

LA FUNZIONE Uditiva

E' noto che il suono si propaga in un ambiente (aereo, liquido, solido o gassoso) per onde di compressione e rarefazione.

Limitando il discorso al mezzo aereo, i mammiferi hanno messo a punto un sistema atto a captare (orecchio esterno) e a trasmettere (orecchio medio) tali vibrazioni all'organo dell'udito vero e proprio, la coclea, ove tali segnali vengono trasformati in segnali elettrici che, tramite le vie acustiche, raggiungono la corteccia cerebrale uditiva ove vengono percepiti, ed interpretati.

Il **padiglione uditivo** ed il **condotto uditivo esterno** costituiscono nel loro insieme un canale aereo atto a raccogliere le onde acustiche ed a convogliarle sulla membrana timpanica che chiude il condotto uditivo stesso.

Si tratta di una membrana dotata di grande flessibilità ed elasticità che viene quindi fatta facilmente vibrare dalle onde acustiche.

Sulla faccia interna della membrana timpanica è fissato un sistema di leve (la **catena degli ossicini**: martello, incudine, staffa) che consente di trasmettere le vibrazioni del timpano fino alla finestra ovale, e da questa all'organo dell'udito propriamente detto (l'organo del Corti).

La catena degli ossicini tuttavia non costituisce un sistema di trasmissione totalmente passivo ma consente di modulare (amplificare o ridurre) la vibrazione timpanica.

Il processo di amplificazione è ottenuto in modo assai semplice ed ingegnoso: l'area della membrana timpanica è circa 20 volte maggiore di quella della finestra ovale: di conseguenza, a livello di quest'ultima, la pressione delle onde acustiche risulterà circa 20 volte maggiore rispetto a quella che ha colpito il timpano.

L'efficienza di trasmissione della catena degli ossicini (quantità di energia che viene trasferita alla finestra ovale) può essere ampiamente ridotta dall'attività di due piccoli muscoli, lo **stapedio** ed il **tensore del timpano**.

La contrazione del primo fa sì che la staffa tenda a spostarsi al di fuori della membrana ovale, e quindi a trasferire meno energia alla membrana ovale stessa, mentre la contrazione del secondo, agendo sul martello, aumenta la tensione della membrana timpanica e quindi, riducendone l'elasticità, ne limita le escursioni.

Di conseguenza:

- se i suoni sono deboli i due muscoletti sono totalmente rilassati ed il sistema timpano-catena degli ossicini trasferisce il massimo dell'energia possibile alla finestra ovale
- se i suoni sono più intensi i muscoletti si contraggono progressivamente attenuando (fino a circa 100 volte, vale a dire 40 dB) il segnale acustico.

Questo particolare riflesso nervoso, noto come **riflesso timpanico**, ha chiare funzioni protettive nel senso che tende ad attenuare stimolazioni acustiche troppo intense che potrebbero danneggiare le delicate strutture che compongono l'organo dell'udito.

Comunque il tempo necessario per evocare questo riflesso è compreso tra 50 e 150 ms. quindi non può proteggere l'orecchio da suoni molto intensi e brevi (ad esempio uno sparo). Stimoli molto intensi possono infatti causare danni irreparabili di alcune porzioni cocleari.

Com'è fatto l'organo sensoriale vero e proprio?

Si tratta di un canale membranoso della lunghezza di circa 35 mm ed avvolto su se stesso fino a formare una struttura a spirale di 2 giri e 3/4 (la **coclea**).

Questo canale cocleare è diviso longitudinalmente da due membrane, la membrana basilare e la membrana vestibolare (o di Raissner) in tre parti denominate scala vestibolare, scala media e scala timpanica.

La scala media è ripiena di endolinfa mentre le altre due scale sono ripiene di perilinfa.

La parte sensoriale (analizza le onde sonore) della coclea è rappresentata dall'**organo del Corti**, appoggiato sulla membrana basilare ed estendentesi per tutta la lunghezza della coclea stessa.

E' costituito da numerose popolazioni cellulari di cui, da un punto di vista funzionale, le più importanti sono le cellule sensoriali i cui processi ciliati, dopo aver attraversato una lamina cribrosa (la lamina reticolare), si portano in vicinanza od entrano in contatto con la membrana tettoria che li sovrasta.

Le **cellule ciliate** sono poste ai lati di una duplice fila di particolari cellule di sostegno, i pilastri del Corti, a loro volta ancorati sulla membrana basilare.

Le cellule ciliate sono ordinate su file di cui tre si trovano all'esterno del pilastro del Corti (cellule ciliate **esterne**: circa 20.000) ed una al suo interno (cellule ciliate **interne**: circa 3-4.000).

Solo le ciglia delle cellule ciliate esterne, ma non di quelle interne, sono immerse nella membrana tettoria.

Le fibre nervose che contattano le cellule ciliate e che trasportano le informazioni acustiche verso SNC, provengono da cellule nervose che, nel loro insieme, costituiscono il **ganglio spirale**.

E' interessante notare che circa il 90-95% delle fibre nervose innerva le cellule ciliate interne (quelle meno numerose), mentre solo il 5-10% delle fibre nervose si distribuisce alle cellule esterne.

Di contro la maggior parte delle fibre nervose efferenti (provenienti dal SNC) e si portano verso la coclea) innervano le cellule ciliate esterne.

Questo arrangiamento è, come vedremo, di particolare importanza per la funzione uditiva. L'attivazione delle cellule ciliate è, come tutti i processi biologici, affidata ad una serie di meccanismi ionici e neurosecretori assai complessi che esulano dallo scopo puramente divulgativo di questa trattazione.

Trasporto e trasduzione dell'impulso sonoro

Il movimento della staffa contro la finestra ovale produce corrispondenti onde di compressione e rarefazione nel liquido contenuto nella scala vestibolare.

Tale oscillazioni, essendo la membrana di Reissner estremamente sottile e flessibile, vengono prontamente trasmesse alla scala media e, da questa, alla membrana basilare su cui si trova l'organo del Corti.

Durante l'onda di compressione pertanto la membrana basilare tenderà a flettersi verso la scala timpanica mentre durante l'onda di rarefazione tenderà a flettersi verso la scala vestibolare.

Le caratteristiche visco-elastiche della membrana basilare, fanno sì che le frequenze più elevate (suoni acuti) facciano oscillare più efficacemente quelle porzioni di membrana poste vicino alla finestra ovale mentre le frequenze più basse (suoni gravi) facciano oscillare le porzioni terminali della membrana stessa, vale a dire le porzioni poste verso le regioni apicali della coclea stessa.

Inoltre, sempre le caratteristiche della membrana basilare, fanno sì che la zona di massima oscillazione sia limitata ad un tratto molto piccolo della membrana stessa. In tal modo, solo un piccolo gruppo di cellule ciliate, ma non altre, saranno sollecitate da quella particolare frequenza sonora.

Questo permette di analizzare con grande precisione il segnale acustico e di percepire anche piccole variazioni di frequenza, e quindi del tono dello stimolo sonoro.

Assai interessante è il ruolo giocato dalle cellule ciliate interne ed esterne nella funzione uditiva.

Le cellule ciliate interne, seppure in numero minore rispetto a quelle esterne, sono le vere cellule uditive, nel senso che sono loro che, liberando un particolare neurotrasmettitore, il glutammato, attivano le fibre nervose afferenti che trasportano l'informazione sensoriale dall'organo del Corti verso il SNC.

Le cellule ciliate esterne infatti non hanno funzione propriamente uditiva; queste cellule, come detto, ricevono una poderosa innervazione efferente (cioè di origine centrale) in grado di provocarne l'accorciamento.

Ora, essendo le cellule ciliate esterne connesse, tramite le cellule di Deiters, alla membrana basilare, i loro movimenti sono in grado di modificare le proprietà vibratorie della membrana stessa e quindi di modificare il guadagno dell'organo sensoriale verso particolari frequenze.

Questo consente un'ampia trattazione dei suoni e quindi di esaltare, deprimere e persino "inventare" frequenze acustiche.