

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.

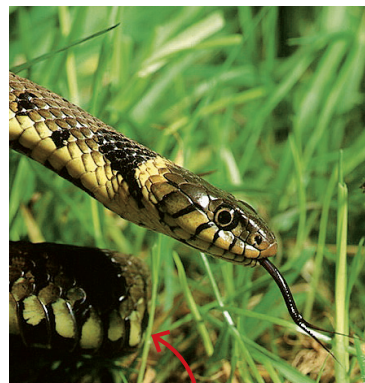


[N. Probst / imagebroker / Alamy]



[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. Questa operazione, detta **trasduzione sensoriale**, è dovuta a mutamenti chimici che interessano la membrana delle cellule recettrici. La trasduzione permette all'impulso di viaggiare attraverso il sistema nervoso. Quest'ultimo svolge un'azione che si articola in tre fasi.

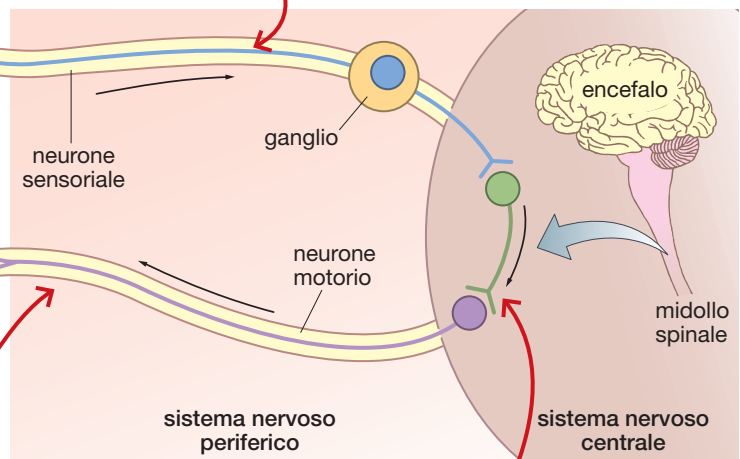
1. L'**acquisizione sensoriale** è in pratica una «raccolta dei dati». Gli stimoli provenienti dagli organi di senso vengono condotti ai centri di elaborazione.
2. L'**integrazione** rappresenta la fase in cui le diverse informazioni vengono assemblate, interpretate ed elaborate. Queste operazioni vengono 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.

■ 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.

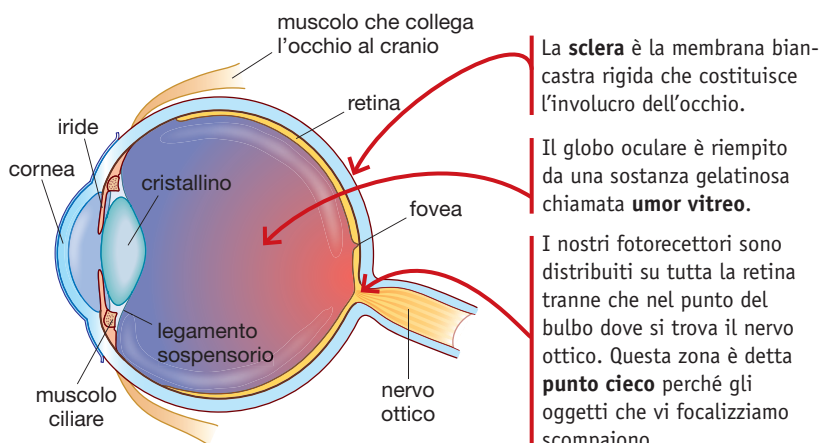
L'organo fotorecettore più semplice è la **macchia oculare**, tipica di alcune specie di meduse e di certi vermi piatti; è costituita da un piccolo gruppo di cellule in grado di recepire la luce. Gli invertebrati quali insetti e crostacei possiedono invece un **occhio composto**, costituito da un gran 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 trasformano lo stimolo luminoso in impulso elettrico. La retina contiene due tipi di cellule:

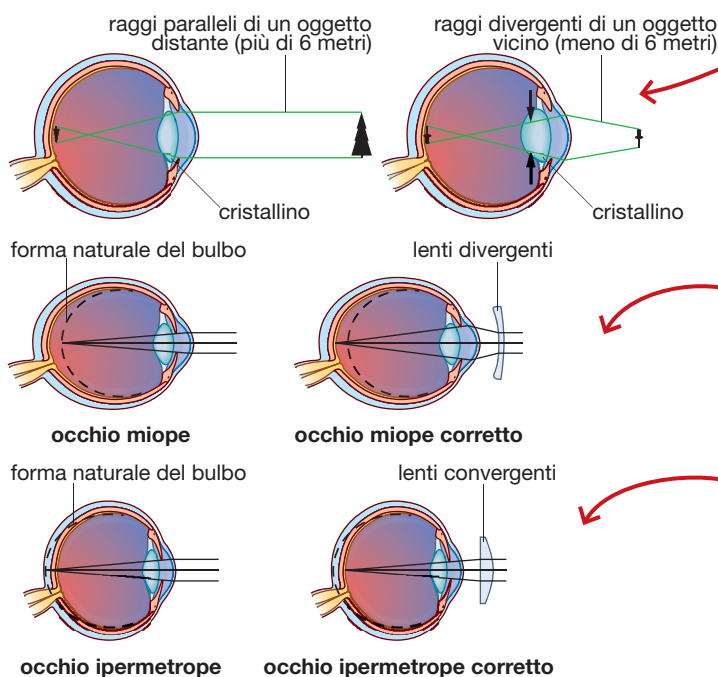
- i *bastoncelli*, di forma allungata, sono i fotorecettori più abbondanti nell'occhio umano; sono più concentrati nella parte periferica della retina;
- i *coni*, cellule di forma tozza, in numero 20 volte minore dei bastoncelli, sono più numerosi nella parte centrale della retina, detta **fovea**.



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.



Secondo le leggi dell'ottica, l'immagine che si crea sulla retina è capovolta. Noi però vediamo le immagini raddrizzate grazie all'elaborazione del sistema nervoso.

La **miopia** è un difetto che impedisce di mettere a fuoco gli oggetti lontani. Le cause della miopia possono essere diverse: generalmente i miopi hanno il globo oculare allungato, ma possono anche avere un cristallino troppo rigido o una cornea troppo curva. Nell'occhio miope l'immagine è messa a fuoco prima del piano della retina e appare quindi sfuocata. La miopia viene corretta con lenti concave, che provocano la divergenza dei raggi luminosi prima che entrino nell'occhio (quindi l'immagine si forma più indietro, sulla retina).

L'**ipermetropia** è un difetto che al contrario impedisce di mettere a fuoco gli oggetti vicini. In genere essa dipende da un globo oculare accorciato. L'immagine in questo caso si forma dietro al piano della retina. Il soggetto ha bisogno di lenti convesse, che fanno convergere i raggi luminosi prima dell'ingresso nell'occhio e producono un'immagine nitida a una distanza inferiore (quindi sulla retina).

■ L'orecchio: la ricezione dei suoni e l'equilibrio

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.

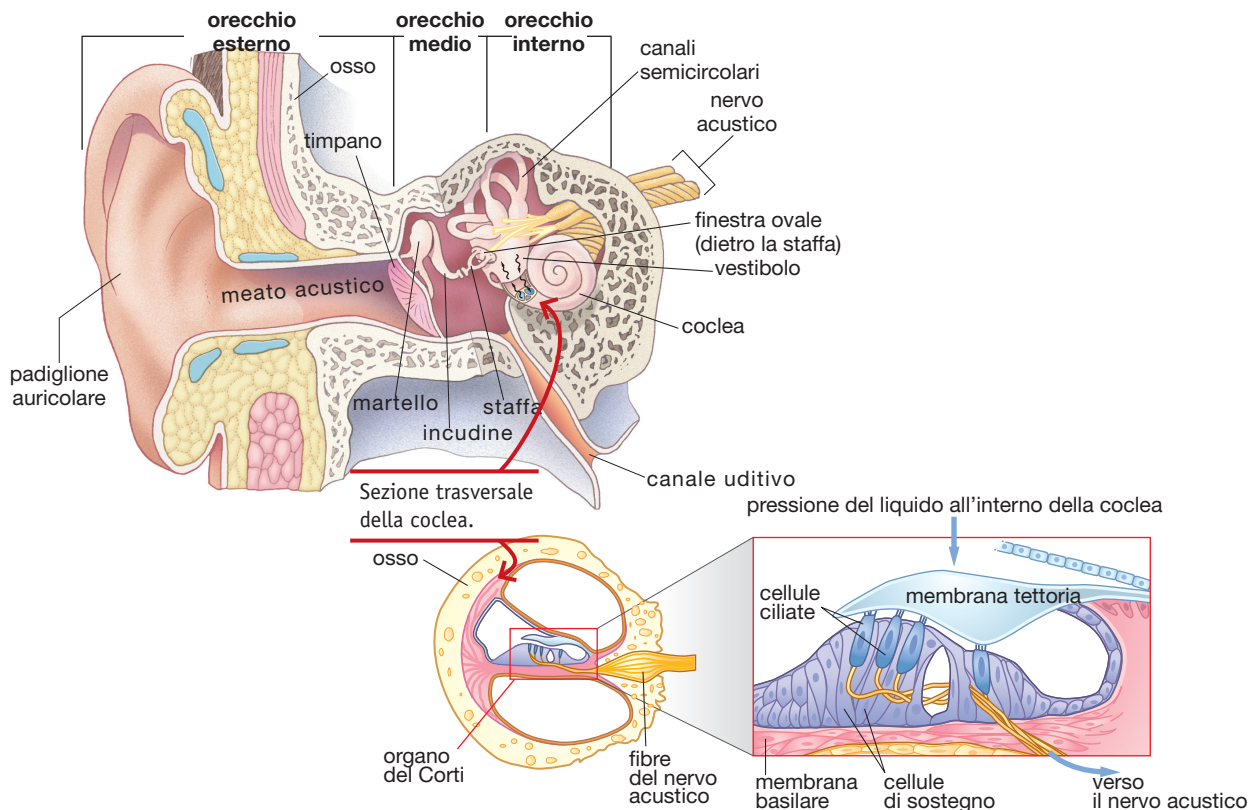
3. **L'orecchio interno**, situato all'interno del cranio, contiene il labirinto, cioè l'organo dell'equilibrio, e la coclea, che rappresenta invece il vero e proprio organo dell'udito. La **coclea** è un lungo tubo avvolto a spirale che riceve le vibrazioni della staffa attraverso la finestra ovale. 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 semicircolari – 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 semicircolari** sono tre, lunghi circa 12 mm ciascuno, e disposti perpendicolarmente uno all'altro come assi cartesiani. Essi sono responsabili del mantenimento dell'*equilibrio dinamico*, durante i movimenti angolari e rotatori della testa.



La ricezione degli altri stimoli

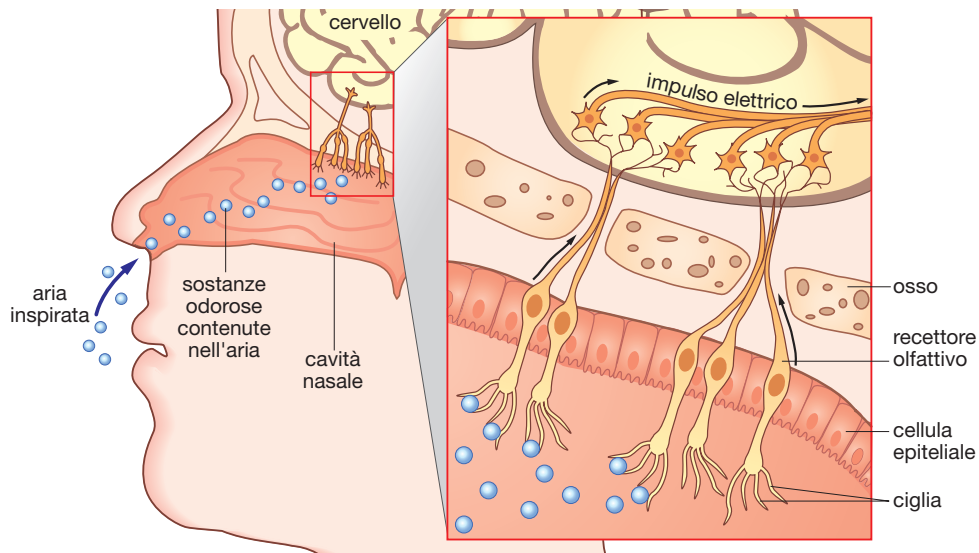
Oltre alla luce e alle onde sonore, gli esseri umani sono in grado di percepire la presenza di sostanze chimiche disperse nell'aria, attraverso l'**olfatto**, e all'interno dei cibi, attraverso il **gusto**.

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.

Il senso dell'olfatto e del gusto forniscono informazioni generali sull'ambiente circostante e soprattutto ci mettono in guardia sulla presenza di sostanze potenzialmente nocive e velenose.

In alcuni animali, ad esempio i cani, l'olfatto è un senso molto importante, usato per il riconoscimento, l'orientamento, la riproduzione e numerose altre funzioni.

Negli esseri umani questo senso ha parzialmente perso importanza a favore della vista, che può essere considerata il nostro senso più importante.



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.

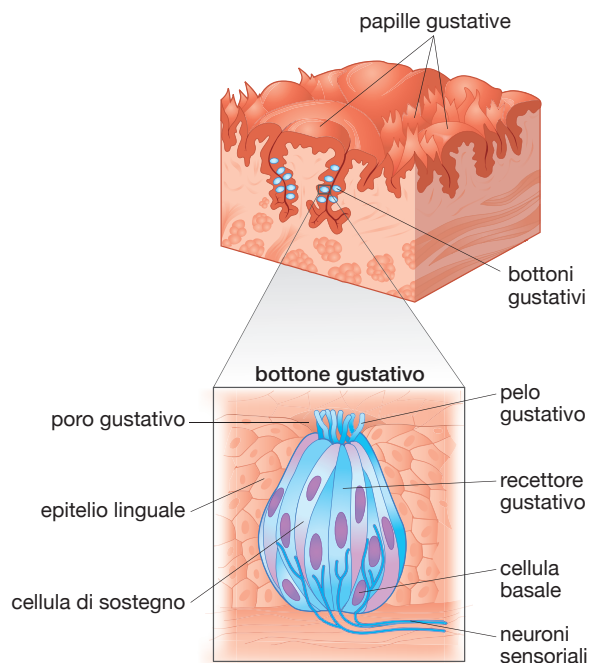
Gli esseri umani possono distinguere quattro gusti fondamentali e ciascuno corrisponde alla stimolazione di bottoni gustativi presenti in un determinato settore della lingua.

La bocca e la cavità nasale sono in comunicazione e pertanto qualsiasi sapore è influenzato anche dall'aroma. Quando siamo raffreddati percepiamo i sapori ma non gli aromi del cibo, per questa ragione il cibo sembra scialbo e insapore.

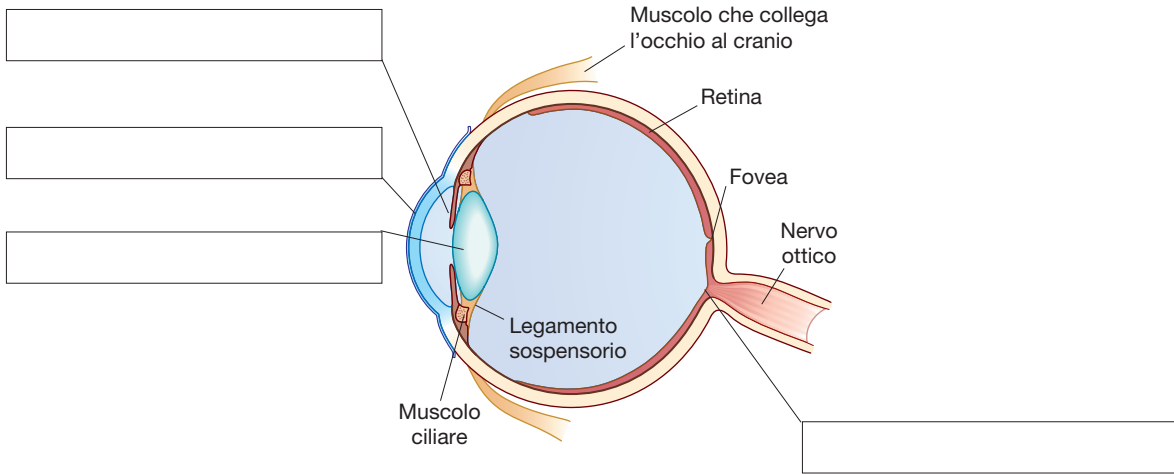
Il senso del **tatto** si realizza grazie alla presenza nella pelle di diversi tipi di **meccanocettori**. Esso fornisce informazioni sulla superficie degli oggetti che tocchiamo. In ogni cm² di pelle sono presenti mediamente 130 recettori tattili, ma in alcune zone, ad esempio sui polpastrelli, sono 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.

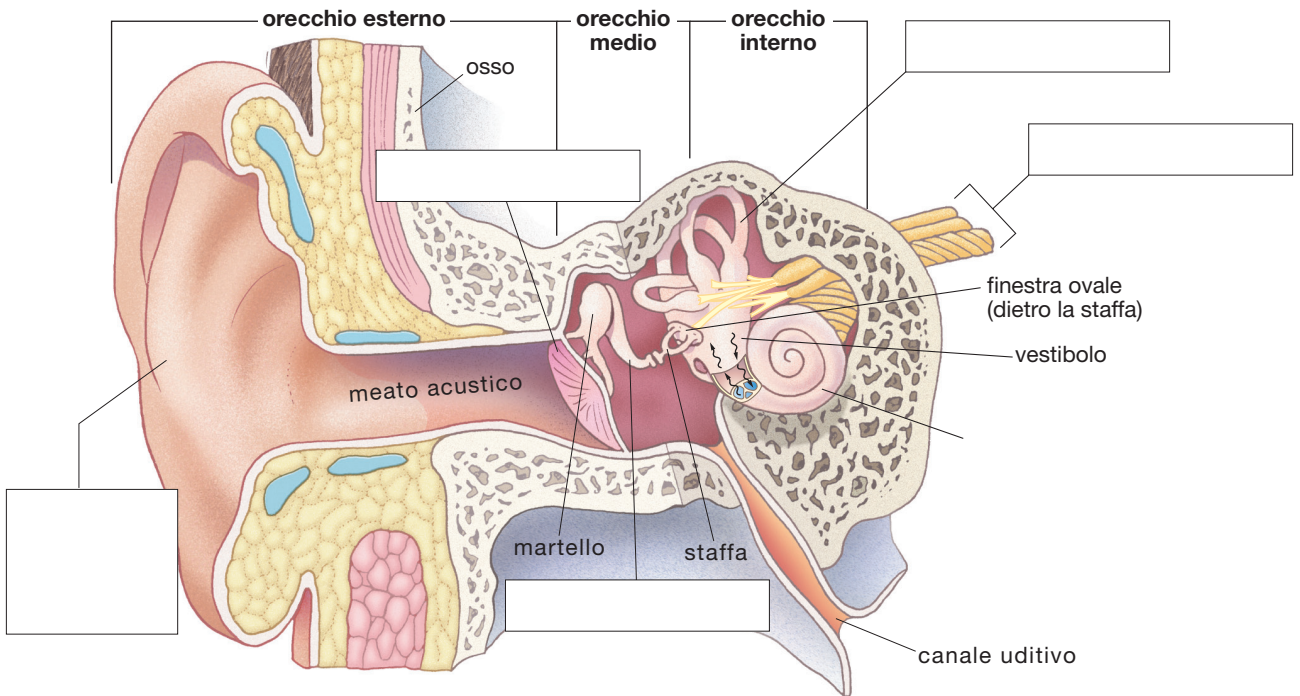
Ci sono recettori anche nei muscoli, nei tendini, nelle ossa e negli organi viscerali, che sono detti **proprioettori**. Essi ci informano costantemente sulla posizione e lo stato del corpo.



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



2 Completa la figura dell'orecchio.



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

A. Le cellule che sono in grado di percepire i differenti tipi di pressione sono i e sono presenti negli organi dell'udito e dell'; i sono invece cellule in grado di determinare la presenza di sostanze chimiche. Essi sono presenti negli organi del senso del e dell'olfatto. Il dolore è invece trasmesso dai presenti in tutto il corpo, ad eccezione del cervello.

chemiocettori, recettori elettromagnetici, termocettori, meccanicettori, nocicettori, equilibrio, gusto, tatto

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, meccanicettori

E. La è un difetto della vista che impedisce di mettere a fuoco correttamente gli oggetti lontani. Essa è in genere dovuta ad un globo oculare o ad un cristallino troppo rigido. Al contrario se non si riesce a mettere a fuoco gli oggetti vicini si è affetti da che generalmente dipende da un globo oculare

presbiopia, miopia, ipermetropia, accorciato, allungato, deformato

F. Il vestibolo è l'organo responsabile dell'equilibrio ed è formato da due sacchi membranosi: l' e il sacculo. I canali semicircolari invece sono disposti uno all'altro e sono responsabili dell'equilibrio

dinamico, statico, otricolo, coclea, superiormente, assialmente, perpendicolarmente