

## SISTEMI SENSORIALI

La porzione **AFFERENTE** del SNP trasmette informazioni dalla periferia al SNC, la raccolta di tali informazioni viene effettuata dai **RECETTORI** (in questo caso sono cellule o terminazioni nervose che rispondono ad uno stimolo, cioè reagire a varie forme di energia e trasformarle in quella elettrica, l'unica comprensibile dal SNC).

I recettori effettuano quindi la **TRASDUZIONE DI SEGNALE**.

ES. meccanocettori rispondono a stimoli di tipo meccanico e lo "trasformano" in energia elettrica. I meccanocettori hanno sulla membrana dei canali che rispondono a tali stimoli e aprendosi fanno entrare delle cariche, modificando così il potenziale di membrana, generando così un **POTENZIALE DI RECETTORE** (prima è un **POTENZIALE GRADUATO**, non ancora potenziale d'azione, se raggiunge la soglia allora sì).

Il SNC riceve informazioni di tale stimolo quali:

- **QUALITÀ** (modalità, se è meccanica o termica etc.)
- **LOCALIZZAZIONE** (da dove proviene lo stimolo, quale parte della corteccia viene attivata)
- **QUANTITÀ** (intensità dello stimolo)
- **DURATA, FREQUENZA e VARIAZIONE nel TEMPO**

Gli stimoli possono provenire da:

- **INTERNO**: molto spesso non arriva alla coscienza, ovvero alla **CORTECCIA CEREBRALE** (sono stimoli che servono al mantenimento dell'omeostasi, come il pH, barocettivi o chemocettivi), alcuni però arrivano, come la **PROPRIOCEZIONE** (es. distensione dei muscoli o la posizione del nostro corpo nello spazio) o alcuni stimoli di tipo **VISCERALE** (stimoli di tipo meccanico o dolorifico, che arrivano alla corteccia somatosensoriale).
- **ESTERNO**, del sistema somatosensoriale (stimoli che derivano dalla cute) oppure quelli che stimolano aree specifiche sulla corteccia (organi di senso speciali: vista, udito, etc.)

La maggior parte degli stimoli si fermano al tronco encefalico (e quindi non arriva alla nostra coscienza).

## SISTEMA SOMATOSENSORIALE

Costituito dai recettori presenti sulla cute e inviano informazioni al SNC (corteccia somatosensoriale) di natura termica, tattile, dolorifica.

**SENSIBILITÀ TERMO-DOLORIFICA**, con recettori del dolore, termico, prurito.

**SENSIBILITÀ MECCANOCETTIVA**, con recettori sensibili al tatto, pressione, tremori e vibrazioni o alla distensione viscerale.

I recettori somatosensoriali inviano le informazioni alla corteccia somatosensoriale primaria, seguendo uno schema.

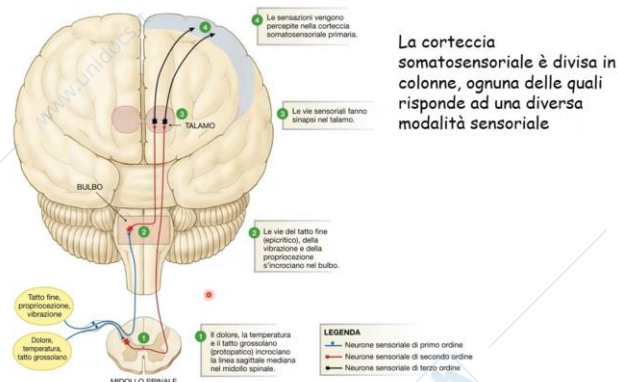
Ci sono sempre 3 neuroni:

- **primario**, col corpo cellulare sempre localizzato fuori dal SNC, con **GANGLI** della **RADICE DORSALE** ai lati della colonna vertebrale, con terminazione sensoriale nella cute;
- **secondario**, col corpo cellulare nel tronco dell'encefalo o nel midollo spinale; decussa e si porta sul lato opposto rispetto al neurone primario (stimoli che provengono dalla parte sinistra del corpo attivano parte della corteccia di destra e viceversa);
- **terziario**, col corpo cellulare sempre localizzato nel **TALAMO**.

**TALAMO** (addeito alla **attenzione selettiva**): è il punto di passaggio di tutti gli stimoli sensoriali prima di arrivare alla corteccia cerebrale (alla coscienza). Interviene anche a rafforzare o inibire alcuni stimoli.

Il neurone secondario può seguire due vie (o tratti) differenti posizionate in punti diversi, quindi si individuano:

- **TRATTO del FASCICOLO GRACILE e CUNEATO**: il neurone secondario si trova nel **TRONCO**, stimoli derivano da **meccanocettori** e **proprioettori** (con assoni di diametro grosso e mielinizzati, di tipo A alfa e A beta, conduzione molto rapida degli impulsi). Il neurone primario entra nelle **corna dorsali** del midollo spinale, risale attraverso la sostanza bianca



e fa sinapsi col neurone secondario nei **nuclei delle colonne dorsali**, il neurone secondario poi decussa e arriva fino al **talamo** dove fa sinapsi col neurone terziario.

- **TRATTO SPINOTALAMICO:** porta informazioni dai nocicettori e dai termocettori il neurone secondario si trova nel midollo spinale (con assoni di tipo A delta o C, più lenti). Il neurone primario entra nelle **corna dorsali** e fa subito sinapsi col neurone secondario, quest'ultimo decussa e risale attraverso la sostanza bianca del midollo spinale e fa sinapsi col neurone terziario nel talamo.

Nella cute vi sono **MECCANOCETTORI, NOCICETTORI E TERMOCETTORI**.

**MECCANOCETTORI**, recettori sensibili a stimoli meccanici, alcune sono terminazioni nervose libere.

Nella cute glabra (priva di peli ed è molto sensibile agli stimoli tattili, come i polpastrelli e le labbra) ci sono diversi tipi di recettori specializzati:

- Corpuscolo di Meissner, superficiali e **FASICI** (adatti per cogliere le vibrazioni);
- Corpuscolo del Pacini, profondi e **FASICI**;
- Disco di Merkel, superficiali e di tipo **TONICO** (hanno una risposta della stessa durata dello stimolo, adatti per le pressioni continue);
- Corpuscolo di Ruffini, profondi e di tipo **TONICO**.

Nella cute fornita di peli vi sono terminazioni nervose libere che avvolgono il bulbo del pelo oppure altre superficiali.

**ACUITÀ:** precisione con la quale avviene la localizzazione di uno stimolo. Dipende dal campo recettivo del recettore, ovvero l'area di competenza di un dato recettore.

Se il **campo recettivo** è **grande**, gli stimoli che provengono da quel campo per il SNC è come se provenisse da un punto solo (coglie solo uno stimolo unico, per esempio una sola punta di ago sulla pelle). Viene stimolato un solo recettore.

Se il **campo recettivo** è **piccolo** e vi è alta densità di recettori tattili, riusciamo a cogliere due punte sulla pelle anche molto vicine tra di loro perché vengono stimolati due recettori differenti. Acuità tattile è maggiore se il campo recettivo è piccolo (e ci sono un maggior numero di recettori).

Per determinare l'acuità tattile di un'area si effettua un test di discriminazione (usando un compasso e appoggiando le due punte sulla pelle).

Per la variazione della **TEMPERATURA**...

**TERMOCETTORI CENTRALI:** sono interni e si trovano nell'ipotalamo e nel midollo spinale e servono per i meccanismi di termoregolazione (temperatura corporea)

**TERMOCETTORI CUTANEI:** sono recettori per il freddo o per il caldo.

Se la cute si raffredda si attivano i recettori per il freddo (e viceversa), con limite massimo di 25°C, dopodiché si attivano quelli per il caldo.

Sopra i 45°C, limite massimo di risposta dei recettori per il caldo, questi non rispondono più e intervengono i recettori per il dolore perché temperature così elevate sono nocive per l'organismo.

Questi recettori si adattano rapidamente, reagiscono ad una variazione di temperatura (per esempio se mettiamo le mani in acqua calda, dopo un po' ci adattiamo a quella temperatura).

**NOCICETTORI:** recettori che producono una percezione chiamata **DOLORE (NON È UNO STIMOLO)** e sono sensibili a stimoli di varia natura.

Spesso derivano da stimoli potenzialmente lesivi per l'organismo, il quale cerca di allontanarsi dallo stimolo attuando la fuga, ma anche risposte comportamentali di tipo emozionale.

Scopo: evitare di danneggiare l'organismo.

Attivano diverse aree del SNC e sono vie complesse.

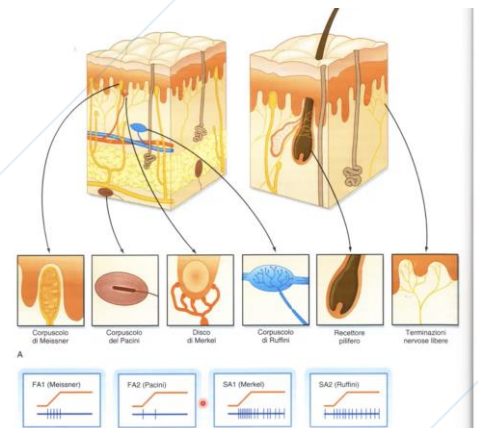
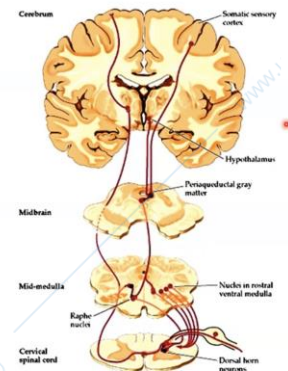
Es. riflesso da retrazione, attivata dai nocicettori.

Possono essere:

**NOCICETTORI TERMICI** e **MECCANICI:** hanno una soglia molto alta di sensibilità agli stimoli, inducono riflessi di allontanamento e le vie per l'invio delle informazioni sono rapide

- I nocicettori attivano circuiti diversi:

- Vie ascendenti alla corteccia che originano la sensazione cosciente di dolore o prurito
- Risposte di difesa integrate a livello del midollo spinale; Le risposte a livello spinale, detti riflessi spinali, rimuovono l'area stimolata dal pericolo: es: **riflesso di retrazione** permette di allontanare una mano dalla fonte di calore prima che si sia coscienti del calore stesso.
- Risposte vegetative (es: aumento freq. cardiaca, sudorazione, ecc...)
- Risposte emozionali (paura, ansia), mediate dalla formazione reticolare e sistema limbico



**NOCICETTORI POLIMODALI:** sensibili a diversi tipi di stimoli, anche chimici (come distruzione di un tessuto con rilascio di sostanze che vengono captate da questi nocicettori). Dolore lento.

**DOLORE PUNGENTE:** acuto e di rapida insorgenza, viaggia grazie alle fibre veloci

**DOLORE URENTE:** poco localizzato, più pulsatile e di lunga durata (condotto da vie più lente)

### SENSIBILIZZAZIONE di un RECETTORE

È la variazione delle modalità della sua risposta, è attivato da stimoli che normalmente non lo attivano.

Un nocicettore sensibilizzato dà risposte dolorifiche anche a causa di stimoli di bassa intensità (**IPERALGESIA**). Maggiore risposta agli stimoli dolorosi.

Es. un tessuto danneggiato a causa di un'ustione è più sensibile al dolore perché rilascia delle sostanze chimiche che sensibilizzano i nocicettori (come prostaglandine, bradichinina, istamina).

Una stimolazione tattile può ridurre la sensazione dolorosa (meno intense del normale). Tipo con un massaggio.

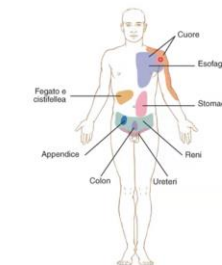
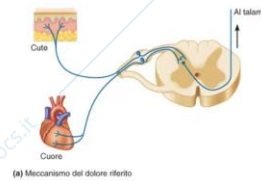
Le fibre nervose che trasportano informazioni di tipo tattile (assoni veloci mielinizzati) hanno rami collaterali che possono fare contrarre sinapsi con le fibre C (provenienti dai nocicettori polimodali), se viene stimolato la fibra tattile, la fibra del nocicettore viene inibito.

### SISTEMI ANALGESICI ENDOGENI (INIBIZIONE DEL DOLORE)

Di tipo discendente che vanno a finire sui nocicettori (attraverso interneuroni), e usano come neurotrasmettitori delle sostanze come l'**ENCEFALINA** (definiti **oppioidi endogeni**).

Effetto: inibire l'attività sinaptica dei nocicettori e di ridurre la sensazione di dolore (come durante lo stress o l'attività fisica per permettere all'organismo di continuare a svolgere una data attività, es. soldato in guerra).

I nocicettori sono presenti anche negli organi interni (in numero minore rispetto all'esterno), però pare che il dolore sia in superficie perché le vie usate dai nocicettori viscerali sono le stesse di quelle usate da quelle superficiali (dalla cute, che è più stimolata)



### dolore profondo

Esistono anche dolori di provenienza viscerale (danni tissutali ai visceri) muscolare e cardiaca (dolore da intensa contrazione, da ischemia), renale, ecc.;

### dolore riferito

Il dolore proveniente da organi interni è spesso scarsamente localizzato.

Può essere percepito come un dolore sulla superficie del corpo.

## SISTEMA VISIVO

È uno degli **ORGANI DI SENSO SPECIALI**, i quali presentano anche strutture che migliorano la risposta dei recettori allo stimolo.

Per poter **VEDERE** occorrono una serie di eventi:

- la luce deve penetrare nell'occhio attraverso un foro chiamato **PUPILLA**
- nell'occhio è presente un sistema visivo con una serie di lenti che permettono di focalizzare l'immagine sulla **RETINA**
- nella retina sono presenti recettori che rispondono allo stimolo luminoso trasformandolo in segnale elettrico, quest'ultimo verrà inviato alla **CORTECCIA VISIVA** tramite il **NERVO OTTICO** (e ci permette di avere la percezione visiva dell'ambiente esterno)

### L'OCCHIO

È un organo di forma sferica circondato da 3 membrane:

- quella esterna forma anteriormente una struttura trasparente con la funzione di lente, chiamata **CORNEA**, posteriormente forma la **SCLERA**, struttura rigida che permette di mantenere la forma sferica del globo oculare;
- la seconda membrana forma anteriormente due strutture di muscolo liscio chiamate **IRIDE** (con al centro la pupilla) e posteriormente il **MUSCOLO CILIARE** (che sostiene una seconda lente, il **CRISTALLINO**);
- la terza membrana si trova sul fondo dell'occhio ed è la **RETINA**, che contiene i **FOTORECETTORI** dei neuroni.

Nella struttura sferica è presente del liquido, che viene prodotto e rimosso costantemente.

## Struttura dell'occhio

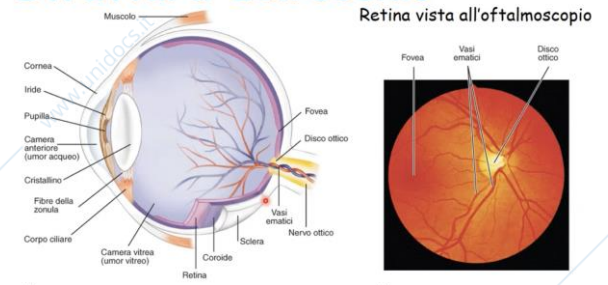


FIGURA 10.19 Anatomia dell'occhio. (a) Le principali strutture dell'occhio viste in sezione orizzontale. (b) La retina vista attraverso l'oftalmoscopio.

L'umor acqueo è prodotto da muscolo ciliare e drenato da canali anteriori all'iride. Se la velocità di produzione eccede la velocità di rimozione aumenta la pressione e si danneggia la retina: **glaucoma**. Cristallino opaco per accumulo di cellule vecchie: **cataratta**.

Il cristallino separa l'occhio in 2 camere: **CAMERA VITREA** (posteriore) che contiene un liquido chiamato **UMOR VITREO**, la camera anteriore contiene l'**UMOR ACQUEO**.

### PUPILLA

Foro al centro dell'**IRIDE**, il suo diametro può essere regolato in base alla quantità di luce che penetra, è un mediato dal SN autonomo attraverso il riflesso (che è consensuale perché basta ridurre il diametro di una pupilla sola per fare variare anche quella dell'altro occhio).

Come agisce il RIFLESSO?

Il muscolo dell'**IRIDE** presenta 2 strati:

- esterno radiale (stimolato dal SN simpatico), se si contrae il diametro della pupilla aumenta
  - interno circolare (stimolato dal SN parasimpatico), se si contrae il diametro della pupilla si riduce
- Lo stimolo è la LUCE.

### LA LUCE

È una radiazione elettromagnetica, ma solo una minima parte dello spettro elettromagnetico stimola l'occhio (tra 400 e 750 nm circa di lunghezza d'onda).

La luce visibile è costituita da tanti colori (messi insieme formano la luce bianca), con l'uso di un prisma si riesce a far deviare la luce scomponendola nei suoi componenti.

La luce, se viene inviata verso un corpo, può subire due destini:

- se è un corpo opaco, il raggio di luce viene RIFLESSA e torna indietro (e ci permette di vedere tale corpo)
- se è trasparente, la luce attraversa il corpo e spesso avviene la RIFRAZIONE.

### RIFLESSIONE

Se un corpo riflette tutte le lunghezze d'onda della luce appare BIANCO.

Altri corpi assorbono tutti i colori tranne uno (es. un corpo verde, assorbe tutti i colori TRANNE il verde).

Se assorbe tutti i colori, apparirà NERO.

### RIFRAZIONE

La luce attraversa un mezzo trasparente e la sua direzione viene in parte deviata.

L'**ANGOLO DI RIFRAZIONE** varia in base all'angolo di incidenza della luce e il piano di separazione tra i due mezzi.

Se il fascio di luce è perpendicolare al piano di separazione, la RIFRAZIONE è nulla.

Se è inclinata, ci sarà un certo grado di rifrazione.

Le **LENTI** sono oggetti costituiti da materiale trasparente con una certa curvatura.

Una lente **CONCAVA** fa DIVERGERE i fasci luminosi.

Una lente **CONVESSA** fa CONVERGERE i fasci in un punto, detto **PUNTO FOCALE** (come le lenti nel nostro occhio). L'immagine si formerà sulla **RETINA** (dove si trova anche il punto focale).

L'occhio assomiglia ad una macchina fotografica: se c'è poca luce apriamo di più il diaframma (nell'occhio è la pupilla che aumenta il suo diametro) e viceversa.

Anche l'occhio presenta delle **LENTI**, per focalizzare le immagini: la **CORNEA** (curvatura fissa) e il **CRISTALLINO** (curvatura modificabile), sono entrambi lenti convesse.

Il **PUNTO FOCALE** si trova sul fondo dell'occhio (sulla **RETINA**).

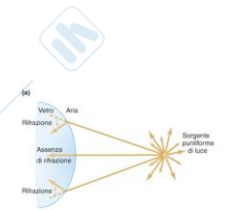
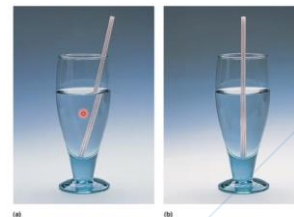


Figura 5-26 Rifrazione di un raggio luminoso al passaggio tra due mezzi di trasmissione con diversa densità ottica.

- Quando le onde luminose di un raggio di luce colpiscono un'interfaccia perpendicolare al raggio stesso, le onde penetrano nel secondo mezzo rifrattivo senza subire alcuna deviazione
- Il grado di rifrazione dipende:
  - a) dal rapporto degli indici di rifrazione dei due mezzi
  - b) dal grado di inclinazione del piano dell'interfaccia rispetto al fronte d'onda del raggio luminoso incidente

Se un oggetto è lontano, i raggi luminosi che provengono da esso sono paralleli tra di loro e il punto focale cade normalmente sulla retina.

Quando un oggetto si avvicina all'occhio, i raggi luminosi che provengono da esso sono divergenti: il punto focale si allontana (e non cade più sulla retina, quindi non lo vedremo più a fuoco). Quindi è necessario modificare la messa a fuoco per riportare il punto focale sulla retina, modificando il raggio di curvatura del cristallino, tale riflesso si chiama **ACCOMODAZIONE** (mediato dal SN autonomo).

Se il cristallino è più sferico, il suo potere di rifrazione aumenta e il punto focale si avvicina di conseguenza.

Il **CRISTALLINO** è una struttura trasparente e sferica ed è sospeso dietro alla pupilla tramite fibre della zonula (connettivali), le quali sono collegate da una parte al CRISTALLINO, dall'altra al **MUSCOLO CILIARE** (andamento circolare).

Il muscolo ciliare è normalmente rilasciato e tiene le fibre tese; quando si contrae il diametro diminuisce, le fibre della zonula sono meno in trazione, il cristallino quindi assume una forma più sferica (il punto focale si avvicina).

Il raggio di curvatura che il cristallino può assumere ha un valore massimo: vi è quindi una distanza minima (chiamata **PUNTO VICINO**) alla quale siamo in grado di vedere un oggetto a fuoco (se è troppo vicino non lo mettiamo a fuoco). Il punto vicino è di 10 cm per i giovani, che si allontana con l'aumento dell'età (il cristallino perde elasticità).

**PRESBIOPIA:** difetto della vista dovuta all'avanzare dell'età e quindi si fa sempre più fatica a mettere a fuoco gli oggetti vicini.

#### ALTRI DIFETTI DELLA VISTA

**MIOPIA:** o anche definita come **OCCHIO LUNGO**

Il bulbo oculare è troppo lungo o il cristallino ha un indice di rifrazione troppo grande, il punto focale quindi cade davanti alla retina (quindi il soggetto non vede gli oggetti lontani), ma vedono bene da vicino.

**SOLUZIONE:** utilizzare delle lenti concave che allontanano il punto focale e riducono l'indice di rifrazione.

**IPERMETROPIA:** o **OCCHIO CORTO**

Il cristallino ha un indice di rifrazione troppo basso o il bulbo oculare troppo corto, focalizza gli oggetti dietro alla retina.

Quindi un soggetto affetto da tale patologia non vede bene né gli oggetti vicini né quelli lontani.

Quindi l'occhio deve sforzarsi di regolare la messa a fuoco (con accomodazione) anche per vedere gli oggetti lontani, ma non sarà in grado per gli oggetti vicini.

**SOLUZIONE:** usare delle lenti convesse per avvicinare il punto focale oppure per aumentare l'indice di rifrazione del cristallino.

#### La RETINA

La luce viene convertita in energia elettrica grazie ai recettori presenti sulla retina (processo di **TRASDUZIONE** del segnale): **FOTOTRASDUZIONE**.

I fotorecettori sono: **CONI** e **BASTONCELLI**.

La luce, prima di raggiungere i fotorecettori posti in fondo alla retina, deve attraversare prima diversi strati di cellule nervose (chiamate cellule bipolari), le quali fanno direttamente sinapsi coi fotorecettori.

Le cellule bipolari fanno poi sinapsi con le cellule gangliari, che sono le uniche cellule nervose della retina (producono potenziale d'azione e hanno dei prolungamenti assonici che vanno a formare il nervo ottico).

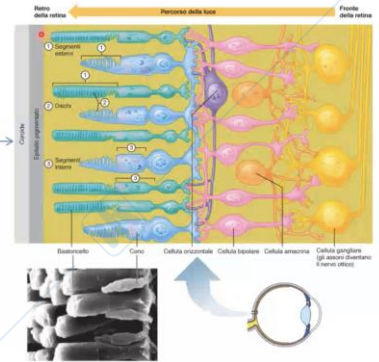
Ci sono anche cellule orizzontali e cellule amacrine, che regolano l'attività della retina (modulano le risposte prodotte dai fotorecettori) e fanno sinapsi con le cellule bipolari (per le cellule orizzontali) e con le cellule gangliari (per quelle amacrine).

I fotorecettori sono a stretto contatto con l'epitelio pigmentato che si trova sul fondo dell'occhio (ha la capacità di assorbire la luce ed evitano che si creino interferenze di luce).

## La retina

- La fototrasduzione, cioè la trasformazione dell'energia luminosa in energia elettrica avviene nella **Retina**;
- La Retina ha la stessa derivazione embriologica della corteccia cerebrale e, come in essa, i neuroni sono disposti a strati. Il neurotrasmettitore principale è il glutammato

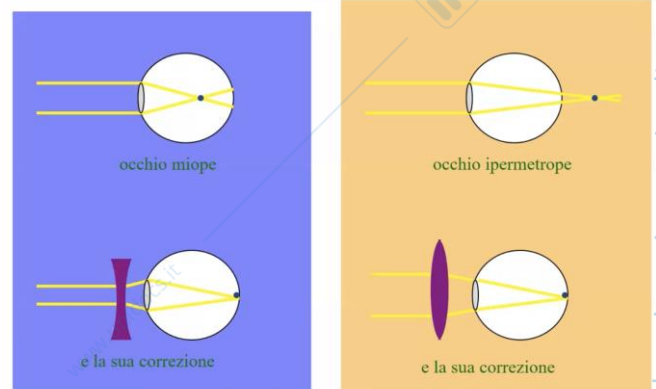
La parte fotosensibile della retina è rivestita da un **epitelio pigmentato**, la cui funzione è quella di assorbire tutti i raggi luminosi non catturati dai fotorecettori ed impedendo quindi che questa luce venga riflessa all'interno dell'occhio stesso.



Il cristallino e la sua distanza focale non si sono modificati, ma l'oggetto è visto fuori fuoco perché i raggi luminosi non sono a fuoco sulla retina.

Per mantenere a fuoco un oggetto mentre si avvicina, il cristallino si arrotonda.

## Occhiali



La **FOVEA** è un punto della **RETINA** con la massima acuità visiva (ed è qui che si trova il punto focale, dove si forma l'immagine), i neuroni si piegano lateralmente per permettere alla luce di colpire direttamente i fotorecettori (nelle altre parti della retina la luce deve attraversare prima una serie di cellule nervose prima di arrivare ai fotorecettori).

**FOTORECETTORI**, ovvero i **coni** e i **bastoncelli**, sono costituiti da:

- un segmento **interno** (con nucleo e vari organelli)
  - un segmento **esterno**, fatto da tanti dischi membranosi impilati
- Nei coni, i dischi hanno diametro decrescente (conferendo una forma a cono)  
Nei bastoncelli, i dischi hanno uguali misure (il segmento esterno ha forma cilindrica).

Ci sono 20 bastoncelli per ogni cono.

Nella **FOVEA**, ci sono invece più coni rispetto ai bastoncelli.

**BASTONCELLI**: permettono la visione in bianco e nero; contiene un solo pigmento (**RODOPSINA**); alto grado di convergenza, tanti bastoncelli convergono su un'unica cellula gangliare, quindi minore acuità e maggiore sensibilità (più bastoncelli, le loro risposte si sommano), vengono usati principalmente durante la visione notturna.

**CONI**: visione a colori; ha 3 tipi di pigmenti sensibili a diverse lunghezze d'onda (rosso, verde, blu), ogni cono ha uno dei 3 pigmenti; basso grado di convergenza (rapporto 1:1 di cono-cellula gangliare), bassa sensibilità e maggiore acuità, usati principalmente durante la visione diurna.

Il **SNC** analizza le risposte ottenute dai 3 tipi di coni ed è in grado di percepire un dato colore (dello spettro della luce visibile).

La fototrasduzione è resa possibile grazie ai pigmenti visivi (molecole colorate).

Se manca uno dei pigmenti visivi non riusciremmo ad individuare quel dato colore.

**DALTONISMO**: è una malattia genetica derivata dalla mutazione del cromosoma X (quindi più frequente nei maschi). Il soggetto affetto da tale patologia solitamente non è in grado di distinguere alcuni colori (come il rosso e il verde).

L'acuità visiva è simile a quella tattile: se un fotone cade su un bastoncello o su un altro, la cellula gangliare percepisce come se provenisse da uno stesso punto (non è capace di discriminare, bassa acuità).

**FOTOTRASDUZIONE: trasformare l'energia luminosa in quella elettrica.**

L'**OPSINA** è una proteina in grado di legare pigmenti visivi (come il retinale); quando il bastoncello si trova al buio, la sua permeabilità al sodio è elevata, quindi il potenziale di membrana è depolarizzato (-40 mV) e la cellula rilascia continuamente neurotrasmettitori sulle cellule bipolari.

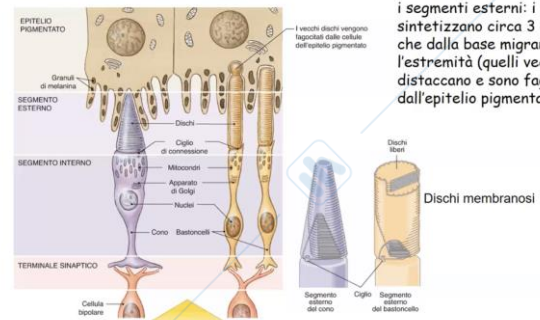
I canali per il sodio sono aperti grazie a livelli elevati di cGMP.

Quando il recettore viene colpito dalla luce, il retinale legato alla opsina cambia struttura, si attiva e si stacca dall'opsina; anche l'opsina modifica la sua struttura (è collegata ad una proteina che a sua volta è collegata ad una proteina G), si innesca una risposta intracellulare che riduce i livelli di cGMP e la chiusura dei canali per il sodio. Anche il rilascio di neurotrasmettitore si riduce.

Il retinale va nell'epitelio pigmentato per poter essere disattivato e per poter legarsi nuovamente alla opsina, in questo caso l'opsina priva del suo pigmento si dice **SBIANCATA** e il fotorecettore non è più in grado di rispondere.

**NOTA: in questo caso, lo stimolo produce IPERPOLARIZZAZIONE della membrana del fotorecettore!**

## FOTORECETTORI



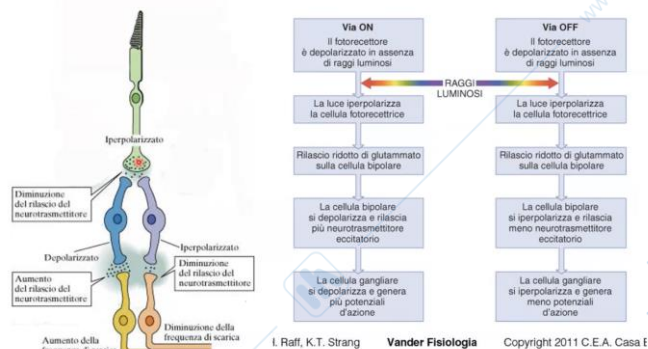
Come i neuroni, i fotorecettori non si rinnovano. Si rinnovano solo i segmenti esterni: i bastoncelli sintetizzano circa 3 dischi all'ora, che dalla base migrano verso l'estremità (quelli vecchi si distaccano e sono fagocitati dall'epitelio pigmentato)

Esempio: quando ci colpisce un fascio di luce intenso, non vediamo più nulla perché tutte le opsine sono state sbiancate e bisogna aspettare che si riformi il complesso retinale-opsina.

La cellula bipolare riceve il neurotrasmettitore (glutammato) in corrispondenza di una sinapsi.

Il neurotrasmettitore può iperpolarizzare o depolarizzare a seconda del tipo di cellula bipolare, che può essere:

- di tipo ON, si attivano quando il fotorecettore viene illuminato, la cellula si depolarizza (aumenta il rilascio di neurotrasmettitore eccitatorio che fa depolarizzare la cellula gangliare)
- di tipo OFF, sono inibite dalla luce, vengono iperpolarizzate (riduce il rilascio di neurotrasmettitore eccitatorio, quindi la cellula gangliare si iperpolarizza e genera meno potenziali d'azione).



Inoltre, la risposta è influenzata da cellule orizzontali e amacrine

Quindi a livello della RETINA, avviene già una prima rielaborazione prima di arrivare alla CORTECCIA VISIVA.

Questo doppio effetto ON-OFF permette l'organizzazione dei campi recettivi della cellula gangliare (superficie della retina che se illuminata, produrrà una risposta in una cellula gangliare).

Normalmente ha un centro e una periferia che rispondono in maniera opposta alla luce (on e off).

Ciò permette di evidenziare il contrasto delle immagini.

## UDITO

L'**ORECCHIO** contiene sia l'organo dell'udito che dell'equilibrio. È formato da tre parti:

- **ORECCHIO ESTERNO:** costituito dal PADIGLIONE AURICOLARE e dal CANALE UDITIVO (o meato acustico), serve a raccogliere i suoni e a incanalarli fino al timpano;
- **MEDIO:** la membrana timpanica divide il medio dall'esterno, contiene i 3 ossicini (martello, incudine e staffa) che trasmettono e amplificano le vibrazioni (le onde sonore) del timpano fino alla membrana della finestra ovale (e la finestra rotonda), che divide il medio dall'orecchio interno; l'orecchio medio è collegato alla faringe grazie alla TROMBA DI EUSTACHIO (collegamento che permette l'equalizzazione di pressione all'interno delle cavità dell'orecchio piene di aria);
- **INTERNO:** contiene le cellule recettoriali (per la sensibilità uditiva) e l'organo dell'equilibrio (organo statico).

L'organo dell'udito e dell'equilibrio sono contenuti in cavità ossee che nel loro insieme formano il LABIRINTO OSSEO (contiene un liquido chiamato PERILINFA), per l'udito è la COCLEA (cavità ossea a forma di chiocciola), per l'equilibrio sono i 3 canali semicircolari e il vestibolo.

All'interno delle cavità ossee vi sono delle strutture membranose chiamate LABIRINTO MEMBRANOSO (contiene l'ENDOLINFA).

L'**ORGANO DEL CORTI** (responsabile dell'udito), è contenuta nella COCLEA. All'interno della struttura membranosa scorre l'ENDOLINFA che percorre tutta la coclea e individua 3 camere:

- **DOTTO VESTIBOLARE**

- **DOTTO TIMPANICO**

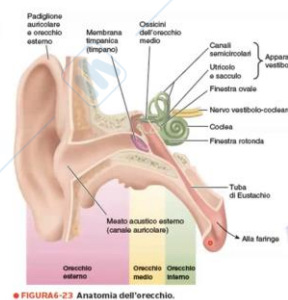
(questi due dotti contengono la perilinfina)

Il terzo è il **DOTTO COCLEARE** in cui è presente l'ORGANO DEL CORTI e contiene l'ENDOLINFA.

### ORGANO DEL CORTI

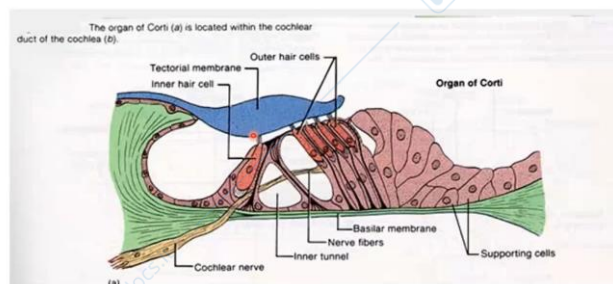
## Tromba di Eustachio

- L'orecchio medio è una cavità piena di aria che è collegata alla faringe tramite la Tromba (o tuba) di Eustachio.
- Questo collegamento permette l'equalizzazione di pressione all'interno delle cavità dell'orecchio piene di aria.



## Organo del Corti

- Il dotto cocleare (o scala media) è sede dell'Organo di Corti, costituito da cellule recettoriali cigliate e cellule di sostegno appoggiate su di una membrana basilare elastica e parzialmente ricoperte da un'altra membrana detta Membrana Tectoria.



È costituito da cellule di supporto che appoggiano sulla membrana basilare (che divide l'endolinfa dalla perilinfa) e hanno la funzione di sostenere le cellule cigliate (che permettono la TRASDUZIONE del SEGNALE, da sonoro a elettrico) le cui ciglia poggiano sulla membrana tettoria.

Il **SUONO** è un fenomeno ondulatorio.

Le **ONDE SONORE** sono onde alternate di pressione e si propagano solo attraverso la materia (come l'aria) tramite la vibrazione di oggetti (urti tra molecole).

La frequenza è il reciproco della lunghezza d'onda (suono acuti hanno alta frequenza, gravi hanno bassa frequenza).

L'intensità del suono si misura in decibel (dB)

La soglia dell'udito umano equivale a 0 decibel.

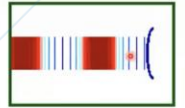
La sensibilità varia a diverse frequenze ed è bassa al di fuori del range 300-6000Hz (anche se riusciamo a riconoscere frequenze tra 20 e 20000Hz).

Al di sopra di 100 dB diventa doloroso per l'udito umano (ancora più elevato può diventare dannoso).

La membrana timpanica viene fatta vibrare dalle onde sonore.

## Trasmissione del suono nell'orecchio esterno

- Il suono viaggia attraverso l'orecchio esterno ancora sotto forma di onda di pressione, con fasi alternanti di alta e bassa pressione.
- Quando il suono raggiunge il timpano, l'energia dell'onda meccanica viene convertita in vibrazioni del timpano e della struttura interna ossea dell'orecchio.
- Le fasi di compressione delle onde sonore spingono il timpano verso l'interno e le fasi di rarefazione lo spingono verso l'esterno. In questo modo il timpano vibra alla stessa frequenza dell'onda sonora.
- L'ampiezza della vibrazione è proporzionale all'intensità del suono.



I **TRE OSSICINI** dell'ORECCHIO MEDIO (martello, incudine e staffa) formano un sistema di leve che serve ad **amplificare le vibrazioni** e le trasmettono dal timpano (ha una superficie maggiore della finestra ovale) alla membrana della finestra ovale. La **FINESTRA OVALE** vibra e agisce anche sul liquido all'interno della coclea, si vengono a produrre delle onde nel liquido. Le onde si diffondono lungo tutta la coclea e tornano indietro verso la **FINESTRA ROTONDA** e questi movimenti influenzano anche la membrana basilare.

Le cellule cigliate dell'organo del Corti non sono tutte della stessa lunghezza.

Il **CHINOCIGLIO** è la ciglia più lunga. Quando la membrana basilare vibra, le cellule cigliate che stanno tra la membrana basilare e quella tettoria (rigida) vengono piegate e tale flessione produce una risposta.

Se le ciglia vengono flesse nella stessa direzione del chinociglio permette l'apertura di canali per il potassio sulle ciglia stesse.

Se si piegano nella direzione opposta, i canali vengono chiusi.

Quindi il piegamento delle ciglia fa variare la loro permeabilità.

**ECCEZIONE:** l'endolinfa in cui le cellule cigliate sono immerse ha un'alta concentrazione di potassio, quindi quando i canali si aprono, il potassio entra nelle cellule cigliate e va a depolarizzare il potenziale di membrana. Si vengono ad aprire dei canali per il calcio voltaggio-dipendenti che indurranno il rilascio di vescicole sinaptiche in corrispondenza di neuroni che porteranno il segnale verso la **CORTECCIA UDITIVA**.

La **MEMBRANA BASILARE** è più stretta e spessa nella parte più vicina alla **FINESTRA OVALE** (suoni ad alta frequenza), diventa più ampia, sottile e flessibile quando si allontana (questa parte viene fatta vibrare dai suoni a bassa frequenza).

I neuroni che ricevono informazioni da diversi punti della membrana basilare (quindi a diversa frequenza) le portano poi su diversi punti della corteccia uditiva e permettono la percezione delle diverse frequenze, perché la corteccia uditiva è organizzata in maniera **TONOTOPICA** (un punto corrisponde ad una determinata frequenza).

## SISTEMA VESTIBOLARE

L'organo dell'equilibrio è simile strutturalmente a quello dell'udito (cavità ossee con perilinfa, strutture membranose con endolinfa)

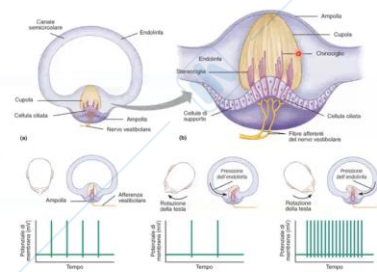
Funzione: percezione della testa nei diversi movimenti.

I canali semicircolari sono cavità ossee e sono organizzati secondo i 3 piani dello spazio (asse X Y Z), percepiscono l'accelerazione angolare del capo lungo 3 assi perpendicolari.

I canali semicircolari presentano una zona allargata chiamata **AMPOLLA** dove ci sono cellule cigliate che permettono la percezione e sono immerse in una sostanza gelatinosa (**CUPOLA**), non vi è la membrana tettoria. Tutto è immerso nell'**ENDOLINFA**. Se ci muoviamo a velocità costante (sulla giostra), la deflessione delle ciglia cessa. La deflessione avviene solo quando avviene una variazione di velocità (e l'inizio e la fine di movimenti).

## Canali semicircolari: ampolle

Ogni volta che si muove la testa, il canale semicircolare e le cellule cigliate si muovono con lei; l'endolinfa invece, non essendo fissata al cranio, tende per inerzia a mantenere la sua posizione originale (cioè resta momentaneamente indietro). Quindi, l'ampolla viene spinta contro il liquido e le stereociglia si piegano nella direzione opposta al movimento.



Quando velocità del movimento diventa costante il liquido comincia a muoversi alla stessa velocità della testa e la risposta cessa: i recettori segnalano solo variazioni di velocità (accelerazioni) e inizio/fine dei movimenti (Ampolla il movimento si arresta, il liquido per inerzia continua a muoversi, piegando le ciglia nella stessa direzione del movimento).

FIGURA 10.41 Anatomia funzionale dei canali semicircolari. (A) Al centro dell'ampolla, una cellula ciliata è fissata al liquido canale semicircolare. In base al segnale, viene generato il segnale del cervello da una cellula ciliata, cellule ricamorate per l'equilibrio. (B) In un momento di un movimento di rotazione, la cupola viene spinta contro il liquido e le stereociglia vengono deflesse. In questo momento, la cellula ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (C) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (D) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (E) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (F) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (G) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (H) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (I) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (J) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (K) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (L) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (M) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (N) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (O) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (P) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (Q) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (R) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (S) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (T) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (U) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (V) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (W) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (X) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (Y) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale. (Z) Quando l'accelerazione cessa, il liquido ciliata apre i canali per il potassio e il calcio voltaggio-dipendenti e il liquido si muove verso il canale.

**UTRICOLO** e **SACCULO** sono strutture membranose contenute nel vestibolo.

Hanno cellule di supporto e cellule cigliate (l'epitelio è chiamato **MACULA**) che sono immerse in una sostanza gelatinosa sulla cui superficie presenta dei sassolini chiamati **OTOLITI** (membrana otolitica).

Essi percepiscono movimenti di accelerazione lineare, le ciglia subiscono una deflessione (il liquido all'interno per inerzia fanno piegare le ciglia nel verso opposto).

Utricolo: sensibili a movimenti in senso orizzontale

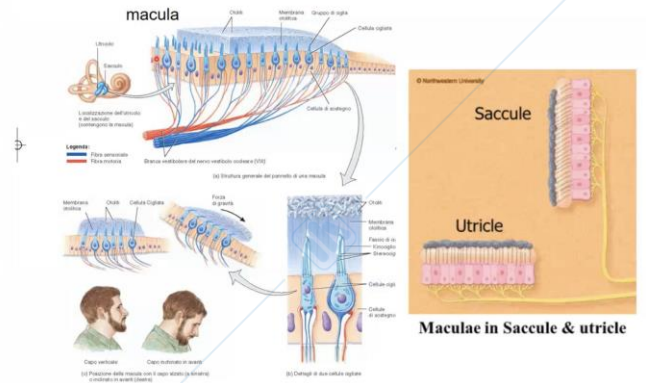
Sacculo: senso verticale

Queste due strutture membranose ci fanno percepire anche la posizione della testa dovuta alla gravità.

I sassolini vengono spostati per via della gravità e fanno deflette anche le ciglia immerse nella membrana otolitica.

## Utricolo e Sacculo: macule

forniscono informazioni sull'accelerazione lineare (alto-basso, avanti- indietro) e sui cambiamenti di posizione del capo rispetto alla forza di gravità



## GUSTO

Reso possibile grazie alla presenza di cellule sensoriali contenute in strutture chiamate **PAPILLE GUSTATIVE**, sulla lingua e presenti anche in tutta la cavità orale.

Costituite da cellule recettoriali e di sostegno, fanno sinapsi con neuroni che portano informazioni verso la **CORTECCIA GUSTATIVA**.

Le cellule gustative rispondono alla presenza di particolari sostanze all'interno della bocca (principalmente derivate dagli alimenti). Esse sono sensibili ad un gusto primario.

I **GUSTI PRIMARI** sono 5 (attualmente):

**DOLCE**, cellule sensibili agli zuccheri

**SALATO**, sensibili al sodio

**AMARO**, le cellule sono sensibili a sostanze varie (anche sostanze tossiche)

**ACIDO**, sensibili agli ioni  $H^+$

Gusto della carne e delle proteine è l'**UMAMI** (come per il glutammato)

(forse esiste anche un sesto gusto, con cellule sensibili agli acidi grassi)

Come per i coni nella vista, le informazioni vengono analizzate nel loro insieme dal **SNC** e ci permette di identificare un dato gusto.

## OLFATTO

Il **SAPORE** di un alimento è dato dalla combinazione del **GUSTO** e dell'**OLFATTO**.

Le sostanze volatili raggiungono i recettori olfattivi che sono presenti nella cavità nasale, si trovano nell'epitelio olfattivo e sono direttamente dei neuroni che inviano i prolungamenti assonici attraverso l'osso etmoide, raggiungendo il **SNC**.

Esistono più di mille tipi di recettori olfattivi, ognuno dei quali sono sensibili ad una sostanza odorosa.

Sono molto sensibili: bastano poche molecole per attivarli e farci percepire l'odore.

Si adattano anche velocemente (ci abituiamo ad un particolare odore, per esempio l'odore in una stanza).

La trasduzione del segnale nei recettori olfattivi è resa possibile grazie a delle proteine recettrici sulla membrana cellulare, si legano alla sostanza odorosa e attraverso una risposta mediata da secondi messaggeri produrrà delle risposte depolarizzanti nella cellula.