

Cristina Cavazzuti  
Daniela Damiano

# Biologia

Terza edizione

# Capitolo 8

## **Il sistema nervoso e gli organi di senso**

1. Le cellule nervose e la trasmissione dell' impulso
2. Il sistema nervoso centrale e il sistema nervoso periferico
3. Gli organi di senso

# Lezione 1

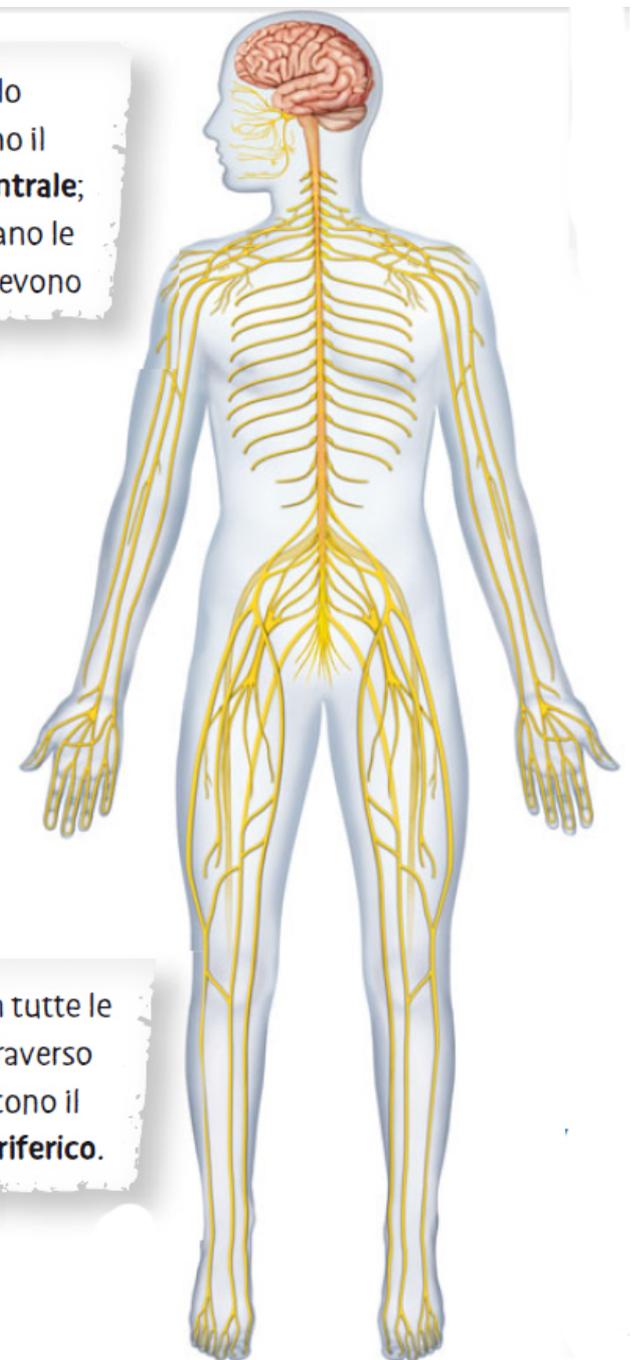
## **Le cellule nervose e la trasmissione dell'impulso**

# 1. I neuroni

Il sistema nervoso svolge un compito di controllo dell'organismo e riceve, coordina e risponde agli stimoli provenienti dall'esterno.

Si divide in **sistema nervoso centrale (SNC)**, che comprende *encefalo e midollo spinale*, e **sistema nervoso periferico (SNP)**, costituito da *nervi*.

L'encefalo e il midollo spinale costituiscono il **sistema nervoso centrale**; integrano ed elaborano le informazioni che ricevono



Il SNC comunica con tutte le cellule del corpo attraverso i nervi che costituiscono il **sistema nervoso periferico**.

# 1. I neuroni

Tutto il sistema nervoso è formato da due tipi di cellule: le cellule gliali e i neuroni.

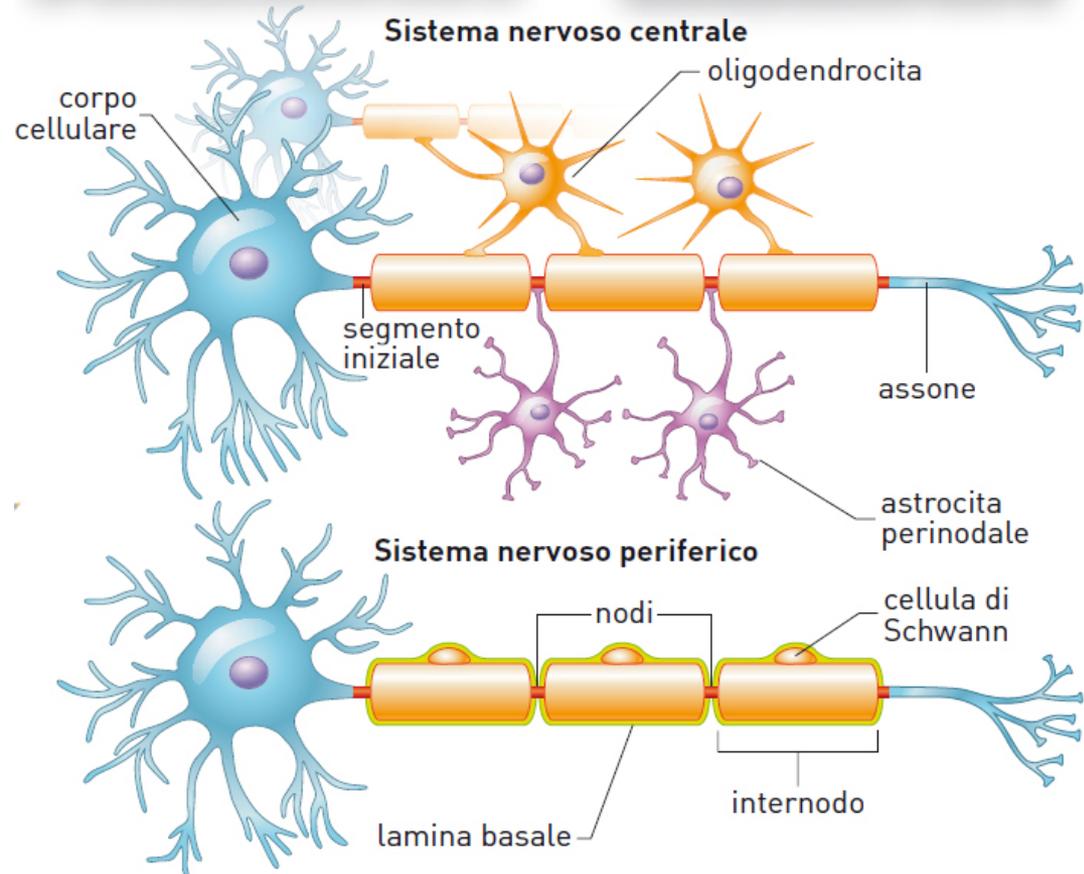
Le **cellule gliali** hanno il compito di proteggere, sostenere e nutrire i neuroni.

I **neuroni** sono le unità strutturali su cui si basa tutta la rete di trasmissione degli impulsi nervosi.

Essi sono costituiti da una parte centrale, il **corpo cellulare**, e da due tipi di prolungamenti, i **dendriti** e l'**assone**.

Gli **astrociti**, così chiamati per la loro forma, forniscono supporto metabolico e strutturale ai neuroni.

Gli **oligodendrociti**, più piccoli degli astrociti e con meno ramificazioni, producono la mielina negli assoni del SNC.



Gli assoni dei **neuroni** sono in stretto contatto con le **cellule gliali**.

Le **cellule di Schwann** producono mielina nel SNP.

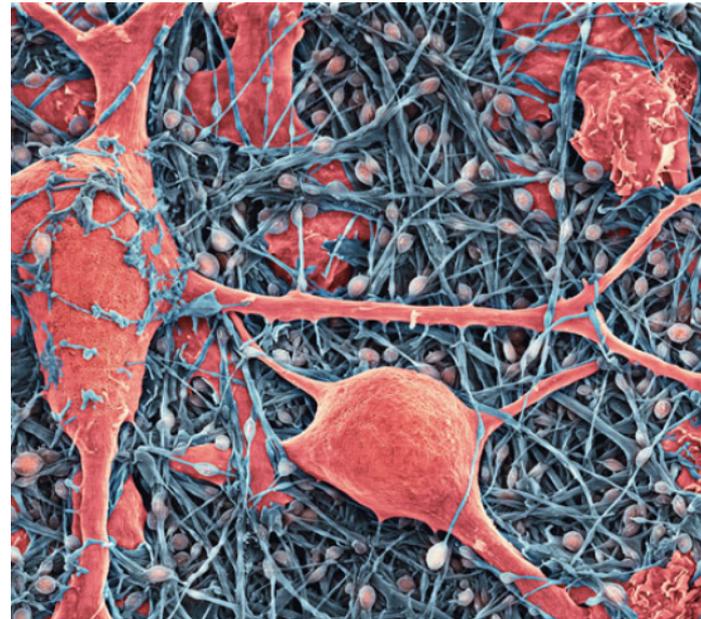
# 1. I neuroni

Il **corpo cellulare** contiene il nucleo e gli organuli.

I **dendriti** sono prolungamenti corti e ramificati che ricevono i segnali e li trasmettono al corpo cellulare.

L' **assone** è un prolungamento più lungo che trasmette gli impulsi ad altre cellule, anche lontane, e termina con protuberanze dette **bottoni sinaptici**.

Gli assoni sono ricoperti di *guaina mielinica*, rivestimento isolante interrotto in alcuni punti, chiamati *nodi di Ranvier*. Questi aumentano la velocità di propagazione del segnale. Fasci di assoni ricoperti di mielina formano i **nervi**.

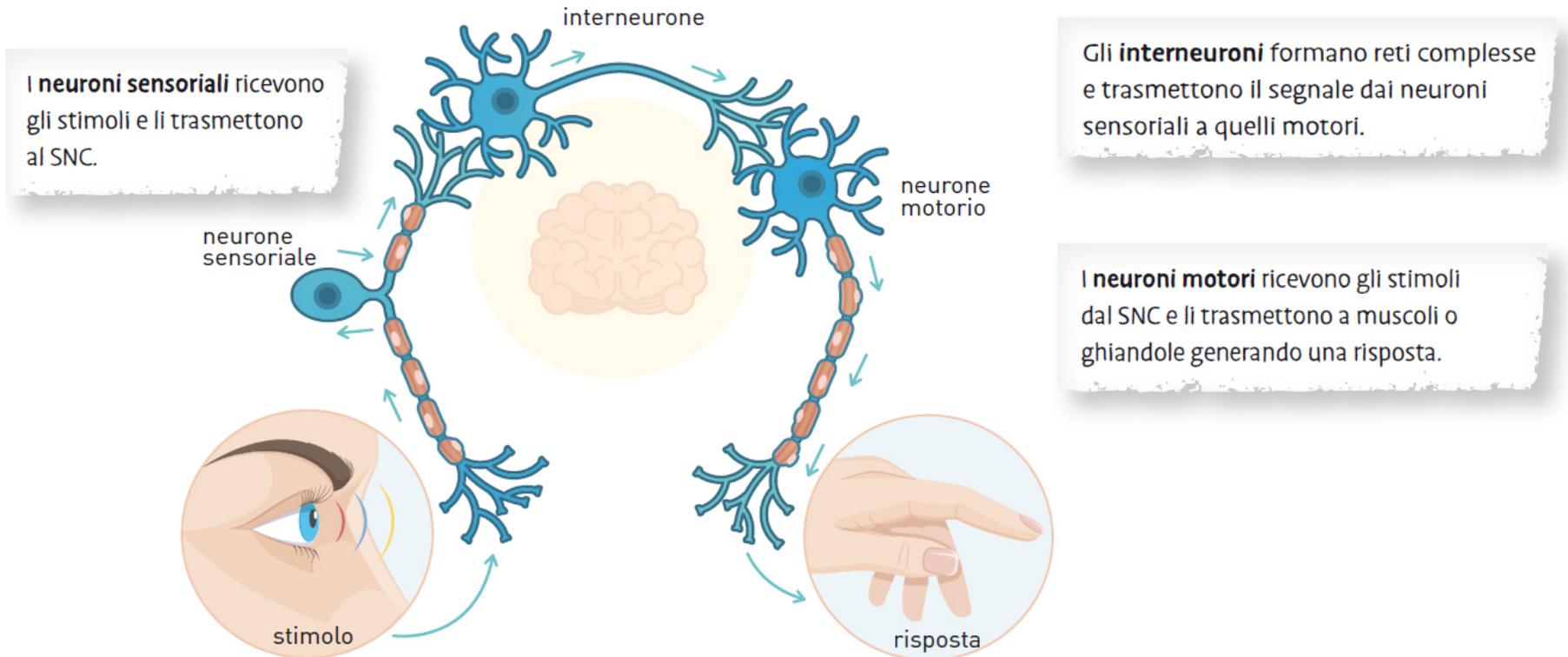


In questa foto al microscopio elettronico, degli astrociti (in rosso) sono in contatto con una fitta rete di dendriti e assoni di neuroni (in grigio). Le protuberanze rosa sono **bottoni sinaptici**.

# 1. I neuroni

I neuroni si dividono in:

- **neuroni sensoriali**: ricevono gli stimoli e li trasmettono al sistema nervoso centrale;
- **neuroni motori**: trasmettono gli impulsi dal sistema nervoso centrale agli organi effettori;
- **interneuroni**: stabiliscono collegamenti fra neuroni motori e sensoriali.



## 2. L' impulso nervoso

I neuroni hanno due importanti proprietà:

- l' **eccitabilità** è la capacità di generare un impulso elettrico in risposta a uno stimolo;
- la **conducibilità** è la capacità di trasmettere tale stimolo ad altre cellule.

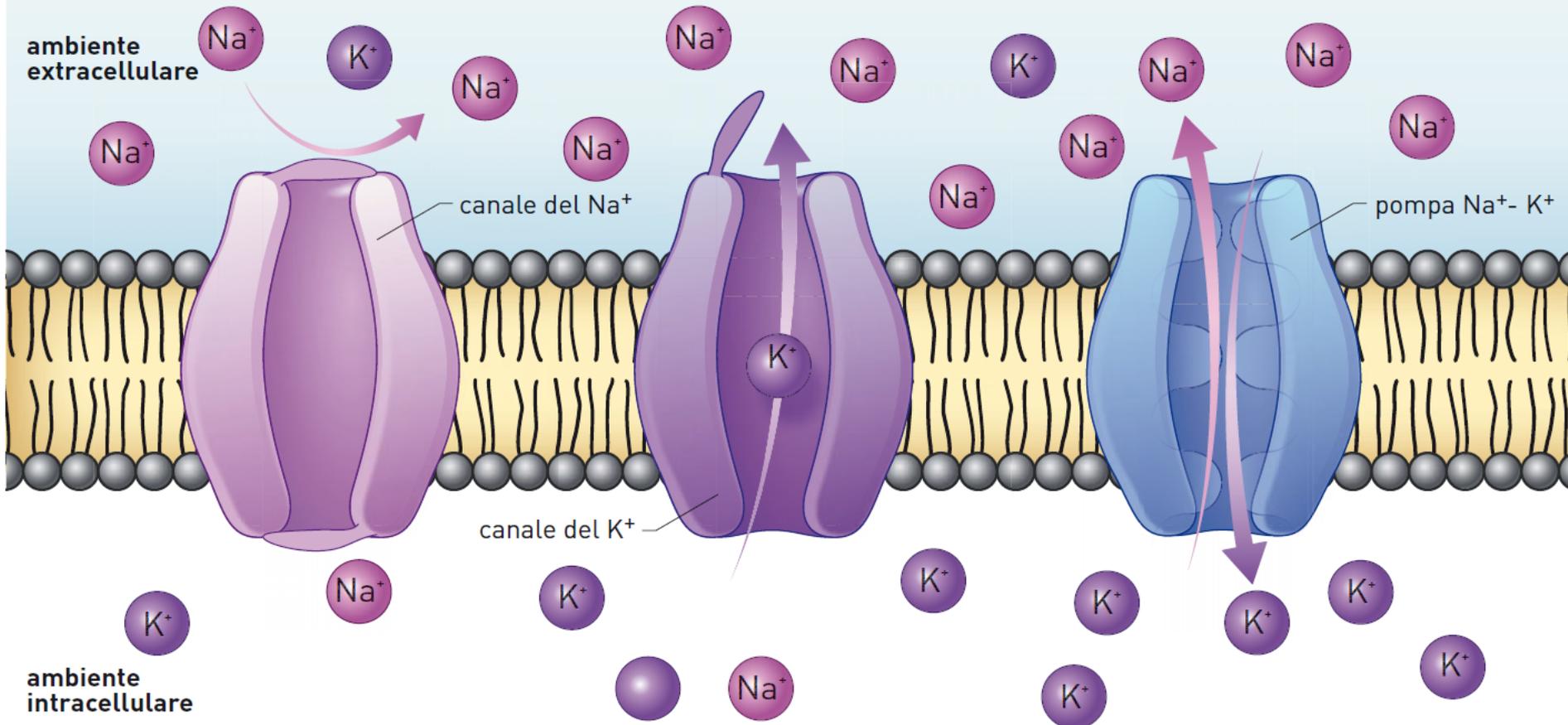
I **recettori** raccolgono gli stimoli provenienti dall' ambiente esterno e trasmettono l' impulso elettrico che, attraverso i nervi, arriva al sistema nervoso centrale.

Gli impulsi sono di due tipi, eccitatori o inibitori, e si propagano grazie alla differenza di potenziale tra l' esterno della membrana, positivo, e l' interno del neurone, negativo.

L' energia posseduta dal neurone in stato di riposo si chiama **potenziale di riposo**.

La membrana a riposo permette il passaggio per diffusione di quantità maggiori di ioni potassi ( $K^+$ ) che di ioni sodio ( $Na^+$ ).

## 2. L' impulso nervoso



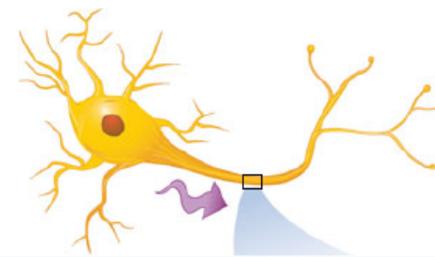
Gli ioni  $\text{Na}^+$  sono più concentrati all'esterno della cellula, dove sono trasportati attivamente dalla pompa sodio-potassio, perché i canali del sodio consentono una diffusione limitata di questi ioni.

Gli ioni  $\text{K}^+$  sono più concentrati all'interno grazie alla pompa sodio-potassio, ma possono diffondere liberamente verso l'esterno.

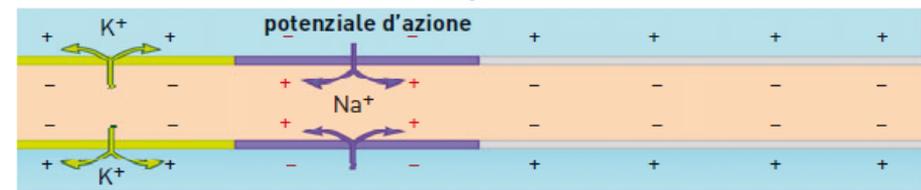
## 2. L' impulso nervoso

Quando un neurone è stimolato si ha un' inversione di polarità della membrana: l' interno diventa positivo grazie all' ingresso di ioni sodio, l' esterno negativo.

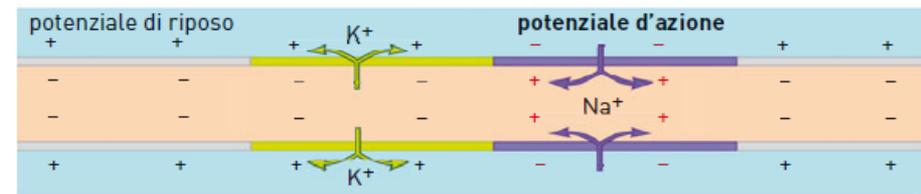
Se questo cambiamento di polarità supera il **valore soglia**, si instaura il **potenziale d' azione** che dà il via al segnale nervoso. Terminata la stimolazione, il potassio uscirà dalla membrana e ripristinerà il potenziale di riposo.



**1** Quando entrano gli ioni  $\text{Na}^+$  la membrana si depolarizza; l'interno della cellula diventa positivo rispetto all'esterno.



**2** Il potenziale d'azione provoca l'apertura dei canali  $\text{Na}^+$  nell'area attigua della membrana. Allo stesso tempo, nell'area di partenza, i canali  $\text{K}^+$  si aprono permettendo agli ioni  $\text{K}^+$  di defluire all'esterno.



**3** Il segnale nervoso si sposta lungo il neurone; a monte del potenziale d'azione si ristabilisce il potenziale di riposo.

### 3. Le sinapsi

L'assone termina con centinaia di migliaia di ramificazioni, ciascuna delle quali presenta un *bottone sinaptico*. La zona che mette in comunicazione il bottone sinaptico di un assone con un'altra cellula è

chiamata **sinapsi**.  
Tra i due neuroni si trova uno spazio detto *spazio sinaptico*, nel quale vengono rilasciati i **neurotrasmettitori**, molecole a cui è affidato il compito di trasmettere l'impulso.

Neurotrasmettitore	Localizzazione e attività
Acetilcolina	Il neurotrasmettitore dei neuroni motori e di alcune vie nervose del cervello.
Noradrenalina	Utilizzato in alcune aree del cervello; si trova anche nel sistema nervoso periferico, dove provoca rilassamento dei muscoli intestinali e l'aumento del battito cardiaco.
Dopamina	Un neurotrasmettitore del sistema nervoso centrale.
Istamina	Un neurotrasmettitore del cervello.
Serotonina	Un neurotrasmettitore del sistema nervoso centrale coinvolto in molte regolazioni, fra cui il controllo del dolore, del sonno, della veglia e dell'umore.
Glutammato	Il neurotrasmettitore eccitatorio più comune nel sistema nervoso centrale.
Glicina	Ha un'azione inibitoria nel SNC.
Acido $\gamma$ -amminobutirrico (GABA)	Comuni neurotrasmettitori inibitori.
Endorfine encefaline	Modulazione delle vie nervose del dolore.
Sostanza P	Utilizzata da alcuni neuroni sensoriali, specialmente nelle vie nervose del dolore.
Ossido nitrico	Largamente presente in tutto il sistema nervoso.

### 3. Le sinapsi

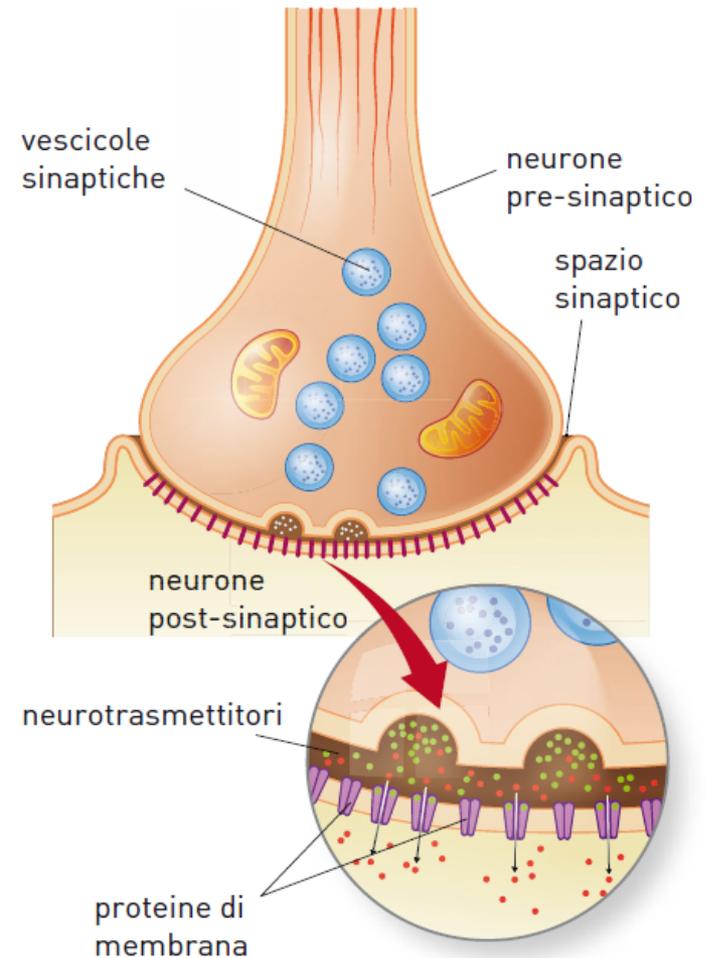
I neurotrasmettitori sono rilasciati nello spazio sinaptico dal **neurone presinaptico** e si legano a recettori posti sulla membrana del **neurone post-sinaptico**.

La sinapsi può essere *eccitatoria* o *inibitoria*, a seconda del cambiamento di potenziale di membrana prodotto dal flusso di ioni.

Se il neurotrasmettitore innesca l'entrata di ioni negativi, l'interno della membrana del neurone post-sinaptico diventa ancora più negativo e l'impulso non si trasmette.

Oltre alle *sinapsi chimiche* esistono anche *sinapsi elettriche*.

In esse, la giunzione tra i due neuroni è molto stretta e si formano dei canali tra le due membrane che permettono il passaggio di corrente.



# Lezione 2

## **Il sistema nervoso centrale e il sistema nervoso periferico**

## 4. Il sistema nervoso centrale: l'encefalo

Il **sistema nervoso centrale (SNC)** è costituito da encefalo e midollo spinale.

Queste due strutture sono protette da ossa, meningi e liquido cerebrospinale. Entrambe sono costituite da *sostanza grigia* contenente i corpi cellulari dei neuroni e *sostanza bianca* contenente gli assoni.

L' **encefalo** controlla tutte le attività del nostro organismo, sia quelle involontarie sia quelle volontarie.

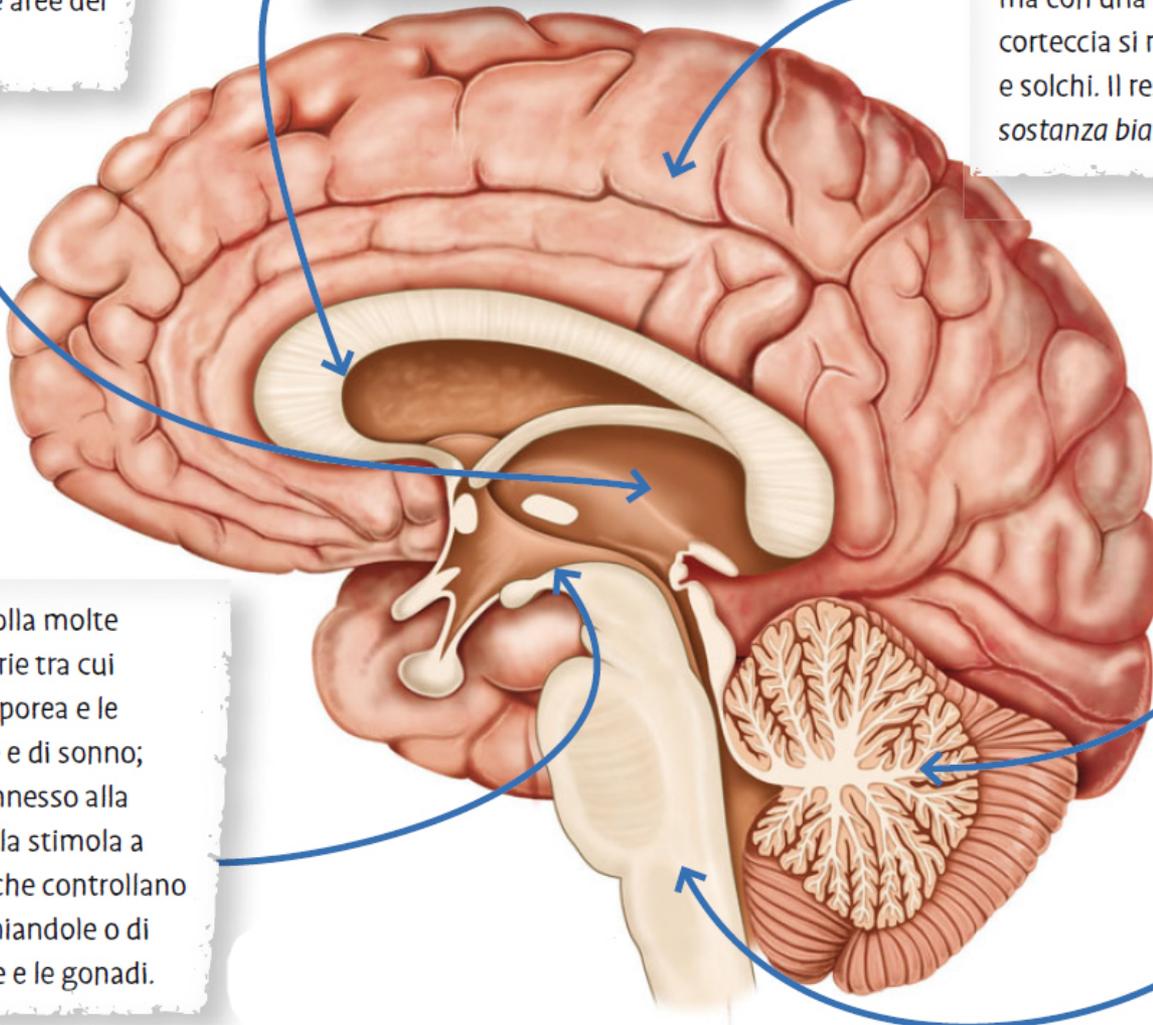
È costituito da varie strutture, le più importanti sono il cervello, il talamo e l'ipotalamo, il midollo allungato o bulbo e il cervelletto.

## 4. Il sistema nervoso centrale: l'encefalo

Il **talamo** si trova alla base del cervello e ha il compito di smistare le informazioni sensoriali alle varie aree del cervello.

Il **corpo calloso** è un insieme di fibre nervose che garantisce la comunicazione tra i due emisferi.

La parte più esterna del cervello è la **corteccia cerebrale**, formata dai corpi cellulari di milioni di neuroni (*sostanza grigia*), spesso pochi millimetri ma con una superficie di circa 2600 cm<sup>2</sup>. La corteccia si ripiega a formare circonvoluzioni e solchi. Il resto del cervello è composto da *sostanza bianca*.



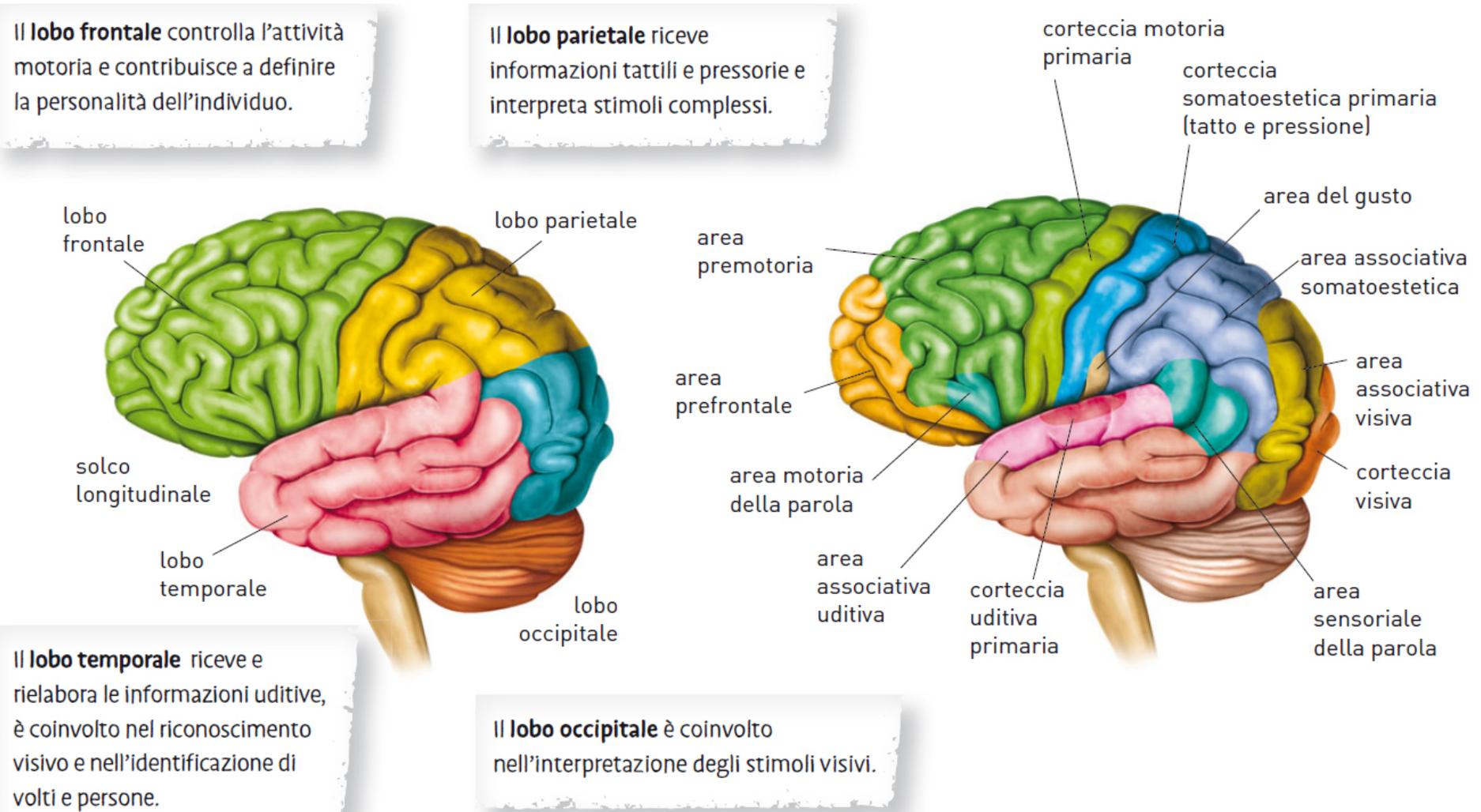
Il **cervelletto** è il centro di controllo e coordinazione dei movimenti fini, dell'equilibrio e del tono muscolare.

L'**ipotalamo** controlla molte funzioni involontarie tra cui la temperatura corporea e le sensazioni di fame e di sonno; è direttamente connesso alla ghiandola *ipofisi* e la stimola a secernere ormoni che controllano l'attività di altre ghiandole o di organi come il rene e le gonadi.

Il **midollo allungato** è situato tra il cervello e il midollo spinale; in esso si trovano i centri nervosi che regolano il battito cardiaco e il respiro, nonché fenomeni come la tosse e il vomito.

# 4. Il sistema nervoso centrale: l'encefalo

La parte più cospicua è il **cervello**, che è formato da due emisferi collegati dal *corpo calloso*, un fascio di fibre nervose.



## 5. Il sistema nervoso centrale: il midollo spinale

Il **midollo spinale** è la principale via di comunicazione fra il cervello e la periferia del sistema nervoso.

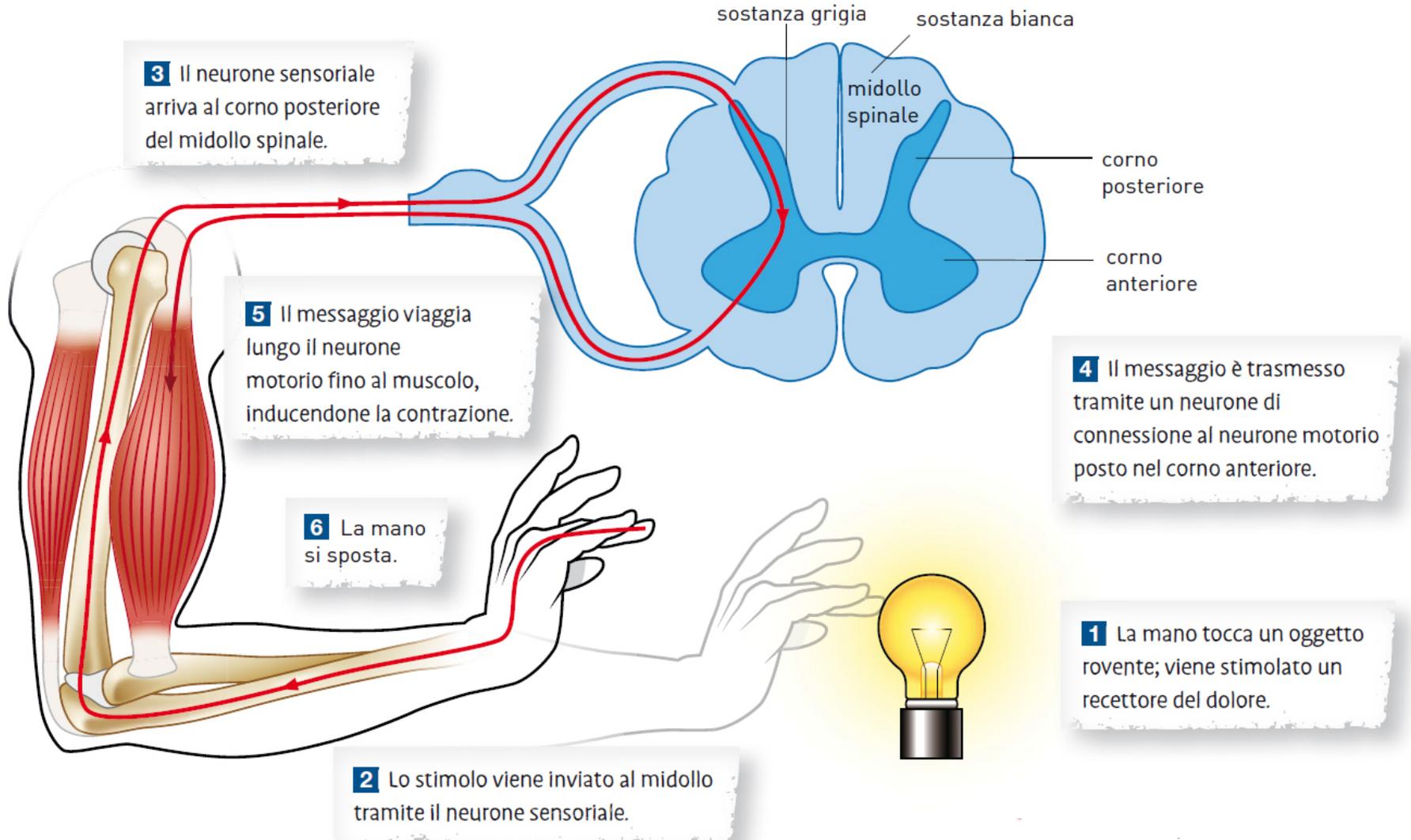
Nel midollo spinale viaggiano gli stimoli sensoriali provenienti da tutto il corpo e diretti al cervello e quelli motori provenienti dal cervello e diretti agli organi effettori.

A livello del midollo spinale si trovano anche gli *archi riflessi* che generano i **riflessi spinali**: questi sono responsabili di una risposta dei muscoli a uno stimolo che non coinvolge l'attività del cervello.

# 5. Il sistema nervoso centrale: il midollo spinale

Il riflesso fa agire il corpo senza che si formi un pensiero cosciente.

La mano scatta prima ancora di percepire il dolore.

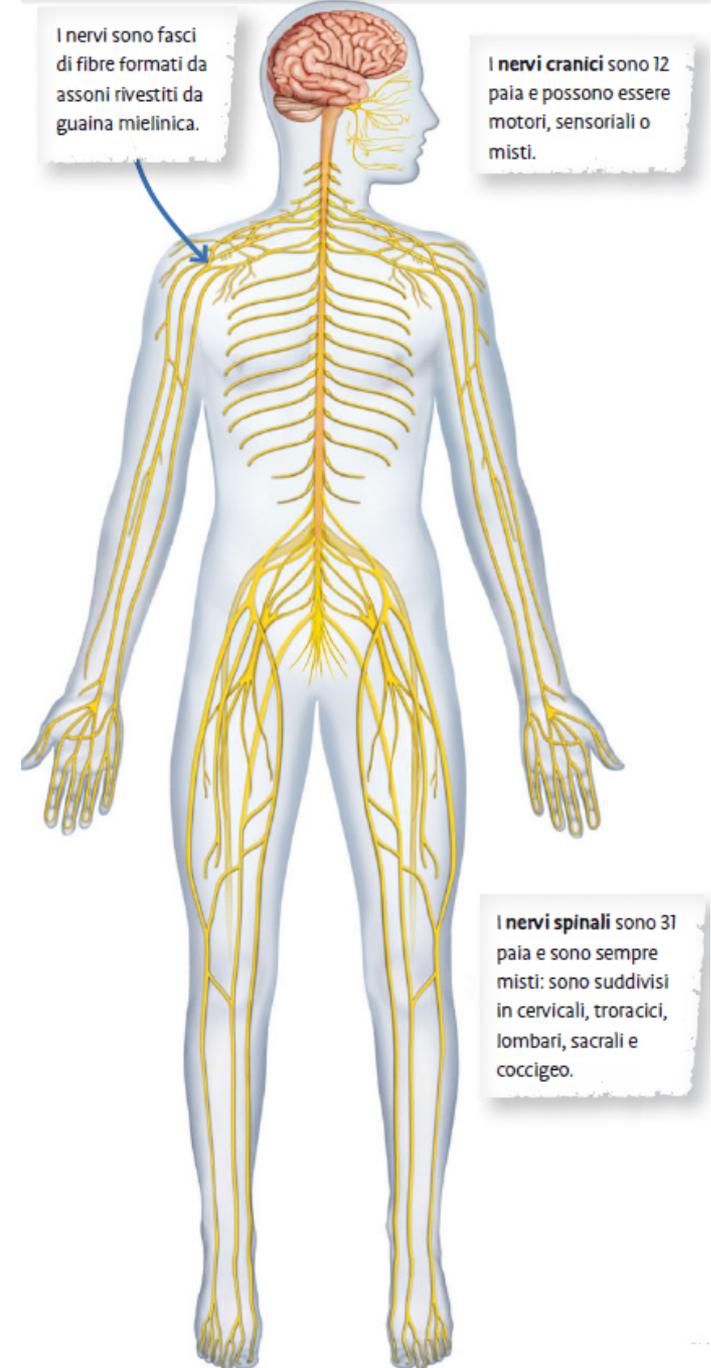


## 6. Il sistema nervoso periferico

Il **sistema nervoso periferico (SNP)** è costituito dai nervi che collegano il sistema nervoso centrale con le varie parti del corpo. I **nervi cranici** escono dalla base del cranio. I **nervi spinali** emergono da vari punti del midollo spinale.

Sia i nervi cranici sia i nervi spinali sono formati da fibre nervose sensoriali o motorie:

- i *nervi sensoriali* trasmettono al sistema nervoso centrale le informazioni provenienti da tutte le parti del corpo;
- i *nervi motori* trasmettono gli impulsi dal sistema nervoso centrale agli organi e ai muscoli;
- i *nervi misti* contengono sia fibre sensoriali sia fibre motorie.

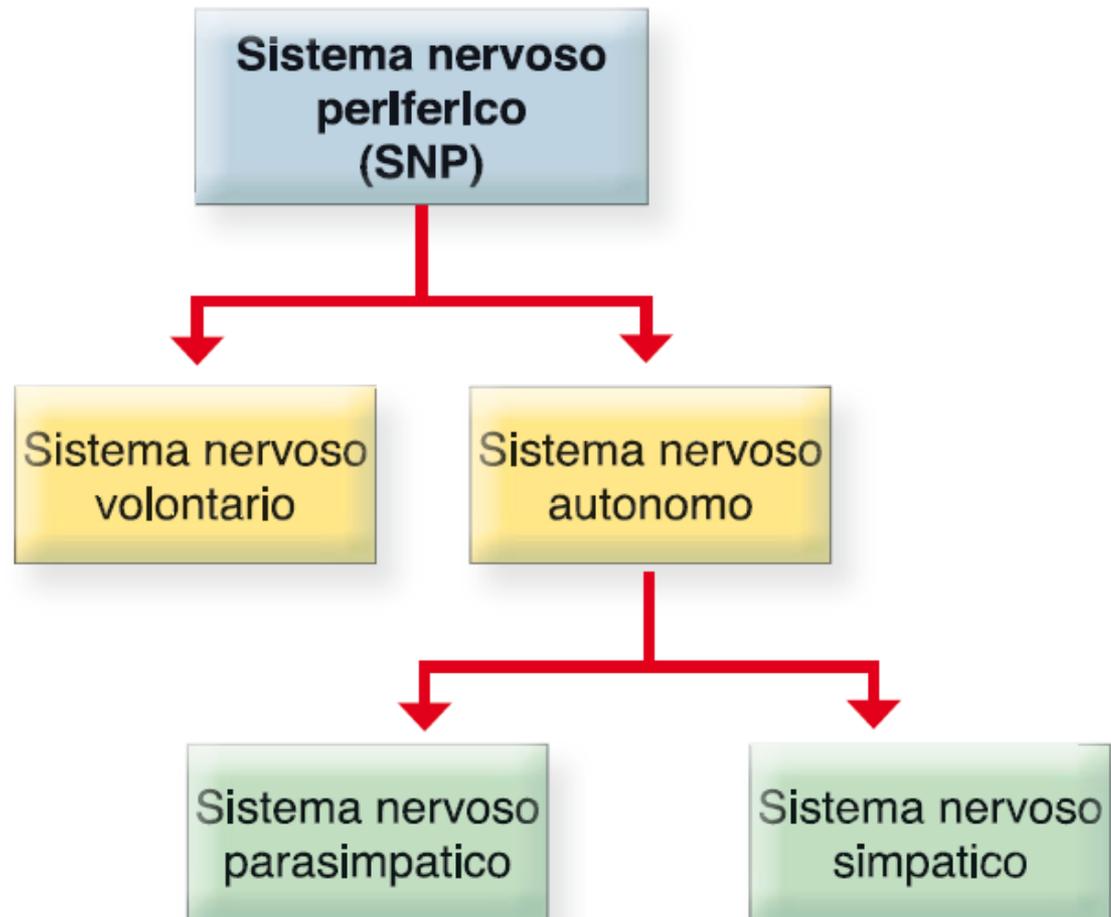


## 6. Il sistema nervoso periferico

La componente motoria del sistema nervoso periferico si può suddividere in due parti: i neuroni del **sistema nervoso volontario** (o somatico), che controllano i muscoli scheletrici, e i neuroni del **sistema nervoso autonomo**, che controllano le risposte involontarie.

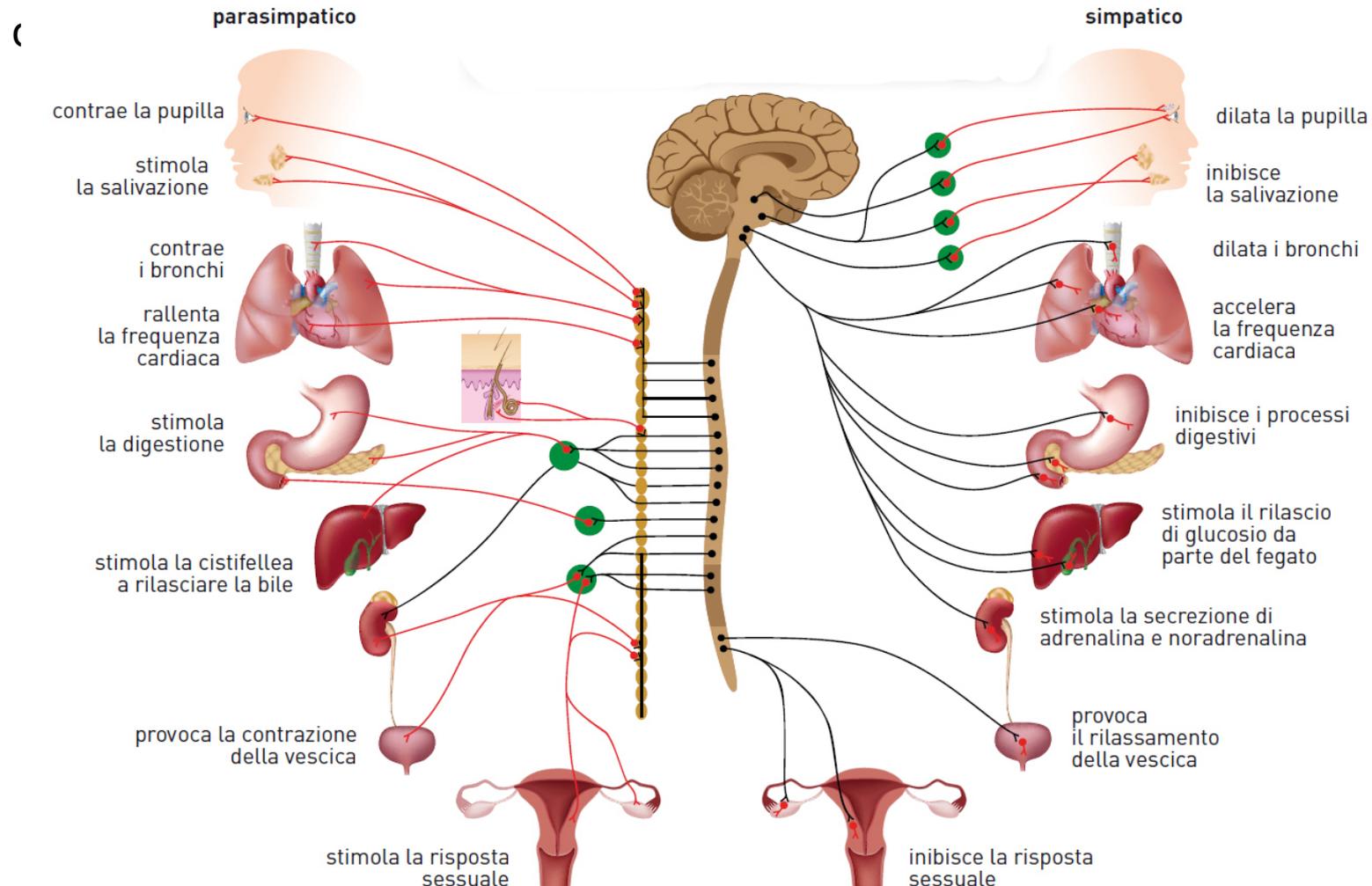
I **neuroni del sistema volontario** hanno i corpi cellulari nel midollo spinale e i loro assoni raggiungono i vari muscoli.

I **neuroni del sistema autonomo** formano sinapsi con la muscolatura liscia, con il cuore, con le ghiandole, con lo stomaco.



# 7. Il sistema nervoso autonomo

Il sistema nervoso autonomo si divide in **sistema simpatico**, che prepara l'organismo ad affrontare situazioni stressanti, e **sistema parasimpatico**, associato alla conservazione dell'energia (per esempio riposo e



## 8. Le sostanze psicoattive

Le **sostanze psicoattive** alterano le normali funzioni dell' organismo intervenendo sul sistema nervoso centrale.

Alcune sostanze, come la *caffaina* o l' *alcol*, fanno parte delle nostre abitudini alimentari, ma il loro abuso può risultare molto pericoloso.

Altre sostanze, dette *droghe*, sono illegali e possono causare danni irreversibili alle funzioni cerebrali.

L' abuso di sostanze psicoattive innesca una catena di eventi.

La **tolleranza** è la necessità di assumere dosi sempre crescenti di sostanze psicoattive per ottenere gli stessi effetti.

L' **assuefazione** è il processo che porta ad abituarsi agli effetti che si ottengono e a desiderare fortemente e costantemente di ripetere l' esperienza. Il calo di queste sostanze nel sangue dà sintomi di **astinenza**.

Col passare del tempo si instaura la **dipendenza**, cioè il bisogno di assumere costantemente la sostanza senza riuscire a smettere.

# Lezione 3

## **Gli organi di senso**

## 9. Sensazione e percezione

Gli stimoli provenienti dall' ambiente esterno vengono raccolti da specifici **recettori sensoriali** che li convertono in impulsi elettrici.

Gli impulsi viaggiano attraverso i nervi fino al sistema nervoso centrale, dove l' informazione viene tradotta in **sensazione**.

La sensazione è quindi trasformata in **percezione**, cioè una interpretazione dei dati dotata di significato; questa elaborazione è fatta dall' encefalo, che invia poi tali risposte attraverso le vie nervose motorie fino agli organi effettori.

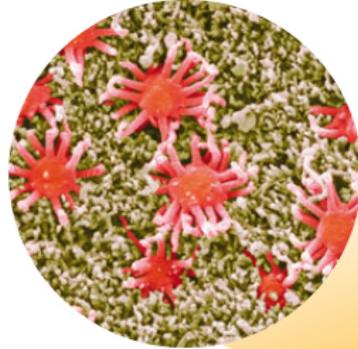
# 10. I recettori sensoriali

Nel nostro organismo esistono cinque tipi di recettori:

- **nocicettori**, terminazioni nervose libere che si trovano in tutte le regioni del corpo tranne che nel cervello, rilevano il dolore;
- **termocettori**, localizzati nella pelle e in alcuni organi interni, registrano le variazioni di temperatura e inviano le informazioni all'ipotalamo;
- **meccanocettori**, si trovano nella pelle e nei muscoli, vengono stimolati da sensazioni quali pressione, contatto, stiramento;
- **fotocettori**, si dividono in *coni* e *bastoncelli* e sono sensibili alla luce;
- **chemiocettori**, rilevano sostanze chimiche nell'aria, nella saliva e nel sangue, consentendo di percepire gli odori, i sapori e di regolare il battito cardiaco in funzione del CO<sub>2</sub> nel sangue.

# 10. I recettori sensoriali

**5** I **chemiocettori** sono in grado di rilevare sostanze chimiche e sono spesso dotate di ciglia. Si trovano nel naso (in rosso nella figura), sulla lingua e in alcune arterie.

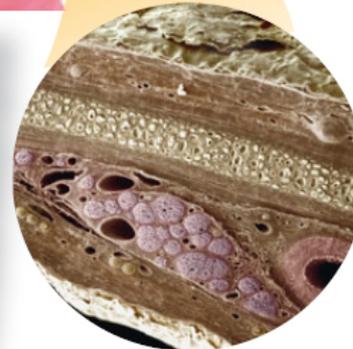


**4** I **fotocettori** sono cellule specializzate chiamate coni (in verde nella figura) e bastoncelli (in giallo), che si trovano nella retina dell'occhio e sono sensibili alla luce.



**1** I **nocicettori** sono terminazioni nervose libere che percepiscono dolore e si trovano in tutte le regioni del corpo tranne che nel cervello. Nei denti le fibre nervose (in rosa nella figura) attraversano sottili canali e permettono di sentire il dolore di una carie.

**2** I **termocettori** sono anch'essi costituiti da terminazioni nervose libere che si diramano da fasci di nervi (in rosa nella figura), sono localizzati nella pelle e in alcuni organi interni e percepiscono le variazioni di temperatura.

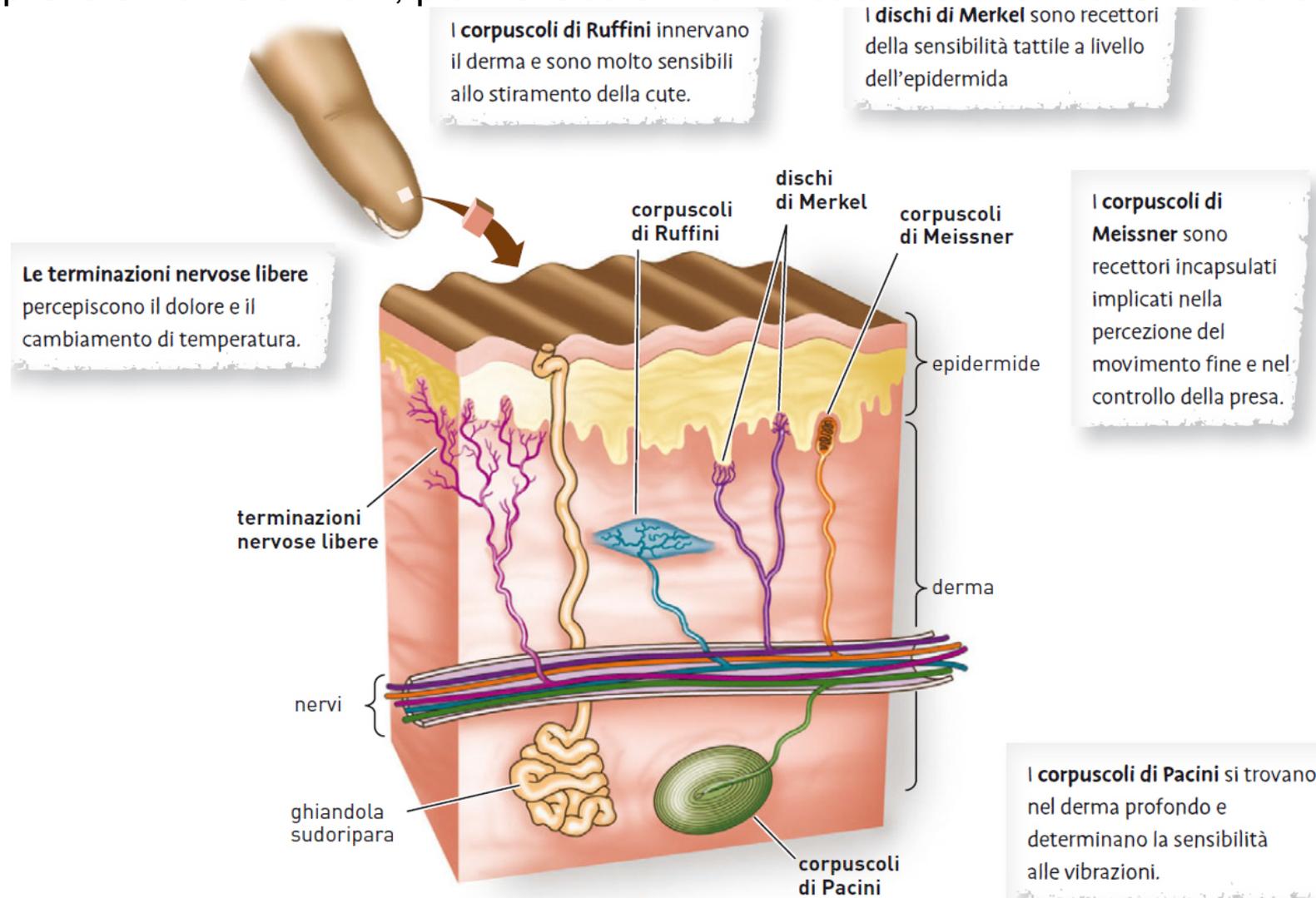


**3** I **meccanocettori** sono particolari cellule stimulate da diverse forme di energia meccanica. Si trovano nella pelle, nei muscoli e nell'orecchio; quest'ultime sono dotate di ciglia (in rosa nella figura) e sono stimulate dalle vibrazioni.



# 11. Il tatto

I **recettori tattili** sono distribuiti in maniera non uniforme nella pelle, con prevalenza nelle mani, piedi e labbra. Hanno struttura e funzione variabile.



## 12. La vista

La **vista** è il senso che utilizziamo di più, circa il 70% delle nostre percezioni dell' ambiente esterno ci giungono da questo senso.

L' organo della vista è l' **occhio**, che capta le radiazioni luminose e le trasforma in segnali nervosi.

I raggi luminosi giungono alla *cornea* ed entrano nella *pupilla*, attraversano poi l' *umor acqueo*, il *cristallino* e l' *umor vitreo* e arrivano alla *retina*, dove si formano le immagini capovolte.

È il cervello a interpretarle e a restituirci la *visione stereoscopica*.

# 12. La vista

La **cornea** è la parte anteriore centrale della sclera ed è curva come un vetro da orologio ed è la parte più vulnerabile dell'occhio, ma ha una grande capacità di autoriparazione.

La **sclera** è la parte più esterna del bulbo oculare, una spessa membrana bianca formata da tessuto connettivo con funzione protettiva.

Il **cristallino** è una vera e propria lente; è sorretto dai **muscoli ciliari**, grazie ai quali può cambiare curvatura mettendo a fuoco le immagini.

Al di sotto della sclera si trova la **coroide**, uno strato ricco di vasi sanguigni che nutrono l'occhio.

raggi luminosi

pupilla

iride

muscolo ciliare

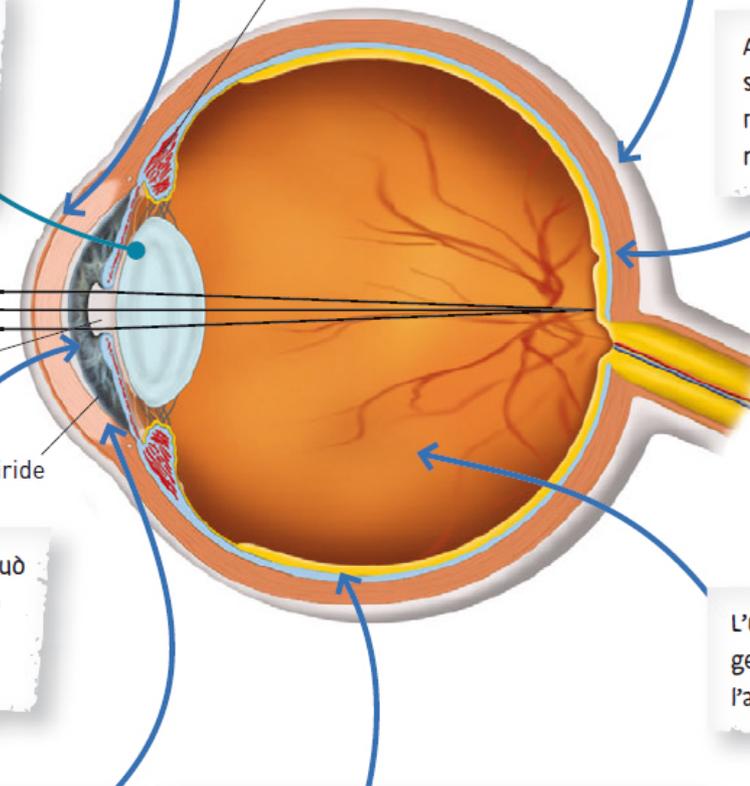
nervo ottico

L'**iride** è una struttura muscolare che può avere colori diversi e presenta al centro un foro circolare, di cui può regolare le dimensioni, chiamato **pupilla**.

L'**umor vitreo** è un liquido gelatinoso e trasparente che occupa l'area tra il cristallino e la retina.

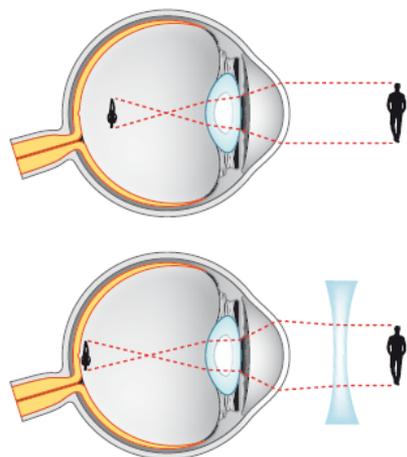
L'**umor acqueo** è un liquido posto in una «tasca» tra la sclera e la coroide.

La **retina** è lo strato più interno dell'occhio, sul quale sono convogliati i raggi luminosi. Contiene milioni di fotocettori che trasmettono informazioni al cervello inviando impulsi elettrici attraverso il **nervo ottico**.

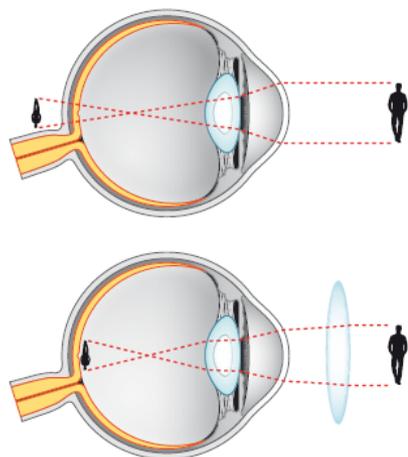


# 13. I difetti della vista

Difetti nella forma dell'occhio o nella curvatura del cristallino possono causare problemi nella messa a fuoco degli oggetti.



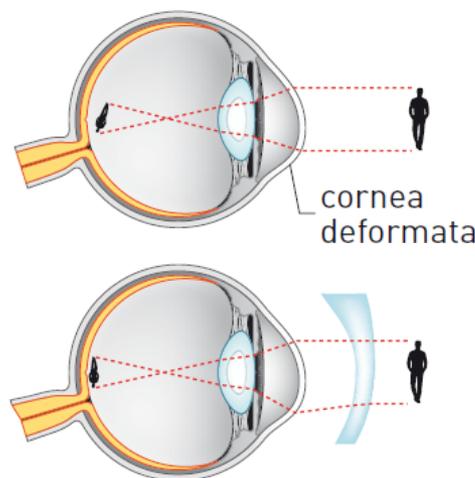
**Miopia**



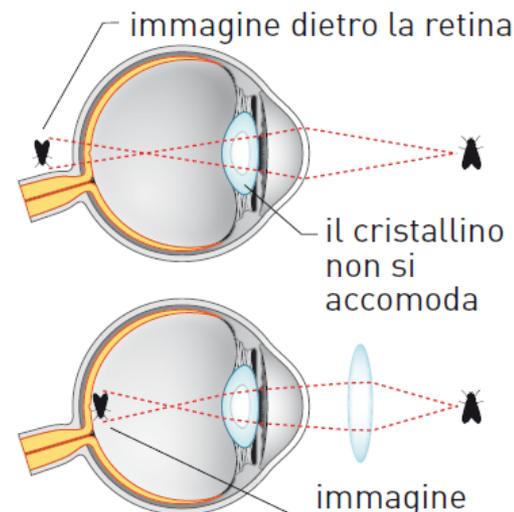
**Ipermetropia**

Nella **miopia** la messa a fuoco è prima della retina, nell' **ipermetropia** è dietro la retina.

Nell' **astigmatismo** la cornea è deformata e porta a una visione distorta; nella **presbiopia** il cristallino perde il potere di accomodazione.



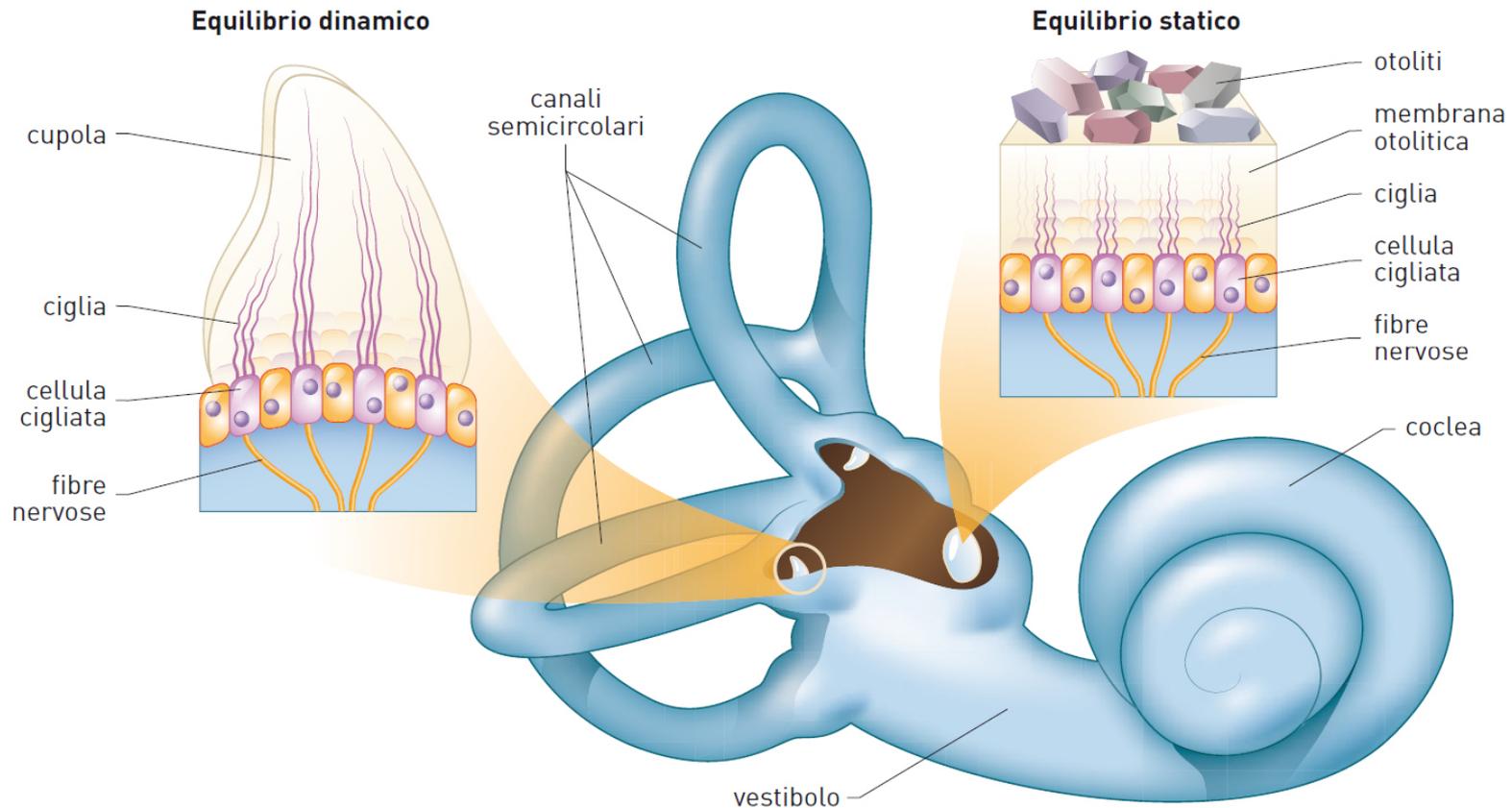
**Astigmatismo**



**Presbiopia**

# 14. L' udito e l' equilibrio

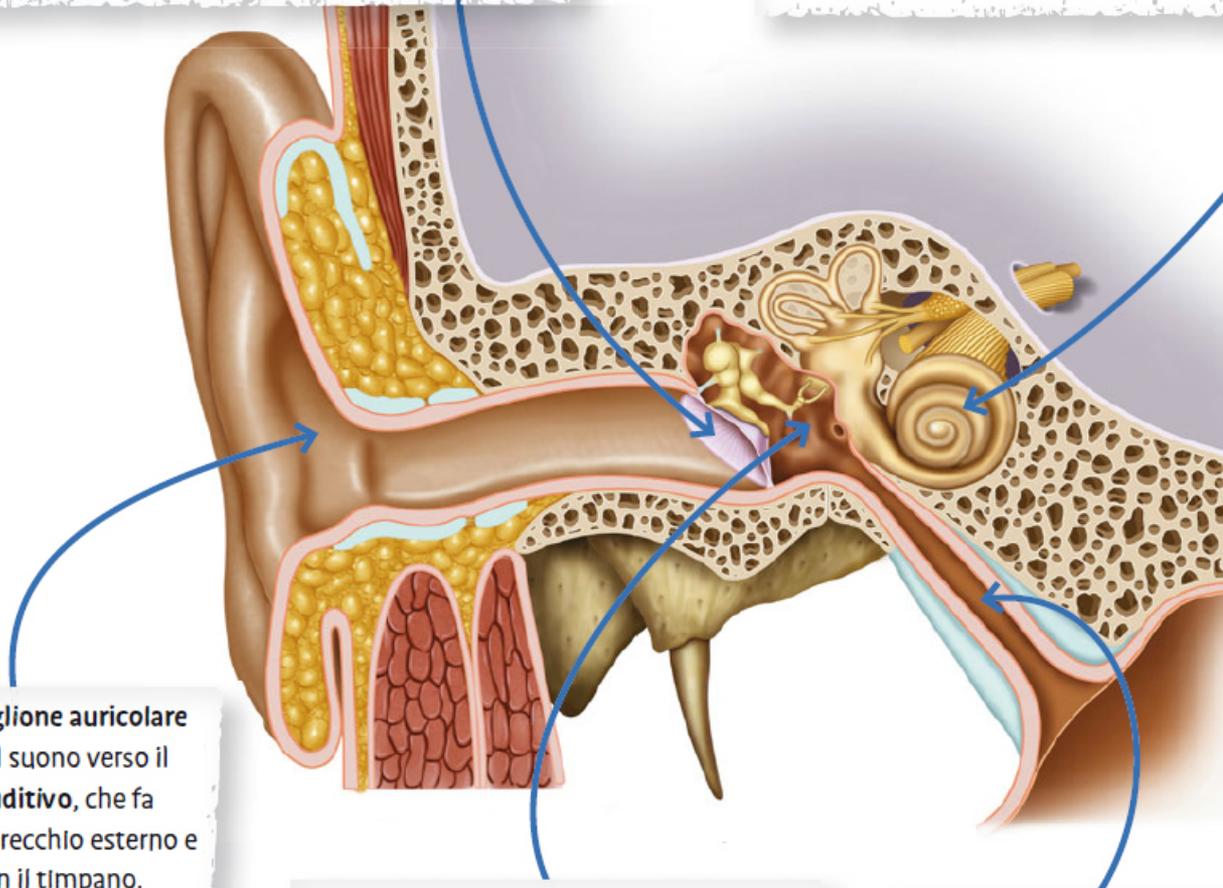
L' **orecchio** ha il compito di trasformare le onde sonore, prodotte dalla vibrazione dei corpi, in impulsi elettrici. È formato da diverse strutture, tra cui cinque strutture membranose. In due di queste (*utricolo* e *sacculo*) è presente la *macula*, piccola area ispessita costituita dai **recettori dell' equilibrio**, che inviano informazioni al cervelletto sulla posizione della testa nello spazio.



# 14. L'udito e l'equilibrio

**2** Il **timpano** è una membrana situata all'ingresso dell'orecchio medio; quando il suono la raggiunge, la membrana vibra e trasmette le proprie vibrazioni a tre ossicini collegati tra loro: il **martello**, l'**incudine** e la **staffa**.

**5** Le vibrazioni imbroccano la **chiocciola** e generano onde di pressione, che stimolano i recettori dell'**organo del Corti**. Le ciglia dei meccanocettori trasformano le vibrazioni in impulsi elettrici e li mandano al cervello attraverso il **nervo acustico**.



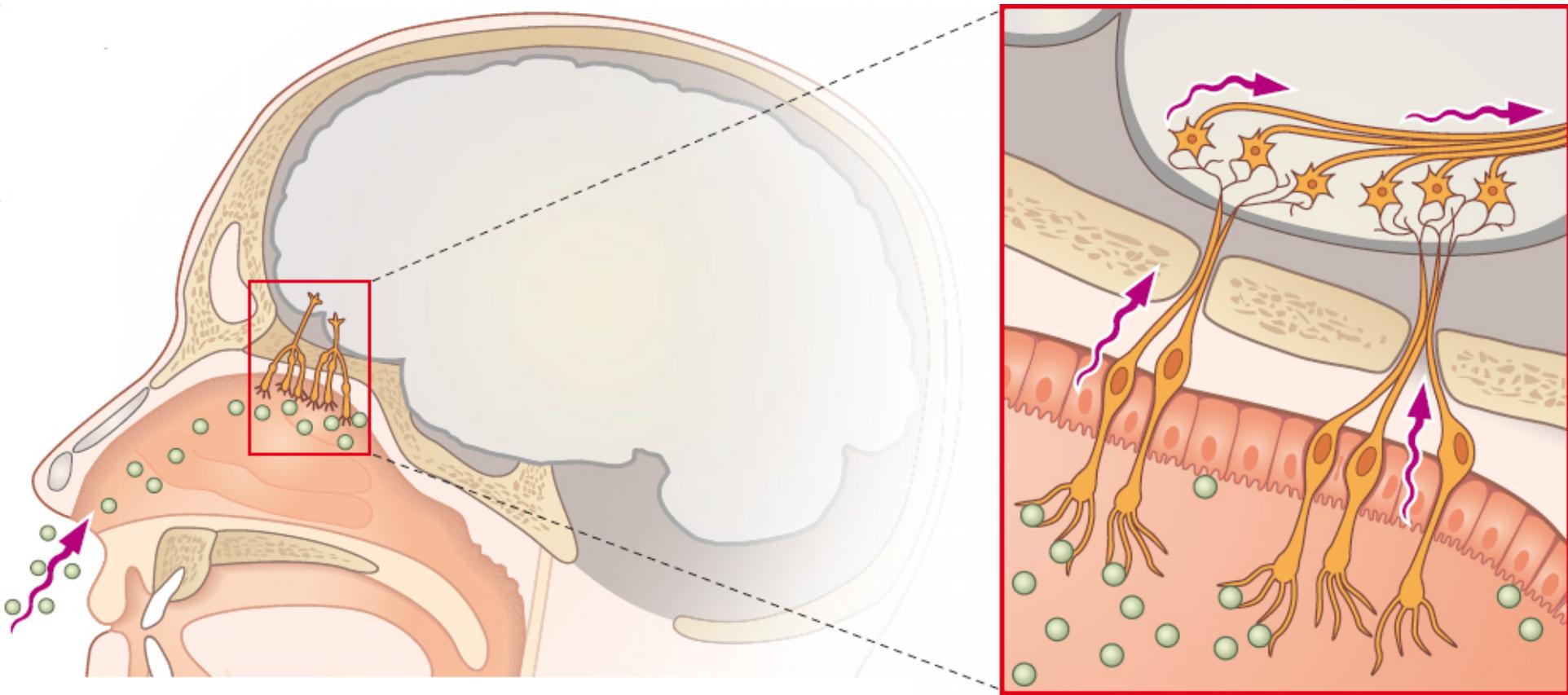
**1** Il **padiglione auricolare** convoglia il suono verso il **condotto uditivo**, che fa parte dell'orecchio esterno e termina con il timpano.

**3** Il compito dei tre ossicini è amplificare le vibrazioni e trasmetterle all'orecchio interno attraverso la membrana che ricopre la **finestra ovale**.

**4** La **tromba di Eustachio** consente il passaggio dell'aria dall'orecchio alla faringe in modo da mantenere la stessa pressione su entrambi i lati della membrana.

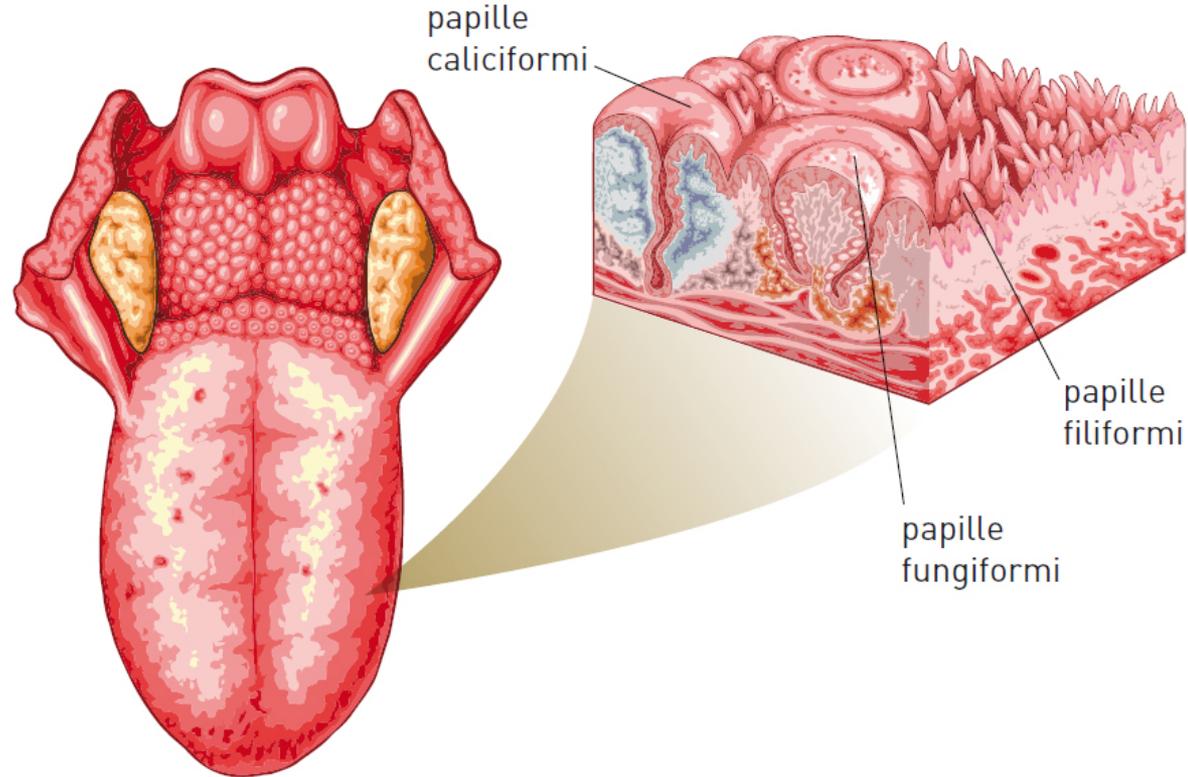
# 15. L'olfatto

I chemiocettori del naso, ovvero le **cellule olfattive**, captano le molecole di una sostanza diffuse nell'aria e trasmettono l'informazione al cervello. Si tratta pertanto di un *senso chimico*. La mucosa olfattiva è collegata alle aree cerebrali che archiviano le emozioni.



## 16. Il gusto

La lingua possiede cinque tipi di chemiocettori gustativi, chiamati **papille gustative**. Essi ci permettono di percepire cinque sapori diversi: *dolce, salato, acido, amaro, umami*. Inoltre, le *papille filiformi* consentono di percepire se un cibo è croccante.



Ad arricchire il gusto concorrono anche la vista e l'olfatto: la percezione complessiva di un cibo è influenzata dall'aspetto, dal profumo, dal sapore e dall'aroma.

L'**aroma** è determinato dalla combinazione di gusto e olfatto dovuta allo sprigionarsi di molecole olfattive durante la masticazione.