

L'impulso nervoso e la sinapsi

La caratteristica unica dei neuroni è l'*eccitabilità*: in base al tipo di segnali raccolti dai dendriti, il corpo cellulare decide se inviare o meno un impulso elettrico, detto *potenziale d'azione*.

Un *potenziale elettrico* si viene a creare quando vi è una differenza di quantità di carica elettrica, misurata tra due regioni cariche di segno opposto. Poiché l'interno di un assone è ricco di cariche negative, mentre l'esterno è carico positivamente, tra i due lati della membrana vi è una differenza di potenziale di circa 70 millivolt, che rappresenta il **potenziale di riposo** della membrana, in assenza di stimolazione.

Quando l'assone è attraversato da un impulso, si verifica una brevissima **depolarizzazione**⁽¹⁾ della membrana dell'assone seguita da un'inversione della sua polarità: l'interno diventa positivo e l'esterno negativo e la differenza di potenziale è di circa 40 millivolt.

Il meccanismo che genera l'impulso nervoso è collegato alle differenze di concentrazione degli ioni K^+ e Na^+ sui due lati della membrana: la concentrazione del primo è maggiore all'interno dell'assone; quella del secondo è maggiore all'esterno. Dapprima si verifica un ingresso di ioni Na^+ , che depolarizzano la membrana, e subito dopo una fuoriuscita di ioni K^+ , che la ripolarizzano.

Entrambi gli ioni attraversano la membrana utilizzando specifiche proteine canale, contenute nel doppio strato fosfolipidico, che li lasciano passare nella giusta sequenza.

L'inversione di polarità rappresenta il cosiddetto **potenziale d'azione**, che si propaga lungo tutta la membrana dell'assone, costituendo l'**impulso nervoso** (Figura 1).

L'impulso nervoso viene generato solo se l'intensità di uno stimolo supera una certa soglia, ossia un valore minimo variabile da neurone a neurone, oltre il quale si produce l'effetto del potenziale d'azione. L'intensità dei potenziali d'azione che un neurone può generare è praticamente costante (**legge del "tutto o nulla"**), ciò che varia è la loro frequenza, cioè il numero di potenziali generati nell'unità di tempo: più intenso è lo stimolo, maggiore è la frequenza.

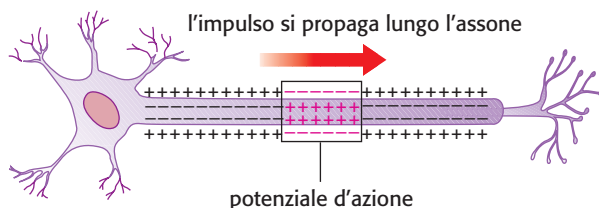


Figura 1 In condizioni di riposo l'interno dell'assone è carico negativamente e l'esterno positivamente. L'impulso nervoso consiste in un'inversione della polarità della membrana (zona colorata) che si propaga lungo tutto l'assone (potenziale d'azione).

(1) La **depolarizzazione** si verifica quando si attenua, fino a scomparire, la differenza di carica elettrica sui due lati della membrana; la **ripolarizzazione** quando si ripristina la differenza di carica iniziale; l'**inversione di polarità** quando s'inverte il segno della carica sui due lati della membrana (l'interno diventa positivo e l'esterno negativo).



LA TRASMISSIONE DELL'IMPULSO NERVOSO

La temporanea inversione di polarità che costituisce il potenziale d'azione si propaga come un'onda di depolarizzazione lungo tutto l'assone, senza subire alcuna riduzione di ampiezza. La depolarizzazione della membrana, infatti, si propaga alla regione adiacente per mezzo di una serie di correnti, dette **correnti di circuito locale** (Figura 2). L'onda di depolarizzazione è unidirezionale: una zona della membrana che si è depolarizzata può trasmettere un nuovo impulso solo dopo un certo intervallo di tempo (**periodo refrattario**). In questo modo nelle regioni in cui si è generato un potenziale d'azione non se ne può manifestare un altro subito dopo.

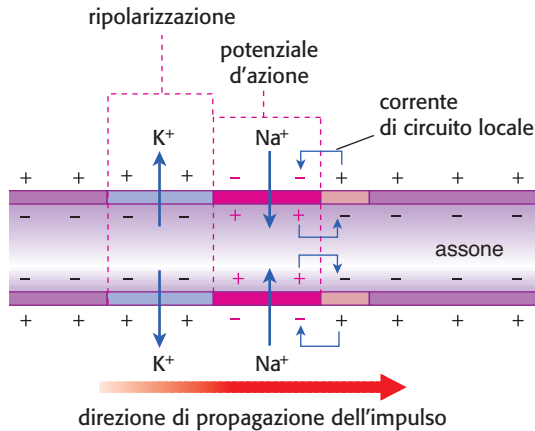


Figura 2 Le correnti di circuito locale si instaurano tra la zona interessata dal potenziale d'azione e quella adiacente. In una fibra amielinica esse si estendono per tutta la lunghezza dell'assone.

Nelle fibre nervose prive di guaina mielinica le correnti di circuito locale sono estese lungo tutto l'assone, per cui la conduzione dell'impulso è molto lenta (circa 1-2 m/s). Nelle fibre rivestite di guaina mielinica, invece, le correnti attraversano solo i nodi (Figura 3), cioè le regioni dell'assone prive di rivestimento, saltando da un nodo all'altro. Poiché la superficie dei nodi è solo una piccola frazione di quella della fibra (circa 1/1000), la conduzione è molto più veloce (30-50 m/s), consentendo risposte agli stimoli molto più rapide.

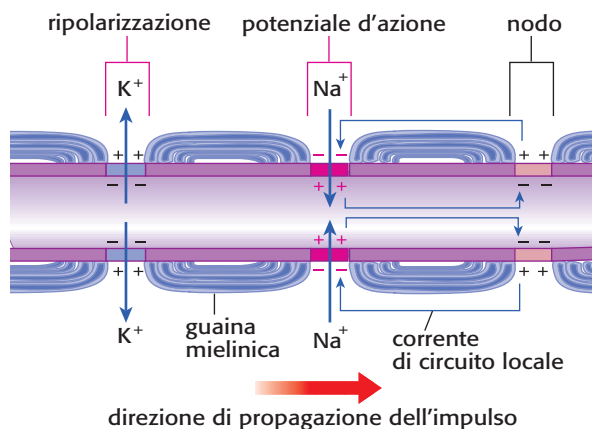


Figura 3 In una fibra mielinica le correnti di circuito locale si estendono solo nelle zone prive di guaina (nodi). La conduzione è pertanto molto più rapida.



LA COMUNICAZIONE TRA DUE NEURONI: LA SINAPSI

Gli stimoli nervosi passano da un neurone all'altro tramite particolari giunzioni, le **sinapsi**, in corrispondenza delle quali i due neuroni sono generalmente separati da un piccolissimo spazio; qui il segnale elettrico viene trasmesso come segnale chimico, grazie a particolari molecole dette **neurotrasmettitori**, come l'acetilcolina e la noradrenalina. In una sinapsi si distinguono una **terminazione presinaptica** (una ramificazione dell'assone della cellula che trasmette l'impulso), generalmente a forma di bulbo, lo **spazio intersinaptico** tra i due neuroni e la **terminazione postsinaptica**, che corrisponde al secondo neurone (Figura 4).

Le molecole dei neurotrasmettitori sono sintetizzate all'interno dei neuroni e immagazzinate in piccole vescicole nelle terminazioni dell'assone. Quando un potenziale d'azione arriva alla terminazione presinaptica, il neurotrasmettitore è rilasciato nello spazio intersinaptico con un processo di esocitosi. Specifici recettori sulla membrana postsinaptica si legano con il neurotrasmettitore, modificando l'eccitabilità della terminazione postsinaptica, che diventa meno eccitabile (**effetto inibitorio**), o più facilmente eccitabile (**effetto eccitatorio**). I segnali che arrivano a un neurone possono provenire anche da diverse centinaia di cellule. Istante per istante il neurone fa una sorta di somma algebrica di tutti gli stimoli ricevuti: se l'effetto complessivo è tale da depolarizzare la cellula in modo sufficiente, parte un nuovo potenziale d'azione.

L'azione dei neurotrasmettitori è breve; essi vengono subito degradati e riassorbiti dalla terminazione dell'assone e riutilizzati. Nella trasmissione sinaptica sono coinvolte anche altre sostanze come i **neuromodulatori**, che modulano la risposta di una sinapsi al suo neurotrasmettitore. Tra questi, ricordiamo il gruppo delle **endorfine**, che funzionano come analgesici naturali, sopprimendo gli stimoli dolorifici e determinando uno stato di euforia. Molte droghe, come l'eroina, la morfina e altre sostanze oppiacee, agiscono proprio legandosi ai recettori delle endorfine.

Attraverso le giunzioni sinaptiche, i neuroni trasferiscono il segnale elettrico a un dendrite o al corpo cellulare di un altro neurone o a un muscolo (stimolandone la contrazione) o a una ghiandola (stimolandone la secrezione). Il segnale in uscita (*output*) dal neurone funge da segnale in ingresso (*input*) per la seconda cellula.

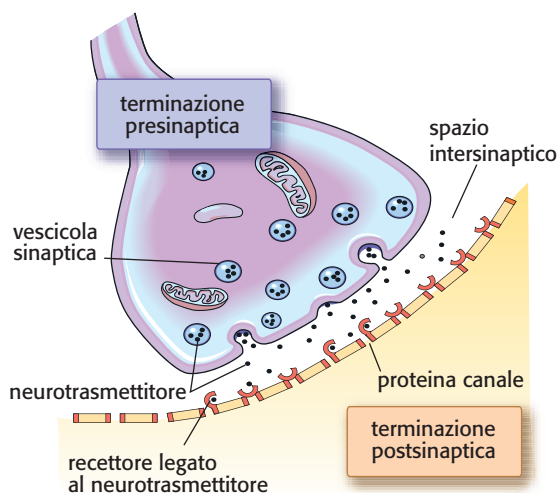


Figura 4 Schema del meccanismo chimico di trasmissione dell'impulso nervoso in una sinapsi.

