

SONNNO

E

SENSI

IL SONNO

Il sonno occupa quasi un terzo della nostra vita.

La caratteristica principale è la riduzione reversibile della soglia di risposta a stimoli esterni, generalmente associata a relativa immobilità.

Si tratta di un fenomeno universale presente in tutte le specie animali; è, quindi, probabile che svolga una funzione essenziale per l'organismo.

Durante la *veglia*, l'EEG (elettroencefalogramma) è caratterizzato da onde irregolari di bassa ampiezza e alta frequenza.

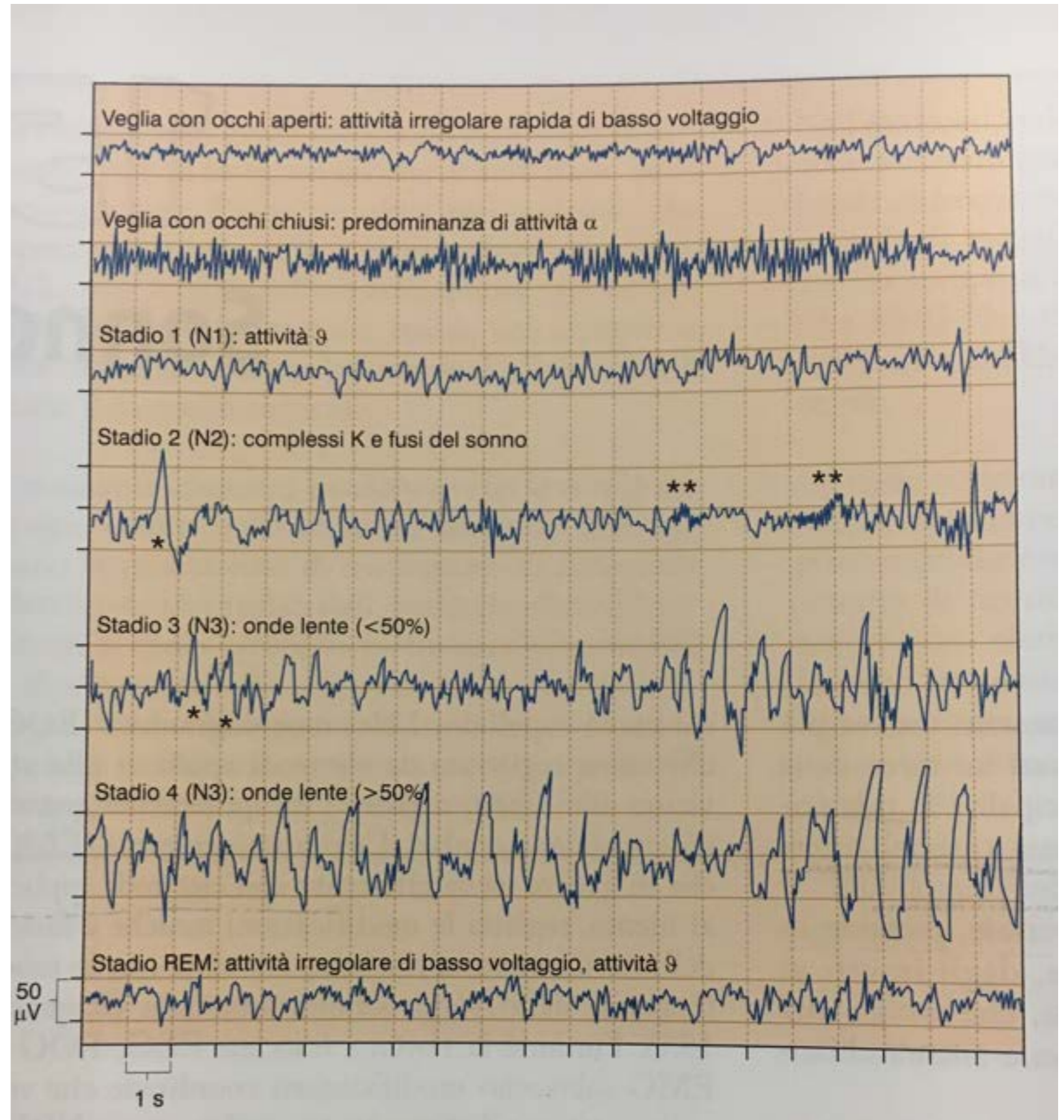
L'EOG (elettrooculogramma) della veglia rivela movimenti oculari volontari e ammiccamenti.

Il tracciato EMG (elettromiogramma), invece, mostra un'attività muscolare tonica con episodi fascici associati ai movimenti volontari.

Quando il soggetto, prima di addormentarsi, si rilassa e chiude gli occhi compare **attività alfa** nell'EEG. Tale attività predomina nelle regioni occipitali e probabilmente è associata ad un ritmo di riposo delle aree visive. Appena il soggetto viene stimolato e apre gli occhi il ritmo alfa scompare.

Il sonno comprende due fasi principali:

- sonno **REM** (*rapid eye movement sleep*), caratterizzato dalla comparsa di movimenti oculari rapidi. L'EEG è simile a quello della veglia
- sonno *non-REM* (**NREM**)



Stadi di sonno in un tracciato elettroencefalografico

Sonno NREM

- **Stadio 1 (N1)**

Si tratta di uno stadio di transizione, in cui scompare l'attività alfa della veglia e prevale un ritmo a tre-sette cicli al secondo. I movimenti oculari rallentano e il tono muscolare si riduce. In alcuni casi ci sono improvvise contrazioni muscolari (*scosse ipniche*).

- **Stadio 2 (N2)**

E' caratterizzato da *complessi K*, formati da un'onda acuta negativa di grande ampiezza seguita da un'onda lenta positiva.

I *fusi del sonno*, tipici di questa fase, sono oscillazioni di ampiezza crescente e decrescente con una frequenza di dodici-quattordici cicli al secondo.

- **Stadi 3 e 4 (N3)**

Predominano in questa fase onde lente (onde delta), con una frequenza inferiore ai due cicli al secondo. Più il sonno diventa profondo, più l'oscillazione lenta aumenta di ampiezza e frequenza.

I movimenti oculari sono del tutto assenti e l'attività muscolare si riduce ulteriormente.

Questa è la fase del cosiddetto *sonno profondo*.

Sonno REM

Dopo il passaggio dallo stadio 2 fino al 4, il sonno si alleggerisce e torna alla fase 2; a questo punto si instaura la fase REM.

L'attività predominante è rapida ed irregolare ad alta frequenza.

Si distinguono:

- *fenomeni tonici*, che comprendono il tracciato EEG “attivato” e atonia dei muscoli antigravitazionali (il tono muscolare persiste nei muscoli extraoculari e nel diaframma;
- *fenomeni fasici*, includono scariche irregolari di movimenti oculari e scosse muscolari rapide.

Il ciclo di sonno NREM-REM dura nell'uomo circa **90-110 minuti** e si ripete 4-5 volte nel corso di una notte.

Il sonno ad onde lente prevale nella prima fase della notte.

Progressivamente le onde lente si attenuano e la fase di sonno REM si allunga e si arricchisce di attività fasiche.

In un soggetto adulto normale, la percentuale di tempo trascorso nei vari stadi del sonno è molto stabile.

Il giovane trascorre il 5% del sonno in stadio 1, il 50% in stadio 2, il 20-25% negli stadi 3 e 4 e il 20-25% in stadio REM.

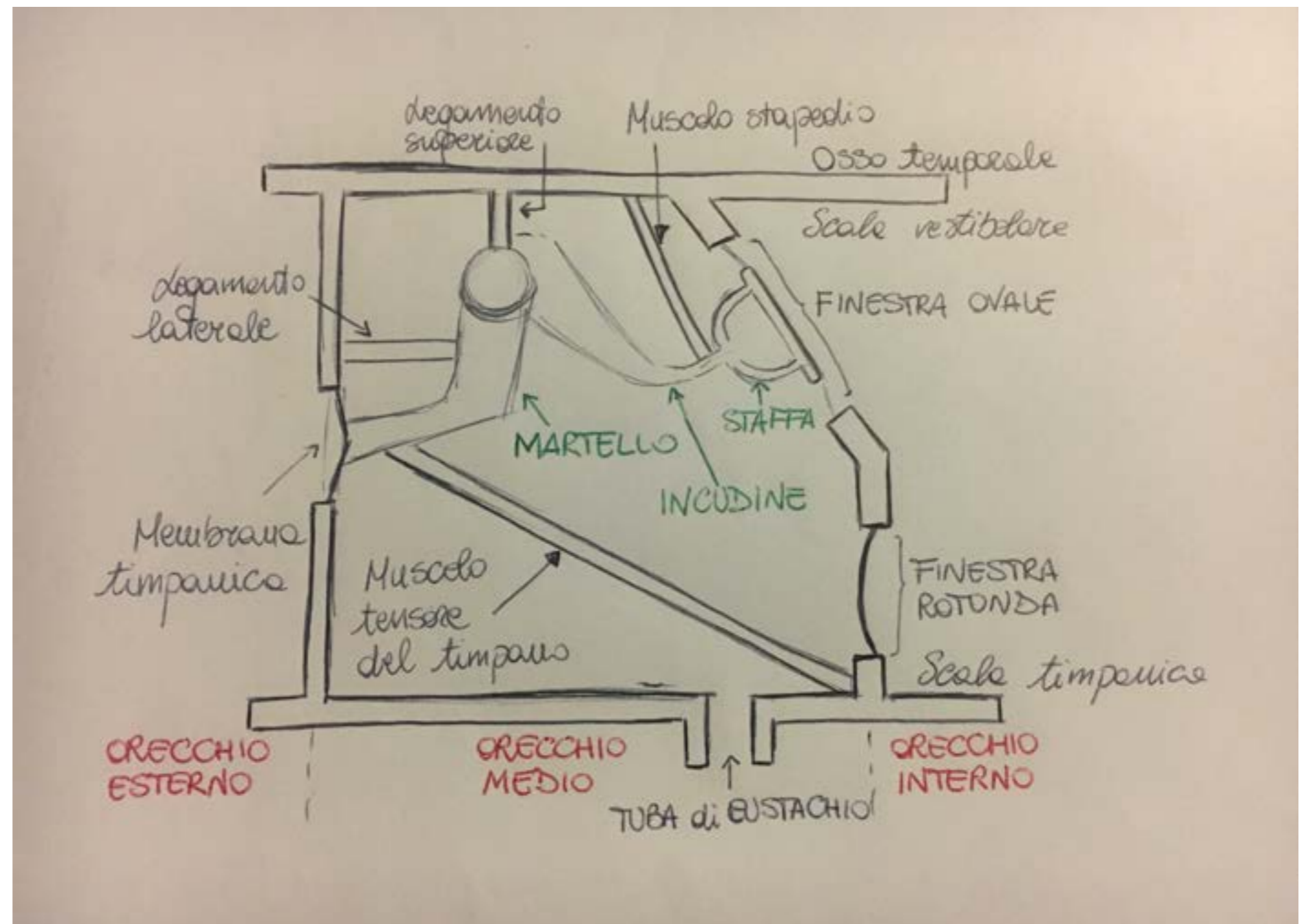
L'UDITO

Anatomia dell'orecchio

- Orecchio **esterno** formato da:
 - _ padiglione auricolare
 - _ canale uditivo
- Orecchio **medio** formato da:
 - _ timpano
 - _ ossicini dell'udito (martello, incudine, staffa)
 - _ tuba di Eustachio, che mette in comunicazione l'orecchio medio con la parte interna
- Orecchio **interno** formato da:
 - _ coclea
 - _ otricolo, sacculo, canali semicircolari, che sono gli organi dell'**equilibrio**.

Dal momento che il recettore dell'udito si trova all'interno della coclea, gli ossicini dell'udito risultano fondamentali per trasmettere la vibrazione del timpano (suono) nell'orecchio interno. Inoltre riducono l'ampiezza e incrementano la forza delle vibrazioni.

Gli ossicini dell'udito sono tenuti sospesi dal muscolo stapedio e dal tensore del timpano, che regolano la trasmissione delle vibrazioni attraverso gli ossicini, favorendola o inibendola.



Coclea

Si tratta di un tubo cilindrico avvolto a formare una chiocciola, che è diviso da due membrane (membrana di Reissner e membrana basilare) in 3 scale:

_ scala vestibolare superiore

_ scala timpanica inferiore, che contiene la perilinfa e comunica con la

_ scala media, che contiene l'endolinfa e accoglie l'organo del Corti, formato da cellule ciliate.

Quando l'aria raggiunge il timpano, il quale vibra determinando il movimento degli ossicini dell'udito e da lì della finestra ovale. L'onda di pressione e depressione attraverso la scala vestibolare spingono sulla membrana del Reissner, sull'endolinfa e sulla membrana timpanica.

Membrana basilare

L'organizzazione della membrana basilare è tale che le onde sonore ad alta frequenza fanno vibrare le fibre basilari della parte prossimale (più rigide) della coclea, appena dopo la finestra ovale. Mentre quelle a bassa frequenza determinano la vibrazione delle fibre più distali rispetto alla finestra ovale, verso l'apice della coclea.

L'onda sonora spinge contro la membrana basilare nella zona caratterizzata dalla stessa frequenza di risonanza.

Questo è importante per la decodificazione della frequenza dei suoni.

Organo del Corti

Appoggia sulla membrana basilare. La parte recettoriale dell'organo è presente lungo tutta la coclea ed è costituita da cellule ciliate organizzate in una fila interna e tre file esterne.

Le cellule ciliate sono cellule epiteliali specializzate che vanno incontro a variazioni di potenziale di membrana. Sono innervate da un neurone a T pseudounipolare con un massone che si divide in due parti, una che raggiunge le cellule epiteliali e il prolungamento centrale dà origine alla via acustica. Presentano delle stereociglia con un chinociglio, che penetra nella membrana tectoria.

Trasduzione del segnale

Le ciglia, a causa della posizione dei fulcri della membrana tettoria e delle fibre basilari, non si muovono verticalmente ma orizzontalmente, si ha uno scorrimento.

Nel caso di una decompressione, le fibre basilari vanno verso l'alto, le ciglia vengono spinte verso l'esterno e si ha una **depolarizzazione**.

Se si ha una compressione, le fibre basilari si spostano verso il basso, le ciglia verso l'interno e ciò determina un'**iperpolarizzazione**.

Decodificazione del suono

- **FREQUENZA:** le diverse porzioni della membrana basilare sono collegate a zone differenti della corteccia cerebrale, che si caratterizza, quindi, di mappe tonotopiche, consentendo il riconoscimento della frequenza dei suoni.
- **INTENSITA':** più un suono è intenso più causa movimento della membranabasilare e di conseguenza maggiore è il numero di cellule ciliate coinvolte nel fenomeno di cambiamento della polarità.
- **PROVENIENZA:** la direzione di provenienza di un suono è riconoscibile dal ritardo con cui il suono giunge alle due coclee. Per i suoni che provengono da davanti o da dietro e che giungono, quindi, contemporaneamente ad entrambe le coclee, la discriminazione della provenienza viene determinata dalla forma del padiglione auricolare.

Via uditiva

- PRIMO NEURONE: neurone a T con un assone centrifugo verso i recettori sensoriali del Corti e uno centripeto che si dirige verso il bulbo, formando il nervo acustico
- SECONDO NEURONE: origina dal nucleo ventrale e dorsale del bulbo
- TERZO NEURONE: parte dal complesso olivare superiore del bulbo; il suo assone si porta nel lemnisco laterale
- QUARTO NEURONE: origina nei collicoli inferiori del mesencefalo
- QUINTO NEURONE nel nucleo genicolato laterale
- SESTO NEURONE: corteccia uditiva.

I segnali uditivi provenienti dagli organi del Corti di entrambe le orecchie raggiungono entrambi gli emisferi.

IL SENSO VESTIBOLARE

Consente di comprendere la posizione della testa nello spazio e l'accelerazione rotatoria e lineare.

La testa possiede 6 gradi di libertà di movimento:

- **3 gradi di movimento traslatorio**

Le cellule sensoriali ciliate tipiche sono le **macule**, che si trovano sull'epitelio interno di due sacche membranose con orientamento opposto: orizzontale nell'*utricolo* e verticale nel *sacculo*. Le loro ciglia sono immerse in uno strato gelatinoso, sormontato dalla membrana otolitica, alla quale sono adesi cristalli di calcio (otoconi).

Quando si verifica un'*inclinazione statica* (o un'*accelerazione traslazionale*), la forza di gravità attira gli otoconi e con il loro peso le ciglia si piegano attivando il recettore.

- **3 gradi di movimento rotazionale**

I recettori sono le **creste ampollari**, che si trovano all'interno dei *canali semicircolari* e che presentano ciglia più lunghe, immerse in una sostanza gelatinosa che forma la cupola.

Nel caso di una *rotazione*, le ampolle presentano un movimento dipendente dal movimento del liquido contenuto nei canali semicircolari, il quale esercita una forza sulla cupola, costringendo le ciglia a piegarsi. Le ampolle scaricano all'inizio dell'accelerazione, ma quando il liquido è stato accelerato alla velocità di movimento dei canali, esso non si muove più in relazione alle ciglia e le ampolle smettono di scaricare. Si ha un segnale in senso opposto nel momento in cui la rotazione cessa grazie all'inerzia del liquido.

Via vestibolare

1. Cellule delle macule e delle creste ampollari
2. Ganglio del nervo vestibolare o ganglio di Scarpa
3. Nucleo vestibolare del bulbo e del cervelletto (archicerebellum , implicato nel controllo dell'equilibrio)
4. Talamo
5. Corteccia (zona posteriore all'area somestesica primaria e zona interposta tra area somestesica ed area motoria).

LA VISTA

Nella trattazione della fisiologia dell'occhio risulta essere fondamentale l'anatomia macroscopica dello stesso.

L'occhio è caratterizzato da uno strato di recettori, un sistema di lenti e un sistema di nervi (a cui si aggiunge la corteccia visiva per l'elaborazione delle informazioni).

E' importante considerare che l'occhio presenta un'innervazione afferente con i nervi ottici che portano l'informazione visiva e un'innervazione efferente, con i nervi che regolano i movimenti dell'occhio.

La retina

La retina si estende quasi fino al corpo ciliare ed è una struttura complessa formata da 10 strati.

E' costituita da moltissime cellule, tra cui:

- fotorecettori (coni e bastoncelli)
- neuroni (cellule bipolari, gangliari, orizzontali, amacrine)

La trasmissione dell'impulso è ternaria: recettori, cellule bipolari, cellule gangliari.

Recettori

I **bastoncelli** sono molto più sensibili alla luce rispetto ai **coni**, che differenziano, invece, i colori.

Le due tipologie di recettori non sono distribuiti uniformemente sulla retina: nella fovea vi sono solo numerosissimi coni (ciascuno connessa ad una sua unica cellula bipolare) e la loro concentrazione diminuisce allontanandosi dalla fovea, mentre aumenta il numero dei bastoncelli.

Nelle aree diverse dalla fovea, si verifica il fenomeno della convergenza, che consiste nel fatto che una singola cellula bipolare raccoglie le afferenze da più coni o bastoncelli.

Meccanismo della fotorecezione

L'occhio è in grado di percepire oggetti che emettono radiazione elettromagnetica della lunghezza d'onda, compresa tra 400 nm e 700nm. Tali onde elettromagnetiche sono visibili perché riescono a modificare composti fotosensibili presenti nei recettori e queste modificazioni danno origine a potenziali d'azione che si verificano solo nelle **cellule gangliari**.

Coni e bastoncelli, invece, non generano potenziali, non sono neuroni, ma si iperpolarizzano quando vengono colpiti dalla luce: quando questo accade essi liberano meno glutammato. I bastoncelli rispondono a livelli di luce inferiore alla soglia a cui rispondono i cono.

Le **cellule bipolari**, che raccolgono le informazioni dei recettori e le portano alle cellule gangliari, vanno, invece, incontro a depolarizzazione o iperpolarizzazione.

Quando la luce colpisce il segmento esterno dei fotorecettori, i canali del Na^+ , presenti in questa zona, si chiudono, in misura proporzionale all'intensità della luce. Questa parziale chiusura dei canali determina diminuzione dell'ingresso di Na^+ , la cui espulsione resta invariata: ciò determina iperpolarizzazione. Il potenziale passa da -40 a $-60/-70$ mV e si ha una diminuzione della produzione di glutammato.

La rodopsina è un recettore enzimatico posto nella membrana del segmento esterno. Quando viene colpita dalla luce, cambia la sua struttura e attiva le proteine G: si forma l'alfa-GTP, che si lega alla fosfodiesterasi, enzima catalizzante il GMPc. La diminuzione del GMPc determina la chiusura dei canali del Na^+ .

Via ottica

Dalla retina, attraverso i fotorecettori e le cellule bipolari, il segnale si porta alle cellule gangliari i cui assoni formano il nervo ottico.

Nel chiasma ottico, gli assoni mediali si incrociano (i mediali di destra si portano con i laterali di sinistra e viceversa): si ha, quindi, una prima distribuzione del segnale, diviso per campi visivi e non per occhio.

Dal chiasma, il tratto ottico si porta sul corpo genicolato laterale, passa attraverso il tratto geniculo-calcarino e con la radiazione ottica raggiunge la corteccia visiva nel lobo occipitale.

Esistono diverse vie nervose collaterali, tra cui quelle che si portano ai *collicoli superiori del mesencefalo* e regolano riflessi pupillari e movimenti oculari.

Dal chiasma ottico si portano poi all'*ipotalamo* fibre responsabili della sincronizzazione dei ritmi circadiani.

Accomodazione

Il processo di accomodazione consente di osservare un oggetto a distanza inferiore di 6 metri grazie alla modificazione della convessità del cristallino: la contrazione dei muscoli ciliari rilascia i legamenti della lente, che, non essendo più stirata, tende ad aumentare la propria convessità.

Esiste un limite a tale processo: il punto più vicino all'occhio in cui un oggetto può essere messo a fuoco è detto “punto prossimo” e si trova ad una distanza di circa 9 cm nel giovane con cristallino perfettamente elastico.

La risposta di vicinanza si caratterizza di tre fenomeni:

- _ *accomodazione*
- _ *convergenza degli assi ottici*
- _ *costrizione dello sfintere pupillare*

Difetti visivi

- **IPERMETROPIA:** il bulbo oculare è più corto del normale, quindi l'immagine va a fuoco dietro la retina. Si corregge con lenti biconvesse.
- **PRESBIOPIA:** difetto di capacità rifrangente del cristallino. L'immagine a una distanza inferiore di 6 metri va a fuoco dietro la retina. Si corregge con lenti biconvesse.
- **MIOPIA:** il bulbo oculare è più lungo del normale, per difetto congenito. Un'immagine posta ad una grande distanza dall'occhio va a fuoco davanti alla retina. Si corregge con lenti biconcave.
- **ASTIGMATISMO:** la curvatura della cornea non è costante in tutti i meridiani, quindi parti dell'immagine non vengono messe a fuoco con le altre. E' necessario correggere la rifrazione dei raggi solo nel meridiano colpito.