

ZANICHELLI

David Sadava, David H. Hillis
H. Craig Heller, Sally Hacker

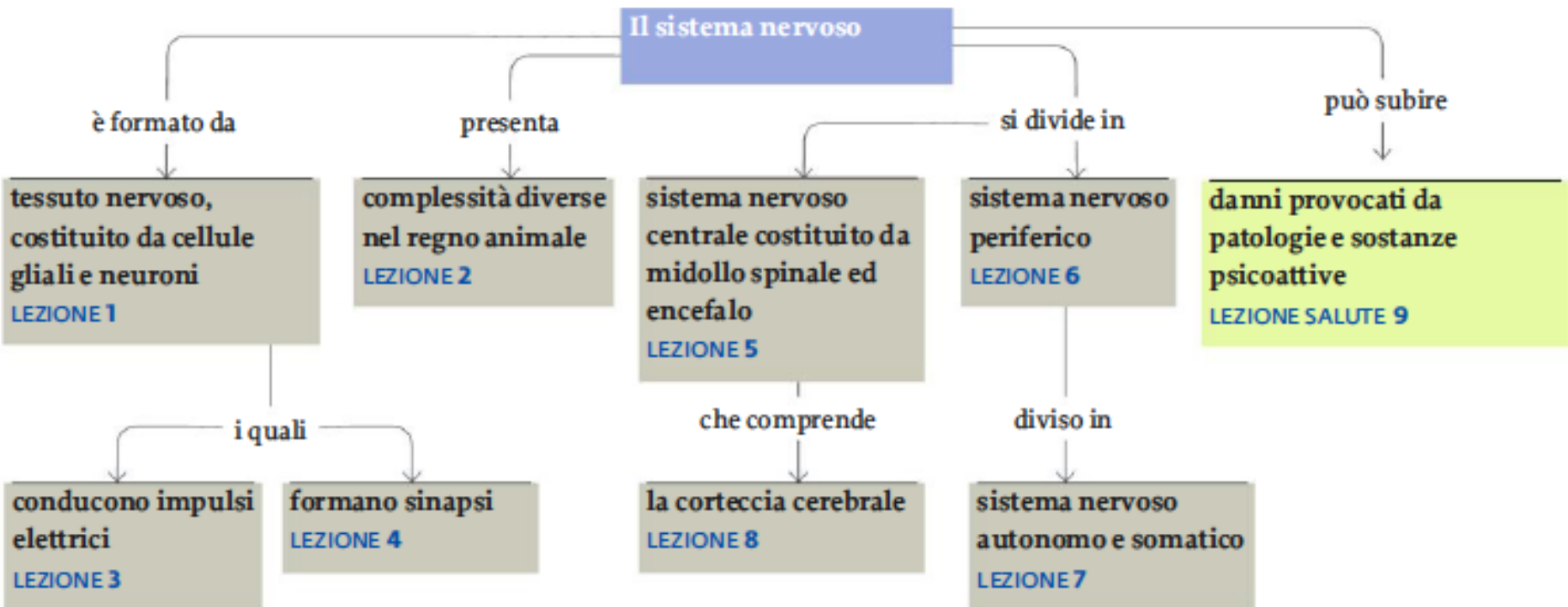
La nuova biologia.blu

Seconda edizione

Capitolo C9

Il sistema nervoso

Temi del capitolo



1. Le componenti del sistema nervoso /1

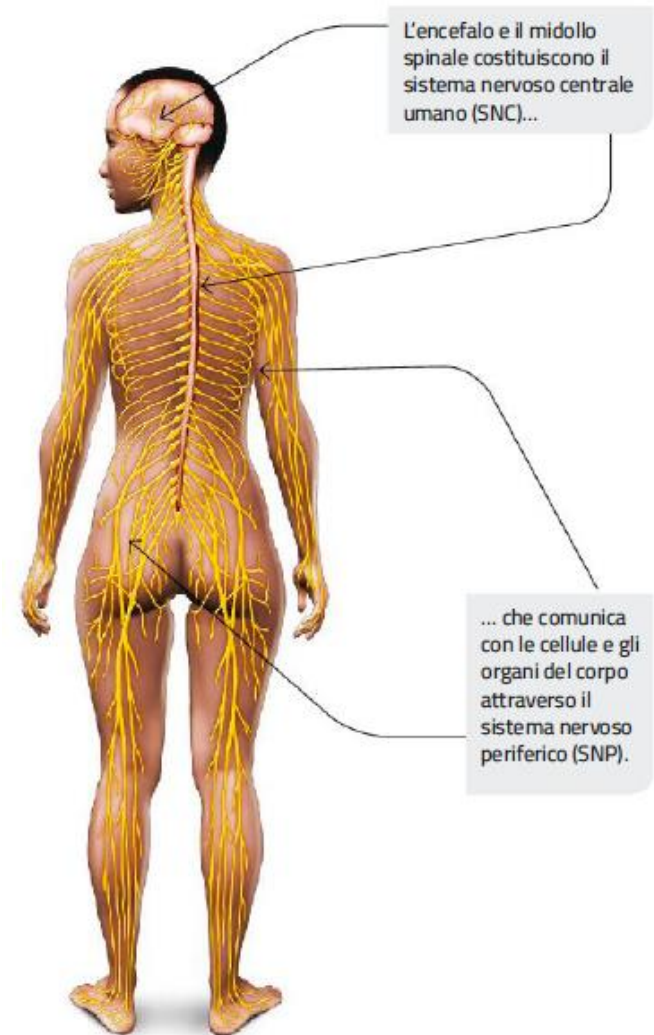
Il **sistema nervoso** raccoglie gli stimoli esterni, integra e analizza le informazioni ed elabora una risposta attivando gli organi effettori, cioè muscoli e ghiandole.

Negli animali più complessi si osserva un fenomeno detto **cefalizzazione**, ovvero lo sviluppo a livello del capo di un centro di controllo nervoso.

1. Le componenti del sistema nervoso /2

Nella specie umana il sistema nervoso si divide in:

- **sistema nervoso centrale (SNC)**, costituito da encefalo e midollo spinale;
- **sistema nervoso periferico (SNP)**, formato da nervi e gangli.

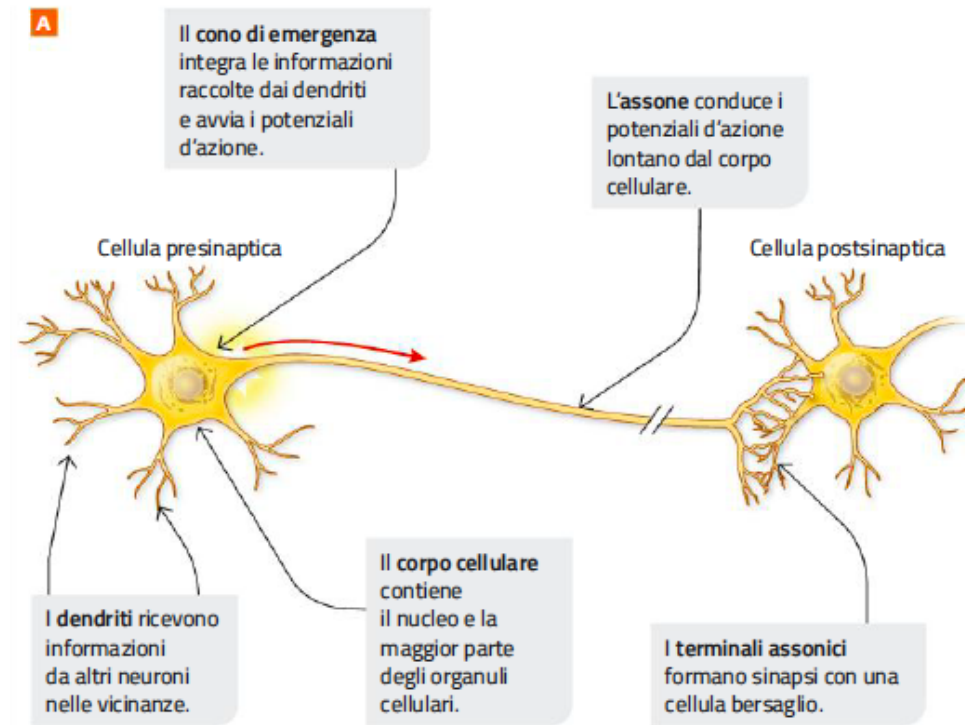


1. Le componenti del sistema nervoso /3

Il sistema nervoso è formato da neuroni e cellule gliali.

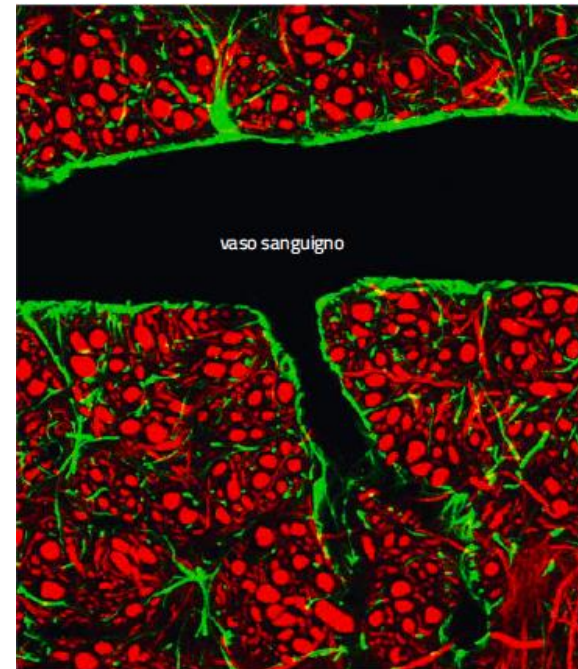
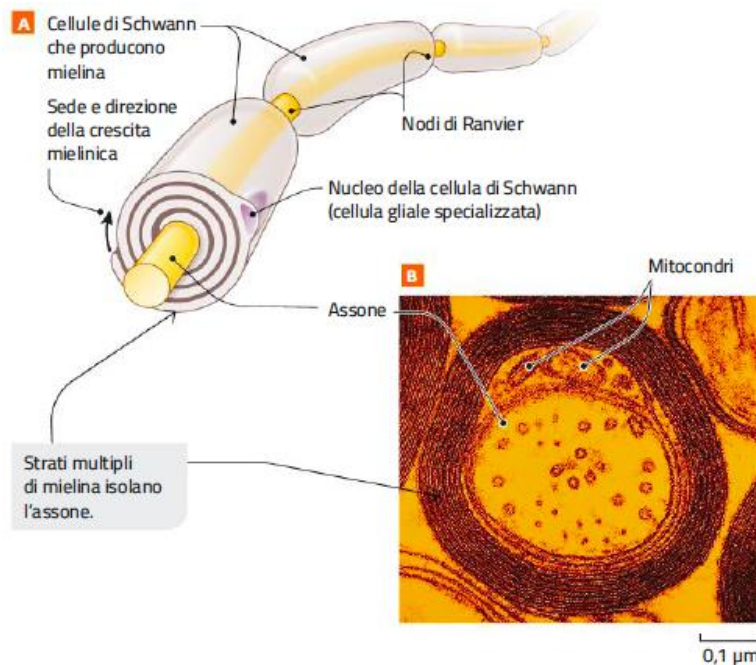
I **neuroni** sono cellule eccitabili che generano segnali elettrici sotto forma di potenziali d'azione.

Ogni neurone è costituito da un **corpo cellulare**, un **assone** e più **dendriti**.



1. Le componenti del sistema nervoso /4

Le **cellule gliali** sono molto più numerose dei neuroni e non trasmettono gli impulsi. Il loro ruolo è di supporto e nutrimento.



Rispondi

1. Che cos'è il cono di emergenza dell'assone?
2. Da quali cellule è costituita la barriera ematoencefalica?

Scegli le parole

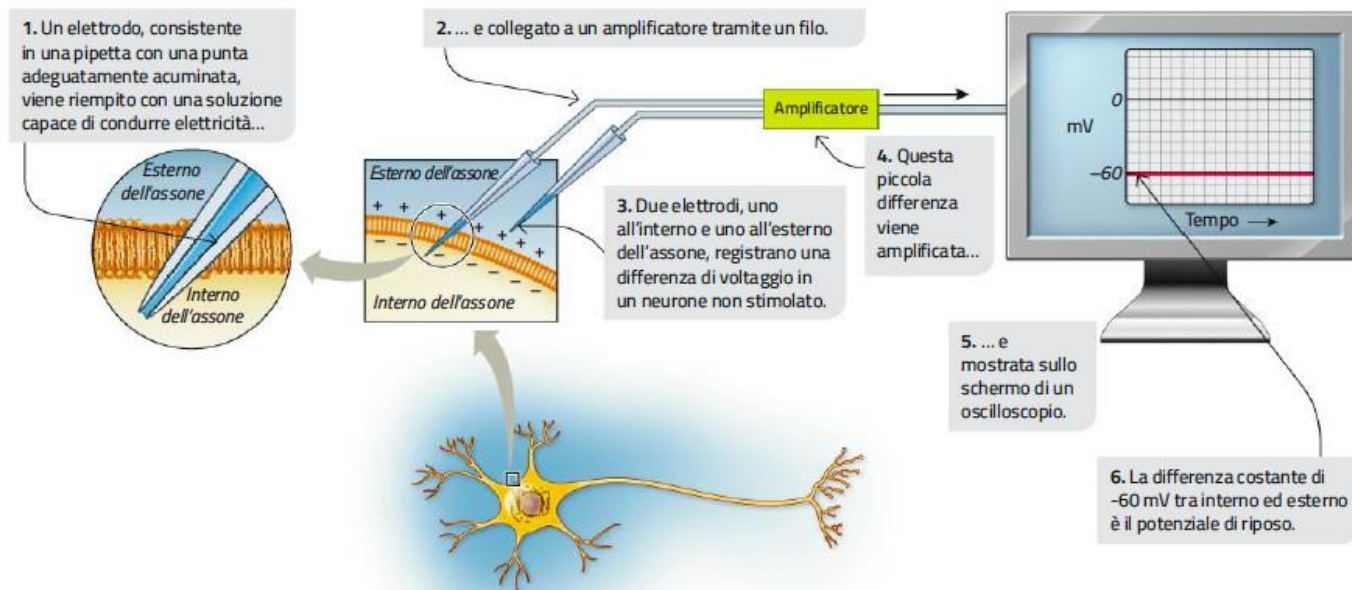
1. Gli **astrociti** / **oligodendrociti** forniscono agli assoni la guaina mielinica.
2. Il passaggio del segnale tra neuroni avviene attraverso le

Ora tocca a te

Cerca in Rete da chi e come fu scoperta la barriera ematoencefalica e scrivi un breve testo in cui spieghi perché fu necessario arrivare agli anni Sessanta del Novecento.

3. Gli impulsi nervosi /1

La capacità dei neuroni di condurre gli impulsi è dovuta a canali ionici che permettono l'instaurarsi di un **potenziale di membrana**.

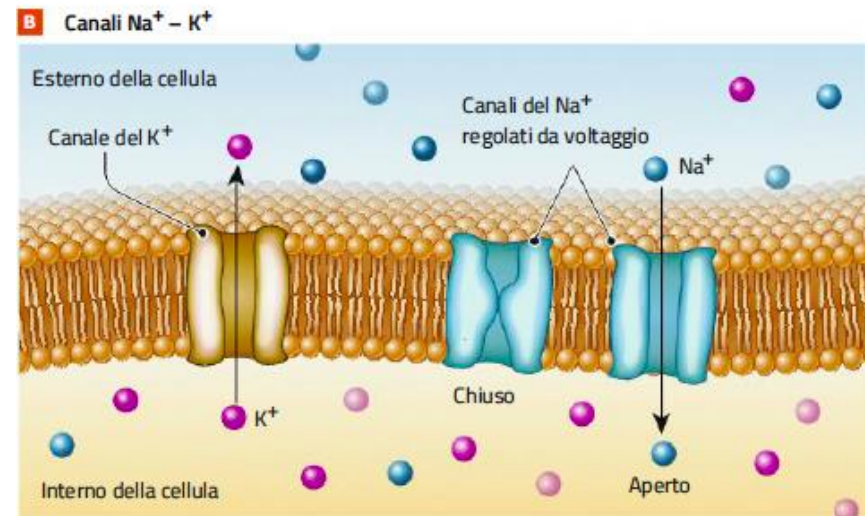
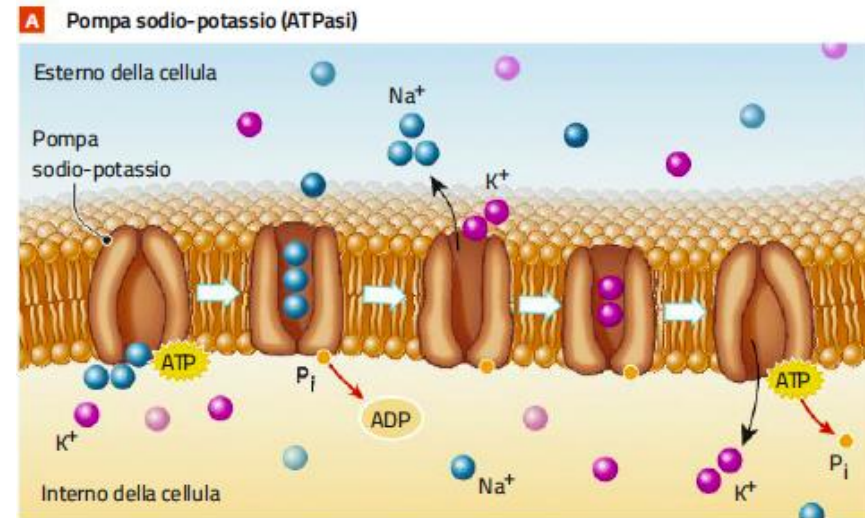


3. Gli impulsi nervosi /2

Il **potenziale di riposo** è dovuto alla differenza di concentrazione degli ioni ai due lati della membrana; esso varia da -60 mV a -70 mV.

Nei neuroni, la concentrazione del sodio e del potassio è regolata da tre proteine di membrana:

- canali del potassio;
- canali del sodio;
- pompa sodio-potassio.



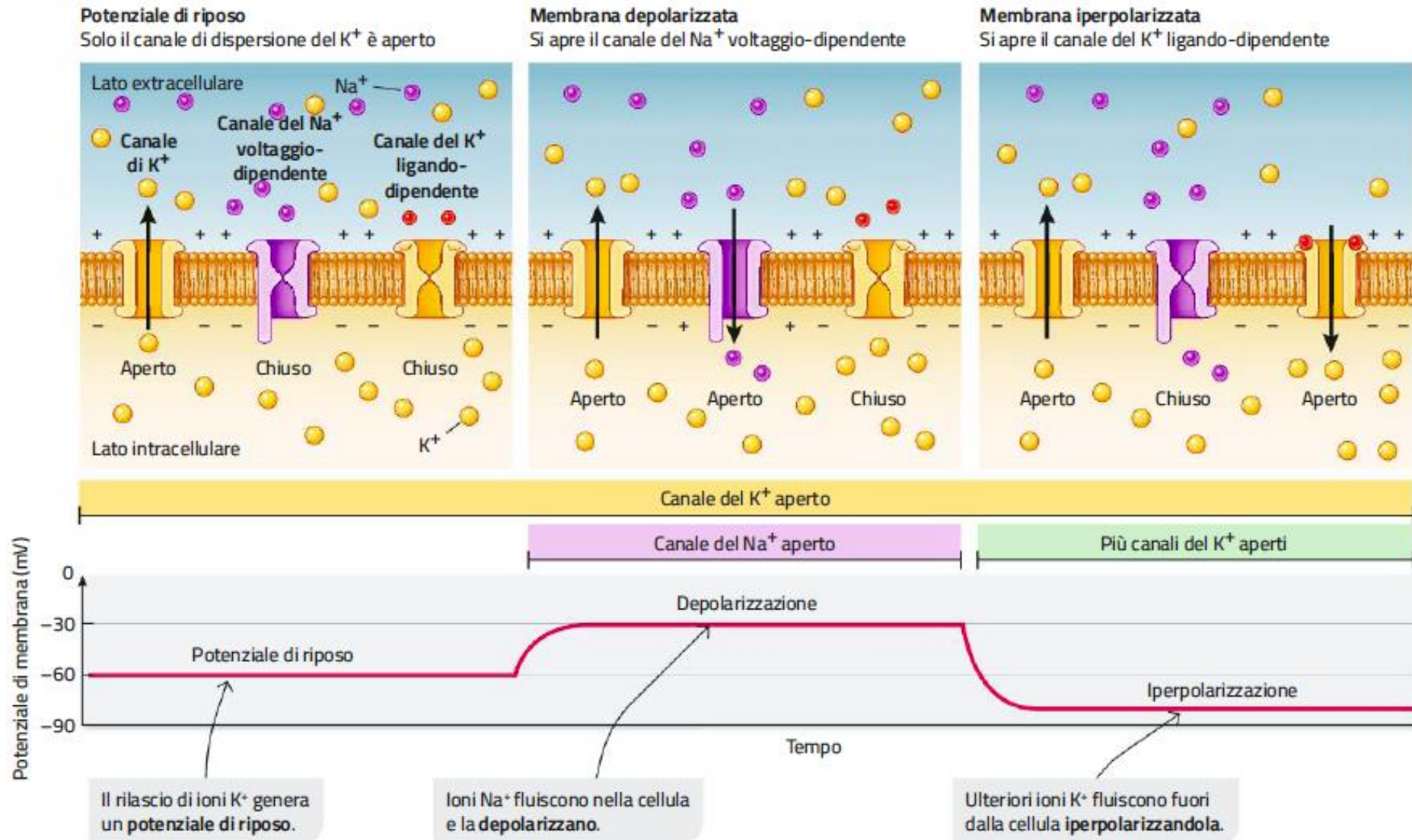
3. Gli impulsi nervosi /3

I neuroni sono dotati di canali ionici ad accesso regolato:

- **i canali voltaggio-dipendenti;**
- **i canali regolati chimicamente;**
- **i canali regolati meccanicamente.**

L'apertura e la chiusura dei canali per il sodio, per il potassio e per il calcio sono importanti per la generazione e la propagazione dei potenziali d'azione.

3. Gli impulsi nervosi /4

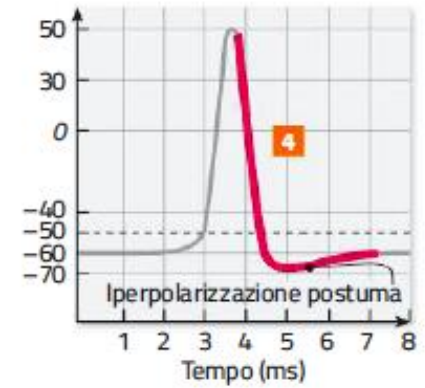
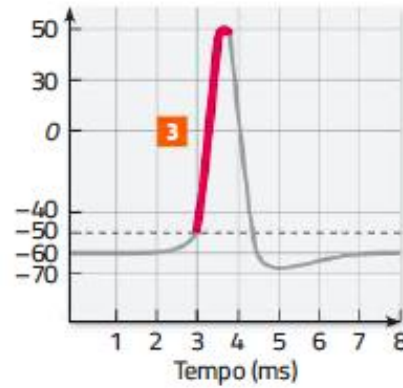
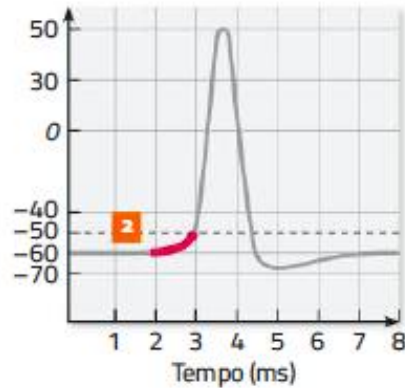
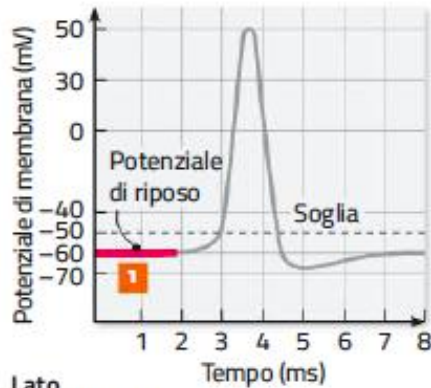


3. Gli impulsi nervosi /5

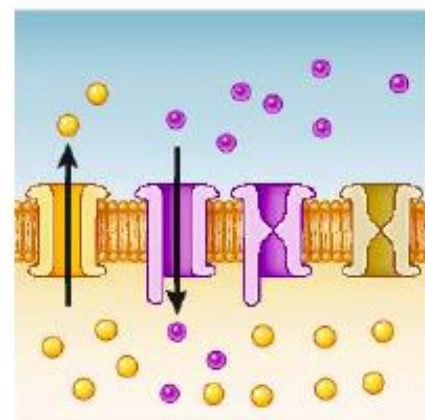
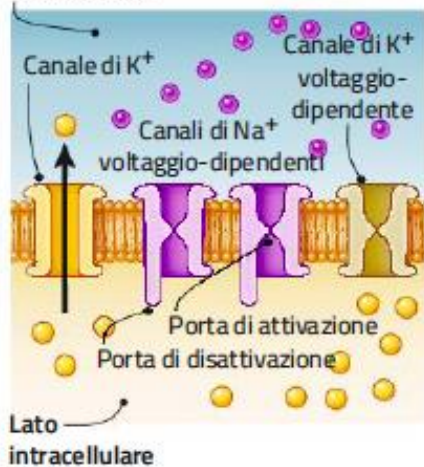
In seguito a uno stimolo, il potenziale di riposo della membrana viene modificato. Se lo stimolo raggiunge un certo valore di soglia si scatena un **potenziale d'azione**.

La permeabilità della membrana del neurone è influenzata da improvvise modifiche dei canali voltaggio-dipendenti per il Na^+ e per il K^+ .

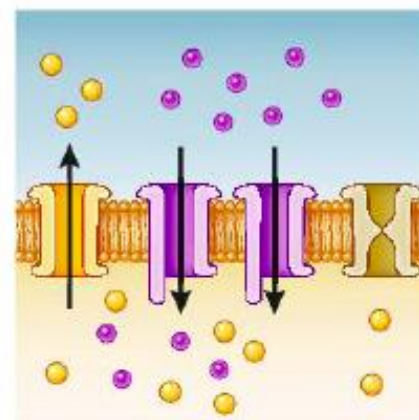
3. Gli impulsi nervosi /6



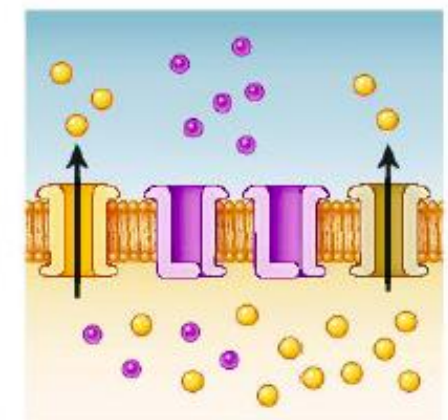
Lato extracellulare



2. Alcuni canali del Na^+ si aprono, depolarizzando la cellula fino al livello di soglia.



3. Si aprono altri canali del Na^+ voltaggio-dipendenti, causando un rapido picco di depolarizzazione fino a circa +50 mV: si crea un potenziale d'azione.



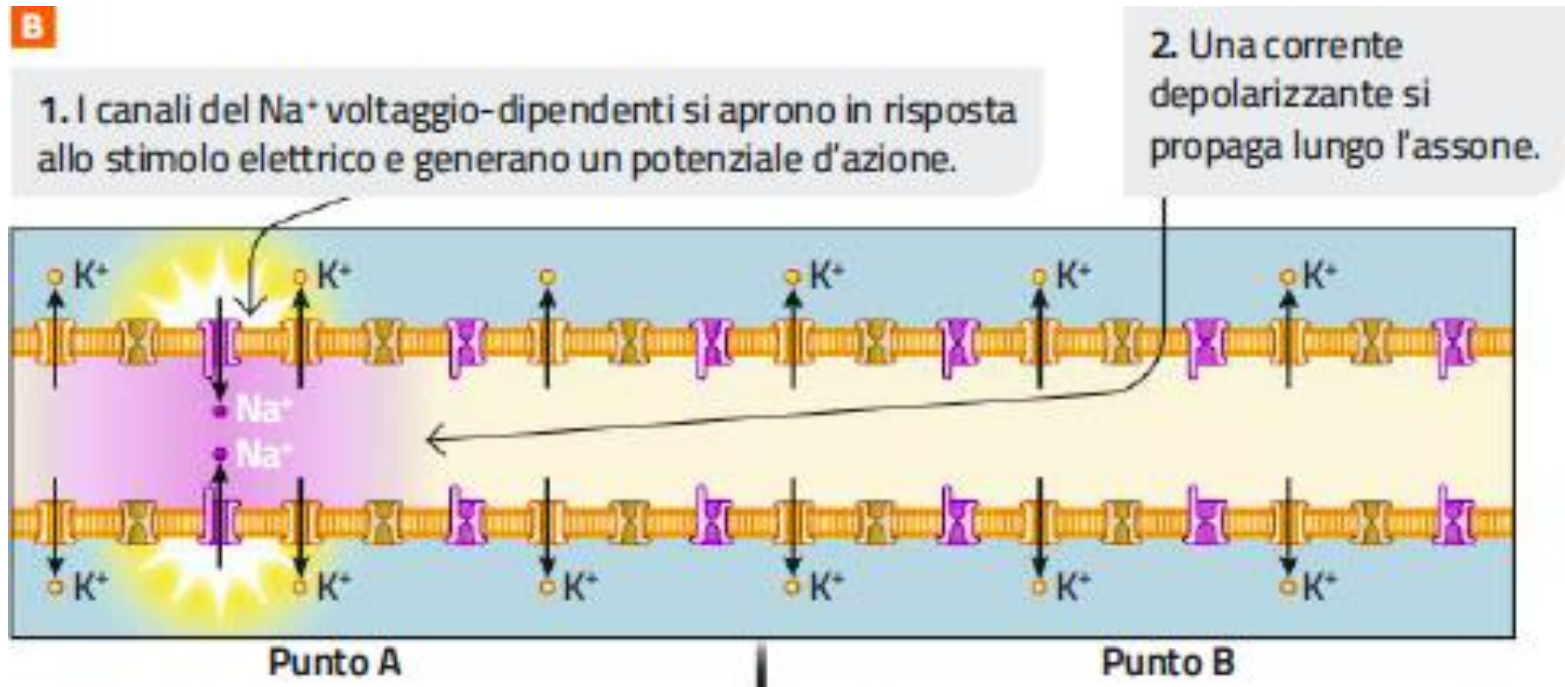
4. I canali del Na^+ si chiudono; si attivano i canali del K^+ voltaggio-dipendenti ripolarizzando e anche iperpolarizzando la cellula.

1. I canali del K^+ aperti creano il potenziale di riposo.

3. Gli impulsi nervosi /7

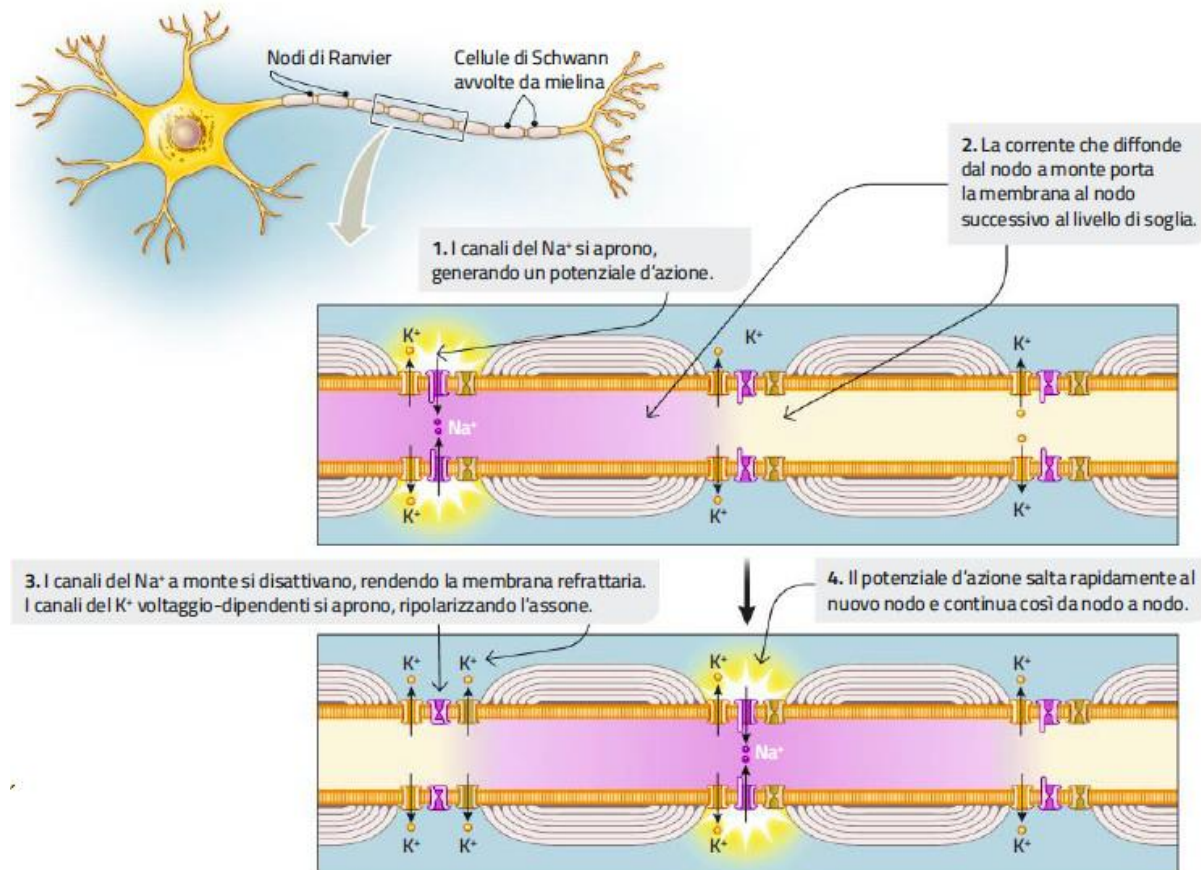
Quando un potenziale d'azione è stimolato in una regione della membrana, la corrente elettrica scorre verso le aree adiacenti, depolarizzandole.

I potenziali d'azione si propagano solo in una direzione.



3. Gli impulsi nervosi /8

Negli assoni mielinizzati si verifica una **propagazione saltatoria**, ovvero la conduzione del segnale «salta» da un nodo di Ranvier all'altro.



3. Gli impulsi nervosi /9

La **velocità di propagazione dell'impulso** nervoso dipende da due fattori:

- il diametro dell'assone;
- la presenza della guaina mielinica.

I potenziali d'azione sono del tipo «**tutto o nulla**»: si scatenano solo al raggiungimento del valore di soglia e sempre con la stessa intensità.

Rispondi

1. Che cos'è il potenziale di riposo e qual è il suo valore?
2. Da che cosa è regolata la concentrazione degli ioni sodio e potassio nelle cellule nervose?
3. Che cos'è il potenziale d'azione e che cosa lo attiva?
4. Che cos'è il patch clamping?

Scegli le parole

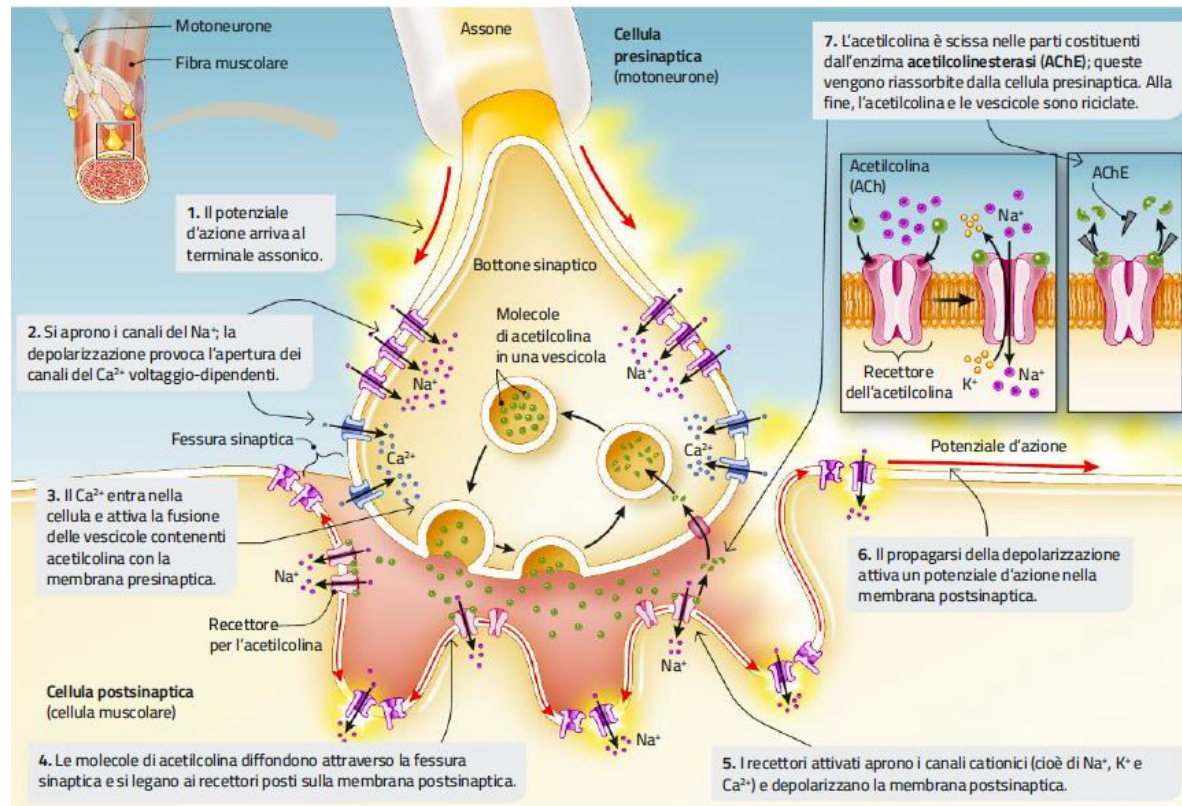
1. Se lo stimolo innesca una **iperpolarizzazione / depolarizzazione** superiore a un livello chiamato **valore di soglia / valore limite** si genera un potenziale **d'azione / di riposo**.
2. I potenziali d'azione si propagano in **una / ogni** direzione, perché i canali per il **sodio / potassio** hanno un periodo refrattario.

Ora tocca a te

La generazione e la propagazione di un potenziale d'azione possono sembrare complesse. Realizza un video in cui spieghi in modo semplice ma esaustivo tutti i passaggi e le cause che lo determinano. Utilizza la tecnica che preferisci (software grafici, stop motion, riprese con lo smartphone...) e assicurati di essere scientificamente accurato.

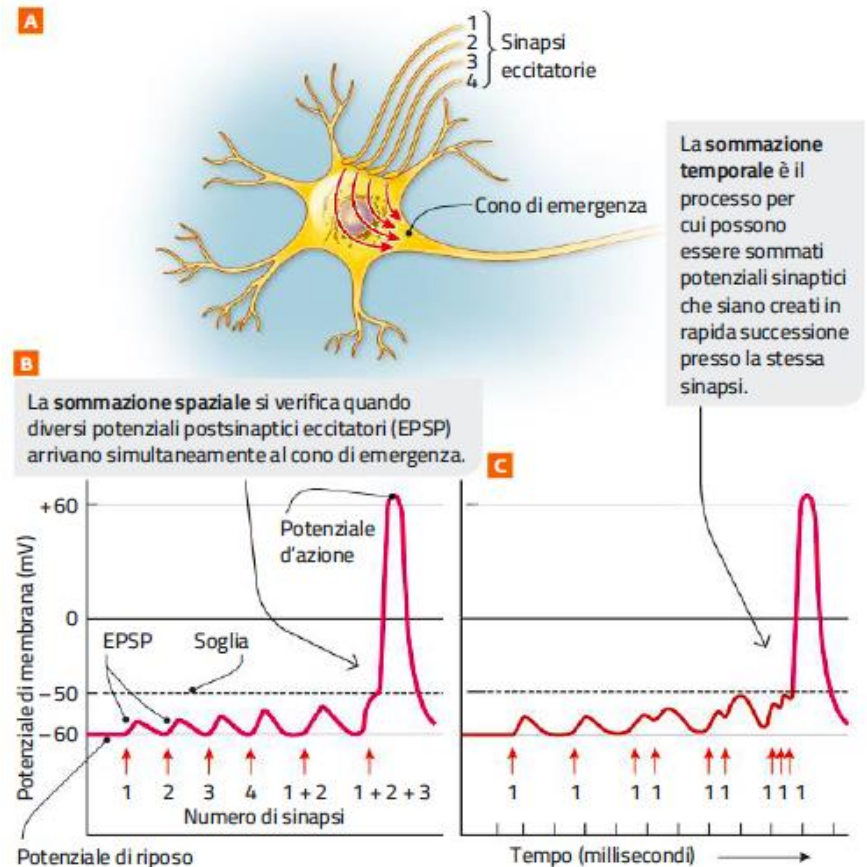
4. Le sinapsi trasmettono lo stimolo nervoso /1

La **giunzione neuromuscolare** è una sinapsi che si stabilisce tra i neuroni motori e le cellule del muscolo scheletrico.



4. Le sinapsi trasmettono lo stimolo nervoso /2

Le **sinapsi chimiche** sono sia eccitatorie sia inibitorie: è la cellula postsinaptica a integrare i diversi input e a sommarli.



4. Le sinapsi trasmettono lo stimolo nervoso /3

Nel sistema nervoso umano esistono **neurotrasmettitori** diversi.

Tra i più importanti ricordiamo:

- l'acetilcolina e il glutammato (eccitatori);
- il GABA e la glicina (inibitori).

Rispondi

1. Che cos'è una giunzione neuromuscolare?
2. Come funziona una sinapsi inibitoria?
3. Quale neurotrasmettitore usano i motoneuroni dei vertebrati?
4. In che cosa consiste la sommazione spaziale degli input?

Scegli le parole

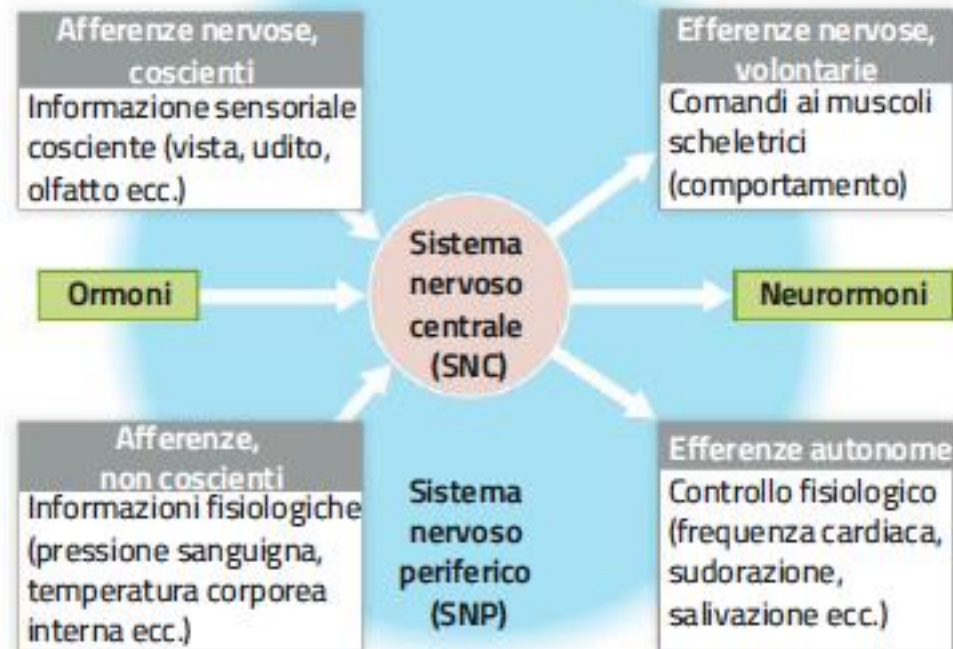
1. Le giunzioni neuromuscolari **non sono / sono** sempre eccitatorie, le sinapsi **elettriche / chimiche** possono essere eccitatorie oppure inibitorie.
2. Tutti i motoneuroni dei vertebrati usano il neurotrasmettitore

Ora tocca a te

Esistono moltissimi neurotrasmettitori utilizzati dalle cellule nervose del nostro corpo. Fai una ricerca in Rete e descrivi almeno 10 neurotrasmettitori che non sono citati in questa lezione, specificando la natura molecolare e la funzione di ognuno.

5. Il sistema nervoso centrale /1

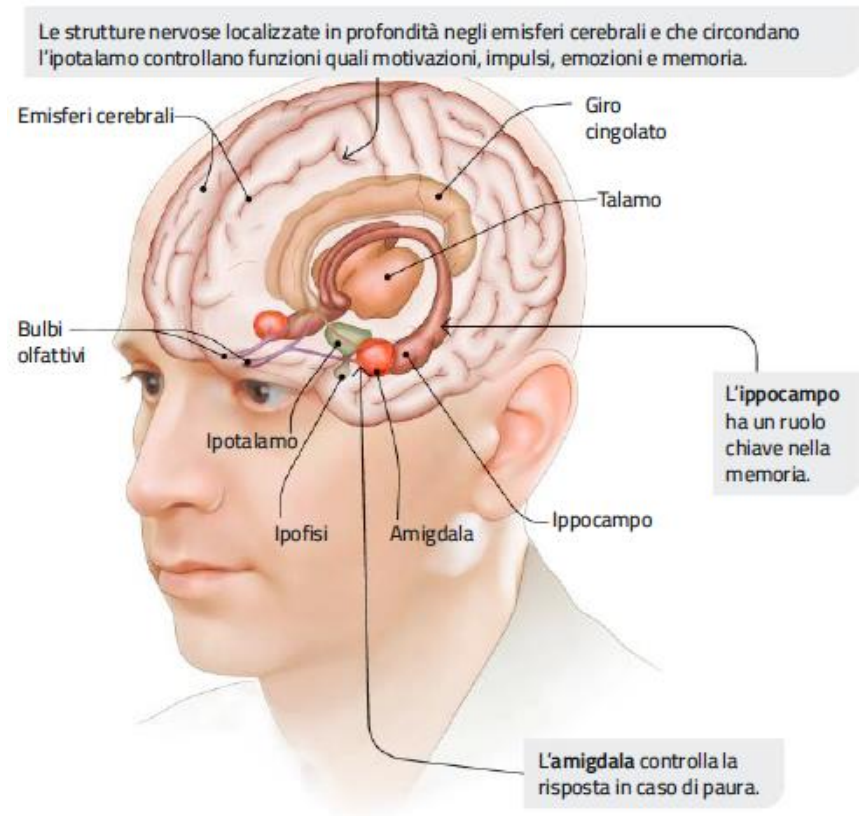
Dal punto di vista funzionale il **sistema nervoso centrale** si differenzia in **midollo spinale** ed **encefalo**.
Il SNC si forma dal tubo neurale.



5. Il sistema nervoso centrale /2

Il **cervello**, o telencefalo, è costituito da due emisferi cerebrali uniti dal corpo calloso, e rivestiti dalla **corteccia cerebrale**.

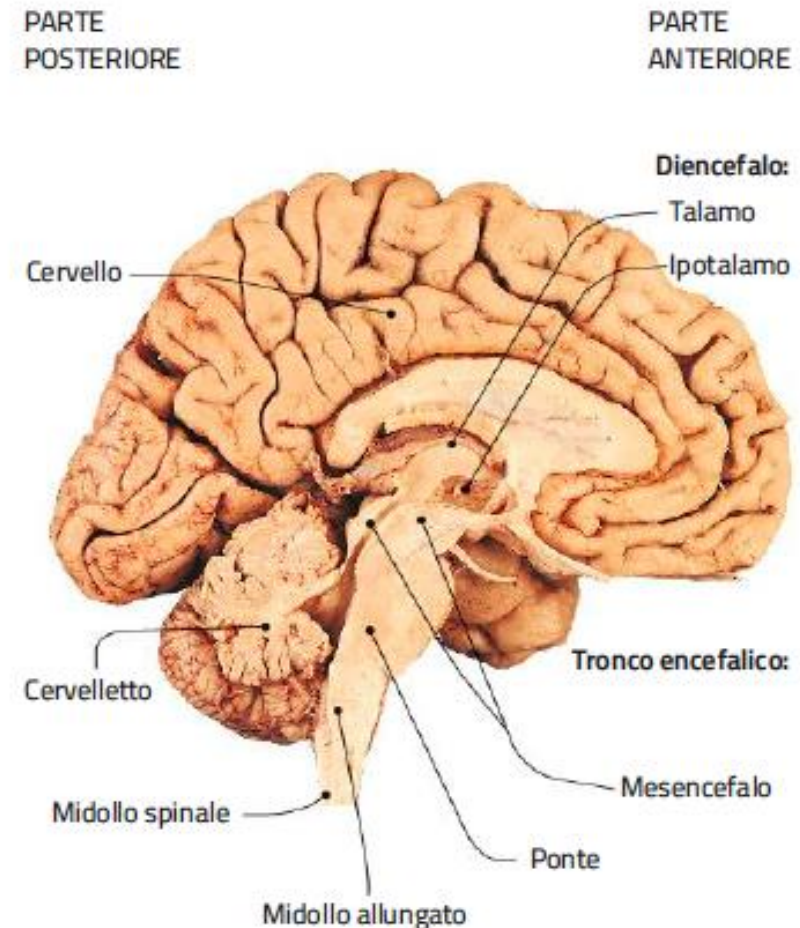
In profondità troviamo i nuclei della base e il **sistema limbico**.



5. Il sistema nervoso centrale /3

Sotto gli emisferi cerebrali troviamo il **diencefalo** che comprende:

- il **talamo**, che è la parte centrale dell'encefalo;
- l'**ipotalamo**, che controlla moltissime attività dell'organismo come l'omeostasi;
- l'**epifisi**, che tramite la melatonina regola i cicli giornalieri o stagionali.

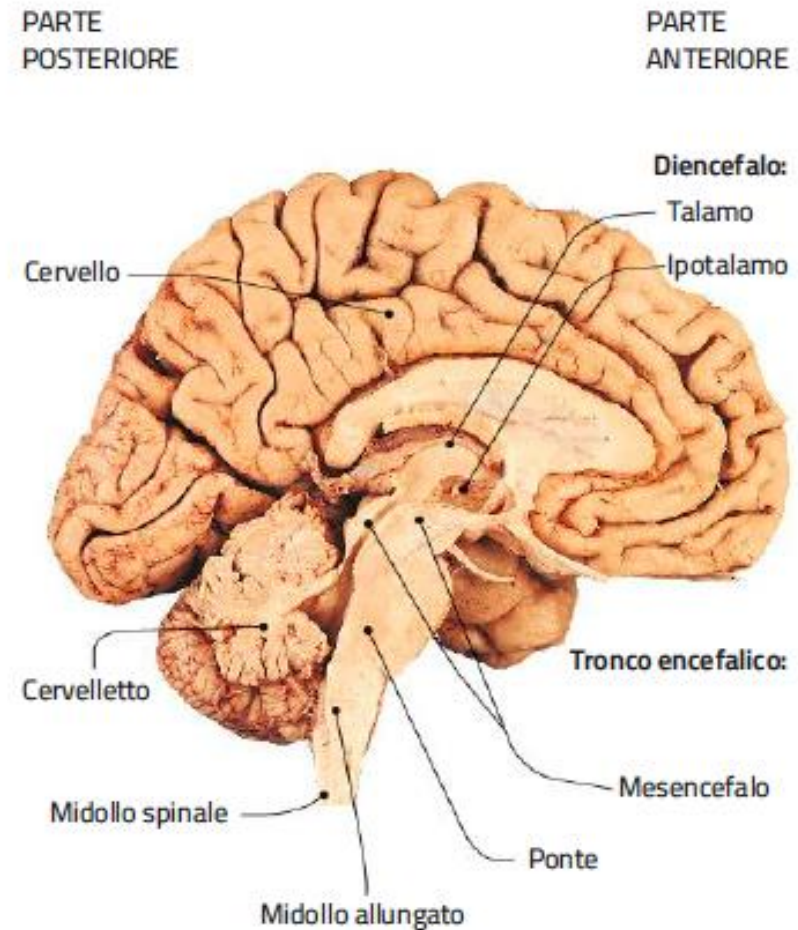


5. Il sistema nervoso centrale /4

Tra il midollo spinale e il diencefalo c'è il **tronco encefalico** che si divide in:

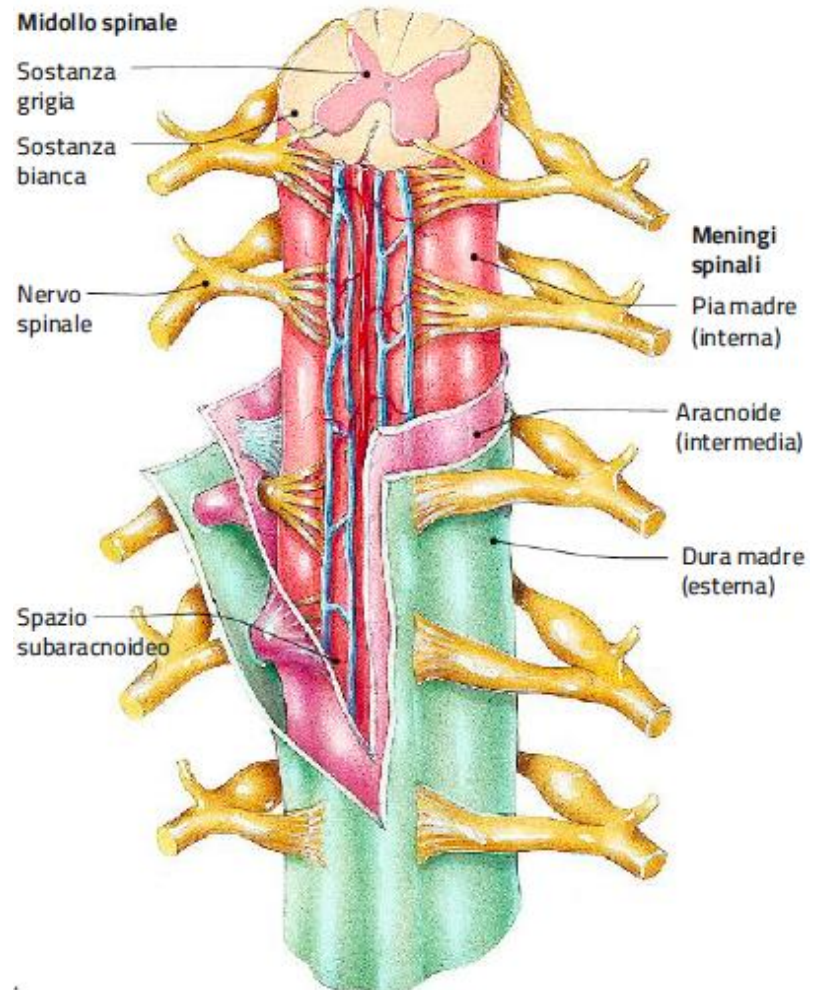
- mesencefalo;
- ponte;
- midollo allungato.

Il **cervelletto** è la sede di controllo dei movimenti corporei. Ha la forma di una cupola e anch'esso è diviso in due emisferi.



5. Il sistema nervoso centrale /5

Il SNC presenta una cavità detta **canale ependimale**, quattro **ventricoli** contenenti il liquido cerebrospinale e tre membrane, le **meningi**.



5. Il sistema nervoso centrale /6

PER SAPERNE
DI PIÙ

Perché dobbiamo dormire?

Una domanda semplicissima, eppure uno dei più grandi enigmi irrisolti della scienza. Passiamo un terzo della nostra vita in uno stato di incoscienza, assolutamente necessario per il nostro benessere (Figura A). Ma non abbiamo ancora nessuna buona idea del perché.

Tutti gli animali dormono?

Per quanto ne sappiamo, sì. Non dormiamo solo noi o i mammiferi, ma tutti i vertebrati, inclusi i pesci. Dormono anche gli invertebrati, come gli insetti, al punto che i moscerini della frutta, *Drosophila melanogaster*, sono proprio uno degli organismi che gli scienziati utilizzano per studiare il sonno! Perfino animali dal sistema nervoso molto semplice dormono, come il microscopico verme nematode *Caenorhabditis elegans*, che ha solo 302 neuroni. La medusa cassiopea non ha un sistema nervoso centrale, ma di notte rallenta i movimenti e risponde meno agli stimoli, e si può quindi dire che dorma (Figura B).

Cosa succede se non dormiamo?

Negli esseri umani il sonno è fondamentale per la buona salute. Periodi prolungati senza sonno possono portare anzitutto a disturbi psichici (come psicosi e allucinazioni), abbassamento della temperatura corporea, crampi. La carenza cronica di sonno è legata a disturbi nella concentrazione e alla depressione, ma anche all'obesità, al diabete e a un abbassamento delle difese immunitarie.

Se non dormiamo si muore?

Di certo negli esseri umani e negli altri mammiferi non dormire porta a gravi conseguenze sulla salute, ma stranamente non sappiamo se una prolungata e totale mancanza di sonno sia fatale. Esiste una rarissima malattia ereditaria, l'**insonnia familiare fatale**, che porta inevitabilmente all'incapacità di dormire e alla morte, ma è probabile che l'esito sia dovuto anche alla degenerazione complessiva del sistema nervoso causato dalla malattia. Molti esperimenti su animali hanno indicato che l'assenza totale di sonno sembra essere letale dopo qualche giorno, ma è difficile distinguere l'effetto della pura insonnia dall'esaurimento fisico dovuto alla continua attività. In almeno una specie, il moscerino della frutta, è stato recentemente scoperto che la mancanza pressoché totale di sonno non altera la sopravvivenza.

La mancanza di sonno, anche di poche ore, è però pericolosissima nella vita pratica. Alla guida, per esempio: il cervello infatti tende a compensare con dei «microsonni», periodi di pochi secondi di incoscienza, che possono essere abbastanza per causare gravi incidenti.

A cosa potrebbe servire il sonno?

L'unica cosa che sappiamo è che non serve semplicemente a riposare. C'è chi pensa che il sonno sia necessario per ripulire il tessuto cerebrale da scorie (che si accumulano durante l'intensa attività di veglia) e a riparare danni. Si sa che il sonno aiuta la memoria, e potrebbe essere necessario per l'apprendimento a lungo termine: per esempio sfrondando le connessioni

(sinapsi) meno utili tra i neuroni e rafforzando quelle utili. È possibile anche che il sonno si sia evoluto semplicemente come uno stato di riposo che ottimizza l'efficienza dell'organismo quando non serve essere attivi, un po' come i periodi di letargo. Altre funzioni fisiologiche poi potrebbero essersi associate, durante l'evoluzione, a questo periodo di riposo, rendendolo indispensabile per la salute.

E i sogni?

I sogni sono un mistero nel mistero: non abbiamo veramente idea di che cosa siano. È possibile che siano semplicemente un sottoprodotto dell'attività cerebrale: il nostro cervello inventerebbe storie per dare un senso al «rumore di fondo» del cervello durante il sonno. Tuttavia, potrebbero anche essere un utile strumento cognitivo: i sogni ci mettono davanti a situazioni che, per quanto bizzarre, possono essere considerate una simulazione di eventi reali, addestrandoci ad affrontarli.



Figura B La medusa cassiopea (*Cotylorhiza tuberculata*) rallenta le proprie funzioni vitali durante la notte.

Rispondi

1. Qual è il compito del midollo spinale?
2. Qual è la struttura del cervello?
3. Quali strutture comprende il diencefalo?
4. Come è organizzato il cervelletto?

Scegli le parole

1. Il sistema limbico è la parte più **esterna / profonda** del **diencefalo / telencefalo**.
2. **Il talamo / L'ipotalamo** controlla le attività involontarie del sistema nervoso.

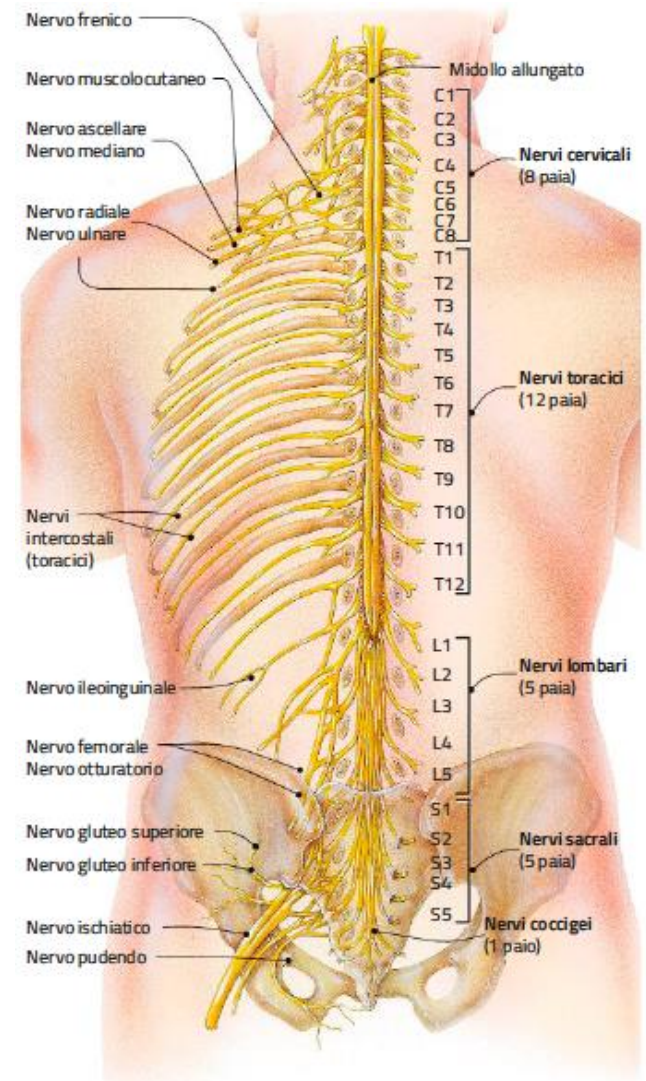
Ora tocca a te

Realizza un modellino tridimensionale scomponibile del sistema nervoso centrale. Utilizza i materiali che preferisci ma fai in modo che sia il più accurato possibile.

6. Il sistema nervoso periferico /1

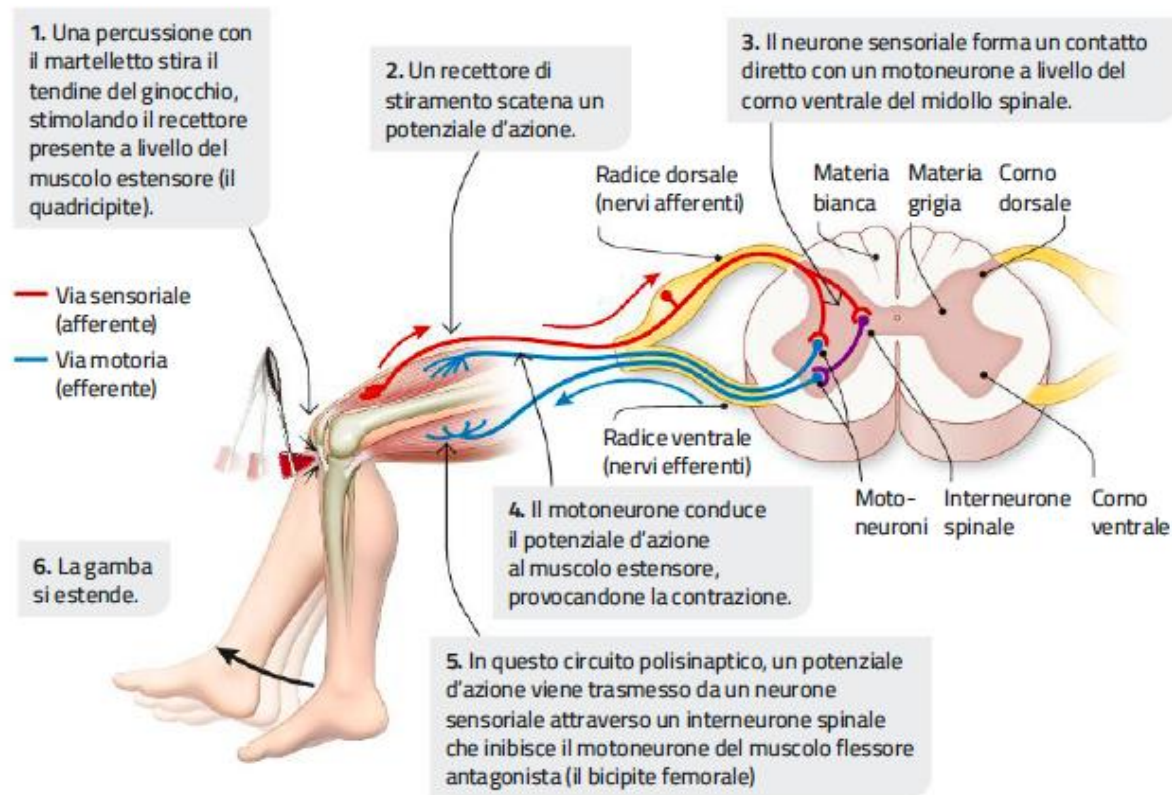
I **nervi spinali**, che fanno parte del sistema nervoso periferico (SNP), collegano il midollo spinale ai recettori sensoriali e agli organi effettori.

I **nervi cranici** partono o terminano nell'encefalo.



6. Il sistema nervoso periferico /2

I **riflessi spinali** sono sequenze involontarie di azioni in cui il midollo spinale può generare risposte senza coinvolgere l'encefalo.



Rispondi

1. Qual è la funzione dei nervi spinali?
2. Quanti nervi cranici possiede l'essere umano e di che tipi sono?
3. Che cosa sono i riflessi spinali?

Scegli le parole

Lo stimolo **sensoriale / motorio** raggiunge il midollo spinale attraverso le corna **dorsali / ventrali** e lo stimolo **sensoriale / motorio** lo abbandona tramite quelle **dorsali / ventrali**.

Ora tocca a te

Fai una ricerca e individua quali sono le cause della nevralgia al trigemino e quali altre neuropatie legate a questo nervo cranico esistono. Realizza una scheda riassuntiva.

7. La divisione autonoma del SNP /1

Le azioni involontarie sono controllate dal **sistema nervoso autonomo** (SNA) suddiviso in:

- **ortosimpatico**, che producono la risposta «combatti o fuggi»;
- **parasimpatico**, che producono la risposta «digerisci e rilassati»;
- **sistema enterico**, localizzato nella parete intestinale, nel pancreas e nella cistifellea.

7. La divisione autonoma del SNP /2

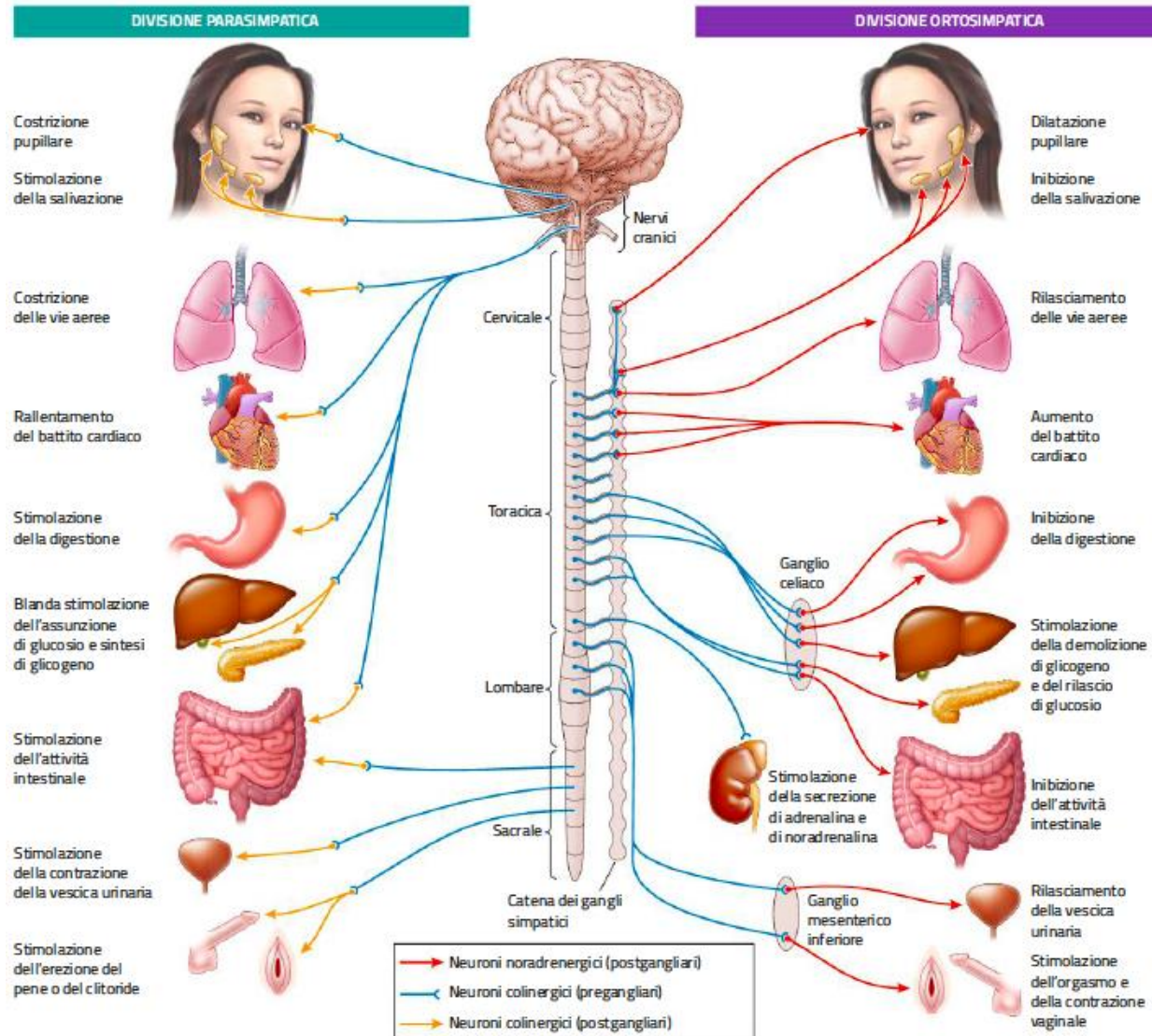
Ogni via afferente del SNA è formata da:

- neurone pregangliare;
- neurone postgangliare, con corpo cellulare in un **ganglio autonomo**.

Le cellule nervose postgangliari del simpatico utilizzano la **noradrenalina**; quelle del parasimpatico l'**acetilcolina**.

Le due suddivisioni ortosimpatica e parasimpatica inducono **azioni antagoniste** sugli organi effettori.

7. La divisione autonoma del SNP /3



Rispondi

1. Da quali neuroni è formata la componente ortosimpatica del SNP?
2. La risposta «combatti o fuggi» è prodotta da quale divisione del SNP?
3. Come funziona il nodo seno-atriale del cuore, o pacemaker cardiaco?

Scegli le parole

1. La componente **simpatica / parasimpatica** rallenta l'attività cardiaca e **alza / abbassa** la pressione arteriosa.
2. Il sistema nervoso **somatico / autonomo** collega tutti gli organi e apparati coinvolti nelle funzioni **riproduttive / fisiologiche**.

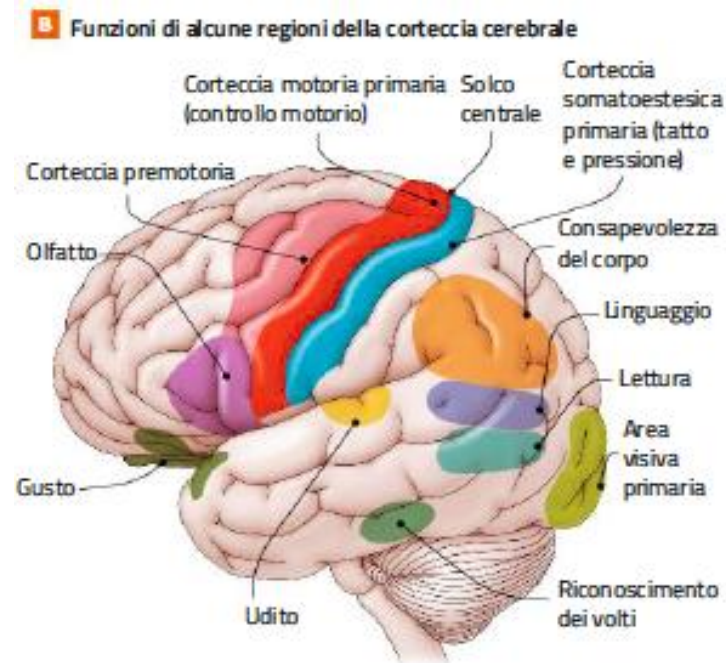
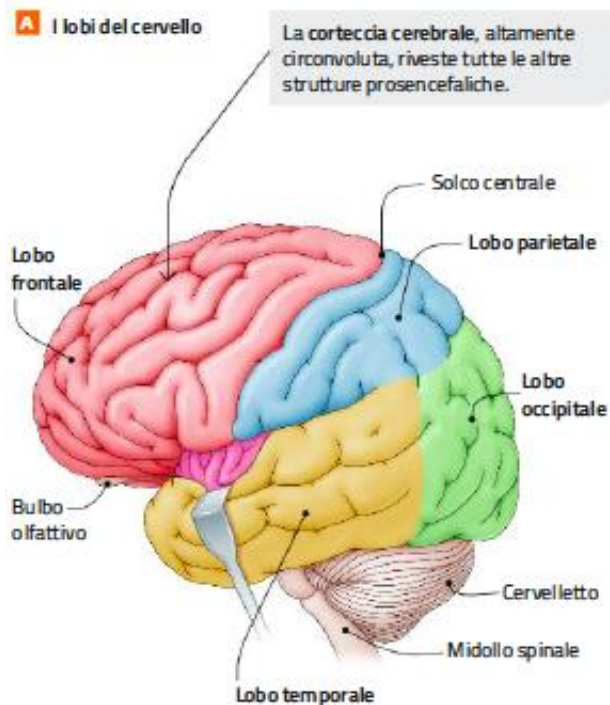
Ora tocca a te

Solitamente prima di una verifica o di un'interrogazione si ha la «bocca asciutta», il «cuore in gola» e lo «stomaco chiuso». Aiutandoti con una ricerca in Rete individua il nome corretto di questi eventi fisiologici e descrivi che sistema nervoso li determina.

8. Le attività del cervello, o telencefalo /1

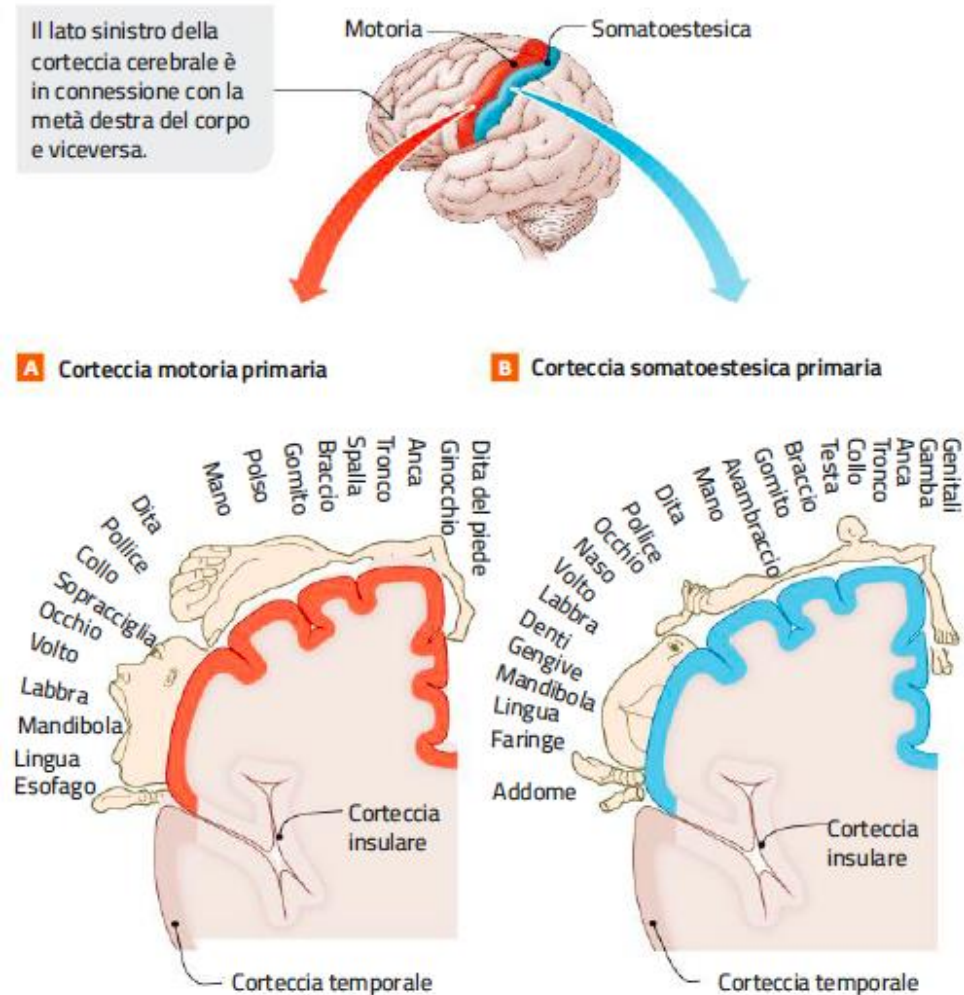
La **corteccia cerebrale** riveste gli emisferi cerebrali e si presenta suddivisa in **lobi**.

Sulla corteccia si trovano aree con funzioni specifiche.



8. Le attività del cervello, o telencefalo /2

Il **lobo temporale** è adibito alla elaborazione delle informazioni uditive, quello **frontale** controlla l'attività motoria e il **parietale** riceve informazioni tattili.



Rispondi

1. Quali sono i lobi della corteccia cerebrale?
2. Qual è la funzione della corteccia associativa?
3. Che cosa coordina il lobo frontale?

Scegli le parole

1. La corteccia è formata da **due / quattro** emisferi, divisi in **due / quattro** lobi.
2. I lobi frontale e parietale sono divisi dal

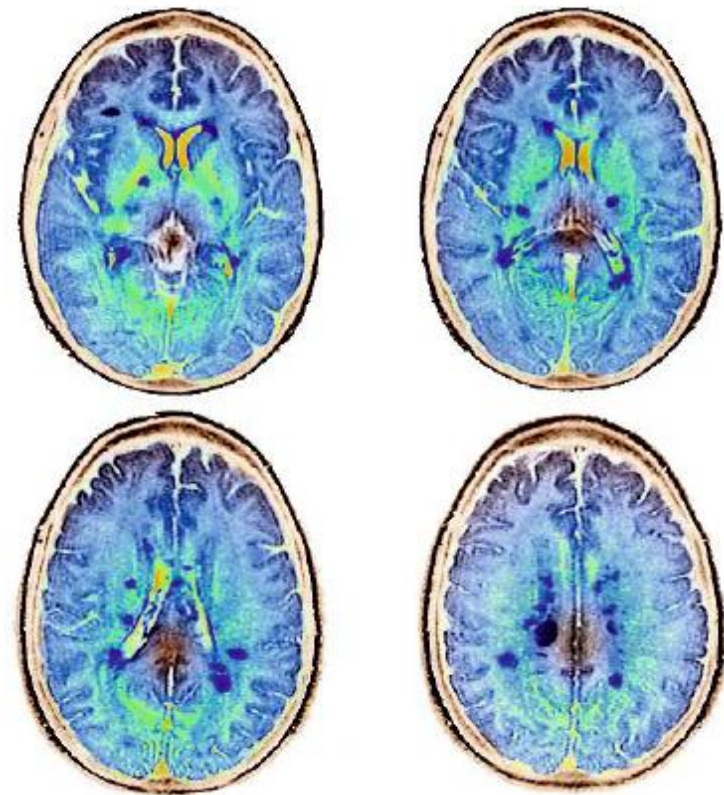
Ora tocca a te

Disegna a figura intera l'*homunculus* corticale dell'area motoria e somatoestetica primaria. Individua e spiega le caratteristiche che hanno in comune e quelle che li differenziano.

9. Quando le funzioni cerebrali sono compromesse /1

Le alterazioni delle funzioni cerebrali possono avere diverse cause: traumatiche, virali, autoimmuni, genetiche, tumorali o multifattoriali.

La **sclerosi multipla** (SM) è una malattia cronica che provoca la progressiva perdita delle guaine mieliniche degli assoni.



9. Quando le funzioni cerebrali sono compromesse /2

La **sclerosi laterale amiotrofica** (SLA) è una malattia neurodegenerativa che progressivamente colpisce i motoneuroni.

Le **malattie neurodegenerative** delle persone anziane comprendono la **malattia di Alzheimer** e la **malattia di Parkinson**.

I **tumori** del SNC sono rari, ma possono colpire qualunque area dell'encefalo.

9. Quando le funzioni cerebrali sono compromesse /3

Le **sostanze psicoattive** agiscono sul SNC e possono compromettere funzioni importanti.

Sostanza	Effetti
Nicotina	Presente nelle foglie di tabacco, si lega ai neuroni del SNC e determina il rilascio di dopamina. Nel SNP imita l'azione dell'acetilcolina e aumenta battito cardiaco e pressione sanguigna.
Alcol etilico	Nel SNC rallenta l'attività neuronale e compromette la memoria, l'apprendimento e la coordinazione motoria. Se la sua concentrazione nel sangue (alcolemia) aumenta troppo si arriva a coma e morte.
Cannabis	Estratta dalla canapa indiana, ricca di THC (tetraidrocannabinolo) che imita l'azione di un neurotrasmettitore antidolorifico e agisce da sedativo.
Cocaina	Ricavata dalle foglie di coca, agisce sui meccanismi del piacere, innescando una superproduzione di dopamina che si accumula nelle sinapsi provocando euforia. Porta in poco tempo a tolleranza e dipendenza, danneggia le sinapsi e può portare a demenza.
Oppiacei	Dal papavero da oppio si ricavano morfina ed eroina. La morfina è un potente antidolorifico usato in medicina. L'eroina è una droga che provoca una sensazione di benessere, cui seguono nausea, vomito e sonnolenza. Causa una fortissima dipendenza e un'alta tolleranza: la morte per overdose è molto frequente.
LSD	È una molecola semisintetica derivata dall'acido lisergico, estratto da un fungo; è un potente allucinogeno che altera la percezione. Può causare panico e paranoia, alterazioni mentali, deliri, ansia, depressione e psicosi.
Metamfetamina	È una sostanza sintetica simile alla dopamina con effetti paragonabili alla cocaina; alla sensazione di euforia seguono agitazione, allucinazioni, aggressività e disorientamento. Causa danni cerebrali.
Ecstasy	È la combinazione tra metamfetamina e un allucinogeno. Stimola i neuroni che producono serotonina, ma blocca la dopamina, determinando una sensazione di forza seguita da un collasso cerebrale con ansia e depressione. Può portare a paranoia, collasso cardiocircolatorio, danni epatici e infarto.

Rispondi

1. A che cosa deve il suo nome la sclerosi multipla?
2. Quali cellule colpisce la sclerosi laterale amiotrofica?
3. Esistono fattori di rischio accertati per lo sviluppo di alcuni tumori cerebrali?

Scegli le parole

1. In fase **preclinica / clinica** il Parkinson presenta piccole trasformazioni patologiche ma non i sintomi.
2. Laè la necessità di assumere dosi crescenti di sostanze psicoattive per ottenere gli stessi effetti.

Ora tocca a te

«L'Alzheimer si combatte a 20 anni». Rifletti su questa affermazione e, aiutandoti con una ricerca in Rete, spiega che cosa significa e che correlazione può esserci tra stile di vita e malattie neurodegenerative. Esprimi la tua opinione in 2000 battute (circa 20 righe).

DATI IN AGENDA Italiani stupefacenti

DIMMI LA TUA! Demenza senile