

■ La percezione degli stimoli e la loro trasmissione

Gli esseri umani, come tutti gli animali, ricevono continuamente messaggi di vario tipo dall'ambiente in cui vivono. In base alla natura del messaggio ricevuto è possibile individuare cinque sensi: la **vista**, l'**udito**, l'**olfatto**, il **gusto** e il **tatto**.

La sensibilità si deve alla presenza di alcuni **recettori**, particolari cellule capaci di captare i segnali e di reagire ai diversi stimoli. Alcune cellule sono in grado di captare i suoni, altre sono sensibili alla luce, al caldo, al freddo ecc.

Esistono cinque tipi principali di recettori.

1. I **termocettori**, sensibili alla *temperatura*, trasmettono le sensazioni di caldo e freddo.
2. I **nocicettori** sono sensibili al *dolore*. Nel corpo umano sono presenti ovunque, ad eccezione del cervello. La sensazione del dolore è fondamentale per la sopravvivenza degli organismi che vengono così avvertiti della pericolosità di una lesione.
3. I **meccanocettori** sono sensibili a diversi tipi di *pressione*. Alcuni recettori meccanici particolari fanno parte degli organi dell'udito e dell'equilibrio.
4. I **chemiocettori** sono sensibili alla presenza di determinate *sostanze chimiche*. Il senso dell'olfatto e del gusto sono dovuti alla presenza di chemiocettori.
5. I **recettori elettromagnetici** sono sensibili all'*energia* legata a fenomeni quali l'elettricità o il magnetismo. Gli occhi degli animali sono dotati di **fotocettori**, il più comune tipo di recettori elettromagnetici, sensibili alla luce.



I nostri denti sono sensibili sia ai cibi freddi sia ai cibi caldi. Se la sensazione è molto intensa viene percepita come dolore. Nella gengiva e all'interno dei denti sono presenti infatti **termocettori** e **nocicettori**.

I **meccanocettori** presenti nel sistema della linea laterale dei pesci permettono all'animale di avvertire i movimenti dell'acqua, informandolo sulla presenza nelle vicinanze di corpi in movimento.

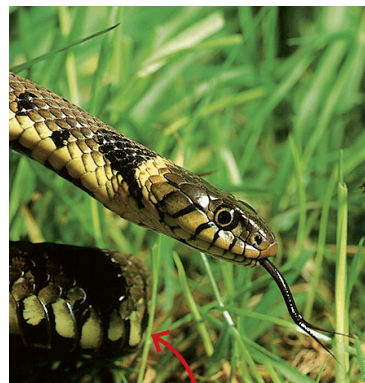


[N. Probst / imagebroker / Alamy]



[V. Steger / SPL / Grazia Neri]

Il maschio dell'insetto del baco da seta (*Bombyx mori*) possiede delle antenne dotate di un gran numero di setole sensibilissime ad una sostanza chimica prodotta dalla femmina. L'accoppiamento inizia quando i **chemiocettori** posti nelle setole entrano in contatto con poche molecole dell'ormone della femmina.



[SPL]

Gli animali emettono una radiazione infrarossa che dipende dalla loro temperatura corporea. Il crotalo può localizzare le prede anche a distanza grazie a due organi **recettori della radiazione elettromagnetica infrarossa** presenti sulla testa.

I recettori, posti negli **organi di senso**, inviano i segnali ad un complesso apparato, il **sistema nervoso**, che li integra, li interpreta ed elabora delle risposte.

In pratica, i recettori convertono lo stimolo ricevuto in un impulso di tipo elettrico che rappresenta il modo con cui le cellule del sistema nervoso trasmettono gli stimoli. Il sistema nervoso svolge un'azione che si articola in tre fasi.

1. L'acquisizione sensoriale è in pratica una «raccolta dei dati». Gli stimoli provenienti dagli organi di senso vengono condotti ai centri di elaborazione.

2. L'integrazione rappresenta la fase in cui le diverse informazioni vengono assemblate, interpretate ed elaborate. Queste operazioni vengono effettuate dal sistema nervoso centrale e si completano con la formulazione di una risposta allo stimolo ricevuto.

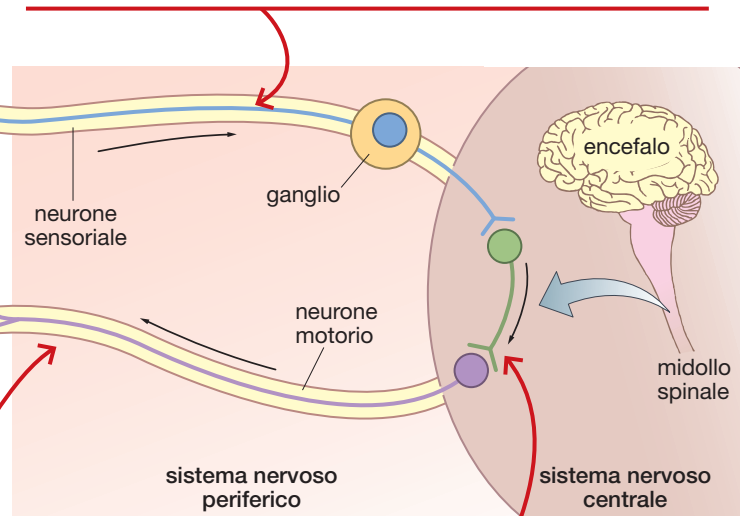
3. Lo stimolo motorio rappresenta l'impulso di risposta che parte dal centro di elaborazione e arriva alle cellule muscolari che eseguono i movimenti.

Le cellule del sistema nervoso – i *neuroni* – sono distinguibili in tre categorie che corrispondono a ciascuna delle tre azioni appena descritte.



[Pictorial Press / Alamy]

I **neuroni sensoriali** acquisiscono lo stimolo sensoriale e trasportano l'impulso dalle cellule recettrici – come i fotorecettori degli occhi – al sistema nervoso centrale, passando attraverso dei **gangli** (raggruppamenti di corpi cellulari di neuroni sensoriali).



I **neuroni motori** o **neuroni effettori** trasmettono la risposta elaborata dal sistema nervoso centrale alle cellule interessate, ad esempio le cellule muscolari.

Gli **interneuroni** o **neuroni di associazione** si trovano esclusivamente all'interno del sistema nervoso centrale e svolgono la funzione di integrazione e di elaborazione degli stimoli ricevuti.

L'elaborazione compiuta dal sistema nervoso permette di passare dalla **sensazione**, cioè dalla pura e semplice registrazione dello stimolo sensoriale, alla **percezione**, cioè ad una interpretazione del messaggio ricevuto.

Le cellule nervose sono simili in tutti gli organismi. Il modo e la complessità con cui si organizzano a formare il sistema nervoso varia in relazione alle dimensioni e alle complessità dell'animale.

Alcuni organismi possiedono un sistema nervoso molto semplice, in cui le singole cellule sono associate a formare una **rete nervosa** priva di organi. In animali maggiormente complessi l'organizzazione del sistema nervoso possiede due caratteristiche: la *centralizzazione* e la *cefalizzazione*.

La **centralizzazione** è la tendenza a formare un sistema nervoso centrale separato da un sistema nervoso periferico; la **cefalizzazione** è la tendenza a concentrare le strutture nervose nella zona del capo, ovvero nell'estremità anteriore rivolta verso la direzione preferenziale di movimento dell'animale.

I vertebrati possiedono un sistema nervoso altamente sviluppato, in grado di gestire il loro complesso comportamento e le molteplici funzioni specializzate.

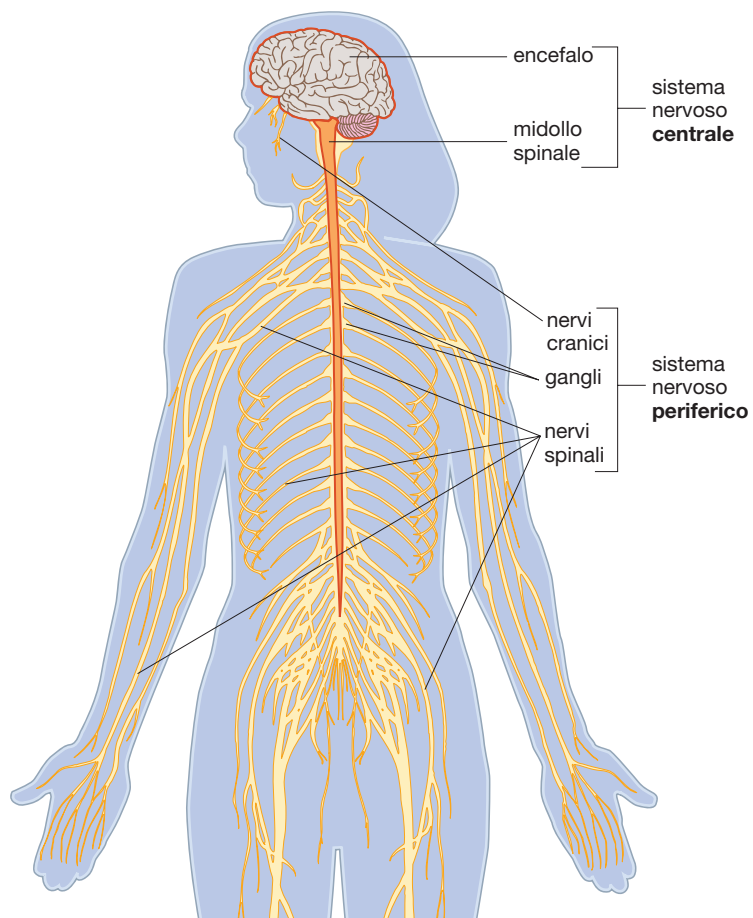
Nel sistema nervoso si riconoscono due parti, che svolgono funzioni diverse.

1. Il sistema nervoso centrale (SNC) costituisce il centro di elaborazione dei dati e svolge essenzialmente la funzione di integrazione, raccogliendo e interpretando gli stimoli, e fornendo le risposte. Esso è a sua volta diviso in *midollo spinale* ed *encefalo*.

Il **midollo spinale** si trova all'interno della colonna vertebrale e si occupa dell'acquisizione sensoriale dalla pelle e dai muscoli e dell'invio dei comandi per i movimenti muscolari.

L'**encefalo**, protetto all'interno nel cranio, è il principale organo di controllo del sistema nervoso. Esso elabora e integra tutte le informazioni provenienti dagli organi di senso e rappresenta la sede delle emozioni e dell'intelletto. Tra le diverse classi di vertebrati si registrano notevoli differenze a livello dell'encefalo. Gli uccelli e i mammiferi possiedono un encefalo che, in rapporto alle dimensioni corporee, è più voluminoso che negli altri gruppi. Lo sviluppo del cervello consente a questi animali di acquisire un gran numero di informazioni dall'ambiente circostante e di gestire complesse interazioni sociali.

2. Il sistema nervoso periferico (SNP) è costituito dalle vie di comunicazione che trasportano i messaggi dall'esterno al sistema nervoso centrale e portano le risposte dal sistema nervoso centrale all'esterno. Il sistema periferico si occupa essenzialmente dell'acquisizione sensoriale e dello stimolo motorio ed è formato dai **nervi**, fasci di assoni e dendriti avvolti da tessuto connettivo, e dai **gangli**, ammassi di corpi cellulari di neuroni. I nervi sono distinti in *nervi cranici*, direttamente connessi all'encefalo (come il nervo ottico), e *nervi spinali*, connessi al midollo spinale.



Come funziona la cellula nervosa

I **neuroni** funzionano in tutte le specie trasmettendo un impulso di natura elettrochimica.

La membrana plasmatica di un neurone è *polarizzata*, cioè presenta una differenza di carica elettrica tra l'interno e l'esterno della cellula. Tale differenza è dovuta alla concentrazione degli ioni positivi (soprattutto ioni sodio Na^+), maggiore all'esterno che all'interno.

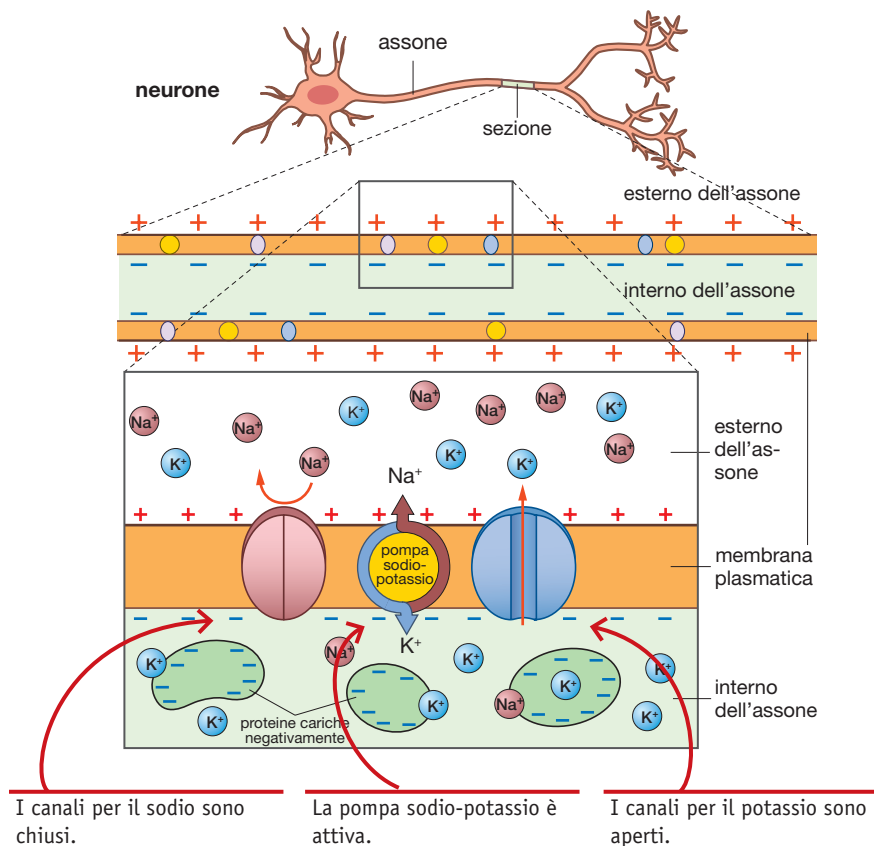
Questa distribuzione asimmetrica produce una differenza di potenziale elettrico detta **potenziale a riposo**.

Il potenziale a riposo viene mantenuto dall'azione di una proteina di membrana – chiamata **pompa sodio-potassio** – che trasporta (in modo attivo) ioni Na^+ dall'interno all'esterno della cellula e ioni potassio K^+ dall'esterno verso l'interno.

Gli ioni K^+ possono passare liberamente attraverso delle proteine di membrana (chiamate **proteine canale per il potassio**) e tendono a equilibrare la loro concentrazione, spostandosi dall'interno all'esterno.

Anche gli ioni Na^+ si distribuirebbero uniformemente passando attraverso altre proteine (le **proteine canale per il sodio**), ma ciò non avviene perché quando il neurone è a riposo questi canali sono chiusi.

In questo modo il potenziale a riposo è mantenuto costante, attorno al valore di circa -70 mV .



Il repentino cambiamento di questa differenza di potenziale genera l'**impulso nervoso**, cui segue il ripristino delle condizioni normali.

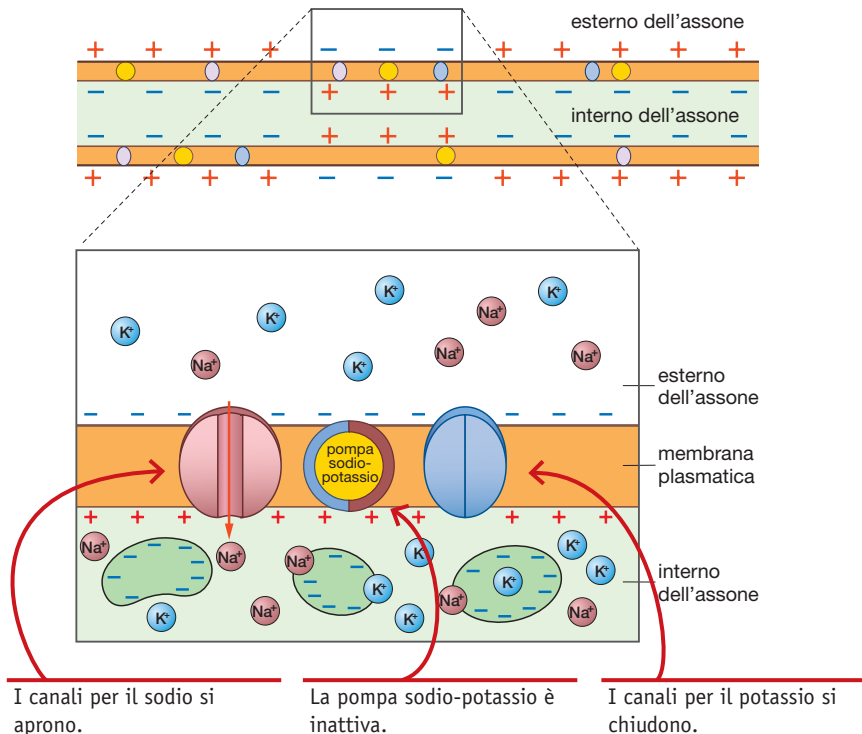
Difatti, se il neurone viene stimolato, a causa dell'apertura di alcune proteine canale per il sodio il potenziale della membrana può salire da circa -70 mV a circa -50 mV , valore che è detto **potenziale di soglia**.

Raggiunto questo valore di soglia, molti canali per il sodio si aprono e un gran numero di ioni Na^+ passano dall'esterno all'interno della cellula.

Dato che la concentrazione di cariche positive all'interno aumenta, il potenziale si inverte bruscamente e raggiunge un valore di $+35 \text{ mV}$, che viene detto **potenziale d'azione**.

Questa sequenza di eventi è detta *depolarizzazione della membrana*.

Pochi istanti dopo le proteine canale per il sodio si richiudono, mentre quelle per il potassio – che nel frattempo erano chiuse – si riaprono e, grazie all'azione della pompa sodio-potassio, vengono ristabilite le condizioni a riposo. Questo processo è detto *ripolarizzazione della membrana*.



L'impulso nervoso si trasmette lungo la membrana degli assoni delle cellule nervose.

Il potenziale d'azione è un fenomeno elettrochimico localizzato. Perché si verifichi la **trasmissione dell'impulso**, la depolarizzazione deve trasmettersi dalla zona in cui è avvenuta al tratto immediatamente adiacente.

La propagazione dello stimolo avviene esclusivamente in una direzione grazie al fatto che, nel tratto interessato dal potenziale d'azione, la pompa sodio-potassio sta operando per riportare le condizioni a riposo. La concentrazione di ioni potassio nel liquido interstiziale all'esterno della cellula, per un breve istante, risulta superiore rispetto a quella delle condizioni normali a riposo; ciò determina una *iperpolarizzazione* della membrana che persiste finché non viene ripristinato il valore di -70 mV . In questo lasso di tempo, che dura circa 2 millisecondi, la membrana non può ricevere alcuno stimolo. Questo **periodo di refrattarietà** impedisce la trasmissione della depolarizzazione nella stessa direzione da cui è provenuta, evitando di fatto che la trasmissione dell'impulso si blocchi.

Gli assoni delle cellule nervose umane sono avvolti dalle cellule di Schwann che formano la **guaina mielinica** isolante, interrotta in corrispondenza dei cosiddetti nodi di Ranvier. L'impulso nervoso procede «saltando» da un nodo di Ranvier all'altro e quindi avanza molto più rapidamente di quanto farebbe se dovesse percorrere l'intero assone.

La trasmissione dell'impulso tra neuroni

I **neuroni sensoriali**, che acquisiscono lo stimolo sensoriale, e i **neuroni di associazione**, che svolgono la funzione di elaborazione e integrazione, trasmettono l'impulso ad altre cellule nervose. I **neuroni motori** invece passano lo stimolo alle cellule muscolari.

L'impulso nervoso viene trasferito da una cellula all'altra e alle cellule muscolari attraverso le **sinapsi**.

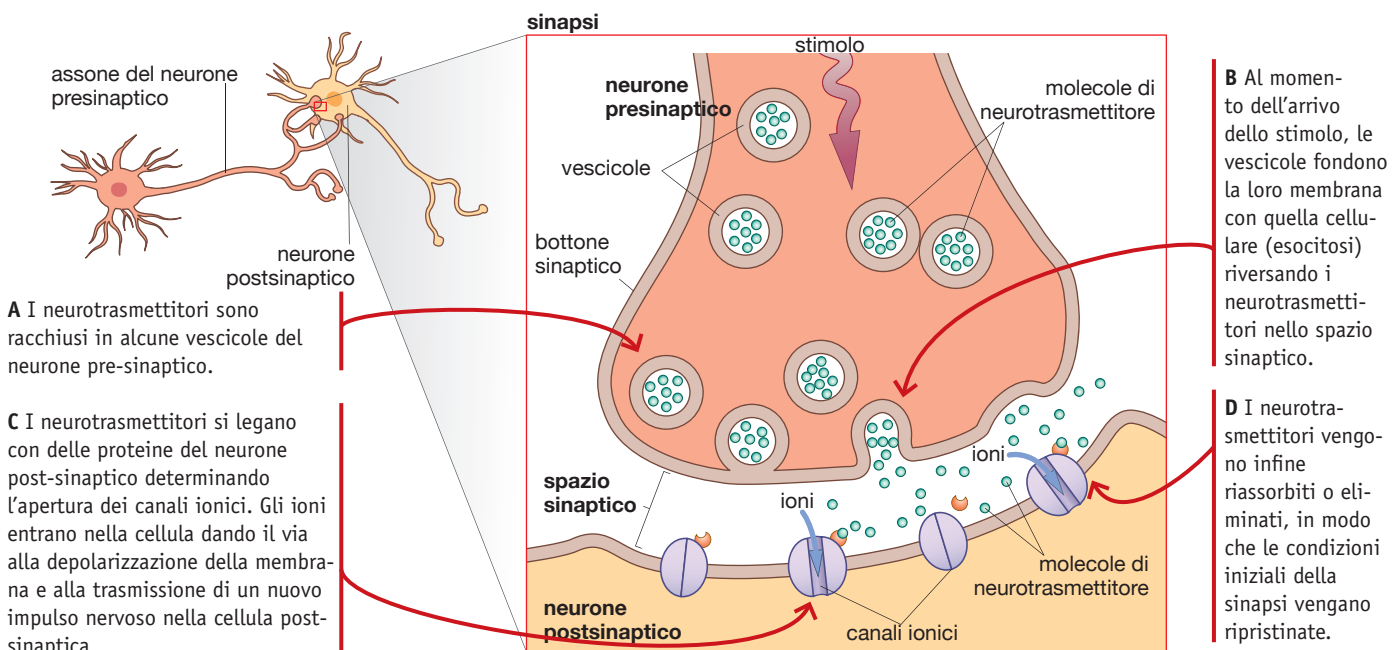
Le **sinapsi** sono i punti di contatto tra due neuroni o tra un neurone e una cellula muscolare. Le sinapsi trasmettono alla cellula successiva l'impulso nervoso nel momento in cui esso arriva al termine dell'assone. Esistono due tipi di sinapsi:

- le *sinapsi elettriche*,
- le *sinapsi chimiche*.

1. Nelle **sinapsi elettriche** il potenziale d'azione passa da una cellula alla successiva con un meccanismo del tutto simile a quello di propagazione dell'impulso all'interno della cellula stessa. Molto spesso le sinapsi elettriche possono trasmettere l'impulso nervoso in entrambe le direzioni.

2. Le **sinapsi chimiche** sono presenti dove l'elaborazione degli impulsi è più varia e complessa, ad esempio nel sistema nervoso centrale. Le sinapsi chimiche presentano un piccolo spazio tra il *neurone pre-sinaptico* e il *neurone post-sinaptico* ed è questa separazione a impedire il trasferimento diretto dell'impulso elettrico. Nelle sinapsi chimiche, infatti, la trasmissione dell'impulso tra un neurone e il successivo è mediata da alcune sostanze chimiche, contenute in vescicole, dette **neurotrasmettitori**.

Quando l'impulso giunge al termine dell'assone, provoca l'apertura delle proteine canale degli ioni calcio Ca^{++} nel rigonfiamento terminale, chiamato **bottone sinaptico**. Gli ioni calcio sono presenti in concentrazione maggiore all'esterno della cellula e passano quindi all'interno. Questo evento induce l'esocitosi delle vescicole contenenti i neurotrasmettitori, che attraversano lo spazio sinaptico e si legano alle proteine di membrana (recettori) del neurone post-sinaptico. Il legame provoca l'apertura di canali ionici, permettendo l'entrata di ioni nel neurone post-sinaptico, provocandone la depolarizzazione e dando l'avvio all'impulso nervoso.



I neurotrasmettitori devono quindi essere riassorbiti e re-immagazzinati nelle vescicole, in modo che le condizioni iniziali vengano ripristinate e la cellula post-sinaptica sia pronta a ricevere un altro stimolo.

Questo meccanismo permette di trasmettere l'impulso nervoso solo in un senso.

La maggior parte dei neurotrasmettitori è costituita da piccole molecole organiche quali amminoacidi o loro derivati.

Alcuni neurotrasmettitori, legandosi con i recettori associati a canali ionici del Na^+ , ne provocano direttamente l'apertura, generando il potenziale d'azione nel neurone post-sinaptico. Le sinapsi in cui questi neurotrasmettitori agiscono vengono dette *eccitatorie*. L'acido aspartico e l'acido glutammico sono due amminoacidi di sinapsi eccitatorie.

Esistono però altri neurotrasmettitori (tra i quali l'amminoacido glicina) che agiscono a livello delle sinapsi *inibitorie*: legandosi con la membrana del neurone post-sinaptico, provocano l'apertura di proteine canale di tipo differente, ad esempio quelle che permettono la fuoriuscita degli ioni potassio K^+ . In questo caso, la depolarizzazione della membrana aumenta e rende più difficile l'avvio dell'impulso nervoso.

Alcuni neurotrasmettitori, come l'*acetilcolina*, sono in grado sia di trasmettere che di inibire l'impulso nervoso a seconda del tipo di recettore presente nelle cellule post-sinaptiche.

■ L'occhio e la ricezione della luce

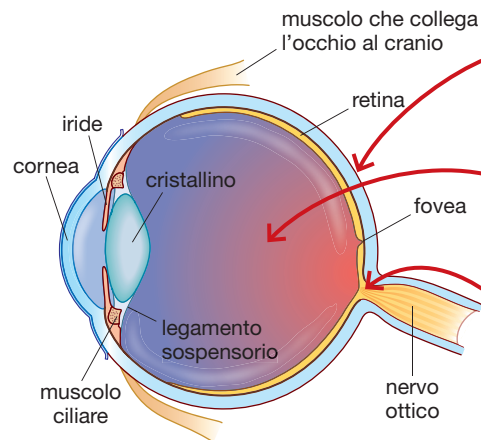
Nel regno animale, le poche specie completamente prive della vista sono animali che vivono in ambienti sotterranei dove la luce è assente. Gli animali che vivono alla luce possiedono **organi fotorecettori** di tre tipi.

L'organo fotorecettore più semplice è la **macchia oculare**, tipica di alcune specie di meduse e di certi vermi piatti; è costituita da un piccolo gruppo di cellule in grado di recepire la luce. Gli invertebrati quali insetti e crostacei possiedono invece un **occhio composto**, costituito da un gran numero di piccole unità che funzionano ciascuna come un singolo occhio.

Tutti i vertebrati – per esempio gli esseri umani – e alcuni invertebrati – per esempio il calamaro – possiedono invece un **occhio a lente singola**, in grado di fornire un'immagine avente elevata qualità e nitidezza.

La luce entra nell'occhio dalla **cornea**, la parte anteriore trasparente dell'occhio. All'interno della cornea si trova l'**iride**, che conferisce il colore agli occhi. L'iride contiene sottili muscoli che regolano la dimensione del foro dal quale entra la luce, la **pupilla**. Nel caso ci si trovi in un ambiente poco luminoso, la pupilla aumenta il proprio diametro per lasciar entrare nell'occhio la massima quantità di luce possibile. Al contrario se la luce è molto forte, la pupilla si restringe diminuendo la quantità di luce che entra.

I raggi luminosi proseguono, attraversando il **cristallino**: la lente che mette a fuoco l'immagine sulla parete opposta del globo oculare, dove si trova la **retina**. Questa è formata da un tappeto di circa 130 milioni di fotorecettori che trasfor-



La **sclera** è la membrana biancastra rigida che costituisce l'involucro dell'occhio.

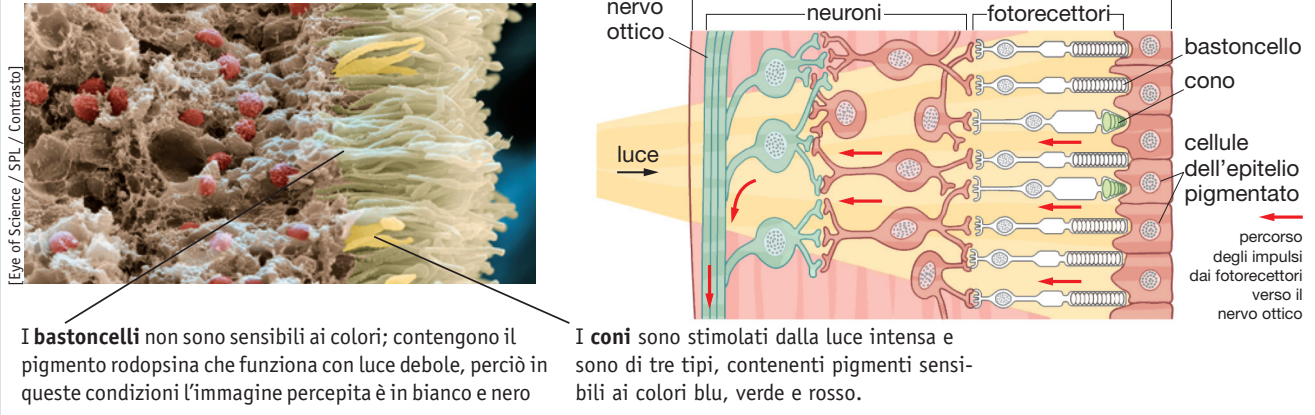
Il globo oculare è riempito da una sostanza gelatinosa chiamata **umor vitreo**.

I nostri fotorecettori sono distribuiti su tutta la retina tranne che nel punto del bulbo dove si trova il nervo ottico. Questa zona è detta **punto cieco** perché gli oggetti che vi focalizziamo scompaiono.

mano lo stimolo luminoso in impulso elettrico. La retina contiene due tipi di cellule:

- i *bastoncelli*, di forma allungata, sono i fotorecettori più abbondanti nell'occhio umano; sono più concentrati nella parte periferica della retina;
- i *coni*, cellule di forma tozza, in numero 20 volte minore dei bastoncelli, sono più numerosi nella parte centrale della retina, detta **fovea**.

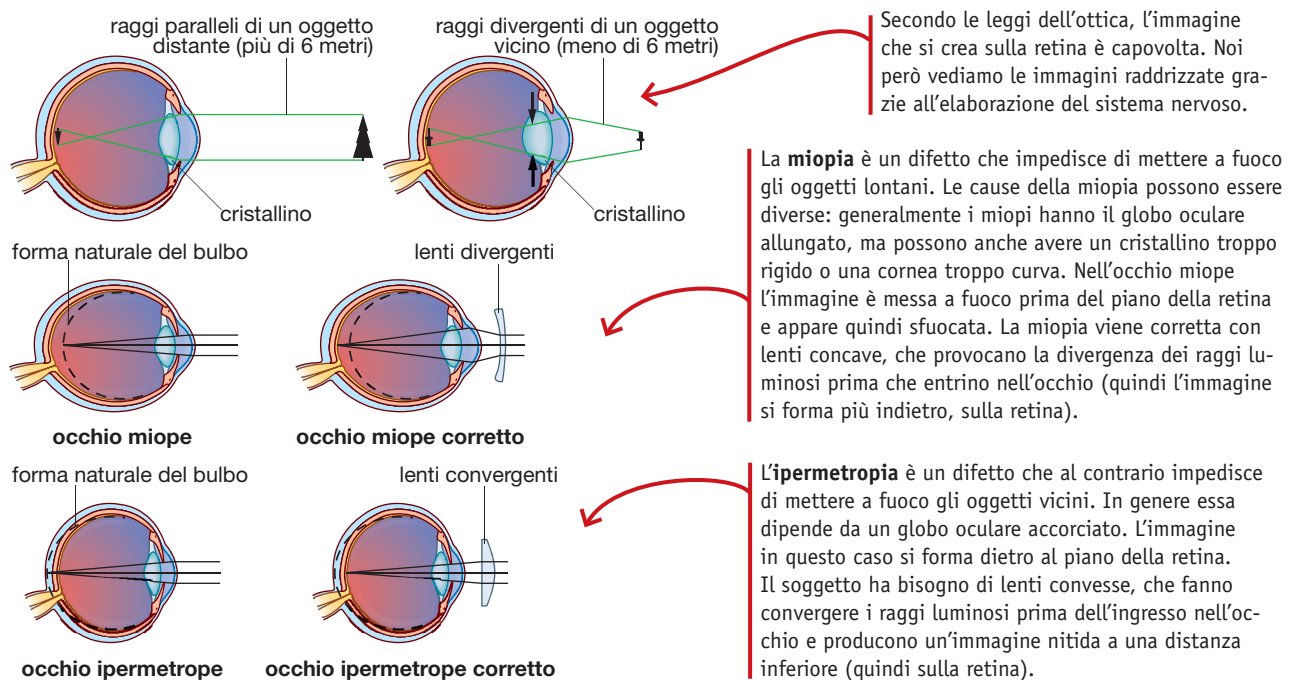
CHE COSA VEDE IL BIOLOGO



Per mettere a fuoco un'immagine, alcuni vertebrati, come i pesci, muovono il cristallino avanti o indietro. Nell'occhio umano, invece, il cristallino cambia forma.

Se l'oggetto è lontano (oltre i 6 m), il cristallino mantiene una forma allungata e focalizza i raggi luminosi paralleli sulla retina. Se l'oggetto da osservare è vicino, il cristallino aumenta la sua convessità, diventando più spesso e arrotondato, grazie alla contrazione dei muscoli che lo circondano. Questo movimento, detto **accomodamento** del cristallino, permette di focalizzare i raggi luminosi divergenti sulla retina.

I difetti della vista più comuni sono la **miopia** e l'**ipermetropia**, che consistono in un'errata messa a fuoco delle immagini. Questi difetti sono correggibili grazie all'uso di lenti.



■ La ricezione degli altri stimoli

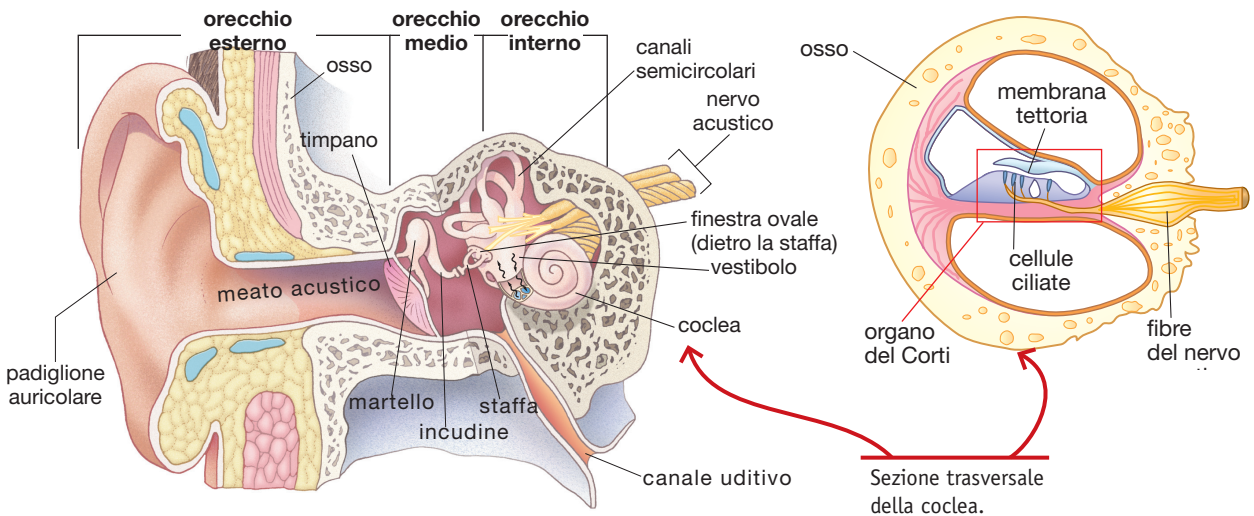
Come nella maggior parte dei vertebrati, l'orecchio umano è l'organo di senso dell'**udito** e contemporaneamente dell'**equilibrio**.

L'orecchio è composto da tre parti.

1. L'orecchio esterno raccoglie i suoni e li convoglia verso l'orecchio medio. Esso è composto dal **padiglione auricolare**, la parte che comunemente chiamiamo orecchio, e dal **meato acustico** o condotto uditivo, lungo 2,5 cm, che convoglia le onde sonore contro la membrana timpanica che separa l'orecchio esterno dall'orecchio medio. Questa membrana – comunemente chiamata **timpano** – quando è sollecitata dalle onde sonore è in grado di vibrare e trasformare così il suono in un impulso meccanico.

2. L'orecchio medio è una piccola cavità contenente tre minuscoli ossicini disposti in sequenza: il **martello**, l'**incudine** e la **staffa**. La funzione dell'orecchio medio è di amplificare le vibrazioni registrate dal timpano. Tali vibrazioni vengono intensificate dalla catena di ossicini che appoggia sulla **finestra ovale**, una membrana che separa l'orecchio medio dall'orecchio interno.

3. L'orecchio interno, situato all'interno del cranio, contiene il labirinto, cioè l'organo dell'equilibrio, e la coclea, che rappresenta invece il vero e proprio organo dell'udito. La **coclea** è un lungo tubo avvolto a spirale che riceve le vibrazioni della staffa attraverso la finestra ovale. All'interno della coclea è situato l'**organo del Corti** che è formato da una membrana su cui sono inserite delle cellule recettrici ciliate. Le vibrazioni che la finestra ovale riceve dalla catena di ossicini producono onde di compressione nel liquido che riempie la coclea, le quali a loro volta si trasmettono alla **membrana tectoria** a contatto con le ciglia. La pressione trasmessa alle ciglia fa cambiare lo stato delle cellule recettrici che iniziano la trasmissione dell'impulso elettrico alle cellule del sistema nervoso collegate.



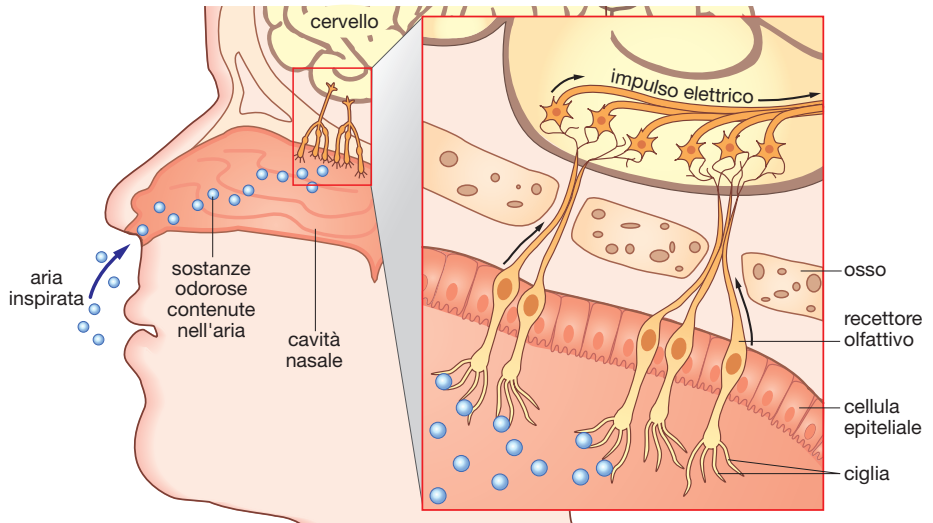
L'organo dell'equilibrio, detto **labirinto membranoso**, è composto da due parti – il vestibolo e i canali semicirculari – che forniscono informazioni al cervello in merito alla posizione e ai movimenti della testa.

Il **vestibolo** è composto da due sacchi membranosi, chiamati **otricolo** e **sacculo**, ed è responsabile del mantenimento dell'*equilibrio statico*: ci fornisce cioè informazioni in merito all'alto e al basso (quindi alla direzione della forza di gravità) anche quando siamo immobili. I **canali semicirculari** sono tre, lunghi circa 12 mm ciascuno, e disposti perpendicolarmente uno all'altro come assi cartesiani. Essi sono responsabili del man-

tenimento dell'*equilibrio dinamico*, durante i movimenti angolari e rotatori della testa. Oltre alla luce e alle onde sonore, gli esseri umani sono in grado di percepire la presenza di sostanze chimiche disperse nell'aria, attraverso l'**olfatto**, e all'interno dei cibi, attraverso il **gusto**.

Questi sensi dipendono da **chemiocettori**: cellule capaci di captare la presenza di particolari molecole, di dare inizio alla trasduzione del segnale e di avviare l'impulso elettrico nelle cellule del sistema nervoso.

Gli esseri umani possiedono cinque milioni di **recettori olfattivi** (chemiocettori) e l'organo olfattivo, il **naso**, è capace di riconoscere ben cinquanta tipi di odori. La volta della cavità nasale è tappezzata di recettori olfattivi. L'aria inspirata è costretta nel suo percorso a fluire lungo la volta nasale; le molecole in essa contenute vengono pertanto a contatto con le cellule ciliate dei recettori che le catturano e le trattengono.



Il gusto dipende da alcuni recettori specifici che si trovano nella bocca, detti **bottoni gustativi**.

I bottoni gustativi sono raggruppati nelle **papille gustative**: piccole estroflessioni della superficie della bocca, presenti in massima parte sulla lingua e, in numero molto minore, sul palato. I bottoni gustativi sono costituiti da cellule ciliate, che catturano le sostanze chimiche disciolte nella saliva grazie alle ciglia.

Gli esseri umani possono distinguere quattro gusti fondamentali e ciascuno corrisponde alla stimolazione di bottoni gustativi presenti in un determinato settore della lingua.

I *recettori per l'amaro* sono collocati nella parte posteriore della lingua e sono stimolati da particolari sostanze organiche dette alcaloidi. I *recettori per l'acido* sono posti nella parte mediana della lingua e vengono stimolati dagli ioni idrogeno (H^+) responsabili dell'acidità. I *recettori del salato* sono situati soprattutto nella parte anteriore e in quella laterale della lingua e percepiscono la presenza di ioni metallici. I *recettori del dolce* si trovano soprattutto sulla punta della lingua e sono sollecitati dagli zuccheri e da alcuni amminoacidi.

Infine, il senso del **tatto** si realizza grazie alla presenza di diversi tipi di **meccanocettori** nella pelle. Esso fornisce informazioni sulla superficie degli oggetti che tocchiamo. In ogni cm^2 di pelle sono presenti mediamente 130 recettori tattili, ma in alcune zone, ad esempio sui polpastrelli, sono in numero superiore.

Accanto a questi meccanocettori, nella pelle sono presenti anche numerose terminazioni nervose che svolgono la funzione di recettori del caldo, del freddo e del dolore.

Ci sono recettori anche nei muscoli, nei tendini, nelle ossa e negli organi viscerali, che sono detti **proprioceettori**. Essi ci informano costantemente sulla posizione e lo stato del corpo.

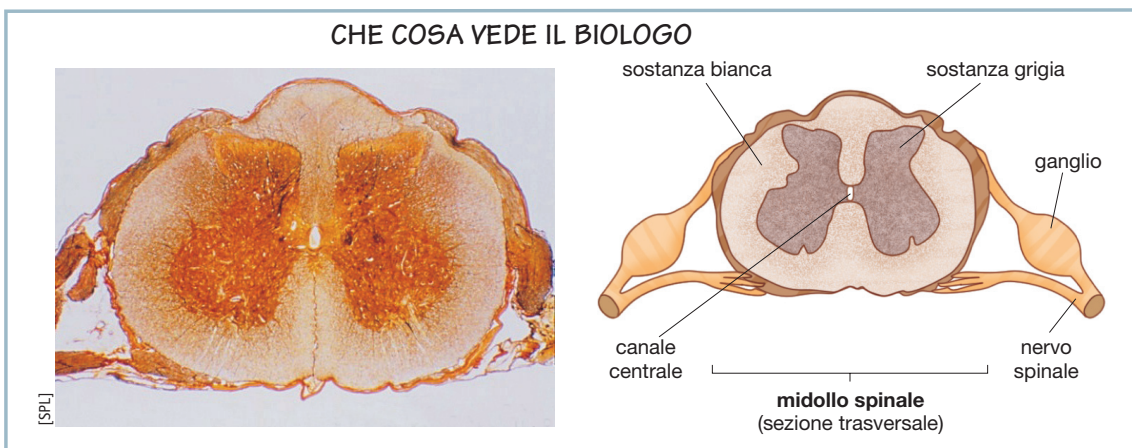
Il sistema nervoso centrale umano

Il sistema nervoso centrale umano rappresenta il sistema di elaborazione dati più complesso ed efficiente presente sul pianeta Terra ed è costituito dal midollo spinale e dall'encefalo.

Il **midollo spinale** si trova all'interno della colonna vertebrale e la sua funzione è quella di trasportare le informazioni dal sistema nervoso periferico verso l'encefalo e viceversa. Osservando una sezione trasversale del midollo spinale si può notare che è formato da due parti distinte:

- la **sostanza grigia**, situata internamente e composta principalmente dai corpi cellulari dei neuroni motori e degli interneuroni;
- la **sostanza bianca**, collocata all'esterno della sostanza grigia e formata da assoni e dendriti, fasci di fibre nervose che collegano i vari livelli del midollo e il midollo con l'encefalo.

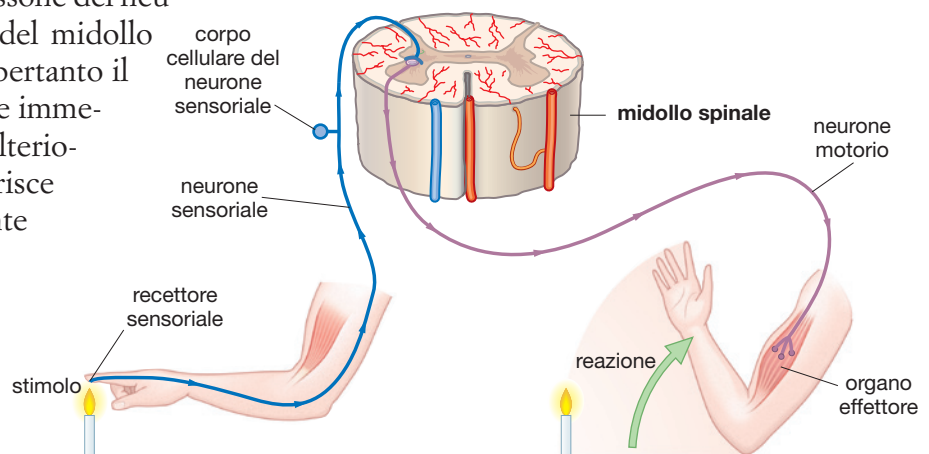
Al midollo spinale sono connesse le strutture del sistema nervoso periferico, come i nervi spinali e i gangli.



Il midollo spinale non si limita a trasportare informazioni ma, quando è sottoposto a stimoli intensi, può produrre risposte semplici e immediate senza l'elaborazione da parte del cervello.

Questo meccanismo di difesa è detto **arco riflesso semplice** ed è fondamentale per limitare i danni in caso di pericolo. Nel momento in cui la terminazione di un neurone sensoriale riceve uno stimolo di dolore acuto (ad esempio se si tocca un oggetto rovente), questo si propaga lungo l'assone del neurone fino alla sostanza grigia del midollo spinale. Lo stimolo è intenso, pertanto il midollo spinale non lo conduce immediatamente al cervello per un'ulteriore elaborazione, ma lo trasferisce a un neurone motorio presente nella sostanza grigia.

Il neurone motorio aziona una risposta facendo ritirare il braccio ed evitando l'esposizione prolungata a un potenziale pericolo.



L'**encefalo** è l'organo di gran lunga più importante per l'acquisizione delle informazioni, per il controllo motorio e per il mantenimento dell'omeostasi nel nostro corpo.

L'encefalo può essere suddiviso in quattro regioni principali.

1. Il **tronco cerebrale** è un'area di passaggio delle informazioni provenienti dal midollo spinale verso il resto dell'encefalo o viceversa. Il tronco contiene dei centri nervosi che controllano alcune importanti funzioni, come la respirazione e la pressione sanguigna.
2. Il **cervelletto**, piuttosto voluminoso, e situato alla base della scatola cranica, controlla la postura, l'equilibrio e la coordinazione dei movimenti.
3. Il **diencefalo**, situato al di sopra del tronco cerebrale al centro del cranio, è formato da tre strutture: talamo, ipotalamo e ipofisi. Il **talamo** è paragonabile a un centro di smistamento delle informazioni provenienti dagli organi di senso. L'**ipotalamo** controlla la temperatura corporea, il bilancio idrico e il metabolismo. Inoltre esso è sede delle emozioni, del centro del piacere e dell'assuefazione e regola anche i bioritmi giornalieri (sonno, fame). L'**ipofisi**, collegata all'ipotalamo tramite un sottile peduncolo, è una ghiandola fondamentale del sistema endocrino (di cui parleremo più avanti).
4. Il **telencefalo** è la parte più voluminosa di tutto l'encefalo ed è comunemente detto *cervello*. È costituito da sostanza bianca (all'interno) e da sostanza grigia, o *corteccia cerebrale* (all'esterno). Il telencefalo è costituito da due **emisferi cerebrali**, destro e sinistro, collegati dal **corpo calloso**: una spessa banda di fibre nervose che consentono una elaborazione delle informazioni comune da parte dei due emisferi. La corteccia cerebrale umana, ricca di circonvoluzioni, è formata da circa 10 miliardi di neuroni connessi da centinaia di miliardi di sinapsi ed è la sede della logica, delle capacità matematiche e linguistiche e dell'immaginazione.

Il midollo spinale e l'encefalo sono circondati e protetti da tre membrane: le **meningi**.

■ Il sistema nervoso periferico umano

Il sistema nervoso periferico è costituito da numerosi **nervi** che formano una rete estesa in tutto il corpo. Ciascun nervo è formato da un gran numero di assoni appartenenti a **neuroni sensoriali** e **neuroni motori**, uniti in fasci e avvolti da tessuti connettivi che li proteggono: l'*endonevrio* avvolge un singolo assone; il *perinevrio* avvolge un fascio di assoni; l'*epinevrio* avvolge l'insieme dei fasci che formano l'intero nervo.

All'interno del fascio nervoso sono presenti anche alcuni piccoli vasi sanguigni che trasportano le sostanze nutritive e l'ossigeno.

I neuroni sensoriali trasportano verso il sistema nervoso centrale le informazioni acquisite dall'ambiente esterno, attraverso gli organi di senso, e dall'ambiente interno, attraverso i recettori degli organi interni. I neuroni motori svolgono la funzione di veicolare ai muscoli e agli organi interni la risposta elaborata dal sistema nervoso centrale.

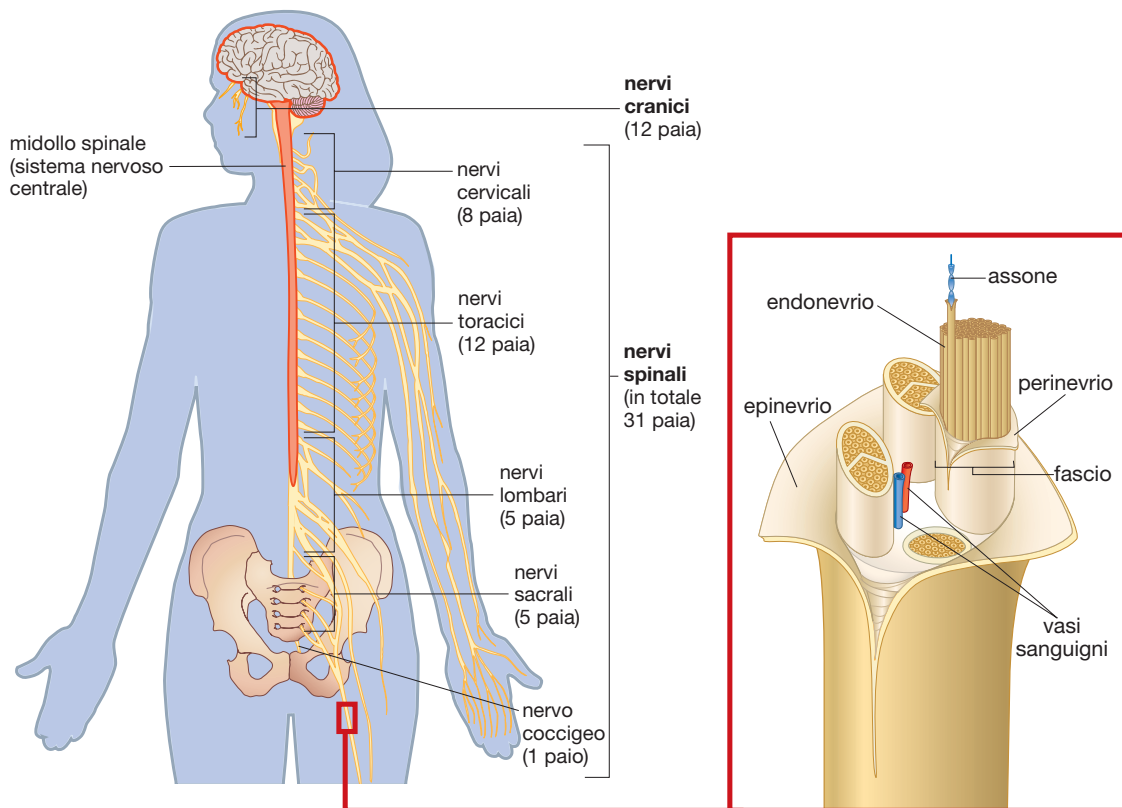
Nel sistema nervoso periferico si distinguono:

- il **sistema nervoso somatico**, anche detto *volontario*, che trasmette gli impulsi ai muscoli scheletrici;
- il **sistema nervoso autonomo**, anche detto *involontario*, che controlla le attività svolte dal corpo in modo automatico (regola il ritmo della respirazione, il battito cardiaco, i movimenti dei visceri).

Il sistema nervoso somatico è formato da un gran numero di **nervi** connessi con il sistema nervoso centrale e distinti in base alla posizione in due tipi.

1. I **nervi cranici** trasportano gli impulsi da o verso l'encefalo; sono 12 paia e connettono gli organi di senso e alcune parti del capo e del viso con l'encefalo. Sono tutti nervi misti, cioè sia sensoriali sia motori, ad eccezione dei tre nervi collegati agli organi di senso (il nervo olfattivo, il nervo ottico e il nervo acustico) che sono esclusivamente nervi sensoriali.

2. I **nervi spinali** trasportano gli impulsi da o verso il midollo spinale; sono 31 paia, sono tutti nervi misti e prendono il nome dalla regione del midollo spinale dalla quale si originano. Essi innervano tutti i muscoli e la pelle degli arti e del tronco.



Il sistema nervoso autonomo è costituito da nervi motori che controllano, tra gli altri, il muscolo cardiaco, le ghiandole e il tessuto muscolare liscio.

Il sistema nervoso autonomo è composto da due sistemi differenziati, che esercitano effetti contrapposti sugli organi che innervano.

1. Il sistema nervoso autonomo **simpatico** interviene quando l'organismo si trova in situazioni di stress, sotto sforzo e impegnato in attività intense. La sua attività causa l'accelerazione del battito cardiaco, aumenta la pressione sanguigna e la quantità di glucosio nel sangue.

2. Il sistema nervoso autonomo **parasimpatico** esercita invece un controllo esattamente opposto. La sua attività rilassa il corpo, favorisce la digestione, partecipa all'eliminazione delle feci e dell'urina e prevale nelle situazioni di tranquillità, per esempio durante il rilassamento che si ha successivamente a un pasto.

I due sistemi agiscono sugli stessi organi in maniera antagonista, cioè provocando su questi una reazione opposta.

I messaggeri chimici e il sistema endocrino

Gli animali regolano molti dei loro processi vitali attraverso la produzione di alcune molecole che funzionano come **messaggeri chimici**.

I messaggi chimici possono essere di diversa natura e agire su bersagli differenti. È possibile riconoscere tre tipi di messaggeri chimici.

1. I feromoni sono sostanze, prodotte dall'organismo, che influenzano il comportamento e la fisiologia di un altro organismo della stessa specie.

2. Gli ormoni sono sostanze che, una volta prodotte in organi specifici (le **ghiandole endocrine**), si spostano attraverso il sangue e agiscono su *cellule bersaglio* situate in altri organi dello stesso individuo. Esistono due tipi di ormoni: gli *ormoni steroidei*, derivati dalla molecola di colesterolo e solubili nei grassi, e gli *ormoni proteici*, solubili in acqua.

3. I messaggeri paracrini sono messaggeri chimici che agiscono esclusivamente su cellule bersaglio poste nelle immediate vicinanze delle cellule da cui sono stati prodotti, senza entrare nella circolazione sanguigna.

Negli esseri umani, l'insieme delle cellule e degli organi che producono ormoni costituisce il **sistema endocrino**. Esso è estremamente importante in quanto regola il metabolismo, la crescita, la maturazione sessuale e numerose altre attività.

Il sistema endocrino ha una funzione di regolazione simile a quella del sistema nervoso, ma agisce su tempi più lunghi. Lo stimolo nervoso si realizza in termini di frazioni di secondo, mentre un ormone raggiunge il bersaglio nell'arco di minuti, ore o anche giorni.

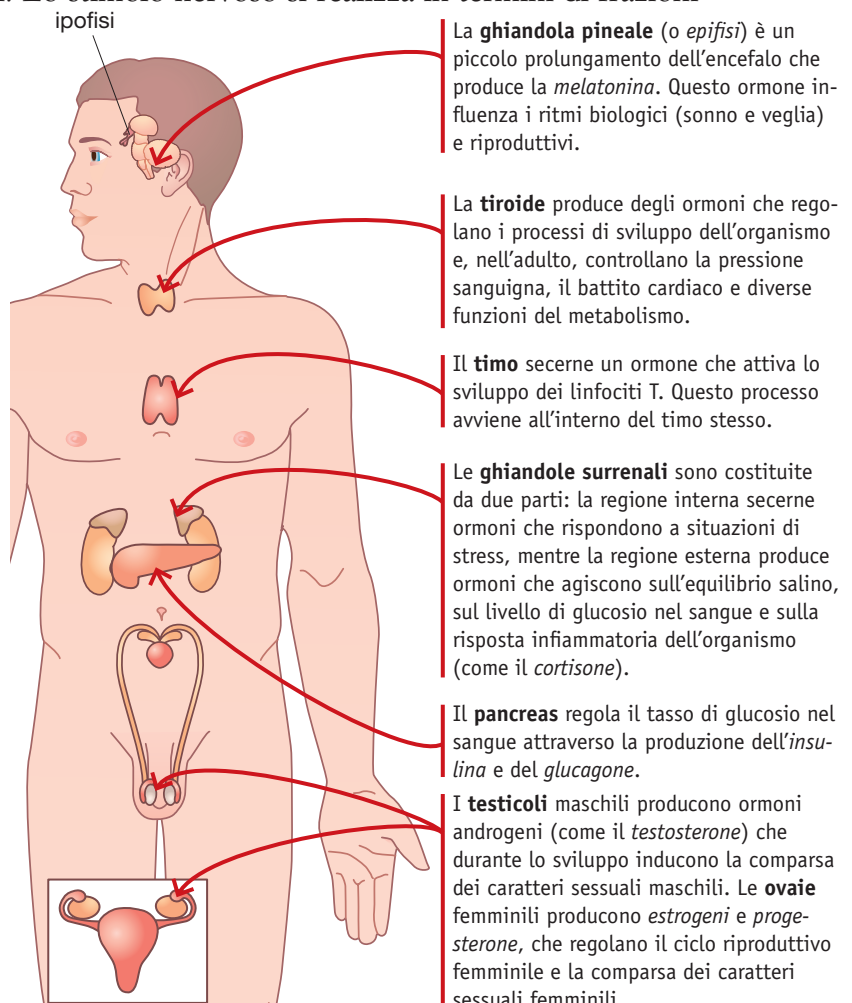
È costituito da numerose ghiandole, situate in diverse parti del corpo. Il centro di controllo di questo sistema è situato nella parte più interna dell'encefalo umano, ovvero nell'**ipotalamo**.

Il controllo dell'ipotalamo viene esercitato attraverso la produzione di *ormoni di rilascio* oppure di *ormoni di inibizione*, i quali stimolano o bloccano l'azione di un'altra ghiandola: l'**ipofisi**.

A sua volta, l'ipofisi produce ormoni che hanno come bersaglio le diverse ghiandole del corpo.

L'ipofisi è costituita da due parti:

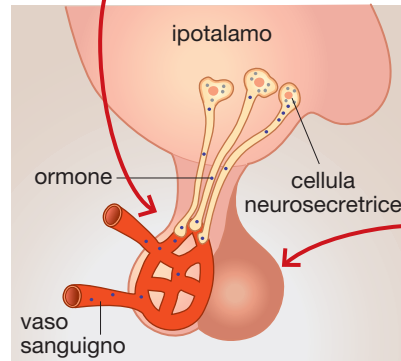
- il lobo posteriore, chiamato **neuroipofisi**.
- il lobo anteriore, chiamato **adenipofisi**.



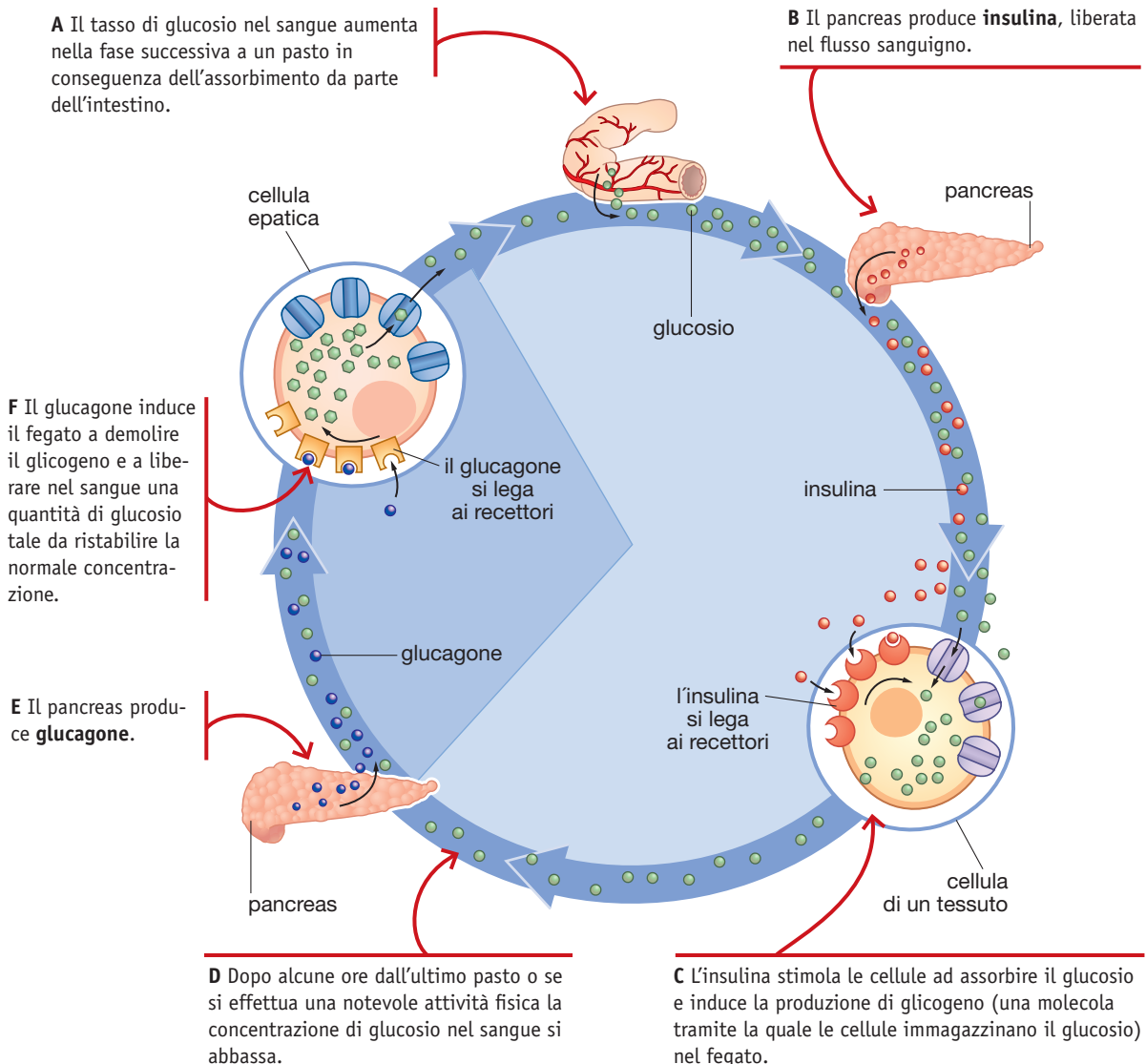
Il **pancreas** regola la concentrazione di glucosio nel sangue, e quindi il rifornimento energetico delle cellule del corpo, attraverso la produzione di due ormoni proteici: l'*insulina* e il *glucagone*.

Essi svolgono un'azione antagonista che permette di mantenere i livelli di glucosio nel sangue entro un certo intervallo di valori. Insulina e glucagone sono prodotti dalle *isole di Langerhans*, degli ammassi cellulari che rappresentano la parte endocrina del pancreas e sono fisicamente separate dalle cellule esocrine dello stesso organo.

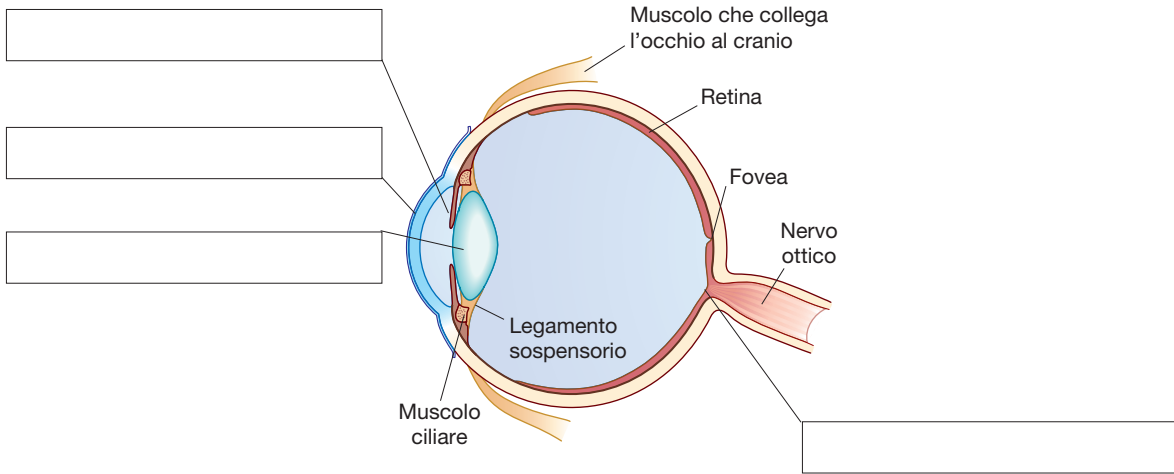
La **neuroipofisi** secreta l'*ossitocina*, un ormone che nella donna provoca le contrazioni uterine durante il parto e permette la fuoriuscita del latte dalle ghiandole mammarie, e l'*ormone antidiuretico*, che induce la produzione di urina concentrata nei reni.



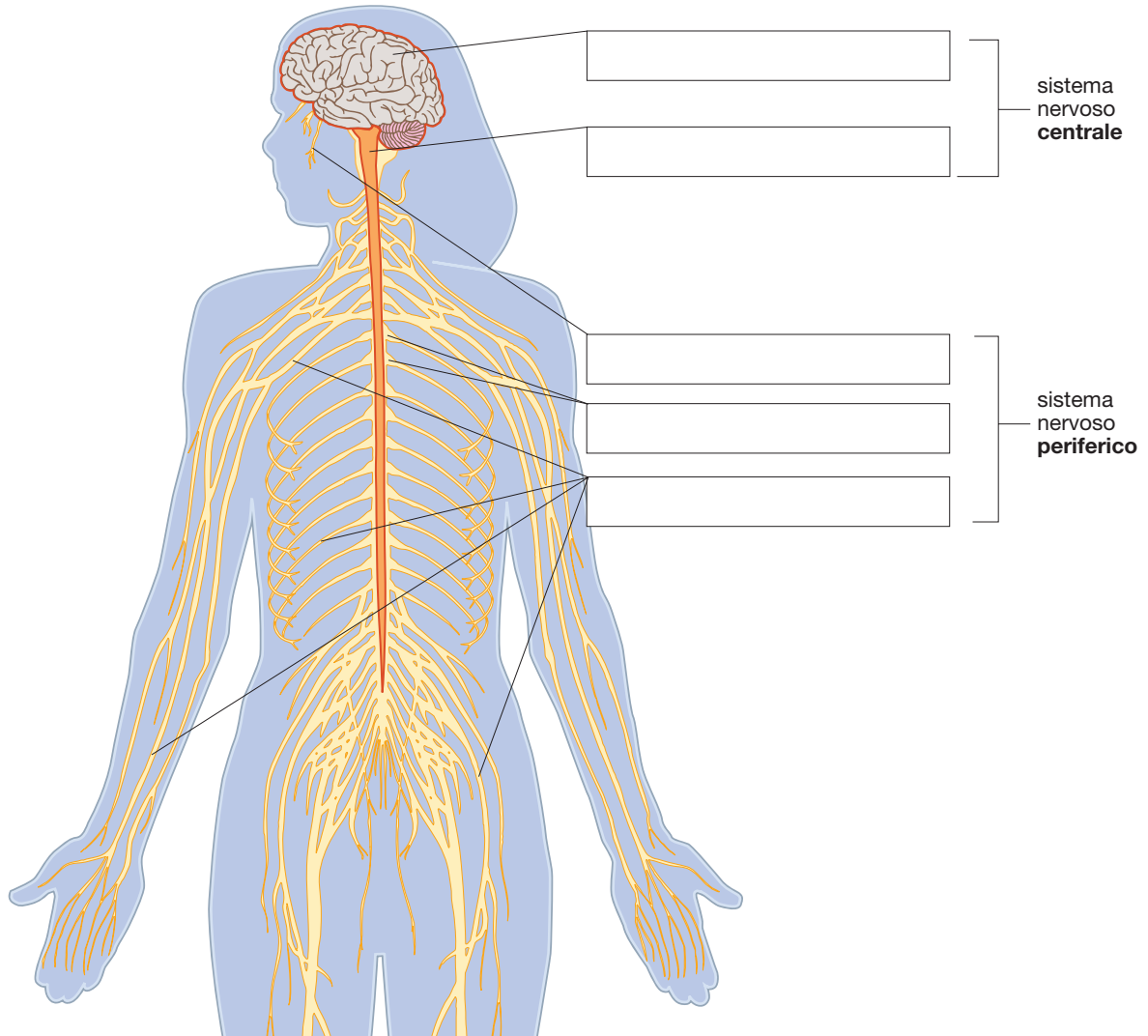
L'**adenipofisi** produce diversi ormoni, tra cui: la *somatotropina* (ormone della crescita) che induce lo sviluppo delle parti del corpo; la *prolattina*, che stimola la produzione di latte; le *endorfine*, che agiscono come antidolorifici. Controlla anche l'attività delle altre ghiandole endocrine tramite ormoni specifici.



1 Completa la figura inserendo il nome delle diverse parti dell'occhio umano.



3 Completa la figura inserendo il nome delle diverse parti del sistema nervoso.



3 Completa le seguenti frasi scegliendo i termini corretti tra quelli indicati nei corrispondenti riquadri.

- A. Il potenziale a riposo della cellula nervosa viene mantenuto grazie al fatto che le proteine del sodio restano chiuse, impedendo agli ioni di attraversare la membrana e di entrare nella cellula.

Di membrana, canale, pompa, Na^+ , Ca^{++} , K^+

- B. Nell'occhio umano, i raggi luminosi attraversano il che mette a fuoco l'immagine sulla parete opposta del globo oculare dove si trova la

Pupilla, umor acqueo, cristallino, retina, iride

- C. Nell'orecchio interno si trovano la, una struttura che è in grado di trasformare i suoni in impulsi elettrici da trasmettere al sistema nervoso, e il membranoso, l'organo che mantiene l'equilibrio.

Membrana timpanica, coclea, staffa, organo del Corti, labirinto

- D. Il senso e dell'olfatto dipendono dalla presenza di in grado di percepire la presenza di sostanze chimiche nei cibi e nell'aria. Il senso dipende invece dai

Del tatto, del gusto, della vista, chemiocettori, meccanocettori

- E. Il sistema nervoso svolge la funzione di elaborare le informazioni ed è costituito da, situato all'interno della colonna vertebrale, e, protetto all'interno del cranio.

Periferico, centrale, autonomo, midollo spinale, nervi, gangli, encefalo

- F. Gli sono molecole, secrete dalle cellule di particolari organi, che si spostano attraverso la circolazione sanguigna e agiscono su in grado di riconoscerli.

Ormoni, assoni, messaggeri paracrini, cellule bersaglio, neuroni