

CLINICA OTORINOLARINGOLOGICA DELL'UNIVERSITA' DI SASSARI

CORSO SPERIMENTALE

A) FISIOLOGIA DELL'ORECCHIO MEDIO E INTERNO

B) NOZIONI DI AUDIOMETRIA

BLOCCHI DELL'APPARATO Uditivo

Suddividiamo l'apparato uditivo in una serie di parti (o blocchi) in modo che a ciascuna parte corrisponda una funzione. Lo schema a blocchi" (il termine é preso a prestito dalla cibernetica) dell'apparato uditivo é il seguente:

Organo	Funzione
1) Orecchio esterno	Attenuatore selettivo
2) Orecchio medio	Adattatore di impedenza
3) Orecchio interno	Traduttore meccano-elettrico
4) Nervo VII	Convertitore analogico-digitale
5) Centri	Decodificatore

Spiegazione di taluni termini.

1) ATTENUATORE SELETTIVO: dispositivo in grado in grado di variare la intensità limitatamente ad alcune bande di frequenza.

2) **ADATTATORE DI IMPEDENZA:** dispositivo che serve per compensare la differenza di impedenza tra due mezzi.

3) **TRASDUTTORE** dispositivo in grado di tradurre, ossia di trasformare un tipo di energia in un altro tipo. Ad esempio, il telefono é un trasduttore meccano-elettrico, come la coclea.

4) **CONVERTITORE ANALOGICO-DIGITALE:** dispositivo che é in grado di convertire un segnale da una forma d'onda (es. una sinusoide) in una serie di numeri ("DIGITS" significa cifre)

FISIOLOGIA DELL ORECCHIO MEDIO

A) Definizione: L'ORECCHIO MEDIO E' UN ADATTATORE DI IMPEDENZA.

Immaginiamo un uomo che grida su di una barca e un ascoltatore sott'acqua. Perché l'ascoltatore non sente il grido?

Perché l'energia sonora deve passare da un mezzo (l'aria) a un altro (l'acqua) In queste condizioni sappiamo che una parte dell'energia viene riflessa e una parte rifratta. Quanto più simile l'impedenza acustica dei due mezzi, tanto maggiore é la rifrattazione; quanto più differente, tanto maggiore la riflessione Nel caso di passaggio aria-acqua, la seconda ha un'impedenza molto più grande della prima, per cui circa il 99,9% dell'energia viene riflesso,dalla superficie. dell'acqua e solo lo 0,1% viene rifratto.

Le vibrazioni sonore che percorrono l'aria, ossia un mezzo a bassa impedenza acustica, devono essere trasmesse ai liquidi labirintici, la cui impedenza é molto maggiore. Se per ipotesi il suono giungesse direttamente alla finestra ovale senza che l'orecchio medio fungesse da intermediario, una grandissima parte dell'energia sonora verrebbe riflessa proprio a causa della sfavorevole differenza di impedenza tra i due mezzi. Soltanto poca energia finirebbe per giungere alla coclea, con la conseguenza di un udito assai poco efficiente.

Il compito svolto dall'orecchio medio é esattamente quello di fare da mediatore tra la bassa impedenza dell'aria e quella elevata dei liquidi, in modo tale che la perdita di energia per riflessione sia contenuta al minimo. Ecco Perché abbiamo definito l'orecchio medio un "adattatore di impedenza".

I meccanismi attraverso cui l'orecchio medio svolge una funzione sono essenzialmente tre:

- 1) il rapporto di area tra la superficie timpanica e quella della platina;
- 2) il rapporto di leva esercitato dalla catena ossiculare;
- 3) il rapporto di curvatura della membrana timpanica.

Il rapporto di area é dei tre il più importante in senso quantitativo, cioè quello che maggiormente contribuisce all'adattamento di impedenza. Concentrando infatti su una superficie più piccola, quella della platina, la forza che agisce su di una superficie più grande (quella del timpano) si ottiene l'effetto di "vincere" in parte, l'elevata impedenza dei liquidi labirintici.

Una semplice analogia che chiarisce questo concetto é derivabile dall'uso comune. Se picchiamo con un martello contro un muro spesso la forza F che usiamo si disperde tutta in calore e non compiamo nessun lavoro L , dal momento che non si é prodotto alcun spostamento s ($L \times Fs$). Ma se prendiamo un chiodo e vi picchiamo sopra con la stessa forza il chiodo penetrerà con facilità tanto maggiore, quanto più piccola la sua sezione, ed avremo prodotto un lavoro, Perché l'applicazione della forza ha determinato uno spostamento.

Il rapporto di superficie tra membrana timpanica e platina é in media, nell'uomo, di 36,5.

Il rapporto di leva é dovuto alla conformazione della catena degli ossicini che agisce come una leva di secondo tipo. L'equazione della leva dice che il rapporto tra la forza applicata a un'estremo e quella dell'estremo opposto é inverso a quello dei rispettivi bracci (b);

$$F_i : F_2 = b_2 : b_1$$

Nell'orecchio medio i due bracci della leva sono rappresentati rispettivamente dal martello (b_1) e dall'incudine+staffa (b_2). Il fulcro è a livello dell'articolazione martello-incudine. (b_2) è leggermente più lungo di b_1 : in effetti, il rapporto $b_2 : b_1$, detto rapporto di leva, è di 1,2

Finalmente il rapporto di curvatura è dovuto alla particolare struttura ed orientamento delle fibre che compongono lo strato intermedio della membrana timpanica. Sotto l'azione di una forza, si stabilisce un particolare gioco di tensioni e di incurvamenti che fa sì che il rapporto tra una forza applicata alla membrana e quella che possiamo rilevare a livello del martello sia pari a 2,0

Possiamo a questo punto calcolare l'effetto di trasformazione esercitato dall'orecchio medio. Chiamiamo F_i la forza che agisce all'ingresso (input) del sistema, cioè sul timpano, e F la forza che possiamo rilevare all'uscita (output), cioè a livello della platina della staffa. Si ha: $F / F_i =$ rapporto di area (35,5) x rapporto di leva (1,2) x rapporto di curvatura (2,0) = 87,6. Questo è in base ai calcoli più recenti, il rapporto output/input dell'orecchio medio, detto anche rapporto di trasformazione che serve per "vincere" l'elevata impedenza dell'orecchio interno. Tale rapporto viene comunemente espresso in dB.

B) LA VENTILAZIONE DELL'ORECCHIO MEDIO

1 Principali fattori che regolano la pressione nell'orecchio medio sono:

- 1) la ventilazione tubarica
- 2) la diffusione dei gas dalle cavità ai tessuti.

La cavità dell'orecchio medio, detta anche più comunemente "cassa del timpano" o semplicemente "cassa" è per la grandissima parte del tempo, una cavità chiusa. La

tuba di Eustachio si apre infatti saltuariamente , di solito in coincidenza con atti di deglutizione, e rimane aperta per circa 1/3 di secondo.

Però non tutti gli atti di deglutizione, comportano necessariamente la apertura della tuba. Perché si abbia un passaggio d'aria dalla faringe alla cassa del timpano é indispensabile che quest'ultima eserciti un meccanismo di aspirazione. Il che può accadere solo se tra faringe e cassa esiste una differenza di pressione, nel senso che la cavità timpanica deve avere una pressione Più bassa di quella che c'è in faringe. E' stato calcolato che tale differenza di pressione, al momento della deglutizione, si aggira nel soggetto normale sui 30 mm Hg.

Subito dopo che la tuba si é aperta, la pressione nell'orecchio medio é identica a quella della faringe e cioè dell'esterno: in un soggetto che si trova a livello del mare sarà ovviamente di 740 mmHg.

Subito prima dell'apertura successiva la pressione nella cassa si é ridotta, come si é detto, di 30 mm Hg. Come mai si sono persi questi 30 mm? Perché nel periodo in cui la tuba resta chiusa si ha un passaggio di gas dalla cavità ai tessuti. E' legge ben nota della fisica i gas tendono a diffondere dal mezzo ove si trovano a concentrazione (e quindi a pressione) più elevata a quello a minore concentrazione . Nei tessuti la somma delle pressioni parziali dei tre Principali gas dell'aria (N₂, O₂, CO) si aggira sui 700 mmHg. Non appena la tuba si é aperta esiste nella cavità dell'orecchio medio, lo ripetiamo, una pressione identica a quella atmosferica mentre le pareti della cavità sono a pressione 700. Inizia quindi un passaggio di gas dalla cavità ai tessuti circostanti che riduce gradatamente la pressione nella cavità stessa. Quando tale riduzione é arrivata attorno a 30 mmHg scatta la segnalazione da parte dei pressocettori della cassa e interviene il meccanismo riflesso che fa aprire la tuba.

Se - per cause patologiche - la tuba non si é aperta, il passaggio di gas dall'aria ai tessuti continua finché tra i due sistemi non si é stabilito l'equilibrio.

FISIOLOGIA DELL'ORECCHIO INTERNO

A)COCLEA

Definizione: la coclea è un trasduttore meccano-(bio)elettrico.

In altre parole la coclea é in grado di trasformare l'energia sonora meccanica., che riceve tramite le vibrazioni della platina della staffa, in energia bioelettrica, quella cioé che é in grado di stimolare le fibre del nervo VIII.

B)GIOCO DELLE DUE FINESTRE.

In maniera molto semplificata, la coclea può essere considerata come un canale a pareti rigide (ossee), arrotolato su se stesso. Il canale é seppimentato in due parti dalla membrana basilare o partizione cocleare: sopra questa é appoggiato l'organo del Corti. La parte superiore, o scala vestibolare, comunica con l'orecchio medio attraverso la finestra ovale o vestibolare, in cui é inserita la staffa, l'inferiore, o scala timpanica, comunica con la cassa attraverso la finestra rotonda o timpanica, chiusa dalla membrana di Scarpa.

Analizziamo che cosa succede quando la platina della staffa, messa in movimento da un suono, si affonda come un pistone nell'orecchio interno. Essa comprime la perilinfa. Questa é incomprimibile come tutti i liquidi, e quindi trasmette l'aumento di pressione lungo la scala vestibolare. Qui vi é un'unica parete elastica e perciò deformabile, la membrana basilare, la quale di conseguenza si incurva verso il basso. Ciò provoca a sua volta un aumento di pressione nella scala timpanica e , in ultima analisi, una estroflessione della membrana della finestra rotonda. Analogamente, a uno spostamento in fuori della staffa consegue una introflessione della membrana di scarpa. Il gioco delle due finestre é dunque essenziale per assicurare dei corretti movimenti dei fluidi entro l'orecchio interno.

C) LE ONDE VIAGGIANTI.

In risposta ad un suono di durata non istantanea l'andamento degli incurvamenti o vibrazioni della membrana basilare é molto complesso, poiché dipende da numerose variabili fisiche. Tali vibrazioni sono dette "onde viaggianti"; nel punto o nei punti ove queste onde raggiungono una sufficiente ampiezza si ha la stimolazione delle cellule acustiche.

E' evidente che le onde impiegano un certo tempo , anche se breve, a viaggiare attraverso tutta la coclea: pertanto, quando la zona di massima deflessione é vicina all'apice, cioè lontana dalla finestra, la stimolazione dello organo del Corti avverrà dopo un intervallo di tempo (latenza) maggiore che non quando la massima deflessione é vicino alla finestra.

D) I MOVIMENTI A CESOIA.

Ricordiamo che l'organo di Corti é una struttura assai rigida. La sua superficie superiore , detta lamina reticolare., é attraversata dalle ciglia delle cellule acustiche interne ed esterne. Le ciglia sono le uniche strutture pieghevoli dell'organo di Corti e prendono contatto con la membrana tectoria.

Le ciglia si piegano quando la membrana basilare si sposta verso l'alto; quando lo spostamento è verso il basso , le ciglia si piegano in direzione opposta. Questi movimenti obliqui delle ciglia ricordano quelli delle lame di una forbice e sono detti movimenti a cesoia. Essi producono all'interno delle cellule acustiche, che sono da considerarsi come veri e propri meccanocettori, complessi e ancora in gran parte ignorati fenomeni chimici che generano l'impulso nervoso.

E) TONOTOPICITA' DELLA CHIOCCIOLA.

La membrana basilare, su cui poggia l'organo del Corti, é più larga vicino all'apice della chiocciola e più stretta in prossimità delle finestre. L'ampiezza é strettamente correlata con la rigidità: la membrana basilare infatti é molto più cedevole all'apice che alla base, ove le fibre che la compongono sono più corte. In analogia con quanto si verifica negli strumenti a

corda, la frequenza di risonanza (cfr. "Fisica") diminuisce dalla base all'apice. Quindi se si stimola con un tono puro di frequenza grave, la massima deflessione si sposta verso la base.

In altre parole, la coclea ha una distribuzione tonotopica. Nell'uomo, la frequenza di 20 KHz la più alta udibile, è proprio all'altezza delle finestre; a metà strada tra base e apice c'è la frequenza di 2000Hz quella di 60 Hz è in tutta prossimità dell'elicotrema.

ATTENZIONE: non è vero che una determinata zona della coclea sia sensibile solo ed esclusivamente a una determinata frequenza, che è la frequenza di risonanza. Ciò accade unicamente quando lo stimolo è di debolissima intensità. A mano a mano che si aumenta l'intensità (mantenendo costante la frequenza) la zona di cellule che rispondono si amplia sempre di più.

RIASSUNTO.

Il movimento a pistone della staffa nella finestra ovale creano, grazie alla presenza nell'orecchio interno di una controapertura, rappresentata dalla finestra rotonda (gioco delle due finestre) delle oscillazioni della membrana basilare. Quando gli incurvamenti della membrana basilare raggiungono una determinata entità, si provocano delle deflessioni delle ciglia delle cellule acustiche (movimenti a cesoia) le quali danno origine a fenomeni elettrochimici endocellulari, tramite cui vengono stimulate le sinapsi alla base delle cellule. La coclea esegue un'analisi meccanica delle frequenze: ossia, date le caratteristiche di vibrazioni della membrana basilare, caratteristiche che dipendono da fattori meccanici, ciascun gruppo di cellule acustiche è maggiormente sensibile a una determinata frequenza (tonotopicità della coclea).

F) I POTENZIALI COCLEARI

Introducendo degli elettrodi in vicinanza o entro la coclea, si possono registrare diversi potenziali elettrici, di cui due hanno importanza particolare:

1) Il potenziale microfonico cocleare (CM, dalle iniziali inglesi Cochlear Microphonic). Si rileva soltanto quando l'orecchio è stimolato da un suono, ed ha la forma che riproduce con buona fedeltà quella dello stimolo. (Per fare un esempio, lo stesso avviene quando colleghiamo un microfono con un oscilloscopio e riproduciamo così sullo schermo le vibrazioni sonore). Le ricerche sperimentali hanno dimostrato che il CM è prodotto essenzialmente dalle cellule acustiche esterne. Esso è la rappresentazione elettrica dei movimenti di queste cellule, prodotti dalle onde viaggianti.

2) Il potenziale d'azione (AP, dalle iniziali inglesi Action Potenzial).

Alla base delle cellule acustiche è situata la sinapsi con le fibre del nervo VIII. A seguito della stimolazione meccanica si liberano allo interno del meccanorecettore dei trasmettitori chimici (acetilcolina, ecc.) che scatenano l'impulso nervoso a partire dalla sinapsi. Sono questi gli impulsi che noi registriamo come potenziale d'azione". L'impulso si propaga lungo la fibra allo stesso modo con cui si propaga l'incendio lungo una miccia. L'impulso che per-corre la fibra non ha alcun rapporto con l'intensità dello stimolo sensoriale. Esso è sempre identico, sia per stimoli deboli che per stimoli molto intensi, e obbedisce pertanto alla legge del tutto o nulla".

Ciascuna fibra del nervo VIII veicola quindi solo due informazioni: a) l'impulso è presente, b) l'impulso è assente. Nello stesso modo lavora un calcolatore con il sistema binario basato sulle due cifre 0 e 1. Per questo si dice che il nervo VIII funziona come un convertitore analogico-digitale: esso infatti trasforma un segnale formato da una successione di onde (segnale che è analogo allo stimolo acustico) in una successione di cifre (digits) binarie, 1 (presenza di stimolo) e 0 (assenza di stimolo).

Abbiamo detto che la singola fibra obbedisce alla legge del "tutto o nulla". Pertanto, le informazioni circa l'intensità dello stimolo sono date, tra l'altro, dal numero delle fibre eccitate. Quando il suono stimolante è di forte intensità, esso provoca una deflessione della membrana basilare maggiore di quanto non avvenga con un suono identico più debole. Il numero di cellule acustiche stimulate risulterà quindi più

grande e di conseguenza gli impulsi saranno veicolati da un numero più elevato di fibre.

Ultima considerazione riguardante i potenziali. Quando si prelevano mediante elettrodi i potenziali della coclea, si ottengono ovviamente dei segnali che sono un miscuglio di CM e di PA. Per poter esaminare separatamente i due potenziali è necessario ricorrere a degli artifici: di questi, il più frequentemente adottato richiede l'impiego di un calcolatore.

NOZIONI DI AUDIOMETRIA

La parola "audiometria" indica letteralmente "misura dell'udito". Lo scopo dell'audiometria non è però soltanto quello di misurare l'udito di un soggetto; assai più importante è l'altro scopo, quello di fornire informazioni circa la sede della eventuale lesione dell'apparato uditivo. L'audiometria può essere pertanto definita anche come la semiotica delle malattie dell'udito.

AUDIOMETRIA SOGGETTIVA E OBIETTIVA.

Come dice il nome, l'audiometria soggettiva è quella che richiede la collaborazione del soggetto d'esame. La collaborazione migliore si consegue quando il soggetto è "motivato", ossia fa ogni sforzo affinché l'esame riesca bene. Questo avviene naturalmente solo negli adulti psicamente normali. Anche nei bambini più grandi si riesce ad ottenere una buona collaborazione.

L'audiometria soggettiva invece prescinde dalla collaborazione del paziente

AUDIOMETRIA SOGGETTIVA

L'audiometria soggettiva si divide in - audiometria tonale e - audiometria vocale o verbale a seconda che gli stimoli siano rappresentati da toni puri o da messaggi verbali. Ci occuperemo qui solo della prima.

L'audiometria tonale include la ricerca dei livelli di soglia (audiometria tonale liminare). e la ricerca di particolari fenomeni (recruitment, adattamento) che hanno un preciso valore semeiologico.

AUDIOMETRIA OBIETTIVA

L'audiometria obiettiva comprende: l'impedenzometria e la ricerca dei potenziali evocati da uno stimolo acustico. L'impedenzometria, a sua volta, include il rilievo del timpanogramma o timpanometria e quello dei riflessi acustici o stapediai.

I potenziali evocati si possono prelevare dalla coclea e abbiamo allora L'elettrococleografia o EcochG oppure dal tronco cerebrale, e prendono allora il nome di ABR. Ricapitoliamo quanto finora detto in uno schema:

Audiometria: Soggettiva: tonale e vocale:

1a) liminare 1b) recruitment ed adattamento

Oggettiva: impedenziometria e potenziali:

2a) timpanometria 2b)riflessi acustici

3a) EcochG 2b)ABR

AUDIOMETRIA TONALE

A) AUDIOMETRIA TONALE LIMINARE (misura della soglia)

Gli strumenti per eseguire l'audiometria tonale prendono il nome di audiometri. Essi sono essenzialmente dei generatori di toni puri, che producono le frequenze che vanno da 125 Hz a 8 KHz, e cioè: Hz 125 250 500 1000 2000 4000 8000. Di queste frequenze, quelle che vanno da 500 a 2000 sono le più importanti (così dette frequenze centrali) perché ad esse corrisponde la voce umana.L'intensità dei segnali é regolata mediante attenuatori graduati di 5 in 5 dB.

I risultati dell'audiometria tonale vengono iscritti in un grafico che prende nome di audiogramma tonale. Sulle ascisse dell'audiogramma sono indicate le frequenze in Hz, mentre sulle ordinate sono graduate in dB le perdite di udito in rapporto alla soglia normale, che è a livello di 0 dB. Questi dB appartengono ad una scala fissata dalla ISO International Standard Organization nel 1964 e vengono comunemente denominati dB HL.

Dall'audiometro il suono viene convogliato alle orecchie del paziente tramite degli auricolari a cuffia. Il soggetto è istruito ad alzare una mano non appena ode il suono. Iniziando da un orecchio (solitamente da quello che il paziente indica come migliore) e da una frequenza (solitamente, 1 KHz) si aumenta gradatamente l'intensità del suono fino a che il paziente segnala che ode. Si passa poi alle altre frequenze e quindi all'altro orecchio e si inscrivono nell'audiogramma le soglie indicando l'orecchio destro con dei cerchietti e l'orecchio sinistro con delle crocette. Infine si collegano i vari punti.

Si definisce normale un soggetto la cui soglia è compresa fra 0 e 15 dB su tutte le frequenze. Un paziente che ha sulle "frequenze centrali" una perdita inferiore a 35 dB viene chiamato "socialmente idoneo", il che significa che la sua menomazione apparirà soltanto quando dovrà udire suoni di intensità debole.

Questo tipo di audiometria tonale liminare che abbiamo descritto sinora è chiamato "PER VIA AEREA". Infatti il suono, come avviene normalmente, raggiunge la membrana del timpano attraverso l'aria del condotto uditivo.

Esiste un secondo tipo di audiometria tonale liminare, quella per "VIA OSSEA" che si esegue subito dopo la precedente. Qui il suono raggiunge il paziente tramite un vibratore che si appoggia alla mastoide. Lo stimolo acustico fa vibrare l'osso temporale e quindi anche la capsula labirintica in esso contenuta. Le vibrazioni si trasmettono alla perilinfa e determinano le onde viaggianti. E' evidente dunque che la stimolazione per via ossea direttamente l'orecchio interno, cortocircuitando (cioè "saltando") l'orecchio medio. Ne consegue che la soglia per via ossea sarà normale anche se è lesa l'orecchio medio.

Anche la soglia per via ossea viene iscritta nell'audiogramma mediante segni convenzionali.

A seconda della posizione che assumono nell'audiogramma le soglie per via aerea e per via ossea si configurano diverse possibilità semeiologiche:

1) Via aerea normale con Via ossea normale

= udito normale

2) Esiste una perdita uditiva per via aerea con via ossea normale

= lesione dell'orecchio medio (ipoacusia di TRASMISSIONE)

3) Esiste un'identica perdita uditiva, sia per via aerea che per via ossea

= lesione dell'orecchio o del nervo VIII

4) Esiste una perdita uditiva per via aerea e una perdita, però meno grave, anche per via ossea = ipoacusia associata dell'o.medio e dell'o.interno (ipoacusia di tipo MISTO).

1b) RICERCA DEL RECRUITMENT E DELL'ADATTAMENTO

Abbiamo detto che quando l'audiometria tonale lineare ci rivela un'identica caduta sia della via aerea che della via ossea, siamo in presenza di una ipoacusia neurosensoriale: questa può essere a carico o della coclea o del nervo VIII.

La distinzione tra queste due possibili sedi di lesione si basa sulla presenza o assenza di due fenomeni semeiologici: - il recruitment - l'adattamento patologico.

IL RECRUITMENT

Il recruitment é una parola inglese che significa reclutamento. Spieghiamolo così: ogni stimolo sonoro é caratterizzato da una propria intensità. Questa intensità dello

stimolo, che in audiometria si misura in dB, evoca nel soggetto una sensazione soggettiva di intensità, detta comunemente loudness (pronuncia làudnes).

L'intensità, che è una grandezza fisica, è legata alla loudness, che è una grandezza psico-fisica, da una relazione di tipo esponenziale. Pertanto se in un grafico riportiamo la loudness in ordinata (in scala aritmetica) e l'intensità in ascissa (in scala logaritmica), si ottiene una retta. Quando invece è presente il recruitment, la relazione tra la loudness e intensità varia.

La definizione del recruitment è pertanto la seguente: il recruitment corrisponde a una perdita della linearità nella relazione tra loudness e intensità del suono.

Per il paziente, la presenza del recruitment fa sì che, come si può notare nella figura, piccoli incrementi della intensità dello stimolo producono incrementi sproporzionatamente grandi della loudness. Di conseguenza, il paziente con recruitment è molto infastidito dai suoni intensi.

Secondo un'interpretazione recentissima, il recruitment sarebbe dovuto a una riduzione della rigidità delle ciglia delle cellule acustiche, prodotta dalla noxa patologica.

L'ADATTAMENTO PATOLOGICO

Ogni organo di senso sottoposto a una stimolazione presenta una lieve diminuzione di sensibilità che si manifesta a breve distanza dall'inizio dello stimolo e dura per un poco anche quando lo stimolo è cessato. Tale fenomeno si esprime dicendo che l'organo "si adatta". L'adattamento uditivo è pertanto una modesta elevazione della soglia che si verifica indipendentemente dalla intensità dello stimolo; se questo ha una durata prolungata è possibile osservare e misurare lo spostamento della soglia durante la stimolazione.

Quando è presente una lesione a carico del nervo VIII, l'adattamento aumenta considerevolmente (adattamento patologico): ad esempio, inviando a un paziente un tono puro all'intensità di soglia si osserverà che egli "perde" la sensazione dopo uno o due minuti.

Come il recruitment é patognomonico di una lesione cocleare, così l'adattamento é patognomonico di una lesione del nervo VIII (o retrococleare).

Le ipoacusie neurosensoriali si distinguono pertanto in cocleari (quando é presente il recruitment) e retrococleari (quando vi é un adattamento patologico).

IMPEDENZOMETRIA

2a) TIMPANOMETRIA (rilievo del timpanogramma)

E' utile ricordare brevemente che l'impedenza acustica (Z_a) dell'orecchio rappresenta l'ostacolo, la "difficoltà" che incontra un flusso di energia sonora quando attraversa il condotto uditivo, il sistema timpano-ossiculare, la coclea Z_a é formata di due componenti la resistenza acustica (R_a) e la reattanza acustica (X_a) quest'ultima a sua volta é formata di due componenti che si sommano fra loro algebricamente e che sono la reattanza positiva ($+X_a$) o reattanza di massa e la reattanza negativa ($-X_a$) o reattanza di compliance.

A scopo clinico, ci interessa misurare l'impedenza dell'orecchio medio, cioè del sistema timpano-ossiculare. Nell'orecchio medio, la quota di gran lunga più importante dell'impedenza é formata dalla reattanza di compliance ($-X_a$). In commercio, vi sono impedenziometri che misurano separatamente R_a e X_a (oppure i loro reciproci - in questo caso, poché il reciproco dell'impedenza é l'ammettanza, si dovrebbe parlare di "ammettanzometri"); altri, meno costosi, che misurano soltanto $-X_a$.

Tutti gli apparecchi generano un tono puro (detto "tono sonda) che entra nell'orecchio e che permette di eseguire la misura. Gli strumenti più semplici sono muniti di un solo "tono sonda" di frequenza attorno a 200 Hz. Con gli apparecchi più complessi si può ripetere la misura con un secondo "tono sonda" di frequenza più acuta (attorno a 600 Hz).

Gli impedenzometri sono inoltre provvisti di una pompa la quale produce pressioni positive e negative nel condotto uditivo esterno. Il valore di pressione, in mm. d'acqua, é graduato su di un quadrante.

Per eseguire l'esame, si introduce nell'orecchio del paziente un terminale dotato di tre piccoli fori: il Primo é collegato a un microfono e trasmette il tono sonda il secondo é collegato a un ricevitore che capta la quota di tono sonda che viene riflessa dalla membrana timpanica (la misura dell'impedenza si basa sulla differenza tra il flusso di energia trasmesso con il tono sonda e la parte che é stata riflessa dal timpano la differenza é chiaramente il flusso di energia sonora che ha attraversato l'orecchio medio); il terzo foro é connesso con la pompa. Il terminale viene rivestito da un supporto di gomma e introdotto nel condotto in modo da ottenere una chiusura ermetica.

La timpanometria é la misura delle variazioni di impedenza dell'orecchio medio in funzione delle variazioni di pressione creata nel condotto uditivo esterno dalla pompa.

La curva di questa funzione é registrata su di un grafico, detto timpanogramma, che riporta in ordinata l'impedenza (oppure il suo reciproco, l'ammettanza., oppure ancora la compliance) e in ascissa la pressione in mm. d'acqua.

TIMPANOGRAMMA NORMALE

Il timpanogramma normale é rappresentato da una curva con un picco (vedi la figura su di un libro di testo). Il picco é collocato in corrispondenza della pressione zero; in effetti quando nel condotto la pressione della pompa é zero, vi é la stessa pressione che all'esterno. In questa condizione la membrana é in posizione normale e il flusso di energia sonora é massimo.

Ogni volta che aumenta o diminuisce la pressione nel condotto la membrana timpanica si introflette; in entrambi i casi il sistema si irrigidisce. In conclusione, a pressione zero l'impedenza avrá un valore minimo (oppure l'ammettanza avrá un

valore massimo); Quando il sistema è irrigidito, la impedenza assumerà valori maggiori (oppure l'ammettanza diventa più piccola).

INTERPRETAZIONE DEL TIMPANOGRAMMA

L'interpretazione corretta del timpanogramma si basa su tre elementi principali:

a) posizione del picco b) ampiezza del picco c) forma generale della curva

a) **POSIZIONE DEL PICCO.** Abbiamo già detto che la posizione del picco, ossia il punto di minima impedenza, si ha quando la membrana è in posizione normale (non interflessa, né estroflessa), ossia quando da entrambi i lati della membrana esiste la stessa pressione. Ne conviene che la posizione del picco ci dà un'esatta indicazione della pressione esistente nell'orecchio medio.

A scopo clinico, si può considerare la posizione del picco quando è compresa fra +100 e -100mm. d'acqua. Pressioni francamente positive non si incontrano nella pratica (come potrebbe esistere nell'orecchio medio una pressione superiore a quella atmosferica?). Per contro il picco può essere spostato verso pressioni negative e segnalare una disfunzione della tuba.

b) **AMPIEZZA DEL PICCO.** Un picco con ampiezza normale significa una elasticità (o una rigidità) normale del sistema timpano-ossiculare, mentre l'aumento o la riduzione di elasticità (rispettivamente, una diminuzione o un aumento di rigidità).

Un aumento del picco, in presenza di un'obiettività normale, dimostra una enorme flaccidità del timpano (che di solito non influisce sull'udito). I blocchi parziali e totali della catena (da otosclerosi o da timpanosclerosi) abbassano normalmente il picco; la presenza nell'orecchio medio di un mezzo incomprimibile (solido o liquido) abolisce del tutto il picco (timpanogramma piatto).

c) **FORMA GENERALE DELLA CURVA.** L'alterazione più frequente a parte la mancanza del picco di cui abbiamo già parlato, è la presenza di un avvallamento o di

una bifidità che dà alla curva un aspetto a W o a "gobbe di cammello". Normalmente questi tracciati compaiono con i suoni sonda acuti e si associano a una diminuzione di impedenza del sistema. Essi possono osservarsi nelle alterazioni cicatriziali della membrana timpanica, nelle interruzioni della catena degli ossicini, nei pazienti operati di plastica del timpano.

2b) IL RIFLESSO ACUSTICO

Il riflesso acustico é composto di un arco afferente che va dalla coclea al nucleo cocleare e di un arco afferente che va dal nucleo motore del VI I al muscolo stapedio. Nel bulbo la connessione tra nucleo cocleare e nucleo motore del VII é sia ipsi che controlaterale: ciò spiega perché la stimolazione acustica di un solo orecchio provoca la contrazione del muscolo stapedio di entrambi i lati. Il riflesso acustico, che ha uno scopo protettivo per l'orecchio interno, si scatena quando la udness provocata da uno stimolo sonoro raggiunge un considerevole livello, pari a quella provocata da un tono puro di intensità di circa 80 dB sopra la soglia uditiva. Il più piccolo livello di intensità in grado di scatenare il riflesso si chiama soglia del riflesso.

La contrazione del muscolo stapedio provoca un irrigidimento del sistema timpano-ossiculare che si può visualizzare come un aumento di impedenza contemporaneo alla stimolazione. Per originare il riflesso occorre un generatore di toni puri spesso incorporato nell'impedenzometro, collegato per mezzo di un auricolare con l'orecchio opposto a quello in cui si introduce il terminale: in questo caso si visualizza il riflesso per stimolazione controlaterale. Gli impedenzometri più sofisticati possono suscitare il riflesso anche stimolando direttamente l'orecchio in cui é posto H terminale (stimolazione ipsilaterale). La valutazione del riflesso acustico per fini diagnostici deve tenere conto di tre parametri principali: a) presenza o assenza del riflesso; b) soglia del riflesso; C) andamento temporale del riflesso.

LA PRESENZA DEL RIFLESSO dimostra un'integrità delle strutture che fanno

parte dell'arco afferente e di quello efferente. Un'assenza del riflesso si può osservare anche in soggetti normali. A parte questa evenienza eccezionale, le CAUSE D'ASSENZA del riflesso sono (cominciando dall'arco afferente):

- 1) Una ipoacusia pronunciata. Per esempio, in una sordità di trasmissione con una perdita uditiva a 50 dB, la soglia del riflesso si colloca attorno a 130 dB, ossia fuori delle possibilità di erogazione dello strumento.
- 2) Una patologia del nervo. Nei neurinomi si ha spesso una scomparsa del riflesso anche quando la perdita uditiva è ancora modesta.
- 3) Una lesione centrale. Una Patologia bulbare può interrompere le connessioni tra il nucleo cocleare e i nuclei motori del facciale
- 4) Una paralisi del VI I.
- 5) Una lesione del muscolo stapedio. Ad esempio la scomparsa del riflesso è un segno precoce della miastenia Progressiva.
- 6) Una interruzione del tendine. Ad esempio.. in seguito a un tram, o come conseguenza dell'intervento di stapedectomia nell'otosclerosi.
- 7) Una lesione della staffa. La rottura traumatica delle branche, o la presenza di un focolaio otosclerotico, impediscono che la contrazione del muscolo provochi un irrigidimento del sistema.
- 8) Un' alterazione patologica dell'orecchio medio. La presenza di un versamento della cassa o di estese aderenze impedisce di evidenziare l'irrigidimento . In generale, si può dire che quando il timpanogramma è molto alterato il riflesso è assente.

Questi otto punti rappresentano una vasta gamma di patologie che va dalle malattie dell'orecchio medio e interno alle lesioni neurologiche alle affezioni sistemiche. Ulteriori informazioni si possono ricavare dal confronto tra i riflessi ipsi-controlaterali.

La misurazione della SOGLIA DEL RIFLESSO si utilizza come prova di recruitment (test di Metz).

Si è detto che il riflesso si scatena per la sensazione soggettiva (loudness) prodotta da un tono puro di intensità attorno a 80 dB sopra la soglia uditiva. Negli individui con

recruitment la stessa loudness é prodotta da suoni di intensità inferiore: ne consegue che quando é presente il recruitment la soglia del riflesso é minore di 80 dB (a volte, 10 dB sopra la soglia uditiva sono sufficienti a suscitare il riflesso).

Il test di Metz é attualmente la più sicura tra le prove per evidenziare il recruitment.

L'ANDAMENTO TEMPORALE DEL RIFLESSO si utilizza come prova per evidenziare un adattamento patologico (Decay test). Se nel corso della stimolazione (che dura 10") si registra una considerevole riduzione della deflessione impedenzometrica., siamo in presenza di un adattamento patologico e dobbiamo sospettare una lesione del nervo VIII. Il test é molto attendibile; presenta però l'inconveniente di non trovare vaste possibilità di impiego perché, come già detto, le neuropatie dell'VIII producono molto spesso, già in fase iniziale, un'abolizione del riflesso.

3a) ELETTROCOCLEOGRAFIA (ECochG).

L'ECochG consiste nel prelevare, il più vicino possibile alla coclea. i potenziali cocleari AP e CM. L'elettrodo rilevatore più comunemente usato è quello transtimpanico. costituito da un ago sottilissimo che. in anestesia locale (adulti) o generale (bambini) viene introdotto nel condotto uditivo e attraverso la membrana timpanica appoggiato alla cieca sul promontorio.

La stimolazione acustica si effettua mediante brevissimi impulsi di rumore. detti onomatopeicamente clic. E' necessario ricorrere a questo tipo di stimoli anzichè ai toni puri perchè i potenziali neurali evocati sono molto piccoli ; dell'ordine dei microvolt. Poichè il rumore eccita tutta o quasi tutta la coclea, il potenziale che esso evoca è maggiore di quello prodotto da un tono puro che eccita un numero molto limitato di cellule acustiche. Per poter separare il potenziale evocato dai rumori di fondo, di origine biologica e non è indispensabile ripetere più volte (alcune centinaia) la stimolazione. Il calcolatore esegue la media delle varie risposte e inoltre separa con

particolari artifici l'AP dal CM. L'ECochG viene utilizzata quasi esclusivamente in audiometria infantile. per valutare la soglia del soggetto. Essa può essere praticata. all'occorrenza. già alla nascita. Nei bambini piccoli viene eseguita in anestesia generale in quanto è necessaria l'immobilità assoluta per evitare che compaiano grossolane alterazioni nelle risposte elettriche.

3b) Potenziali evocati del tronco encefalico o ABR (Auditory Brainstem Responses).

Il segnale bioelettrico è prelevato con elettrodi di superficie (mastoiide-vertice-fronte) Lo stimolo è rappresentato dai clic. Poichè. rispetto all'ECochG. il punto di prelievo è qui più distante dal punto di generazione e quindi il potenziale è ancora più basso. occorre un numero di stimoli maggiore (2000) per far risaltare le risposte dal rumore di fondo.

Nel grafico che si ottiene, sarà riportata la risposta di un normale rappresentata da una successione di picchi positivi e negativi, indicati con lettere e numeri secondo una convenzione internazionale L'asse delle ascisse esprime le latenze. ossia l'intervallo tra l'arrivo dello stimolo all'orecchio e la comparsa dell'onda. Come si nota i potenziali uditivi si ripartiscono in tre gruppi: rapidi (entro i primi 10 ms), medi e lenti

Ogni onda riflette un sincronismo di attività elettrica da parte di diverse popolazioni neurali. Le onde rapide sono quelle proprie del tronco encefalico, le medie quelle dei circuiti talamocorticali, mentre le lente rispecchiano l'attività della corteccia. Attualmente solo le prime dette appunto ABR vengono utilizzate a scopo clinico.