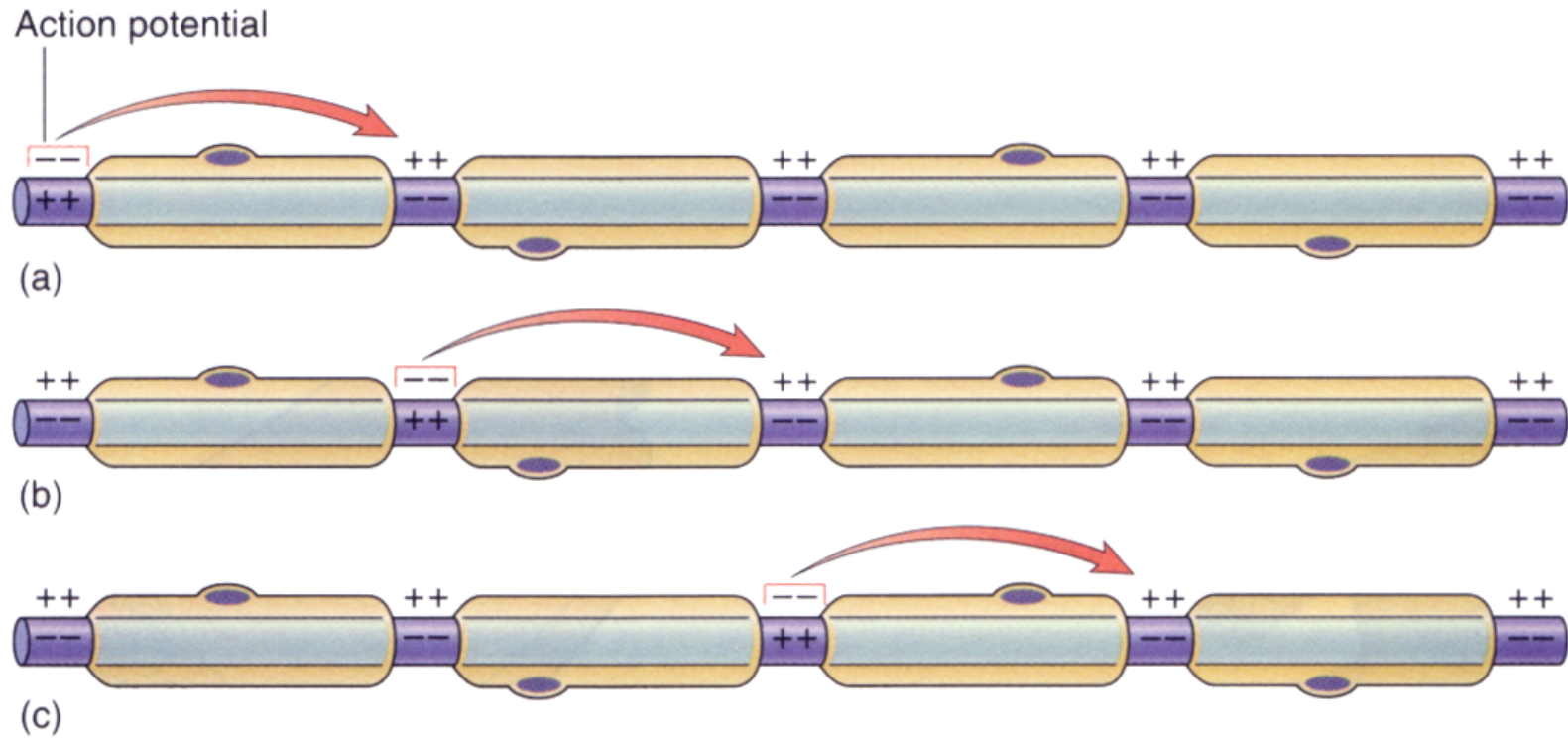




La propagazione del potenziale d'azione richiede canali voltaggio-dipendenti solo a livello dei nodi di Ranvier

FIGURE 6.20 Saltatory conduction in myelinated axons. An action potential in a myelinated axon produces electrical gradients in the intracellular and extracellular fluids that are similar to those observed in unmyelinated axons (see Figure 6.19). However, because very little current flows across the membrane where myelin insulates it, the current must flow all the way to the next node of Ranvier, where it depolarizes this area of the membrane to threshold and initiates an action potential.

Lungo una fibra mielinizzata la conduzione si definisce "saltatoria"



La velocità di conduzione delle fibre mieliniche e amieliniche a confronto

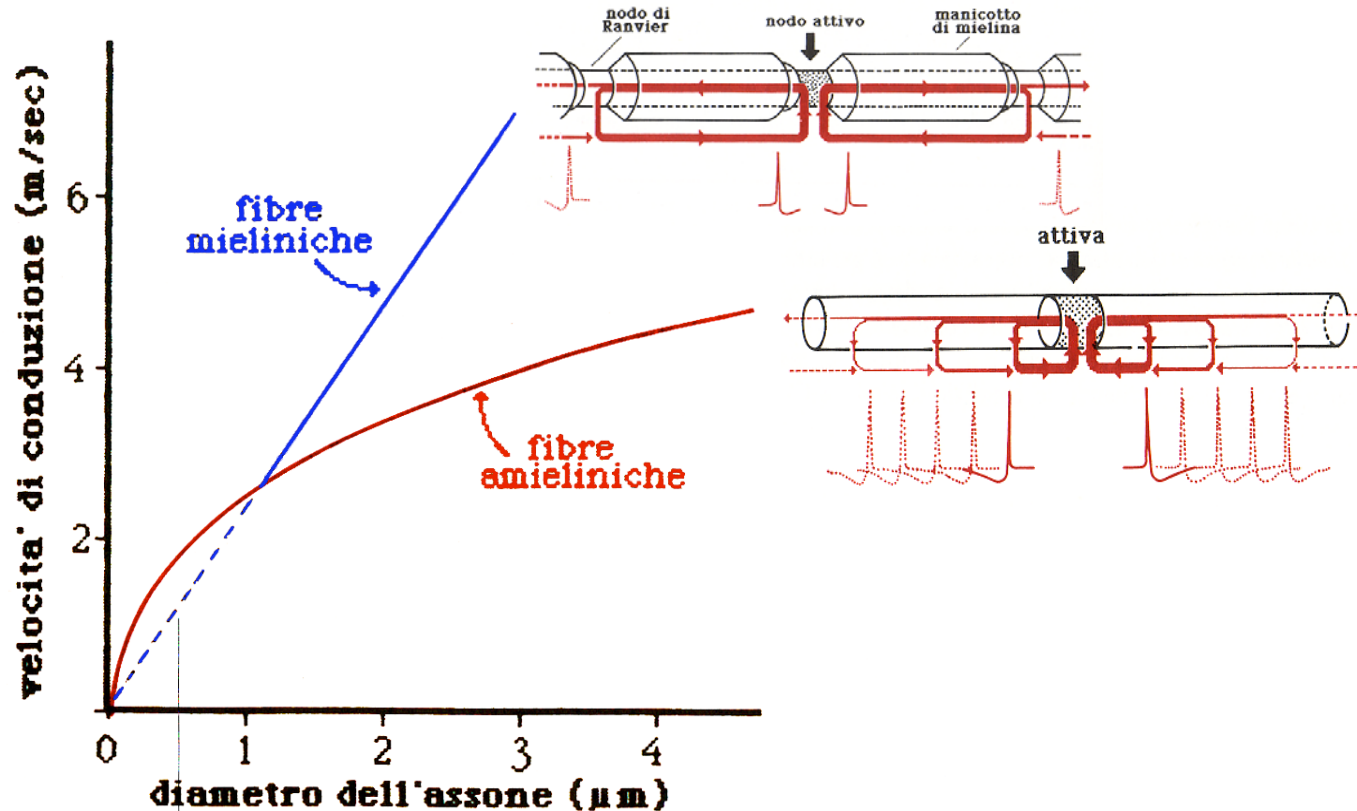


Fig. 7.9 - Il grafico illustra la diversa dipendenza della velocità di conduzione dal diametro nelle fibre amieliniche (ove è proporzionale alla radice quadrata del diametro) e nelle fibre mieliniche (ove è semplicemente proporzionale al diametro). La porzione tratteggiata della retta indica l'ambito in cui le fibre mieliniche, se esistessero, avrebbero, a parità di diametro, una velocità di conduzione minore di quella delle fibre amieliniche.

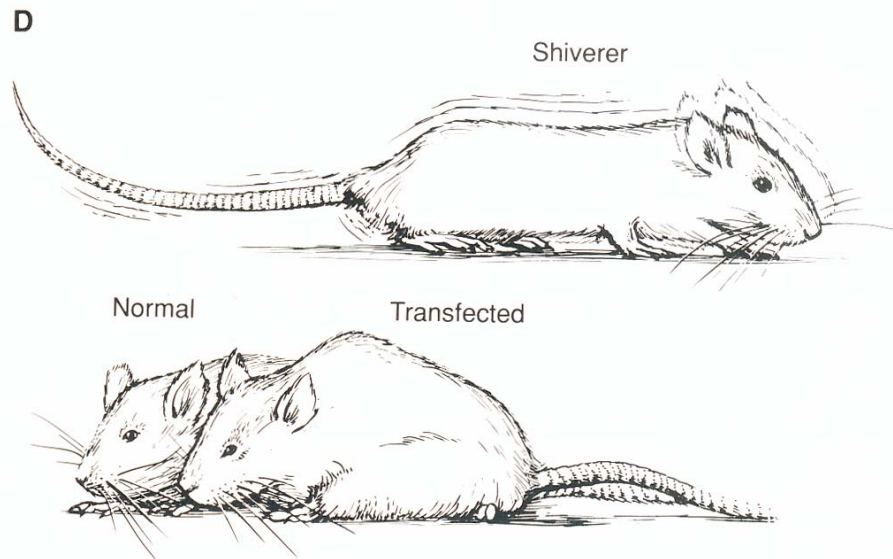
La velocità di conduzione dipende:

- dalla presenza di mielina
- dal diametro dell'assone

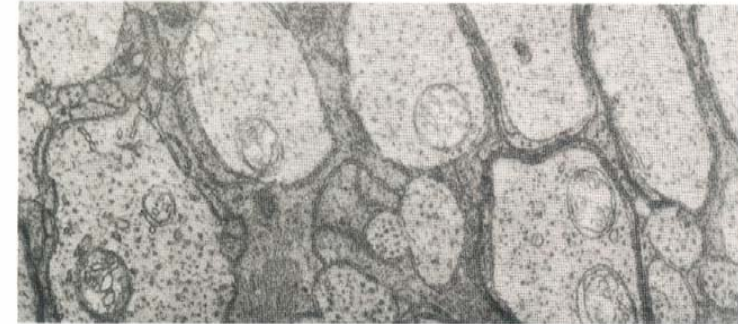
TABLE 6.4 CONDUCTION VELOCITIES IN AXONS OF VARIOUS NERVE FIBER TYPES

FIBER TYPE	MYELIN PRESENT?	EXAMPLE OF FUNCTION	FIBER DIAMETER (μm)	CONDUCTION VELOCITY (m/sec)
A alpha	Yes	Stimulation of skeletal muscle contraction	12–20	70–120
A beta	Yes	Touch, pressure sensation	5–12	30–70
A gamma	Yes	Stimulation of muscle spindle contractile fibers	3–6	15–30
A delta	Yes, but little	Pain, temperature sensation	2–5	12–30
B	Yes	Visceral afferents, autonomic preganglionics	1–3	3–15
C	No	Pain, temperature sensation, autonomic postganglionics	0.3–1.3	0.7–2.3

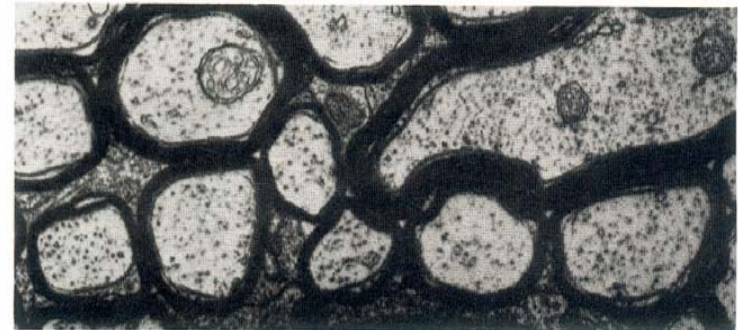
Nella sclerosi multipla la mielinizzazione è alterata



A Shiverer



B Normal



C Transfected

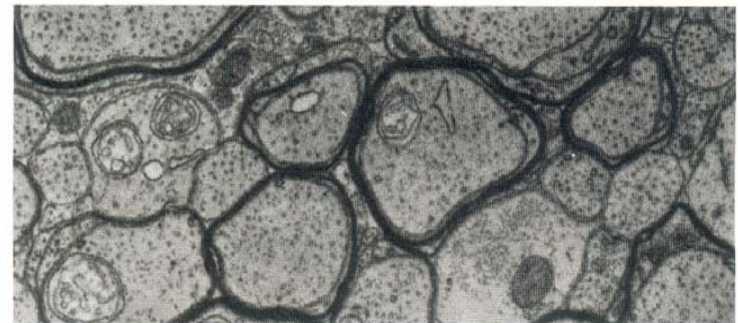


FIGURE 3–8

A genetic disorder of myelination in mice (*shiverer* mutant) can be partially cured by transfection of the normal gene encoding myelin basic protein. (From Readhead et al., 1987.)

Electron micrographs show the state of myelination in the optic nerve of the shiverer mutant (A), a normal mouse (B), and a shiverer mutant transfected with the gene for myelin basic protein (C). Myelination is incomplete in the shiverer mutant and greatly improved in the transfected animal.

D. The shiverer mutant exhibits poor posture and evident weakness. A normal mouse and a transfected shiverer mutant look perky.

- diminuita velocità di conduzione
- efapsi