

Generazione e trasmissione degli impulsi nervosi

Le cellule nervose (come le cellule muscolari) sono cellule **eccitabili**, cioè capaci di rispondere a particolari stimoli generando degli impulsi nervosi, che vengono poi trasmessi a distanza.

Il potenziale di membrana

Nei liquidi corporei, all'interno e all'esterno delle cellule, molte sostanze sono disciolte sotto forma di **ioni**, particelle dotate di carica elettrica positiva (cationi) o negativa (anioni). In condizioni di riposo, all'interno della cellula le particelle negative (anioni) sono presenti in concentrazione maggiore rispetto all'esterno; per cui, tra l'interno e l'esterno della cellula, ossia a cavallo della membrana citoplasmatica, si ha una **differenza di cariche elettriche (differenza di potenziale elettrico)** detta **potenziale di membrana**, caratterizzata da una negatività all'interno rispetto all'esterno di 90 mV (milliVolt).

Tra gli ioni positivi (cationi), nel liquido intracellulare prevale il potassio (K^+); in quello extracellulare il sodio (Na^+).

La differenza tra esterno e interno, per quanto riguarda il K^+ e il Na^+ , dipende dalla permeabilità della membrana (che è 50-100 volte più permeabile al K^+ che al Na^+) e dalla presenza, sempre sulla membrana, di una pompa, la **pompa sodio-potassio**, che espelle continuamente sodio e contempo-

raneamente immette potassio nella cellula.

! La **differenza di potenziale** è la differenza di carica elettrica esistente tra due punti separati da una struttura isolante (come una membrana). La sua unità di misura è il volt (V), suo sottomultiplo è il millivolt (1000 mV = 1 V).

Attivazione della membrana

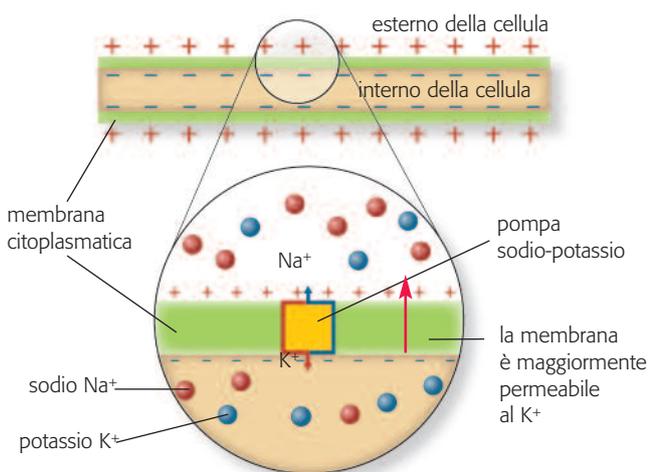
Stimoli di vario tipo (elettrici, chimici ecc.), purché di una certa intensità, possono "eccitare" la membrana delle cellule nervose (e di quelle muscolari), modificando la loro permeabilità agli ioni Na^+ e K^+ e generando di conseguenza una variazione di potenziale elettrico della membrana, che prende il nome di **potenziale d'azione**.

La membrana di queste cellule ha dunque la capacità di attivarsi, di modificare la sua permeabilità al sodio e poi al potassio. Si ha prima un brusco aumento della permeabilità al sodio, che determina un brusco flusso di ioni Na^+ dall'esterno (dove la concentrazione è maggiore, circa 145 **mEq/L**) verso l'interno (dove la concentrazione è solo di 10 mEq/L) e, di conseguenza, un passaggio di cariche positive verso l'interno, che riduce il potenziale di membrana (negativo), fino ad annullarlo (depolarizzazione) e, addirittura, a

invertirlo (l'interno diventa quindi positivo rispetto all'esterno e il potenziale di membrana raggiunge un valore di +30 mV).

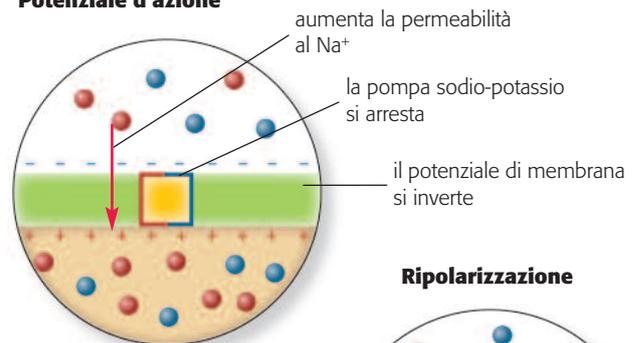
Tanto rapidamente si instaura il flusso di Na^+ verso l'interno, altrettanto rapidamente cessa, mentre aumenta la permeabilità della membrana al K^+ e si realizza un flusso di ioni K^+ in senso inverso all' Na^+ , cioè dall'interno (dove è più concentrato, circa 150 mEq/L) verso l'esterno (concentrazione di 4 mEq/L). Il flusso di cariche elettriche positive (K^+) verso l'esterno riporta la negatività all'interno della cellula (**ripolarizzazione**). In seguito la pompa sodio-potassio riporta all'esterno gli ioni sodio entrati in eccesso durante la depolarizzazione e fa rientrare gli ioni K^+ usciti nella ripolarizzazione, ripristinando in tal modo la situazione di riposo. Tutto questo processo si realizza in pochi millesimi di secondo (2-4 msec); le variazioni della permeabilità di membrana ai due ioni causano variazioni del potenziale elettrico della membrana che prendono il

mEq/L (milliequivalenti per litro): è una delle unità di misura della concentrazione di una soluzione, utilizzata al posto delle mmol/L (millimoli per litro) quando si parla di soluzioni elettrolitiche. **!**



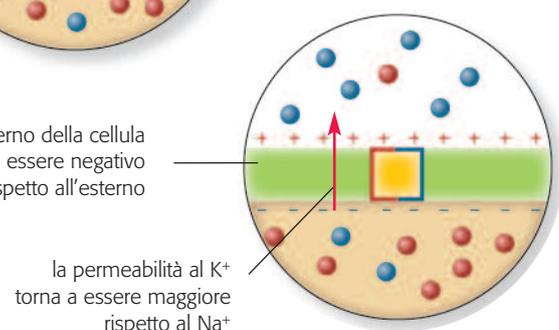
Potenziale di membrana In condizioni di riposo l'interno della cellula ha una concentrazione maggiore di cariche negative rispetto all'esterno. La pompa sodio-potassio, inoltre, espelle sodio e immette potassio, per cui all'interno prevale il K^+ , all'esterno il Na^+ .

Potenziale d'azione



l'interno della cellula torna a essere negativo rispetto all'esterno

Ripolarizzazione



Generazione e trasmissione degli impulsi nervosi

nome di **potenziale d'azione**. La minima intensità di uno stimolo in grado di determinare la comparsa di un potenziale d'azione è detta **intensità soglia** o semplicemente **soglia**.

Propagazione del potenziale d'azione: l'impulso nervoso

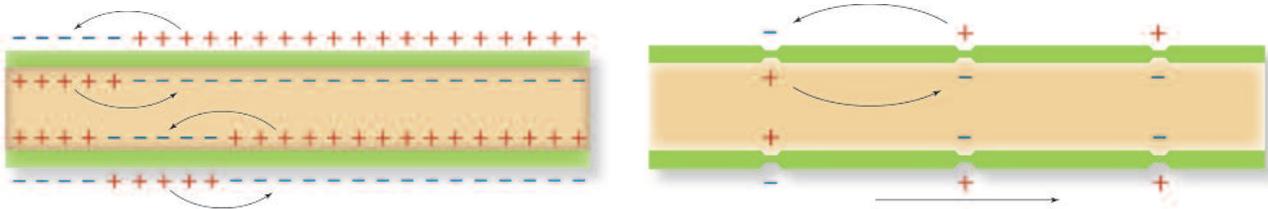
Quando un punto della membrana della cellula nervosa si è depolarizzato, dando origine a un potenziale d'azione, si crea un circuito di corrente locale che propaga la

depolarizzazione lungo la membrana. La propagazione del potenziale d'azione lungo le fibre nervose costituisce l'**impulso nervoso**. La propagazione degli impulsi avviene con due modalità diverse:

- nelle **fibre amieliniche** si creano dei circuiti di corrente che attraversano la membrana "punto per punto". La depolarizzazione si propaga così, lentamente, lungo la fibra nervosa.
- Nelle **fibre mieliniche**, invece, la membrana cellulare è rivestita esternamente da una spessa guaina, la guaina mielinica, che

funge da isolante, impedendo il passaggio della corrente tra l'interno e l'esterno.

Però, a intervalli regolari, la guaina mielinica presenta delle strozzature, i nodi di Ranvier, a livello dei quali manca il rivestimento isolante: il circuito di corrente, nelle fibre mieliniche, si ha solo tra un nodo di Ranvier e l'altro e la propagazione degli impulsi avviene, in questo caso, a salti (conduzione saltatoria), da un nodo di Ranvier all'altro, molto più velocemente rispetto alle fibre amieliniche.



Propagazione dell'impulso nervoso A sinistra: nelle fibre amieliniche la depolarizzazione e conseguente ripolarizzazione della membrana genera dei circuiti di corrente che si propagano lungo la fibra nervosa. A destra: nelle fibre mieliniche, a causa della membrana isolante che le riveste, i circuiti di corrente si hanno solo tra un nodo di Ranvier e l'altro; si ha quindi una conduzione saltatoria.