

27 Febbraio 2007

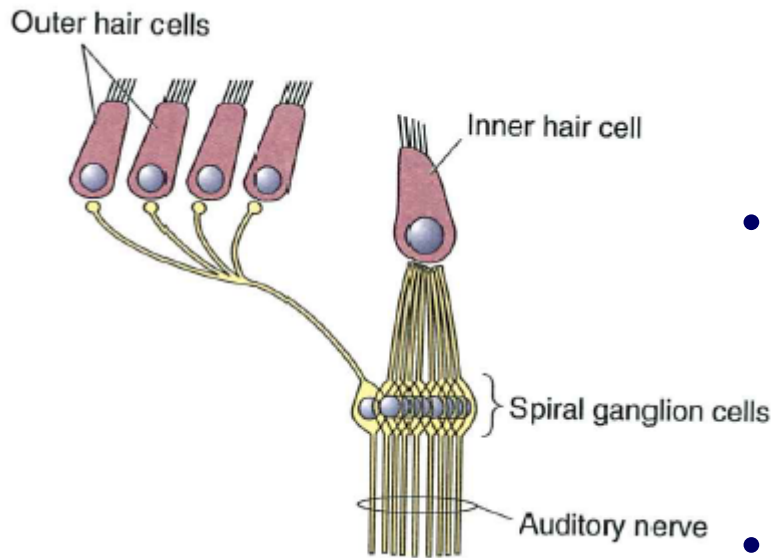
Corso di Laurea in Informatica Multimediale
Facoltà di Scienze MMFFNN
Università di Verona

La percezione acustica

Chiara Della Libera

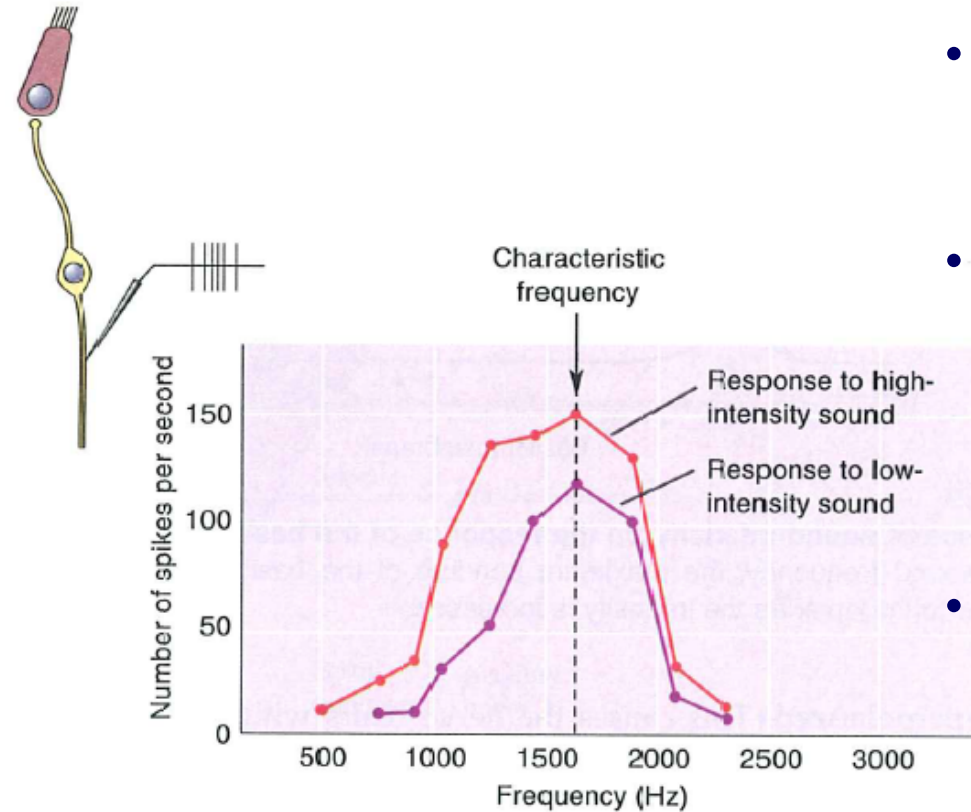
DSNV Università di Verona
Sezione di Fisiologia Umana
tel. 045 802 7198
chiara.dellalibera@medicina.univr.it

Innervazione delle cellule cigliate



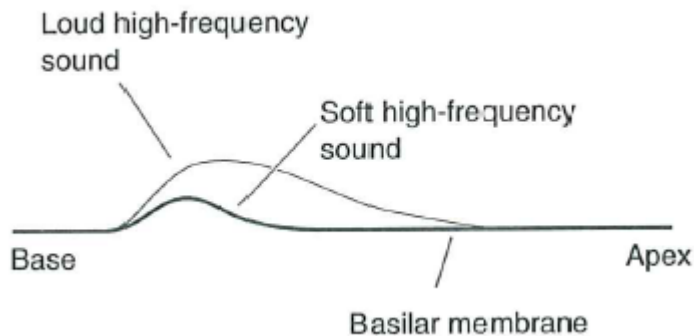
- I segnali inviati dalle cellule cigliate *interne* attivano un grande numero di neuroni gangliari a spirale.
- I segnali inviati da più cellule cigliate *esterne* invece vengono ricevuti da una stessa cellula gangliare.
- La maggior parte delle informazioni uditive inviate alla corteccia è generata dalle cellule cigliate interne.

Cellule cigliate e *frequenze caratteristiche*



- Ogni fibra del nervo acustico proviene da una sola cellula cigliata interna.
- L'attività di ogni cellula gangliare è massima per stimoli acustici intorno ad una frequenza particolare, detta *f. caratteristica*.
- Il livello di attivazione nervosa dipende anche dall'intensità del suono. Maggiore è l'intensità e maggiore sarà lo spostamento subito dalla m. basilare.

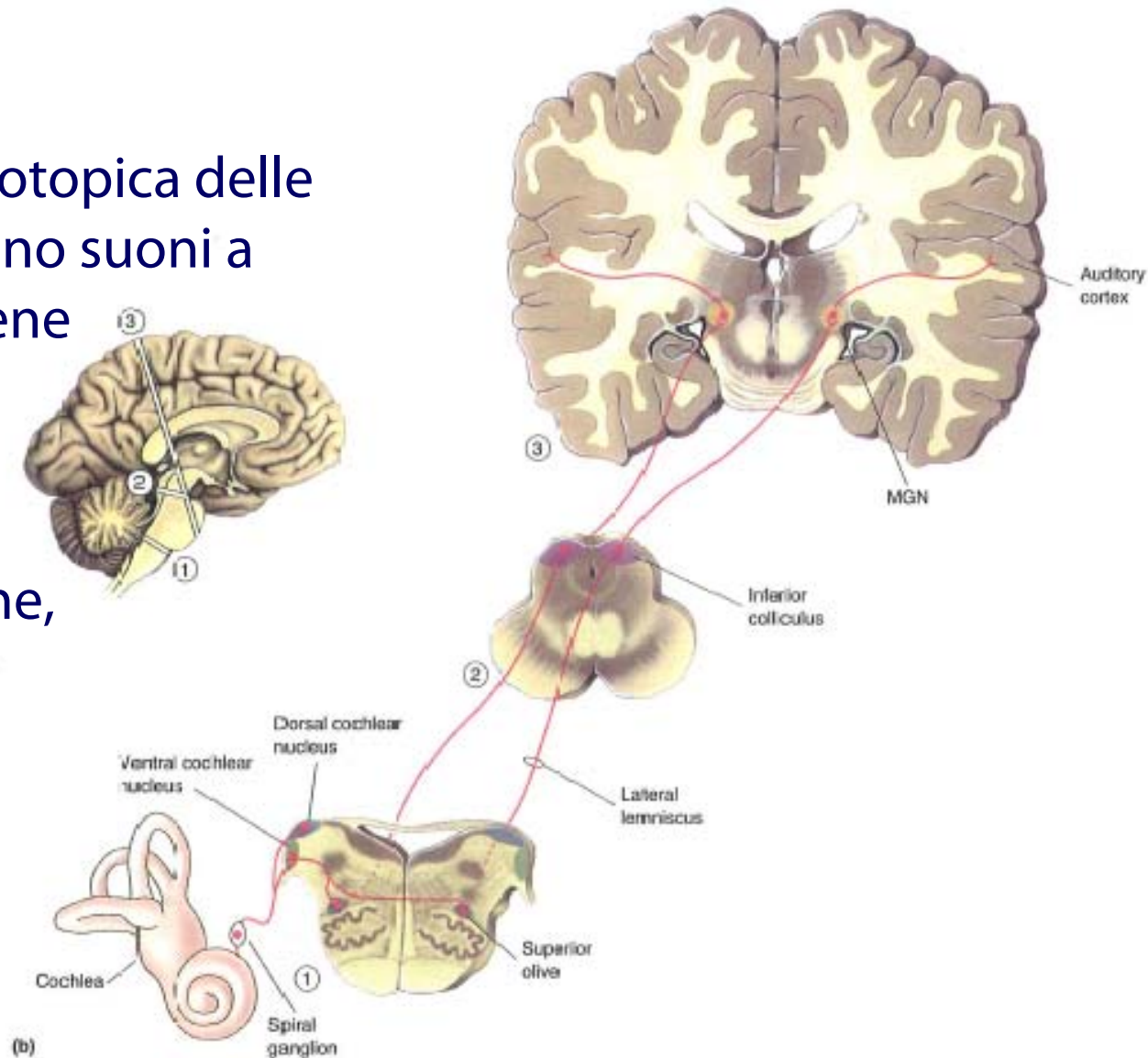
Codifica nervosa dell' intensità del suono



- L'intensità dello stimolo acustico modula l'ampiezza dello spostamento della m. basilare.
- Spostamenti più ampi produrranno maggiori iper- e depolarizzazioni delle cellule cigliate, amplificando il segnale nervoso.
- A parità di frequenza, la scarica nervosa sarà più veloce per suoni di maggiore intensità.
- Maggiore sarà lo spostamento della m. basilare e maggiore il numero di cellule cigliate stimulate.

Dalla coclea alla corteccia

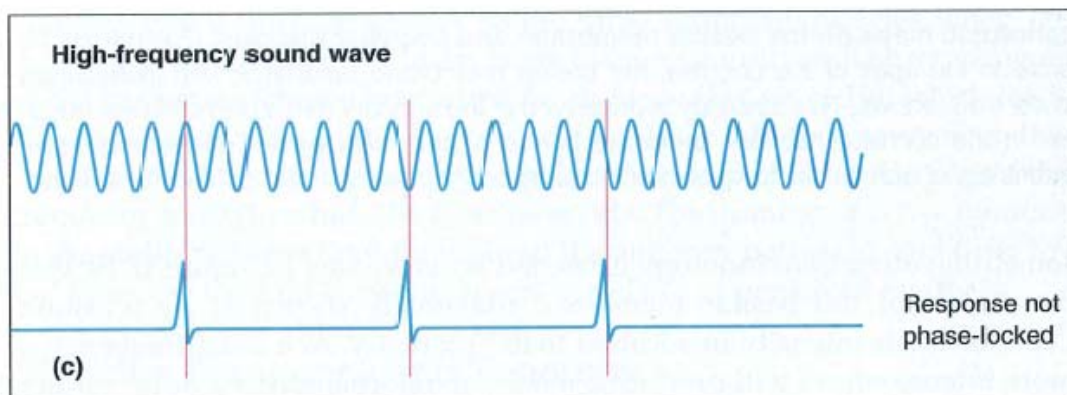
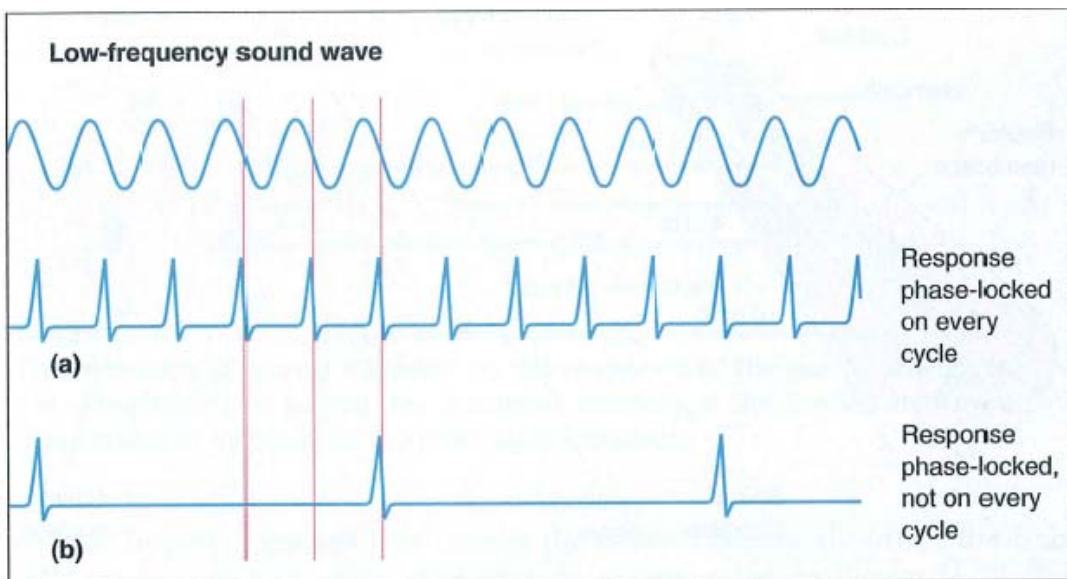
L'organizzazione tonotopica delle strutture che elaborano suoni a frequenze diverse viene mantenuta in tutte le stazioni nervose che elaborano informazioni acustiche, fino alla corteccia uditiva primaria.



Codifica nervosa della frequenza del suono

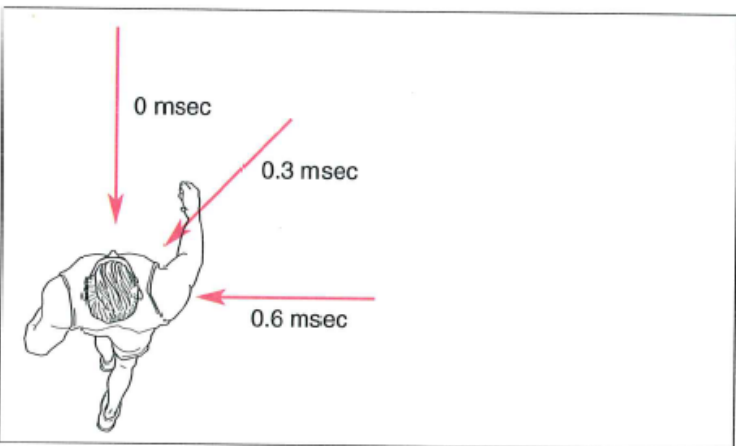
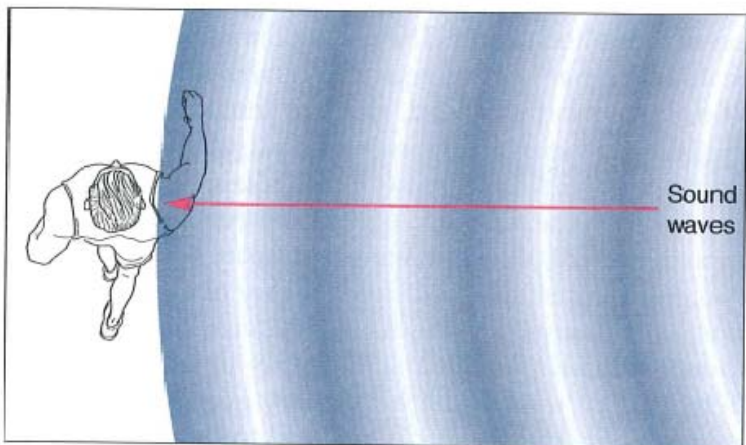
- La sola codifica tonotopica è inefficace per suoni di frequenza inferiore a 200 Hz.
- Inoltre, l'efficacia della codifica tonotopica è ridotta per suoni di forte intensità, che stimolano parti più ampie di m. basilare.
- Un meccanismo che riduce l'incertezza sulla codifica delle frequenze acustiche è la proprietà di molte cellule di avere una risposta "*phase-locked*" allo stimolo acustico.

Phase-locking nella risposta delle cellule cigliate



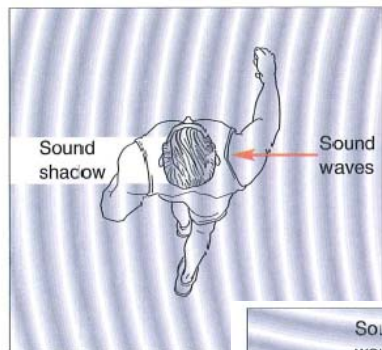
- Molte cellule cigliate rispondono soltanto quando il segnale acustico è in una precisa fase del suo ciclo.
- Anche se un singolo neurone non scarica ad ogni ciclo del segnale, la frequenza può essere codificata dall'attività collettiva di più cellule.
- L'efficacia di questo sistema si riduce per segnali di alta frequenza (>4kHz).⁷

Localizzazione orizzontale dei suoni (i)

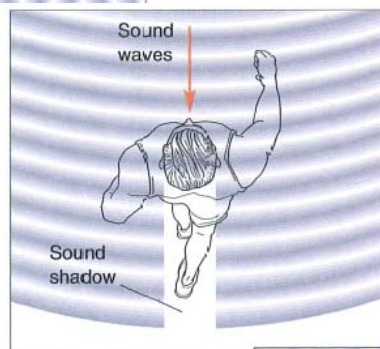


- La localizzazione dei suoni sul piano orizzontale si basa sul *ritardo interaurale*.
- Il momento esatto in cui un'onda sonora raggiunge le nostre orecchie è diverso se l'origine del suono non è perpendicolare alla nostra linea mediana.
- L'indizio sull'origine del suono viene raccolto sulla base dell'orecchio che riceve per primo il segnale.
- In presenza di toni continui, di cui non abbiamo udito l'esordio, il ritardo interaurale può essere misurato tra le fasi di picco del segnale acustico.

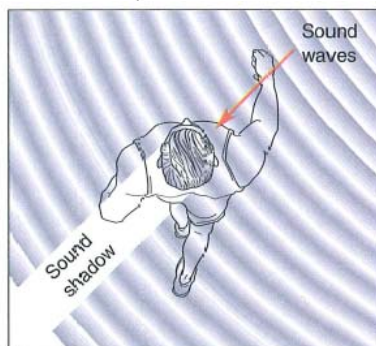
Localizzazione orizzontale dei suoni (ii)



(a)



(b)

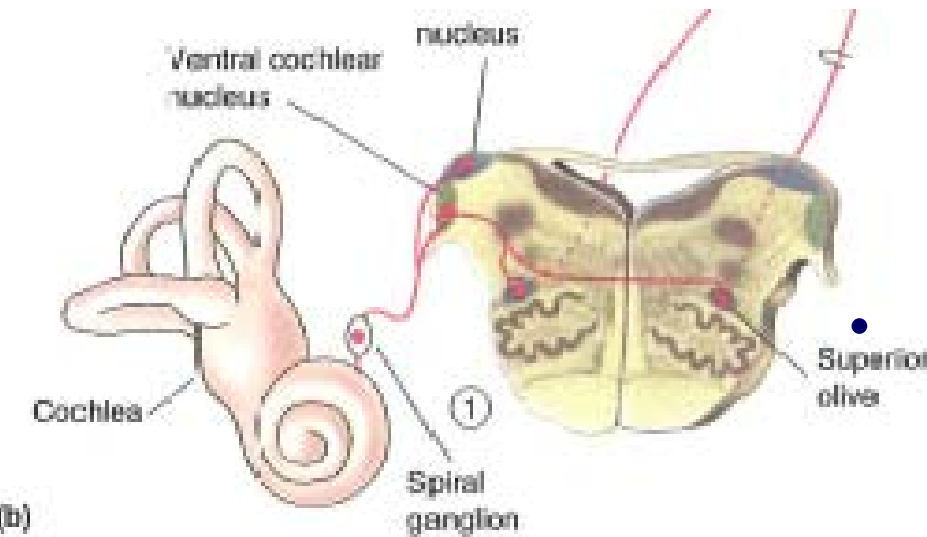


(c)

- I suoni possono essere localizzati anche dal confronto fra le *intensità* del segnale che raggiunge le due orecchie.
- L'intensità sarà maggiore per l'orecchio più vicino all'origine del suono, mentre sarà minore per quello più lontano.
- L'orecchio lontano si trova nella "zona d'ombra" creata dalla testa, in cui il segnale è marcatamente meno intenso.

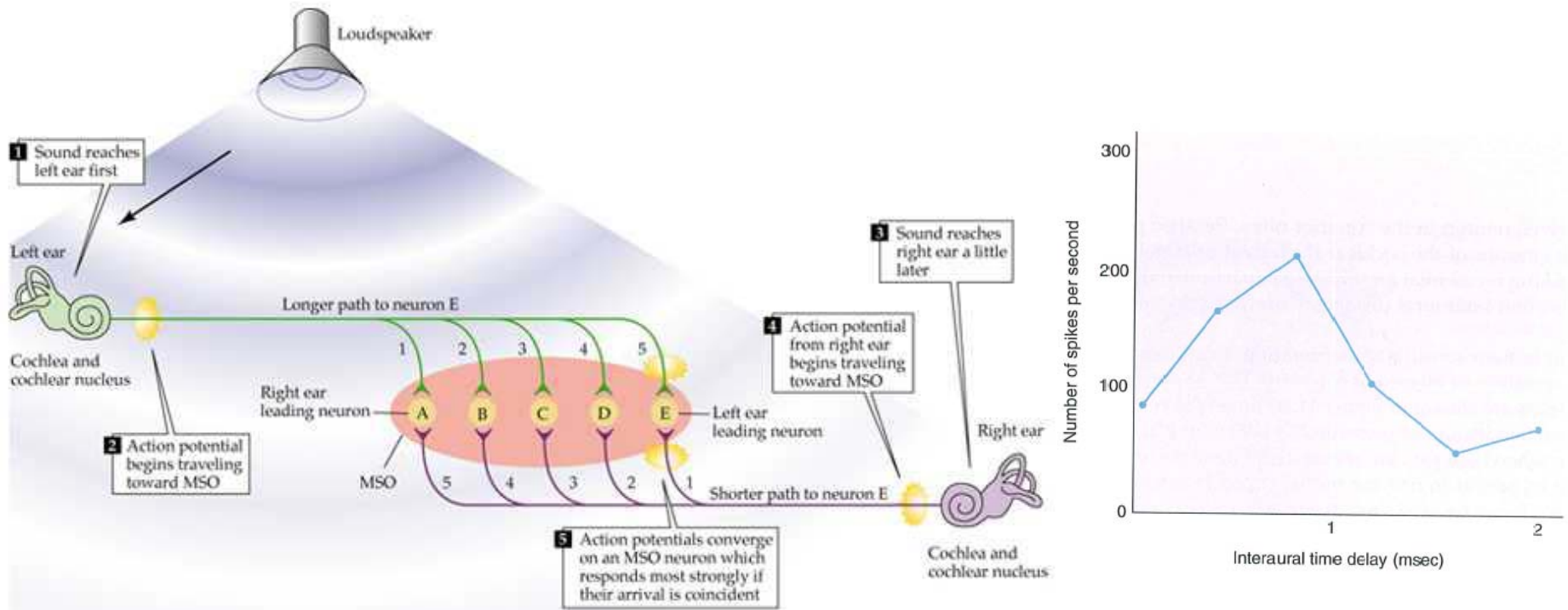
Neuroni binaurali (i)

- Molti dei neuroni acustici dall'*oliva superiore* in poi rispondono a stimoli che provengono da *entrambe* le coclee.



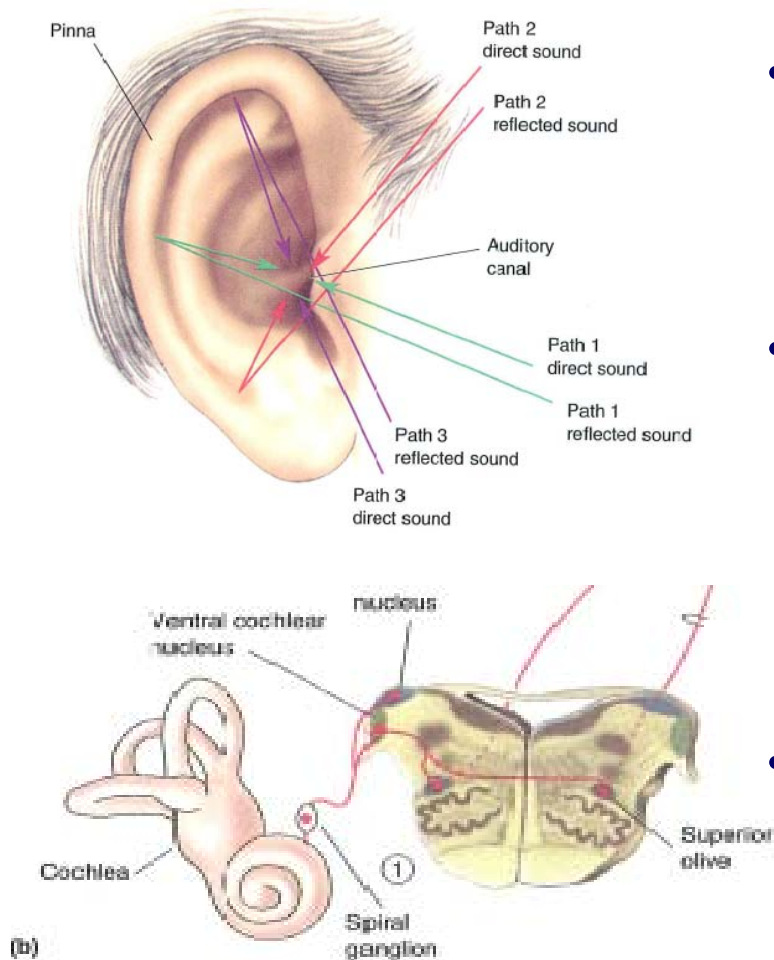
- Questi neuroni sono in grado di confrontare i tempi di ricezione del segnale acustico e di ricavare una prima localizzazione del suono.

Neuroni binaurali (ii)



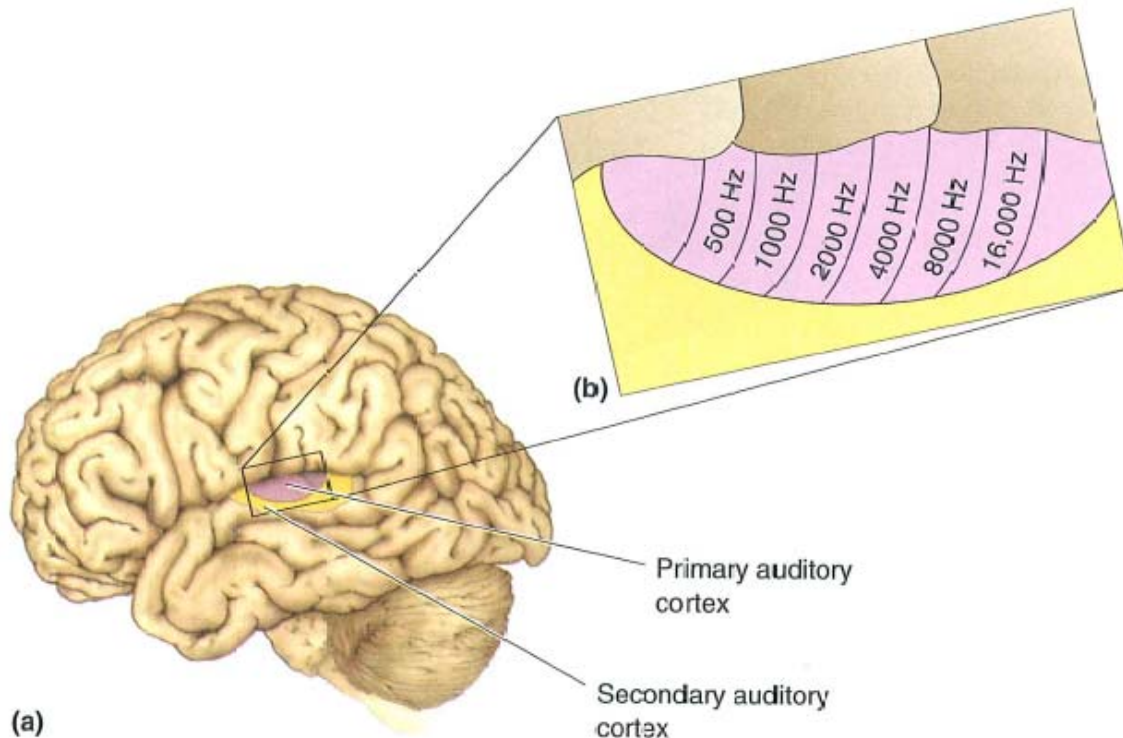
- Nell'oliva superiore neuroni diversi risponderanno in modo più marcato per intervalli interaurali di diversa durata.

Localizzazione verticale e antero-posteriore dei suoni



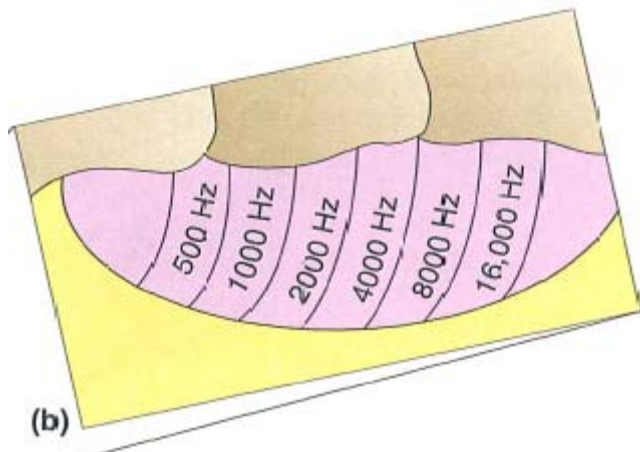
- La localizzazione verticale dei suoni avviene grazie alla particolare forma del padiglione auricolare.
- I suoni che incontrano il padiglione auricolare assumono delle modificazioni dello spettro di frequenze, che dipendono dall'angolo di incidenza.
- La localizzazione verticale e antero-posteriore dei suoni avviene a livello del nucleo cocleare dorsale.

La corteccia uditiva primaria

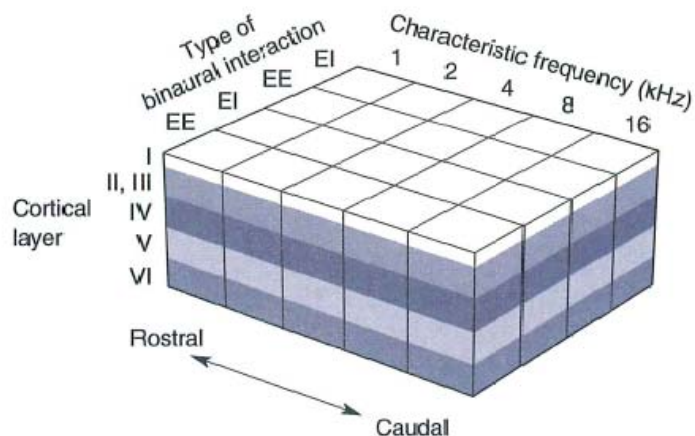


- La prima area corticale dedicata all'analisi di informazioni acustiche è A1, la *corteccia uditiva primaria*.
- Qui i neuroni sono organizzati in *bande di isofrequenza*, specializzate nell'elaborazione di stimoli di determinate frequenze sonore.

Elaborazione corticale dei suoni



- Anche in A1 ci sono cellule che rispondono prevalentemente a stimoli provenienti soltanto da una coclea, oppure da entrambe.
- Fra le caratteristiche sonore che sembrano essere elaborate in modo specifico da sottoinsiemi di neuroni, vi sono la frequenza, l'intensità, e la modulazione temporale del segnale acustico (stimoli transienti o continui).



27 Febbraio 2007

Corso di Laurea in Informatica Multimediale
Facoltà di Scienze MMFFNN
Università di Verona

Le interazioni cross-modali

Chiara Della Libera

DSNV Università di Verona
Sezione di Fisiologia Umana
tel. 045 802 7198
chiara.dellalibera@medicina.univr.it

La visione altera la percezione acustica

Effetto McGurk



$GA + /ba/ = /da/$

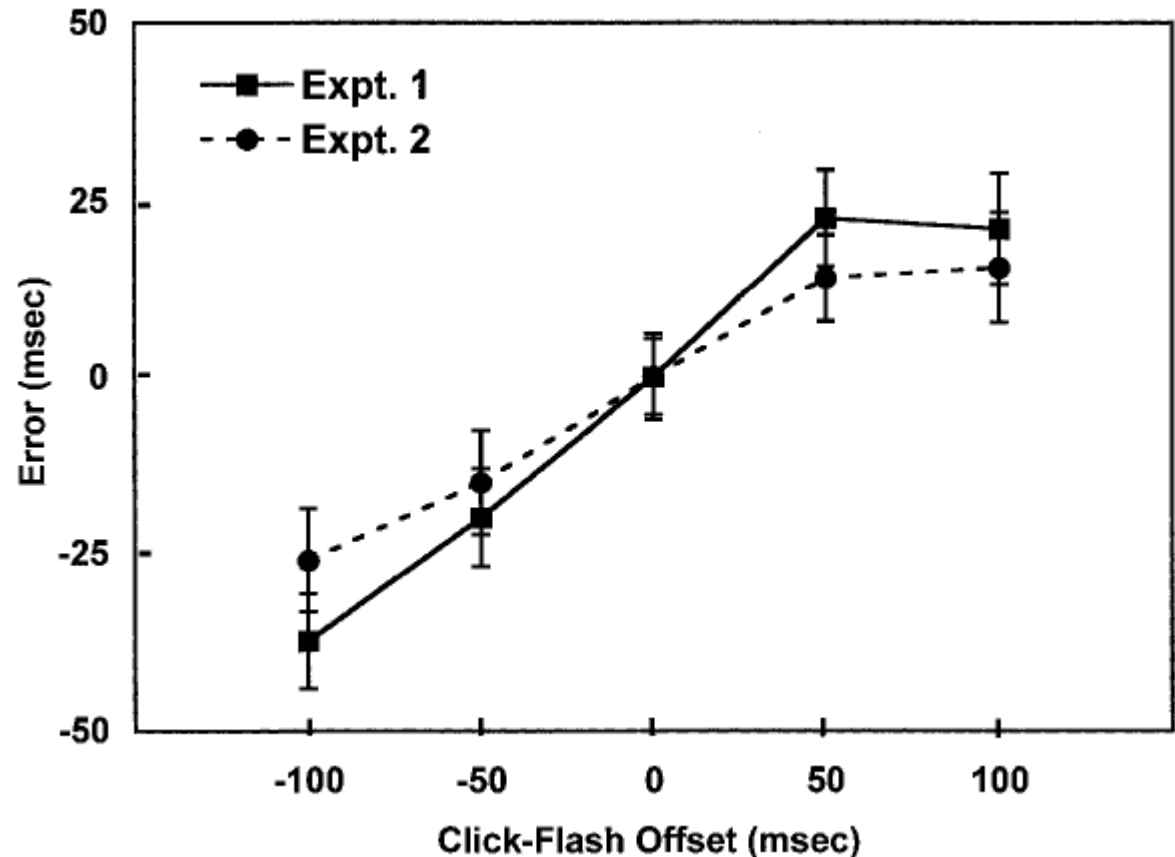
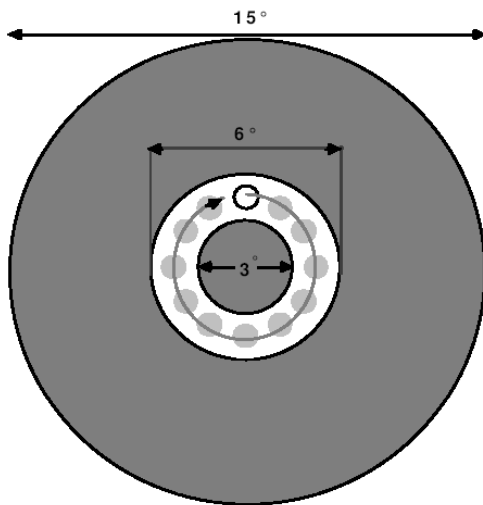
Effetto del ventriloquo



La visione sembra avere un effetto *dominante* sulle altre modalità sensoriali...

La visione è influenzata dalla percezione acustica

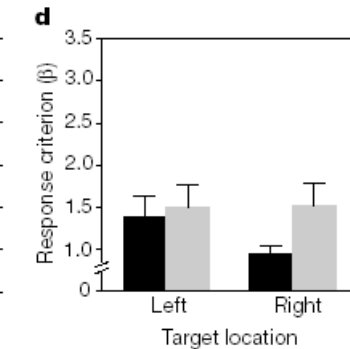
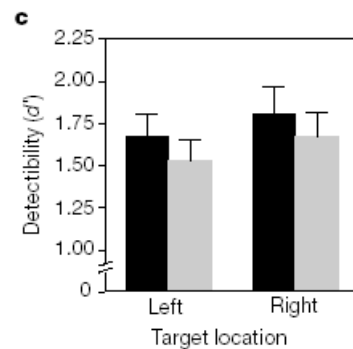
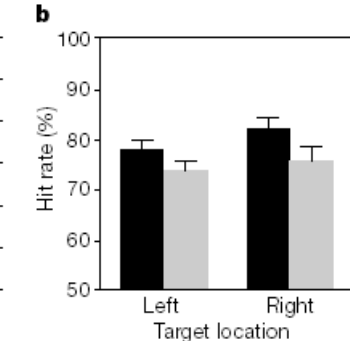
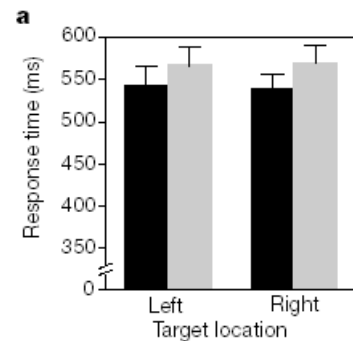
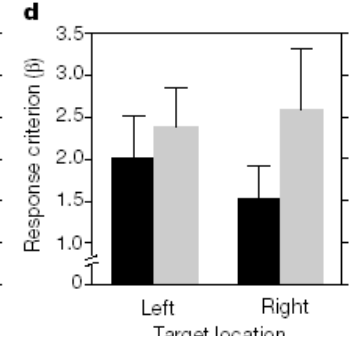
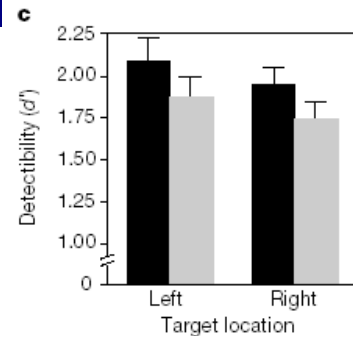
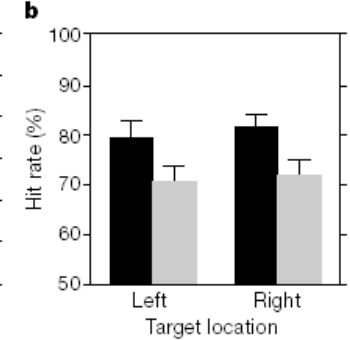
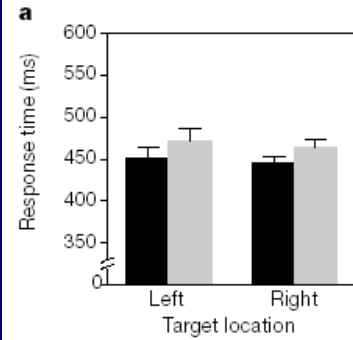
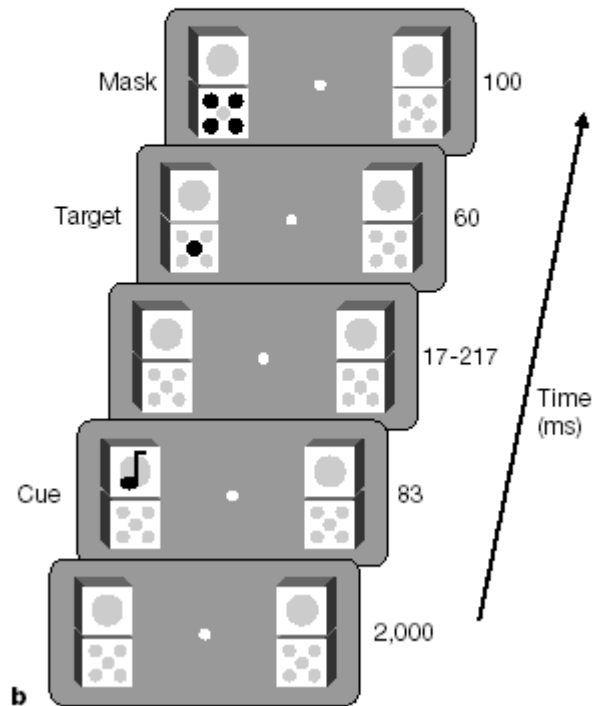
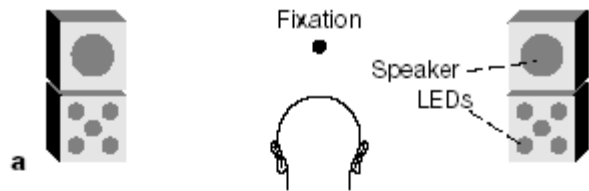
- L'influenza delle informazioni acustiche su quelle visive si osserva principalmente in relazione agli *aspetti temporali*.



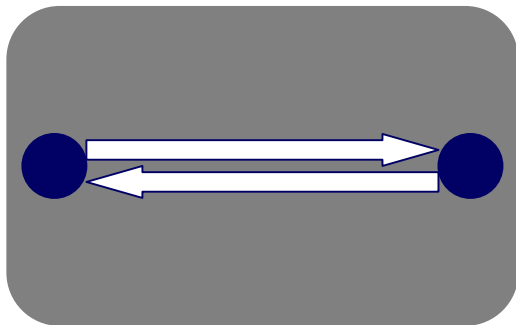
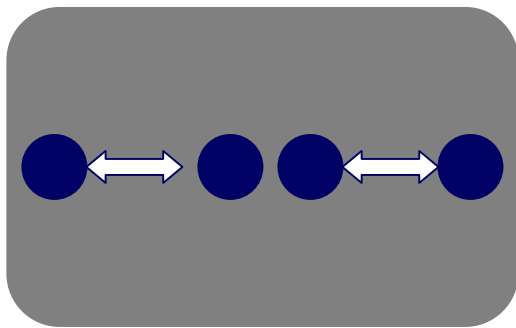
La visione è influenzata dalla percezione acustica

- La risoluzione temporale delle informazioni visive può essere migliorata o degradata dai suoni, a seconda delle relazioni temporali stabilite fra suono e informazione visiva.
- L'ipotesi della modalità sensoriale più appropriata (*modality appropriateness hypothesis*).

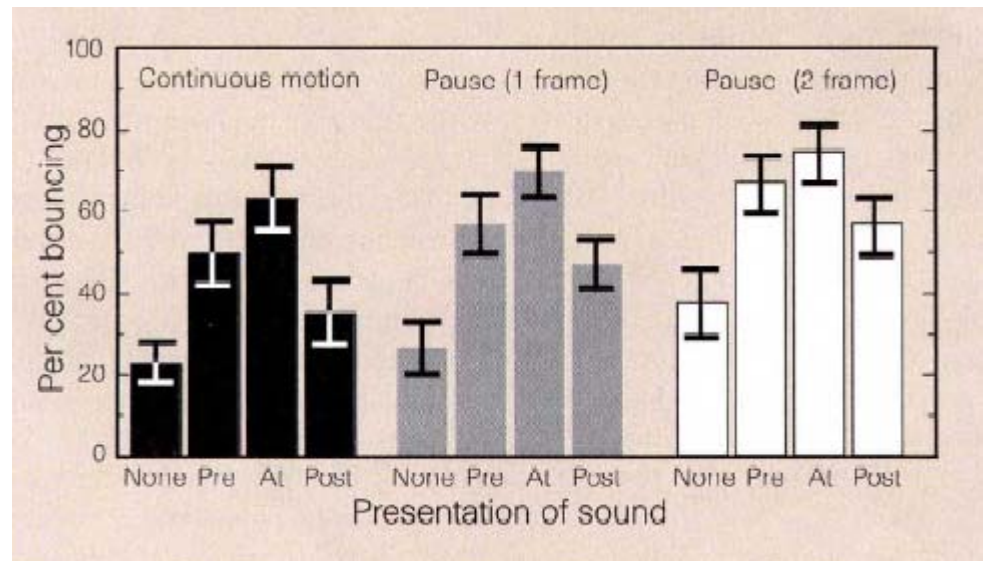
Effetti di natura spaziale



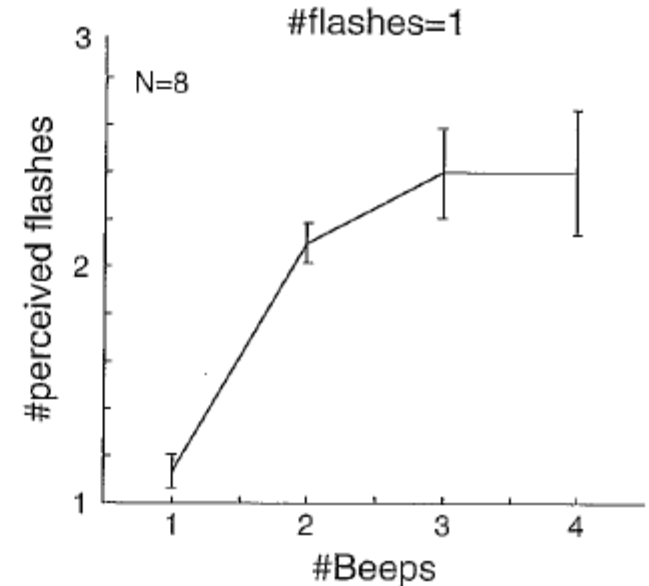
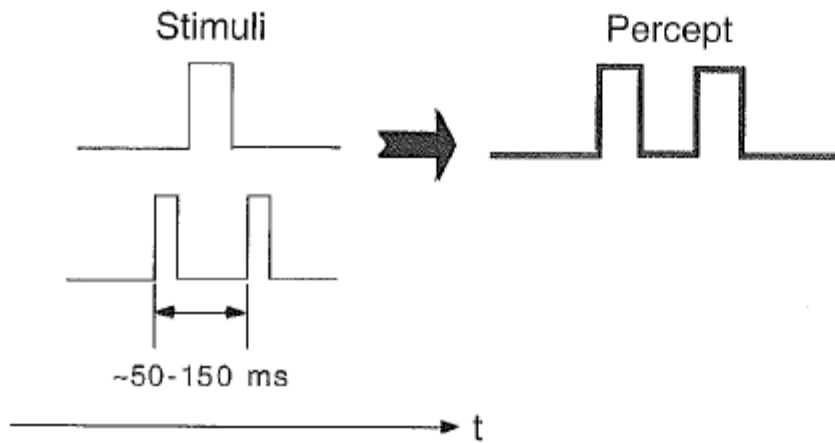
Causalità degli eventi



- L'interpretazione del movimento a "rimbalzo" aumenta considerevolmente se in prossimità dell'"impatto" viene fatto udire un suono.

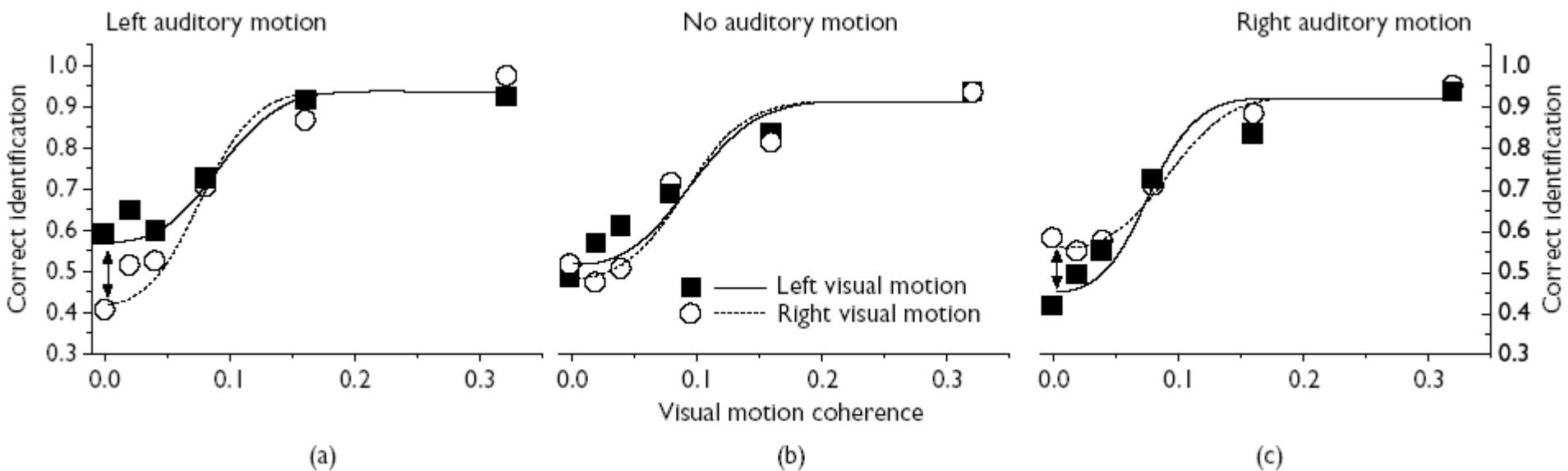
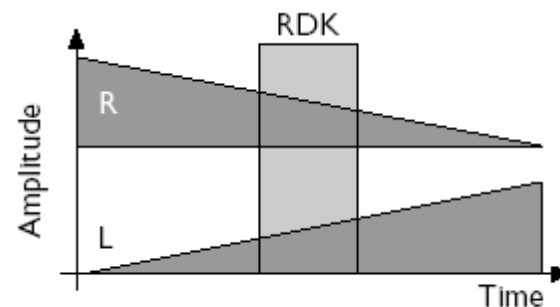
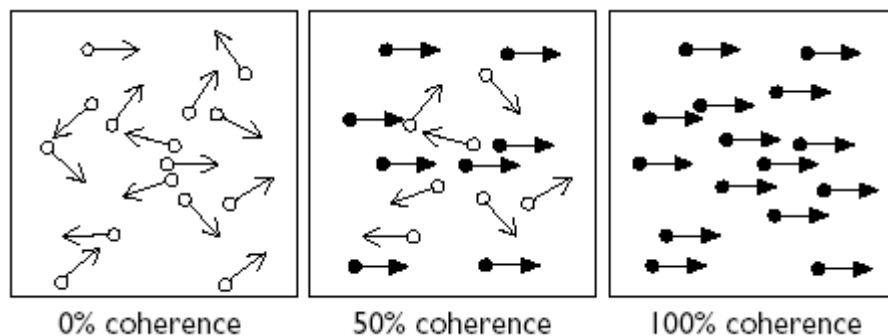


Illusory flash effect



- Anche la percezione di uno stimolo visivo *non ambiguo* può essere alterata dalla somministrazione di stimoli sonori.
- Nell'*illusory flash effect* un flash luminoso singolo può essere percepito come multiplo se la sua percezione è accompagnato da più stimoli acustici.
- Questo effetto è più marcato quando gli stimoli visivi sono presentati alla periferia del campo visivo.

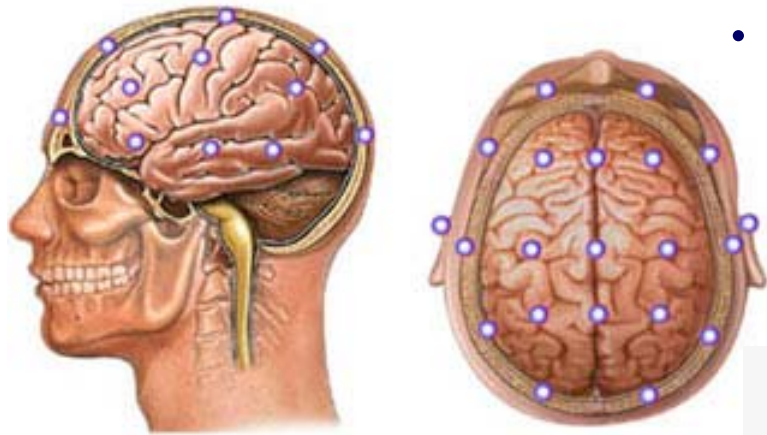
Percezione indotta di movimento



Modality appropriateness?

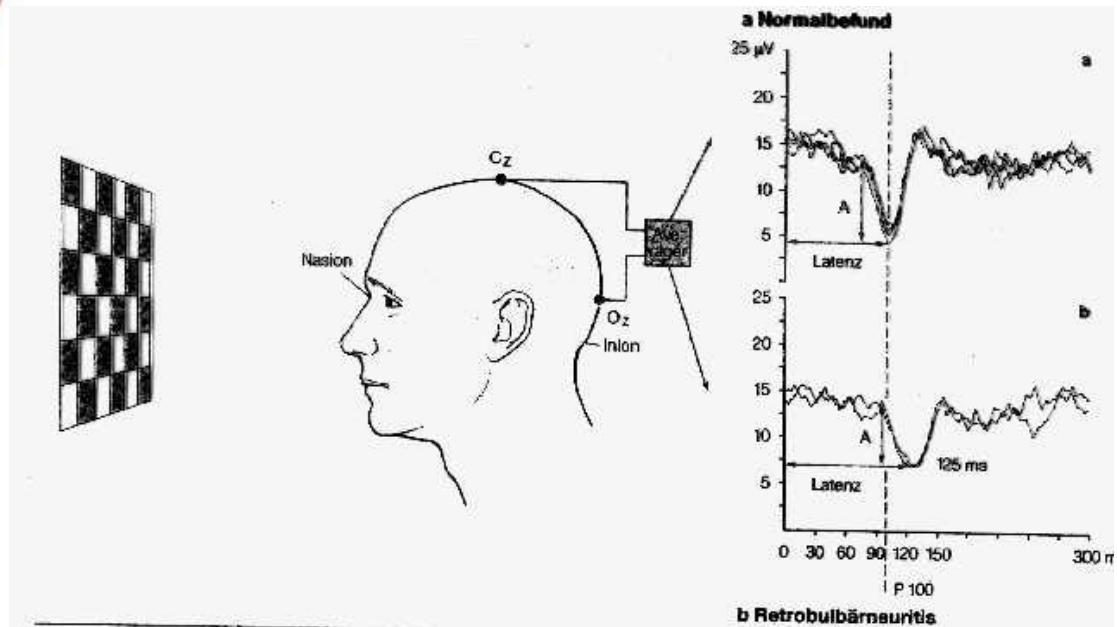
- Questi esempi suggeriscono che la percezione acustica abbia degli effetti sulla modalità visiva che vanno oltre l'elaborazione temporale delle informazioni!
- L'ipotesi della *modality appropriateness* non può spiegare queste evidenze sperimentali.

Potenziali corticali evento-relati (ERPs) e integrazione bimodale



- La misurazione dei potenziali evocati permette di ottenere una stima dell'attività nervosa in zone diverse del cervello, mantenendo una buona risoluzione temporale.

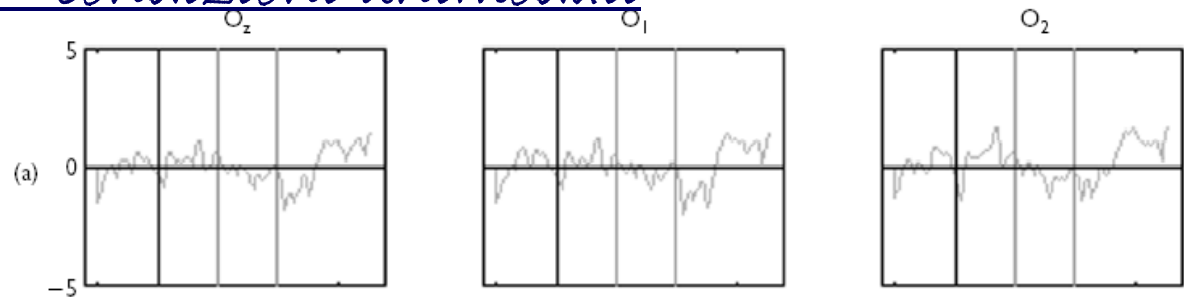
I potenziali evocati sono stati registrati dalla corteccia visiva, in un paradigma che induceva l'*illusory flash effect*.



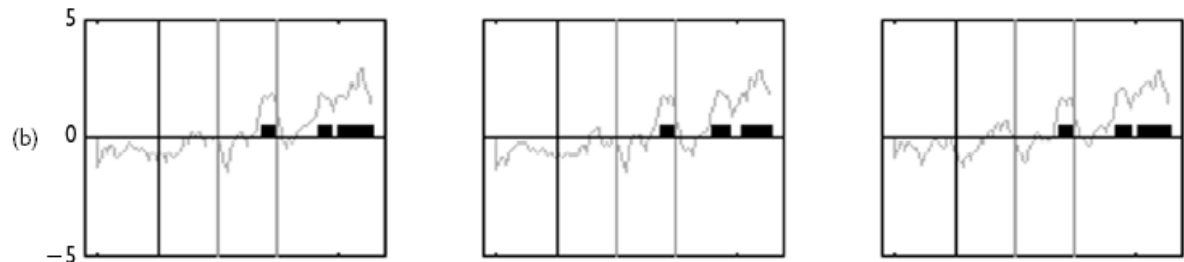
Potenziali corticali evento-relati (ERPs) e integrazione bimodale

Condizione bimodale - condizioni unimodali

Per stimoli presentati alla fovea



Per stimoli presentati in periferia



Condizione flash doppio - condizione flash singolo

Per stimoli presentati in periferia

