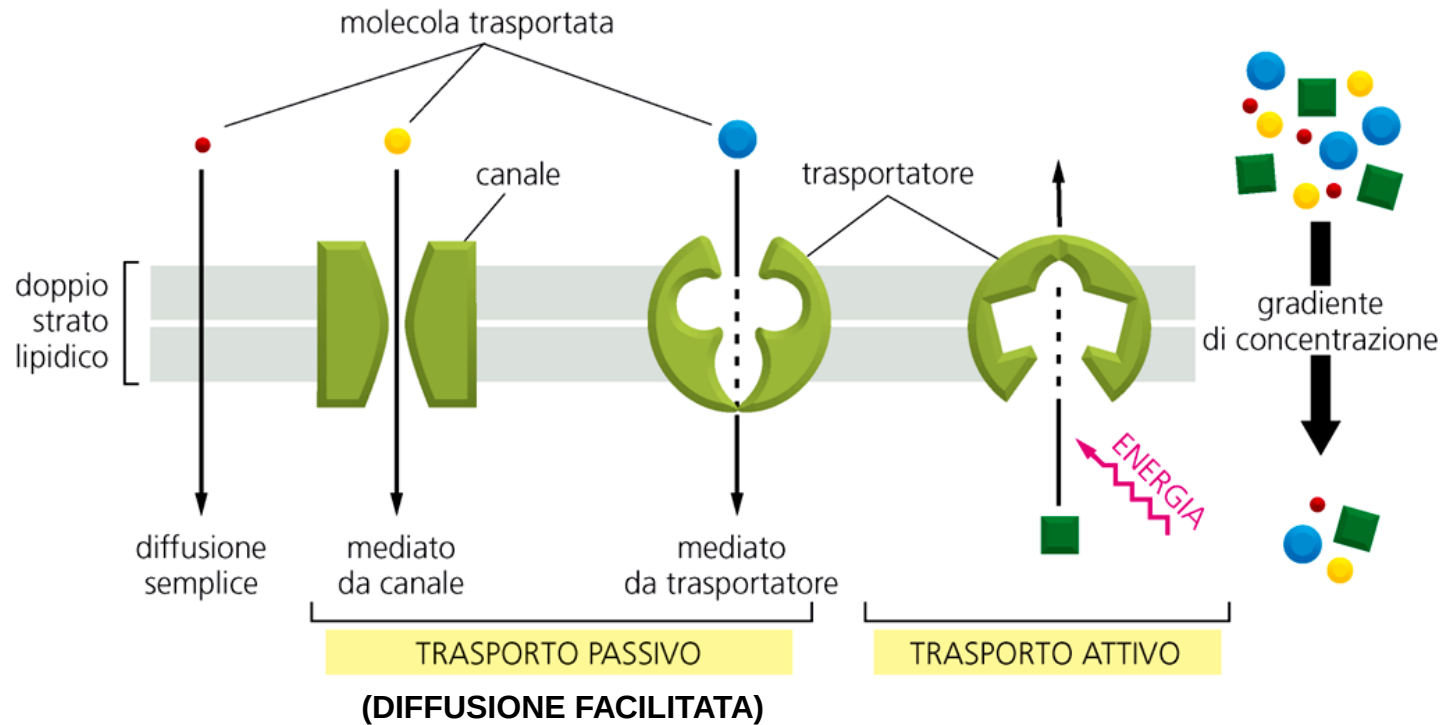
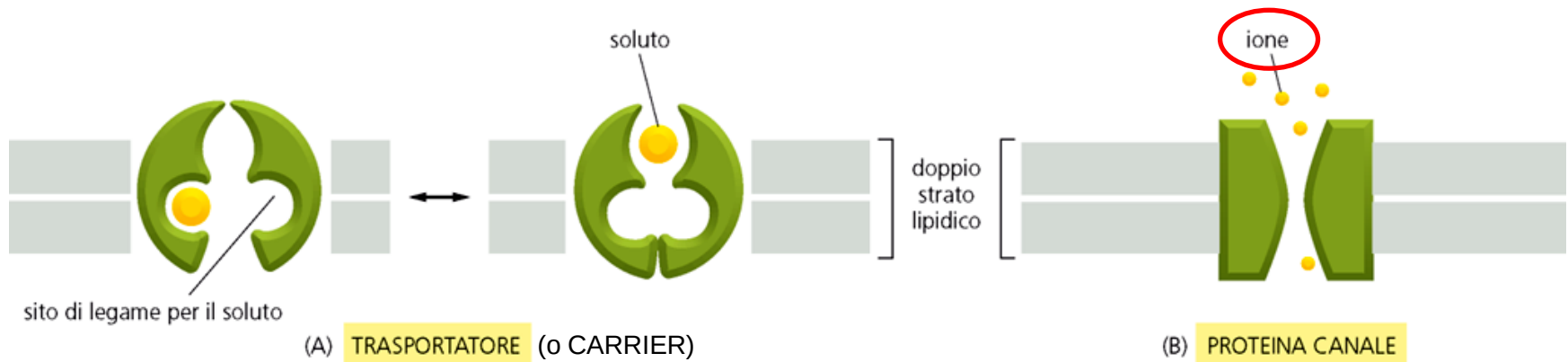


Modalità di trasporto di membrana



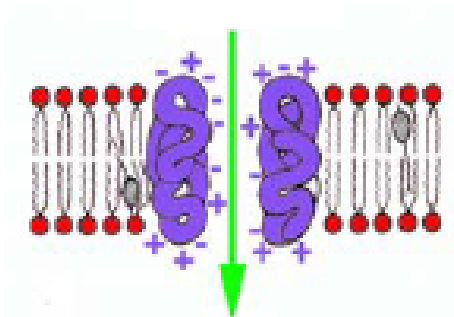
Classi di proteine di trasporto presenti nella membrana plasmatica



Porta “girevole”

Porta “aperta”

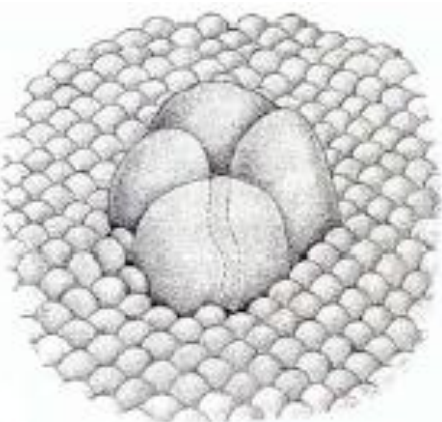
I canali ionici



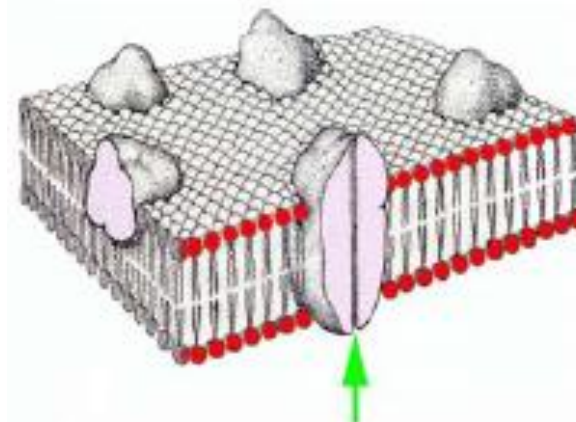
Sezione trasversale
schematica di canale ionico



canale ionico visto
schematicamente dall'alto

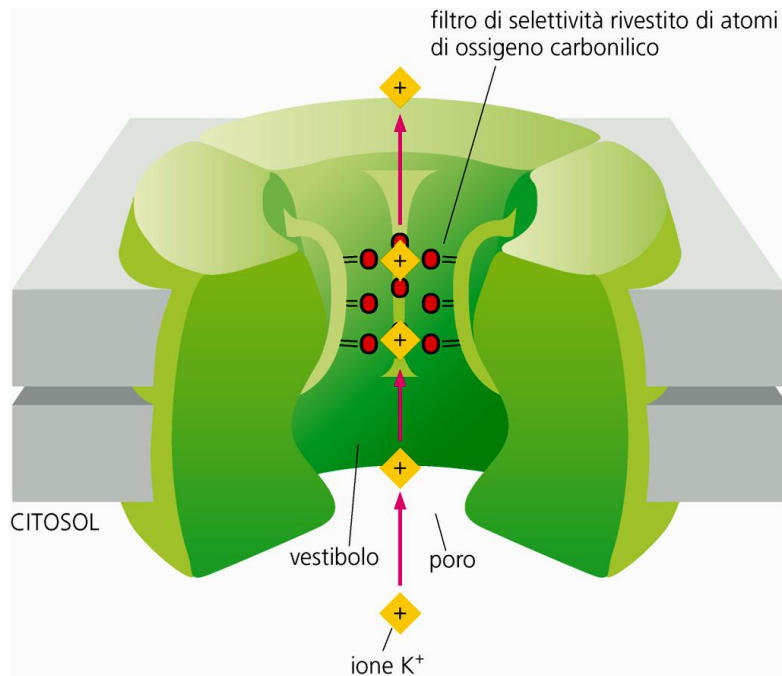
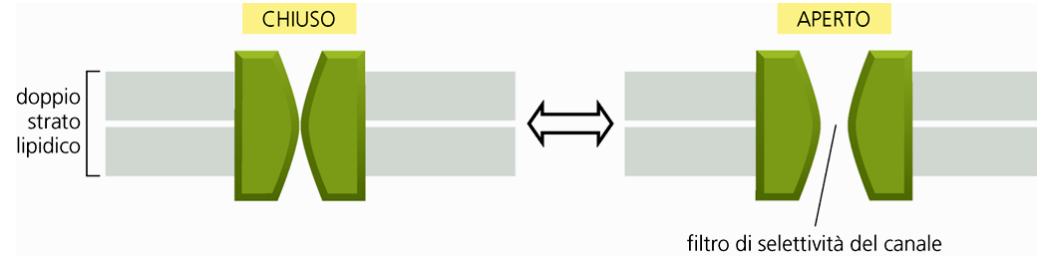


Ricostruzione 3D di canale
ionico



Canale idrofilo nello
spessore di una proteina
integrale

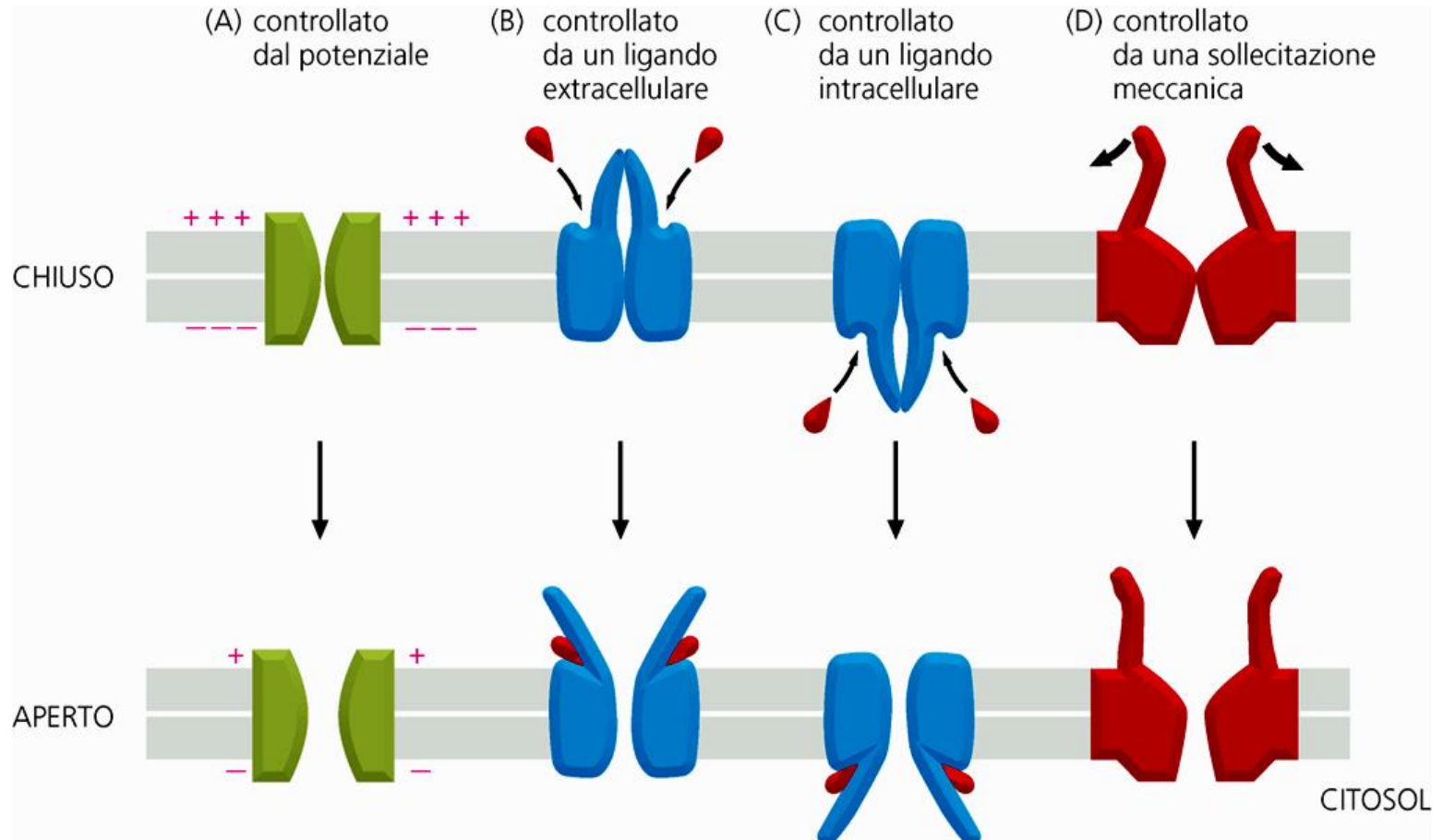
I **canali ionici** trasportano ioni inorganici (sino ad 1 milione di ioni/sec) con un trasporto di tipo **passivo secondo gradiente**. I canali ionici oscillano tra la conformazione aperta e chiusa. In molti canali la conformazione aperta viene stabilizzata da un segnale (voltaggio, ligando, sollecitazione meccanica)



Canale selettivo per il potassio

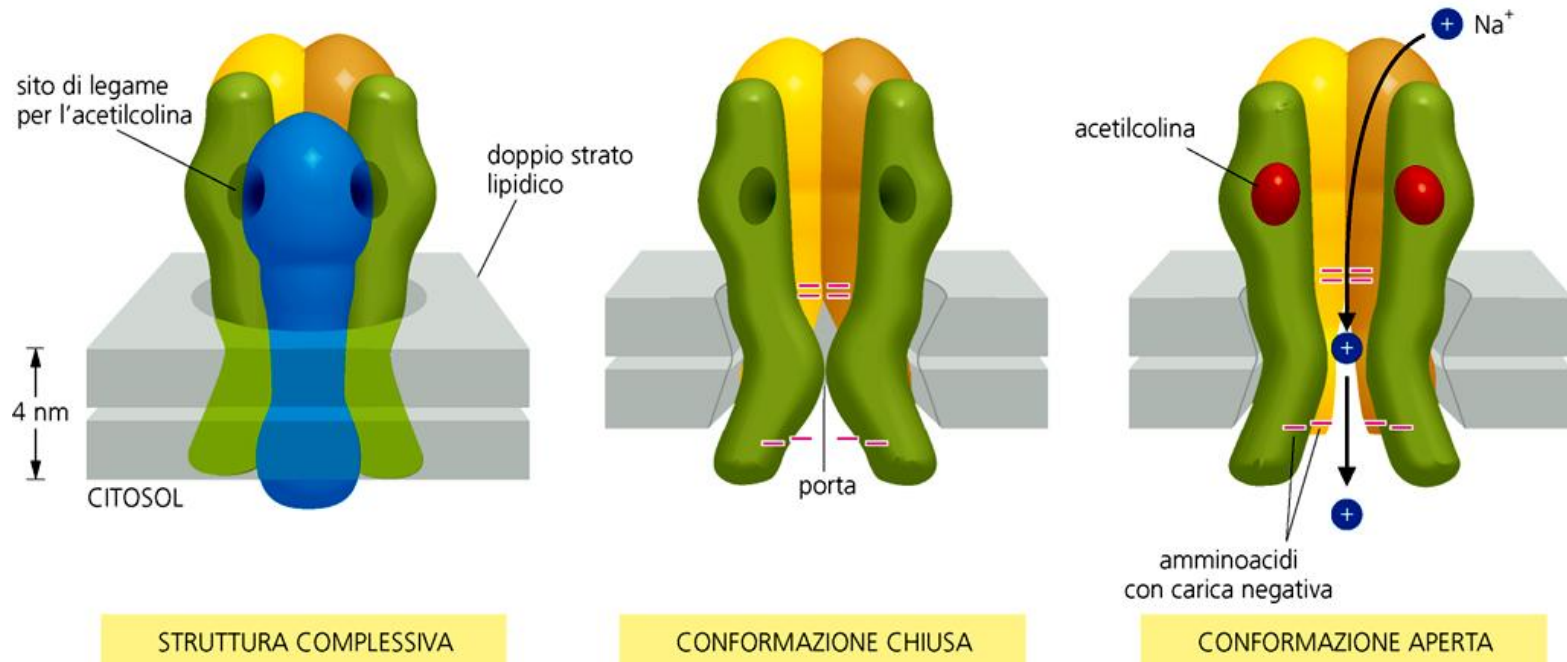
La **selettività** del canale (basata sul tipo di carica e sulle dimensioni dello ione) è determinata principalmente da un filtro di selettività presente dove il poro si restringe (fino alle dimensioni atomiche)

L'apertura dei canali ionici può essere controllata da stimoli di varia natura



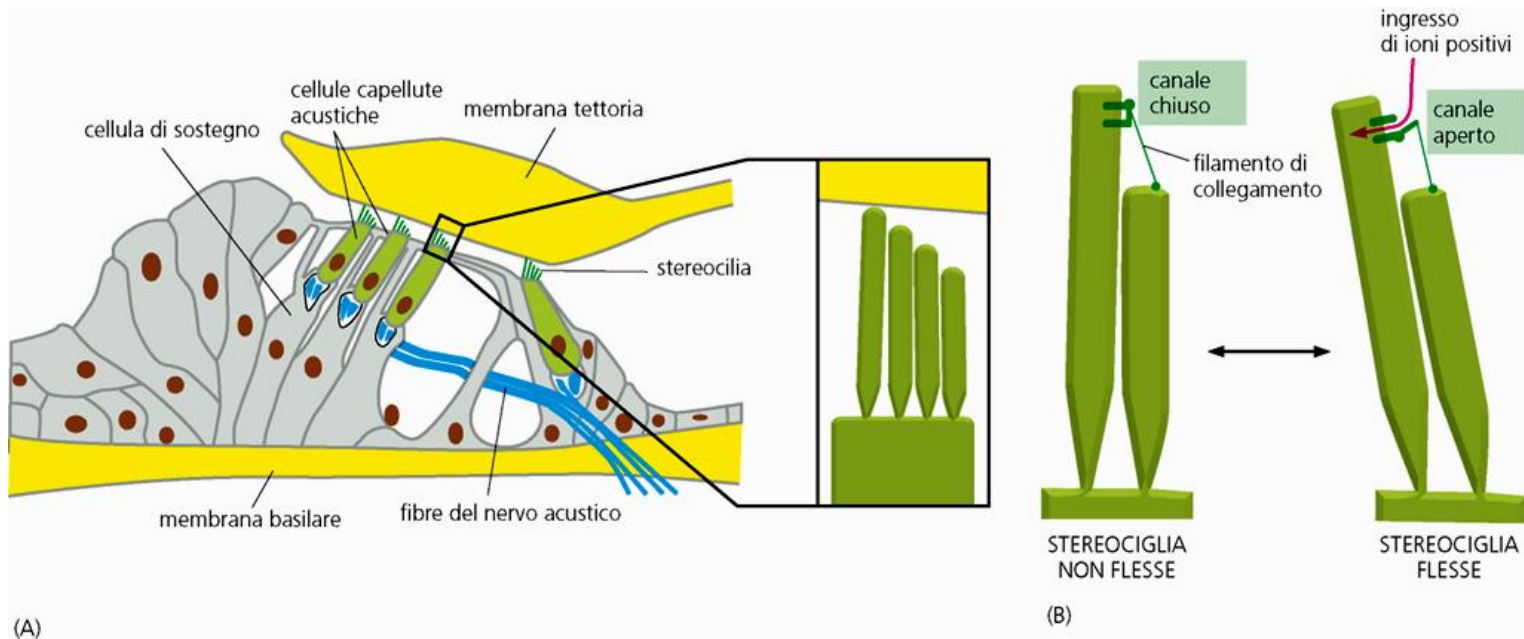
Un canale ionico controllato da ligando:

Il **recettore per l'acetilcolina** presente nelle sinapsi neuromuscolari è un canale permeabile agli ioni sodio e potassio e la sua apertura è controllata dal legame con il neurotrasmettitore acetilcolina



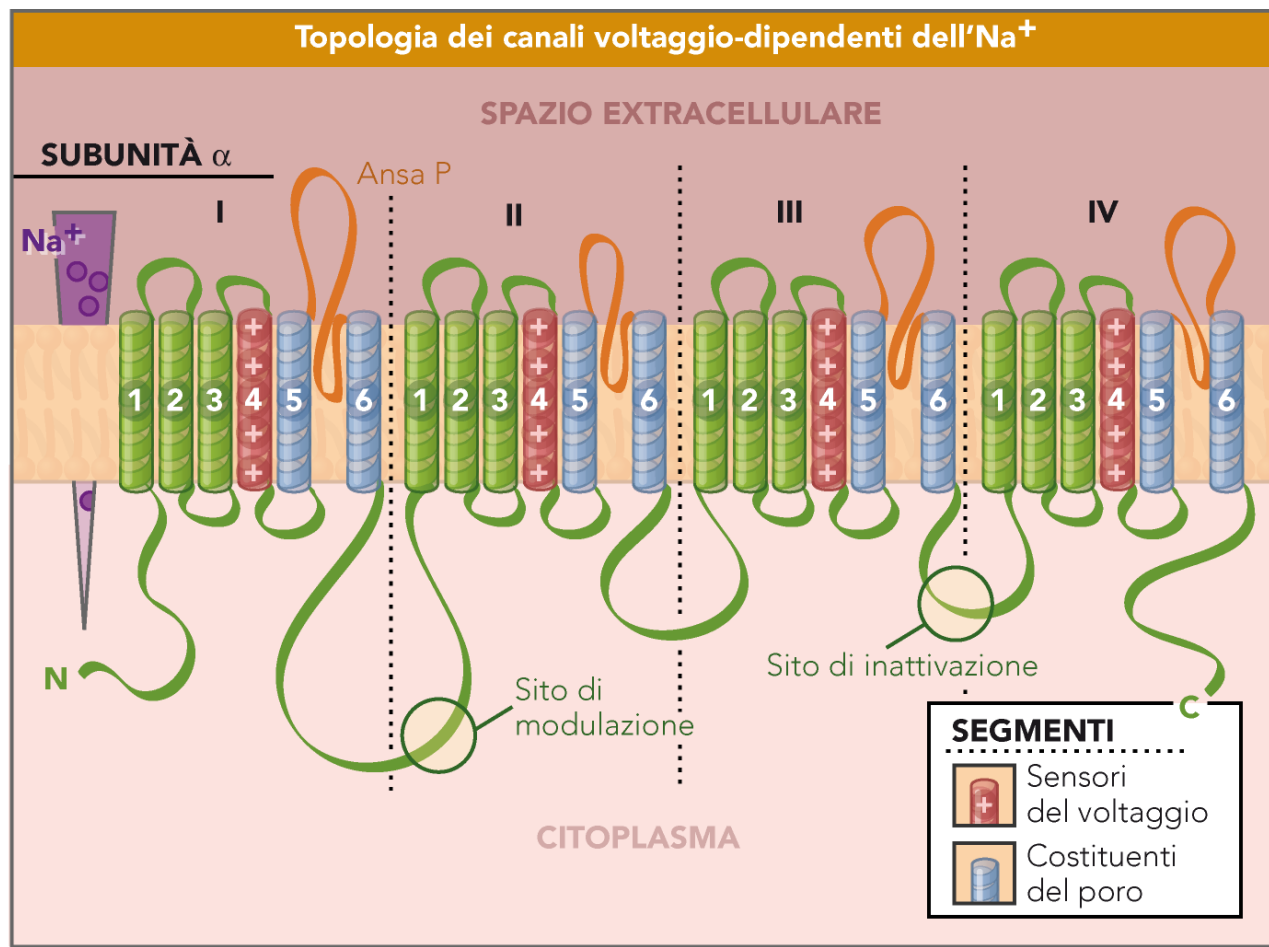
Un canale ionico controllato dalle sollecitazioni meccaniche

è presente nelle cellule sensoriali dell'organo del Corti (orecchio interno dei mammiferi): trasduzione delle onde sonore in segnali elettrici



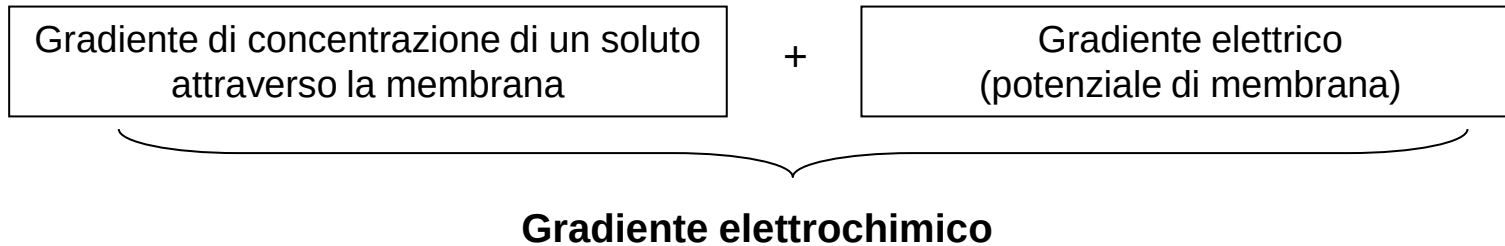
(A) Sezione trasversale schematica dell'organo sensoriale uditivo (organo del Corti) con le cellule sensoriali (cellule "capellute", verdi), provviste di estroflessioni (stereociglia = microvilli), immerse nella membrana tettoria. **(B)** Le vibrazioni sonore fanno muovere la membrana tettoria, ciò fa piegare le stereociglia, e di conseguenza induce la tensione del filamento che collega i canali ionici alla membrana delle stereociglia adiacenti, più corte (**stimolo meccanico**). Questo stimolo meccanico fa aprire i relativi canali ionici, con conseguente cambiamento del potenziale di membrana (**segnale elettrico**) .

Un canale ionico regolato dai cambiamenti del potenziale di membrana: **il canale del Na⁺ voltaggio-dipendente**

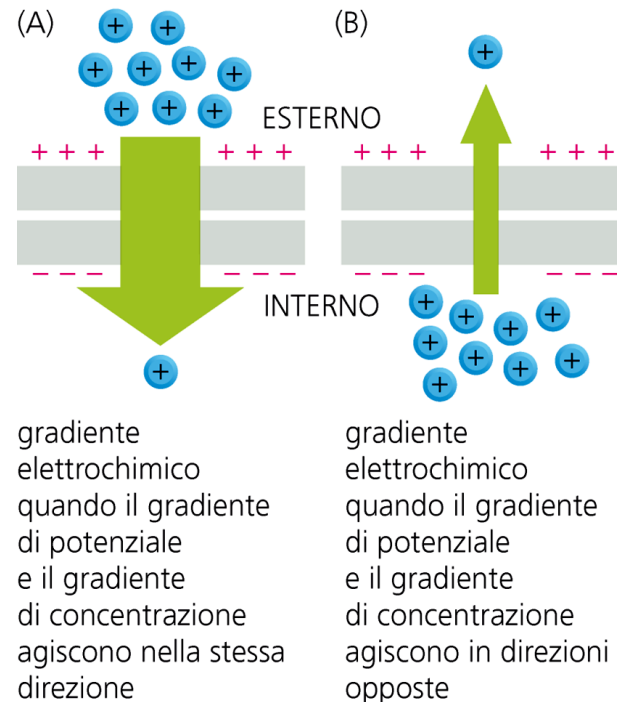


Il movimento degli ioni attraverso la membrana è guidato non soltanto dal **gradiente di concentrazione** ma anche dal **gradiente elettrico**.

La combinazione del gradiente di concentrazione e di quello elettrico costituisce il **GRADIENTE ELETTROCHIMICO**



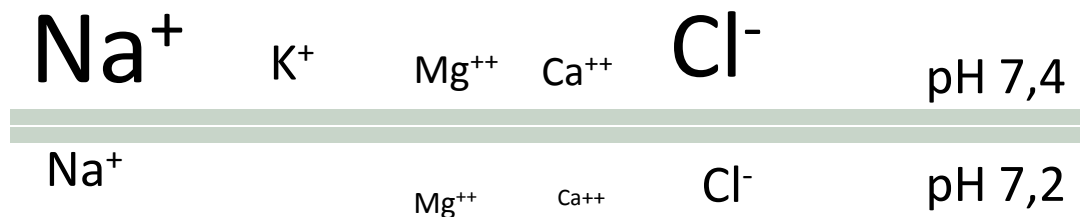
Il trasporto passivo (diffusione facilitata) degli ioni è regolata dal gradiente elettrochimico



Differenze di concentrazione di alcuni ioni fra l'ambiente esterno ed interno delle cellule di mammifero.

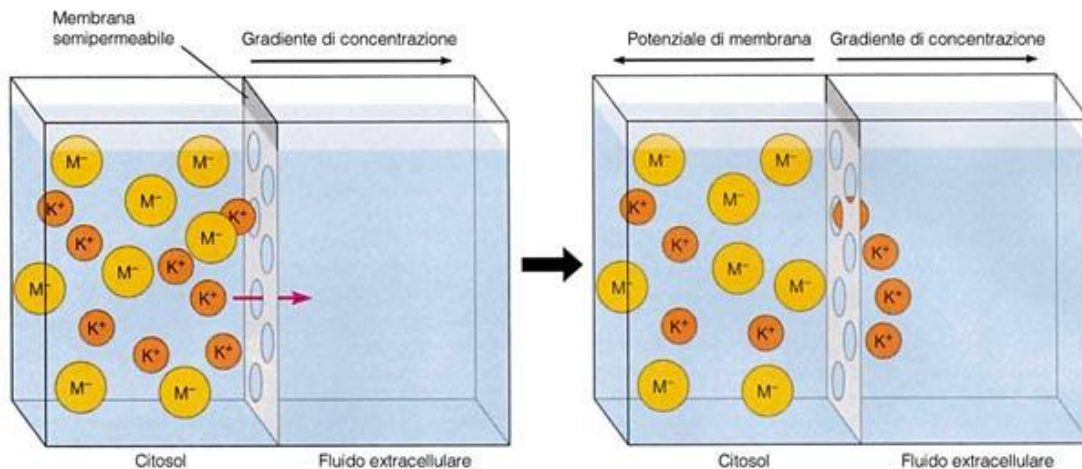
Generando differenze di concentrazioni ioniche attraverso il doppio strato lipidico le membrane cellulari possono conservare energia potenziale sotto forma di gradienti elettrochimici, che sono usati per spingere vari processi di trasporto, per trasmettere segnali elettrici in cellule eccitabili elettricamente, per produrre la maggior parte dell'ATP della cellula (mitocondri, cloroplasti, batteri).

<i>ione</i>	<i>Concentrazione intracellulare (mM)</i>	<i>Concentrazione extracellulare (mM)</i>
Na^+	5-15	145 ←
K^+	140 ←	5
Mg^{2+}	0,5	1-2
Ca^{2+}	0,0001	1-2
H^+	pH 7,2	pH 7,4
Cl^-	5-15	110

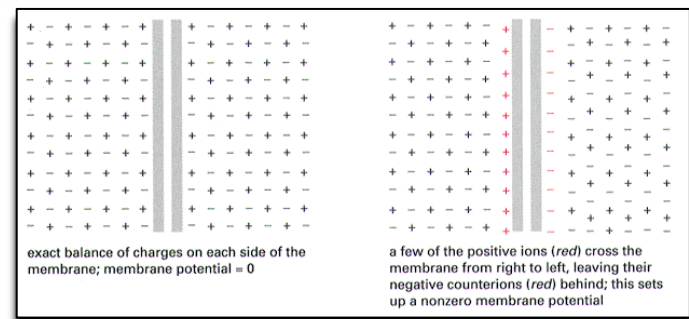


Le cellule presentano tutte una differenza di potenziale elettrico tra i due lati della membrana plasmatica, detta **POTENZIALE DI MEMBRANA***.

Generalmente dal lato **interno** della membrana c'è un **eccesso di cariche negative (potenziale di membrana ≈ -70 mV)**. Nelle cellule animali questa situazione è generata dal funzionamento dei **canali “di fuga” (passivi) del potassio (K^+ leak channels)**, che sono gli unici ad essere aperti anche nelle cellule *a riposo* (non stimulate elettricamente).



Basta una piccola differenza nel numero di ioni in uno strato sottile vicino alla membrana per creare il potenziale di membrana.



* In una cellula nervosa o in una cellula muscolare il potenziale di membrana è definito **POTENZIALE DI RIPOSO**, poiché è soggetto a molte variazioni.

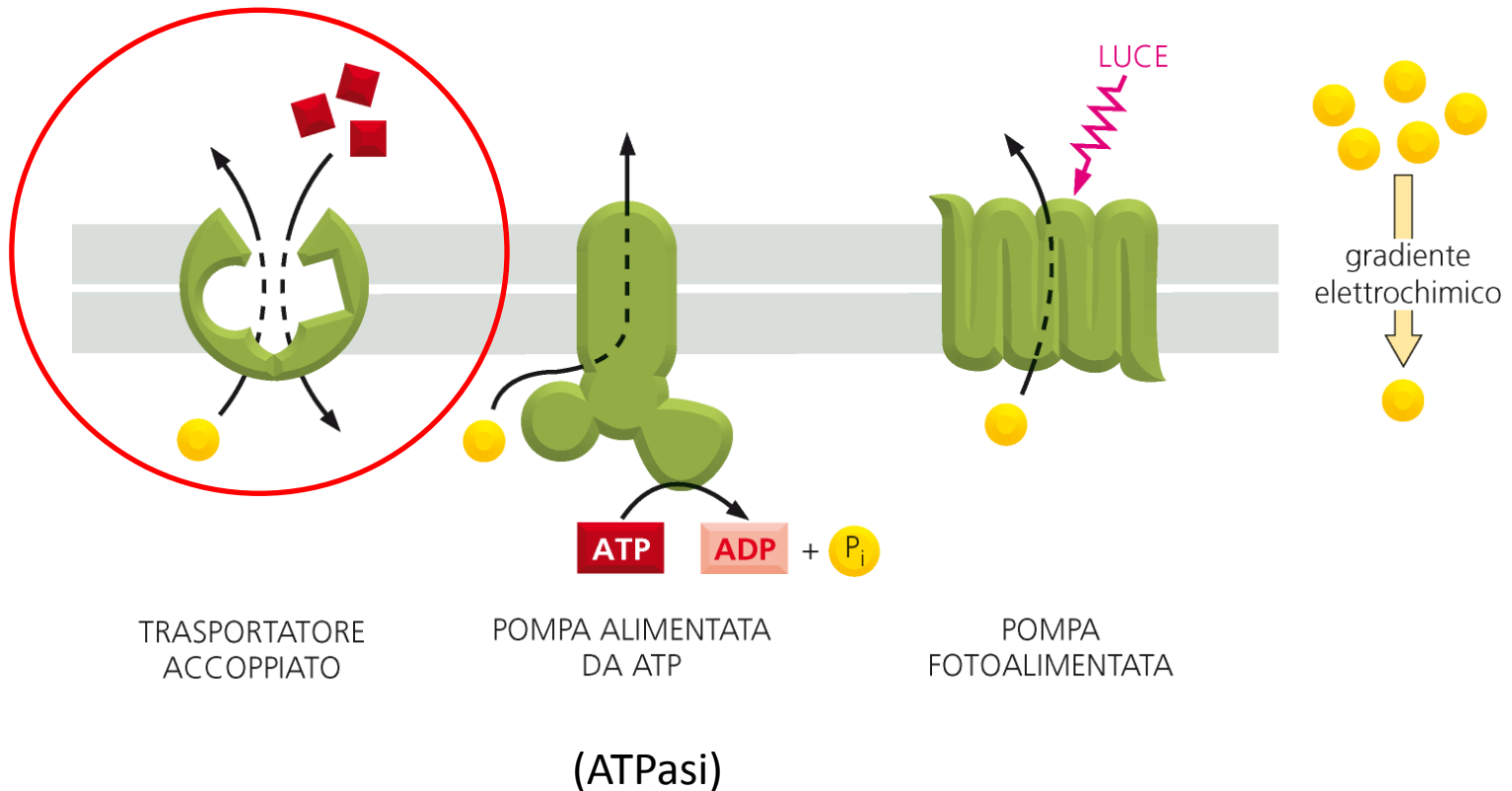
Il trasporto attivo

Avviene contro il gradiente elettrochimico e quindi richiede l'impiego di energia.

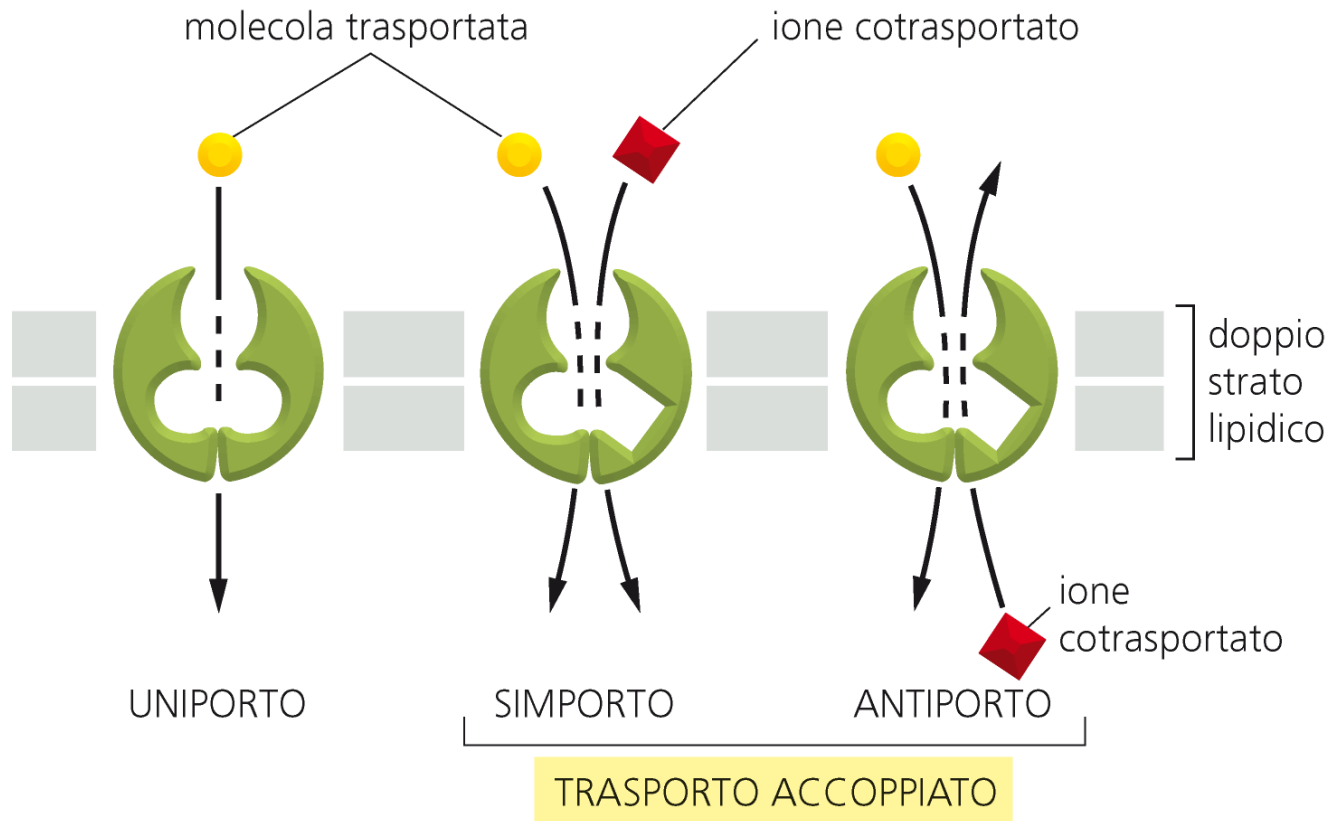
Ha tre principali funzioni nelle cellule e negli organi:

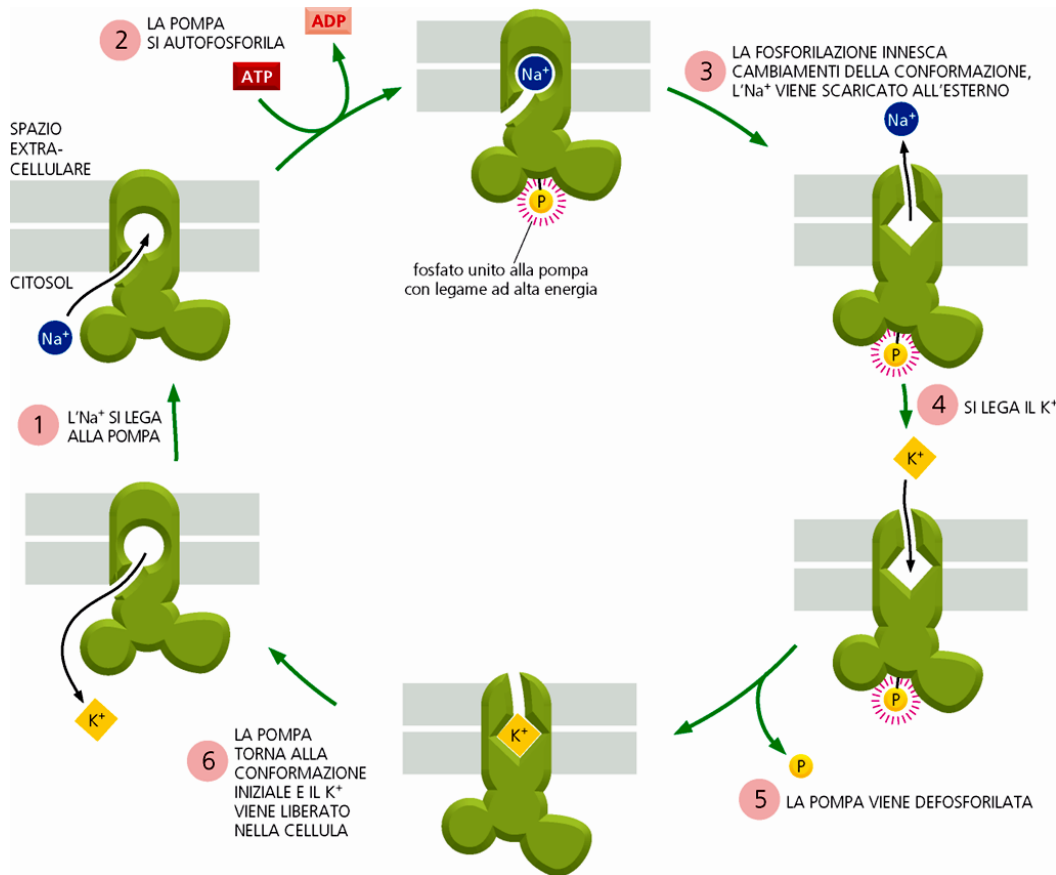
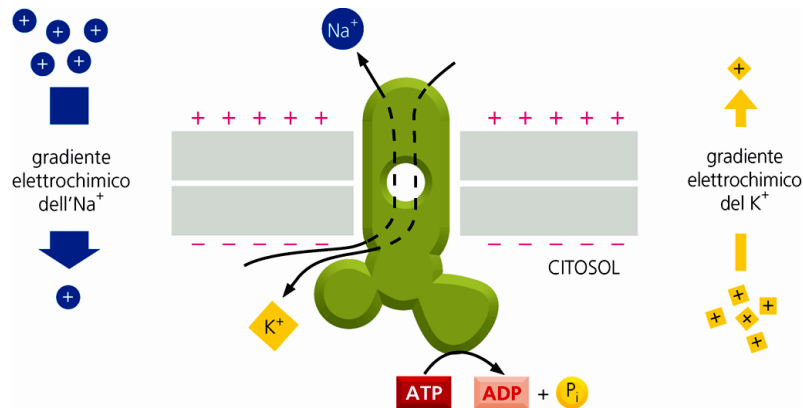
1. Rende possibile l'assorbimento di sostanze nutritive dall'ambiente anche quando le loro concentrazioni sono basse rispetto a quelle dentro le cellule.
2. Permette la rimozione di sostanze metaboliche di rifiuto quando la loro concentrazione all'esterno è più alta che nella cellula.
3. Consente alla cellula di mantenere le concentrazioni intracellulari di ioni specifici, tra cui K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e H^+ in una situazione di non equilibrio: in questo modo si bilancia l'effetto del trasporto passivo, che tende a eguagliare le concentrazioni di soluti.

Nelle cellule il trasporto attivo avviene principalmente in tre modi:



Quanti soluti sono trasportati da ciascun trasportatore?





La pompa Na⁺/K⁺ è un antiporto che sposta Na⁺ fuori dalla cellula (3 ioni) e K⁺ dentro (2 ioni)

entrambi contro gradiente.

Consuma un terzo delle risorse energetiche di una cellula. Il trasporto e' accoppiato all'idrolisi di ATP.

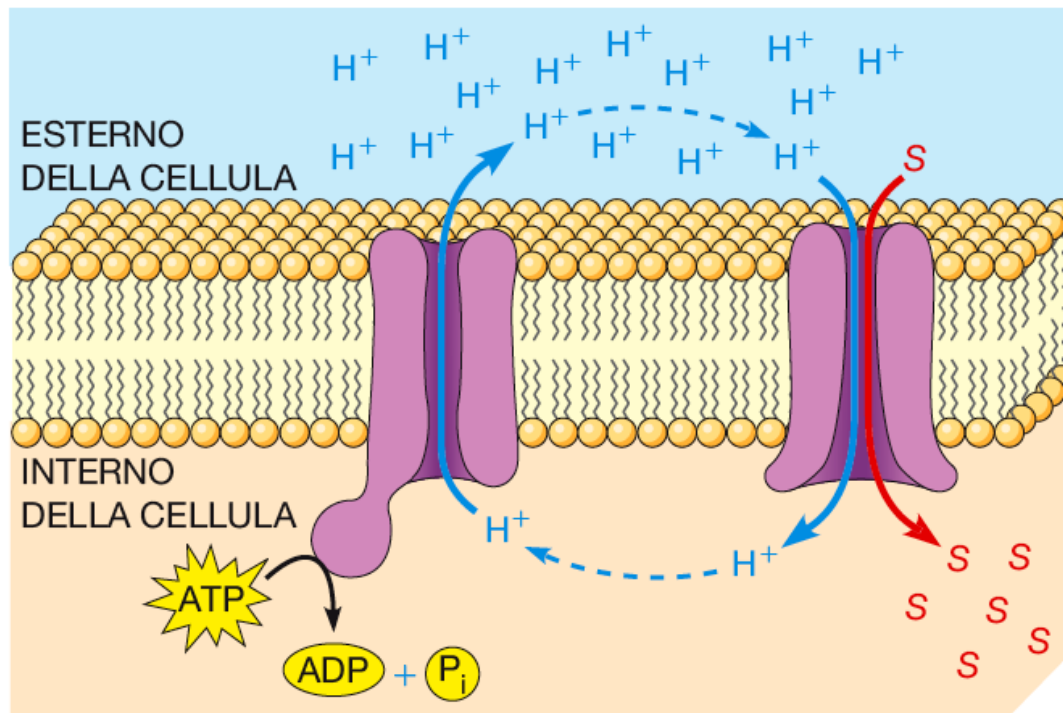
La pompa Na⁺/K⁺ serve a mantenere l'equilibrio osmotico e stabilizzare il volume cellulare.

(a) Il trasporto attivo diretto

richiede un sistema di trasporto accoppiato a una reazione chimica esoergonica, più spesso l'idrolisi dell'ATP. Come viene qui mostrato, l'idrolisi dell'ATP guida il trasporto di protoni all'esterno, stabilendo così un potenziale elettrochimico di protoni attraverso la membrana.

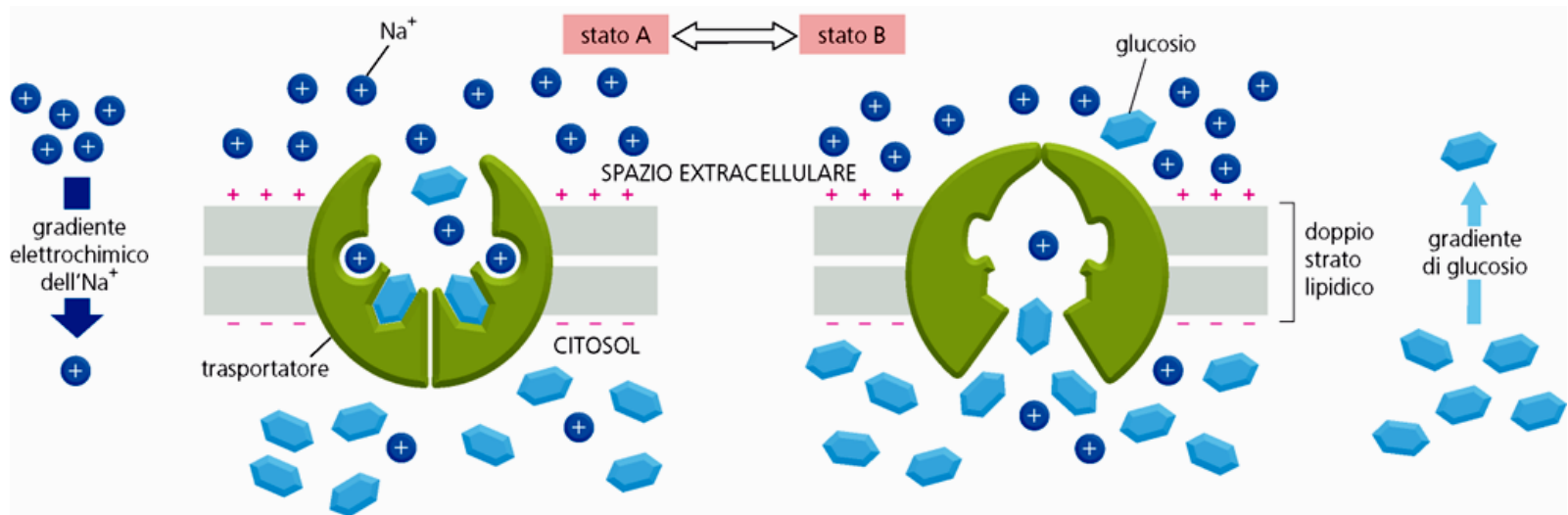
(b) Il trasporto attivo indiretto

richiede un sistema di trasporto guidato dal trasporto accoppiato di ioni (protoni, in questo caso). Il passaggio esoergonico dei protoni verso l'interno fornisce l'energia per trasferire il soluto trasportato, S, contro il suo gradiente di concentrazione o elettrochimico.



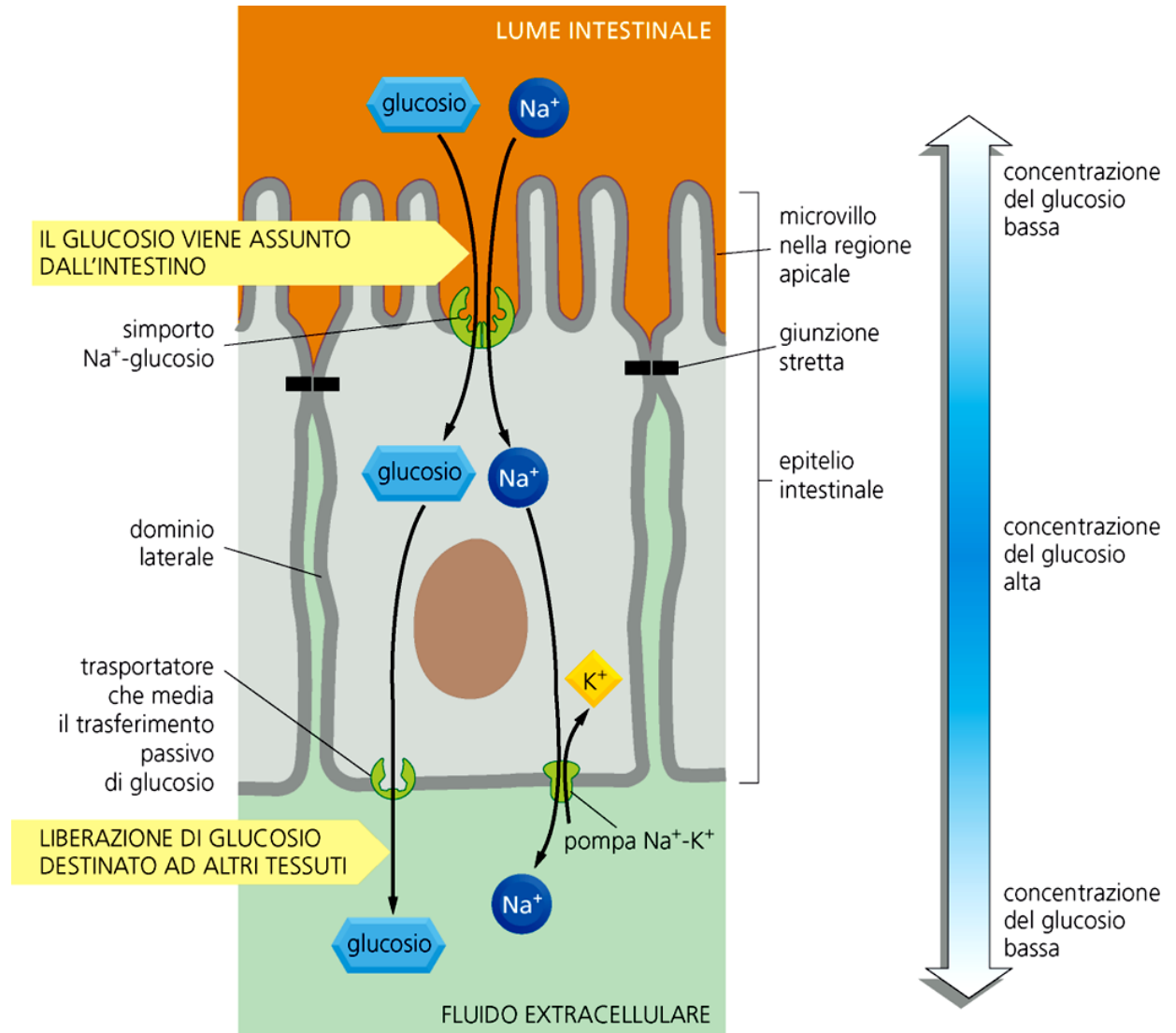
Trasporto attivo indiretto: simporto Na^+ /glucosio

Il **gradiente elettrochimico del Na^+** (assicurato dalla pompa Na^+/K^+) fornisce l'energia per il **simporto del glucosio**.



Nelle cellule epiteliali intestinali sono presenti due diversi sistemi per il trasporto del glucosio, localizzati in due compartimenti cellulari distinti (apicale e basale)

Sulla *membrana apicale* delle cellule epiteliali dell'intestino ci sono trasportatori che permettono il passaggio del glucosio contro gradiente (**simporto Na^+ /glucosio**). Il processo necessita di energia, ed è sostenuto dal flusso di ioni Na^+ secondo il loro gradiente, a sua volta assicurato dalla pompa Na^+/K^+ . Sulla *membrana basolaterale* è invece presente un **trasportatore passivo del glucosio**



Riassunto delle caratteristiche dei meccanismi di trasporto attraverso le membrane cellulari

Caratteristica	Diffusione semplice	Diffusione facilitata	Trasporto attivo
Componente della membrana responsabile del trasporto	Lipidi	Proteine	Proteine
Interazione con la sostanza trasportata	No	Sì	Sì
Fonte di energia	Gradienti di concentrazione	Gradienti di concentrazione	Idrolisi di ATP o gradiente di concentrazione
Direzione di trasporto	Secondo gradiente	Secondo gradiente	Contro gradiente
Specificità per molecole o classi di molecole	Aspecifica	Specifica	Specifica
Saturazione a concentrazioni elevate della sostanza veicolata	No	Sì	sì