

SENSAZIONE E REALTÀ

SENSAZIONE E PERCEZIONE

La funzione primaria dei sensi è di agire come **trasduttori biologici**, strumenti che convertono un tipo di energia in un'altra. Ciascun senso trasforma un tipo di energia fisica in *potenziale d'azione* nei neuroni. Le informazioni che arrivano al cervello dagli organi sensoriali creano le **sensazioni** che, rielaborate dal cervello si trasformano in **percezioni**. Quasi tutte le fasi di questo processo sono inconsce, mentre, di solito, siamo consapevoli solo del risultato: ciò che è percepito.

In **psicofisica**, l'energia fisica come le onde sonore o le radiazioni elettromagnetiche si misurano sulla base delle dimensioni delle sensazioni prodotte dalla nostra esperienza, come il rumore o la luminosità. La ricerca psicofisica ha permesso di scoprire che i *sensi* agiscono come dei *sistemi di riduzione dei dati*; selezionano e analizzano le informazioni per codificarle e inviare al cervello solo i dati più importanti.

SELEZIONE

Gran parte della **selezione** avviene perché i recettori sensoriali non trasducono tutte le energie che incontrano. Molti tipi di stimoli non producono sensazioni dirette, perché non abbiamo i recettori sensoriali per trasdurre l'energia.

Un'ulteriore selezione avviene perché i recettori trasducono solo una parte di energia.

Perché si crei una sensazione, l'energia deve superare un *intensità minima* detta SOGLIA ASSOLUTA del sistema sensoriale.

ADATTAMENTO SENSORIALE

Il flusso delle sensazioni verso il cervello subisce un'ulteriore selezione con l'ADATTAMENTO SENSORIALE.

I recettori sensoriali rispondono meno agli stimoli che non cambiano, un processo chiamato appunto **adattamento sensoriale**. I recettori olfattivi si adattano velocemente. Se esposti a un odore costante, inviano meno impulsi nervosi al cervello finché non si avverte più l'odore. Quindi i recettori sensoriali rispondono meglio ai cambi di stimolazione, dal momento che non vi è ragione per continuare a ricordare al cervello un input sensoriale che non muta.

ANALISI SENSORIALE

La nostra esperienza è influenzata dall'ANALISI SENSORIALE. Quando i sensi processano l'informazione, dividono il mondo in **caratteristiche percettive** o **stimoli di base**. Il sistema visivo, ad esempio, ha una serie di *detettori-rilevatori* che si accordano con stimoli specifici come linee, forme, colori e altre immagini (EFFETTO POP-OUT)¹. Anche se la sensibilità alle percezioni è una caratteristica innata del nostro sistema nervoso, essa è anche influenzata dalle esperienze della prima infanzia.

CODIFICA SENSORIALE

Dopo aver selezionato l'informazione, i sistemi sensoriali devono *codificarla*. Con il termine CODIFICA SENSORIALE si intende la trasformazione di caratteristiche percettive in messaggi che vengono inviati al cervello. Solo differenze rilevanti fra stimoli possono essere codificate. Lo studio delle SOGLIE DIFFERENZIALI si dedica a comprendere quanto deve cambiare uno stimolo (aumentare o diminuire) prima che diventi abbastanza diverso; più lo stimolo è diverso, più viene percepito.

LOCALIZZAZIONE SENSORIALE: il tipo di sensazione provata dipende dall'area del cervello che viene attivata dagli impulsi nervosi provenienti dai recettori sensoriali. Sapere quali aree del cervello sono attive consente di capire quale tipo di sensazione si sta provando.

Non abbiamo un controllo su ciò che i nostri sensi trasducono, analizzano e codificano e neanche sull'adattamento sensoriale, ma abbiamo il controllo sull'*attenzione selettiva*.

ATTENZIONE SELETTIVA: stato in cui il cervello si concentra su un determinato input sensoriale, andando ad inibire gli altri stimoli. Si basa sull'attività del cervello di selezionare e deviare i messaggi sensoriali.

CECITÀ DA DISATTENZIONE: impossibilità di notare uno stimolo perché l'attenzione è focalizzata altrove.

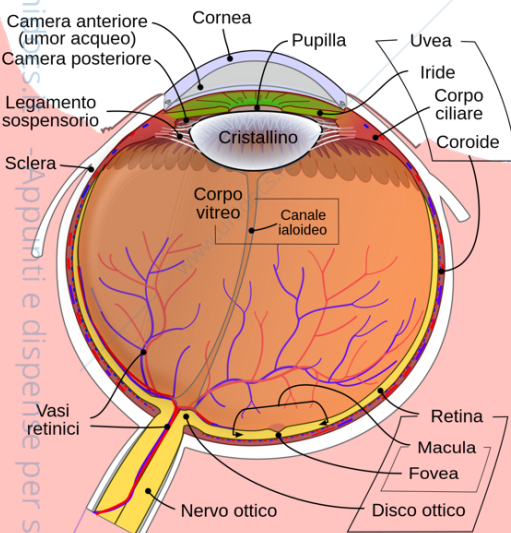
Cecità da disattenzione+attenzione selettiva= riduzione flusso informazioni sensoriali in arrivo al cervello.

¹ Per questo siamo in grado, ad esempio, di concentrarci su una singola linea verticale in mezzo a tante linee oblique.

LA VISTA

SPETTRO OTTICO: formato da diverse lunghezze d'onda, è la gamma di energia elettromagnetica alla quale l'occhio è sensibile. La luce visibile inizia con onde corte, percepite con il colore viola. Onde di lunghezza sempre maggiore producono il blu, il verde, il giallo, l'arancio e il rosso. Per essere percepita dall'occhio, un'onda luminosa non deve rientrare solo nella gamma dello spettro ottico ma deve anche avere un'INTENSITÀ² che superi la soglia assoluta. Le 3 **GRANDEZZE FONDAMENTALI** della luce visibile sono:

1. **TONALITÀ:** categorie fondamentali del colore (rosso, arancio, giallo, verde, blu, indaco e violetto). Tonalità diverse corrispondono a specifiche lunghezze d'onda della luce.
2. **SATURAZIONE:** misura della purezza di un colore. Mentre la luce bianca è una miscela di diverse lunghezze d'onda, i colori corrispondono a una banda ristretta di lunghezze d'onda e quindi sono *saturi*, ossia "puri".
3. **VIVIDEZZA:** corrisponde più o meno all'*ampiezza*, cioè all'altezza delle onde luminose. Le onde di ampiezza maggiore sono più "alte", contengono più energia e fanno sì che vediamo i colori più o meno intensi e brillanti.



STRUTTURA DELL'OCCHIO

CRISTALLINO: *lente biconvessa* che focalizza le immagini su uno strato di cellule fotosensibili che si trovano sul fondo dell'occhio.

RETINA: membrana composta da fotorecettori.

CORNEA: membrana che ricopre la parte anteriore dell'occhio, attraverso la quale è possibile intravedere l'iride e la pupilla. La cornea indirizza la luce all'interno "piegando" i raggi luminosi paralleli per convergerli sul cristallino. Quando i raggi luminosi passano dall'aria alla cornea vengono incurvati, in un processo detto **rifrazione**. Il cristallino, poi, esegue altri adattamenti alla distanza dell'oggetto da mettere a fuoco, aumentando o diminuendo il suo spessore e quindi il grado di curvatura dei raggi luminosi. Qui avviene la *messa a fuoco*.

ACCOMODAZIONE: processo in cui i muscoli ciliari e i legamenti che sostengono il cristallino ne cambiano la forma, modificando di conseguenza il *punto focale*. È un processo di messa a fuoco per gli elementi presenti nell'ambiente a meno di 6 metri dall'occhio; da una distanza compresa fra 6m e l'infinito, detta **profondità di campo**, gli oggetti possono muoversi verso e dall'occhio senza che il piano dell'immagine cada fuori dalla retina. L'accomodazione è responsabile della messa a fuoco di oggetti insieme a un altro processo: la **convergenza**. Poiché la nostra *visione è binoculare*, gli occhi devono ruotare verso l'interno per mettere a fuoco un oggetto vicino e verso l'esterno per la messa a fuoco di un oggetto più distante.

Problemi visivi

La messa a fuoco è influenzata anche dalla forma dell'occhio.

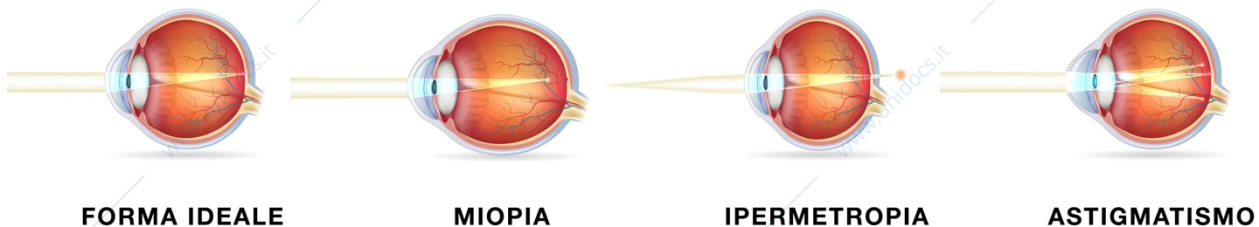
IPERMETROPIA: il globo oculare (occhio) è più corto del normale e porta a vedere gli oggetti vicini sfuocati, mentre quelli distanti sono visti molto bene; quindi difficoltà a vedere da vicino.

MIOPIA: l'occhio è più lungo, e le lunghezze d'onda sono portate a fuoco su un piano anteriore rispetto alla retina, per questo non si riescono a mettere a fuoco gli oggetti distanti; quindi difficoltà a vedere da lontano.

ASTIGMATISMO: quando la cornea o il cristallino hanno una *curvatura asimmetrica*. La visione, in questo caso, sarà in parte nitida e in parte sfuocata, perché l'occhio ha più di un punto focale.

PRESBIOPIA: quando invecchiando il cristallino diventa sempre meno flessibile ed elastico. In questo caso il punto di fuoco si allontana progressivamente e non si riesce più a eseguire correttamente l'accomodazione. Si ha quindi una difficoltà a vedere da vicino dovuta all'invecchiamento.

CATARATTA: il cristallino perde la sua trasparenza diventando opaco.



FORMA IDEALE

MIOPIA

IPERMETROPIA

ASTIGMATISMO

² numero di fotoni che colpiscono i recettori, cedendo dei quanti di energia, assorbiti poi dagli stessi recettori visivi.

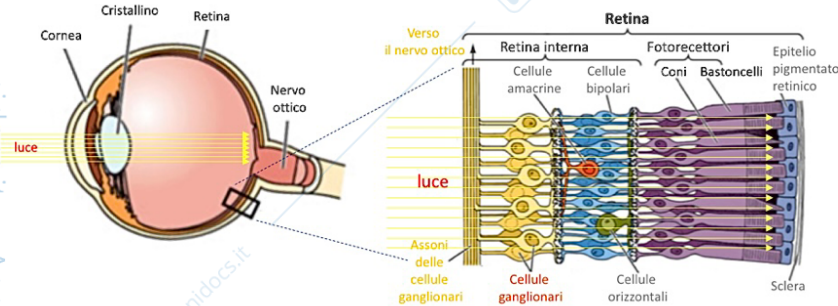
Controllo della luce in entrata

IRIDE: si trova davanti al cristallino e controlla la quantità di luce in entrata. È un *muscolo circolare*, costituito da uno strato piatto di fibre muscolari e da due strati di *cellule epiteliali pigmentate*, la parte colorata dell'occhio che gli conferisce il colore azzurro, castano o verde. Allargandosi e contraendosi, l'iride regola la quantità di luce che penetra nell'occhio, modificando la dimensione della **pupilla**.

PUPILLA: apertura circolare al centro dell'iride che permette il passaggio della luce.

La sensibilità della retina cambia a seconda dell'intensità luminosa, ma la retina si adatta molto lentamente. Tramite rapidi adattamenti, l'iride consente di passare in pochi attimi dall'oscurità alla luce, o viceversa. Con la luce scarsa le pupille si dilatano (**midriasi**), mentre si restringono quando la luce è intensa (**miosi**).

Fisiologia della retina



Cellule gangliari (o ganglionari):

MAGNOCELLULE: movimento e differenze di illuminazione.

PARVOCELLULE: dettagli statici e colore.

Nelle cellule gangliari si formano i *potenziali d'azione*, che si trasmettono nel cervello

CONI E BASTONCELLI (fotorecettori)

I *coni* e i *bastoncelli* sono due tipi di cellule recettoriali contenenti un pigmento con *spettro di assorbimento* diverso.

CONI: sono presenti in ciascun occhio, sono attivati da una luce intensa e sono deputati alla detenzione del colore e dei particolari minimi. Servono quindi per la **visione diurna** e per la **percezione cromatica**.

FOVEA: area retinica centrale, a forma di coppa, che contiene solo coni (50.000).

I coni molto vicini tra loro producono a livello corticale immagini nitide.

BASTONCELLI: non sono in grado di distinguere i colori e sono sensibili alla luce crepuscolare. La visione dei bastoncelli è in bianco e nero, ma sono più sensibili alla luce rispetto ai coni, consentendo di vedere in condizioni di luce fioca. Sono utili nella **visione notturna**.

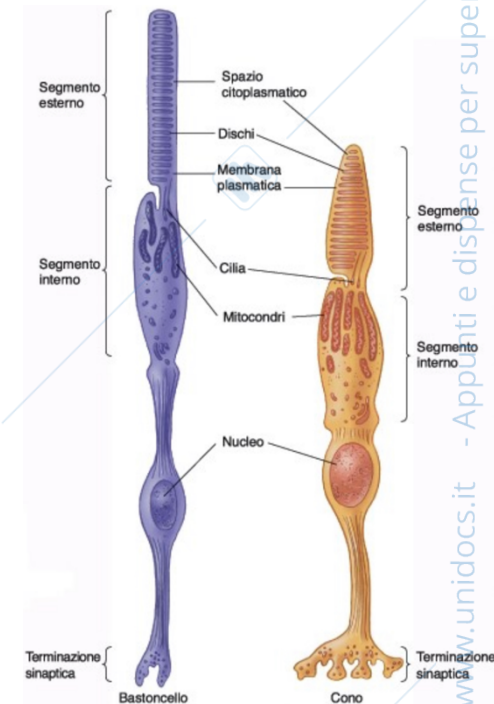
La luce non arriva direttamente su coni e bastoncelli, ma deve passare attraverso gli strati esterni della retina costituiti da **CELLULE BIPOLARI** e **GANGLIARI**. Coni e bastoncelli hanno la parte ricettiva *posteriormente*, a ridosso dello strato pigmentato che ricopre il fondo dell'occhio. Solo metà della luce posta di fronte all'occhio raggiunge i fotorecettori, ciò permette una maggiore accuratezza nella percezione dell'ambiente (**acuità visiva**) e una minore *sensibilità* dell'occhio alla luce. Se l'occhio venisse inondato di luce non sarebbe in grado di distinguere bene la forma e il colore degli oggetti.

PUNTO CIECO: punto della retina in cui non sono presenti fotorecettori, poiché non vi sono recettori visivi in corrispondenza del punto d'uscita del nervo ottico e punto di entrata dei vasi sanguigni. La corteccia riempie questo spazio vuoto con immagini provenienti da aree vicine. L'immagine sensoriale che parte dalla retina per arrivare alle aree corticali deputate alla visione, oltre ad avere un punto cieco, è:

- **FRAZIONATA** per l'attivazione di fotorecettori diversi;
- **ROVESCIA** perché passa attraverso il cristallino;
- **SFARFALLANTE** a causa dell'azione in sequenza di recettori visivi contigui;
- **OSCILLANTE** per il moto esploratorio compiuto continuamente dagli occhi.

I neuroni della corteccia visiva rispondono solo quando vengono rilevate alcune caratteristiche nell'immagine, come orientamento delle linee e zone a elevato contrasto luminoso. Nella corteccia visiva primaria si trovano vari tipi di neuroni:

- **CELLULE SEMPLICI:** si attivano quando arrivano *segnali puntiformi*;
- **CELLULE COMPLESSE:** sintonizzate per l'orientamento e la *frequenza spaziale*;
- **CELLULE IPERCOMPLESSE:** sensibili soprattutto per reticoli spezzati, linee o contorni.



Acuità visiva

ACUITÀ VISIVA (*visus*): capacità dell'occhio di captare con precisione un pattern spaziale specifico. I responsabili dell'acuità visiva sono i coni e i bastoncelli, che sono sensibili a differenze nella lunghezza d'onda della luce.

L'acuità visiva è misurata dall'angolo minimo sotto cui devono essere visti due punti adiacenti affinché l'occhio li percepisca separatamente. L'acuità visiva normale è di 11/10, ciò significa che l'individuo, fino a circa 6 m di distanza, riesce a distinguere due cose, in quanto vengono stimolati due fotorecettori non contigui della retina.

La valutazione dell'acuità visiva si effettua mediante il riconoscimento di segni o simboli detti **ottotipi**.

- Più recettori associati a una cellula gangliare in periferia;
- Pochi recettori associati ad una cellula gangliare al centro della retina.

Visione periferica

Anche le aree intorno alla fovea ricevono luce, creando un'ampia regione di **VISIONE PERIFERICA**. I bastoncelli sono più numerosi e quindi buona parte della visione periferica è dovuta a loro. Questo tipo di visione non è molto nitida, ma i bastoncelli sono sensibili al movimento.

Le persone con **visione da tunnel** non hanno la possibilità di avere una visione periferica, a causa di una deformazione genetica o congenita della retina, e per questo hanno la sensazione di avere i paraocchi. Si può avere una visione a tunnel temporanea quando si è assorbiti in un'attività.

Di notte, per vedere meglio l'oggetto che si vuole mettere a fuoco, conviene guardare al suo fianco, poiché la maggior parte dei bastoncelli si trova ai lati della fovea.

PERCEZIONE DEI COLORI

I *coni* sono più sensibili alla parte *giallo-verde* dello spettro ottico. Tra tutti i colori il giallo-verde sarà il più vivace.

I *bastoncelli* non sono sensibili al colore, in un ambiente scarsamente illuminato non si vedrebbe nessun colore, una luce sembrerebbe più chiara di un'altra. I bastoncelli, con poca illuminazione, sono più sensibili alle luci *blu-verdi*.

Così, di notte, quando prevale l'attività dei bastoncelli, la luce più visibile sarà la luce blu o blu-verde.

TEORIE SULLA VISIONE DEI COLORI

TEORIA TRICROMATICA: afferma che ci sono 3 tipi di coni, ognuno dei quali è più sensibile ad alcune lunghezze d'onda, in particolare al rosso, verde o azzurro. Gli altri colori deriverebbero dalla combinazione di questi tre. La teoria tricromatica riguarda la retina, in cui ci sono effettivamente tre tipi diversi di coni. Ognuno contiene un tipo diverso di **iodopsina**, un pigmento fotosensibile composto da una parte proteica, la *fotopsina*, e una molecola, il *retinene* che cambia forma quando è colpito dalla luce. Questo processo di trasduzione aumenta la conduttanza di membrana, creando un potenziale d'azione che dal recettore si propaga al cervello. Le sensazioni del nero e del bianco sono, invece, prodotte dai bastoncelli, il cui pigmento fotosensibile è la **rodopsina** (opsina + retinale). I tre tipi di coni generano impulsi nervosi con intensità diverse per produrre diverse sensazioni di colori a livello corticale.

- **CONTRO**: i colori primari sono quattro (rosso, verde, blu e giallo) e non possono essere ottenuti dalla mescolanza di altri colori;
- **PRO**: spiega ciò che accade a livello periferico.

TEORIA DEI PROCESSI OPPOSTI: afferma che il sistema visivo scompone i colori in messaggi del tipo "o l'uno o l'altro". Un colore è codificato come una coppia in cui un determinato colore impedisce il passaggio al colore opposto.

In base alla teoria dei processi opposti, la produzione di una risposta crea un'immagine postuma del colore opposto mentre il sistema visivo sta riacquistando le sue capacità. Le **immagini postume** sono sensazioni visive persistenti dopo che lo stimolo è scomparso (si vede una macchia luminosa appena dopo che si è spenta la lampadina).

La teoria dei processi opposti è valida per spiegare cosa accade a livello delle vie nervose del sistema visivo (nervo ottico, tratto ottico, tronco dell'encefalo, talamo) e a livello corticale dopo che l'informazione sensoriale è partita dall'occhio.

- **CONTRO**: /
- **PRO**: spiega come vengono analizzati i colori a livello centrale.

CONTRASTO CROMATICO SIMULTANEO: il colore percepito di un oggetto è influenzato dai colori degli altri oggetti vicini, in quanto l'attività dei neuroni in un'area della corteccia visiva è influenzata dall'attività delle aree vicine.

La percezione del colore è *costruita attivamente* a livello corticale, in particolare a livello centrale. Il cervello non si limita a ricevere informazioni sensoriali sui colori, ma deve generare il colore dai dati ricevuti, infatti è possibile percepire il colore anche dove non esiste.



CECITÀ ASSOLUTA E PARZIALE AI COLORI

CECITÀ AI COLORI: incapacità di percepire i colori; chi ne è affetto è privo di coni, oppure i coni non funzionano in modo normale. La *cecità assoluta* ai colori è rara.

CECITÀ AI COLORI PARZIALE: incapacità di percepire alcuni colori. La cecità parziale per verde e rosso è più comune, ed è più diffusa tra gli uomini caucasici che tra le donne.

La cecità ai colori è causata da **mutazioni** nei geni che controllano i diversi tipi di *iodopsina* sensibili al rosso, verde e blu nei coni. La cecità al verde-rosso è una *caratteristica recessiva legata al sesso*, ossia è collegata solo al cromosoma X femminile. Le donne hanno due cromosomi X, se ereditano solo uno dei due cromosomi che presenta un difetto genetico per la visione del colore, avranno comunque una visione normale. I maschi daltonici, invece, possiedono solo un cromosoma X, quindi possono ereditare il difetto dalla madre (la quale spesso non è daltonica).

ADATTAMENTO AL BUIO

L'**ADATTAMENTO AL BUIO** indica un aumento della sensibilità della retina alla luce che si verifica entrando in un luogo non illuminato. Sono necessari dai 30 ai 35 min di oscurità completa per raggiungere la *massima sensibilità visiva*. Quando i coni e i bastoncelli vengono colpiti dalla luce si ha una *scissione* delle iodopsine e della rodopsina nelle loro componenti (processo chimico). Per recuperare la sensibilità alla luce, tali pigmenti fotosensibili devono ricrearsi, cosa che richiede qualche tempo. La *visione notturna* è dovuta soprattutto a un aumento della rodopsina (pigmento fotosensibile dei bastoncelli).

I bastoncelli sono *insensibili* alla luce rosso vivo. Poiché la luce rossa non stimola i bastoncelli, in un ambiente, è come se le persone fossero già adattate al buio.

CECITÀ NOTTURNA e NICTALLOPIA: si possono sviluppare in mancanza di vitamina A; questo perché il *retinale*, un componente della rodopsina, viene sintetizzato dalla vitamina A, detta *retinene*. Quando non è disponibile vitamina A in quantità sufficiente, viene prodotta meno rodopsina. In questa condizione la visione è normale in presenza di luce intensa, con una maggiore attività di coni, ma si diventa ciechi al buio, quando devono entrare in funzione i bastoncelli.

MOVIMENTO SACCADICO: movimento volontario che si osserva durante l'esplorazione della scena visiva. Esso permette di portare nuovi oggetti potenzialmente interessanti sulla fovea. E' un *movimento* di tipo *balistico*, una volta iniziato non può esserne cambiata la velocità o la traiettoria. Durante l'esplorazione visiva di un'immagine si alternano velocemente dei **movimenti saccadici** (saccadi), che spostano la fovea su zone salienti dell'immagine, e fissazioni della durata di circa 300 ms.

L'UDITO

Il *suono* si propaga sotto forma di una serie di **ONDE DI COMPRESSIONE** e di **RAREFAZIONE** nell'aria.

ONDE SONORE: oscillazioni ritmiche delle molecole dell'aria.

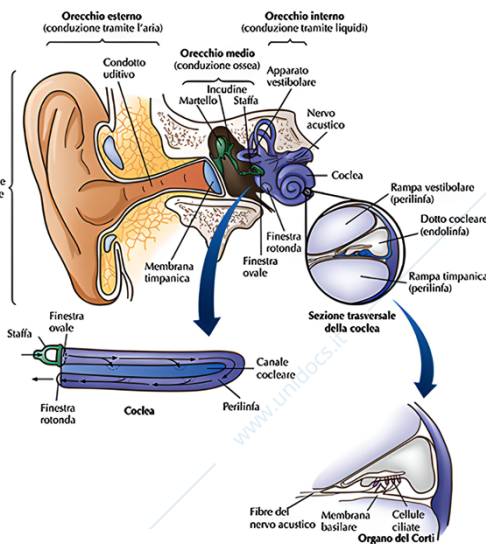
La **FREQUENZA** delle onde sonore, cioè il numero di onde al secondo, corrisponde alla *percezione dell'altezza* ed è la qualità che fa distinguere un *suono acuto* da uno *grave*. L'orecchio umano è sensibile solo a suoni compresi fra i 20 e i 20.000 oscillazioni al secondo o *hertz*.³ Al di sotto di questi si trovano gli **infrasuoni**, mentre sopra gli **ultrasuoni**.

L'**AMPIEZZA** delle onde sonore corrisponde alla *percezione del volume*, cioè dell'intensità del suono, che dipende dalla pressione esercitata dalle onde sonore sul *timpano*. Questa pressione dipende dall'ampiezza della vibrazione e dalla distanza del punto di percezione da quello di emissione del suono; l'intensità del suono infatti cala con il crescere della distanza.

PADIGLIONE AURICOLARE: parte *esterna* e visibile dell'orecchio; vengono convogliate le onde sonore. Non ha possibilità di movimento.

MEATO ACUSTICO ESTERNO o **condotto uditivo:** amplifica, di circa 10 volte, le frequenze tra i 2.500 e i 5.500 hz.

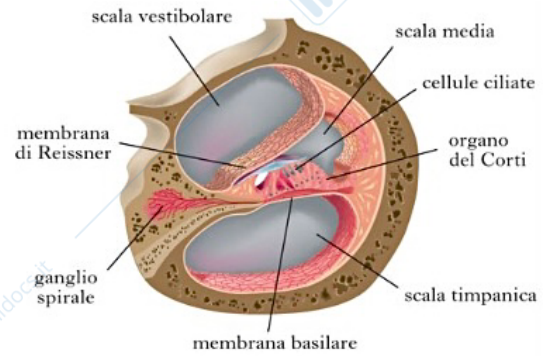
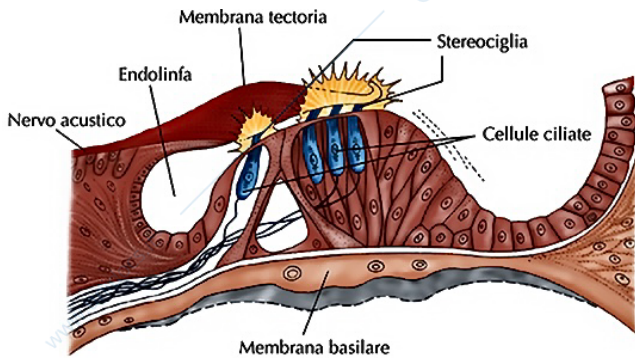
TIMPANO: sulla membrana del timpano giungono le onde sonore, facendola *vibrare*. La membrana timpanica trasmette la vibrazione a 3 piccoli *ossicini uditivi*, **MARTELLO**, **INCUDINE** e **STAFFA**, che vanno a triplicare le onde sonore. Questi ossicini sono contenuti in una cavità che comunica all'esterno tramite un canale detto **TROMBA DI EUSTACHIO** o **tuba di Eustachio**, che collega l'*orecchio medio* alla faringe. Ciò mantiene in equilibrio la pressione dell'aria sulle due superfici della membrana timpanica. La catena degli ossicini mette in contatto il timpano con la **COCLEA**, canale osseo a forma di chiocciola che costituisce l'*orecchio interno*.



³ Le frequenze della voce sono principalmente comprese fra i 250 e i 4.000 hertz.

Alla staffa e al martello si inseriscono due piccoli muscoli, STAPEDIO e TENSORE DEL TIMPANO, che si contraggono automaticamente a suoni di elevata intensità. Questo riflesso riduce la trasmissione dei suoni attraverso l'orecchio medio, ma solo alle basse frequenze. Questi muscoli non proteggono da suoni improvvisi.

FINESTRA OVALE: membrana sulla coclea; entra a contatto con la staffa. Questa finestra, muovendosi avanti e indietro, provoca onde nella **perilinfia**, liquido contenuto nella *rampa vestibolare della coclea*. La pressione generata si trasmette, attraverso la *membrana di Reissner*, al **DOTTO COCLEARE**, e da qui alla **MEMBRANA BASILARE**, nella parte inferiore del dotto cocleare, che viene messa in vibrazione. Sulla membrana basilare si trovano le **cellule ciliate** che captano le onde che si propagano attraverso l'**endolinfa**, liquido contenuto nel dotto cocleare. Queste cellule sono *recettori acustici* che costituiscono, insieme a *cellule di sostegno*, l'**ORGANO DEL CORTI**, il vero organo sensoriale uditivo. Le **stereociglia**, poste in cima ad ogni cellula ciliata, sfiorano la **MEMBRANA TECTORIA** quando le onde sonore si propagano nell'endolinfa. Quando le stereociglia si flettono, avviene la **trasduzione** delle onde sonore in impulsi nervosi che vengono inviati alla corteccia uditiva controlaterale.

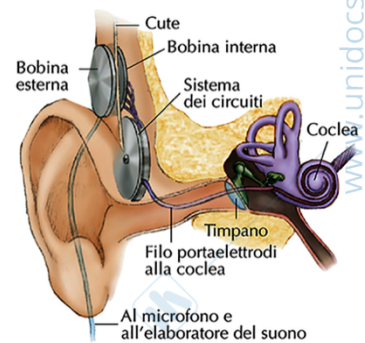


TEORIA DELLA FREQUENZA: quando l'altezza del suono aumenta, fino a 4.000 Hz, impulsi nervosi di frequenza corrispondente vengono inviati al nervo acustico.

TEORIA DEL PRINCIPIO DI SEDE: tonalità diverse attivano aree specifiche della coclea. La risposta della membrana basilare ai suoni di diversa frequenza dipenderebbe dalle sue proprietà elastiche che variano dalla **base**, relativamente stretta e rigida, all'**apice**, più largo ed elastico. I toni acuti vengono percepiti maggiormente alla base, accanto alla finestra ovale, in cui sono presenti cellule ciliate sensibili a onde sonore che vanno dai 16.000 ai 2.000 Hz; i toni gravi, dai 250 ai 16 Hz, sollecitano l'apice della coclea; il resto della membrana basilare è sensibile a suoni che vanno dai 2.000 ai 250 Hz.

IPOACUSIA CONDUTTIVA: si verifica quando il trasferimento di vibrazioni dall'orecchio esterno a quello interno è troppo debole (il timpano o gli ossicini potrebbero essere danneggiati da lesioni o malattie). In diversi casi l'ipoacusia conduttiva può essere superata con un *apparecchio acustico*, che rende i suoni più alti e chiari.

IPOACUSIA NEUROSENSORIALE: deriva da un danneggiamento delle cellule ciliate dell'orecchio interno o del nervo acustico. Verso i 65 anni di età più del 40% di esse sono andate perse, soprattutto quelle deputate alla trasduzione dei toni acuti. In questo caso gli apparecchi acustici servono poco; sono più utili gli *impianti cocleari*, in quanto in molti casi il nervo acustico è intatto. Gli impianti cocleari bypassano le cellule ciliate e stimolano direttamente il nervo acustico. I cavetti di un microfono portano segnali elettrici a una bobina esterna, una seconda bobina sottocutanea raccoglie i segnali e li trasporta a una o a più aree della coclea.



SORDITÀ INDOTTA DAL RUMORE: forma comune di ipoacusia neurosensoriale che si verifica quando dei rumori molto forti danneggiano le cellule ciliate, che una volta danneggiate non si ricreano. Il rischio di sordità dipende sia dal volume del suono che dal tempo di esposizione. Anche una breve esposizione a un volume alto può causare uno *spostamento temporaneo di soglia* (sordità parziale e transitoria); infatti ogni 20 decibel la pressione del suono aumenta di 10 volte. Se in seguito all'esposizione a rumori forti compare un **acufene**, sensazione di ronzii, fischi o fruscii, c'è la possibilità che le cellule ciliate abbiano riportato dei danni.

OLFATTO

L'aria entrando nel naso passa nel **VESTIBOLO NASALE** in cui si aprono le due narici. Esso è la prima porzione delle fosse nasali e, per la presenza di grossi peli (**viбриsse**), ha una *funzione filtrante* dell'aria inspirata. Il vestibolo nasale è rivestito da una **mucosa** con un **epitelio cilindrico stratificato** in cui sono presenti **cellule ciliate** (non recettori olfattivi) e **cellule calciformi mucipare** che producono il muco nasale. Sotto la mucosa si trova uno **strato vascolare**

ghiandolare. L'aria inspirata subisce un contatto diretto con la mucosa umida e irrorata che la riscalda e la rende satura di umidità. Il vestibolo nasale è collegato sia con il **CONDOTTO LACRIMALE** che con il **SENO MASCELLARE**. Quando respiriamo, l'aria arriva direttamente alla gola e soltanto una parte limitata va a colpire i **RECETTORI OLFATTIVI** dei **condotti nasali superiori**, dopo essere però passata attraverso la **fessura olfattiva**.

L'odore viene avvertito quando alcune molecole disperse nell'aria vanno a stimolare le cilia dei recettori olfattivi, **cellule bipolari** connesse con il **BULBO OLFATTIVO**, il quale trasmette gli impulsi nervosi ai centri cerebrali che decodificano e interpretano questi messaggi, classificando o riconoscendo gli odori.

L'olfatto è un senso che aiuta la memoria, un odore o profumo particolare può essere collegato a esperienze passate, piacevoli o sgradevoli, e quindi permetterci di ricordare.

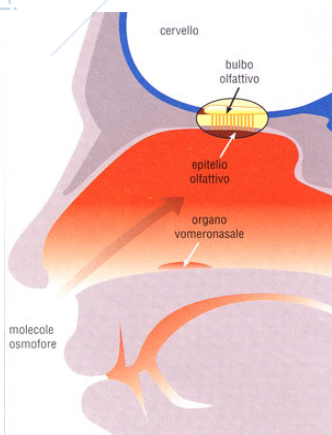
[Cilia dei recettori olfattivi → bulbo olfattivo → corteccia olfattiva e ipotalamo]

Si pensa che nell'uomo esistano circa 1.000 tipi di recettori olfattivi.

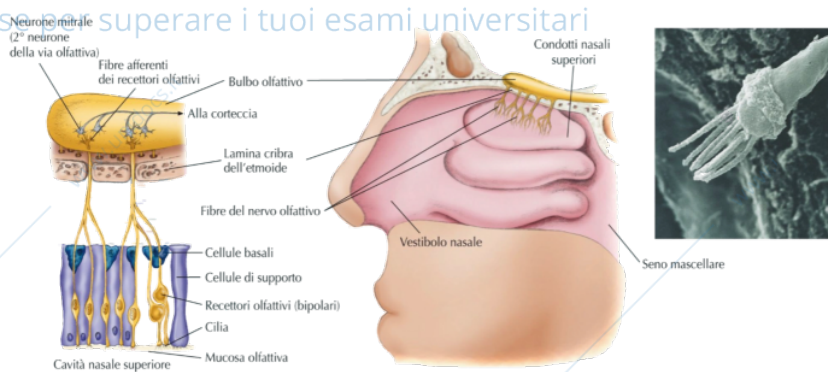
TEORIA OLFATTIVA DEL PATTERN DELLA FORMA (lock-and-key): i recettori presentano sulla loro superficie "fori" o "tasche" di forme diverse. La chimica produce odori quando una parte di molecola si adatta a un foro della stessa forma. Le molecole stimolano diverse *combinazioni* di recettori olfattivi, permettendo agli uomini di distinguere almeno 10.000 odori diversi. Gli odori vengono anche identificati dalla *posizione* dei recettori nel naso, i quali vengono attivati da un odore particolare. Inoltre il *numero* dei recettori attivati comunica al cervello l'intensità dell'odore. Il naso si adatta facilmente e in breve tempo ai nuovi odori, infatti odori inizialmente percepiti intensi dopo un po' di tempo diventano più labili o addirittura scompaiono.

DISOSMIA: incapacità di percepire un determinato odore. L'assenza di sensibilità a tipi specifici di odore suggerisce l'esistenza di differenti recettori per odori specifici. 5 persone su 100 soffrono di qualche tipo di disosmia; tra i fattori di rischio ci sono infezioni, allergie, traumi cranici che possono danneggiare i nervi olfattivi e l'esposizione a prodotti chimici.

FEROMONI (o ferormoni): sono sostanze chimiche prodotte da diversi organi del corpo e trasportate dall'aria, e hanno un notevole influsso sull'accoppiamento, il comportamento sessuale, il riconoscimento dei familiari e la marcatura del territorio. I feromoni umani sembrano essere connessi a sensazioni specifiche, come il benessere, l'attrazione o il disagio e possono contribuire alla sensazione inebriante di attrazione o *repulsione istantanea*. I feromoni umani si trovano per lo più nel *sudore ascellare*.



ORGANO VOMERONASALE: organo olfattivo accessorio coinvolto soprattutto nella percezione dei feromoni. Ha l'aspetto di una fossetta all'interno del naso, divisa a metà alla base del setto nasale. Queste fossette sono tappezzate di cellule nervose e rispondono solo ad alcune sostanze chimiche, probabilmente i feromoni.



GUSTO e SAPORI

Esistono 4 sensazioni gustative di base: dolce, salato, acido e amaro. Vi è però l'esistenza di un quinto gusto, indicato con la parola giapponese *umami*, dal sapore di brodo. I recettori per l'umami sono sensibili al *glutammato*, utilizzato come esaltatore di sapori e presente nel glutammato di sodio. I sapori sembrano numerosi perché si tende ad associarli ad altre sensazioni come odore, consistenza, temperatura, aroma e anche dolore. L'odore è importantissimo per determinare un sapore, il quale è costituito per metà dal suo odore.

BOTTONI GUSTATIVI: cellule recettoriali composte da 40/50 singoli recettori gustativi, sono disposti sulla lingua:

- bordi anteriori: recettori per il salato
- bordi posteriori: recettori per l'acido
- dorso: recettori per l'amaro
- punta: recettori per il dolce.

Con la masticazione il cibo viene disciolto nella saliva, e le molecole sapide vengono trasportate nei bottoni gustativi, generando degli impulsi nervosi diretti al cervello. Le persone hanno sensibilità diverse ai vari sapori, sensibilità determinate geneticamente, ma la sensibilità al gusto è determinata dal numero di bottoni gustativi presenti sulla lingua. Il senso del gusto varia anche con l'età; i recettori gustativi vivono solo per qualche giorno, e con l'avanzare dell'età rallenta anche il ricambio cellulare, quindi la percezione dei sapori diminuisce.

SENSAZIONI SOMESTESICHE

I **SENSI SOMESTESICI** o **somatosensoriali** sono una parte essenziale del mondo sensoriale.

Sensibilità somatosensoriale: **SENSI CUTANEI** (tatto, temperatura, dolore)

SENSI CINESTETICI (recettori, a livello di muscoli e articolazioni, che rilevano la posizione, lo spostamento e la forza del corpo)

SENSI VESTIBOLARI (recettori nell'orecchio interno deputati all'equilibrio, alla percezione di gravità e accelerazione)

SENSIBILITÀ CUTANEA

I **RECETTORI CUTANEI** producono almeno 5 sensazioni diverse: *sfioramento, pressione, dolore, freddo e caldo*.

I recettori di forme diverse sembrano essere in qualche modo specializzati nelle varie sensazioni. La superficie cutanea potrebbe essere "mappata" applicando punti di calore, freddo, sfioramento, pressione o dolore in tutto il corpo. Questo dimostrerebbe che il numero di recettori cutanei è variabile e che la sensibilità in genere è collegata al numero di recettori presenti in una determinata area. Alcune aree come le labbra, la lingua, il volto, le mani e i genitali presentano una *densità di recettori* molto alta. La sensazione percepita dipenderà, ovviamente, dall'attività cerebrale.

Nocicezione

I recettori del dolore hanno una distribuzione diversificata; essi si trovano anche negli organi interni. La stimolazione di questi recettori (meccanica, termica o chimica) provoca **DOLORE VISCERALE**, che viene spesso percepito sulla superficie corporea ma in punti piuttosto lontani dal luogo di origine (**DOLORE RIFERITO**).

Il dolore a livello di cute, muscoli, articolazioni e tendini è detto **DOLORE SOMATICO**:

- trasportato al cervello da *fibre nervose mielinizzate di grande diametro*: dolore acuto, bruciante, ben localizzabile e rapido; la sensazione dolorifica svanisce rapidamente. Questo tipo di dolore serve a segnalare che qualche punto del corpo è stato danneggiato o sta per esserlo.
- trasportato al cervello da *fibre nervose non mielinizzate di piccolo diametro*: dolore dall'insorgenza più lenta, continuo, penoso, diffuso e molto spiacevole. Questa sensazione nocicettiva peggiora se lo stimolo dolorifico è ripetuto, questo perché il dolore si **cronicizza** ricordando al cervello la presenza di un problema corporeo.

Il **DOLORE CRONICO** può essere avvertito anche tempo dopo la guarigione. Generalmente, si parla di dolore cronico quando esso persiste per più di 6 mesi; a livello periferico è mantenuta l'infiammazione per il circolo vizioso che si instaura tra i *mediatori immunitari* e i *recettori nocicettivi*, che dopo un periodo di stimolo persistente modificano la loro conformazione e il numero dei propri recettori; la persistenza degli stimoli dolorifici nei primi neuroni causa *variazioni metaboliche*, che tengono aperti i canali di trasmissione a livello del midollo spinale. I neuroni formano nuovi dendriti, detti **sprouting**, che creano delle nuove vie di trasmissione del dolore.

Tatto dinamico

TATTO DINAMICO: sensazioni provenienti dai recettori cutanei + informazioni cinestesiche di muscoli e tendini.

Turvey ha scoperto che la maggior parte dei movimenti corporei forma degli archi o combinazioni di archi. Il tatto dinamico consiste in gran parte nel percepire l'inerzia degli oggetti mentre si muovono lungo questi archi.

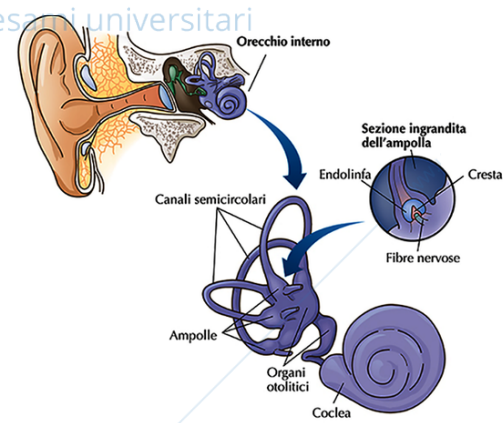
Sistema vestibolare

Il SISTEMA VESTIBOLARE rileva il movimento della testa rispetto al corpo, e serve per la *postura* e l'*equilibrio*.

In questo sistema, collocato dietro l'orecchio interno, vi sono piccole *sacche* (**organi otolitici**) piene di *endolinfa*, e sensibili al movimento, all'accelerazione e alla gravità.

SACCOLO: è un rigonfiamento collegato alla coclea, che contiene *otoliti* e *statoconi*, microcristalli di carbonato di calcio racchiusi in una gelatina. L'accelerazione verticale crea spostamenti dei microcristalli che attivano i recettori meccanici collocati sulla parete del sacco. Esso è sensibile a suoni a bassa frequenza e alto volume.

UTRICOLO: vescicola collegata al sacco; fornisce informazioni sull'accelerazione orizzontale. Esso rappresenta lo sbocco comune di **3 canali semicircolari** con all'interno *endolinfa*. In questi condotti i movimenti rotatori della testa causano lo spostamento del fluido, che a sua volta flette un minuscolo lembo, la **cresta**, che rileva i movimenti nei canali semicircolari. La cresta si trova in ogni **ampolla**, un allargamento alla base del canale. La flessione di ciascuna cresta stimola le *cellule ciliate*, recettori vestibolari, che percepiscono i movimenti rotatori della testa e del corpo, quindi le accelerazioni angolari.



SACCOLO+UTRICOLO → regolazione posturale / SISTEMA SEMICIRCOLARE → equilibrio dinamico

TEORIA DEL CONFLITTO SENSORIALE: malessere e nausea si verificano quando le sensazioni avvertite nel sistema vestibolare non corrispondono a quelle provenienti da occhi e corpo.

ADATTAMENTO SENSORIALE

ADATTAMENTO SENSORIALE: i recettori sensoriali rispondono sempre meno a stimoli che rimangono invariati. Quando sono esposti costantemente a un certo odore, inviano sempre meno impulsi nervosi al cervello, fino a che l'odore non viene più percepito. Nella vista l'effetto non si verifica a causa del *nistagmo fisiologico* (movimento involontario dei muscoli oculari).

ATTENZIONE SELETTIVA: spostamento volontario dell'attenzione su uno specifico stimolo sensoriale; siamo capaci di attivare un singolo messaggio sensoriale e di escluderne altri. L'*effetto cocktail party* ci dice che, quando ci troviamo in un gruppo di persone circondati dalle voci, si riesce comunque a selezionare e a prestare attenzione alla voce di chi sia di fronte, oppure è possibile prestare orecchio alle conversazioni che si stanno svolgendo intorno a noi, nell'ambiente. L'attenzione selettiva sembra essere basata sulla capacità che hanno le strutture cerebrali di selezionare i messaggi sensoriali in arrivo.

FILTRI SENSORIALI: sono deputati al controllo del flusso degli impulsi nervosi in arrivo dai diversi distretti corporei; con il termine *filtro sensoriale* si intende la facilitazione o il blocco dei messaggi somatosensoriali a livello del midollo spinale.

MECCANISMI DI CONTROLLO DEL DOLORE:

- Chiusura dei cancelli: secondo la **teoria del controllo a cancello** i messaggi nocicettivi provenienti da diverse fibre nervose passano attraverso il medesimo "cancello" neurale sito nel midollo spinale; se il cancello è chiuso per il passaggio di un messaggio dolorifico, altri messaggi possono non riuscire a passare.
- I messaggi trasportati da fibre nervose di grande diametro e rapide sembrano chiudere direttamente il cancello spinale del dolore, impedendo al dolore lento e diffuso, quello cronico, di raggiungere il cervello.
- I messaggi trasportati dalle fibre sottili e lente seguono un percorso diverso, non aprono direttamente il cancello del dolore, ma passano prima attraverso un *sistema di controllo centrale* situato nel cervello, ed eventualmente il cervello invia un messaggio discendente lungo il midollo spinale andando a chiudere i cancelli del dolore.

Agopuntura: è una pratica della medicina cinese che consiste nel trattamento di dolori e malattie tramite l'inserimento di sottili aghi in punti precisi del corpo. Gli aghi vengono ruotati, riscaldati o elettrificati per attivare piccole fibre nervose; queste fibre, attraverso il meccanismo di controllo centrale, comunicano la chiusura del cancello al dolore intenso o cronico. Le persone che si sottopongono a questi trattamenti riferiscono spesso sensazioni di stordimento, rilassamento o euforia.

- Rilascio di endorfine: per combattere il dolore, il cervello induce la ghiandola pituitaria a rilasciare una sostanza detta *beta-endorfina* che, dal punto di vista chimico, è piuttosto simile alla morfina. Il dolore e la tensione provocano il rilascio di endorfine che, a loro volta, inducono sensazioni di piacere o euforia simili a quelli di un'iniezione di morfina.