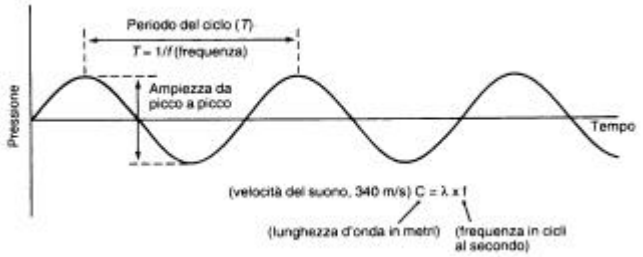
Corso di Psicobiologia e Neuropsicologia, 2003

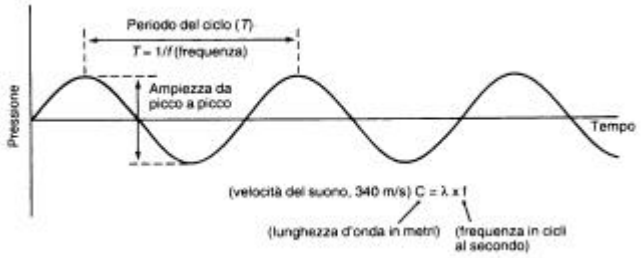
L'udito

Il suono



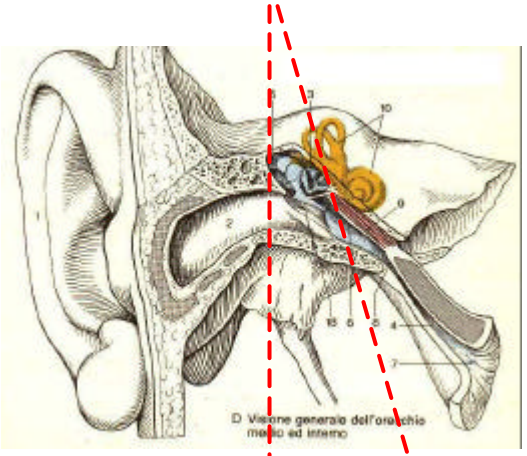
- Il suono è prodotto da **vibrazioni** che nascono dal movimento di oggetti (es. le corde vocali)
- Le vibrazioni determinano **compressioni e decompressioni** alternate dell'aria circostante
- Queste si irradiano come **onde** caratterizzate da picchi di concentrazione e rarefazione dell'aria

Il suono



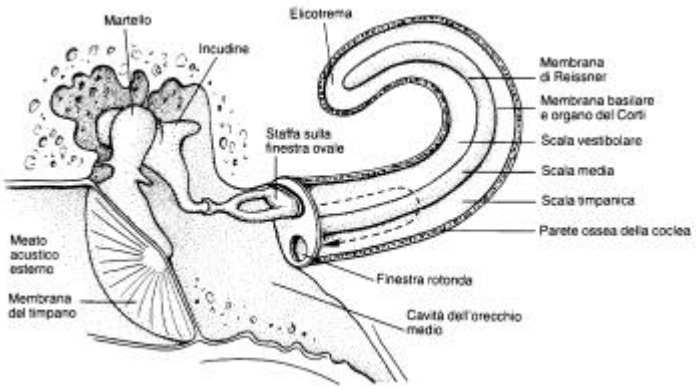
- La **frequenza** di un suono si misura in Hertz e corrisponde al numero di cicli al secondo. Il nostro sistema uditivo risponde a suoni fra i 20 e i 20000 Hz.
- L'**intensità** di un suono si misura in Decibel e corrisponde alla differenza di pressione fra le zone di compressione e di decompressione. Conversazione normale circa 65 dB.

L'orecchio



Orecchio esterno | Orecchio medio | Orecchio interno

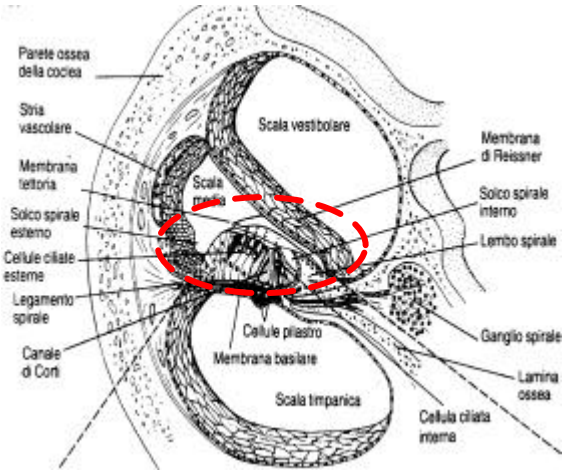
L'orecchio medio ed interno



Le vibrazioni dell'apparato di conduzione (orecchio medio) danno origine ad onde di fluido che attraversano la **coclea**

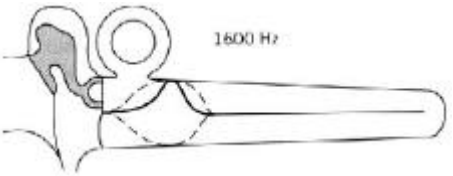
La coclea e l'organo di corti

- La trasduzione acustica avviene grazie all'**organo di Corti**
- Riposa sulla **membrana basilare** (della scala media)
- I movimenti del fluido cocleare fanno oscillare la membrana basilare e stimolano i recettori sull'organo di Corti (**le cellule ciliate**)

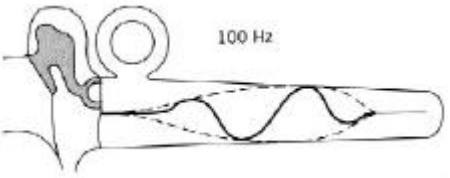


La membrana basilare

- Un **suono ad alta frequenza** produce un'onda che si dissipa alla base (stretta e rigida) della membrana basilare



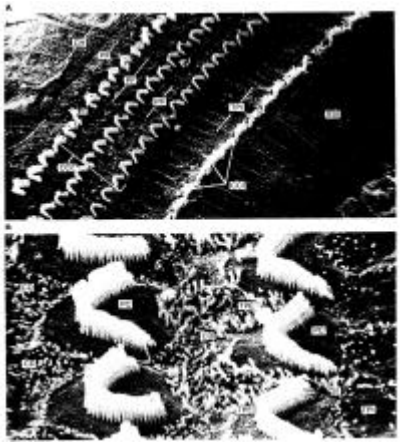
- Un **suono a bassa frequenza** produce un suono che si propaga fino all'apice (largo e flessibile) della membrana basilare



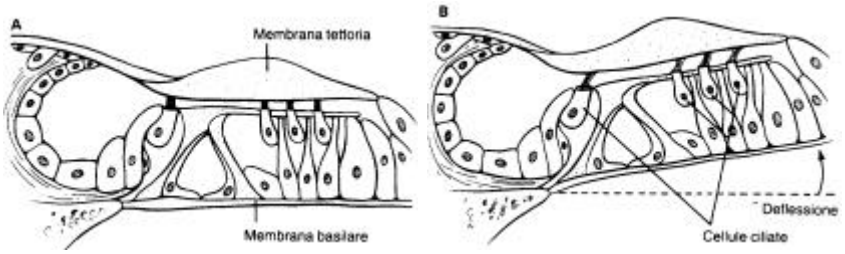
La trasduzione

•Le **cellule ciliate** sono dotate di stereocilia apicali che terminano contro la **membrana tettoria**

•Poichè la membrana tettoria sorregge le punte delle stereocilia, il movimento della membrana basilare provoca una flessione delle stereocilia



La trasduzione



- La deflessione delle stereocilia provoca un **cambiamento di voltaggio** nelle cellule ciliate
- Cellule ciliate in diverse parti della membrana basilare hanno caratteristiche meccaniche diverse e sono quindi sintonizzare per diverse frequenze del suono

La tonotopia

- Ogni fibra del nervo acustico possiede una frequenza caratteristica, che corrisponde alla frequenza di risposta della cellula ciliata che innerva
- Questo tipo di sintonizzazione alle frequenze è tipico dei neuroni di tutte le stazioni di trasmissione fra la coclea e la corteccia acustica.

Nel sistema acustico esiste un'organizzazione spaziale sistematica dei neuroni e delle fibre, che si basa sulle frequenze (ovvero sui toni) ed è quindi detta **tonotopica**

La regola e l'eccezione…

- Le mappe tonotopiche non contengono neuroni con frequenze caratteristiche molto basse (sotto i 200 Hz).

- In ausilio alle informazioni derivate dalle mappe tonotopiche, il cervello codifica la frequenza di un suono come frequenza di scarica neuronale (**ancoraggio alla fase**)

Onda acustica

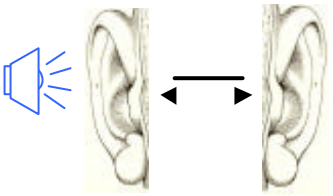
Ancoraggio alla fase ad ogni ciclo

Ancoraggio alla fase non ad ogni ciclo

Localizzare i suoni nello spazio

- Gli indizi acustici per la localizzazione dei suoni derivano dalla separazione fra le orecchie, dalla presenza della testa e dalla forma dell'orecchio esterno. Si distinguono in:
  1. **Indizi binaurali di tempo**
  2. Indizi binaurali di intensità
  3. Indizi monoaurali spettrali

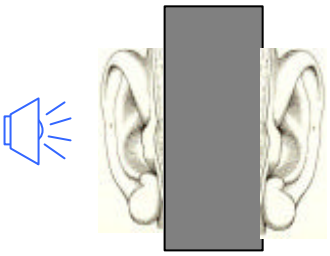
La separazione spaziale fra le due orecchie provoca un ritardo interaurale allo spostarsi orizzontale del suono verso una delle orecchie



Localizzare i suoni nello spazio

- Gli indizi acustici per la localizzazione dei suoni derivano dalla separazione fra le orecchie, dalla presenza della testa e dalla forma dell'orecchio esterno. Si distinguono in:
  1. Indizi binaurali di tempo
  2. **Indizi binaurali di intensità**
  3. Indizi monoaurali spettrali.

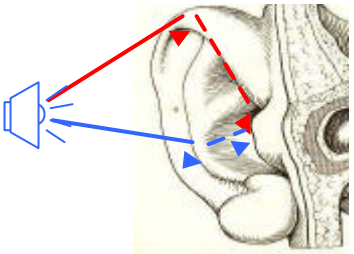
La testa è come uno schermo. La differenza di intensità del suono alle due orecchie aumenta allo spostarsi orizzontale del suono verso una delle due orecchie



Localizzare i suoni nello spazio

- Gli indizi acustici per la localizzazione dei suoni derivano dalla separazione fra le orecchie, dalla presenza della testa e dalla forma dell'orecchio esterno. Si distinguono in:
  1. Indizi binaurali di tempo
  2. Indizi binaurali di intensità
  3. **Indizi monoaurali spettrali**

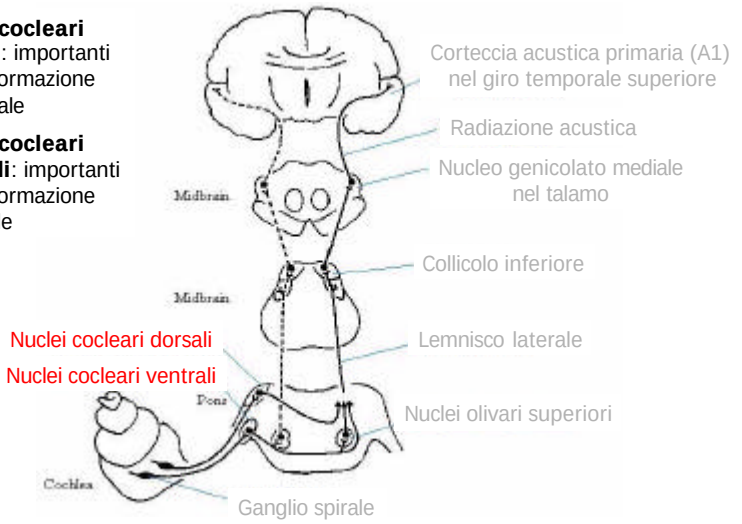
L'orecchio esterno modifica le caratteristiche spettrali del suono. Il cervello impara ad usare questa informazione per ricavare indizi sulla posizione verticale dei suoni e rispetto al fronte/retro.



La vie acustiche centrali

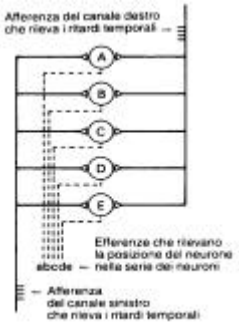
Nuclei cocleari dorsali: importanti per l'informazione monaurale

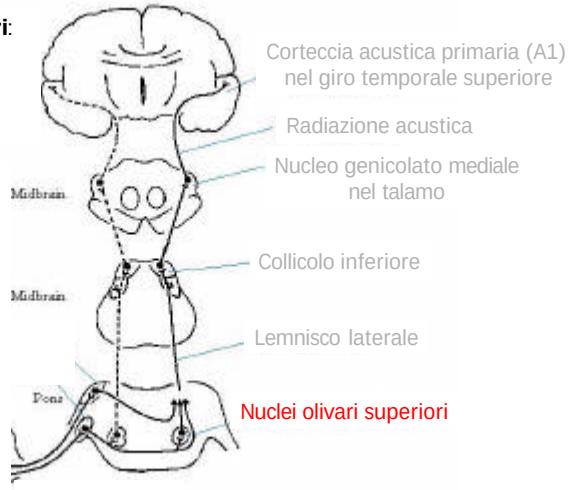
Nuclei cocleari ventrali: importanti per l'informazione binaurale



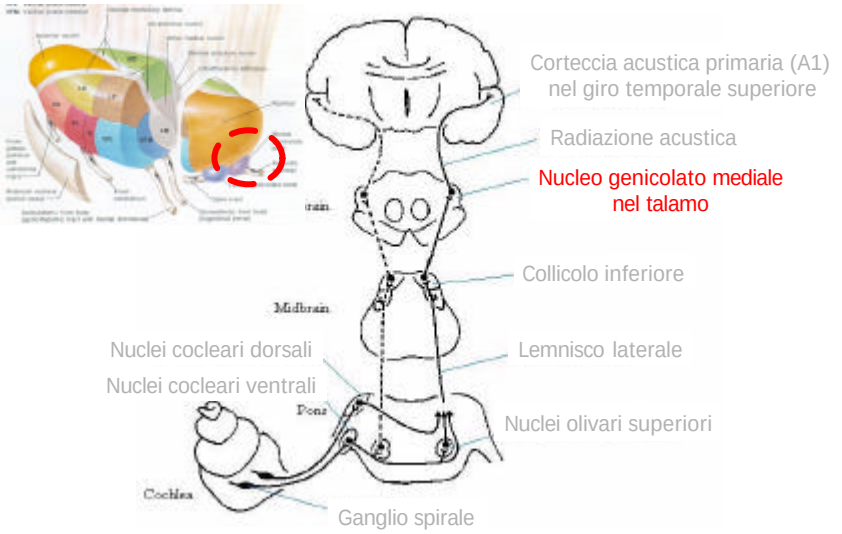
La vie acustiche centrali

Nuclei olivari superiori: prima integrazione dell'informazione proveniente dalle due orecchie



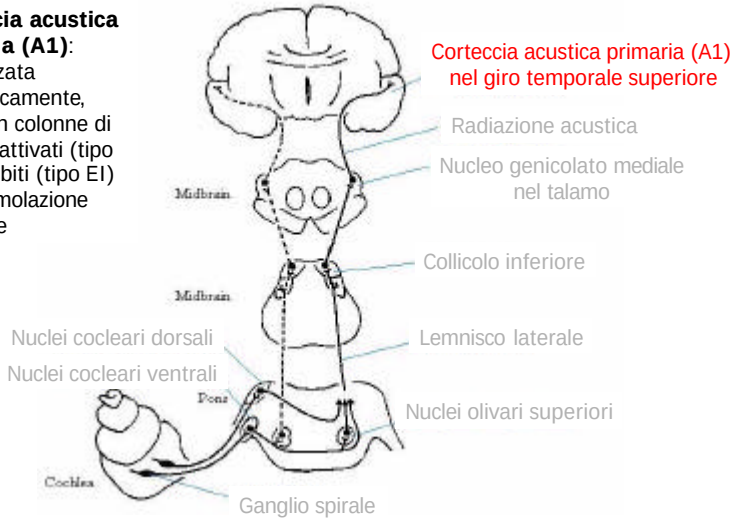


La vie acustiche centrali



La vie acustiche centrali

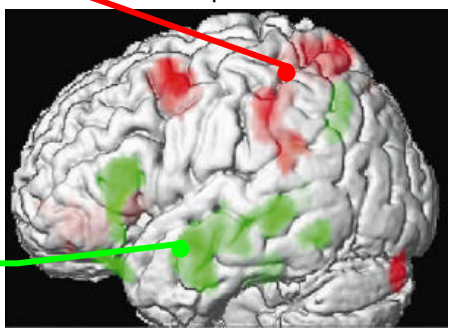
Corteccia acustica primaria (A1): Organizzata tonotopicamente, forse con colonne di neuroni attivati (tipo EE) o inibiti (tipo EI) dalla stimolazione binaurale



Due vie parallele in corteccia?

Via dorsale

Localizzazione dei suoni e percezione del movimento dei suoni

Via ventrale

Riconoscimento dei suoni, segmentazione della scena acustica