CLINICA OTORINOLARINGOLOGICA DELL'UNIVERSITÀ DI TORINO
Direttore Prof. Dott. FAUSTO BRUNETTI

Prof. Dott. GUIDO MORETTO

MANUALE
DI
AUDIOLOGIA

1960

LIBRERIA EDITRICE UNIVERSITARIA LEVROTTO & BELLA
TORINO - CORSO VITTORIO EMANUELE, 28

CLINICA OTORINOLARINGOLOGICA DELL'UNIVERSITÀ DI TORINO
Direttore Prof. Dott. FAUSTO BRUNETTI

Prof. Dott. GUIDO MORETTO

MANUALE
DI
AUDIOLOGIA

1960

LIBRERIA EDITRICE UNIVERSITARIA LEVROTTO & BELLA
TORINO - CORSO VITTORIO EMANUELE, 28

Indice

1. Audiologia ed Audiometria . . . . . Pag. 1

2. Caratteristiche fisiche del suono . . . . . » 3

Frequenza . . . . . » 4
Il timbro . . . . . » 6
Caratteristiche dell'orecchio umano nei confronti della frequenza » 6
L'intensità . . . . . » 7
Il decibel . . . . . » 8

3. La soglia uditiva. La soglia del dolore. La sensazione soggettiva d'intensità: il phon . . . . . » 11

4. Cenni di fisiologia dell'organo uditivo . . . . . » 15

Fisiologia dell'orecchio esterno . . . . . » 15
Fisiologia dell'orecchio medio . . . . . » 16
Fisiologia dell'orecchio interno . . . . . » 19
Teorie dell'audizione . . . . . » 21
L'adattamento . . . . . » 22
Il mascheramento . . . . . » 24
La fatica uditiva . . . . . » 25
Il trauma acustico . . . . . » 25

5. Cenni di fisiopatologia dell'apparato uditivo . . . . . » 27

Fisiopatologia dell'apparato di trasmissione . . . . . » 27
Curva di massa e curva di rigidità . . . . . » 28
Paracusia di Willis . . . . . » 29
Fisiopatologia dell'apparato di percezione . . . . . » 30
Comportamento della conduzione ossea . . . . . » 31
Incisura di Carhart . . . . . » 33
Il recruitment . . . . . » 34
Abbassamento della soglia differenziale . . . . . » 35
Gli acufeni . . . . . » 36

6. La localizzazione spaziale del suono . . . . . » 38

7. Esame funzionale dell'udito. Acumetria fonica e strumentale . . » 41

Esame con la voce . . . . . » 42
Esame con i diapason . . . . . » 44
Prova di Rinne . . . . . » 45
Prova di Weber . . . . . » 46
Prova di Schwabach . . . . . » 47
Prova di Gellé (o delle pressioni centripete) . . . . . » 48
Prova di Bonnier . . . . . » 49
Prova di Bing . . . . . » 49
Determinazione del limite superiore e del limite inferiore . . » 50

8. L'audiometro e l'audiometria tonale . . . . . Pag. 51
L'audiometro . . . . . » 51
Le caratteristiche acustiche del locale adibito alle prove audiometriche . . . . . » 53
Le prove audiometriche con toni puri . . . . . » 54
Determinazione della soglia uditiva per via aerea . . . . . » 55
Determinazione della soglia per via ossea . . . . . » 57
Equivalenti audiometrici delle prove con i diapason . . . . » 60
Rinne audiometrico . . . . . » 60
Weber audiometrico . . . . . » 60
Bonnier audiometrico . . . . . » 61
Indice « o » di Sullivan (Bing audiometrico) . . . . . » 61
Misura della fatica uditiva e dell'adattamento . . . . . » 62
Audiometria tonale sopra-liminare . . . . . » 63
Metodi per la misura del recruitment - Metodo di Fowler o del bilanciamento biauricolare . . . . . » 63
Paragone monoauricolare della sensazione soggettiva di intensità per differenti frequenze (metodo di Fowler modificato da Reger) » 66
Prova di De Bruine-Altes . . . . . » 67
Prova di Langenbeck . . . . . » 68
Il « Bocca Test » . . . . . » 70
Determinazione della soglia differenziale (prova di Lüscher) . . » 70
Ricerca della soglia dolorosa . . . . . » 71
La misura degli acufeni (acufenometria) . . . . . » 72
Misura della frequenza dell'acufene . . . . . » 72
Misura dell'intensità . . . . . » 73
Mascherabilità degli acufeni . . . . . » 73

9. L'Audiometria vocale . . . . . » 75
Materiali fonetici . . . . . » 76
Scelta del materiale fonetico . . . . . » 78
Apparecchiature per l'audiometria vocale . . . . . » 79
Determinazione della curva di intelligibilità (articulation curve . » 82
Caratteristiche della curva di intelligibilità nei vari tipi di sordità » 87

10. Cenni sull'interpretazione clinica dei reperti audiometrici . . » 89
1) Sordità di trasmissione . . . . . » 89
Caratteristiche audiometriche della sordità di trasmissione . . » 90
2) Sordità miste . . . . . » 91
3) Sordità recettive . . . . . » 92

11. Le sordità retrococleari . . . . . » 97
1) La sordità conseguente a lesione del tronco dell'acustico . . » 98
2) La sordità da lesione bulbo-mesencefalica . . . . . » 99
3) Le sordità corticali . . . . . » 99

12. Audiometria medico-legale . . . . . » 103
Considerazioni generali . . . . . » 103
La causa lesiva . . . . . » 103
L'esagerazione e la simulazione . . . . . » 105
Prova di Lombard . . . . . » 106
Prova di Stenger . . . . . » 107
Prova di Doerfler-Stewart . . . . . » 107
Prova delle soglie ripetute . . . . . » 108
Prova della voce ritardata . . . . . » 108
Confronto fra audiogramma tonale e vocale . . . . . » 110

Lo stato anteriore . . . . . Pag. 110
La stabilizzazione del danno . . . . . » 112
L'adattamento . . . . . » 112
Metodi per la valutazione del danno uditivo . . . . . » 112
1) Percezione per i toni extravocali . . . . . » 116
2) Presenza di recruitment . . . . . » 116
3) Acufeni . . . . . » 116
4) Professione . . . . . » 117

13. L'audiometria nell'infanzia . . . . . » 120
Durante il primo anno di vita . . . . . » 121
Da uno a quattro anni . . . . . » 123
Da quattro a sei anni . . . . . » 124

14. La rieducazione del bambino sordo . . . . . » 129
La rieducazione in età da uno a cinque anni . . . . . » 129
La rieducazione in età scolare . . . . . » 131
Sordità totale o subtotale . . . . . » 131
Sordastri . . . . . » 133
Sordità parziale . . . . . » 134

15. L'Audiometria collettiva . . . . . » 136
Preliminari . . . . . » 136
L'audiometria collettiva scolastica . . . . . » 137
Esami audiometrici nelle collettività militari e operaie . . . » 144

16. La protesi uditiva . . . . . » 145
Caratteristiche di una moderna protesi acustica . . . . . » 145
Come si deve prescrivere un apparecchio di protesi . . . . » 147

PREFAZIONE ALLA SECONDA EDIZIONE

Questa seconda edizione del Manuale di Audiologia, redatta dal mio assistente Prof. Moretto, compare a pochi anni di distanza dalla prima pubblicazione, rapidamente esauritasi, testimoniando così del particolare interesse degli studiosi verso le moderne acquisizioni audiologiche.

Nella odierna revisione il Prof. Moretto ha avuto soprattutto cura di aggiornare e completare particolari capitoli dell'audiologia clinica, quali quelli riguardanti le sordità corticali, la localizzazione spaziale del suono, la rieducazione del bambino sordo, i nuovi tests per la misura del recruitment e dell'adattamento, la protesi acustica, ecc.

Considerando il rapido sviluppo di questa scienza, il tentativo di sintesi realizzato in modo così chiaro e brillante dall'Autore rappresenta la caratteristica più spiccata e lodevole della presente pubblicazione, atta a dirigere la semeiologia audiologica secondo principi e criteri tecnici sempre più completi e precisi, per risolvere i numerosi problemi clinici della sordità.

Augurando il più lusinghiero successo a questa nuova edizione del manuale di Audiologia, manuale che giudico veramente pregevole per la chiarezza dell'impostazione trattatistica e documentativa come pure per la bella veste editoriale, sono certo che esso renderà preziosi servizi informativi e didattici allo studente, al medico pratico ed allo specialista, sui fondamentali problemi della moderna semeiologia clinico-audiologica.

Torino, gennaio 1960.

Prof. Fausto Brunetti
Direttore della Clinica Otorinolaringologica
dell'Università di Torino

1

Audiologia ed Audiometria

L'AUDIOLOGIA è la scienza dell'udito: essa comprende lo studio anatomo-fisiologico, fisio-patologico e clinico dell'organo uditivo, si occupa di tutti gli argomenti di fisica acustica connessi con la funzione dell'orecchio, prepara i mezzi di indagine e le tecniche atte alla misura della capacità uditiva e alla definizione delle alterazioni quantitative e qualitative della funzione; studia le cause capaci di determinare l'insorgenza di difetti uditivi e ricerca i mezzi per eliminarle; si occupa di tutte le manifestazioni patologiche connesse con la sordità (mutismo, disturbi del linguaggio, alterazioni del carattere e della personalità, ecc.); predispone le terapie medico-chirurgiche, fisioterapiche, protesiche e rieducative.

Infine l'audiologia ha per compito di affrontare il problema sociale costituito dalla sordità, promuovere esami collettivi della funzione uditiva nelle scuole, negli opifici rumorosi, insomma in tutte le collettività ove sia possibile instaurare una efficace opera di profilassi; e deve inoltre sollevare l'interesse delle autorità e dei legislatori per ottenere l'istituzione di leggi o di disposizioni a difesa dell'organo uditivo contro le sempre crescenti ingiurie traumatiche cui viene sottoposto dalle moderne necessità industriali.

Così intesa, l'Audiologia non è una branca dello scibile destinata all'opera di un solo specialista, ma costituisce invece un tipico esempio di lavoro in collaborazione: l'otologo, il medico internista, il pediatra, il neurologo, lo psicologo, il fisico, il rieducatore, le autorità didattiche, gli organismi legislativi, i dirigenti sanitari delle aziende, ciascuno portando il suo contributo specifico alla risoluzione di un particolare problema, contribuiscono, con la loro opera concorde ed organizzata, a costruire l'edificio della moderna Audiologia.

Questa scienza ha assunto una sua personalità soltanto negli ultimi dieci-quindici anni, come conseguenza del risveglio di interesse suscitato dal problema della sordità durante e dopo l'ultima guerra mondiale. Nata nell'America del Nord come necessità di riabilitare le molte migliaia di reduci che avevano sofferto per cause belliche una diminuzione della capacità uditiva, essa si è rapidamente arricchita di contributi teorici e pratici e si è estesa ad ogni Paese del mondo, tanto da acquistare in breve volger di tempo un suo peculiare corpo di dottrina che l'ha elevata a dignità di Scienza.

Anche nel campo delle realizzazioni pratiche i progressi di questi ultimi anni sono stati veramente decisivi: dai grandi Centri di Audiologia creati negli Stati Uniti d'America ai più modesti reparti audiologici sorti in ogni Paese d'Europa, tutti hanno contribuito a sollevare il problema individuale e sociale della sordità e ad affrontarlo con mezzi adeguati.

L'AUDIOMETRIA è quella branca dell'Audiologia che si occupa della *misura della capacità uditiva*. Essa va perfezionando lo strumentario elettronico (audiometri) destinato alla misura dell'udito, e va sempre più affinando la tecnica delle varie prove audiometriche, valide non soltanto ad indicare l'entità del deficit uditivo ma a fornire sempre più precisi ragguagli sulla sede della lesione uditiva e sulla patogenesi del difetto funzionale.

Parallelamente al progredire del patrimonio tecnico-strumentale, la moderna acustica ambientale ha reso possibile la costruzione di locali silenti e non riverberanti, che permettono di creare le condizioni più adatte allo svolgimento delle prove audiometriche.

2

Caratteristiche fisiche del suono

Come preparazione allo studio della funzione uditiva, è necessario aver nozione di alcuni principii fondamentali di fisica acustica.

Lo stimolo adeguato dell'organo uditivo è rappresentato da una particolare forma di energia meccanica che è quella prodotta dai cosidetti *sistemi vibranti* e che si dice energia vibratoria. Se il sistema vibrante è immerso in un mezzo elastico (aria, acqua) comunica ad esso i suoi moti alternativi che si trasmettono nel mezzo stesso per onde di pressione: in tal modo le vibrazioni giungono attraverso l'aria, per il meato acustico esterno, alla membrana timpanica, mettendola direttamente in vibrazione.

Se, all'opposto, il mezzo vibrante è immerso nel vuoto, il suo moto vibratorio non potrà venire comunicato al mezzo circostante e non potrà quindi trasmettersi all'orecchio, come è dimostrato dalla classica esperienza del campanello contenuto in una campana di vetro in cui è stato praticato il vuoto per mezzo della macchina pneumatica, ed il cui suono non è udibile malgrado siano visibili gli urti del martelletto sulla parete del campanello stesso.

Il suono si propaga nell'aria con una velocità di circa 333 metri al secondo, e se può disperdersi ugualmente in tutte le direzioni obbedisce alla legge quadratica dell'intensità-distanza. In altri termini, l'intensità del suono varia inversamente al quadrato della distanza, il che significa che se un suono viene spostato da 1 metro a 2 metri di distanza dall'orecchio di chi ascolta, la distanza sarà raddoppiata, ma l'intensità del suono non sarà soltanto dimezzata. Essa sarà quattro volte inferiore all'intensità originale. A 4 metri di distanza l'intensità sarà di un sedicesimo nei confronti dell'originale, e così via.

Questa legge quadratica ha una grande importanza, soprattutto per l'esecuzione delle prove acumetriche con la voce e per la taratura delle protesi acustiche. Bisogna però ricordare che essa è valida soltanto in un ambiente aperto, dove non vi siano confini alla dispersione del suono; nelle condizioni abituali di esame in un ambiente chiuso, la riflessione del suono sulle pareti crea echi e rinforzi per cui la legge perde gran parte del suo valore.

La vibrazione ha due caratteristiche fondamentali: la frequenza, ossia il numero di oscillazioni periodiche compiute nell'unità di tempo, e l'intensità, ossia l'ampiezza delle oscillazioni.

FREQUENZA

Se una sorgente sonora viene posta in vibrazione, si provoca in essa un moto oscillatorio per cui si otterrà uno spostamento periodico del sistema nei due opposti sensi rispetto alla posizione di riposo. Un tale movimento completo di *va e vieni* viene comunemente denominato *ciclo* (o periodo, o hertz, o vibrazione doppia); il numero di cicli nell'unità di tempo (minuto secondo) definisce la frequenza del suono. Così, ad esempio, un suono di 250 cicli al secondo (c/s) è prodotto da un sistema vibrante che compie in un minuto secondo 250 movimenti oscillatorii completi.

In termini di sensazione soggettiva, l'orecchio umano può apprezzare la frequenza di un suono traducendolo in *altezza tonale,* e distinguendo pertanto i suoni *gravi* (di frequenza bassa) da quelli *acuti* (di frequenza alta).

L'andamento di un moto vibratorio semplice può essere rappresentato graficamente, su un sistema di assi cartesiani, con una curva sinusoidale (moto periodico semplice) che esprime l'ampiezza ed il numero delle vibrazioni in funzione del tempo. Il moto periodico semplice (fig. 1) è la modalità di vibrazione più elementare, ed il suono che da esso viene generato si dice SUONO PURO.

In natura non esistono praticamente suoni puri, poichè qualsiasi suono risulta dalla sovrapposizione di un suono puro con un certo numero di altri moti vibratorii semplici che conducono allo stabilirsi di una vibrazione composta risultante.

I toni ottenuti dalla stimolazione di un diapason hanno sufficienti caratteristiche di purezza, almeno entro certi limiti di intensità. L'audiometro è uno strumento capace di generare frequenze pure, con conte-

nuto di armoniche praticamente nullo. Tra i suoni puri esistono alcuni rapporti che meritano una breve definizione.

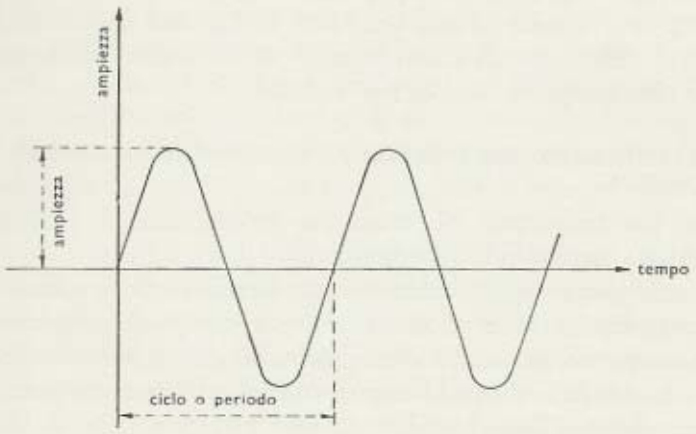


Fig. 1

Si chiama INTERVALLO tra due suoni il rapporto tra il numero delle loro vibrazioni al secondo. Così, ad esempio, tra due suoni di altezza rispettivamente di 350 e 420 cicli, vi è l'intervallo di 350/420 = 5/6; tra due suoni di altezza 512 e 256 cicli l'intervallo sarà di 512/256 = 2/1.

L'orecchio distingue e giudica due suoni per tale rapporto e non per la differenza del numero delle vibrazioni.

Tra gli intervalli fondamentali adoperati nella musica, ricordiamo l'intervallo di ottava (2/1), di quinta (3/2), di quarta (4/3), l'unisono (1/1).

SUONI ARMONICI di un suono, che si chiama il SUONO FONDAMENTALE, sono quelli che hanno un numero di vibrazioni doppio, triplo, quadruplo ecc., nei confronti del fondamentale. Ne segue che le ottave di un suono sono anche armonici, ma non viceversa. Infatti, se n è il numero di vibrazioni del suono fondamentale, gli armonici saranno $2n$; $3n$, $4n$; le ottave $2n$, $4n$, $8n$ ecc.

Le note emesse dagli strumenti musicali non sono toni puri, in quanto la frequenza fondamentale è accompagnata da un numero variabile di armoniche che conferiscono alla fondamentale una particolare caratteristica detta *timbro*.

IL TIMBRO

Il TIMBRO di un suono dipende dunque dal numero e dalla qualità dei suoni armonici che accompagnano il suono fondamentale. Sono le variazioni del timbro quelle che permettono all'orecchio di distinguere una stessa nota suonata da due strumenti diversi: così è possibile riconoscere un *do* emesso da un flauto o quello di un violino, e talora persino la stessa nota emessa da due diversi violini.

CARATTERISTICHE DELL'ORECCHIO UMANO NEI CONFRONTI DELLA FREQUENZA.

L'aria può trasmettere vibrazioni per un'estensione di frequenze da 1 ciclo sino a 100.000 cicli o poco più.

L'orecchio umano può percepire, sotto forma di suoni, soltanto vibrazioni comprese tra 16 e 16.000 c/s. Questo campo di frequenze viene definito *campo uditivo medio di un individuo adulto normale*, potendosi avere variazioni individuali abbastanza estese specialmente nel campo delle frequenze elevate (alcuni individui possono percepire suoni di frequenza sino a 20-25.000 cicli).

Il suono di frequenza più elevata ancora percepibile da un determinato orecchio si dice *limite superiore;* analogamente dicesi *limite inferiore* la più bassa frequenza percepita. In alcuni casi di sordità potrà osservarsi un abbassamento del limite superiore, od un innalzamento del limite inferiore, o entrambi i fenomeni contemporaneamente; in ogni caso si avrà come risultato un restringimento del campo tonale uditivo.

Per la percezione della voce, il campo di frequenze più importante è quello compreso tra 400 e 3.000 c/s, pur essendo ancora necessarie frequenze più elevate (fino a 6.000 c/s) per l'esatto riconoscimento di alcuni fonemi acuti. Può essere utile ricordare che, nell'ambito delle frequenze della voce parlata, sono più importanti le frequenze acute che quelle gravi, poichè anche per i fonemi bassi sono soprattutto le armoniche superiori quelle indispensabili ad impartire al fonema le qualità caratteristiche che ne permettono l'identificazione.

L'orecchio umano dimostra una sensibilità spiccatissima nel campo di frequenze compreso tra 1.000 e 3.000 c/s, che è quello in cui si verifica la maggior incidenza dei suoni della voce. Come vedremo meglio in seguito, l'orecchio può percepire un suono compreso nel campo della voce ad intensità molto più deboli, in confronto a suoni di frequenza bassa o di frequenza alta.

Le onde vibratorie la cui frequenza non è compresa nel campo tonale uditivo, e che quindi l'orecchio non può percepire sotto forma di suoni, si dicono ULTRASUONI. Alcuni animali (uccelli, insetti) sono in grado di percepire, mediante i loro organi sensoriali, vibrazioni di frequenza fino a 50.000 cicli ed oltre. I cani, per esempio, rispondono a fischi di frequenza ultrasonora, che non sono percepibili dall'uomo. Recenti studii hanno dimostrato che i pipistrelli regolano il loro volo cieco ed evitano gli ostacoli in virtù del fatto che essi emettono stridii di frequenza supersonica di cui captano gli echi e le riflessioni; qualcosa quindi di analogo al radar, con la differenza che in questo caso si tratta di onde ultrasoniche anzichè di onde radio.

L'evoluzione dell'orecchio umano, con l'andar dei secoli, è probabilmente orientata verso una sempre minor sensibilità per le frequenze acute e verso una maggiore tolleranza per i rumori di forte intensità. In genere la percezione delle frequenze acute è la prima ad essere compromessa con l'avanzare degli anni o per esposizione prolungata a rumori.

L'INTENSITÀ

Se la frequenza di un suono è determinata dal numero di vibrazioni nell'unità di tempo, l'intensità dipende invece dall'ampiezza del moto vibratorio. La maggiore o minore ampiezza delle oscillazioni periodiche si traduce nell'orecchio in termini di maggiore o minore intensità del suono che ne risulta, rendendo possibile una distinzione tra suoni deboli e suoni forti.

L'ampiezza è dunque una quantità fisica misurabile con metodi obbiettivi ed alla quale si possono assegnare valori di pressione sonora (mbarie); l'intensità è invece una grandezza fisio-psichica che denota quantitativamente l'entità della sensazione.

L'orecchio umano possiede, nei confronti dell'intensità del suono, un campo di sensitività e di tolleranza addirittura sorprendente: basti pensare che esso può percepire certi suoni ad una intensità alcuni bilioni di volte inferiori alla massima intensità ancora tollerabile. Se l'occhio potesse coprire un campo di ingrandimento così rilevante, dovrebbe poter distinguere con la stessa facilità i microorganismi e le righe di un manifesto.

L'ampiezza fisica (o pressione sonora) di un suono, e la sensazione soggettiva di intensità esperimentata dall'orecchio, stanno tra di loro in un rapporto determinato, ma non sono sovrapponibili. Per ogni aumento

della pressione sonora sufficiente a determinare nell'orecchio una sensazione di aumentata intensità, si richiede una sempre maggior quantità di energia per produrre la successiva sensazione di aumentata intensità.

Teoricamente, l'orecchio può distinguere un aumento di intensità se la pressione sonora ha subìto un aumento di almeno il 26% in confronto a quella originale. Un decibel ha approssimativamente questo valore e rappresenta un aumento di energia pari a 1,26 volte quella del suono originale. Un aumento di 3 decibel significa quindi che la energia del suono è raddoppiata, un aumento di 10 decibel (o di un bel) che l'energia del suono è decuplicata; un aumento di 40 decibel (o di 4 bel) esprime un aumento dell'energia pari a 10.000 volte quella del suono iniziale.

La legge di Weber e Fechner, secondo la quale, per ogni organo di senso, la sensazione è proporzionale al logaritmo dello stimolo, si può ritenere, in termini di grande approssimazione, valida anche per l'apparato uditivo, per quanto si siano potute rilevare condizioni in cui tale legge perde gran parte del suo valore.

Tuttavia, ai fini pratici, si considera che il rapporto tra l'energia sonora pervenuta all'orecchio e l'intensità della sensazione provocata sia logaritmico, e che quindi l'intensità della sensazione cresce con progressione aritmetica mentre l'energia sonora cresce in progressione geometrica, secondo lo schema seguente:

Energia sonora	1	10	100	1000	10000
Sensazione di intensità	1	2	3	4	5

In altri termini, l'intensità della sensazione uditiva cresce assai più lentamente dell'energia sonora che la determina, il che rende ragione della grande tolleranza dell'orecchio di fronte ad enormi variazioni dell'energia sonora.

L'unità di misura dell'intensità di un suono è il DECIBEL.

Per rendere maggiormente accessibile al medico il concetto di decibel, concetto di per sè astratto, è bene premettere che esso non è una unità di misura assoluta (come potrebbe essere il metro, od il grammo), ma una unità di misura relativa ad una grandezza base di entità nota. Il decibel esprime dunque semplicemente il rapporto tra due diversi valori di intensità, e denota quindi la misura di una amplificazione o di una attenuazione rispetto ad un valore di base. Da quanto si è detto risulta evidente che tale grandezza-base non è fissa, ma può essere assunta ad un livello qualsiasi: per le finalità audiometriche il livello di base (equivalente a zero

decibel) è costituito, per ciascuna frequenza, dalla soglia uditiva (e cioè dal minimo livello di pressione sonora necessario ad evocare una sensazione uditiva). Il decibel quindi non indica di per sè alcun livello specifico di energia, ma solo il rapporto tra due diversi valori di energia.

La scala in decibel fu adottata dall'ingegneria acustica, poichè essa fornisce un metodo semplice ed adeguato per esprimere la misura di una amplificazione (ad esempio di un altoparlante).

L'unità originale, il *BEL*, (dal nome di G. Bell, che per primo la propose) era equivalente ad un aumento o ad una diminuzione della energia pari a 10 volte l'energia originale. Attualmente viene maggiormente usato il decibel (o decima parte del bel) la cui abbreviazione corrente è db.

L'utilità della adozione della scala in decibel in audiometria risulta chiaramente da quanto prima si è detto a proposito della sensibilità dell'orecchio per i varii suoni di differente frequenza.

La pressione sonora sufficiente a rendere udibile un tono di 1000 cicli, obbiettivamente misurata, equivale a 10^{-16} Watt per cm^2; per ogni tono la minima pressione capace di determinare una sensazione uditiva ha un valore specifico, estremamente variabile da frequenza a frequenza, potendo tali variazioni essere dell'ordine di grandezza di milioni.

Un tono di 50 cicli, ad esempio, per raggiungere la soglia uditiva, deve avere una energia 1 milione di volte superiore a quella di un tono di 2000 cicli. Se quindi dovessimo esprimere l'entità di una sensazione uditiva in termini di pressione sonora, ci troveremmo costretti a maneggiare cifre dell'ordine di grandezza del bilione, con difficoltà facilmente prevedibili.

Il decibel, facendo riferimento ad un livello di intensità noto, che viene assunto come zero (nel nostro caso la soglia uditiva per ciascuna frequenza) ci permette di indicare le variazioni di intensità con numeri semplici ed introduce un sistema di misura adeguato ai rapporti logaritmici intecorrenti tra stimolo e sensazione.

Riepilogando quanto si è detto finora, scaturisce chiaro il concetto che il numero di decibel *non esprime di un suono la misura della sua energia, ma semplicemente la misura della sua amplificazione rispetto allo zero.*

Pertanto, se prendiamo in esame due differenti toni generati ad esempio da un audiometro, i quali abbiano entrambi 40 db. di intensità, non dovremo dire che essi possiedono la stessa energia sonora, ma semplice-

mente che essi hanno subìto la medesima amplificazione rispetto allo zero decibel, costituito dalla soglia uditiva di ciascuna delle due frequenze.

Riportiamo qui, a titolo complementare, la definizione del decibel in termini di rigore fisico: (da PERUCCA) « *Decibel: è la decima parte del Bel. È unità correntemente usata nelle misure di attenuazione, del guadagno, della diafonia.*

Bel: unità di misura logaritmica adoperata per valutare il rapporto tra due potenze elettriche. Se W_1 *e* W_2 *sono le misure di tali grandezze (nella stessa unità) log.* W_1/W_2 *è il numero di bel di rapporto tra le due potenze* ».

In qualche trattato è tuttora riportata una definizione affatto empirica del decibel, secondo la quale esso corrisponderebbe alla più piccola variazione di intensità percepibile dall'orecchio umano. Questa definizione deve ritenersi largamente inesatta: infatti, a valori di soglia, l'orecchio non può percepire variazioni di intensità inferiori a 3-4 decibel, mentre a più elevati valori di intensità, vicino alla soglia del dolore, può percepire piccolissime variazioni, talora di solo 1/3 di decibel.

3

La soglia uditiva. La soglia del dolore. La senzazione soggettiva d'intensità: il phon

La soglia uditiva è il più basso livello di intensità a cui l'orecchio normale può percepire i varii toni del campo di frequenze udibili. Essa costituisce, nello studio dell'audiometria, il livello zero della quotazione in decibel, e viene rappresentata sull'audiogramma con una linea retta orizzontale che rappresenta l'udito normale (fig. 2).

Il deficit uditivo per le varie frequenze, nelle misurazioni audiometriche, è rappresentato dal numero di decibel di perdita nei confronti

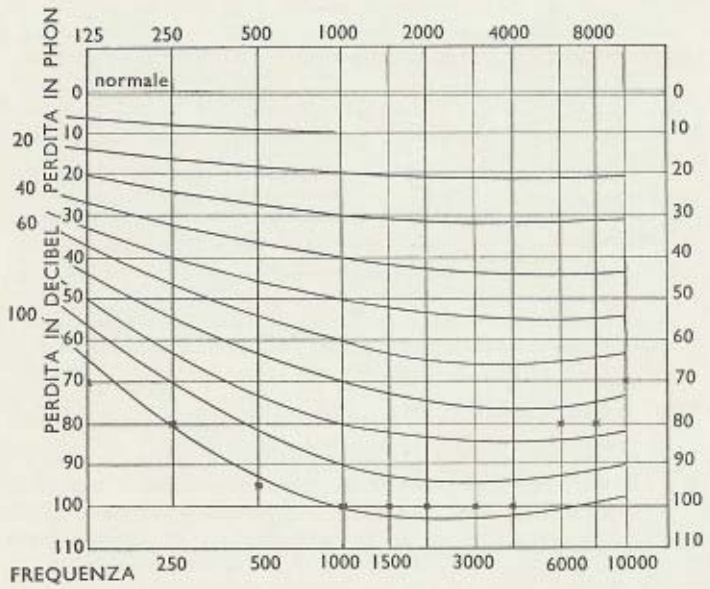


Fig. 2 - Audiogramma sul quale sono riportate le curve di isofonia.

dell'udito normale, cioè dal numero di decibel al disotto della linea dello zero.

Abbiamo già diffusamente accennato al fatto che l'orecchio non percepisce tutte le frequenze altrettanto facilmente, ma presenta per alcune di esse una sensibilità molto maggiore che per altre. Più precisamente, la sensibilità dell'orecchio è massima per i toni intermedii, mentre si fa più scadente per i toni molto gravi o molto acuti.

La figura 3 rappresenta la soglia di udibilità in funzione della frequenza e della pressione del suono.

Si può facilmente rilevare come la sensibilità dell'orecchio raggiunge i suoi massimi valori per le frequenze comprese tra 600-700 cicli e 5000-6000 cicli, decrescendo rapidamente e progressivamente verso i due estremi della scala tonale. Tale curva dimostra, per esempio, che tra l'energia sonora necessaria a rendere udibili un suono di 50 cicli ed uno di 2000 cicli, intercorre un intervallo di 60 decibel, equivalente, in scala logaritmica, ad una diminuzione di energia pari ad un milione di volte.

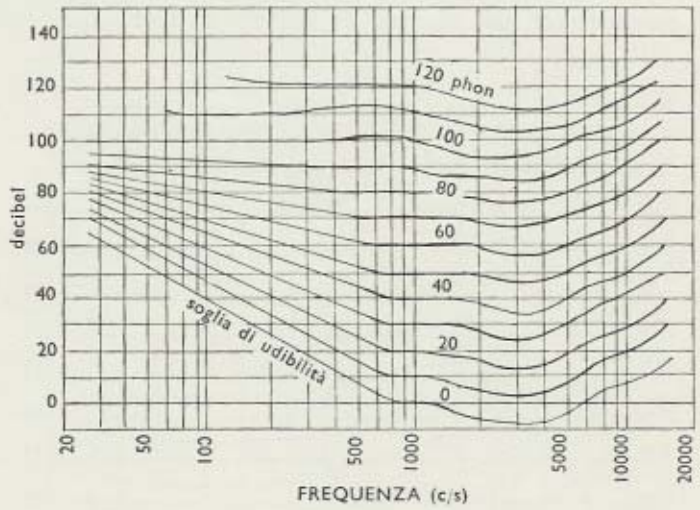


Fig. 3 - Le curve qui rappresentate si definiscono curve di isofonia (curve di Fletcher e Munson): esse rappresentano il livello di intensità fisica che i varii suoni devono possedere per produrre la stessa sensazione soggettiva di intensità. Sull'asse delle ascisse è indicata la frequenza, su quello delle ordinate la pressione sonora. Ogni curva rappresenta dunque i differenti livelli di pressione sonora capaci di destare una stessa sensazione di intensità. Il valore in phon dell'intensità soggettiva è indicato al centro di ogni curva. La curva corrispondente a zero phon rappresenta la soglia di udibilità dell'orecchio umano.

Quindi due suoni che possiedono la stessa energia fisica ma frequenza diversa possono provocare sensazioni di intensità differente. Se si riuniscono con delle curve tutti i valori di intensità in decibel che evocano la stessa quantità di sensazione soggettiva, si ottengono le cosiddette *curve di isofonia,* che talora vengono riportate anche sui moduli audiometrici (fig. 2).

Le curve di isofonia rappresentano pertanto, in funzione della frequenza, il livello di intensità fisica dei suoni che producono una sensazione di eguale intensità. Si osservi come tali curve siano coincidenti con le ascisse dei db. soltanto in vicinanza della soglia uditiva, mentre se ne distanziano sempre di più man mano che si sale con l'intensità.

Ciò significa che l'orecchio tollera una gamma di amplificazione assai più rilevante nel campo delle frequenze centrali in confronto alle frequenze alte o basse. Le linee isofoniche possono effettivamente costituire una scala di intensità della sensazione sonora soggettiva la cui unità di misura non è più l'unità fisica (decibel), ma una unità psicofisica detta *phon* che può dare direttamente l'esatta misura della sensazione.

La frequenza alla quale si è fatto riferimento, per l'istituzione della scala in phon, è il 1000 cicli, a livello della quale pertanto scala in phon e scala in decibel coincidono; per tutte le altre frequenze invece esistono differenze di varia misura. Per esempio, (vedi fig. 2) un suono di 125 cicli e di 50 db. di intensità desta nell'orecchio una sensazione di intensità uguale a quella provocata da un suono di 1000 cicli a 80 db. Si dirà che entrambi i suoni evocano una sensazione di intensità di 80 phon (phon e decibel essendo sempre coincidenti a livello del 1000 cicli).

La SOGLIA DOLOROSA, o soglia del dolore, corrisponde al massimo livello di intensità tollerabile dall'orecchio, e al di sopra del quale la sensazione uditiva si trasforma in una sensazione di vivo fastidio o addirittura di vero e proprio dolore.

La soglia del dolore, come dimostrano le curve di isofonia, si raggiunge prima per le frequenze basse ed alte che non per le intermedie: mentre per la frequenza 3000 cicli esiste tra soglia uditiva e soglia dolorosa un intervallo di 120 decibel, per alcune frequenze basse tale intervallo si riduce a 60-70 decibel. Questo conferma che l'orecchio può tollerare enormi amplificazioni della energia sonora nel campo di frequenze centrali (un trilione di volte a 3000 cicli), il che è certamente da mettersi in relazione alle maggiori necessità funzionali dell'orecchio nel campo delle frequenze medie, comprendente la massima parte dei suoni della voce e della

vita comune. La maggiore tolleranza e la maggiore selettività dell'orecchio di fronte a variazioni dell'intensità, consente una migliore capacità di analisi per questi suoni abituali.

In natura non esistono, se non eccezionalmente, suoni di tale intensità da raggiungere la soglia del dolore: essi sono invece il prodotto delle macchine che l'uomo ha creato. Le esplosioni, le detonazioni, i forti rumori industriali, gli aerei ad elica e quelli a reazione, realizzano altrettante condizioni nelle quali la intensità del suono eccede i limiti fisiologici e crea danni permanenti della funzione uditiva.

4

Cenni di fisiologia dell'organo uditivo

Si è detto che lo stimolo adeguato a provocare l'eccitamento dell'organo uditivo è costituito da una particolare forma di energia meccanica, che si chiama *energia vibratoria*. Le periodiche oscillazioni di un sistema vibrante immerso in un mezzo elastico (ad es. l'aria) si traducono in una serie di compressioni e di rarefazioni del mezzo stesso, che si propagano a distanza dalla sorgente.

La trasmissione del moto vibratorio si effettua dunque per onde di pressione, le quali giungono, attraverso il condotto uditivo, a colpire la membrana timpanica mettendola in vibrazione. Abbiamo già visto quale estrema sensibilità abbia la membrana timpanica, in virtù della sua elasticità e della sua piccola massa, nei confronti della pressione delle onde sonore: per la frequenza 1000 cicli la soglia uditiva corrisponde ad un valore pressorio di 10^{-16} Watt per cm^2, che corrisponde ad una quantità di energia estremamente piccola (*).

Perchè lo stimolo vibratorio risulti adeguato, deve avere caratteristiche di frequenza e di intensità ben definite, delle quali si è già diffusamente detto nei capitoli precedenti.

Il padiglione auricolare, con le irregolarità della sua forma, ha lo scopo di riflettere all'interno del condotto uditivo le onde sonore incidenti sulla sua superficie; questa funzione è particolarmente spiccata per le frequenze elevate, più scarsa o nulla per le basse frequenze. Anche il condotto uditivo esterno ha una sua peculiare funzione, poichè il suono

---

(*) Per avere un'idea più concreta dell'esiguità di questo valore di energia, si pensi che esso corrisponde pressappoco ad un decimilionesimo della pressione esercitata da un grammo per il suo peso.

a livello della membrana timpanica risulta amplificato di circa 20 db. in confronto alla pressione posseduta in aria libera.

Le strutture anatomiche dell'orecchio medio (membrana timpanica e catena degli ossicini) hanno caratteristiche fisiche particolari, che condizionano le modalità della trasmissione dello stimolo sonoro all'orecchio interno. L'apparato di trasmissione può essere considerato un sistema meccanico, e come tale presenta caratteri peculiari, il principale dei quali è costituito dalla *impedenza*. Con questo termine si designa la *resistenza* opposta da un qualunque sistema meccanico alla propagazione del moto vibratorio; nella fattispecie, la resistenza opposta dal sistema di trasmissione alla propagazione del moto oscillatorio verso l'orecchio interno.

I fattori che concorrono a determinare l'impedenza del sistema di trasmissione sono la massa, la rigidità e l'attrito del sistema stesso; vedremo nel capitolo dedicato alla fisiopatologia dell'apparato uditivo quale sia l'importanza relativa di ciascuno di questi fattori nel provocare modificazioni qualitative e quantitative nella trasmissione degli impulsi vibratorii.

Trascurando molti particolari che meriterebbero una più estesa trattazione, ci limiteremo ad elencare le tappe principali seguite dal moto vibratorio nella sua progressione verso le strutture sensoriali racchiuse nell'orecchio interno.

I movimenti impressi alla membrana timpanica dalle onde pressorie si trasmettono alla catena ossiculare, la quale compie pertanto movimenti oscillatorii solidali a quelli della M.T.; la trasmissione di queste oscillazioni non avviene però in maniera lineare e simmetrica. In altri termini, l'ampiezza degli spostamenti della catena non sono sempre proporzionali alla pressione sonora esercitata sulla membrana timpanica, ed il movimento non è ugualmente ampio nei due opposti sensi rispetto alla posizione di riposo. Queste caratteristiche di non linearità e di non simmetria rendono conto della produzione delle armoniche auricolari, cioè di altri moti vibratorii differenti da quelli che hanno sollecitato la M.T., pur essendo con questi in determinati rapporti.

L'oscillazione della catena ossiculare si compie di norma intorno all'asse di gravità, determinando nella staffa un movimento a sportello sul suo asse minore, con perno sul polo posteriore.

Se però il suono è di ampiezza rilevante, l'oscillazione, non si compie più intorno all'asse di gravità, ma su un asse diverso dal primo, chiamato asse di rotazione; come conseguenza la staffa oscillerà sull'asse mag-

giore che passa per i due poli, con un movimento *a bascule*. In questo secondo caso le oscillazioni impresse dalla staffa ai liquidi labirintici sono assai meno ampie, con il risultato di proteggere le strutture nervose dell'orecchio interno dalle vibrazioni di ampiezza cospicua. Questo meccanismo di difesa è particolarmente efficiente per i toni acuti, mentre per i toni gravi i meccanismi difensivi sono rappresentati dalla contrazione dei muscoli dell'orecchio medio, con conseguente aumento dell'impedenza alla trasmissione delle basse frequenze.

Contemporaneamente, la contrazione dei muscoli dell'orecchio medio affina la percezione dei toni medii ed alti, realizzando in questo modo una trasmissione selettiva che si dimostra particolarmente utile nella vita di ogni giorno, eliminando il mascheramento che altrimenti i suoni gravi eserciterebbero sugli acuti nelle condizioni ordinarie di ascolto.

L'impedenza dei liquidi dell'orecchio interno è maggiore di quella del sistema vibrante timpano-ossiculare: in mancanza quindi di un sistema di accomodazione, le vibrazioni subirebbero un grande smorzamento o addirittura non potrebbero venire trasmesse ai liquidi labirintici. Tale sistema di compensazione è realizzato dalla differenza di superficie esistente tra membrana timpanica e platina della staffa, per cui l'energia vibratoria, distribuita sulla M.T., subisce una notevole amplificazione quando viene concentrata su una superficie molto più piccola.

Questo rende ragione anche del fatto che la trasmissione delle vibrazioni è più efficiente attraverso la catena ossiculare che non attraverso la mebrana della finestra rotonda, a livello della quale non si verifica questo adattamento alla maggior impedenza dei liquidi labirintici.

Così amplificate, le vibrazioni della staffa si comunicano alla perilinfa della scala vestibolare, con l'intermezzo della membrana della finestra ovale. Ricordiamo brevemente che scala vestibolare e scala timpanica sono separate dalla membrana basilare, e che le due scale comunicano tra di loro attraverso l'elicotrema, all'apice della chiocciola. La mebrana basilare, per la sua elasticità, può entrare in vibrazione sotto l'impulso dell'onda pressoria progressiva che si stabilisce in seno ai liquidi labirintici; ma perchè l'onda pressoria possa prodursi, è necessario che la perilinfa alternativamente compressa e decompressa dai movimenti vibratori della membrana della finestra ovale, possa espandersi in un altro punto, con un movimento elastico di va e vieni. Questo è reso possibile dall'esistenza della membrana della finestra rotonda, che chiude alla sua estremità la scala timpanica: ad ogni mo-

vimento della membrana della finestra ovale corrisponde un movimento uguale e contrario della membrana della finestra rotonda, la cui mobilità è molto maggiore. Se la membrana della finestra rotonda non fosse elastica, non potrebbe aversi movimento nei liquidi labirintici, di per sè incompressibili e racchiusi in pareti ossee indeformabili.

Come risultato del trasmettersi dell'onda pressoria ai liquidi labirintici, si provoca una fluttuazione del dotto cocleare, da cui trae origine un'onda migrante che si sposta lungo la membrana basilare e che raggiunge la massima ampiezza ad un certo livello del dotto, smorzandosi poi abbastanza rapidamente (vedi fig. 4, LÜSCHER).

La membrana basilare vibra secondo modalità particolari e non uniformi, ma dipendenti dalla frequenza del suono stimolante. I suoni di alta frequenza mettono in vibrazione una piccola massa di liquido in vicinanza delle finestre, e la porzione di membrana basilare che entra anch'essa in vibrazione è limitata ai giri basali; man mano che dalle frequenze elevate si passa a quelle intermedie, e poi a quelle basse, la vibrazione della membrana basilare si sposta verso i giri apicali.

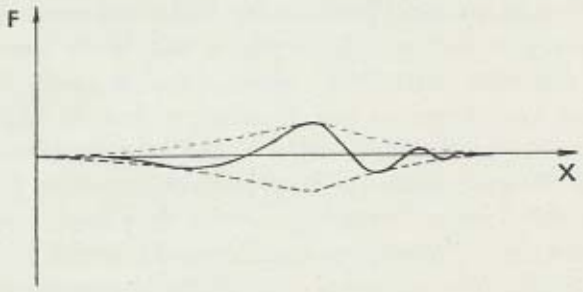


Fig. 4 - Rappresentazione grafica di onde migranti lungo la membrana basilare e della loro ampiezza per una frequenza di 1000 c/s.

Sarà bene ricordare a questo punto che la lamina basilare è più stretta e più tesa nei giri basali, più larga e meno tesa in quelli apicali; questa particolarità anatomo-strutturale rende conto delle diverse caratteristiche fisiche di risonanza delle varie porzioni.

La *risonanza* della membrana basilare non va intesa nel senso che le singole fibre costituenti risuonino per una determinata frequenza propria, come era ammesso dalla teoria della risonanza, ma piuttosto nel senso che una determinata frequenza provoca sulla membrana un'onda migrante la cui cresta corrisponde alla frequenza eccitante. La porzione

di membrana basilare messa in vibrazione da un suono è quindi sempre piuttosto ampia (e tanto più ampia quanto maggiore è l'intensità), ma l'onda di vibrazione raggiunge il culmine a livello di quella porzione di membrana che corrisponde alla frequenza del suono stimolante.

Queste sono le conclusioni dettate dalla moderna *place theory*, o teoria spaziale, che può considerarsi una modificazione della teoria della risonanza.

Quando il suono, anzichè per via aerea, viene trasmesso per via ossea, i liquidi labirintici sono messi in vibrazione dalle pareti ossee della capsula labirintica, anzichè dai movimenti della staffa.

Le fluttazioni della lamina basilare determinano nelle cellule ciliate dell'organo di Corti, ad essa strettamente connesse, movimenti o deformazioni che stanno alla base della loro stimolazione. Le ciglia delle cellule di Corti fluttuano nella sostanza gelatinosa della membrana tectoria, e sono connesse alle terminazioni del nervo cocleare, ciascuna fibra del quale prende rapporti con due cellule ciliate interne e diverse cellule ciliate esterne.

Le cellule ciliate hanno il compito di trasformare la vibrazione meccanica in un'altra forma di energia, adeguata a produrre un eccitamento delle terminazioni nervose. Da un punto di vista teorico, pertanto, l'apparato di trasmissione del suono ha termine in corrispondenza delle cellule ciliate, le quali costituiscono l'organo recettore sul quale si esercita il moto vibratorio trasmesso dalle strutture dell'orecchio medio ed interno finora considerate.

L'attività delle cellule ciliate è ancora poco conosciuta, come incerta è la natura della forma di energia da esse prodotta, e capace di eccitare le terminazioni sensoriali del nervo cocleare. Secondo l'ipotesi più accreditata la nuova forma di energia sviluppata dalle cellule di Corti sarebbe di natura chimica, con la liberazione di sostanze mediatrici (colinergiche o adrenergiche) in grado di eccitare le fibre nervose.

L'attività delle cellule ciliate, qualunque essa sia, si può comunque rilevare elettrograficamente, poichè esse sono la sede di quel fenomeno conosciuto sotto il nome di *potenziali cocleari* (effetto microfonico cocleare). I potenziali cocleari consistono in variazioni di tensione elettrica rilevabili mediante elettrodi situati sulla coclea di animali sottoposti a stimolazioni sonore; le onde elettriche registrate da appositi strumenti riproducono esattamente la forma (o la frequenza) delle onde sonore che hanno determinato l'eccitamento.

L'eccitamento delle terminazioni nervose è dunque il risultato della attività delle cellule ciliate, la quale attività determina variazioni del potenziale elettrico; ma resti ben chiaro che i fenomeni elettrici non sono responsabili dell'eccitamento delle fibre cocleari. Essi sono semplicemente l'espressione di una variazione nella attività della cellula, e ci permettono di misurare la entità di tale variazione in rapporto al variare dello stimolo.

Il *fenomeno elettrofonico* è il risultato di una esperienza contraria a quella mediante la quale si rilevano i potenziali cocleari. Se la cellula ciliata è in grado di trasformare una energia vibratoria in energia elettrica, si è pensato che potesse verificarsi anche il fenomeno inverso, cioè la trasformazione di energia elettrica in energia meccanica e quindi in sensazione uditiva. MANFREDI e FIORI-RATTI hanno sperimentato che una corrente alternata di 256 cicli provoca una sensazione uditiva corrispondente ad un tono di 256 c/s. Queste esperienze, prima che se ne possa trarre qualche illazione, abbisognano di ulteriori conferme.

I potenziali cocleari, dei quali si è detto, non vanno confusi con i potenziali d'azione del nervo ottavo, rilevabili lungo il suo decorso, ed analoghi a quelli di ogni altro nervo di senso. I potenziali del nervo acustico sono espressione dell'attività propria del nervo, conseguente all'eccitamento fornito dalle cellule ciliate; nel caso invece dei potenziali cocleari, le cellule ciliate non cedono energia propria, ma trasformano semplicemente in energia elettrica l'energia meccanica che viene loro ceduta.

Rimane ora da dire quali siano le modalità secondo cui la stimolazione vibratoria acustica, trasformata dalle cellule ciliate in una diversa forma di energia, decorra lungo le vie nervose traducendosi nell'area corticale in sensazione uditiva.

E' questo uno dei problemi più discussi della fisiologia dell'udito, sopratutto per il fatto che una delle teorie più note tra quelle formulate a questo proposito presenta elementi che sono in contrasto con le leggi di elettrofisiologia.

Si deve infatti ricordare che le fibre dell'VIII° paio, analogamente a quanto avviene per le fibre sensoriali dei nervi periferici, obbediscono alla legge del tutto o del niente e sottostanno alle limitazioni del *periodo refrattario*.

Le vie acustiche centrali possono schematicamente suddividersi in tre neuroni: il primo va dalla coclea al nucleo cocleare bulbare, il secondo

da questo ai corpi genicolati mediali attraverso il lemnisco laterale, ed il terzo dai corpi genicolati alla corteccia delle circonvoluzioni temporali superiori.

Secondo una delle teorie che si contendono il campo nel tentativo di spiegare le modalità secondo le quali si avvera la sensazione soggettiva di altezza tonale, ogni singola frequenza provocherebbe un corrispondente numero di impulsi nervosi. Se ciò è verosimile per le frequenze basse, non potrà avverarsi per le frequenze superiori a 900-1000 cicli, poichè in tal caso il numero eccessivo degli impulsi porrebbe la fibra nervosa in periodo refrattario assoluto.

Se la fibra nervosa non può trasmettere tutti gli impulsi, perchè il numero di questi supera il periodo refrattario, essa trasmetterà soltanto un impulso ogni due, e crescendo ancora la frequenza dello stimolo sonoro, uno ogni tre, uno ogni quattro, e così via. Gli altri impulsi verrebbero raccolti e trasmessi dalle altre fibre che in quel momento non si trovano in periodo refrattario, col risultato che si avvererebbe, a livello dei centri, una ricostituzione della frequenza originaria dello stimolo.

In definitiva dunque, un suono di frequenza elevata potrebbe venire trasmesso in virtù di una *alternazione* o di una *rotazione* delle singole fibre che fanno capo ad una certa porzione della membrana basilare.

Una seconda teoria, che attualmente gode maggiori favori, ammette invece che la discriminazione centrale della frequenza del suono avvenga per il fatto che ciascuna zona della membrana basilare è connessa, tramite le fibre del nervo cocleare, con una determinata zona dell'area corticale, sulla quale si avrebbe quindi una localizzazione tonotopica specifica per ciascuna frequenza. In altri termini, esisterebbe sulla corteccia una proiezione precisa delle fibre del nervo cocleare: una stimolazione sonora di frequenza determinata provoca un eccitamento delle sole fibre nervose connesse con quella area di membrana basilare devoluta alla recezione di quella determinata frequenza; per ogni singola frequenza è interessata solo la porzione di corteccia connessa all'area di m. basilare specificatamente accordata a quella frequenza.

L'analisi del suono, secondo questa teoria, non avverrebbe interamente nella corteccia, ma principalmente nella chiocciola, la quale pertanto non sarebbe semplicemente deputata alla trasformazione dell'energia meccanica, il che sembra inverosimile se si tien conto della grande complessità della sua struttura. Un altro punto di merito di questa

teoria consiste nell'aver eliminato il contrasto esistente tra le vecchie concezioni e le leggi elettrofisiologiche dei nervi.

Non rimane che da dire qualche parola sulle acquisizioni più moderne della fisiologia dell'audizione, vale a dire sulle modificazioni dello stato funzionale dell'orecchio in conseguenza di una stimolazione sonora.

Per effetto di uno stimolo sonoro, tutta una serie di proprietà uditive sono profondamente modificate, e tali modificazioni si manifestano sia durante la stimolazione sonora che subito dopo di essa.

Durante l'eccitamento sonoro le modificazioni meglio conosciute sono quelle che vanno sotto il nome di *adattamento* e di *fenomeno del mascheramento;* alla cessazione dello stimolo acustico intervengono invece i fenomeni conosciuti come *fatica uditiva* e *traumatismo acustico,* il quale ultimo, pur appartenendo già alla fisiopatologia dell'orecchio, verrà descritto insieme alla fatica uditiva, di cui non rappresenta che una variazione prevalentemente quantitativa.

L'ADATTAMENTO

Nel momento stesso in cui il suono viene percepito, l'orecchio dimostra una brusca diminuzione di sensibilità che comincia a manifestarsi già nelle prime frazioni di secondo dopo l'inizio della stimolazione sonora.

Lüscher e Zwislocki hanno effettuato una serie di determinazioni con toni puri della durata di 0,4 sec., di frequenza ed intensità variabili, misurando, come espressione della sensibilità dell'orecchio, il valore della soglia uditiva ad intervalli di 10-250 sec. dopo l'interruzione del suono stimolante.

In tal modo ottennero le curve rappresentate nella fig. 5 che dimostrano l'elevazione della soglia uditiva in funzione della intensità del tono stimolante e del tempo trascorso dopo la stimolazione.

Un suono di 80 db., della durata di 0,4 sec., determina ad esempio una istantanea elevazione della soglia di circa 40 db., che va in seguito gradatamente smorzandosi sino a tornare ai valori normali dopo circa 250".

In definitiva dunque l'orecchio, durante e subito dopo una stimolazione sonora, diviene transitoriamente meno sensibile, presenta cioè un certo grado di sordità che scompare in breve volger di tempo.

L'adattamento è un fenomeno strettamente monoaurale, si manifesta

cioè soltanto nell'orecchio sottoposto a stimolazione, sonora, e deve quindi considerarsi legato al recettore periferico.

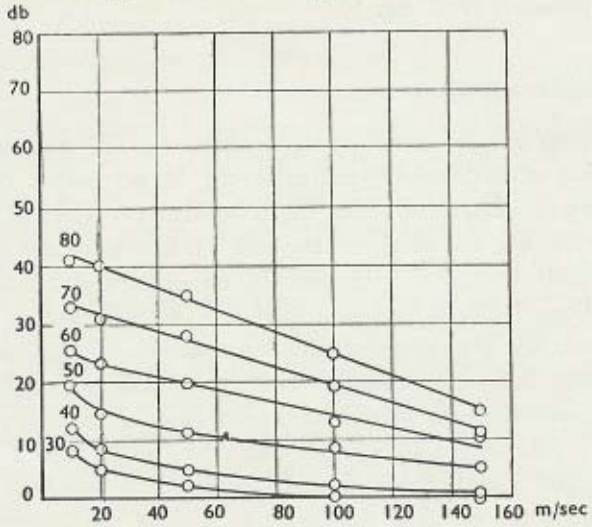


Fig. 5 - Adattamento. Elevazione della soglia uditiva, 10-250" dopo stimolazione con tono puro di 3000 c/s, della durata di 0,4 secondi, a differenti intensità (30-80 db). Ritorno ai valori di soglia normali. (da Lüscher)

L'abbassamento della soglia uditiva per effetto dell'adattamento non si manifesta soltanto per la frequenza del suono stimolante, ma anche per

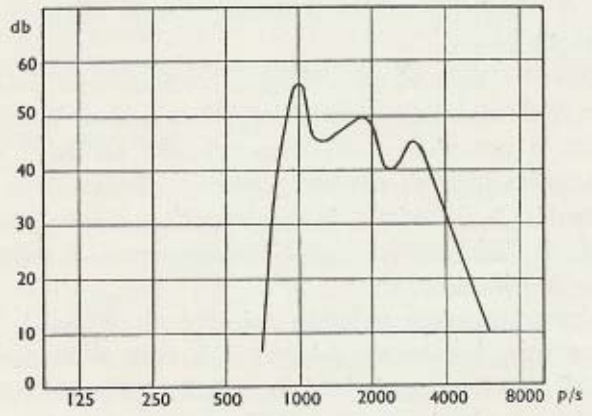


Fig. 6 - Mascheramento esercitato da un tono puro di 1000 cicli, di intensità = $= 10^{-8}$ Watt/cm^2. (da Lüscher).

le frequenze vicine, particolarmente per quelle più elevate, seguendo una curva ben definita molto simile a quella che rappresenta l'estensione del mascheramento (vedi fig. 6).

IL MASCHERAMENTO

Il fenomeno del mascheramento, descritto sin dai primordii dell'otologia, consiste essenzialmente nel fatto che la percezione di un suono determina un innalzamento della soglia uditiva per gli altri suoni.

Ognuno di noi ha sperimentato che in un ambiente rumoroso la percezione della voce si fa più difficile, ed occorre aumentarne l'intensità fino ad un livello capace di superare il *mascheramento* operato dal rumore stesso. L'effetto mascherante di un suono su altri suoni non dipende soltanto dalla sua intensità, ma anche dalla frequenza. L'estensione del mascheramento esercitato da un tono di 1000 c/s sul campo di frequenze uditive è rappresentata nella fig. 6, da essa si può chiaramente desumere che l'effetto di mascheramento è massimo per le frequenze da 1000 a 3000 cicli, cioè nel campo delle frequenze più elevate, mentre è pressochè insignificante nel campo delle frequenze più basse in confronto al tono mascherante.

La ragione di questo comportamento si può trovare nelle modalità di fluttuazione della membrana basilare, la quale è percorsa, come abbiamo visto, da onde migranti che si estendono dalla finestra ovale fino alla porzione corrispondente alla frequenza stimolante. Dopo aver raggiunto il massimo di ampiezza a questo livello, l'onda migrante si smorza abbastanza rapidamente.

La membrana basilare si trova dunque continuamente in movimento, dalla finestra ovale sino ad un punto leggermente al di là della porzione che determina la percezione dell'altezza del tono eccitante; in altri termini, anche quella parte di recettore periferico situato al di sopra della frequenza esaminata è eccitata in modo più o meno brusco. Questo spiega perchè sia l'adattamento che il mascheramento si estendono verso le frequenze più elevate.

Il mascheramento, come vedremo nei capitoli successivi, è un fenomeno estremamente importante dal punto di vista audiometrico, perchè ci permette di assordare (escludendolo quindi dall'audizione) l'orecchio non esaminato, rendendo così possibile l'esame selettivo di ciascun orecchio.

LA FATICA UDITIVA

Se la stimolazione sonora è prolungata nel tempo, si osserva al termine di essa una diminuzione temporanea della capacità uditiva che si esaurisce gradatamente in un certo periodo di tempo, dipendente dalla entità e dalla durata della stimolazione stessa. Questo fenomeno, che si mantiene per un tempo relativamente lungo, e che rinforza ancora gli effetti dell'adattamento, è di natura affatto sconosciuta.

Per analogia con il comportamento delle placche terminali della muscolatura e delle sinapsi nel sistema nervoso centrale, si può ammettere che si tratti di *fatica* nel senso stretto del termine, legata cioè al metabolismo e che si verifica quando l'apporto di materiali energetici è troppo scarso o l'accumulo dei prodotti catabolici troppo grande.

Gli effetti della fatica uditiva, se lo stimolo sonoro non oltrepassa i limiti fisiologici, non sono molto più rilevanti di quelli dell'adattamento; se invece il suono oltrepassa gli 80 db. di intensità, il tempo di recupero si fa più lungo, in proporzione anche alla durata della stimolazione.

Come già l'adattamento, anche la fatica dipende dall'intensità e dalla frequenza della stimolazione sonora, e si propaga alle frequenze vicine secondo le stesse modalità.

Non esistono fino ad oggi metodi di misura della fatica uditiva che diano garanzie di sufficiente precisione. Vi è tuttavia un fiorire di studii su questo argomento, soprattutto perchè una misura della faticabilità dell'orecchio, trasferita nel campo pratico, potrebbe essere di grande interesse ai fini della prevenzione dei traumatismi acustici.

L'unico dato fisiopatologico sicuramente dimostrato è che una lesione dell'apparato nervoso dell'udito determina un aumento della faticabilità.

IL TRAUMA ACUSTICO

Quando la stimolazione sonora oltrepassa i limiti fisiologici di intensità (approssimativamente corrispondenti ad un livello di 80-90 db.), può provocare delle vere e proprie lesioni uditive, che possono in parte regredire con l'andar del tempo, ma che sovente sono irreversibili.

Anche suoni di breve durata possono provocare tali effetti, se la loro intensità è molto elevata (traumatismo acustico acuto); più di frequente sono invece suoni o rumori prolungati nel tempo quelli che determinano la massima parte delle lesioni uditive traumatiche (sordità professionali).

La differenza tra fatica uditiva e traumatismo acustico, per quanto possano esservi casi intermedi, consiste nel fatto che la fatica non è dovuta ad una lesione, ed è sempre rapidamente reversibile. In linea generale, la lesione uditiva è tanto più pronunciata quanto maggiore è l'intensità della stimolazione sonora; il massimo effetto lesivo non si riscontra in corrispondenza della frequenza stimolante, ma in una regione del campo tonale situata press'a poco una mezza ottava più in alto. Questo fatto differenzia nettamente il trauma acustico dai fenomeni di adattamento e di fatica, per i quali il massimo effetto si ha invece a livello della frequenza stimolante.

La sordità provocata da un traumatismo acustico è quasi nulla per i toni gravi, mentre raggiunge il massimo nella regione dei 4000 cicli, secondo una curva caratteristica della quale dovremo nuovamente occuparci nello studio dei reperti audiometrici.

5

Cenni di fisiopatologia dell' apparato uditivo

Si è visto, studiando la fisiologia dell'organo uditivo, che una parte delle strutture dell'orecchio è deputata alla trasmssione dello stimolo vibratorio, ed un'altra parte alla recezione ed alla percezione del suono. Il sistema di trasmissione, si è detto, non è limitato alle sole strutture vibranti dell'orecchio medio (membrana timpanica e catena ossiculare), ma comprende anche i liquidi labirintici e la membrana basilare; l'apparato recettore, a sua volta, ha inizio nell'organo di Corti, estendendosi poi attraverso il nervo e le vie acustiche sino ai centri corticali.

Sulla base di questi dati anatomo-funzionali, è possibile stabilire una distinzione tra sordità dovute a lesioni dell'apparato di trasmissione (o sordità di trasmissione), sordità da lesioni dei recettori (o sordità recettive), e sordità miste.

Questa suddivisione delle sordità in tre grandi categorie era già stata posta da lungo tempo, e può tuttora servire di base allo studio dei difetti funzionali dell'organo uditivo, a condizione però che i limiti tra apparato di trasmissione e apparato recettore vengano considerati non più a livello della finestra ovale, come si riteneva in passato, ma a livello delle cellule ciliate, secondo i moderni concetti che abbiamo ricordati.

Così considerato, il sistema di trasmissione del suono (composto da M.T., ossicini e loro muscoli, aria della cassa e delle cavità annesse, finestra ovale e rotonda, liquidi labirintici, membrana basilare) ha caratteristiche fisiche particolari, che concorrono a determinare la cosidetta impedenza del sistema. Le variabili fisiche che regolano l'impedenza (che è la resistenza opposta dal sistema alla trasmissione di un moto vibratorio) sono principalmente costituite dalla *massa* e dalla *elasticità*, e secondariamente dall'*attrito*.

Se per cause patologiche si verificano nel sistema variazioni della massa, o dell'elasticità, o di entrambe, si avranno, per conseguenza, variazioni dell'impedenza (e quindi nella trasmissione del suono) secondo modalità particolari.

Se per esempio è il fattore *elasticità* quello maggiormente compromesso, e quindi il sistema di trasmissione è più rigido che di norma, si avrà una ipoacusia prevalente per i toni gravi con buona conservazione degli acuti, secondo lo schema classico della *sordità di trasmissione.* Un aumento della rigidità del sistema può verificarsi in molte evenienze patologiche: timpanosclerosi, anchilosi ossiculare (otospongiosi), contrattura abnorme dei mm. dell'orecchio medio, ecc.

Ricordiamo che l'aumento della rigidità di un sistema ha per effetto di spostarne le caratteristiche di risonanza verso l'acuto; oltre a ciò, per effetto della minor elasticità, sarà maggiormente compromessa la trasmissione di vibrazioni ampie come quelle provocate da suoni bassi.

Questi due fattori concorrono a determinare la cosidetta *curva di rigidità*, un reperto audiometrico che può osservarsi in molti casi di sordità di trasmissione.

Oltre alle evenienze patologiche già ricordate, essa può rilevarsi quando esista un irrigidimento della membrana della finestra rotonda, o nei casi in cui si verifica una ipertensione dei liquidi labirintici (Menière, otosclerosi, angioneurosi labirintica). Se l'aumento di pressione dei liquidi labirintici non provoca lesioni dell'apparato recettore, potrà osservarsi in questi casi una sordità prevalente per i toni gravi, dovuta ad un duplice meccanismo di irrigidimento: aumento della tensione della membrana basilare e impossibilità di ampie escursioni della staffa.

Se, all'opposto, le lesioni del sistema di trasmissione intervengono principalmente a modificare la massa del sistema stesso, si avrà come risultato un maggior ostacolo alla trasmissione delle frequenze elevate in confronto a quelle gravi, realizzando un quadro di ipoacusia prevalente per i toni acuti (*curva di massa*).

Un aumento della massa può verificarsi, ad esempio, per la presenza di placche calcaree sulla membrana timpanica, o di essudato nella cassa, o di granulazioni sulla catena degli ossicini. In condizioni sperimentali, istillando un liquido nel condotto uditivo sino a riempirlo, e determinando in tali condizioni la capacità uditiva, potrà osservarsi una sordità di trasmissione prevalente per i toni acuti, come è logico attendersi dato l'amento della massa applicata sulla membrana timpanica.

Bisogna precisare, a questo punto, che le lesioni in cui è possibile riscontrare isolatamente un aumento della massa sono relativamente rare, poichè nella maggior parte dei casi sia la massa che l'elasticità sono contemporaneamente modificate, con ostacolo alla trasmissione sia delle frequenze gravi che di quelle elevate. (Come risultato, si otterrà un reperto audiometrico di curva piatta — cioè ad andamento rettilineo, — che è caratteristico della più gran parte delle sordità di trasmissione).

LA PARACUSIA DI WILLIS

Questo fenomeno si avvera esclusivamente nelle forme di sordità dovute ad un irrigidimento dell'apparato di trasmissione, e nell'otosclerosi in particolare. L'ipoacusico che presenta paracusia di Willis percepisce la voce meglio in un ambiente rumoroso piuttosto che nel silenzio.

Il fenomeno, che costituisce uno dei più antichi dati di osservazione clinica nella storia dell'otologia, fu descritto per la prima volta da Willis nel XVIII secolo, e si è in seguito arricchito di molteplici contributi sperimentali e clinici; tuttavia la sua interpretazione patogenetica non trova tuttora concordi tutti gli studiosi dell'argomento.

Una delle più semplici spiegazioni del fenomeno, e forse la più accreditata, è quella che attribuisce il miglioramento della capacità uditiva in ambiente rumoroso al fatto che il soggetto ipoacusico non è sottoposto, come il soggetto normale, al mascheramento esercitato dal rumore ambientale.

E' noto che i suoni gravi esercitano sui suoni di frequenza più elevata un effetto di mascheramento, che cresce con il crescere dell'intensità. Un individuo normale, pertanto, in presenza di un rumore ambientale di notevole entità, troverà difficoltà a percepire la voce del suo interlocutore se questi non ne eleva convenientemente l'intensità.

Il soggetto che presenta una sordità di trasmissione (e che quindi ha una compromissione uditiva per le frequenze basse) non sottostà invece all'azione mascherante del rumore, e potrà quindi percepire con maggiore facilità la voce di un interlocutore normale (che sarà elevata di intensità e di tonalità per effetto del mascheramento).

In definitiva dunque, la paracusia di Willis non sarebbe che un fenomeno illusorio e relativo, dovuto da una parte al mancato mascheramento dell'orecchio ipoacusico e dall'altra ad una elevazione dell'intensità della voce del soggetto normoudente.

Questa spiegazione del fenomeno è semplice e verosimile, ma non rende conto dei casi di paracusia vera, di quelli cioè in cui per effetto del rumore si verifica un effettivo e misurabile abbassamento della soglia uditiva; inoltre non ci spiega perchè la paracusia sia presente solo in alcuni e non in tutti i casi di sordità di trasmissione.

A questi interrogativi risponde, almeno parzialmente, una diversa interpretazione data al fenomeno, secondo cui la paracusia sarebbe dovuta al fatto che i rumori ambientali, e specialmente quelli dotati di notevole componente vibratoria, sarebbero in grado di vincere l'inerzia della catena ossiculare, mettendola in vibrazione e permettendole quindi di vibrare per altre stimolazioni più deboli che da sole non avrebbero potuto vincere l'attrito iniziale.

Questa interpretazione del fenomeno è nota sotto il nome di *teoria dell'attrito di primo distacco,* e si basa sulla nota legge meccanica secondo la quale un sistema necessita, per essere messo in movimento, di una quantità di energia più grande di quella necessaria a mantenerlo in moto.

Anche questa teoria, come la precedente, non spiega per quali motivi la paracusia di Willis manchi quasi sempre nei timpanosclerotici o negli otitici cronici, nei quali pur esiste un irrigidimento del sistema vibrante, mentre è quasi sempre presente negli otosclerotici, al punto di essere considerato un sintomo patognomonico di questa affezione.

FISIOPATOLOGIA DELL'APPARATO DI PERCEZIONE

Consideriamo ora brevemente la fisiopatologia dell'apparato di percezione del suono, limitando il nostro studio ai fenomeni conseguenti a lesioni della sua parte periferica, cioè del recettore cocleare.

L'ipoacusia derivante da una lesione del recettore si chiama sordità di recezione o recettiva. Le più frequenti cause lesive capaci di determinare l'insorgenza di fenomeni degenerativi nel recettore sono le lesioni vascolari, i traumi acustici, la senescenza, le lesioni infettive acute e croniche e le lesioni tossiche.

L'entità e l'estensione del deficit uditivo sul campo di frequenze sono in diretto rapporto con l'entità e l'estensione delle lesioni dei recettori. Nella maggior parte dei casi, il processo degenerativo cellulare che è causa di una sordità recettiva è irreversibile, e quindi il difetto funzionale non è suscettibile di miglioramento. Tuttavia sono dimostrati casi di sordità recettiva transitoria (vedi anche a *traumatismo acustico*), nei quali

è probabile che il danno cellulare sia ancora compatibile con la vita delle cellule stesse e con la loro reintegrazione funzionale.

In ogni caso la sordità recettiva è caratterizzata da un deficit prevalente, e talora esclusivo, per le frequenze elevate. Le ragioni di questo comportamento non sono del tutto note, ma si può pensare che le lesioni dei recettori, per ragioni anatomiche e fisiche, siano più frequenti nel giro basale e medio della coclea, devoluti appunto alla recezione dei toni acuti.

Ciò è confermato dai reperti anatomo-patologici sulla coclea di individui affetti da sordità senile, dai quali risulta l'esistenza di processi degenerativi limitati al giro basale. Come è noto, la senescenza dell'organo uditivo conduce ad una progressiva diminuzione della funzione per le frequenze più elevate, che sono le prime ad essere compromesse dai processi involutivi a sede cocleare.

Nella maggior parte delle sordità recettive, e particolarmente in quelle a decorso progressivo (traumatismi acustici cronici, sordità senile) o in quelle che intervengono come complicazione di processi degenerativi od infiammatorii cronici dell'orecchio medio (labirintiti, otosclerosi), le lesioni dei recettori cominciano dai giri basali estendendosi successivamente verso quelli apicali. Parimenti la lesione uditiva iniziale riguarda solo le frequenze elevate, progredendo poi gradatamente verso le frequenze medie e basse.

Oltre ai caratteri particolari, se pur non sempre tipici, del difetto uditivo, nelle sordità recettive si possono riscontrare alcuni fenomeni che sono invece del tutto caratteristici, e che pertanto hanno un grande interesse clinico, in quanto ci consentono di differenziare nettamente le sordità recettive dalle sordità di trasmissione.

Di questi fenomeni, la cui nozione è fondamentale, daremo qui di seguito un cenno dettagliato.

COMPORTAMENTO DELLA CONDUZIONE OSSEA

Se si appoggia un diapason od il vibratore osseo dell'audiometro su un punto qualsiasi della superficie cranica, l'intero cranio entrerà in vibrazione, semprechè naturalmente la stimolazione vibratoria sia di intensità sufficente a vincerne l'impedenza.

La capsula labirintica, vibrando solidalmente con le altre strutture ossee del cranio, trasmette il movimento vibratorio ai liquidi labirintici,

ottenendo lo stabilirsi dell'onda migrante sulla membrana basilare e quindi la stimolazione dei recettori.

Si avvera quindi una modalità di trasmissione del suono in gran parte diversa da quella normale. Nell'individuo con apparato uditivo indenne, ovviamente, il suono può venire percepito altrettanto bene sia che venga trasmesso per via aerea che per via ossea, con prevalenza quantitativa della prima modalità sulla seconda (vedi a *Prova di Rinne*).

Una conduzione ossea normale indica sempre una normale funzionalità dei recettori cocleari. Quando invece i recettori sono lesi, qualunque sia la modalità con la quale essi vengono stimolati, non saranno in grado di trasformare l'energia vibratoria loro pervenuta in un adeguato eccitamento delle terminazioni sensoriali; il deficit della funzione sarà dunque ugualmente rilevante sia per via aerea che per conduzione ossea.

Nelle sordità di trasmissione, in linea di massima, la conduzione ossea è normale, come è lecito attendersi data l'integrità dei recettori. Su questo punto è però doveroso fare ampie riserve, perchè recenti studii hanno dimostrato che un accorciamento della conduzione ossea può aversi anche, in assenza di lesioni del recettore, per modificazioni delle caratteristiche fisiche (e quindi dell'impedenza) delle strutture deputate alla trasmissione del suono (ossa craniche, tegumenti, liquidi labirintici, ecc.).

Bisogna ricordare che la metodica correntemente usata per saggiare la conduzione ossea consiste nell'appoggiare il diapason od il vibratore osseo dell'audiometro sulla mastoide, generalmente in proiezione dell'antro. È intuibile come un'alterazione dei tegumenti, una modificazione della struttura ossea della mastoide o delle ossa craniche (iperostosi, decalcificazione, empiema dei seni paranasali), una decalcificazione della capsula labirintica (come avviene nell'otospongiosi) possa far variare le caratteristiche dell'impedenza di questi sistemi alla trasmissione di moti vibratorii.

Analogamente, nel caso di blocco totale delle finestre ovale e rotonda, o nel caso di una ipertensione dei liquidi labirintici, il movimento vibratorio della capsula non potrà indurre alcun movimento nei liquidi, e quindi nessuna fluttuazione della membrana basilare. In questi casi la conduzione ossea è notevolmente accorciata, pur trattandosi di una sordità di trasmissione in cui l'apparato recettore è indenne e funzionante. Il comportamento della conduzione ossea è stato studiato negli otosclerotici da CARHART, il quale ha stabilito che, anche quando l'apparato recettore è assolutamente indenne, questi pazienti presentano, sull'audiogramma tonale, una flessione della conduzione ossea a livello delle frequenze

centrali, dovuta ai meccanismi sopra menzionati. I valori medii di questa flessione sono di 5 db. per la frequenza 500 c/s, 10 db. per la frequenza 1000 c/s, 15 db. per la frequenza 2000 c/s, e 5 db. per la frequenza 4000 c/s. Pertanto il riscontrare un deficit della C.O. di questa entità in un soggetto otosclerotico, non deve indurre a pensare ad un deficit labirintico, ma deve essere interpretato come un reperto normale.

Questa intaccatura nel normale andamento della conduzione ossea è stata definita « *Carhart notch* », *enchoche de Carhart, tacca di Carhart* (cfr. fig. 7).

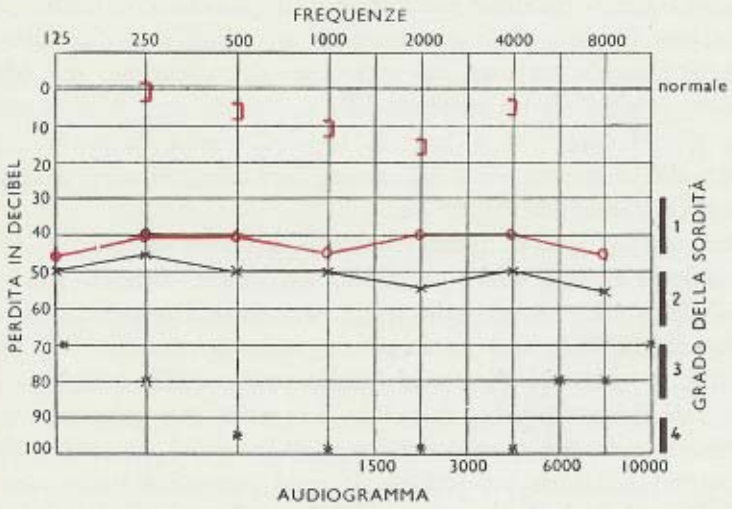


Fig. 7 - Sordità di trasmissione otosclerotica. La conduzione ossea presenta la « tacca di Carhart ».

Possiamo dunque sintetizzare il comportamento della conduzione ossea nelle seguenti proposizioni:

— una conduzione ossea normale testimonia l'integrità dei recettori;
— non sempre l'integrità dei recettori si traduce in una normalità della conduzione ossea;
— nelle sordità di trasmissione la conduzione ossea è sovente normale, ma può aversi una c.o. abbassata, senza che siano presenti lesioni dei recettori;
— le lesioni del recettore sono caratterizzate da un abbassamento della conduzione ossea.

IL RECRUITMENT

Questo fenomeno, descritto da Fowler nel 1936, ha una grande importanza topo-diagnostica e clinica, poichè è presente soltanto nei casi di sordità conseguenti a lesioni dei recettori cocleari.

Per spiegarne convenientemente il significato, occorre rifarsi a quanto si è detto in precedenza sui rapporti che intercorrono tra l'intensità dello stimolo e la intensità della sensazione.

Ad una variazione dell'ampiezza fisica del suono, corrisponde una variazione nell'intensità soggettiva della sensazione, secondo un rapporto logaritmico che si mantiene costante in tutti gli orecchi normali.

Nell'orecchio sede di lesione cocleare, si verifica invece un'alterazione di questo normale rapporto, nel senso che ad un aumento nell'ampiezza del suono corrisponde un aumento della sensazione soggettiva di intensità, molto più rilevante che di norma. In altri termini, anche per piccoli aumenti dell'ampiezza fisica del suono, l'orecchio avvertirà un aumento esagerato dell'intensità soggettiva.

Come conseguenza di questo fenomeno, se un individuo ha un orecchio normoudente ed uno affetto da sordità da lesione cocleare, potrà verificarsi il fatto che, aumentando progressivamente l'ampiezza del suono, questo potrà ad un certo punto essere percepito come di pari intensità soggettiva in entrambi gli orecchi (quello sano e quello sordo).

Le basi fisiopatologiche di questo fenomeno non sono ancora sufficientemente note, per quanto siano svariate le ipotesi dirette a spiegare il meccanismo della sua produzione. L'unico punto sul quale non esiste ormai discussione è che la sede in cui il fenomeno si esplica è la chiocciola, e pertanto la sua presenza è sicuro indizio di lesione cocleare.

Per quel che riguarda invece il meccanismo del fenomeno, ci limitiamo a sintetizzare brevemente alcune tra le più note ed accreditate teorie.

Secondo Lorente de Nò, alla base del fenomeno sta la limitazione del numero di impulsi che ciascuna fibra del nervo cocleare può condurre, a causa del periodo refrattario. Sia la fibra nervosa connessa con 5 cellule ciliate indenni, che quella connessa con 4 cellule degenerate ed una sola indenne, non potranno condurre un numero di impulsi superiori ad un certo limite, determinato dal periodo refrattario. Per deboli intensità dello stimolo, il numero degli impulsi decorrenti nella fibra connessa alle cellule sane sarà ovviamente superiore a quello degli impulsi forniti alla fibra dall'unica cellula funzionante; ma superato un certo livello di

intensità, le due fibre non potranno condurre che un ugual numero di impulsi, perchè il periodo refrattario si oppone alla trasmissione di tutti gli impulsi in eccesso che le cinque cellule sane potrebbero fornire alla prima fibra.

Se quindi l'ampiezza del suono aumenta progressivamente, si avrà che ad un certo punto esso verrà percepito come di pari intensità sia nell'orecchio sano che in quello ipoacusico.

La teoria enunciata da WEVER si basa sulla nozione che le stimolazioni di forte intensità provocano lungo la membrana basilare un'onda migrante più alta e più estesa di quella provocata da deboli stimolazioni. Una stimolazione sonora di piccola ampiezza determina la formazione di un'onda concentrata su un'esigua porzione della membrana basilare, ed interessa quindi un numero limitato di cellule; se queste sono deficitarie, la stimolazione potrà non essere sufficiente a superare il valore di soglia, e quindi il suono non potrà essere percepito.

Se la stimolazione è di forte intensità, e quindi l'onda è estesa su una più vasta porzione di membrana basilare, un maggior numero di cellule può partecipare alla trasmissione degli impulsi e saturare le fibre nervose sopperendo con la quantità al difetto funzionale. Si deve infatti tener presente che, mentre per ogni fibra esiste un numero massimo di impulsi che possono essere trasmessi nell'unità di tempo, gli impulsi originati nelle cellule non sottostanno ad alcuna limitazione e crescono di numero al crescere dell'energia di stimolazione.

Per brevità rinunciamo ad esporre altre interpretazioni date al fenomeno da varii AA. (MYGIND, KOBRAK, GARDNER, MEYER ZUM GOTTESBERGE, BORGHESAN, HALLPIKE ecc.), ognuna delle quali ha in sè note di verosimiglianza e di originalità.

Riprenderemo ad occuparci del recruitment quando tratteremo delle varie metodiche per mettere in evidenza il fenomeno.

ABBASSAMENTO DELLA SOGLIA DIFFERENZIALE

La soglia differenziale corrisponde alla più piccola variazione di intensità fisica necessaria a provocare un aumento dell'intensità soggettiva di sensazione. Abbiamo già detto come in un orecchio in cui sia presente il fenomeno del recruitment un incremento di ampiezza sembri soggettivamente maggiore di quanto obbiettivamente non sia, il che conduce anche alla possibilità di apprezzare variazioni di ampiezza più piccole di

quelle percepibili da un orecchio normale. L'abbassamento della soglia differenziale è dunque l'espressione della presenza di recruitment, ed entrambi i fenomeni riconoscono probabilmente la stessa origine.

Vedremo nello studio dell'audiometria quali sono i metodi per rilevare il fenomeno.

GLI ACUFENI

Nello studio della fisiopatologia uditiva, gli acufeni (o rumori endotici, o ronzii) occupano un posto a parte, trattandosi di un fenomeno diverso da quelli di natura deficitaria finora considerati.

La definizione del concetto di acufene era già stata sufficientemente precisata dalla letteratura classica: la caratteristica essenziale del fenomeno è l'assoluta subbiettività della sensazione uditiva, non sostenuta da alcuna stimolazione fisiologica adeguata del recettore periferico.

Gli autori classici distinguevano acufeni subbiettivi, (non dovuti a stimolazione acustica del recettore periferico o di altri segmenti delle vie cocleari), ed acufeni obbiettivi (differenziati in periotici ed endotici) determinati invece da una stimolazione di natura acustica generatasi nell'orecchio stesso o nei tessuti circostanti.

Le classificazioni più moderne, ispirandosi agli stessi concetti, parlano di acufeni non vibratorii (subbiettivi), e vibratorii (obbiettivi).

Gli acufeni vibratori meritano soltanto qualche cenno: sono in genere rumori di origine vascolare, tubarica, muscolare, articolare e vengono trasmessi quasi sempre per via ossea secondo le normali modalità. Sono sempre di tonalità bassa e possono non essere accompagnati da ipoacusia, poichè essi prendono origine al di fuori dell'apparato recettore che è di solito indenne.

Gli acufeni non vibratorii (o subbiettivi) sono di maggior interesse, in quanto strettamente legati alla fisiopatologia dell'organo uditivo: essi sono determinati da uno stimolo abnorme portato su un punto qualunque della via acustica. Lo stimolo può essere di varia natura: tossico, da intossicazione endogena per alterazioni renali, epatiche, endocrine, diatesiche ecc., o esogena, da medicamenti o da particolari sostanze ingerite; infettivo, allergico, traumatico, da trauma acustico.

Il meccanismo patogenetico delle lesioni capaci di determinare la comparsa di acufeni è stato per lungo tempo discusso e non è ancora del tutto chiarito: comunque l'elemento al quale si attribuisce maggiore impor-

tanza è quello vascolare (Stein, Atkinson), con predominanza dei fenomeni vasospastici nel territorio dell'arteria uditiva interna.

Gli acufeni non vibratorii sono quasi sempre di tonalità alta, ed hanno un carattere tonale ben definito, vale a dire sono abbastanza facilmente localizzabili in altezza tonale; sono sempre accompagnati da ipoacusia, poichè la loro presenza testimonia una lesione delle cellule sensoriali.

Gli acufeni provocati da lesioni dell'area corticale uditiva (acufeni centrali) hanno il carattere di vere allucinazioni uditive (percezione di voci o di musica) e pertanto sono di dominio della neurologia.

L'acufene vibratorio, si è detto, testimonia una lesione dei recettori, ma è anche indice della vitalità, sia pure parziale, di essi: non è pertanto ammissibile l'esistenza di acufeni in orecchi con perdita totale dell'udito (in qualche caso in cui fu possibile riscontrarli, essi riconoscevano una origine centrale, emotiva).

È possibile misurare l'acufene nei suoi attributi fisio-psichici (intensità ed altezza) e di determinarne la mascherabilità, secondo le modalità tecniche che esporremo trattando dell'acufenometria.

6

La localizzazione spaziale del suono

Il problema della localizzazione spaziale uditiva nei soggetti con normale capacità acustica oppure con ipoacusia è stato oggetto di studi eseguiti da Menzio nella Clinica O.R.L. dell'Università di Torino.

I dati più significativi sono quelli ottenuti prendendo in esame i fenomeni che avvengono quando la sorgente sonora è nel piano orizzontale (pressapoco all'altezza dei condotti uditivi): in queste condizioni un suono posto nel piano sagittale (davanti o dietro al capo del soggetto) raggiungerà i due orecchi nello stesso istante, con la stessa intensità e nella stessa fase.

Quando invece il suono non proviene dalla linea mediana (essendo localizzato a destra o a sinistra), dovrà percorrere uno spazio diverso per raggiungere i due orecchi ed arriverà pertanto alle due membane timpaniche in due istanti diversi, con una differenza di fase e con una diversa intensità, la quale è dovuta anche all'azione di schermo esercitata dal capo e dai padiglioni auricolari.

In conclusione delle premesse teoriche e delle osservazioni sperimentali, si possono delineare i seguenti punti più o meno esattamente definiti:

1) *La relazione di fase non offre dati per il riconoscimento della posizione dei suoni di alta frequenza mentre sembra avere notevole importanza per i suoni di bassa frequenza.*

2) *I rapporti di intensità hanno scarso significato per la localizzazione dei suoni di bassa frequenza mentre rivestono notevolissima importanza per quelli di frequenza elevata.*

3) *Da un punto di vista teorico l'importanza delle relazioni di intensità sembra essere limitata, sempre in casi di alta frequenza a due zone piuttosto piccole e approssimativamente circolari poste a destra e a sinistra*

del capo, mentre scarso significato avrebbe a piccoli valori angolari. Tuttavia la presenza del capo e dei padiglioni auricolari crea in realtà condizioni notevolmente diverse per cui i rapporti di intensità hanno significato anche a piccoli gradi di lateralità e con sorgenti sonore anche a una certa distanza.

4) *Le relazioni di tempo hanno notevole significato per piccoli angoli di lateralità e per segnali brevi oppure quando vi siano nel segnale stesso variazioni riconoscibili.*

In condizioni reali, allorchè i fattori tempo, fase e intensità agiscono *contemporaneamente,* i fenomeni di localizzazione sono molto più precisi ed i valori di soglia per movimenti di lateralità appaiono notevolmente ridotti.

Per quanto riguarda il comportamento dei soggetti ipoacusici le osservazioni eseguite possono essere così sintetizzate:

1) Negli individui con ipoacusie bilaterali simmetriche di lieve entità, sia di recezione che di trasmissione, la localizzazione nel piano orizzontale di suoni puri della frequenza di 512, 1024 e 2048 v.d. risulta scarsamente modificata.

2) Nelle ipoacusie dello stesso genere, ma di entità più grave, gli errori di localizzazione sono maggiori per tutte le frequenze uditive prese in esame e per tutte le posizioni studiate, ma soprattutto per quelle più mediali oppure più laterali. In alcuni casi i suoni sono riferiti posteriormente invece che anteriormente oppure sono localizzati al di fuori del piano orizzontale, per lo più in alto. Errori di entità rilevante sono stati in particolare osservati nelle otospongiosi e nelle gravi ipoacusie di recezione. In queste ultime condizioni è stata notata, in alcuni casi, una incapacità quasi completa di localizzazione.

3)Negli individui con ipoacusia monolaterale o di entità diversa dai due lati, gli errori più frequenti sono costituiti da una netta riduzione dell'angolo di lateralità dal lato corrispondente all'orecchio ipoacusico. Dal lato opposto vi è invece un aumento dell'angolo di lateralità particolarmente netto per le posizioni della sorgente sonora più vicine alla linea mediana. L'errore costante è pertanto caratterizzato da uno spostamento di tutte le posizioni verso il lato sano o comunque verso quello funzionalmente migliore.

Tale comportamento è più costante nei soggetti con ipoacusia di trasmissione; è pure presente, seppure con numerose eccezioni, negli individui con ipoacusie di tipo recettivo, specialmente in quelle da lesione del

recettore cocleare con presenza di recruitment. In questi casi si possono osservare errori di vario genere con confusione delle posizioni anteriori con quelle posteriori e con errate localizzazioni al di fuori del piano orizzontale.

4) Dal punto di vista della localizzazione uditiva risultano pertanto in condizione migliore i soggetti con ipoacusia bilaterale simmetrica rispetto a quelli con ipoacusia monolaterale o asimmetrica. Infatti negli individui con ipoacusia bilaterale simmetrica le alterazioni della localizzazione si verificano soltanto quando l'ipoacusia è di entità notevole, mentre in quelli con ipoacusia monolaterale si ha costantemente uno spostamento soggettivo della sorgente sonora verso il lato con funzione uditiva migliore.

5) L'impiego di protesi acustiche ad amplificazione lineare, negli individui con sordità unilaterale, permette di bilanciare la sensazione soggettiva di intensità nei due orecchi e di localizzare esattamente le sorgenti sonore poste sulla linea mediana, frontalmente al soggetto. Risultano in tal modo corretti gli errori di localizzazione più gravi: i soggetti tuttavia, nella valutazione del grado di lateralità, compiono imprecisioni di entità molto rilevante, cosicchè i processi di localizzazione risultano attuati in modo approssimativo. (Moretto).

7

Esame funzionale dell'udito
Acumetria fonica e strumentale

La misura quantitativa e qualitativa del potere uditivo, prima dell'introduzione degli audiometri, veniva eseguita per mezzo della voce viva e di un apposito strumentario (diapason, monocorde, orologio, fischietto ecc.). Nel dare cenno di queste prove, riteniamo doveroso segnalare che, se possono ritenersi superate dalle moderne tecniche audiometriche, esse non hanno purtuttavia perduto ogni valore pratico, riuscendo ancor oggi di grande utilità in svariate circostanze ed indispensabili ogni qual volta ci si trovi nell'impossibilità di disporre di un audiometro.

Non è quindi lecito affermare che le classiche prove con i diapason o con la voce hanno ormai soltanto un valore storico, pur riconoscendo che esse peccano, nei confronti delle prove audiometriche, di minor completezza e precisione.

L'esame funzionale dell'udito si propone di indagare le condizioni dell'apparato di trasmissione e di quello recettivo, e di rilevare non soltanto quali toni sono percepiti (esame qualitativo) ma anche in quale misura (esame quantitativo). Mediante le prove strumentali è possibile, almeno fino ad un certo punto, diagnosticare la sede della lesione uditiva, giungendo talora ad induzioni abbastanza dettagliate sul meccanismo patogenetico del difetto funzionale.

L'acumetria classica può essere suddivisa in acumetria fonica e acumetria strumentale, a seconda che nell'esame si adoperi la voce o adatti strumenti; fissando la capacità uditiva uguale all'unità, potremo servirci delle frazioni per istituire paragoni tra un individuo e l'altro, o tra i due orecchi di uno stesso individuo.

ESAME CON LA VOCE

Permette un facile controllo della capacità uditiva dell'esaminando, poichè il compito di quest'ultimo si limita a ripetere le parole dell'esaminatore; inoltre non richiede strumentario e concede di istituire un paragone facile e sollecito tra il potere uditivo dei due orecchi.

Per contro, presenta notevoli manchevolezze che ne fanno un esame impreciso ed incompleto. La prima limitazione cui la prova deve sottostare riguarda la qualità dello stimolo sonoro, la voce, che è compreso in un campo di frequenze piuttosto ristretto e quindi ci consente di esaminare soltanto una zona limitata del campo tonale. Inoltre le caratteristiche fisiche della voce non possono in alcun modo essere mantenute costanti sia nei riguardi dell'intensità che della frequenza: per quanto ci si possa sforzare di ripetere un certo numero di parole sempre nello stesso modo, con la stessa intensità di emissione della voce e nelle stesse condizioni ambientali, non si potrà mai avere la certezza di aver sufficientemente garantito un certo *standard* alla prova, specialmente in controlli a distanza di tempo.

Tuttavia, ai fini orientativi, una prova con la voce potrà essere utile ad indicarci approssimativamente le quantità ed in qualche modo anche la qualità del difetto uditivo. L'esame può essere eseguito con la voce di *conversazione ordinaria* e con quella *rinforzata,* con la *voce afona* e con la cosidetta *voce afona accentuata.*

L'esame con la voce di conversazione ordinaria è consigliabile nei casi di sordità piuttosto accentuate; nei casi di ipoacusia lieve riesce sovente impossibile in un ambiente chiuso, data la grande distanza a cui essa può venire percepita. In questi casi conviene ricorrere alla voce afona, definita da Bezold come *la voce che può venire emessa dopo un'ordinaria espirazione,* servendosi dell'aria di riserva.

Nell'esame funzionale con la voce, bisogna tener presente che le parole risultano dall'aggruppamento di varii suoni, o *fonemi.* Ogni fonema può essere udito ad una data distanza, cioè ha una *portata* caratteristica. I fonemi possono dividersi per la loro tonalità in *gravi* (al disotto dei 500 cicli, *u, r*), *medii* (tra 500 e 1000 cicli, *o, a, b, f, g, d, p, m, n, t, v*) ed *acuti* (sino a 3000 cicli, *e, i, s, sc, z*). I fonemi gravi hanno una portata minima, e massima quelli acuti. Ogni parola è composta da un certo numero di fonemi, alcuni dei quali sono determinanti, hanno cioè la maggiore importanza nella comprensione della parola.

Gli altri fonemi, anche se non vengono percepiti, possono venir ricostruiti mentalmente mediante un processo di integrazione psichica, ed in tal modo l'intera parola può venire esattamente capita.

Nella scelta dei vocaboli da impiegare per le prove acumetriche, si dovrà badare alla loro portata ed alla composizione fonematica, per saggiare selettivamente la capacità uditiva per i toni bassi, medii e medio-acuti.

Le parole delle liste seguenti sono composte rispettivamente di fonemi bassi, medii ed acuti: accanto ad ogni parola è segnato il valore medio di portata, se pronunciata con voce afona di media intensità:

toni bassi (da 4 a 10 metri): muro 4; uno 5; unto 6; uomo 6; moro 8; fumo 9; ruga 11.

toni medi (da 20 a 32 metri): topo 20; cuoco 23; tifo 24; fuochi 28; carro 21; lampada 26; fichi 32.

toni acuti (da 38 a 46 metri): gesso 46; sasso 46; minestra 35; stella 40; esce 38; sessanta 37.

Tenendo presenti i valori normali della portata sarà facile stabilire l'entità delle modificazioni dalla norma; a titolo indicativo sintetizziamo in una tabella quale potrebbe essere la corrispondenza tra la perdita di udito per la voce di conversazione e la perdita in decibel misurata con l'audiometro, con l'indicazione del grado di sordità.

VOCE DI CONVERSAZIONE	PERDITA UDITIVA	GRADO DI SORDITÀ
non percepita	> 90 db.	Sordità totale
percepita a meno di 1/2 m.	60—90 db.	S. gravissima
percepita da 3 a 1/2 m.	35—60 db.	S. grave
percepita 5 a 3 metri	25—35 db.	S. lieve
percepita a più di 5 m.	0 ÷ 25 db.	———

Queste cifre hanno, ripetiamo, soltanto un valore indicativo, perchè per le ragioni che abbiamo esposte riesce sempre difficile stabilire un sicuro rapporto tra una misura precisa, quale quella ottenuta con l'audiometro, con un'altra misura soggetta a cause di variabilità talora considerevoli, come nell'acumetria vocale. E' inutile dire che l'esame vocale va eseguito preferibilmente in ambiente silenzioso, senza echi o rinforzi, e studiando di mantenere la propria voce ad un livello costante di intensità di emissione.

ESAME CON I DIAPASON

I diapason sono strumenti di acciaio, in un solo pezzo, costituiti da un manico lungo 7-8 cm. e da due branche a forchetta o rebbii. Quando i rebbii vengono sollecitati a vibrare, il diapason emette un suono di altezza corrispondente al periodo proprio. Un buon diapason deve rendere, per quanto possibile, un tono privo di armonici, e deve avere un periodo di smorzamento lungo, deve cioè possedere un tempo di vibrazione tale da permettere un adeguato svolgimento delle prove.

Le caratteristiche di purezza dei toni emessi da un diapason sono sufficienti a garantire un certo rigore alla qualità del suono, non altrettanto si può dire per quel che riguarda l'intensità, la quale ovviamente varia in rapporto all'energia con la quale i rebbii sono stati sollecitati a vibrare. Le maggiori difficoltà nell'uso dei diapason derivano appunto dal fatto che è difficile iniziare le prove sempre con la stessa intensità di stimolazione. Per ovviare a questo inconveniente sono stati costruiti diapason muniti di un percussore, il quale colpisce uno dei rebbii sempre con la medesima forza (Escat, Lucae); oppure diapason in cui la regolazione dell'intensità è ottenuta servendosi di metodi ottici (Gradenigo).

Qualunque sia la modalità di stimolazione, l'importante è di iniziare ogni volta la prova con un suono di intensità costante; questo presupposto permette di calcolare la durata di percezione del diapason in un orecchio normale. Sarà così agevole esprimere in valori percentuali la durata della percezione in un orecchio ipoacusico: se per esempio un dato diapason può essere normalmente percepito per due minuti. l'orecchio che lo percepisce per un minuto soltanto avrà una diminuzione del potere uditivo pari al 50%.

Non si può affermare che un tale metodo di calcolo sia esatto, ma può tuttavia fornire un sufficiente orientamento sull'entità del deficit uditivo.

Le serie dei diapason più diffuse in commercio comprendono 6 strumenti, accordati con le note musicali *do*, *do*1, *do*2, *do*3, *do*4, *do*5, e corrispondenti a 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, cicli al secondo.

Saggiando la via aerea, è bene eliminare l'orecchio non sottoposto ad esame facendo occludere il condotto uditivo con un dito o mediante pressione sul trago; il diapason va tenuto tra le dita molto leggermente (ad evitare un rapido smorzamento) ed avvicinato a circa 2-3 cm. dall'orecchio da esaminare, con le branche verso il basso ed in modo che una di esse sia rivolta verso il meato. Per l'esame della conduzione

ossea, si appoggia il manico del diapason sulla mastoide, o sul vertice, o sulla fronte ecc., secondo le modalità della prova da eseguire. Se si vuol procedere al mascheramento dell'orecchio non esaminato, si potrà ottenerlo facendo soffiare aria nel condotto uditivo, o con rapidi movimenti di pressione e decompressione sul trago, o mediante un assordatore del tipo Baranj.

I maggiori inconvenienti presentati dai diapason sono: la difficoltà di una esatta taratura dell'intensità; l'impossibilità di ottenere toni puri di intensità elevata (superiori a 70-80 db.); l'impossibilità di saggiare la conduzione ossea per le frequenze medie ed elevate (soltanto ai diapason di tonalità grave si può imprimere un'energia vibratoria sufficiente a vincere l'impedenza delle ossa craniche).

Da queste limitazioni cui i diapason devono sottostare possono derivare gravi manchevolezze nei risultati delle prove: ad esempio un determinato tono potrà sembrare non percepito dall'orecchio in esame (il che corrisponderebbe al 100% di perdita) mentre potrebbe esserlo se il diapason potesse raggiungere una maggiore ampiezza di vibrazione; la conduzione ossea potrebbe, ad esempio, essere conservata per i toni gravi e gravemente scaduta per gli acuti, senza che con i diapason si possa mettere in evidenza questo importante rilievo. Tutto ciò potrà condurre a gravi incertezze diagnostiche, e si potrà talora equivocare tra una sordità di trasmissione ed una sordità mista o recettiva.

Ma, a dispetto di tante manchevolezze, i diapason possono rendere, in mani sufficientemente esperte, molteplici ed utili servigi.

PROVA DI RINNE

Si basa sulla differenza della durata di percezione per via aerea e per via ossea di un dato diapason per lo stesso orecchio. I diapason più adatti sono quelli di tonalità grave, 128 o 256 cicli. Si può saggiare prima la via aerea (nel modo solito) e poi la via ossea, appoggiando il manico del diapason sulla mastoide, in proiezione dell'antro; oppure viceversa. Si misura con un contasecondi la durata di percezione per le due vie di trasmissione; nell'orecchio normale la durata della percezione per via aerea è superiore a quella per conduzione ossea (Rinne positivo). Nelle sordità di trasmissione la seconda è invece maggiore della prima (Rinne negativo); nelle sordità recettive il Rinne è positivo, ma la durata di percezione è raccorciata sia per via aerea che per via ossea.

Naturalmente, per l'esecuzione di questa prova, occorre conoscere esattamente la durata di vibrazione per via aerea del diapason usato: Bezold adoperava un diapason che aveva la durata di 90" per via aerea in un orecchio sano e col quale la differenza tra le due vie di trasmissione era di 30" (Rinne positivo di 30"); da questo dato era facile dedurre gli altri.

Si può semplificare la prova, a scapito però della precisione, invitando il paziente a segnalare se sente il suono più forte per via aerea o per conduzione ossea, mentre si sposta alternativamente il diapason dall'orecchio alla mastoide; in tal modo si possono cogliere grossolane variazioni dal comportamento normale, ma non si può misurare l'entità di tale variazione.

La prova di Rinne ha alcune mende, che non staremo ad enumerare. Per le ragioni esposte prima, si può eseguire soltanto con diapason di tonalità grave, ed è quindi una prova incompleta, insufficiente di per sè a dare complete informazioni sulla durata di percezione per via ossea delle medie ed alte frequenze; non sempre un Rinne negativo è sicuro indice di sordità di trasmissione.

Nell'eseguire la prova, bisogna por mente alla possibilità di essere tratti in inganno dal fatto che il suono trasmesso per conduzione ossea può venire percepito con l'orecchio controlaterale. Non bisogna infatti dimenticare che il suono perde soltanto una piccola parte della sua intensità, se trasmesso per via ossea, nell'attraversare le ossa craniche da un orecchio all'altro (circa 10 db.). Nel caso di una sordità recettiva unilaterale, per esempio, se si esegue la prova di Rinne sull'orecchio malato, si noterà che la durata di percezione del diapason è maggiore per via ossea che per via aerea, e ciò perchè il suono trasmesso per via ossea viene percepito per un tempo quasi normale dell'orecchio sano del lato opposto (falso Rinne negativo). Se l'orecchio sano viene eliminato col mascheramento, la prova di Rinne sull'orecchio malato diventerà positiva, come è logico aspettarsi in una sordità da lesione dei recettori.

PROVA DI WEBER

Se si pone un diapason vibrante di tonalità grave al vertice del capo, il soggetto normale o quello con i due orecchi ugualmente compromessi dirà di avvertire il suono da ambo i lati, ovvero nella testa; ma se i due orecchi sono compromessi in grado differente, localizzerà il suono

nell'orecchio malato (o più malato) se si tratta di una lesione dell'apparato di trasmissione; e nell'orecchio sano (o meno colpito) se si tratta di una lesione dell'apparato recettivo. Questo fatto si esprime col dire che il Weber è *lateralizzato* dal lato dove il suono è percepito; se questo è avvertito da ambo i lati, il Weber è *indifferente*.

Può accadere che il soggetto in esame non possa indicare con sicurezza da quale lato il suono è percepito: basterà talvolta usare un diapason di tonalità diversa (ma sempre grave) o appoggiarlo su una differente regione del capo (linea mediana della fronte, della nuca, dell'arcata dentaria, glabella ecc.) per ottenere una lateralizzazione.

La prova di Weber, al lume delle moderne conoscenze, presta il fianco a molte e facili critiche che non è il caso di riferire. Essa dà un risultato particolarmente evidente ed utile nelle sordità di trasmissione, in cui il suono viene lateralizzato dal lato malato. Il meccanismo della lateralizzazione può essere spiegato nel modo seguente: un diapason vibrante posto sul vertice stimola i recettori per due vie, la cranio-labirintica e la cranio-timpanica. Una parte delle vibrazioni trasmesse per via cranio-timpanica si disperde, in condizioni normali, attraverso la membrana timpanica ed il condotto uditivo; se invece sono presenti alterazioni del sistema di trasmissione (o se il condotto uditivo è ostruito) ciò non avviene e si ha dunque un rinforzo del suono.

Se la sordità di trasmissione è bilaterale, si è detto che il Weber è lateralizzato nell'orecchio più malato; ma il termine *più malato* non va inteso nel senso clinico. Se da un lato esiste un empiema della cassa e dall'altro una vecchia otite cronica, il Weber sarà lateralizzato nel primo orecchio, dove evidentemente le lesioni cliniche sono di gravità minore, ma dove esistono condizioni più favorevoli al rinforzo del suono in rapporto alla maggior impedenza del sistema di trasmissione.

PROVA DI SCHWABACH

E' basata sulla differenza di durata che passa tra la percezione di un suono per via ossea in un soggetto sano ed in un otopatico. Anche per questa prova è bene usare un diapason di tonalità grave, ma non tanto da ingenerare nell'esaminato una possibile confusione tra le oscillazioni della massa e le vibrazioni sonore. La regione sulla quale si esegue può essere il vertice, od anche un punto qualsiasi sulla linea mediana del capo: se si conosce la durata di percezione del diapason in un sog-

getto normale, si potranno facilmente evidenziare le variazioni dalla norma.

Un allungamento della durata di percezione (Schwabach allungato) depone per una lesione dell'apparato di trasmissione; un accorciamento (Schwabach accorciato) indica una lesione dell'apparato recettivo.

Questa prova, nelle condizioni ordinarie di esame, ha un valore piuttosto modesto, o per lo meno è di una sensibilità molto grossolana, essendo molteplici i fattori che concorrono, anche in orecchi normali, a determinare variazioni individuali talora rilevanti nella durata di percezione di un diapason per via ossea: il grado di attenzione del paziente, il mascheramento dovuto al rumore ambientale, la varietà della struttura ossea del cranio, le differenze nella intensità di eccitamento del diapason, ecc.

PROVA DI GELLÉ (o delle pressioni centripete)

Se durante la percezione di un suono trasmesso per via ossea si aumenta la pressione intralabirintica, l'intensità soggettiva del suono diminuisce. La spiegazione del fenomeno si ricollega a quanto si è detto sulla funzione dei liquidi labirintici come organi deputati alla trasmissione del suono. Se la platina della staffa si infossa nella finestra ovale e rimane fissa in tale posizione, si avrà un aumento di pressione dei liquidi labirintici, e di conseguenza un aumento di tensione della membrana basilare. L'apparato di trasmissione subisce dunque modificazioni della impedenza alla trasmissione dei moti vibratorii, anche se questi sono trasmessi attraverso le ossa craniche. Gli autori classici attribuivano l'indebolimento della percezione sonora ad una temporanea condizione patologica dei recettori in conseguenza dell'aumentata tensione intralabirintica; ma noi sappiamo, attraverso le più recenti acquisizioni di fisiopatologia, che l'accorciamento della conduzione ossea deve attribuirsi in questo caso soltanto a modificazioni dell'impedenza delle strutture dell'orecchio interno destinate a trasmettere il movimento oscillatorio ai recettori.

Per eseguire la prova di Gellé, si appoggia un diapason sul vertice (o sulla fronte, o sulla mastoide), mentre nel condotto dell'orecchio in esame si introduce, a perfetta tenuta d'aria, lo speculum di Siegle o l'estremo di una pera di Politzer con oliva; premendo la pera, si provoca una iperpressione d'aria nel condotto e quindi un affondamento del

timpano verso la cassa, cosicchè la catena ossiculare verrà spostata verso l'interno e la platina della staffa si affonderà nella finestra ovale determinando un aumento della pressione labirintica. Il soggetto in esame, quando si esegue questa manovra, noterà un affievolimento della sensazione sonora soggettiva; se si abbandona la pera ristabilendo una pressione normale la sensazione tornerà a farsi più intensa. Ora, se esistono aderenze del sistema timpano-ossiculare o anchilosi della catena o qualsiasi condizione patologica che determini una fissità degli organi di trasmissione dell'orecchio medio, il suono verrà percepito con intensità uniforme durante l'esperienza.

Questa prova conserva tuttora un discreto valore nella diagnosi di otosclerosi, in cui per la fissità dell'articolazione stapedio-ovalare si ha sovente un risultato positivo.

PROVA DI BONNIER

Si basa sul paragone tra la durata di percezione di un suono trasmesso dalle varie ossa dello scheletro in un soggetto normale ed in uno ipoacusico. Si può considerare pertanto come una modificazione della prova di Schwabach, di cui ripete il significato.

Si esegue appoggiando un diapason non troppo grave sullo sterno, sulla clavicola, sulla vertebra prominente, sulla rotula ecc. Conoscendo i valori normali di durata, si potrà misurare l'entità delle variazioni in più o in meno; un Bonnier positivo è indice di una lesione dell'apparato di trasmissione. Le ragioni di questo comportamento sono analoghe a quelle citate a spiegazione dello Schwabach allungato.

La prova riesce talora utile nei casi di otospongiosi; può verificarsi che il suono di un diapason vibrante appoggiato al pugnetto od al ginocchio, non venga percepito da un soggetto normale (ad es. l'esaminatore), mentre è nettamente avvertito dall'otosclerotico.

PROVA DI BING

Consiste nel fare otturare dal soggetto il meato uditivo in esame, non appena egli dice di non percepire più il suono di un diapason non troppo grave collocato sulla mastoide: se l'orecchio è sano, il suono si rinnova; se vi è un difetto nell'apparato di trasmissione il suono non ricompare, o ricompare per un tempo minore di quello riscontrato nel-

l'orecchio normale. Il metodo saggia dunque la differenza tra la *conduzione ossea relativa* (ad orecchio libero) e la *conduzione ossea assoluta* (a condotto occluso); tale differenza è notevole nell'orecchio sano, e scarsa o addirittura nulla nelle sordità di trasmissione legate ad anchilosi del sistema vibrante timpano-ossiculare (ad esempio nell'otosclerosi).

DETERMINAZIONE DEL LIMITE SUPERIORE E DEL LIMITE INFERIORE

Per la determinazione del limite inferiore si ricorre ai diapason della serie di Edelmann, di cui il più basso corrisponde al Do2 (16 v. d.), che corrisponde al limite inferiore fisiologico. Con successive determinazioni si mette in evidenza qual'è il diapason di tonalità più bassa percepito dall'orecchio in esame.

Per il limite superiore gli autori classici si servivano del fischietto di Galton, del monocorde di Struicken, dei risuonatori di König o di altri strumenti di varia concezione, ma tutti egualmente imprecisi. Se il limite superiore è molto abbassato, se ne può effettuare la ricerca mediante i diapason più acuti.

Ci limitiamo a dare queste brevi notizie sull'argomento, tralasciando anche la descrizione delle prove con l'orologio, perchè pensiamo che neppure gli ultimi strenui difensori del semplicismo acumetrico possano ragionevolmente sostenere la utilità di queste prove, ormai superate dall'avvento degli strumentarii elettronici e delle precise determinazioni audiometriche.

8

L'audiometro e l'audiometria tonale

Senza voler qui rifare la storia dell'audiometro, ricorderemo che il primo strumento degno di questo nome fu costruito nel 1878 da Hartmann, il quale impiegò una serie di diapason come sorgenti vibratorie capaci di attivare un circuito elettrico.

Dopo di lui Hughes, Cozzolino, Cheval, Stefanini, Bunch e Dean, Schwartz e molti altri introdussero nuovi tipi di audiometri, ognuno dei quali presentava qualche elemento di progresso rispetto ai precedenti.

I moderni audiometri si possono considerare sistemi elettrici capaci di generare oscillazioni di varia frequenza che vengono condotte all'orecchio per mezzo di un riproduttore, dopo essere passate attraverso un sistema di amplificazione.

Se ne costruiscono attualmente di due diversi tipi, quelli a *battimenti* e quelli a *resistenza-capacità*.

L'audiometro a battimenti utilizza il tono-differenza, udibile, ottenuto da due circuiti oscillanti a frequenze sovraudibili; quello a resistenza-capacità utilizza un circuito oscillante che oscilla direttamente a frequenza udibile; variando nel circuito o la resistenza o la capacità si può variare, in modo continuo, la frequenza emessa.

Gli audiometri a battimenti sono quelli comunemente noti sotto il nome di *audiometri a frequenze continue*, che possono quindi coprire l'intero campo tonale in modo continuo; quelli a resistenza-capacità sono invece gli *audiometri a frequenze fisse*, con i quali si può esplorare il campo tonale soltanto in modo discontinuo, con un numero limitato di frequenze intervallate da distanze prefisse (un'ottava o meno).

A qualunque tipo appartenga il generatore di tono, esso emette in definitiva un'oscillazione di varia frequenza, la cui ampiezza deve essere

regolata da un sistema di attenuazione. L'attenuatore è tarato in decibel, ed anch'esso può regolare l'intensità in modo continuo oppure per scatti di 5 decibel.

L'oscillazione, di cui si è opportunamente regolata la frequenza e l'ampiezza, giunge infine al riproduttore, che è destinato a trasformare l'onda elettrica in vibrazione meccanica e quindi acustica. I riproduttori per via aerea sono di solito sistemati in cuffie rivestite di gomma soffice; particolari dispositivi ne assicurano la perfetta aderenza ai padiglioni.

Sul quadrante di ogni audiometro vi sono due dispositivi fondamentali: il controllo di frequenza, che permette di scegliere la frequenza desiderata mediante la rotazione di un quadrante che reca le cifre corrispondenti al numero di cicli/s, ed il controllo di intensità (o attenuatore) mediante il quale si può regolare l'ampiezza del segnale.

Negli audiometri a frequenze continue il campo tonale è coperto interamente e si ha quindi la possibilità di scegliere le infinite bande di frequenze comprese tra 16 e 16.000 c/s; negli audiometri a frequenze fisse sono rappresentate di solito dieci o undici toni compresi tra 125 e 10.000 cicli.

L'attenuatore di intensità indica la quotazione in decibel dell'ampiezza del tono rispetto allo zero, che come sappiamo corrisponde alla soglia uditiva dell'orecchio normale per quella frequenza. Generalmente il campo di intensità decorre da un minimo di -10 sotto il livello di soglia sino ad un massimo di 100-120 db. oltre la soglia uditiva. La lettura del quadrante dei decibel esprime dunque direttamente il valore della perdita uditiva in confronto all'orecchio normale.

Altri dispositivi comuni a tutti gli audiometri sono l'interruttore di tono, mediante il quale si può interrompere il segnale presentato all'orecchio dell'esaminato e riammetterlo a piacimento dell'esaminatore; un circuito microfonico, che consente la conversazione anche con soggetti gravemente ipoacusici e rende possibile l'esecuzione di prove audiometriche vocali; un dispositivo per il mascheramento. Ogni audiometro, secondo il tipo e la marca, ha poi dispositivi particolari, il cui impiego è destinato all'esecuzione di prove speciali delle quali avremo occasione di occuparci in seguito.

L'esame della conduzione ossea richiede l'uso di un particolare riproduttore, diverso da quello a cuffia impiegato per la via aerea: esso ha la forma di una piastrina o di un fungo, ed in qualche audiometro vien

TAVOLA I

Moderno complesso audiologico tipo. E' composto: da una cabina silente che raggiunge i 48 dB di desonorizzazione, da un audiometro clinico a due canali totalmente indipendenti e da uno speciale riproduttore fonografico, incorporato nel tavolino, per le prove vocali.

Per gentile concessione della Ditta Amplifon di Milano

mantenuto aderente alla superficie mastoidea con una pressione costante e regolabile.

LE CARATTERISTICHE ACUSTICHE DEL LOCALE ADIBITO ALLE PROVE AUDIOMETRICHE

Durante l'effettuazione di un rilievo audiometrico, e massimamente per il rilievo della conduzione ossea, la presenza di rumori estranei nell'ambiente di prova può esercitare un mascheramento che compromette talora in modo rimarchevole l'attendibilità dei valori di soglia ottenuti.

Se il paziente ha una sordità di grado abbastanza elevato da non percepire i rumori dell'ambiente, tale causa di perturbamento è abolita o fortemente attenuata. al punto che i rilievi ottenuti in un ambiente di abitazione di media rumorosità possono ritenersi senz'altro valevoli; se invece il paziente ha un udito subnormale od una sordità di grado moderato, questa circostanza andrà attentamente valutata.

Nei moderni ospedali, nelle cliniche, nei laboratorii audiologici gli ambienti destinati ai rilievi audiometrici sono costruiti in modo da consentire un isolamento quanto più possibile efficace dai rumori circostanti (cabine silenti). Se si pone mente al fatto che i rumori estranei giungono in un locale o perchè trasmessi dall'aria, attraverso le pareti e le aperture, oppure tramite le strutture stesse dell'edificio messe in vibrazione da una qualsiasi causa, si può facilmente arguire che, per essere efficace, l'isolamento deve essere efficiente sia contro i rumori che le vibrazioni. Un completo isolamento meccanico e fonico della camera riesce molto difficile e costoso. Le migliori camere silenti consistono in un locale di piccole dimensioni contenuto in un locale più vasto, e separato da questo per mezzo di strati sovrapposti di materiali isolanti di caratteristiche diverse (sughero, lana di vetro, pietre porose, intercapedini d'aria, vermiculite, piombo, ecc.). Il pavimento della cabina andrà isolato dal pavimento della camera che la contiene per mezzo di sospensioni di gomma, di strati di pomice o di cemento poroso, ed infine andrà ricoperto con un rivestimento di linoleum o gomma, sul quale si distende un pesante tappeto. Anche il soffitto deve essere convenientemente isolato. Le pareti interne delle camere silenti devono essere rivestite di materiali assorbenti e non riverberanti, ad evitare che i segnali inviati nell'interno della cabina subiscano echi, riflessioni, rinforzi: questo può ottenersi con opportune sagomature irregolari delle pareti stesse, che saranno rivestite con faesite perforata (a fori di diametro variabile) o con cortine di una

pesante stoffa di lana. Una cura del tutto particolare andrà messa nella costruzione della porta che sarà a doppii o tripli battenti guarniti di gomma onde realizzare una tenuta acustica il più possibile perfetta.

Generalmente le apparecchiature audiometriche non vengono sistemate nell'interno della cabina, ma nel locale antistante (antecabina), dal quale si può accedere alla cabina attraverso la porta stagna. Anche l'antecabina dovrebbe essere almeno parzialmente isolata, per ovvie ragioni.

Il paziente, chiuso nella camera silente, può essere osservato dall'esaminatore durante le prove attraverso una finestra di dimensioni non troppo grandi aperta tra la cabina e l'antecabina; la finestra sarà a doppia o tripla vetrata, i cui bordi ad incastro avranno guarnizioni di gomma o di feltro a perfetta tenuta.

Un locale così costruito rappresenta senza dubbio la condizione ideale per l'esecuzione dei rilievi audiometrici, ma l'alto costo ed il notevole ingombro ne impedisce la realizzazione su vasta scala. D'altra parte è bene precisare che l'uso di cabine silenti non è affatto indispensabile all'esecuzione delle comuni prove audiometriche: qualunque locale di abitazione non troppo rumoroso serve bene allo scopo. Basta aver cura di scegliere una camera interna dell'edificio, lontana dai rumori stradali, e distendere un tappeto sul pavimento ed eventualmente qualche panneggio sulle pareti: in queste condizioni il livello del rumore difficilmente oltrepassa i 30 decibel.

Non bisogna dimenticare, d'altra parte, che la calibrazione dello zero negli audiometri vien di solito ottenuta saggiando l'udito di gran numero di persone normali in un ambiente quieto ma non perfettamente silente.

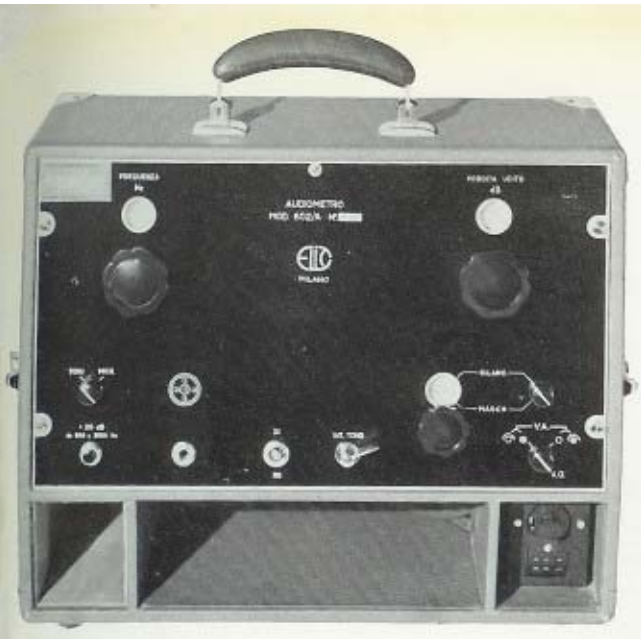
Oggi tuttavia esistono cabine silenti prefabbricate, facilmente montabili in qualunque locale, che per le caratteristiche di isolamento acustico e per il costo ragionevole hanno incontrato un notevole favore ed una larga diffusione (cfr. Tav. I).

LE PROVE AUDIOMETRICHE CON TONI PURI

Preliminari.

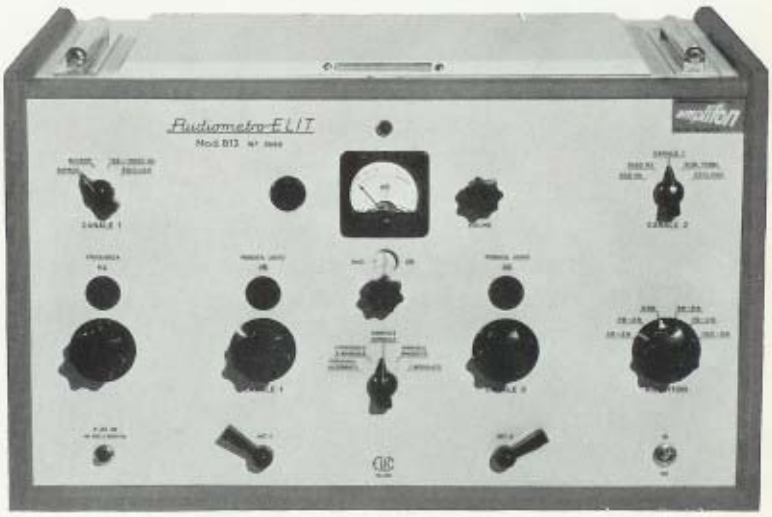
Per l'esecuzione di un qualsiasi rilievo audiometrico vanno considerate alcune norme fondamentali, l'inosservanza delle quali può condurre ad inconvenienti di vario ordine. Il paziente va fatto sedere su di una poltrona o una sedia soffice, ed invitato ad assumere una posizione comoda;

TAVOLA II



Modello di un recente audiometro clinico, di buona capacità e precisione.

Leggero audiometro portatile a transistors per esami in fabbriche, scuole ed in genere fuori dell'ambito ospedaliero.



Modernissimo audiometro clinico di altissima precisione a due canali indipendenti con commutazione automatica.

Materiale gentilmente fornito dalla Elit - Elettronica Italiana - Milano

dovrà essere situato in modo da non poter vedere le mani dell'operatore che agiscono sui quadranti dell'audiometro, il che potrebbe indurlo in suggestione ed influenzare le sue risposte. Si dovrà evitare che stimoli sensoriali di qualsiasi natura possano distrarre l'esaminando, la cui attenzione deve essere interamente concentrata sulla prova che si sta per eseguire. È quindi bene che l'ambiente sia, oltre che silenzioso, immerso in una discreta penombra e che nessuno possa accedere nella camera durante la prova. Il paziente sarà invitato a tenere gli occhi fissi a terra, o meglio chiusi, ed a fissare la sua attenzione sugli stimoli sonori che stanno per essere inviati al suo orecchio. Le istruzioni per la prova dovranno essere brevi ed estremamente semplici, tali dunque da non richiedere di per sè alcuno sforzo di attenzione neppure ai soggetti di minor levatura intellettuale.

Si potrà dire ad esempio: *Sentirà nell'orecchio destro (o sinistro) suoni di breve durata, qualcosa di simile ai segnali del telefono, ma ancora più deboli. Ogni volta che sente il suono me lo segnali con un breve gesto della mano; quando non sente più il suono abbassi la mano.*

Non occorre dare informazioni più dettagliate; se si renderà necessaria qualche istruzione supplementare, lo si potrà agevolmente fare durante la prova.

L'esame andrà iniziato, per facilitare al paziente l'apprendimento della prova, nell'orecchio meno compromesso dal difetto uditivo; nel caso che l'esaminando dichiari di avere un deficit di grado pressapoco uguale nei due orecchi, tale precauzione diverrà ovviamente insignificante. Bisogna assicurarsi che le cuffie siano convenientemente sistemate sugli orecchi, con perfetta aderenza al padiglione, senza l'intermezzo di capelli o di qualunque altro ostacolo alla trasmissione dei suoni; è bene ricordare a questo proposito che può talora verificarsi l'evenienza che la cuffia, premendo sul trago, lo faccia aderire alla conca ostruendo il meato uditivo.

Messe in atto tutte le precauzioni che abbiamo descritte, si può senz'altro iniziare la ricerca della soglia.

DETERMINAZIONE DELLA SOGLIA UDITIVA PER VIA AEREA

Sappiamo che la soglia uditiva è la minima pressione che un suono deve possedere per essere percepito dall'orecchio in esame: per ricercare la soglia, dovremo dunque presentare all'orecchio del soggetto esaminato

un determinato tono a varii livelli di intensità, ed annotare qual'è la minima intensità ancora percepibile. Ciò può effettuarsi in due diversi modi, o presentando al soggetto il suono ad una intensità comodamente udibile e diminuendone poi gradualmente l'ampiezza sino ad arrivare al punto critico, oppure iniziando da una intensità zero ed aumentandola successivamente sino a rendere il suono udibile.

Questi due modi di rilevare la soglia (rilievo *in discesa* e *in salita*) non danno risultati perfettamente identici: in genere la soglia è più bassa con il rilievo in discesa. Teoricamente dunque sarebbe opportuno eseguire per ciascun tono entrambi i rilievi, ed assegnare alla soglia un valore medio, il che a nostro avviso è facilmente eseguibile in pratica senza eccessivo dispendio di tempo. I segnali presentati devono essere di breve durata (da mezzo a due minuti secondi, proporzionalmente al tempo di latenza del soggetto nel dare le risposte dell'avvenuta percezione) per due ordini di motivi: per non affaticare il soggetto con una prova di lunga durata, con conseguente fatica dell'attenzione, e per evitare la interferenza dei fenomeni di adattamento. La durata del suono può essere agevolmente regolata manovrando l'interruttore di tono.

Il procedimento migliore per rilevare la soglia ci sembra il seguente: si invia il segnale ad una intensità comodamente udibile e quindi, a brevi intervalli, ad intensità sempre decrescenti sino a che il paziente asserisce di non poterlo più percepire (rilievo in discesa); a questo punto si incrementa l'intensità, fino a che il suono sia nuovamente percepito (rilievo in ascesa), e poi lo si diminuisce nuovamente sino a renderlo inaudibile. Con queste *oscillazioni* intorno alla soglia se ne può determinare il valore con notevole precisione.

La lettura del valore di soglia si effettua direttamente sul quadrante dell'attenuatore, ed è espresso da un numero che indica il valore in decibel del deficit uditivo rispetto ad un orecchio normale.

Il rilievo della soglia va iniziato regolarmente con la frequenza 1024 cicli, che è un tono avvertito come un fischio di inequivocabile chiarezza; si prosegue poi verso le frequenze acute, ripetendo infine la prova per il 1024 c/s e procedendo verso le frequenze basse.

Quest'ordine di successione delle varie frequenze è giustificato dal fatto che le frequenze centrali sono più facilmente distinguibili da altri suoni estranei alla prova, mentre le frequenze più basse sono in un certo senso le *più difficili* e vanno esaminate per ultime quando il paziente ha già acquisito una certa dimestichezza con la prova.

Esaminato in questo modo l'orecchio migliore, si segue un procedimento analogo per l'orecchio del lato opposto. I risultati della prova vanno registrati sul modulo audiometrico con segni convenzionali, esattamente definiti da convenzioni internazionali ed ai quali è sempre consigliabile attenersi. Per l'orecchio destro i valori di soglia si segnano con un cerchietto rosso in corrispondenza delle varie frequenze; unendo tra di loro con una linea continua (rossa) i varii cerchietti si otterrà un tracciato che rappresenta la curva di soglia dell'orecchio destro. Analogamente, per l'orecchio sinistro si usano crocette tracciate con una matita bleu riunite tra di loro da una linea continua. Se una o più frequenze non sono percepite, la linea risulterà interrotta; nel caso per es. di un abbassamento del limite superiore, in cui la frequenza più alta ancora percepita è il 4000 c/s (mentre il 6000 c/s non lo è più), si noterà questo dato con una freccia diretta verso il basso, in corrispondenza del 6000, a livello della massima intensità di erogazione dell'audiometro per quella frequenza (vedi fig. 8).

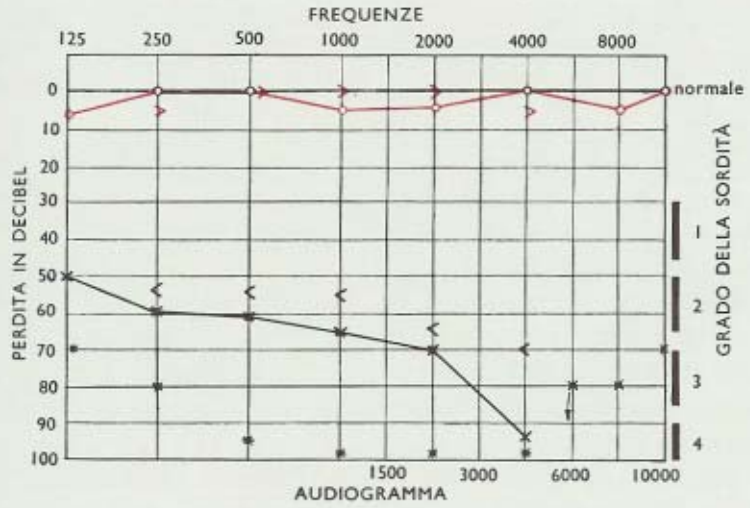


Fig. 8

DETERMINAZIONE DELLA SOGLIA PER VIA OSSEA

Le modalità inerenti al rilievo della soglia per conduzione ossea sono del tutto analoghe a quelle descritte per la via aerea. In luogo dei riproduttori a cuffia dovremo servirci del vibratore osseo, le cui caratteristiche

sono determinate dalla necessità di dover concentrare su una piccola superficie un'energia vibratoria sufficiente a vincere l'impedenza delle ossa craniche. Data la sua piccola superficie e la grande massa, le vibrazioni del riproduttore osseo non possono irradiarsi nell'aria, ma solamente trasmettersi per contatto.

Il vibratore va appoggiato sulla mastoide, in proiezione dell'antro, assicurandosi che la superficie vibrante sia interamente a contatto con la cute.

Generalmente, in accordo con le regole stabilite dalla Associazione Medica Americana (A.M.A.), la conduzione ossea va saggiata unicamente per le frequenze da 250 a 4000 c/s, e ciò perchè le attuali caratteristiche tecniche dei riproduttori non consentono una valutazione corretta della conduzione ossea per le frequenze più alte. Il rilievo della soglia per via ossea è un procedimento di estrema delicatezza, soggetto a cause di errore molto più numerose di quanto non si verifichi per la via aerea. Poichè l'orecchio non è coperto dalle cuffie, le cause di perturbamento dovute alla presenza di rumori ambientali dovranno essere tenute nella massima considerazione. Inoltre, nel rilievo della conduzione ossea, vi è sempre da temere l'interferenza dell'orecchio non esaminato, poichè il vibratore osseo appoggiato sulla mastoide di un lato dà una stimolazione sonora pressapoco equivalente in entrambi gli orecchi.

La differenza di intensità tra un orecchio e l'altro, come già si è detto, è di soli 10 decibel, vale a dire che il suono trasmesso per via ossea perde soltanto 10 db. di intensità nell'attraversare il cranio dall'uno all'altro orecchio. Se quindi la sordità non è simmetrica, ma i due orecchi dimostrano alla curva per via aerea un certo dislivello di soglia, sorge la difficoltà di dover eliminare dalla prova l'orecchio controlaterale. Ciò può ottenersi mediante il mascheramento, che andrà effettuato ogni qualvolta vi sia tra i due orecchi una differenza di almeno 20 db. tra le curve di soglia per via aerea.

È ovvio che in questo caso il mascheramento controlaterale andrà effettuato soltanto durante l'esame della conduzione ossea nell'orecchio peggiore; salvo rari casi questa è una regola che può sempre essere seguita.

Se, per esempio, la curva di soglia nell'orecchio destro oscilla intorno a valori di 20 db. di perdita, e nell'orecchio sinistro intorno a 60 db., sarà indispensabile eliminare mediante il mascheramento l'orecchio migliore (il destro) durante il rilievo della conduzione ossea nel sinistro. All'opposto, non sarà necessario il mascheramento dell'orecchio sinistro, di per

sè deficitario, durante l'esame della conduzione ossea nell'orecchio destro, la cui funzione è assai meno compromessa.

Può verificarsi talora l'evenienza che i due orecchi presentino un deficit uditivo pressapoco uguale, ma per cause diverse (ad es. trauma sonoro da un lato, e pio-otite cr. dall'altro), con il risultato che potrebbe aversi in un orecchio una sordità di trasmissione, e nell'altro una sordità recettiva. Evidentemente in questa circostanza si renderebbe necessario il mascheramento controlaterale durante la ricerca della soglia per conduzione ossea nell'orecchio sede di sordità recettiva. Se l'anamnesi, il reperto obbiettivo e l'andamento della curva di soglia per via aerea faranno nascere un sospetto di questo genere, sarà bene istituire in via precauzionale il mascheramento dell'orecchio opposto. Ma, ripetiamo, salvo questi casi eccezionali, il mascheramento dell'orecchio migliore è necessario soltanto se il divario tra la soglia dei due orecchi è di 20 db. o più.

Il rumore mascherante generato dagli audiometri ha di solito una tonalità fondamentale grave, con grande numero di armonici superiori, onde esercitare un mascheramento adeguato su tutte le frequenze del campo tonale; un ottimo rumore mascherante è il « rumore bianco » (white noise degli AA. anglosassoni) che è composto pressapoco in egual misura da tutte le frequenze dello spettro sonoro, donde deriva il suo nome per analogia con la luce bianca. L'intensità del mascheramento deve essere naturalmente regolata di volta in volta, tenendo conto del livello di soglia dell'orecchio mascherato per i toni gravi e della entità della differenza di soglia tra i due orecchi.

Quanto maggiore è lo scarto tra i due orecchi, tanto più elevata sarà l'intensità del mascheramento: bisogna però tenere in debito conto la circostanza che se l'intensità è molto elevata, l'effetto di mascheramento si fa risentire anche sull'orecchio di cui si ricerca la soglia per via ossea. È pertanto necessario regolare l'intensità del mascheramento ad un livello appena sufficiente ad evitare che il suono venga lateralizzato nell'orecchio mascherato.

Analogamente a quanto si è detto per la via aerea, il rilievo della soglia per via ossea si effettua procedendo dal 1000 al 4000 c/s, e saggiando per ultime le frequenze gravi (500-250 c/s).

I segni convenzionali per la notazione sul tracciato audiometrico sono costituiti per l'orecchio destro da una cuspide di freccia (in rosso) che guarda verso destra (>), per il sinistro un segno analogo (in bleu) rivolto verso sinistra (<) (vedi fig. 8).

Se si è adoperato il mascheramento, l'intensità di esso dovrà sempre essere riportata sulla cartella audiometrica, perchè possa servire di riferimento in esami successivi; diverse intensità di mascheramento in differenti prove eseguite su uno stesso soggetto, darebbero infatti come risultato una diversità nei valori di soglia per via ossea.

EQUIVALENTI AUDIOMETRICI DELLE PROVE CON I DIAPASON

RINNE AUDIOMETRICO - Può dedursi dal paragone tra le curve di conduzione aerea ed ossea. Nell'orecchio normale o in una sordità recettiva, le due curve dovrebbero in teoria essere esattamente sovrapponibili, cioè lo scarto tra di esse dovrebbe essere nullo (Rinne positivo). In realtà si possono tollerare scarti di 15 db. tra via aerea ed ossea; entro questi limiti il Rinne si può ancora considerare positivo. Se invece la conduzione ossea supera la conduzione aerea di più di 15 db., il Rinne è negativo.

WEBER AUDIOMETRICO - Si applica il vibratore osseo sulla linea mediana della fronte o sul vertice, invitando il paziente a segnalare da quale lato ode il suono. Si può ripetere la prova con le frequenze 256, 512, 1024, 2048, 4096. È consigliabile eseguire la prova con il vibratore sul vertice, per eliminare i fattori di variazione introdotti dalle dimensioni dei seni frontali.

SCHWABACH AUDIOMETRICO - Si può considerare lo Schwabach accorciato ogni qual volta la conduzione ossea è inferiore alla norma; lo Schwabach è prolungato se la conduzione ossea è migliore della norma (sopra la linea dello zero audiometrico).

GELLÉE AUDIOMETRICO - Con il vibratore osseo appoggiato sulla mastoide, si misura la soglia di conduzione ossea per due o tre frequenze (256, 512, 1024); quindi si introduce nel condotto uditivo l'oliva di una pera di Politzer o lo speculum di Siegle: premendo sulla pera si esercita una moderata pressione sulla membrana timpanica, rilevando nel contempo i nuovi valori della conduzione ossea per le stesse frequenze. La differenza tra i due valori ci dirà se il Gellée è negativo (differenza nulla) o positivo (differenza evidente).

Meglio che la pera di Politzer si presta all'esecuzione di questa prova un semplice apparecchio costituito da un manometro graduato in cm^3 d'acqua e collegato da un lato ad una pera, e dall'altro ad un tubo di

gomma alla cui estremità si trova un piccolo imbuto di resina acrilica rivestito di gomma soffice, che può venir adattato a perfetta tenuta al condotto uditivo. La pressione da esercitare sulla membrana timpanica è di circa 40-50 cm^3 di acqua.

BONNIER AUDIOMETRICO - Si appoggia il vibratore sullo sterno, sulla rotula, sulla 7ª vertebra cervicale, sul carpo ecc. La frequenza migliore per l'effettuazione della prova è il 512 c/s; conoscendo i valori di soglia normali nelle varie sedi si può facilmente dedurre se esistono variazioni nel caso in esame.

I valori di soglia approssimativi nell'individuo normale, per la frequenza 512 c/s sono:
settima vertebra cervicale = 35 db.
clavicola = 35/40 db.
sterno = 40/45 db.
carpo = 50 db. o assenza di percezione
ginocchio = assenza di percezione.

Il Bonnier è positivo quando i valori trovati sono inferiori alla norma. Sarà bene che l'esaminatore stabilisca i valori di soglia o per lo meno controlli i valori da noi riportati con l'audiometro di cui dovrà servirsi per la prova, su un certo numero di soggetti normali.

INDICE « o » DI SULLIVAN (BING AUDIOMETRICO) - Si rilevano i valori di soglia della conduzione ossea per le frequenze 256, 512 e 1024 c/s in due diverse condizioni: con il vibratore osseo sulla mastoide e condotto uditivo libero (*conduzione ossea relativa*) e con il condotto chiuso da un dito (*conduzione ossea assoluta*).

In condizioni normali vi è una differenza di 5/10 db. tra le due misure per ciascuna delle tre frequenze esaminate; la somma delle 3 differenze sarà dunque di 20 o più decibel. In caso di anchilosi funzionale completa del sistema vibrante timpano-ossiculare, tra c.o.r. e c.o.a. non vi sarà alcuna differenza; la somma delle tre differenze sarà dunque uguale a zero.

Il valore dell'indice *zero* si esprime con un numero che è la somma delle differenze in db. tra c.o.a. e c.o.r. per le 3 frequenze considerate.

Il risultato della prova deve essere interpretato nel seguente modo:
indice « o » >20 = mobilità normale della catena ossiculare
» « o » <20> o = anchilosi incompleta
» « o » = zero = anchilosi completa

MISURA DELLA FATICA UDITIVA E DELL'ADATTAMENTO

Abbiamo già descritto il fenomeno della fatica uditiva trattando della fisiologia dell'audizione. Aggiungiamo che la misura della fatica ha permesso di constatare che esistono variazioni individuali talora rimarchevoli nell'entità della fatica per una stessa stimolazione sonora, e che talora vi sono differenze anche tra i due orecchi di uno stesso individuo. Può essere utile misurare la fatica negli individui che dovranno essere destinati ad un lavoro in ambiente rumoroso, allo scopo di prevedere, almeno fino ad un certo punto quale è il grado di vulnerabilità dell'organo sensoriale di fronte ai rumori.

Le prove di fatica uditiva più note sono quelle suggerite da Peyser e da Wilson.

PROVA DI PEYSER - Misurata la soglia per il 1024 c/s, si sottopone l'orecchio in esame ad una stimolazione della durata di 3' con lo stesso tono (1024 c/s) ad una intensità di 100 db. Si misura nuovamente la soglia per la frequenza 1024 dopo 15" dalla fine della stimolazione. Un abbassamento della soglia uguale o superiore a 10 db. indica che l'orecchio è particolarmente sensibile al rumore.

PROVA DI WILSON - Si misura la soglia per il 4000 c/s e si sottopone poi l'orecchio ad una stimolazione della durata di 5 minuti con un tono 2000 c/s ad 80 db.

Si saggia nuovamente la soglia per il 4000 c/s dopo 30 secondi, 1', 2', 5', 8', dalla fine della stimolazione, onde osservare qual'è il tempo occorrente perchè la nuova soglia disti da quella precedente la stimolazione di soli 10 db. (tempo di recupero).

Si possono così rilevare 3 gradazioni di vulnerabilità: tempo di recupero uguale a 3 minuti, uguale a 2 minuti, uguale a meno di 2 minuti. Quanto più lungo è il tempo di ricupero, tanto maggiore deve ritenersi la vulnerabilità dell'orecchio.

Altre prove sono state ideate per mettere in evidenza il fenomeno dell'adattamento.

Ricordiamo tra queste:

— la prova del mascheramento interrotto (test di Bocca);
— la prova di adattamento perstimolatorio (Hood);
— la prova di esaurimento (Carhart).

AUDIOMETRIA TONALE SOPRA-LIMINARE

Le prove audiometriche finora considerate si dicono *prove liminari* in quanto lo scopo che con esse ci prefiggiamo di raggiungere è quello di misurare la soglia uditiva per le varie frequenze con stimoli sonori di debole intensità.

Nelle abituali condizioni sonore della vita comune, l'orecchio è invece chiamato ad analizzare suoni e rumori di intensità variabile, ma comunque molto al disopra della soglia uditiva; le prove sopraliminari si propongono di saggiare la capacità uditiva dell'orecchio nelle condizioni ordinarie di prestazione funzionale, e cioè con stimolazioni sopra-liminari di intensità varia.

Ci limiteremo qui a dar cenno, tra le prove sopra-liminari, di quelle dirette alla ricerca del *recruitment* la cui presenza testimonia una lesione cocleare e compromette sempre, in misura più o meno accentuata, una buona prestazione dell'orecchio nelle varie contingenze della vita quotidiana.

La definizione e le caratteristiche del fenomeno del recruitment sono già state illustrate nel capitolo della fisiopatologia uditiva; nella sua espressione pratica, il fenomeno consiste in un progressivo e graduale recupero della capacità uditiva, man mano che cresce l'intensità di stimolazione, che si verifica nell'orecchio affetto da sordità recettiva dovuta ad una lesione cocleare.

Tra i metodi suggeriti dai varii AA. per ricercare la presenza del fenomeno, ci limiteremo a ricordare quelli che hanno maggior interesse pratico e che sono pertanto comunemente adottati nella routine audiometrica, tralasciando invece la descrizione di altri metodi che richiedono particolari attrezzature o comportano valutazioni troppo delicate.

METODI PER LA MISURA DEL RECRUITMENT - METODO DI FOWLER O DEL BILANCIAMENTO BIAURICOLARE

Si può eseguire soltanto se tra la soglia uditiva dei due orecchi esiste una differenza di almeno 20 db. Comunque si deve scegliere la frequenza per la quale il divario tra l'orecchio destro ed il sinistro si presenti massimo: le frequenze più consigliabili per l'esecuzione della prova sono quelle comprese tra 500 e 4000 c/s.

Si comincia la prova inviando al paziente il tono prescelto in modo che questo sia presente in entrambi gli orecchi a valori di soglia. In questo momento, trattandosi dei valori di soglia, l'orecchio D. e quello S. avvertiranno appena il suono, con uguale intensità di sensazione soggettiva; si usa dire che è presente un *bilanciamento* (balance) o un equilibrio di sensazione. La regola migliore consiste nel presentare brevi segnali alternativamente nei due orecchi, per rendere più agevole al paziente il paragone dell'intensità e per evitare l'interferenza dei fenomeni di adattamento.

Aumentiamo ora l'intensità del tono di un ugual numero di decibel (ad esempio 10 o 15) in entrambi gli orecchi, ed invitiamo il paz. a segnalare se continua ad avvertire il suono con uguale intensità soggettiva nei due orecchi, o se viceversa lo sente più forte da un lato. In questo caso, con opportuni movimenti dell'attenuatore, si cerca di stabilire un nuovo bilanciamento della sensazione, annotando il numero di db. a cui i segnali sono stati inviati nei due orecchi perchè questo si verifichi.

Aumentando per gradi successivi l'intensità del suono nei due orecchi, e stabilendo ogni volta a quali livelli si ottiene il bilanciamento della sensazione, si vedrà che nell'orecchio normale o affetto da sordità di trasmissione lo scarto iniziale della soglia uditiva tra i due orecchi si mantiene immutato con il crescere della intensità, cioè i successivi bilanciamenti si saranno ottenuti aumentando parallelamente l'intensità del suono di uno stesso numero di db. in entrambi gli orecchi; nelle sordità recettive con presenza di recruitment la differenza iniziale tra i valori di soglia dei due orecchi va gradatamente riducendosi, fino a che potremo ottenere un bilanciamento della sensazione con un tono di ugual ampiezza fisica nei due orecchi.

Il grafico di Fowler (fig. 9), traduce questo comportamento con notevole evidenza.

Le linee oblique riuniscono i livelli di intensità cui il suono deve essere inviato nei due orecchi per ottenere un bilanciamento. Nel primo e nel secondo grafico le linee sono parallele, cioè i due orecchi sono bilanciati quando si aumenta l'intensità in misura uguale per ciascuno di essi (grafico 1 = orecchio normale, grafico 2 = sordità di trasmissione — Assenza di recruitment). Nel terzo e nel quarto grafico le linee oblique vanno orizzontalizzandosi, cioè diminuisce lo scarto di intensità necessario ad egualizzare la sensazione dei due orecchi; ad un certo punto anzi (grafico 3) il suono è percepito con ugual intensità nei due orecchi ad 80 db.,

per quanto vi fosse una differenza iniziale di 40 db. tra le soglie dell'orecchio D. e di quello S. (recruitment completo).

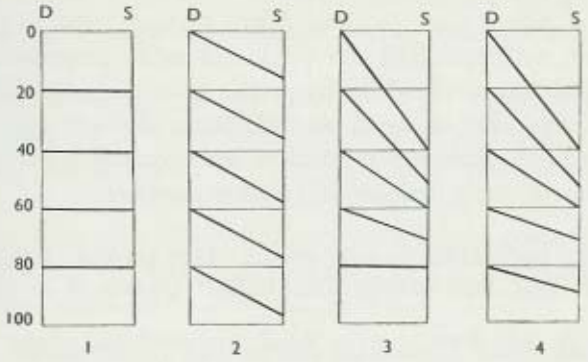


Fig. 9 - 1. Orecchio normale; 2. Sordità di trasmissione; 3. Sordità recettiva con recruitment; 4. Sordità mista con accenno a recruitment. (da Fowler)

Questo sistema di notazione grafica è comunemente adottato, e direttamente segnato sul grafico audiometrico a livello della frequenza o delle frequenze sulle quali il fenomeno è stato ricercato.

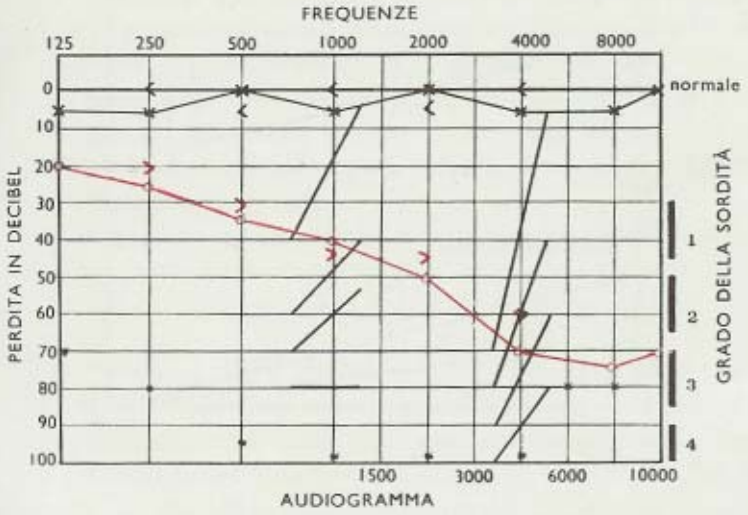


Fig. 10 - Sordità recettiva S.; Recruitment completo per la frequenza 1000 c/s; Recruitment incompleto per la frequenza 4000 c/s.

La figura 10 dimostra la presenza di recruitment completo nell'orecchio D. per la frequenza 1000, e di recruitment incompleto per la frequenza 4000 c/s. L'audiogramma permette di rilevare una normale capacità uditiva a S., ed una ipoacusia destra di tipo recettivo (conduzione aerea ed ossea sovrapponibili) con perdita di udito progressivamente più accentuata man mano che dalle frequenze gravi si passa alle frequenze medie ed acute (curva di soglia ad andamento discendente).

La presenza di recruitment dimostra inequivocabilmente che si tratta di una sordità dovuta a lesione del recettore cocleare.

PARAGONE MONOAURICOLARE DELLA SENSAZIONE SOGGETTIVA DI INTENSITÀ PER DIFFERENTI FREQUENZE (Metodo di Fowler modificato da Reger)

Con questa prova è possibile determinare il recruitment in casi di sordità bilaterali simmetriche con curva « in discesa », quando lo scarto differenziale fra le soglie delle due orecchie non consente l'impiego del metodo di Fowler classico.

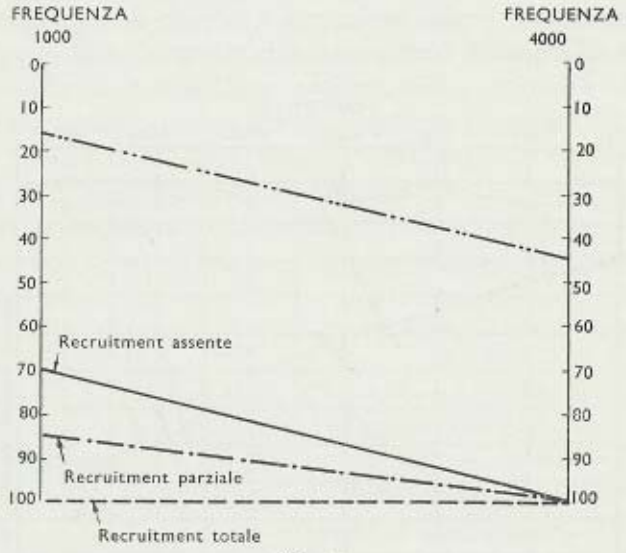


Fig. 11

Se la soglia per una frequenza, ad es. 1000 c.p.s. è a 15 db. e quella per un'altra frequenza, ad es. 4000 c.p.s. è a 45 db., i valori di soglia per

queste due frequenze, nello stesso orecchio, differiranno di 30 db. Questa prova si propone di accertare se a valori sopraliminari tale scarto differenziale si mantiene inalterato (nel caso considerato 30 db.), oppure se per la presenza di recruitment sulla frequenza 4000 esso tende ad annullarsi.

Si presentino quindi, continuando lo stesso esempio, il tono 1000 a 70 db. cioè a 55 db. sopra la soglia) ed il tono 4000 a 100 db. (e cioè al medesimo valore sopra la soglia) in rapida successione nello stesso orecchio. In alcuni audiometri esiste un apposito dispositivo automatico di commutazione. Se a tali livelli di intensità il tono 4000 viene udito dal soggetto più forte del tono 1000, ciò significa che per la frequenza 4000 è presente un recruitment totale (vedi fig. 11).

Questa prova non è sempre di facile esecuzione, perchè spesso il soggetto trova una certa difficoltà a bilanciare toni di differente frequenza, e perchè presuppone che l'udito per una delle due frequenze sia pressochè normale.

Essa ci può tuttavia dare delle utili indicazioni quando la prova del recruitment non sia effettuabile con altre tecniche.

PROVA DI DE BRUINE - ALTES

La determinazione del recruitment secondo il Test di De Bruine Altes trova impiego in quei casi di sordità percettive bilaterali pressochè simmetriche in cui non è possibile effettuare la prova di Fowler.

Il Test è eseguibile preferibilmente nei casi in cui la curva audiometrica si presenta *in discesa*, cioè con udito pressochè normale per le basse frequenze fino a 500 Hz, e progressiva o rapida caduta della percezione per le frequenze superiori.

Il significato della prova risiede nel rilievo dell'effetto mascherante esercitato dalle basse frequenze bene udite sulle alte frequenze ed il suo valore consiste nel fatto di essere un Test a determinazione monoauricolare.

Nel Test originario della *De Bruine Altes* (Acta Otorinolaringologica, 37,5; 385, 1949) viene impiegato come mascherante un tono puro a bassa frequenza (generalmente il 400 c.p.s.), ma la prova può venire eseguita con analoghi risultati col rumore mascherante, in quanto nei casi in cui la prova ha la sua indicazione (audiogrammi *in discesa*) il soggetto in esame potrà praticamente udire solo le componenti a bassa frequenza del rumore.

Si proceda nel seguente modo: avendo determinata nell'orecchio in esame la soglia per le frequenze a cui il recruitmnet potrà essere presente (1000 - 2000 - 3000 - 4000) si manda nello stesso orecchio il rumore mascherante all'intensità appena percepita unitamente al tono: aumentando successivamente con scatti di 10 db l'intensità del rumore, si determina l'incremento di intensità che occorre dare al tono puro perchè di volta in volta esso venga nuovamente percepito.

Nel soggetto normale e nel sordo di trasmissione tale incremento è proporzionalmente costante. Invece nelle sordità percettive con recruitment, a causa del maggiore incremento di sensazione per il tono acuto che non per il suono mascherante grave per uguali incrementi di intensità, la soglia del tono mascherato si eleva in misura minore che di norma o che nel sordo di trasmissione.

Esempio:

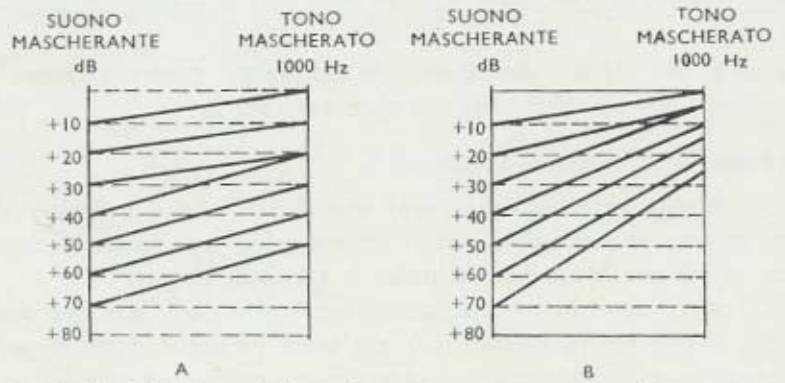


Fig. 12 A - Sordità di trasmissione. Il suono mascherante a 70 dB sopra la soglia eleva di 50 dB la soglia per il 1000. Recruitment assente.

Fig. 12 B - Sordità di percezione. Il suono mascherante a 70 dB sopra la soglia eleva di soli 20 dB la soglia per il 1000. Recruitment presente.

PROVA DI LANGENBECK

Essa si basa sul rilievo della soglia uditiva per i toni puri in presenza di rumore a determinati livelli di intensità: 40 - 50 - 60 db. ecc.

Se il recruitment è presente per alcune frequenze, il rumore ha un effetto mascherante inferiore alla norma e perciò le varie curve audiometriche effettuate in presenza del rumore mascherante a diversa intensità risultano più vicine alla soglia uditiva non mascherata per le frequenze considerate (confrontare figg. 13 e 14).

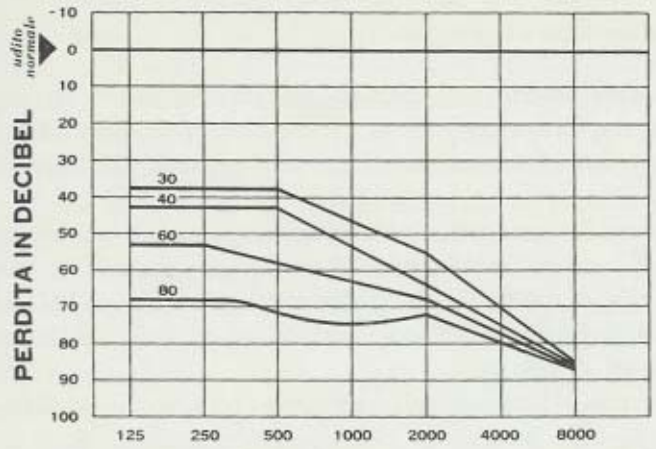


Fig. 13
Audiogrammi di un soggetto affetto da ipoacusia percettiva con recruitment. Gli audiogrammi « nel rumore » e l'audiogramma non mascherato si sovrappongono coincidendo in corrispondenza delle frequenze in cui il recruitment è più spiccato.

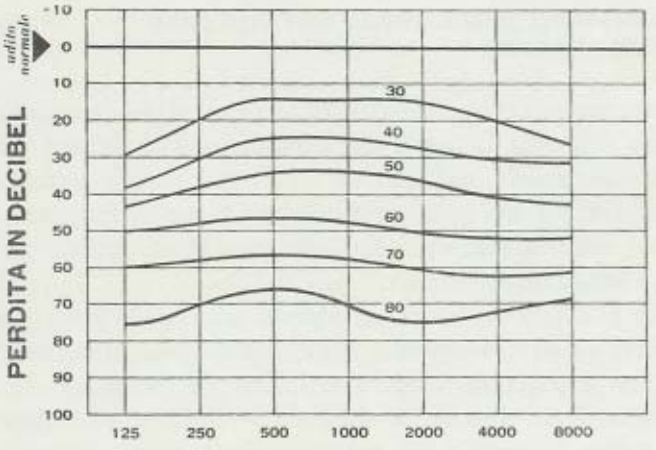


Fig. 14
Audiogrammi « nel rumore » di un soggetto normale. Le curve rappresentano le soglie per i toni in presenza di un rumore mascherante la cui intensità è espressa in dB dalla cifra immediatamente al di sopra della curva corrispondente.

IL « BOCCA TEST »

E' possibile inserire nel circuito del mascheramento di un audiometro un dispositivo aggiuntivo (interruttore periodico) che consente l'esecuzione del « Bocca Test » (detto anche prova del mascheramento interrotto).

Tale prova consiste nella possibilità di apprezzare un *tono puro* in presenza di rumore mascherante interrotto. Si presenti un *tono puro* ad un livello di intensità di 15 dB sopra la soglia e, nel medesimo auricolare il rumore mascherante continuo ad un livello di intensità tale da mascherare il tono puro.

Manovrando i comandi dell'interruttore periodico è possibile variare la frequenza delle interruzioni del rumore mascherante da 2 fino a 12 per secondo.

Il soggetto normale ed il sordo di trasmissione sono in grado di apprezzare il tono puro in presenza di rumore mascherante interrotto 9 - 12 volte al secondo, mentre per il sordo percettivo sono sufficienti 2 - 6 interruzioni per secondo per impedire la percezione del tono.

DETERMINAZIONE DELLA SOGLIA DIFFERENZIALE (PROVA DI LÜSCHER)

Anche questo procedimento è inteso alla ricerca del recruitment.

Abbiamo detto che la soglia differenziale (cioè la minima variazione di intensità percepibile dall'orecchio in esame) è più piccola che di norma nell'orecchio che presenta recruitment, per il fatto che in esso un aumento nell'ampiezza del suono sembra soggettivamente più grande di quanto effettivamente non sia.

Lüscher e Zwislocki sono gli ideatori di questa prova, per l'esecuzione della quale è necessaria una particolare apparecchiatura, della quale peraltro molti audiometri normalmente in commercio sono provvisti: si tratta di un dispositivo, chiamato *modulatore di ampiezza,* mediante il quale l'intensità del suono prodotto viene automaticamente variata, in modo ritmico, di una quantità variabile a piacere intorno ad una intensità di base opportunamente prescelta.

La soglia differenziale va ricercata, su una frequenza qualsiasi (meglio su quelle centrali) ad una intensità-base di 40 db. sopra la soglia del-

l'orecchio in esame; il numero di modulazioni più adatto è di 2 o 3 ogni minuto secondo. In definitiva, il soggetto deve segnalare se il suono percepito gli sembri di intensità costante (suono continuo) o se viceversa ha delle oscillazioni di ampiezza, così da assumere un carattere modulato. Per maggior chiarezza, gli si fa constatare, all'inizio della prova, la grossolana differenza tra un tono continuo ed un tono ampiamente modulato (2 o 3 decibel), avvertendolo che la prova esige molta attenzione, perchè le modulazioni che sarà chiamato a riconoscere saranno molto più delicate di quella che ha sperimentato.

Nell'orecchio normale la minima variazione di ampiezza riconoscibile è di 1 decibel; il riscontrare valori inferiori (0,6 - 0,4 db.) indica la presenza di recruitment.

La prova offre il grande vantaggio di essere eseguibile in ogni caso, qualunque sia la differenza di soglia tra i due orecchi, poichè si esegue su di un solo orecchio (prova monoaurale). Per contro presenta inconvenienti di vario genere, ed in primo luogo quello di esigere da parte del paziente un apprezzamento piuttosto delicato e soggetto a grandi variazioni individuali.

Ecco come si svolge praticamente la ricerca della soglia differenziale: supponiamo di trovarci di fronte ad una sordità recettiva bilaterale simmetrica, e che la perdita per la frequenza 1000 c/s sia di 50 db. Date le opportune istruzioni al paziente, gli si invia il tono 1000 c/s nell'orecchio in esame ad una intensità di 90 db. (cioè 40 db. sopra la soglia), prima in modo continuo, e poi introducendo nel tono una modulazione riconoscibile, ad es. di 1 db. Il paziente dirà a voce o segnalerà con un gesto convenzionale se il suono gli è sembrato *continuo* o *modulato*. Mantenendo sempre invariata l'intensità-base di 90 db., si invia al soggetto ad intervalli disordinati, ora il tono continuo, ora il tono con modulazioni di varia ampiezza, sino a determinare qual'è la minima modulazione che è capace di distinguere. Il valore in db. della modulazione costituisce la soglia differenziale, e si legge direttamente sul dispositivo dell'audiometro. Valori inferiori ad 1 db. testimoniano la presenza di recruitment.

RICERCA DELLA SOGLIA DOLOROSA

Un metodo semplice e sbrigativo per accertare o almeno fondatamente presumere l'esistenza di recruitment, è la ricerca della soglia dolorosa.

Per quanto un abbassamento della soglia-dolore possa essere legato a fenomeni diversi dal recruitment, tuttavia la constatazione di questo reperto in una sordità recettiva sarà altamente informativa della presenza del fenomeno. Se lo scarto tra la soglia uditiva e la soglia dolore è molto piccolo, quasi certamente è presente il recruitment; può accadere facilmente di constatare che in un orecchio affetto da sordità recettiva e con soglia uditiva ad es. di 50 db., la sensazione cominci a farsi penosa a soli 80 db. di intensità (30 db. sopra la soglia).

LA MISURA DEGLI ACUFENI (ACUFENOMETRIA)

La misura di un acufene, che comprende la determinazione della sua altezza tonale, intensità e mascherabilità, può permettere alcuni rilievi interessanti, ed in primo luogo l'influenza esercitata dal rumore endotico sulla curva audiometrica, poichè sovente una perdita di udito limitata ad una o due frequenze può essere il risultato di un acufene di altezza tonale vicina alle frequenze compromesse.

Inoltre le caratteristiche dell'acufene potranno talora fornire utili indicazioni sulla probabile sede della lesione che lo genera, aggiungendo un dato prezioso all'indagine clinica della sordità che lo accompagna.

Infine, l'acufenometria permette di controllare le eventuali variazioni dei caratteri dell'acufene o l'influenza esercitata su di esso da una determinata terapia.

MISURA DELLA FREQUENZA DELL'ACUFENE

Se l'acufene è unilaterale, si inviano nell'orecchio opposto, in lenta successione, i vari toni dell'audiometro, invitando il paziente a segnalare quale di essi sembri più somigliante alla tonalità dell'acufene.

Se i rumori sono bilaterali, il paragone di altezza deve essere fatto in ciascun orecchio tra l'acufene ed i vari toni dell'audiometro periodicamente interrotti. Le interruzioni permetteranno al paziente di percepire alternativamente nell'orecchio il tono di paragone ed il proprio acufene, dandogli così la possibilità di stabilire un raffronto tra le loro altezze tonali. Non sempre l'acufene ha un'altezza esattamente determinabile, potendo talora avere i caratteri di un rumore complesso e mal definibile. In questo caso bisognerà abbandonare la pretesa di una precisa

determinazione, limitandosi a richiedere che il paziente segnali qual'è la banda di frequenze in cui il suo acufene potrebbe essere inscritto.

Nel caso di acufeni centrali che assumano i caratteri di allucinazioni uditive, la misura dell'altezza tonale risulta evidentemente impossibile.

Generalmente gli acufeni che accompagnano le sordità di trasmissione sono di tonalità grave (ronzii), quelli presenti nelle sordità recettive di tonalità acuta (sibili); tuttavia questi rilievi non sono costanti e pertanto non vanno considerati come caratteristici.

MISURA DELL'INTENSITÀ

Stabilita la frequenza o la banda di frequenza dell'acufene, occorre determinarne l'intensità soggettiva. A questo scopo si invia nell'orecchio opposto il tono puro che si è trovato essere il più vicino alla frequenza dell'acufene, con una intensità opportunamente regolata fino a tanto che il soggetto dichiari di percepire con uguale intensità l'acufene da un lato ed il tono audiometrico dal lato opposto. Deve cioè stabilirsi un bilanciamento tra le due sensazioni, o per esprimerci in termini più semplici, si deve cercare di copiare il più fedelmente possibile, con il tono audiometrico, le caratteristiche fisiche dell'acufene.

L'intensità dell'acufene sarà espressa dal numero di db. sopra la soglia che sarà stato necessario erogare nell'orecchio opposto per equilibrare l'intensità dell'acufene.

Supponiamo, ad es., di esaminare un soggetto portatore di un acufene nell'orecchio destro che si è trovato essere di 4000 c/s; la perdita per questa frequenza nell'orecchio opposto è di 30 db. Se il soggetto dichiara che il suo acufene ha una intensità pari a quella destata nell'orecchio sinistro dalle percezioni del tono 4000 c/s a 40 db., si dirà che l'acufene ha un intensità soggettiva di (40 - 30) = 10 db.

MASCHERABILITÀ DEGLI ACUFENI

Conoscendo la soglia del rumore mascherante nell'orecchio sede di acufeni, se ne aumenta l'ampiezza fino a tanto che il paziente dichiari di non percepire più il suo acufene, ma soltanto il rumore mascherante. La mascherabilità di un acufene da parte di un tono o di un rumore mascherante è definita dal numero di db. sopra la soglia cui il

rumore mascherante ha dovuto essere erogato per mascherare totalmente l'acufene.

In genere gli acufeni periferici sono abbastanza facilmente mascherabili mentre gli acufeni centrali lo sono meno o non lo sono affatto. La conoscenza del grado di mascherabilità può essere utile a prevedere, ad es., quale sarà l'efficacia di una protesi acustica nel mascherare i rumori endotici.

9

L'Audiometria vocale

Tra le molteplici funzioni dell'organo uditivo, la percezione della voce rappresenta senza alcun dubbio l'attributo più nobile, più significativo e di maggior utilità sociale; la misura della capacità uditiva per la voce rappresenta dunque una prova di grande interesse ogni qualvolta si intenda definire l'attitudine del soggetto ipoacusico nei confronti della vita di relazione.

L'audiometria con toni puri è in grado di fornire precise determinazioni sull'entità del deficit funzionale per le varie frequenze del campo uditivo, può sopperire a molteplici esigenze topodiagnostiche e cliniche, consente di esaminare la capacità uditiva ad intensità sopraliminari e si presta alla misura della fatica uditiva, della soglia dolorosa, degli acufeni; ma se volessimo desumere dall'insieme di questi dati qual'è l'effettiva minorazione del soggetto nel percepire la voce, dovremmo basarci su calcoli forzatamente approssimativi, trascurando tutti gli elementi psicologici che fanno della voce un atto complesso di cui sono partecipi la memoria, i poteri associativi, l'intelligenza.

Mentre infatti la percezione di un tono puro chiama in causa solamente l'analizzatore sensoriale, l'audizione di una parola e il suo riconoscimento come stimolo sonoro dotato di significato, sono funzioni non soltanto dell'orecchio inteso come unità anatomo-fisiologica, ma anche delle sfere psichiche destinate a riconoscere ed a classificare il concetto simboleggiato dalla parola stessa.

Come già si è detto a proposito dell'acumetria fonica, nell'audizione di una parola può giocare un ruolo importante il potere integrativo dell'individuo che è una funzione psichica molto complessa, legata a molteplici fattori strettamente individuali (poteri intellettivi, grado di cultura, abitudine, ecc.).

L'audiometria vocale è pertanto in condizioni di saggiare, di un individuo, la capacità uditiva intesa come la somma delle funzioni sensoriali e psichiche che collaborano alla percezione del pensiero simbolizzato ed espresso in parole. Di conseguenza, oltre a servire importanti scopi clinici che esamineremo partitamente, l'audiometria vocale è un procedimento indispensabile quando si voglia eseguire una valutazione della menomazione sociale dell'individuo ipoacusico. o per la prova di una protesi acustica o per misurare il reale vantaggio pratico ottenuto da una terapia medica o chirurgica.

Mentre per l'audiometria tonale la curva di soglia veniva riferita alla frequenza ed alla ampiezza dei toni puri, per l'audiometria vocale non si sono potuti evidentemente mantenere gli stessi parametri, in quanto la frequenza della parola non è un'entità costante e determinabile a piacere. Si è pertanto ritenuto opportuno, per saggiare qual'è la capacità del soggetto di intendere la parola, stabilire l'andamento della intelligibilità in funzione dell'ampiezza, vale a dire qual'è il numero percentuale di parole che il soggetto può correttamente ripetere quando il materiale fonetico gli viene presentato a differenti livelli di intensità. Si può in tal modo ottenere, su una coppia di assi cartesiani, una curva che esprime la relazione esistente tra l'ampiezza e l'intelligibilità delle unità fonetiche impiegate (curva di intelligibilità, articulation curve degli AA. anglosassoni).

MATERIALI FONETICI

Costituiscono le unità mediante le quali si saggia la capacità uditiva per la voce. Procedendo dai più elementari ai più complessi, i materiali fonetici comprendono i fonemi, i logotomi, le parole disillabiche e plurisillabiche, le frasi a senso compiuto, il discorso ed ogni altro elemento della lingua parlata.

I materiali più comunemente usati nelle nazioni di lingua latina sono le parole bisillabiche, ed in via subordinata i logotomi. Sono state predisposte per ogni tipo di materiale fonetico, opportune liste comprendenti un certo numero di unità, scelte secondo criterii particolari. Le liste di parole bisillabe della lingua italiana, compilate da Bocca, sono quelle comunemente usate nei nostri esami audiometrici vocali; esse sono state selezionate e raggruppate in modo che ciascuna lista di 50 parole presenti pressapoco la stessa *difficoltà* e la stessa *composizione fonetica*

di tutte le altre. I logotomi sono frammenti di parole, o sillabe sprovviste di significato, per le quali è quindi minima la possibilità di integrazione psichica mediante la memoria uditiva.

Le frasi a senso compiuto, per le quali è invece massima l'integrazione, si prestano meglio per esaminare i bambini o i soggetti a scarsa evoluzione psichica.

Presentiamo qui di seguito alcune delle liste di parole e di logotomi proposte per la lingua italiana:

PAROLE BISILLABICHE		LOGOTOMI GRAVI	LOGOTOMI MISTI	LOGOTOMI ACUTI
LISTA N° 1	LISTA N° 2			
cielo	santi	keli	kegi	cizu
era	chiese	luri	sori	fefu
tordo	croci	reva	pefi	sice
alpi	corte	ciumi	sado	ceza
freno	avo	mebo	lizu	zife
chiuso	miele	kevu	sobo	saciu
sarti	unghia	lade	loso	zefu
radio	finto	mapu	gila	sofe
bionda	uovo	reke	suvo	fefi
ali	ridi	kibi	lofu	cize
nudo	capre	mive	giumi	giagia
indi	orto	vata	simo	sifi
spina	gente	lome	losi	secce
giunco	sesso	meki	kage	giafu
sete	assi	bime	siba	zivi
venti	quarto	toli	giolu	fefo
lei	naso	mebu	sebe	giso
seno	preti	lalu	vosu	sace
marzo	ghianda	kida	tafu	zegi
sua	una	poda	suve	
rete	zelo			
campi	perle			
prova	luna			
tesa	erba			
lunga	lampo			

PAROLE BISILLABICHE		LOGOTOMI GRAVI	LOGOTOMI MISTI	LOGOTOMI ACUTI
LISTA N° 1	LISTA N° 2			
bravi	zia			
urli	lilla			
lire	cuoio			
versi	dente			
lega	sfida			
ira	male			
tarma	arma			
chiesa	certi			
unto	sera			
niente	morte			
zia	nilo			
gelo	dio			
scopa	lite			
ponte	dentro			
neo	alba			
fiele	lana			
orlo	vesti			
cento	corda			
piedi	neve			
tempo	punti			
strada	astro			
mai	piedi			
calda	iena			
onde	gelso			
tela	nidi			

SCELTA DEL MATERIALE FONETICO

Si è detto che l'individuo tende ad integrare, nel contesto di una parola o ancor più di una frase, i suoni non uditi mediante la memoria uditiva. Questa integrazione psichica, per cui il soggetto può ricostruire una parola anche imperfettamente udita, è naturalmente massima per i materiali fonetici più complessi (frasi, discorso), buona per le parole a senso compiuto, e minima per i logotomi e le sillabe, che essendo sprovviste di significato concedono minimi appigli ai poteri integrativi (memoria, intelligenza, cultura, patrimonio linguistico).

Da questa premessa risulta evidente quale debba essere il criterio da seguire nella scelta dei materiali fonetici da impiegarsi in un determinato

esame. Se la prova di audiometria vocale tende a scopi di ricerca scientifica o di fine definizione diagnostica, sarà opportuno usare i logotomi, mediante i quali potremo analizzare, almeno fino ad un certo punto, la efficienza del recettore periferico isolato; se invece la prova tende a stabilire l'attitudine sociale del soggetto o comunque serve a scopi di diagnostica clinica pratica, dovranno usarsi le parole disillabiche, che permetteranno di saggiare l'effettiva capacità psico-sensoriale del soggetto a percepire i messaggi verbali dei suoi simili.

In soggetti ipoevoluti, a scarso vocabolario, o nei bambini potranno utilmente usarsi le frasi a senso compiuto od il discorso, ottenendo determinazioni necessariamente più approssimative ma comunque valide ai fini pratici.

Noi usiamo prevalentemente, per gli esami di routine, le liste di parole disillabiche, limitando l'uso dei logotomi e delle frasi ai casi particolari di cui ora s'è detto.

APPARECCHIATURE PER L'AUDIOMETRIA VOCALE

La più semplice apparecchiatura per l'esecuzione di una prova audiometrica vocale è costituita dal circuito microfonico di cui ogni buon audiometro è dotato. L'esaminando riceve in cuffia, nell'orecchio di cui si vuol saggiare la capacità uditiva, i materiali fonetici pronunciati al microfono dell'esaminatore, il quale può regolarne l'ampiezza mediante la manovra dell'attenuatore. Talora nel circuito microfonico è compreso un indicatore di volume (volumetro, monitor) le cui oscillazioni permettono di controllare e quindi di mantenere costante il livello di emissione della voce.

È superfluo annotare che l'ambiente di prova deve essere il più possibile silente e non riverberante; questa condizione assume, pr i rilievi audiometrici vocali, un'importanza ancor maggiore che per l'audiometria tonale, in quanto gli eventuali rumori ambientali o gli echi della voce dell'esaminatore entrerebbero nel circuito microfonico giungendo ampli ficate all'orecchio dell'esaminando, e causando un effetto di mascheramento capace di infirmare l'esattezza del rilievo audiometrico.

Altri inconvenienti, oltre a quello rappresentato dalla difficoltà di disporre di un locale con caratteristiche acustiche adeguate, possono presentarsi nel corso di una prova vocale eseguita mediante la semplice attrezzatura microfonica di un normale audiometro. Nel caso di una sordità

di lieve grado, può verificarsi che la voce dell'esaminatore venga percepita dal soggetto in esame, non tramite il circuito microfonico, ma direttamente attraverso la normale conduzione aerea, e ciò malgrado che l'orecchio sia ricoperto dalle cuffie. Un'altra causa di errore, comune in tutti i procedimenti audiometrici vocali ma più rilevante se l'attrezzatura è rudimentale, è rappresentata dalla variabilità della distanza tra microfono e bocca dell'esaminatore, e dall'incostanza nel livello di emissione della voce. Quest'ultimo errore è più sensibile se non si può disporre di un indicatore di volume.

Le condizioni ideali per una corretta esecuzione dei rilievi audiometrici vocali sono senza dubbio rappresentate da locali appositamente costruiti e convenientemente attrezzati (cabine silenti — vedi audiometria vocale). Le installazioni elettro-acustiche devono essere di alta qualità, per garantire una perfetta trasmissione dei materiali fonetici ed un rigoroso controllo della loro ampiezza. Gli altoparlanti ed i riproduttori a cuffia devono possedere una curva di risposta perfettamente lineare, a qualunque livello di emissione della voce; la cabina deve essere perfettamente silente, senza riverberazioni ed onde stazionarie. L'esaminatore deve possedere una certa esperienza ed essere sufficientemente allenato a pronunciare i materiali fonetici con una voce di volume costante, regolandosi sulle oscillazioni dell'ago del volumetro.

Il soggetto da esaminare è chiuso nella cabina silente, nella quale riceve i messaggi vocali attraverso l'altoparlante o nelle cuffie; l'esaminatore e le installazioni audiometriche sono sistemati nell'antecabina, separata dalla cabina da una finestra a doppia o tripla vetrata attraverso la quale il paziente può venire osservato.

Un *circuito microfonico di ritorno* permette al paziente di comunicare con l'esaminatore, che può dunque ascoltare le risposte dell'esaminando e verificarne la correttezza.

L'apparecchiatura per audiometria vocale di cui è dotato il Reparto Audiologico della Clinica O.R.L. della Università di Torino, soddisfa queste molteplici esigenze: nella vasta antecabina, accanto ai normali audiometri tonali, è sistemato un *complesso audiometrico vocale* dotato di microfono, indicatore di volume, attenuatore tarato da 0 a 100 db, dispositivo per la taratura della tensione di rete, magnetofono per la registrazione su filo di materiali fonetici e loro riproduzione, dispositivo per il rumore mascherante bianco, ecc. (fig. 15).

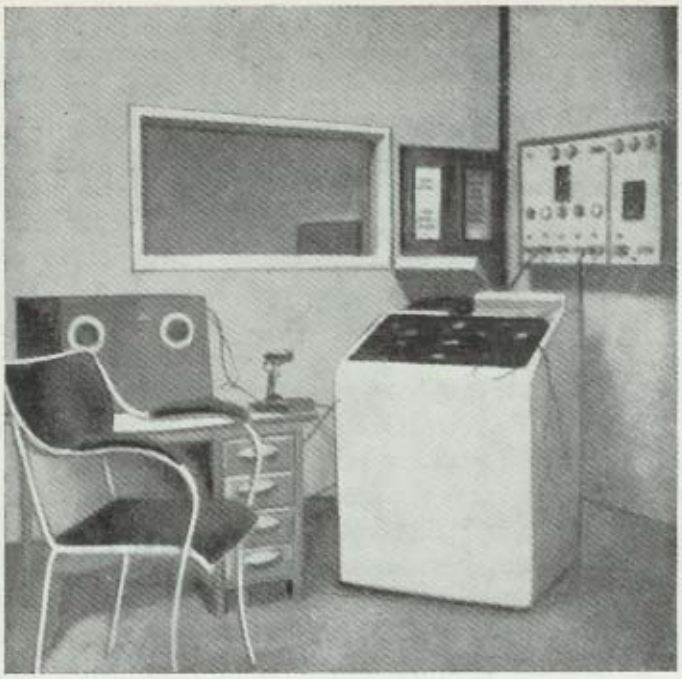


Fig. 15

Fig. 16

Nella cabina silente, oltre ai riproduttori per via aerea ed ossea collegati agli audiometri tonali, sono presenti: un altoparlante di grande fedeltà, riproduttori a cuffia per i materiali vocali, uno speciale altoparlante per il rumore bianco, mediante il quale è possibile introdurre nell'ambiente di prova il rumore mascherante a valori di ampiezza variabili a piacere; un quadro sul quale sono tracciate in caratteri luminosi le più importanti istruzioni e le domande più frequentemente rivolte al paziente; l'esaminatore ha la possibilità di illuminare dall'antecabina, mediante una serie di interruttori, quella o quelle didascalie che ritiene necessarie al caso in esame, leggendone contemporaneamente il testo al microfono. In questo modo, mediante stimoli combinato acustico-visivi, sarà più facile far intendere anche al soggetto gravemente ipoacusico quanto si sta per fare e quali risposte si richiedono da lui (fig. 16).

L'isolamento della camera silente, ottenuto con particolari criterii costruttivi e con il largo impiego di materiali coibenti, è tale da garantire un perfetto svolgimento delle prove vocali. Anche l'antecabina è parzialmente isolata; i due locali comunicano tra di loro attraverso un'apertura chiusa da una porta a tripla battuta ed a tenuta stagna. Un'ampia finestra a doppia vetrata assicura all'esaminatore una buona visibilità dell'interno della cabina.

Oltre ai due locali adibiti alle prove, il Reparto Audiologico comprende anche una sala d'attesa e di smistamento, ed un vasto ufficio per l'interrogatorio e l'esame clinico del paziente.

Sia in Italia che all'estero la costruzione di locali silenti adibiti allo svolgimento di prove audiometriche va rapidamente diffondendosi presso le Cliniche Universitarie ed i grandi complessi ospedalieri, tanto da potersi prevedere non lontano il giorno in cui anche nel nostro Paese ogni centro di qualche importanza sarà dotato di un reparto audiometrico convenientemente attrezzato.

DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI INTELLIGIBILITÀ (ARTICULATION CURVE)

Se l'esame viene eseguito utilizzando il circuito microfonico di un normale audiometro tonale, si applicheranno le cuffie al capo del paziente avvertendolo che dovrà ripetere ad alta voce (o scrivere su un foglio di carta) le parole di due sillabe che percepirà nell'orecchio che si vuole esaminare.

Se la prova si svolge in cabina silente, i materiali fonetici potranno essere inviati al paz. sia in cuffia che in altoparlante. Nel caso dell'altoparlante, ovviamente, le unità fonetiche verranno percepite con entrambi gli orecchi (esame in campo libero), riproducendo quindi le condizioni che maggiormente si avvicinano alla normale audizione nella vita reale; l'esame separato dei due orecchi (in cuffia) sarà invece utile a stabilire la entità e la qualità del deficit uditivo per la voce in ciascuno dei due orecchi.

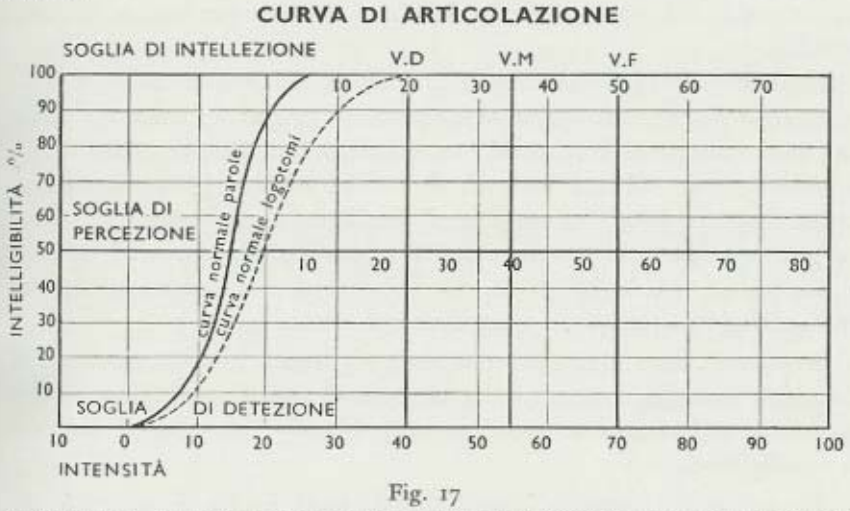


Fig. 17

Grafico per la determinazione della curva di intelligibilità in uso presso la Clinica O.R.L. dell'Università di Torino.

All'inizio della prova si potrà avviare con il paziente una breve conversazione, rivolgendogli qualche facile domanda: ciò sarà utile per determinare il livello di intensità con cui si potrà iniziare la lettura delle unità fonetiche. Mantenendo l'attenuatore su questa intensità, si ripeteranno al paz. le istruzioni (o per meglio dire la consegna), che potranno a un dipresso essere di questo tenore: *Udrà una voce che dice delle parole di due sillabe (o delle parole senza significato, se si tratta di logotomi). Deve ripetere le parole così come le sente. Se anche le sembrasse di non aver capito bene una parola, la ripeta ugualmente come le pare di averla udita. Attenzione! cominciamo la prova.*

A questo punto si potrà iniziare la lettura delle liste, attenendosi alle norme già ricordate: voce naturale, corretta pronuncia, nessun accento dialettale, voce assolutamente piana, senza inflessioni di alcun genere.

L'esaminatore legge 10 parole, ed il paziente le ripete; grazie al circuito microfonico di ritorno l'esaminatore può sentire le risposte ed annotare quante di esse sono corrette e quante sbagliate. Moltiplicando per dieci il numero delle parole correttamente ripetute, si otterrà la percentuale di intelligibilità a differenti livelli di intensità. Se, per esempio, ad una intensità di 60 db. il soggetto ripete correttamente 4 parole su 10, si dirà che l'intelligibilità a tale livello è del 40 per cento.

Sul grafico audiometrico vocale (fig. 17) l'asse delle ascisse si riferisce alle intensità della voce, e quello delle ordinate alla percentuale di intelligibilità.

I valori di intelligibilità trovati con successive determinazioni a differenti livelli di intensità andranno riportati sul grafico segnando un punto (od una crocetta) in corrispondenza di tali valori. Se per esempio si è iniziata la prova ad una intensità di 50 db., ed il soggetto ha ripetuto correttamente 6 parole su 10 (60% di intelligibilità) si segnerà un punto sul grafico all'incrocio di tali valori; si ripeterà poi la prova ad intensità di 60, 70, 80, db., e poi di 40, 30 db. sino ad ottenere sul grafico un numero di punti sufficiente a tracciare una curva.

Si possono determinare tre differenti soglie per la voce: la soglia di detezione, la soglia di percezione e la soglia di intellezione, le quali corrispondono rispettivamente (vedi fig. 17) allo 0%, al 50% ed al 100% di intelligibilità.

La soglia di detezione è costituita da quel livello di intensità alla quale il soggetto non è in grado di capire alcuna parola, pur avendo la sensazione indistinta dei suoni vocali: egli dirà che sente parlare, ma in modo così flebile ed indistinto da non capire quel che si dice.

La soglia di percezione corrisponde al 50% di parole capite, ed è la soglia di maggior interesse pratico, come vedremo più avanti. Basti pensare che un'intelligibilità del 50% per le parole disillabiche corrisponde pressapoco ad un'intelligibilità di 85% per le frasi, per rendersi conto che questa soglia è quella che meglio di ogni altra esprime la perdita uditiva dell'individuo nel seguire una semplice conversazione.

La soglia di intellezione corrisponde a quel livello di intensità al quale il soggetto ripete correttamente tutte le parole della lista che gli viene letta (100% di intelligibilità).

Lo zero decibel segnato sul grafico è assolutamente convenzionale. D'altra parte i valori assoluti in db. non hanno alcuna importanza ai fini

della prova: ciò che interessa è lo spostamento della curva del soggetto ipoacusico nei confronti di quella normale.

La curva di intelligibilità dell'orecchio normale deve essere stabilita mediante numerosi esami su soggetti giovani e di udito normale, ed è relativa al tipo di apparecchiatura usata, alla qualità delle attrezzature, al materiale fonetico impiegato.

L'audiometro vocale del nostro reparto audiologico fa riscontrare una curva di intelligibilità per le parole disillabiche e per i logotomi come quelle riportate sul grafico. Si noterà, ad esempio, che un soggetto normale può capire 5 parole su 10 (soglia di percezione) ad una intensità 15 db. superiore alla soglia di detezione (zero convenzionale), e che raggiunge la soglia di intellezione a poco più di 25 db. sopra lo zero convenzionale.

La curva di intelligibilità del soggetto ipoacusico, che a prova eseguita avremo potuto disegnare sul grafico, sarà tanto più spostata verso destra, in confronto alla curva normale, quanto maggiore è l'entità del deficit per la parola. Ma, oltre a fornire informazioni di ordine quantitativo sul deficit uditivo per la parola, la curva di intelligibilità, esprimendo la relazione esistente tra l'ampiezza e la capacità di intendere un messaggio verbale, permette di definire qualitativamente il potere percettivo dell'individuo.

L'andamento dell'intelligibilità in funzione dell'ampiezza si traduce in definitiva in una curva il cui spostamento verso destra indica la quantità del difetto, ed il cui andamento (inclinazione della curva rispetto alla normale) indica in qual modo va migliorando la percezione con l'aumentare dell'ampiezza di presentazione dei materiali fonetici.

Poichè, come abbiamo detto, la soglia di percezione rappresenta meglio di ogni altra il deficit effettivo per la conversazione semplice, nell'esprimere il valore in decibel della perdita si farà riferimento a tale soglia (50% di parole capite). Nel grafico della fig. 18, ad esempio, in corrispondenza dell'asse del 50% la curva di intelligibilità è spostata verso destra di 45 db. in confronto alla curva normale. Si dirà dunque che la perdita per la voce è di 45 db., anche se, per la diversa inclinazione della curva rispetto alla normale, la soglia di detezione e quella di intellezione dimostrano valori di perdita diversi da quello della soglia di percezione.

La curva di intelligibilità può avere un andamento simile a quello della curva normale, riproducendone esattamente la forma e l'inclina-

zione sull'asse verticale, oppure può assumere inclinazioni diverse dalla norma; in questo caso possono presentarsi quattro diverse possibilità: (fig. 19).

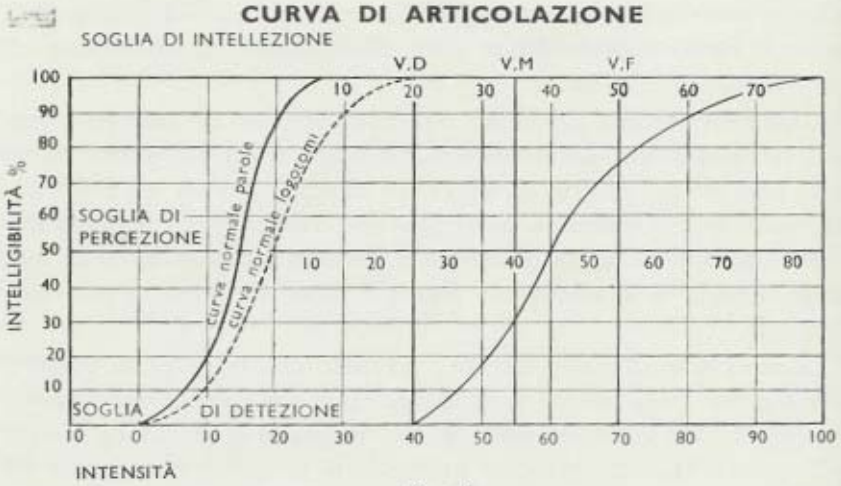


Fig. 18

1) la curva ascende più rapidamente che di norma (curva raddrizzata);

2) la curva ha una pendenza maggiore di quella normale (curva pendente);

3) la curva ascende fino ad un massimo, oltre il quale la percezione delle parole non migliora per quanto si incrementi l'intensità (si dice in questo caso che la curva fa un *tetto* o un *plateau*);

4) la curva descrive una parabola inversa, ascende cioè fino ad un massimo, ed in seguito va abbassandosi (curva a cupola); ciò significa che raggiunto un massimo di intelligibilità, questa va decrescendo con il crescere dell'ampiezza.

In altri termini, il soggetto capisce un numero di parole sempre più scarso, aumentando l'ampiezza oltre un certo limite.

L'analisi della curva di intelligibilità contribuisce alla definizione topodiagnostica della lesione uditiva, consentendo di differenziare una sordità di trasmissione da una sordità recettiva.

L'interpretazione della curva si basa principalmente sulle seguenti osservazioni:

NELLE SORDITA' DI TRASMISSIONE la curva di intelligibilità si mantiene parallela alla curva normale, di cui riproduce la forma e l'inclinazione; i rapporti tra gli aumenti di ampiezza e gli aumenti di intelligibilità rimangono dunque sempre normali. La perdita per la parola non oltrepassa mai i 60 db.

Può talora verificarsi di riscontrare una curva più raddrizzata del normale (lo scarto tra 50% e 100% di intelligibilità è inferiore a 10 db.).

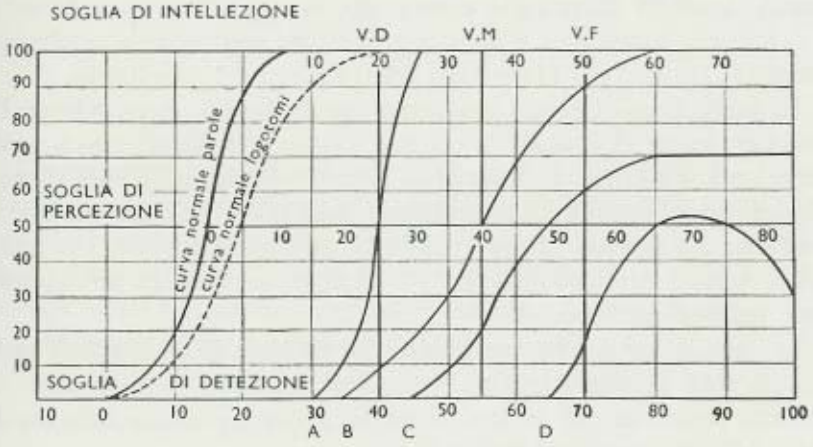


Fig. 19
A = curva raddrizzata; B = curva pendente;
C = curva con « tetto » a 70%; D = curva a cupola.

NELLE SORDITA' MISTE la forma della curva si differenzia dalla norma in misura tanto più grande quanto maggiore è la componente recettiva della sordità. Possiamo perciò avere, accanto a curve dall'andamento quasi normale, curve in pendenza e curve che disegnano un *tetto*.

NELLE SORDITA' RECETTIVE le anormalità nell'andamento della curva si fanno più marcate, tanto da doversi ritenere eccezionali i reperti di curve di forma normale (possibili tuttavia in qualche caso di sordità recettiva con curve audiometriche tonali piatte e assenza di recruitment). Generalmente la curva dimostrerà un'inclinazione più marcata che di norma, oppure presenterà un *tetto* o una *cupola;* quanto maggiore è la pendenza e l'irregolarità della curva, tanto più scadente è la capacità uditiva del paziente per la voce. L'esistenza di un tetto o di una cupola testimonia la presenza di recruitment.

Con i procedimenti audiometrici vocali, oltre al rilievo delle soglie, è possibile eseguire altre ricerche, tra le quali descriveremo la determinazione del *campo di comoda audibilità* (c.c.A.) e la valutazione del grado di *idoneità sociale*.

Il campo di comoda audibilità (c.c.A.) è espresso dal numero di decibel intercorrente tra la soglia di percezione e quella di sopportabilità; in altri termini, esso rappresenta il campo di intensità entro il quale la percezione della voce è possibile e non fastidiosa. Nel soggetto normale il c.c.A. copre un intervallo di circa 50 db. In soggetti nei quali la soglia di dolore per i toni puri è abbassata, il c.c.A. può essere notevolmente ristretto (10-15 db.) per l'intervento del fenomeno del recruitment.

La prova si può eseguire facilmente con il discorso, accertando qual'è il minimo valore di intensità a cui esso viene correttamente inteso, e poi aumentando l'intensità fino a che il paziente dimostrerà o dirà di non tollerarla senza fastidio. Questa ricerca è soprattutto utile per stabilire la possibilità dell'adozione di un apparecchio di protesi acustica. Un c.c.A. molto ristretto costituisce un grave svantaggio nell'uso di un otofono, come vedremo più oltre.

La valutazione dell'*idoneità sociale* del paziente ipoacusico può venir eseguita sulla base dell'audiogramma tonale e vocale, tenendo conto di elementi particolari che saranno dettagliatamente specificati nella trattazione dell'audiometria medico-legale.

10

Cenni sull'interpretazione clinica dei reperti audiometrici

Un esame particolareggiato delle varie sindromi otopatiche e dei corrispondenti reperti audiometrici richiederebbe una trattazione estesa, esorbitante dai limiti concessi ad un breve sommario; dovremo pertanto limitarci a fissare qualche concetto fondamentale sulle caratteristiche audiometriche delle tre grandi categorie di sordità, specificando quali sono i quadri clinici cui esse corrispondono con maggior frequenza.

1) SORDITÀ DI TRASMISSIONE

Sono quelle dovute ad un difetto nell'apparato di trasmissione del suono, e non complicate da lesioni dei recettori cocleari, delle vie o dei centri acustici. Poichè l'apparato di trasmissione, come si è detto, si estende dal condotto uditivo esterno sino alla membrana basilare, potremo riscontrare una sordità di trasmissione ogni qual volta la lesione abbia sede in una qualunque delle sezioni dell'apparato stesso.

Orecchio esterno

Ostruzione del condotto uditivo (tappo di cerume, atresia, agenesia dell'orecchio esterno e medio, corpo estraneo, esostosi ecc.).

Orecchio medio

— Lesioni infiammatorie acute e croniche dell'orecchio medio (piootiti ed otomastoiditi acute e cr., otite sierosa, otite catarrale).
— Esiti cicatriziali di lesioni infiammatorie, catarrali o suppurative (esiti di piootite cr., esiti di otite catarrale cr., esiti di intervento radicale, ecc.).

— Ostruzione tubarica cronica, tubotimpaniti catarrali cr., adenoidi ostruenti l'orificio faringeo della tuba, tumori rinofaringei).

— Traumatismi dell'orecchio medio (rottura o lesione timpanica da schiaffo, da detonazione d'arma da fuoco, da iperpressione, ecc.).

— Distrofie ossee con alterazioni della mobilità della catena ossiculare (otospongiosi, m. di Paget ecc.).

Orecchio interno

— Aumento di tensione della membrana basilare (da ipertensione labirintica): angioneurosi labir., otospongiosi, s. di Menière.

CARATTERISTICHE AUDIOMETRICHE DELLA SORDITÀ DI TRASMISSIONE

Nel capitolo dedicato alla fisiopatologia dell'apparato uditivo (pag. 27) abbiamo ricordato quali sono le variabili fisiche (massa, elasticità, attrito) che condizionano l'impedenza del sistema di trasmissione, ed in qual modo le modificazioni dell'impedenza influenzano la percezione dei suoni del campo tonale.

Quando prevale l'aumento della massa, il deficit uditivo è più rilevante per le frequenze acute (piootite acuta con essudato nella cassa, placche calcaree sulla membrana timpanica, granulazioni sulla catena ossiculare, ecc.); se all'opposto è maggiormente compromesso il fattore elasticità, il difetto è più accentuato per le frequenze gravi (timpanosclerosi, otospongiosi in 1° stadio, ecc.). Il reperto audiometrico tonale corrispondente ad un aumento della massa dimostrerà pertanto una curva di soglia ad andamento discendente (maggior compromissione per i toni acuti); per un aumento della rigidità avremo invece una curva in salita (maggior compromissione per le basse frequenze).

Nella massima parte dei casi sia l'elasticità che la massa sono contemporaneamente modificate, così da aversi un ostacolo alla trasmissione sia delle frequenze basse che di quelle elevate: come risultato si avrà un reperto audiometrico di curva piatta, ad andamento rettilineo, che deve considerarsi tipica della sordità di trasmissione.

Ciò premesso, vediamo di schematizzare i reperti audiometrici tipici della sordità di trasmissione.

Prove con i diapason. Rinne negativo, Weber lateralizzato nell'orecchio malato o più malato, Schwabach allungato.

Audiometria tonale. La perdita per via aerea non supera i 60 db.; la curva di soglia ha un andamento abbastanza regolare, senza sbalzi bruschi, sia essa piatta, ascendente o discendente; la conduzione ossea è normale, o comunque non discende al disotto di 2 db. di perdita per le frequenze centrali.

Prove speciali: il Gellè, il Bonnier, il Bing possono essere positivi o negativi, a seconda dei casi. Se vi è anchilosi della catena, l'indice « o » di Sullivan si avvicina allo zero.

Prove di recruitment: sia con la prova di Fowler che con quella di Luscher il recruitment è costantemente assente.

Audiometria vocale. Curva di intelligibilità di pendenza normale, spostata verso destra corrispondentemente alla entità della perdita. Il deficit per la parola non oltrepassa mai 60 db.

2) SORDITÀ MISTE

Sotto il termine di sordità miste si intende raggruppare quei deficit della funzione uditiva dovuti alla coesistenza di un difetto dell'apparato di trasmissione e di una lesione dell'apparato recettivo.

Una sordità mista può essere dovuta alla coesistenza di due lesioni eziologicamente indipendenti, una delle quali lede l'orecchio medio e l'altra l'orecchio interno (ad esempio piootite in un soggetto con sordità professionale), oppure di una diffusione di una medesima lesione dall'orecchio medio a quello interno (piootite cr., tubotimpanite catarrale cr., otospongiosi in 2° e 3° stadio).

I reperti audiometrici che permettono di porre diagnosi di sordità miste possono essere schematizzati come segue, tenendo conto del fatto che la caduta della conduzione ossea per le frequenze acute, la variabilità delle prove con i diapason, la presenza di recruitment e l'alterazione della curva di intelligibilità sono direttamente proporzionali alla compartecipazione dell'orecchio interno.

Prove con i diapason - Rinne negativo nella massima parte dei casi; Weber = lateralizzazione non costante; Schwabach sovente allungato; Bonnier negativo.

Audiometria tonale - Le curve di soglia, risultando dalla combinazione di un difetto di trasmissione con una lesione del recettore, possono assumere le forme più svariate; più frequentemente si potranno osservare,

in ordine decrescente: curve in discesa, curve piatte, curve a bacino, curve ad S.

La conduzione ossea presenta un deficit superiore a 20 db. per le frequenze centrali, raggiungendo valori di perdita più rilevanti per le frequenze elevate.

Con le prove di recruitment, si può osservare frequentemente la presenza del fenomeno, completo od incompleto, su qualche frequenza (prova di Fowler); talora anche la prova di Lüscher dà esito positivo (soglia differenziale minore di 0,6 db.).

Audiometria vocale - Si può osservare una perdita per la voce maggiore di 60 db., e la curva di intelligibilità può avere una pendenza maggiore della norma o disegnare un plateau.

3) SORDITÀ RECETTIVE

La lesione dell'apparato uditivo ha sede nei recettori cocleari, nel nervo VIII, nelle vie o nei centri acustici.

Le caratteristiche audiometriche delle sordità recettive si basano sui seguenti capisaldi, che consentono una differenziazione netta dagli altri tipi di sordità:

Prove con i diapason - Rinne positivo, Weber lateralizzato nell'orecchio migliore, Schwabach accorciato.

Audiometria vocale - Curva di intelligibilità notevolmente deformata, in pendenza accentuata, con andamento a *tetto* o a *cupola*.

Prove di recruitment - Il fenomeno è spesso presente, nel qual caso testimonia che la lesione ha sede nella coclea. Assente quando la lesione ha sede nel tronco dell'VIII o nelle vie acustiche.

Audiometria tonale - La conduzione ossea è compromessa in misura uguale alla conduzione aerea. La curva di soglia per via aerea può assumere molteplici configurazioni, nessuna delle quali è tipica di una sordità particolare; tuttavia alcune forme di sordità tendono ad assumere una configurazione audiometrica piuttosto che un'altra, per lo meno con rilevante frequenza.

Kantzer ha elencato 9 tipi di curve audiometriche nelle sordità recettive; sotto ogni tipo ha elencato, in ordine decrescente, le sindromi in cui si riscontrano più frequentemente.

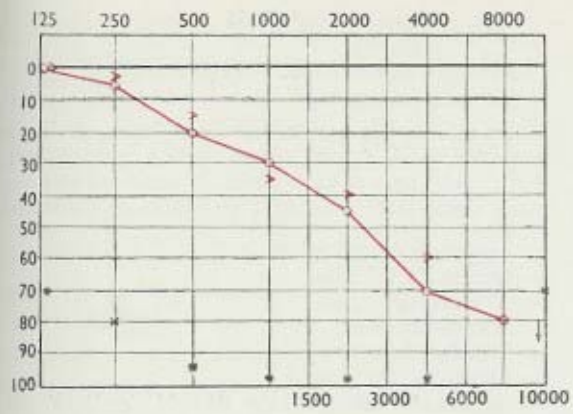


Fig. 20

TIPO I - *Curva in regolare discesa.*

— Presbiacusia (sord. involutiva senile)
— Sordità degli ipertesi
— Sordità da causa infettiva
— Sordità da causa tossica
— Sordità familiari
— Sordità congenite
— Sordità consecutive a tumori, aracnoiditi
— Sordità consecutive a traumi cranici.

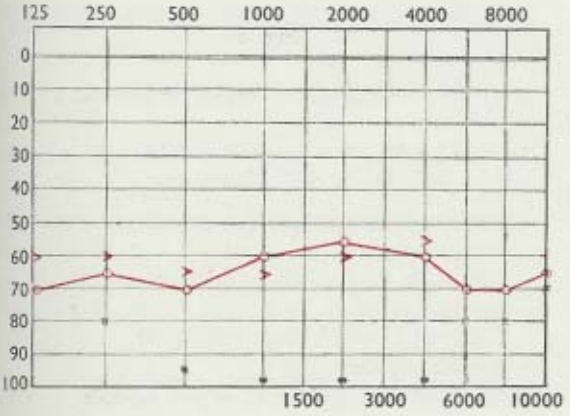


Fig. 21

TIPO II - *Curva orizzontale.*

Raramente la perdita è uguale per tutte le frequenze: più sovente si rilevano irregolarità della curva, il cui andamento medio è però orizzontale.

— Malattia di Menière
— Sordità che compaiono nel quadro di una sindrome neurologica
— Sordità familiari
— Sordità congenite
— Sordità da causa infettiva
— Sordità da causa tossica
— Sordità che accompagnano disturbi endocrini
— Sordità che accompagnano disturbi circolatori.

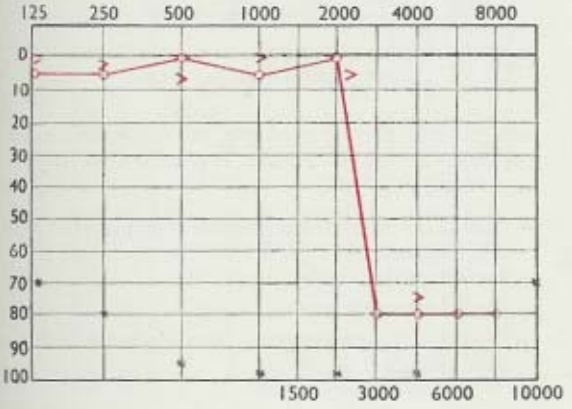


Fig. 22

TIPO III - *Perdita limitata ai toni acuti.*

— Sordità in corso di sindrome neurologica, specialmente dopo trauma cranico
— Sordità professionali
— Sordità da cause tossiche
— Sordità da cause infettive
— Sordità familiari.

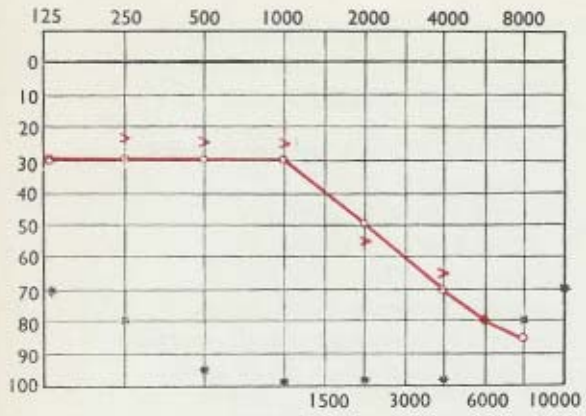


Fig. 23

TIPO IV - *Combinazione dei tipi II e III.*

Curva orizzontale per le frequenze basse, in discesa per i toni acuti. Questo tipo di curva compare sovente come evoluzione di altre forme. Si trova, ad esempio, come stadio intermedio della sordità da streptomicina.

— Sordità da intossicazione
— Sordità da infezione
— Traumatismi cranici
— Sordità familiari
— Presbiacusia
— Malattia di Meniere
— Sordità che accompagnano disturbi circolatorii.

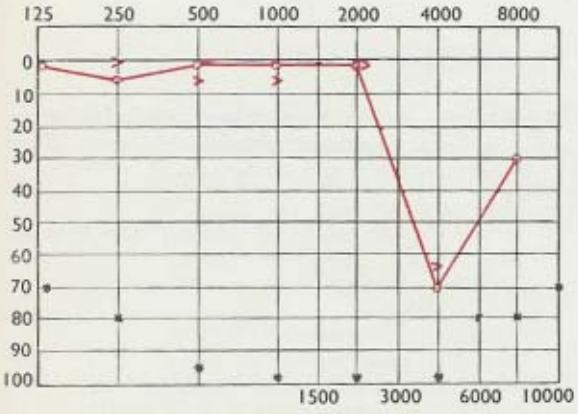


Fig. 24

TIPO V - *Curva di tipo « Sordità professionale ».*

Descrive un V più o meno profondo e più o meno spostato sulla destra dell'audiogramma.

— Sordità professionali (da traumatismi acustici ripetuti)
— Sordità da traumatismo acustico unico
— Sordità causate da brusche differenze di pressione (lavoro nei cassoni, pesca subacquea)
— Sordità tossiche
— Sindromi neurologiche di origine centrale.

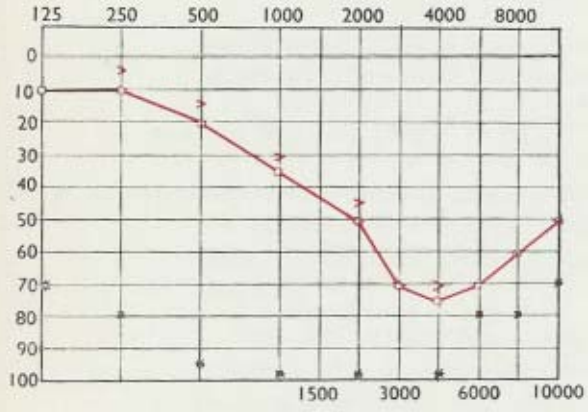


Fig. 25

TIPO VI - *Curva a forma di cucchiaio.*

Somiglia alla curva precedente, ma è più arrotondita, e la depressione è più svasata. Si riscontra più frequentemente nelle:

— Sordità da traumatismo acustico unico, in cui è assai più frequente del tipo V.
— Sordità professionale
— Sordità da causa tossica
— Sordità che accompagnano una sindrome neurologica centrale.

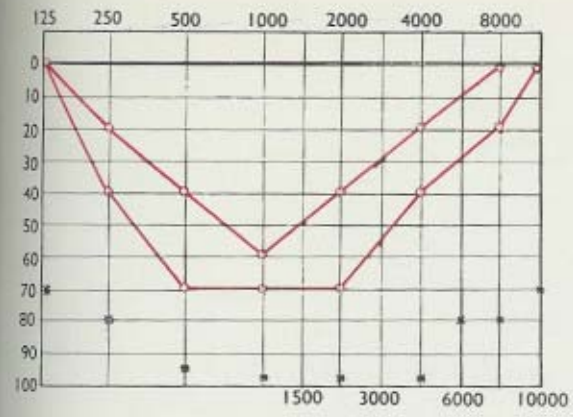


Fig. 26

TIPO VII - *Curva ad U, o a V.*

Sono caratterizzate da una perdita selettiva per le frequenze medie.
Questi tipi di curve si riscontrano:

— molto frequentemente nelle sordità familiari e nelle sordità recettive che intervengono insidiosamente nei giovani
— talora nelle sordità d'origine infettiva o tossica
— raramente nelle altre sordità.

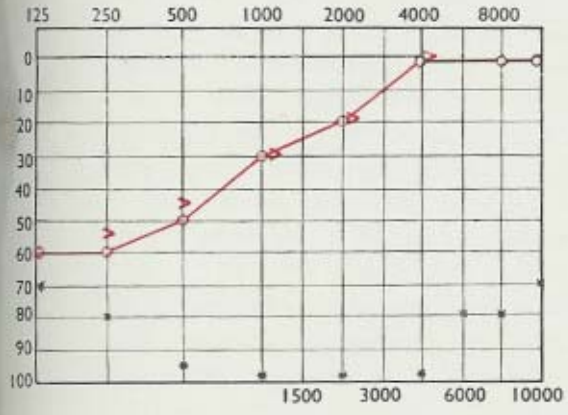


Fig. 27

TIPO VIII - *Perdita selettiva per le frequenze basse.*

E' una curva di raro riscontro nelle sordità recettive.
Sono state descritte perdite di questo tipo in:

— un caso di polinevrite cerebrale (Bruine-Altes)
— due sindromi labirintiche (Kantzer)
— un trauma cranico (Kantzer)
— una sordità familiare (Kantzer)

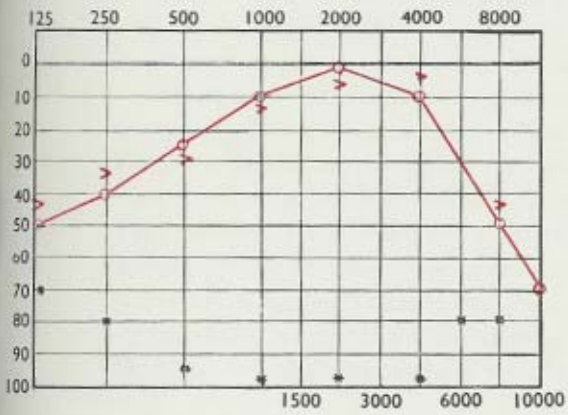


Fig. 28

TIPO IX - *Curva a dorso d'asino.*

Questa curva, di riscontro ancor più raro della precedente nelle sordità recettive, è caratterizzata da una perdita per le frequenze gravi ed acute, con buona conservazione dei toni medii.
Curve di questo tipo sono state riscontrate in casi di sordità familiare ed in traumatizzati cranici.

11

Le sordità retrococleari

Per sordità retrococleari si devono intendere quelle alterazioni uditive che insorgono per effetto di lesioni degenerative degli elementi nervosi della via acustica, al di là del recettore cocleare.

Le cause che possono provocare una sofferenza dei neuroni della via acustica sono molteplici (tossiche, infiammatorie, traumatiche, neoplastiche), ma le manifestazioni di questa sofferenza sono sempre uguali, sia dal punto di vista istopatologico (fenomeni degenerativi reversibili o meno), che sotto l'aspetto funzionale (sordità percettive).

Il problema della diagnosi delle sordità retrococleari è stato recentemente affrontato da Pietrantoni, Bocca e Agazzi nella relazione ufficiale del 44° Congresso della Società Italiana di Laringologia, Otologia e Rinologia; in questa monografia dopo un'attenta e minuziosa disamina dei dati della letteratura concernenti l'anatomia macroscopica e microscopica della via acustica e dei suoi centri, nonchè la fisiologia e fisiopatologia del nervo cocleare, delle vie acustiche centrali e dei centri uditivi corticali, sono stati dettagliatamente analizzate le caratteristiche delle singole sordità retrococleari, ed è stata messa a punto una nuova semeiologia audiologica per la diagnosi di queste complesse alterazioni funzionali.

Anticipando le conclusioni, possiamo affermare con Bocca che «il comune audiometro, strumento efficacissimo per la diagnosi dei difetti periferici dell'udito, diviene sempre più inadeguato man mano che ci si inoltra nell'indagine dell'udito a livello superiore. Quanto più ci si allontana dalla periferia verso il centro, tanto più l'aspetto qualitativo della perdita uditiva prevale rispetto a quello quantitativo. A livello dei centri superiori si avvera, attraverso meccanismi sempre più complessi ed estesi, l'elaborazione qualitativa e psichica del messaggio analizzato alla periferia: pertanto le lesioni dei centri conducono a disturbi dell'udito elaborato ed organizzato,

come ad esempio l'alterata sensazione di frequenza, il mancato apprezzamento degli intervalli musicali, la difettosa fusione o discriminazione dei suoni complessi, il ritardo nella percezione dei suoni o di alcune componenti di essi, la perdita dell'orientamento spaziale sonoro, la difficoltà a dirimere differenti messaggi contemporaneamente in arrivo alle due orecchie, il mancato riconoscimento del valore simbolico e la difettosa integrazione psicologica del messaggio acustico, ecc. ».

Per mettere in evidenza alterazioni di questo tipo la comune semiologia audiometrica tonale e vocale risulta ovviamente del tutto inadeguata allo scopo: da qui è scaturita la necessità di approntare tutta una serie di nuovi tests psico-acustici che consentano di analizzare dettagliatamente i fenomeni percettivi dell'udito. Bocca e Calearo hanno proposto l'uso di messaggi significativi a contenuto simbolico (frasi) alterati in differenti modi, allo scopo di saggiare i difetti latenti di identificazione e di elaborazione delle immagini uditive.

Accenneremo con maggiori dettagli a questa nuova metodologia nel paragrafo dedicato alle sordità corticali.

Ci preme ora sottolineare quali siano le possibilità che la moderna diagnostica audiologica ed otoneurologica offrono, allo stato attuale degli studii, per individuare con una certa approssimazione la sede della lesione retrococleare, per differenziare cioè una sordità conseguente a lesione del tronco dell'acustico, da quella dovuta ad una lesione delle vie acustiche centrali o dell'area uditiva corticale.

1) LA SORDITÀ CONSEGUENTE A LESIONE DEL TRONCO DELL'ACUSTICO

Per le sordità dovute a lesione del tronco dell'VIII paio (nevriti, tumori) si sono potuti mettere in evidenza dati audiometrici differenziali, sfruttando le opportunità offerte dalle resezioni chirurgiche parziali del nervo (Dandy, Guild) e dai tumori dell'acustico riscontrati al tavolo operatorio. La diagnosi di lesione del tronco del nervo cocleare può essere stabilita, sec. Bocca, in base al concorso dei seguenti dati semeiologici:

— curva tonale aerea pianeggiante o « a corda molle » approssimantesi alla più vicina curva isofonica
— curva ossea a livello dell'aerea
— assenza di recruitment
— normale funzione di adattamento

— cattiva discriminazione di frequenza
— intelligibilità vocale peggiore di quanto indicato dalla curva tonale
— presenza di ineccitabilità vestibolare associata a cofosi o a ipoacusia, o di normoeccitabilità associata a cofosi.

2) LA SORDITÀ DA LESIONE BULBO-MESENCEFALICA

Le sordità dovute a lesioni del 2° e 3° neurone, per il fatto di essere infrequenti e tardive, e per il prevalere della sintomatologia neurologica, sono state finora scarsamente studiate. Le modalità diagnostiche finora impiegate non sembrano ancora in grado di stabilire un netto profilo clinico di sordità bulbo-mesencefalica. Tuttavia una disamina dei dati della letteratura sull'argomento sembrerebbe provare che i disturbi riscontrati con maggiore frequenza sono quelli riguardanti le alterazioni della discriminazione tonale e la cattiva intelligibilità vocale relativamente alla perdita uditiva rivelata dalla curva audiometrica. Tuttavia, in assenza di segni neurologici concomitanti, sembra per ora prematura la possibilità di distinguere una neurite da una lesione mesencefalica.

3) LE SORDITÀ CORTICALI

Secondo l'accordo pressochè unanime di tutti gli AA. che hanno studiato le alterazioni acustiche nella patologia del lobo temporale, le lesioni unilaterali dell'area uditiva non provocano sensibili modificazioni dell'udito tonale o vocale, o tutt'al più possono provocare un modesto e talora transitorio disturbo percettivo, prevalentemente controlaterale. Sec. Seiffert e Saltzmann le lesioni corticali monolaterali non producono rilevanti difetti uditivi a causa della bilateralità della proiezione delle vie uditive; l'eventuale irregolare presenza di danni uditivi deve essere attribuita all'estensione occasionale della lesione ai centri sottocorticali.

Altrettanto unanime è l'accordo sul fatto che la distruzione totale bilaterale dei lobi temporali (lesioni vascolari, atrofia temporale simmetrica) conduce ad una sordità totale bilaterale.

Il comportamento dell'udito nella patologia monolaterale dei lobi temporali non fa che confermare quanto osservato nell'esperimento sull'animale, e nell'uomo, nelle ablazioni di un lobo temporale per epilessia temporale o per tumori. I deficit uditivi sono praticamente inesistenti e quelli osservati sono così poco caratteristici da renderne il significato oltremodo discutibile. Fausto Brunetti ha studiato il comportamento dell'udito tonale e

vocale su un certo numero di pazienti sottoposti a lobectomia temporale per epilessia focale, concludendo per una quasi assoluta negatività ed aspecificità dei rilievi di soglia tonale, e per la totale assenza di alterazioni della curva di intelligibilità rispetto a quella preoperatoria.

Tuttavia, anche quando l'udito elementare sia perfettamente conservato, possono essere messi in evidenza, mediante particolari artificii, numerosi disturbi della funzione uditiva intellettiva, che possono talora costituire il preludio di una vera e propria afasia.

Dati per conosciuti i concetti di lobo dominante e quello di afasia, ricorderemo soltanto che nelle lesioni dell'area corticale uditiva S. (lobo dominante nei destrimani) possono presentarsi, prima ancora che compaiano i segni clinici dell'afasia, fini alterazioni dell'intelligibilità del linguaggio, come l'impossibilità di ricostruire e ripetere parole perfettamente riconosciute, se presentate intere, quando le singole lettere vengano presentate in successione; oppure l'impossibilità di nominare un determinato oggetto, o ancora l'incapacità a comprendere frasi lunghe, o discorsi anche brevi ma pronunciati con notevole celerità.

Queste alterazioni dell'intelligibilità del linguaggio sono facilmente comprensibili quando si pensi alla funzione della corteccia nel complesso della fisiologia dell'audizione. Le aree corticali temporali svolgono un'azione di sintesi sugli elementi forniti analiticamente dalla coclea: se si tratta di un messaggio a contenuto simbolico, cioè significativo, sarà necessario che tutti gli elementi di esso siano combinati in un determinato ordine spaziale e temporale, sì da evocare preordinate immagini verbali con un sufficiente ordine ed una certa rapidità. Se questo ordine vien meno, o se la velocità viene sensibilmente alterata, la comprensione del linguaggio diventa difficile e nei casi estremi impossibile.

Per esemplificare, citeremo una comune esperienza: se si inverte la rotazione di un nastro magnetico, sul quale era stata registrata una frase, questa diventa assolutamente incomprensibile, per quanto si tratti di un messaggio contenente gli identici elementi fonetici. Allo stesso modo, quanto più si accelera la velocità del discorso, tanto più difficoltosa diventa la comprensione del messaggio.

Sulla base di queste osservazioni Bocca e collaboratori hanno studiato il comportamento dell'intelligibilità in soggetti portatori di corticopatie temporali, allestendo una serie di tests psico-acustici che passeremo in breve rassegna:

1) *Percezione della voce distorta.*

Tecnica: al paziente isolato in cabina vengono presentate in cuffia liste di 10 bisillabi: nell'apparato di trasduzione è inserito un filtro passa-basso 500 v.d. ad attenuazione progressiva.

2) *Percezione della voce interrotta.*

Tecnica: interruzioni periodiche della voce con rapporto messaggio-silenzio 1:1, a frequenza variabile.

3) *Percezione della voce accelerata.*

Tecnica: liste di 10 frasi di sei parole a significato ovvio, emesse prima a velocità normale (140 parole al minuto), poi a velocità superiori (250 e 350 parole al minuto).

4) *Sommazione e integrazione biauricolare.*

La sommazione centrale degli stimoli è ormai unanimemente ammessa, e rappresenta pressappoco la somma aritmetica degli impulsi inviati alle due orecchie. E' invece ancora ignoto se la sommazione centrale avvenga per una somma delle attività delle due corteccie uditive, o se la corteccia uditiva di ciascun lato integri per conto proprio i messaggi che riceve dalle due orecchie.

Tecnica: al paziente in esame vengono inviate parole significative bisillabiche; la trasmissione alle due cuffie avviene attraverso due canali indipendenti di cui il primo fornisce attenuazione, il secondo attenuazione più filtraggio con un filtro passa basso. L'attenuazione nel primo canale viene regolata in modo che la discriminazione non superi il 50%. Il filtro del II canale viene scelto in modo che la discriminazione non superi del pari il 50% per una intensità di 40 db. sopra la soglia. In queste condizioni un orecchio trasmette ai centri la qualità e l'altro l'energia. Nel soggetto normale si nota che la presentazione simultanea dei due stimoli alle due orecchie separatamente determina un evidente effetto di sommazione, pari all'incirca alla somma aritmetica delle due discriminazioni nelle due singole orecchie (Bocca).

5) *Memoria verbale.*

Tecnica: in audizione biauricolare e ad intensità di 40 db. sopra la soglia del soggetto in esame, si presentano gruppi di 10 frasi di lunghezza variabile (10-15-20 parole), di significato ovvio, registrate con

chiarissima voce maschile a velocità media di eloquio; inoltre liste di 10 gruppi di parole isolate comprendenti ciascun gruppo 3-4-5-6 parole a vario numero di sillabe. Il soggetto è invitato a ripetere la frase o le parole nell'ordine di presentazione.

6) *Percezione di messaggi parlati simultanei.*

Tecnica: due messaggi parlati differenti registrati su dischi e provenienti da due sorgenti sonore vengono inviati separatamente alle due orecchie a differente intensità. In una seconda serie di ricerche gli AA. (Pestalozza e Lazzaroni) hanno studiato l'interferenza di due messaggi parlati in audizione biauricolare simultanea, inviando cioè i due messaggi di intensità differente in altoparlante anzichè in cuffie separate.

Con queste ricerche che sfruttano le possibilità offerte dalla moderna elettroacustica si è aperta una nuova via di indagini sulla funzione dei centri associativi superiori preposti alla elaborazione psicologica del messaggio acustico confermando l'esistenza, già segnalata da varii AA., di una dissociazione tra udito elementare e udito elaborato nelle sordità uditive centrali.

Queste prime acquisizioni rappresentano un punto di partenza per una serie di ulteriori indagini che potranno consentirci l'allestimento di nuovi metodi diagnostici sempre più fini e precisi, intesi a chiarire alcuni problemi tuttora insoluti relativi alle attività percettive acustiche a livello corticale.

12

Audiometria medico-legale

CONSIDERAZIONI GENERALI

Il problema della valutazione medico-legale della sordità merita senza dubbio di essere riveduto in modo radicale alla luce delle più recenti acquisizioni clinico-diagnostiche della moderna audiologia.

L'urgenza della risoluzione dei numerosi quesiti connessi con il problema della sordità nel campo delle malattie del lavoro e delle affezioni infortunistiche e con la valutazione audiologica del danno, si fa sentire ogni giorno di più. Gli studi su questo argomento si vanno infatti moltiplicando e coordinando, tanto da far ritenere non lontano il giorno in cui si potrà addivenire ad un accordo internazionale circa i criterii di valutazione di una minorazione dell'organo uditivo nei riflessi della menomazione sociale della capacità lavorativa del soggetto colpito.

Al 1° Congresso della Società Internazionale di Audiologia (Parigi, Febbraio-Marzo 1953) sono state prospettate e discusse, tra l'altro, anche le nuove tabelle di invalidità in audiologia, compilate da Comitati di studio appositamente designati.

Prima di addentrarci nella trattazione dei moderni criterii di valutazione dell'incapacità acustica e delle relative determinazioni dei valori di invalidità, sarà opportuno premettere alcune considerazioni di orientamento per una adeguata impostazione del problema.

LA CAUSA LESIVA

La legislazione italiana, riconoscendo la « sordità da rumori » come malattia professionale, ha compiuto un gesto innovatore che la pone all'avanguardia tra tutti i Paesi del mondo in questo importante settore medico-sociale.

La legge 15 Novembre 1952, N° 1967, estende la tutela assicurativa a ben 42 malattie professionali, tra le quali figura la sordità da rumori, limitatamente però ad un certo numero di lavorazioni segnalate in un apposito elenco.

Questo riconoscimento costituisce motivo di soddisfazione per tutti coloro che si occupano di otologia, in quanto è stato finalmente eliminato dalla legislazione italiana quell'orientamento dualista nei confronti della causa lesiva, che non trovava alcuna giustificazione dal punto di vista clinico, e contro il quale da molti anni si erano pronunciati gli studiosi di problemi otologici.

Si intende alludere al fatto che, mentre veniva riconosciuta come infortunio sul lavoro una ipoacusia derivante da un trauma acustico acuto, e cioè intervenuto in un breve lasso di tempo (detonazione, deflagrazione, ecc.), la legislazione non aveva ancora riconosciuta come malattia professionale la sordità ed evoluzione cronica determinata dalla permanenza prolungata in ambiente ipersonoro.

E' ormai nozione comune che sia il traumatismo acustico acuto che quello cronico sono capaci di determinare nel soggetto colpito lesioni dell'organo uditivo assolutamente identiche sia dal punto di vista clinico che da quello anatomo patologico e funzionale; l'unica differenza consiste nel tempo di azione della causa lesiva, rapida nel primo caso, protratta nel tempo nel secondo caso. Non era possibile continuare ad ammettere che una entità nosologica così ben definita dal punto di vista fisiopatologico e clinico, come la sordità professionale, non fosse inclusa con diritti di precedenza nel grande capitolo delle malattie del lavoro.

Nè poteva servire di giustificazione il fatto che, mentre per il trauma acuto i rapporti di causa ed effetto tra l'agente lesivo ed il danno acustico sono evidenti ed immediati, per il trauma cronico tali rapporti possono talora essere messi in discussione. L'importante è l'aver stabilito in modo incontrovertibile che la sordità professionale è una malattia del lavoro, anzi una tra le più frequenti e direi fatali malattie legate a certi ambienti lavorativi, e come tale suscettibile di avere una propria configurazione giuridica in campo assicurativo e medico-legale.

L'istituzione della nuova legge deve pertanto essere considerata come un atto di giustizia assicurativa nel campo delle malattie del lavoro, e come una iniziativa veramente pionieristica se si considera che pochissime sono tuttora nel mondo i Paesi in cui la legge prevede una assicurazione contro le otopatie da rumori. Per quanto ci risulta, solamente in

Austria, Cecoslovacchia, Cile, Danimarca, Finlandia, Germania, Norvegia, Svezia, U.S.A. (limitatamente a pochi Stati) e U.R.S.S. sono in vigore disposizioni che prevedono, talora con notevoli limitazioni, una tutela assicurativa contro i danni provocati dai rumori industriali.

Nel nostro Paese la citata legge 15 Novembre 1952, N° 1967, assicura la sordità da rumori limitatamente alle seguenti lavorazioni ritenute pericolose:

a) lavoro dei calderai
b) ribaditura dei bulloni
c) foratura delle lamiere con punzoni
d) prove dei motori a scoppio
e) produzione di polveri metalliche con macchine a pestelli
f) condotta di aeromobili
g) fabbricazione di chiodi
h) lavoro dei telai

L'esame di questa tabella porta con sè alcune considerazioni negative che, pur nel legittimo compiacimento per questa norma legislativa, sembra doveroso sottolineare. Le limitazioni imposte sono infatti tali da far escludere dal provvedimento assicurativo molte categorie di lavoratori che, pur prestando la loro opera in ambiente rumoroso, non rientrano nelle categorie di lavorazioni previste dalla tabella.

Il legislatore, mantenendo un elenco di lavorazioni, non ha ritenuto di spingere il provvedimento fino alle sue estreme conseguenze, tutelando tutte le sordità da rumore purchè sia dimostrato il nesso causale con il lavoro espletato.

Sembra lecito chiedere che in avvenire sia abolito, come è avvenuto per quasi tutte le altre tecnopatie, l'elenco delle lavorazioni ritenute pericolose, formulando la legge in modo che essa possa riferirsi a tutte le lavorazioni che comportino l'esposizione ad un rumore eccedente una determinata soglia.

L'ESAGERAZIONE E LA SIMULAZIONE

Come per tutte le lesioni, da infortunio o da malattia, soggette ad indennizzo, anche per la sordità vi è da tenere conto della possibilità di una esagerazione o di una simulazione del danno. Siamo tuttavia dell'opinione che la simulazione non debba venire sopravvalutata, sia per la

sua rarità che per la relativa facilità con la quale essa può venire svelata dai moderni metodi di indagine audiometrica.

L'esagerazione è invece frequente e va tenuta in seria considerazione, evitando però di cadere nell'errore opposto, di sospettarla cioè in ogni caso. D'altra parte, nelle mani di un medico esperto di problemi audiologici, anche l'esagerazione può venire identificata con una certa sicurezza.

Le prove di simulazione consentite dai moderni strumentari audiometrici pongono l'esaminatore in una posizione di relativa sicurezza per quanto riguarda la formulazione di un giudizio equanime sull'esistenza e sull'effettiva entità di un deficit uditivo. Descriveremo qui di seguito le prove più accreditate per svelare una sordità simulata, ricordando le basi psico-fisiologiche sulle quali ciascuna di esse è costruita.

PROVA DI LOMBARD

Ogni individuo regola l'ampiezza della propria voce in rapporto alla intensità con la quale la percepisce. In un ambiente molto rumoroso, siamo portati inconsciamente a gridare, poichè il mascheramento operato sull'orecchio dal rumore induce un aumento riflesso nell'intensità di emissione della voce. In ambiente silenzioso e raccolto, invece, si tende a parlare a bassa voce. E' noto, inoltre, che la stimolazione uditiva provoca per via riflessa una notevole modificazione del tono delle corde vocali con un aumento della intensità della voce emessa (riflesso cocleofonatorio di Husson). Questo complesso di fenomeni è sfrutato dalla prova di Lombard, che consiste nell'assordare mediante un forte rumore l'orecchio o gli orecchi del paziente, mentre questi legge un brano qualsiasi o ripete una serie di numeri. In tali condizioni il soggetto normoudente, quando si introduce il rumore mascherante alza l'intensità della voce, mentre il soggetto ipoacusico, che non percepisce il rumore, la manterrà invece invariata.

La prova si esegue mediante il tono mascherante di un audiometro, ed in assenza di questo mediante l'assordatore di Barany. Se il soggetto pretesta una sordità bilaterale si assorderanno entrambi gli orecchi, introducendo il rumore mascherante ed elevandone l'ampiezza per gradi, sino a determinare a quale livello ha inizio l'innalzamento della voce.

Se la sordità è unilaterale, si maschera con lo stesso metodo l'orecchio sano; nel soggetto normale l'assordamento di un orecchio non conduce ad un innalzamento della voce, poichè l'orecchio non assordato può

ancora regolarne l'ampiezza; se il soggetto in esame è effettivamente ipoacusico dal lato non mascherato, il tono di voce si inalza istantaneamente poichè mascherando l'orecchio sano si è eliminato l'unico orecchio per mezzo del quale poteva realizzarsi il controllo della voce.

PROVA DI STENGER

Si esegue soltanto nei casi di sordità unilaterale. Se ad un orecchio si presenta un suono di data frequenza ed ampiezza, ed all'orecchio opposto un suono di ugual frequenza ma di ampiezza minore, il soggetto normoudente percepirà il suono soltanto dal lato in cui esso viene presentato ad ampiezza maggiore, poichè la sensazione preponderante provocata dalla forte stimolazione copre la sensazione più debole provocata dallo stimolo minore.

Se il paziente ha una sordità monolaterale, uno stimolo anche di ampiezza notevole portato sull'orecchio leso non potrà coprire, non essendo percepito, una sensazione più debole nell'orecchio sano. Se si tratta di un simulatore, e l'orecchio dichiarato ipoacusico è invece normale, il soggetto non potrà percepire il suono più debole nell'orecchio sano, perchè coperto dalla maggior sensazione controlaterale.

La prova si esegue con l'audiometro, determinando la curva di soglia in entrambi gli orecchi, ed inviando quindi uno stimolo di ampiezza rilevante (70-90 db.) nell'orecchio che dimostra il deficit più accentuato; se l'orecchio è effettivamente ipoacusico, non si osserveranno modificazioni nei valori di soglia dell'orecchio controlaterale a funzione integra o meno compromessa; se l'orecchio dichiarato ipoacusico è invece normoudente, la sensazione preponderante coprirà quella evocata da uno stimolo di minore ampiezza nell'orecchio sano, che dimostrerà dunque una notevole elevazione della soglia.

PROVA DI DOERFLER-STEWART

Si basa su due constatazioni:

1° - Il soggetto simulatore riesce ad imporsi un livello di soglia fittizio facendo riferimento al rumore ambientale. Se questo riferimento viene eliminato presentando all'orecchio del simulatore un rumore mascherante di ampiezza adeguata e variabile, il paziente non è più in grado di mantenere la soglia simulata;

2° - Sia l'orecchio normale che quello ipoacusico possono percepire le parole ad un determinato livello di ampiezza anche se alle unità fonetiche si sovrappone un rumore mascherante di ampiezza 10-20 db. maggiore delle parole medesime. Il simulatore invece afferma di non capire le parole già per intensità di mascheramento minori dell'ampiezza delle parole.

La prova si esegue con l'audiometro vocale o con il circuito microfonico di un audiometro tonale. Si rileva la curva di intelligibilità, e si porta l'ampiezza dell'attenuatore a 5-10 db. sopra la soglia di percezione. Si introduce il rumore mascherante a deboli ampiezze, e si innalza questa per gradi sino a determinare a quale livello il rumore mascherante inibisce la percezione delle parole. Se l'ampiezza del rumore è inferiore a quella delle parole, si deve sospettare la simulazione.

Si potrà completare la prova tentando di disorientare il giudizio del paziente sul rapporto tra ampiezza del rumore e ampiezza delle parole. Diminuendo gradatamente ed insensibilmente il livello del rumore mascherante (che il paziente assume come termine di paragone) e variando parallelamente l'ampiezza delle parole, si riesce talora nei simulatori a *trascinare* la soglia per la voce a valori pressochè normali.

PROVA DELLE SOGLIE RIPETUTE

Se il paziente simula una sordità totale bilaterale, questa prova non ha significato in quanto il soggetto negherà qualsiasi percezione uditiva in qualsiasi momento. Se invece il paziente decide di simulare un certo grado di sordità, cercherà di assumere un livello di soglia fittizio e si sforzerà di mantenerlo per tutta la durata dell'esame. Se i rilievi della soglia sono ripetuti più volte a distanza di ore o di giorni, per quanto il simulatore possa essere abile si rileveranno differenze quantitative rilevanti per tutte le frequenze o soltanto per alcune. Anche tenendo conto delle tolleranze d'errore insiste in ogni esame audiometrico, le differenze tra le varie soglie saranno tanto rilevanti da non lasciare adito a dubbi.

Generalmente si può sospettare la simulazione quando la discordanza tra due soglie ammonti a 15 o più db.

PROVA DELLA VOCE RITARDATA

Questa prova, proposta da Azzi, ha l'unico inconveniente di richiedere una apparecchiatura speciale e piuttosto costosa anche se semplice. Nel

riferirne, useremo le parole stesse dell'autore.

« La prova si basa sul fenomeno psicofisiologico che la pronuncia di ogni parola è controllata e governata dalla contemporanea audizione che di essa si ha al momento che la si pronuncia. Se nel soggetto normale si disturba la funzione uditiva con adatti stimoli, la pronuncia risulta difficoltata o addirittura alterata; se il soggetto sedicente sordo è invece normoacusico, un disturbo portato al suo orecchio potrà dunque avere conseguenze facilmente accertabili per la correttezza della sua fonazione. Se i sogetti in cui si sospetti la simulazione sono invece effettivamente sordi, disturbando la funzione uditiva nulla si dovrà rilevare poichè essendo questa deficitaria, il disturbo non viene avvertito ed il controllo della pronuncia viene a realizzarsi correttamente tramite la sola sensibilità tattile e muscolare. Il disturbo sonoro che meglio di ogni altro si dimostrò in grado di soddisfare ai presupposti della teoria ed alle necessità della pratica fu la voce ritardata, ossia la voce stessa del paziente che legge un brano di libro o di giornale, registrata all'atto della pronuncia su un magnetofono e riprodotta subito dopo, con un ritardo variabile a piacere, da una testina di riproduzione piazzata in prossimità di quella di registrazione.

« Una cuffia applicata agli orecchi del soggetto riproduce a sua volta la voce ritardata ed impedisce d'altro canto che egli possa udire la sua voce naturale per via aerea diretta.

« I risultati di questo disturbo sono i seguenti: il paziente ode la sua voce come di rimando da un'eco (la sua stessa parola giunge al suo orecchio con un ritardo di qualche frazione di secondo) il che comporta una serie di alterazioni della pronuncia di entità semplicemente imprevedibile.

« Egli rallenta istantaneamente il suo eloquio, incorre in vera e propria balbuzie, in ecolalie, trasposizione di sillabe e disordini articolatori che richiamano molto da vicino i disordini dell'afasia motrice. I più evidenti risultati della prova con la voce ritardata sono in breve i seguenti

« 1° - Nessun soggetto è in grado di mantenere corretta la propria pronuncia per quanti sforzi egli compia.

« 2° - I disturbi di pronuncia sono variabili col variare del ritardo.

« 3° - Esiste una grandissima variabilità individuale negli effetti causati. I soggetti a tendenza nevrosica sono quelli in cui gli effetti, che possono giungere sino al totale arresto dell'eloquio, si fanno evidentissimi.

« 4° - Esiste una grande variabilità in uno stesso soggetto negli effetti conseguibili in diverse condizioni emotive. L'individuo eccitato o in

apprensione (come sempre è il simulatore) dimostra gli effetti più rimarchevoli.

« 5 - Dopo un certo tempo da che si è iniziata la prova, il soggetto dimostra un certo apprendimento che gli permette di ovviare almeno in parte ai disturbi della pronuncia ».

CONFRONTO FRA AUDIOGRAMMA TONALE E VOCALE

Una grande discrepanza tra audiogramma tonale e vocale depone in favore di una simulazione. Se le discordanze si accentuano o si modificano in esami ripetuti il soggetto riceverà una valida conferma.

Tralasciamo la descrizione di altre prove proposte da varii AA. ma non entrate nella pratica corrente perchè troppo malsicure e indaginose o perchè fondate su basi empiriche. D'altra parte le prove descritte sono già sufficienti, nelle mani di un esperto esaminatore, a formulare un giudizio basato su dati di fatto inoppugnabili. In caso di dubbio, l'esaminatore deve confessare onestamente la sua incapacità ad emettere un verdetto di simulazione, evitando di pronunciarsi decisamente in un senso o nell'altro. Un esame eseguito con finalità medico-legali comporta un giudizio estremamente delicato e gravido di conseguenze e non ammette dunque colpevoli leggerezze da parte dell'esaminatore.

LO STATO ANTERIORE

Senza dubbio le lesioni traumatiche risentono l'influenza dello stato di salute dell'infortunato anteriormente all'episodio lesivo. Nel caso specifico della sordità, per accertare l'entità effettiva del danno provocato dalla causa lesiva, sarebbe necessario conoscere quali erano le condizioni funzionali uditive antecedentemente alla lesione traumatica, ed in quale misura eventuali condizioni morbose preesistenti possono avere aggravato o comunque modificato il danno infortunistico.

A questo punto entra in giuoco il fattore della predisposizione, che in termini legali viene definita *concausa di incapacità*. Sappiamo per certo che l'insorgenza ed il decorso della sordità professionale non sono uniformi in tutti gli individui, ma esiste una certa predisposizione dello orecchio, variabile da soggetto a soggetto, a risentire l'azione lesiva di traumi acustici ripetuti.

Nel capitolo della fisiologia dell'apparato uditivo abbiamo descritto

alcuni dei tests per valutare la fatica uditiva e quindi il grado di vulnerabilità dell'orecchio di fronte ai rumori (prove di Peyser e diWilson).

Abbiamo accennato all'elemento della predisposizione unicamente per porre in rilievo la necessità di eseguire un'indagine audiometrica preventiva nei lavoratori che dovranno essere sottoposti a sovrasonorizzazioni ambientali. All'atto dell'assunzione, la capacità uditiva dell'operaio dovrà essere attentamente valutata sia per quanto riguarda l'acuità uditiva in senso generico, come pure per quanto concerne la predisposizione latente del soggetto ad ammalare di sordità professionale.

Non si potrà cosí verificare che un lavoratore sia tentato di pretestare come lavorativa una sordità contratta antecedentemente all'azione traumatica e che non abbia con essa alcun rapporto causale. Senza contare che una indagine preventiva sulla vulnerabilità dell'orecchio consentirebbe una selezione appropriata del personale, nel senso di una distribuzione dei compiti adeguata alle condizioni acustiche del soggetto.

Qualche altra parola deve essere spesa per sottolineare un altro concetto espresso dal nostro Codice, il *concorso di inabilità*. Sotto questo termine si intende la sommazione delle conseguenze invalidanti dell'infortunio attuale con quelle di pregressi infortuni o di precedenti menomazioni da questi indipendenti, onde ne può risultare una inabilità complessiva maggiore e comunque diversa da quella che deriverebbe dal solo infortunio attuale.

Tra le varie tendenze che si erano delineate nella valutazione del concorso di inabilità, merita la maggiore attenzione quella proporzionalista, che appare la più equa. Secondo questa tesi la valutazione del danno si doveva eseguire tenendo conto di quanto effettivamente dal concorso delle varie inabilità era diminuita l'attitudine al lavoro. Ciò non è possibile se non si attua una distinzione tra l'ipotesi del *concorso* delle inabilità da quella della loro *coesistenza*. Il concorso si verifica quando le inabilità si influenzano a vicenda, cioè quando le lesioni agiscono sul medesimo organo o sul medesimo sistema, oppure su organi in correlazione funzionale (come può essere il caso della perdita della vista e dello udito). L'indenizzo attribuibile alle dirette conseguenze dell'infortunio dovrà tener conto in questo caso dell'eventuale aggravamento imputabile al concorso invalidante dello stato anteriore. (Romanese).

Nel caso invece di coesistenza, le invalidità, pur essendo presenti non si influenzano a vicenda (ad esempio ipoacusia e perdita di un dito); in questo caso non si tiene conto della preesistente invalidità.

LA STABILIZZAZIONE DEL DANNO

Le difficoltà inerenti alla valutazione della stabilizzazione del danno sono ormai superate dalle nuove disposizioni legislative le quali prevedono un indennizzo *in rendita*, e cioè una liquidazione che adegua la misura dell'indennizzo alle reali condizioni di inabilità, variando in più od in meno l'ammontare della rendita qualora essa peggiori o migliori col tempo.

Nel caso specifico delle sordità traumatiche, controlli biennali permettono di valutare periodicamente la misura del deficit acustico e di modificare quindi l'ammontare della rendita a seconda delle modificazioni subite dall'invalidità. Soltanto dopo dieci anni l'inabilità si considera cristallizzata e non più suscettibile di ulteriori revisioni.

NON E' QUINDI NECESSARIO, per chi deve emettere un giudizio medico-legale su una sordità traumatica, tenere conto dell'elemento prognostico, essendo sufficiente limitarsi ad emettere un giudizio clinico-diagnostico.

L'ADATTAMENTO

E' certo che, senza volerne sopravalutare l'importanza, l'adattamento del lavoratore alla sua infermità conduce talvolta a risultati veramente notevoli. Nel caso della sordità, l'apprendimento della lettura labiale e l'eventuale uso di una protesi acustica possono migliorare grandemente la capacità sociale e lavorativa del soggetto.

Tuttavia, in sede medico-legale, il significato del fattore adattamento è relativamente scarso, non potendosi a priori stabilire l'importanza futura dell'adattamento stesso in un determinato soggetto. Va però delineandosi la tendenza, nel campo delle sordità, a tener conto della possibilità o meno di un recupero funzionale mediante l'adozione di un otofono, come criterio capace di influenzare la valutazione del danno lavorativo.

METODI PER LA VALUTAZIONE DEL DANNO UDITIVO

Nel campo della fisiologia dell'audizione, la percezione della voce rappresenta l'attributo il più nobile, il più significativo, il più socialmente

utile. E' quindi giusto, e la massima parte degli AA. concordano in questo che, quando si voglia esprimere l'handicap sociale di un minorato uditivo, la base di ogni valutazione debba essere costituita dalla misura della perdita uditiva per la voce.

Si può obiettare che lo spettro delle frequenze che corrisponde alla voce parlata non è che una parte, se pure la più importante, dell'intero campo tonale uditivo, e che pertanto sarà necessario tener conto anche dell'entità della perdita di udito per le frequenze al disotto dei 300 ed al disopra dei 3000-4000 cicli.

Questa obiezione può assumere un valore particolare e talora determinante quando si tratti di eseguire una valutazione su soggetti che, per ragioni professionali, necessitano di una buona percezione delle frequenze ultracute, non comprese nel campo tonale della voce (musicisti, medici, accordatori, collaudatori, motoristi, radiotelegrafisti, ecc.).

Ma, anche all'infuori di questi casi particolari, è indubitabile che la perdita uditiva per le frequenze extravocali rappresenta un sia pur lieve svantaggio aggiuntivo che costituisce un fattore di aggravamento di una sordità per i suoni vocali.

È quindi giusto tenerne conto, sia pure in misura del tutto subordinata, quando si voglia emettere un giudizio il più possibile vicino alla realtà del danno effettivo derivato all'individuo nelle varie congiunture della vita quotidiana.

Ciò premesso, vediamo quali possono essere i mezzi più idonei a calcolare l'entità della diminuzione della capacità uditiva.

La curva di intelligibilità, ottenuta mediante i procedimenti classici dell'audiometria vocale, è capace di per se stessa di indicare l'attitudine dell'individuo a percepire la voce a debole, normale e forte intensità. Il materiale fonetico deve essere costituito da liste di parole disillabiche, come quelle pazientemente elaborate da Bocca per la lingua italiana, da Fournier per la lingua francese, o come quelle raggruppate in liste di varia denominazione dagli Autori anglo-americani; a titolo complementare si potranno eseguire prove con i logotomi e con frasi a senso compiuto e brani di discorso.

Comunque la curva di articolazione che deve far testo per la valutazione è quella ottenuta con le parole di due sillabe, che maggiormente si prestano ad esprimere la capacità uditiva del soggetto in tutte le sue componenti, sensoriale, intellettiva, psicologica.

Se la curva di articolazione raggiunge il 100% di intelligibilità (soglia

di intellezione), il suo punto di incontro con l'asse del 50% (soglia di percezione) sarà sufficiente ad esprimere la capacità uditiva del soggetto sia per la voce normale, che per quella debole e forte.

Davis ha determinato che qualora la soglia di percezione sia pari od inferiore ad un valore di intensità di emissione della voce di 55 db., il soggetto può ancora percepire la voce normale di conversazione; al disopra di questo livello, inizia la sordità nel senso sociale del termine.

Questo schematismo è senza dubbio utile, ma non tiene conto di un fattore assai importante, e cioè della forma della curva di articolazione, dell'esistenza o meno di un tetto o *plateau* o addirittura di una curva paraboloide, come può avvenire nei casi di sordità recettiva con presenza di recruitment.

È evidente che il soggetto la cui curva di articolazione si arresta a 70% di intelligibilità ha un udito molto più compromesso di quello di un soggetto che abbia la stessa perdita uditiva, ma raggiunga il 100% di intelligibilità.

La semplice lettura del valore in decibel corrispondente alla soglia di percezione è quindi insufficiente a definire l'handicap sociale del minorato uditivo.

Esistono metodi adatti a calcolare questo indice sulla base dell'andamento della curva di intelligibilità. Davis ha descritto un metodo di calcolo della capacità uditiva sociale (social adequacy index), prendendo la media delle percentuali di intelligibilità a livello della intersezione della curva con tre assi verticali che passano rispettivamente per 55, 70 ed 80 decibel. Questi livelli corrispondono, nelle particolari condizioni d'esame e con le liste di parole disillabiche usate dall'Autore (P. B. Word List), alla voce debole, normale e forte.

Non è naturalmente possibile trasferire queste cifre di peso nella lingua italiana, la cui composizione fonetica è notevolmente diversa da quella anglosassone.

Mediante l'indice di Davis, stato calcolato a 33 il livello a cui ha inizio la sordità, ed a 67 il livello a cui inizia l'*inadeguatezza sociale*.

J. Fournier, basandosi su queste cifre, ha proposto un *indice di capacità uditiva* (ICA), anch'esso calcolato sulla curva di intelligibilità ottenuta con parole disillabiche della lingua francese.

Anche in questo caso il valore dell'indice si ha prendendo la media delle percentuali di intelligibilità nei punti di intersezione della curva di articolazione con gli assi dei 40, 55, 70 decibel.

Ad esempio, la curva di intelligibilità, nel diagramma riportato qui di seguito, interseca i tre assi verticali a livelli rispettivamente di 20, 50, 70% di intelligibilità (Fig. 29).

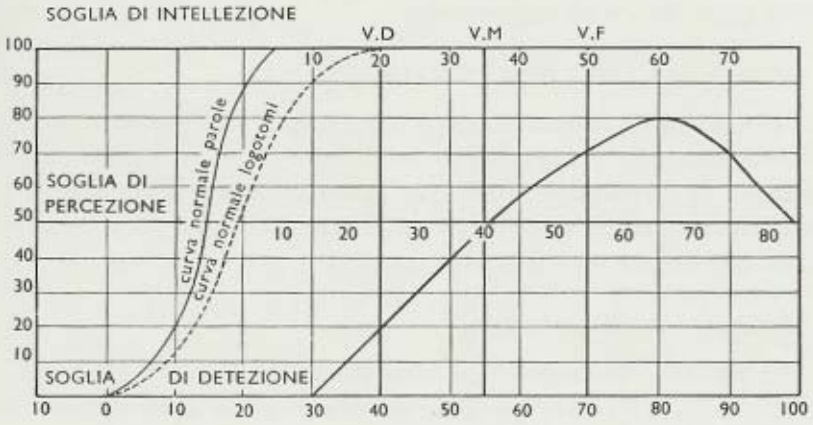


Fig. 29

L'ICA sarà dunque $\frac{20 + 50 + 70}{3} = 46{,}6\%$

Questo valore esprime naturalmente la percentuale di udito residuo e non quello della perdita; basterà sottrarre da 100 il valore ottenuto per avere la percentuale di perdita.

Nel nostro caso $100 - 46{,}6 = 53{,}4\%$ perdita percentuale.

È indubbio che questi metodi di calcolo sono molto più accurati della semplice valutazione della soglia di percezione, in quanto sono in grado di fornire un quadro più completo e definito sull'attitudine del soggetto a percepire la voce nelle condizioni usuali, cioè in tutte le varie sfumature di intensità che si presentano nella vita pratica.

Penso che l'ICA potrebbe essere assunto, senza andare incontro ad un errore sensibile, anche nella lingua italiana, data l'affinità nella distribuzione fonetica dei due idiomi, e dato anche la curva di articolazione ottenuta con le parole disillabiche francesi di Fournier è quasi sovrapponibile a quella ottenuta con le liste di Bocca.

Tuttavia, ai fini della valutazione clinico-sociale o medico-legale di un difetto uditivo, la cifra dell'ICA non è ancora, a nostro parere, definitiva,

nel senso che può essere ritoccata, sia pure in modo non eccessivo, per il concorso di varie circostanze che possono di volta in volta aggravare la entità dello svantaggio sociale.

Cercheremo di elencare brevemente questi che potremo chiamare *fattori aggravanti* o *di aggravamento.*

1) PERCEZIONE PER I TONI EXTRAVOCALI

Ci riferiamo a quanto detto in precedenza sull'importanza talora notevole, in rapporto alla professione, di questo fattore. È pertanto indispensabile, a nostro avviso, sia per questo che per altri motivi, che l'audiometria vocale sia sempre accompagnata da un esame audiometrico tonale.

2) PRESENZA DI RECRUITMENT

Per quanto l'andamento della curva di intelligibilità, e quindi la lettura dell'ICA, sia subordinata alla presenza o meno di recruitment, pure è evidente che nelle contingenze della vita pratica le interferenze disturbatrici di questo fenomeno sono molto più accentuate di quanto non dimostri l'esame nelle nostre cabine silenti o comunque in ambiente modicamente rumoroso.

La presenza del recruitment, completo od incompleto, costituisce quindi un fattore aggravante di cui va tenuto conto.

3) ACUFENI

La presenza di rumori endotici può talora costituire il disturbo più fastidioso, e certamente il più deprimente, di un soggetto ipoacusico. Se l'ipoacusia è di grado lieve e quindi il soggetto è in grado di percepire buona parte dei rumori ambientali, questi possono esercitare sugli acufeni un effetto mascherante che ne limita grandemente l'azione disturbatrice; qualora invece la sordità sia di grado tale da escludere completamente la percezione dei rumori di un ambiente comune, l'intensità soggettiva degli acufeni può salire ad un livello notevolmente fastidioso, talora insopportabile.

La misura degli acufeni può essere effettuata con i metodi di acufenometria ormai divenuti classici, e che permettono di definire la frequenza e la banda di frequenze, l'intensità e la mascherabilità degli acufeni.

L'acufenometria può inoltre fornire la possibilità di svelare la simulazione dei rumori endoaurali, riuscendo molto difficile al simulatore ripetere fedelmente l'altezza tonale e l'intensità dell'acufene in esami ripetuti a distanza di tempo.

Anche la presenza di acufeni può dunque costituire, in misura diversa da caso a caso, un fattore di aggravamento.

4) PROFESSIONE

Per quanto la professione esercitata dal soggetto in esame costituisca uno degli elementi sui quali si basa la valutazione del suo *valore sociale*, e quindi la valutazione dell'indennizzo in caso di infortunio, pure vi sono casi particolari, come prima abbiamo accennato, pei quali la distribuzione del difetto uditivo sul campo di frequenze costituisce un elemento fondamentale per la valutazione del danno lavorativo.

Può ancora quindi rientrare nella competenza peritale dell'audiologo il giudizio sull'entità del danno lavorativo conseguito ad una lesione, quando si tratti di professioni particolari che esigono una specifica acuità uditiva per determinate frequenze (musicisti, medici, accordatori, telegrafisti, motoristi, ecc.).

Sembra logico che un individuo che abbia sofferto una lesione uditiva per le frequenze al disopra dei 3000 cicli, possa non risentire alcun danno sociale se esercita la professione ad es. di contadino; ma lo stesso difetto assume grande valore se si tratta ad esempio di un musicista.

È pertanto opportuno che l'otologo tenga conto del fattore professionale, almeno per i casi particolari che abbiamo citati, e per i quali la legge non prevede alcun particolare trattamento, poichè il danno lavorativo viene calcolato per il lavoro generico e non per quello specifico.

Altri fattori che interferiscono nella valutazione del danno sociale conseguente ad una minorazione uditiva, sono in un certo senso estranei al compito dell'audiologo incaricato della perizia sul danno.

L'età dell'infortunato, il sesso, il luogo di residenza, la capacità produttiva, la capacità sociale, sono tutti elementi che concorrono a definire quello che in termini legali si chiama il *valore della persona offesa*, in base al quale verrà stabilita l'entità dell'indennizzo. Non sarà quindi necessario che l'otologo tenga conto di questi elementi, che verranno vagliati in altra sede e che pertanto avranno comunque un loro peso nella liquidazione della rendita.

Il nostro compito è limitato alla valutazione del primo elemento, cioè la diminuzione della capacità lavorativa in conseguenza di una data ipoacusia; il secondo elemento, il valore della persona offesa, esorbita dalla nostra competenza.

QUADRO RIASSUNTIVO

Valutazione percentuale della capacità uditiva sociale.

Audiometria vocale con liste di parole disillabiche
Calcolo dell'ICA . . . . . = X%

Fattori di aggravamento:
- Percezione dei toni extravocali . . . . . = 1-5%
- Recruitment . . . . . = 2-10%
- Acufeni . . . . . = 1-5%
- Professione . . . . . = 0-10%

I fattori aggravanti non dovranno complessivamente superare la quota aggiuntiva del 15% sulla cifra valutata con l'ICA. Se, invece della valutazione percentuale della capacità uditiva sociale residua, si vorrà conoscere l'ammontare della perdita percentuale, basterà sottrarre da 100 il valore della capacità uditiva sociale.

TABELLA COMPARATIVA sui valori di invalidità assegnati dai varii Enti assicurativi alle diverse categorie di sordità contratte in seguito ad infortunio (Da PELLEGRINI).

Voce di conversazione percepita a metri	+ di 5		da 5 a 3		da 3 a 0.5		— di 0,5		non udita	
	Mon.	Bilat.	Mon.	Bilat.	Mon.	Bilat.	Mon.	Bilat.	Mon.	Bilat.
INFORTUNISTICA					0-10%	5-30%	15%	40-50%	20%	60%
ASSICURAZ. OBBLIG. INFORT. INDUSTRIA									11%	50%
IDEM AGRICOLTURA									20%	40%
ASSICUR. PRIVATE									20%	40%
SERVIZIO MILITARE				s. s.		R			s.s.(R)	R

s. s. = servizio sedentario
R = riforma

Poichè la misura della capacità uditiva, in medicina legale, è tuttora basata sulla distanza in metri a cui viene percepita la voce di conversazione, è opportuno stabilire un rapporto tra questa misura e la perdita percentuale calcolata secondo i criteri da me precedentemente esposti.

Un confronto tra la distanza in metri, calcolata in modo necessariamente empirico, e la perdita uditiva in valori percentuali non può essere stabilito che in misura approssimativa, ma tuttavia sufficiente ai fini pratici. Nella tabella seguente, accanto alla distanza in metri a cui viene percepita la voce, sono segnati i valori percentuali corrispondenti.

VOCE DI CONVERSIONE PERCEPITA A METRI	PERDITA PERCENTUALE
+ di 5	0 — 25 %
5 — 3	25 — 35 %
3 — 0,5	35 — 60 %
— di 0,5	60 — 90 %
non percepita	+ di 90 %

Questi valori percentuali corrispondono a quelli proposti da Bocca e Pellegrini per la perdita in db., ad eccezione di quelli riguardanti la sordità di 3° grado, che questi AA. identificano in 60-100 db. di perdita. A mio parere perdite uditive superiori ai 90 db. devono essere assimilate ai fini pratici alle sordità totali, date le scarsissime probabilità di un reintegro funzionale socialmente utile anche con l'ausilio di un apparecchio di protesi acustica.

13

L'audiometria nell'infanzia

Le difficoltà inerenti alla misura della capacità uditiva nei bambini possono essere facilmente intuite se si pensi che le procedure audiometriche sinora descritte richiedono un'attiva collaborazione da parte del soggetto esaminato, il quale deve impegnare severamente la sua attenzione per fornire all'esaminatore risposte adeguate. Questa collaborazione viene totalmente o in gran parte a mancare quando si tratti di esaminare un bambino, specialmente se di tenera età o con scarso patrimonio intellettivo e linguistico, come accade quando l'ipoacusia è bilaterale, di grado elevato, congenita o acquisita nei primi due anni di vita (soggetti sordomuti).

Nella più gran parte dei casi gli usuali procedimenti audiometrici si rivelano inadeguati, poichè i toni puri o una successione di parole non costituiscono uno stimolo psicologicamente significativo per il bambino sordo. Quand'anche si fosse riusciti a suscitare l'interesse del piccolo esaminando con stimoli di questa natura, riuscirà sempre difficile mantenerne desta l'attenzione per un periodo di tempo sufficiente a consentire una valutazione anche approssimativa del grado e dell'estensione della sordità.

E' difficile stabilire a priori quali sono gli stimoli sonori capaci di provocare una risposta qualunque (emotiva, riflessa, mimica, motoria ecc.) poichè lo stesso suono o lo stesso rumore possono aver significato per un bambino e costituire invece per un altro una stimolazione amorfa e priva di interesse. Ciò dipende dal grado di familiarità assunto con i varii rumori che si producono nella vita di ogni giorno, e dipende quindi soprattutto dal grado di sordità e dai caratteri dell'ambiente familiare.

L'esaminatore che si accinge a compiere un'indagine sulla capacità uditiva di un bambino deve conoscere alcuni elementi di psicologia infantile che gli consentano di differenziare il comportamento di un soggetto

normale da uno ipoacusico, nelle varie età, di fronte a stimoli sonori di diversa natura; deve avere una sufficiente esperienza nell'impiego degli strumenti sonori di cui può disporre (giocattoli sonori: trombette, tamburi, gong, fischietti, campanelli, tam-tam; rumori significativi: il batter di mani, la caduta di oggetti, chiusura ed apertura di una porta, ecc.; strumentarii di vario genere che descriveremo in seguito; test vocali e tonali, ecc.).

Bisogna ricordare a questo punto che il sordo può percepire, per una sorta di affinamento vicariante degli organi sensoriali tattili, alcuni rumori per la loro componente vibratoria: sono stati descritti casi di bambini gravemente ipoacusici che si voltavano al rumore dei passi sul pavimento senza tappeto o al batter di mani, mentre non rivelavano segni di attenzione se le vibrazioni del pavimento erano smorzate da un tappeto o se tra le mani ed il bambino era interposto un ostacolo. Allo stesso modo possono essere percepiti rumori di altro genere, come il battere di una porta o la caduta di un oggetto sul pavimento; occorre dunque molta prudenza da parte dell'esaminatore nell'interpretazione di questi segni.

Anche immagini visive possono essere utilizzate dal fanciullo sordo, che può leggere sulle labbra o servirsi delle variazioni delle luci o delle ombre per seguire ed interpretare le variazioni dell'ambiente che lo circonda. Ma se questi elementi possono facilmente indurre in errore i genitori, i quali ne traggono l'illusione che il loro bambino abbia un deficit uditivo minore di quello effettivamente presente, non devono invece trarre in inganno l'esaminatore accorto, il quale deve sapere distinguere quanto delle risposte del bambino sia imputabile ad una effettiva percezione uditiva e quanto invece sia dovuto a meccanismi compensatorii di diversa natura.

Le prove che si possono eseguire sono naturalmente in rapporto all'età del soggetto esaminato; e parlando di età, s'intende alludere all'età mentale, specialmente se si tratta di soggetti ipoevoluti dal lato intellettivo.

DURANTE IL PRIMO ANNO DI VITA

L'evenienza di un esame in quest'epoca della vita si presenta raramente, in quanto durante il primo anno il bimbo sordo piange e balbetta come il bimbo normoudente, ed i genitori hanno pertanto elementi troppo scarsi per sospettare un difetto uditivo. Tuttavia, specialmente in famiglie nelle quali esistono precedenti di sordomutismo, o quando è presente una

malformazione dell'orecchio esterno, può verificarsi il caso di dover saggiare l'udito del bambino, almeno ai fini di una grossolana discriminazione del grado di una eventuale sordità.

Il bambino normoudente, secondo gli accurati studi di Ewing, già al secondo mese risponde alla voce della mamma e delle persone note, od ai rumori associati agli atti della sua vita giornaliera (pulizia, alimentazione). Egli dimostra il suo interesse mutando espressione del viso, sorridendo o muovendo le dita e le braccia. Dal terzo al quinto mese può compiere gesti significativi (tende le braccia se gli si dice: « vieni »). Da sette o dodici mesi può distinguere le voci dei differenti membri della famiglia. Ad un anno di età può riconoscere semplici frasi. Di fronte a stimoli sonori di forte intensità (tromba, fischietto, campanello) il piccolo presenta risposte riflesse di grande interesse: sussulta, chiude gli occhi, muove le dita, talora si volge verso la madre. Al quarto-quinto mese si gira nella direzione del rumore, che ha potuto quindi localizzare seppure imperfettamente e non costantemente; al 7° mese quasi tutti i bambini localizzano correttamente la provenienza del suono. Rumori anche fievoli ma significativi destano maggior interesse di suoni forti.

Il bambino sordo, se non è del tutto cofotico, può alzare gli occhi o girare la testa se la madre lo chiama ad alta voce, ma dimostra una difficoltà notevole a localizzare il suono; se la sordità è grave non gira gli occhi o la testa se la mamma lo chiama anche con voce forte, ma cambia espressione del viso. Se al termine del primo anno non risponde in alcun modo alla voce della madre o di un familiare, deve considerarsi sordo totale.

Con i giochi sonori, se l'ipoacusia è moderata si osserveranno, per forti stimolazioni, i segni abituali: sussulto, ammiccamento, movimenti delle dita; non si osserverà però mai in questa età, anche in sordità parziali, un movimento della testa in direzione della sorgente sonora. Analogamente i rumori significativi (frusciare di carta, passi, apertura di una porta) non provocano risposte di alcun genere in quanto non sono percepiti dal piccolo ipoacusico e perdono quindi ogni significato.

Dopo un esame di questo genere il giudizio non potrà essere che approssimativo, ma sufficiente a stabilire se il piccolo ode normalmente, oppure è parzialmente o totalmente sordo.

DA UNO A QUATTRO ANNI

Per i bambini compresi in questi limiti di età i mezzi a disposizione sono più variati e consentono determinazioni più accurate. La precauzione fondamentale da rispettare durante le prove è quella di mettere il bambino in condizioni di assoluta tranquillità, interessandolo con qualche giocattolo divertente e conquistandone la fiducia e la simpatia. Prima di iniziare la prova, si dovrà osservare il comportamento del piccolo di fronte ad una serie di giochetti opportunamente studiati per classificare l'età mentale (test senza parole di Borel-Maisonny); durante lo svolgimento delle prove il bimbo dovrà sempre essere intento ad attività di gioco, in modo che gli stimoli sonori gli giungano assolutamente inattesi.

Le reazioni dei bambini di questa età di fronte alle stimolazioni acustiche descritte in precedenza sono più evidenti e rivestono un significato più preciso. Non si può ancora eseguire una valutazione della soglia uditiva, ma si ottengono elementi sufficienti a definire con una certa approssimazione la misura del difetto uditivo. Soprattutto gli esami con la voce offrono grandi possibilità di valutazione. Il bambino di due anni che non risponde se la mamma lo chiama ad alta voce è sicuramente affetto da una sordità pressochè totale. Se la sordità è grave ma non totale, il bimbo risponde al suo nome od a semplici ordini dati a voce forte. Giovandosi di un altoparlante e di un'amplificazione calibrata, si può talora giungere a determinare in cabina silente la soglia per la voce. Il materiale vocale dev'essere adatto a ciascun bambino: si potrà ad esempio misurare l'intensità alla quale percepisce il proprio nome, o risponde a semplici domande (*dov'è la mamma?*), o esegue facili ordini (*vieni qui!*).

Talora è possibile eseguire, verso il 3-4° anno di età, alcuni esami più complessi che generalmente si impiegano alla fine del quarto anno o all'inizio del quinto (test vocale con figure, audiometria tonale con il *peep-show*, ecc.).

Un grande interesse va assumendo da qualche anno a questa parte *l'audiometria obiettiva* con toni puri, proposta da Bordley e Hardy, fondata sul rilievo delle variazioni della resistenza cutanea conseguenti ad una stimolazione sonora seguita da una scossa elettrica. La pratica attuazione di questa prova incontra ancora oggi difficoltà notevoli, ma sarà probabilmente destinata ad assumere un ruolo molto importante nell'immediato avvenire, permettendo il rilievo della soglia uditiva con un metodo obiettivo, che non richiede dunque la collaborazione del paziente.

La prova consiste nel creare un riflesso condizionato tra un suono ed una scossa elettrica. Al paziente si applicano, sulla cute del braccio o della gamba, due elettrodi connessi ad un milliamperometro, le cui oscillazioni sono amplificate e registrate da un sistema scrivente. Se alla percezione di un suono, dopo un breve intervallo, si fa seguire una scossa elettrica, si crea nel paziente una risposta condizionata per cui l'attesa della scossa che succede al suono indurrà uno stato di emozione e di apprensione capace di determinare variazioni nella resistenza cutanea misurabili con il galvanometro.

Si comincia col far sentire al paz. una certa frequenza a forte intensità, e la si fa seguire da una scossa con corrente faradica; questa provocherà un'ampia oscillazione dell'ago del milliamperometro per una brusca variazione dei potenziali cutanei. Quando il soggetto è condizionato, cioè sa che ad ogni suono segue una scossa, questa può essere eliminata dalla prova; lo stato emotivo derivante dall'attesa della scossa, basterà da solo ad indurre una variazione della resistenza cutanea. Se il suono non è percepito, manca naturalmente il riflesso condizionato e nessuna variazione si dovrà registrare sul grafico.

Abbassando progressivamente l'intensità del suono, si potrà rilevare la soglia uditiva per la frequenza pura impiegata nella prova. Gli AA. americani e quelli francesi (Maspetiol, Massonet) asseriscono di poter eseguire con questo metodo rilievi di soglia abbastanza accurati anche nei bambini di un anno di età.

Il metodo può anche trovare vaste possibilità di impiego nel campo medico-legale, per il riconoscimento di sordità simulate.

DA QUATTRO A SEI ANNI

A cominciare dal 4-5° anno di età, si può cominciare a sperare in una collaborazione attiva da parte del bambino; invece di lasciarlo giocare liberamente ed osservare le sue reazioni di fronte agli stimoli sonori, si può ottenere che egli compia un gesto convenzionale ogni qual volta percepisce un suono od un rumore. Il gesto convenzionale può essere rappresentato da un movimento della mano o da un'azione connessa ad un gioco (ad esempio introdurre una pallina in un recipiente ad ogni suono percepito).

A quest'età i test vocali assumono un'importanza capitale. Si potranno sfruttare come materiali vocali semplici domande, ordini legati ad attività di gioco, pronunciati con voce forte, voce normale e voce afona. La

varietà delle procedure è affidata al buon senso ed alla fantasia dell'esaminatore in rapporto alle possibilità offerte dal caso in esame.

Di grande utilità può riuscire il *test vocale con figure* apprestato da Moretto in base alle prove proposte da Bloomer, Keaster, Morley, Westlake ed altri, e fondate sul riconoscimento da parte del bambino di figure od oggetti a lui familiari.

Il materiale grafico occorrente per questa prova consiste in un quadernetto composto di quattro fogli. Nella prima pagina sono contenute le istruzioni per i genitori del bambino che dovrà essere sottoposto all'esame; su ognuno dei rimanenti tre fogli sono riprodotti quattro semplici disegni raffigurativi (dodici in tutto), opportunamente scelti secondo i criterii seguenti:

1) I soggetti delle figure sono di estrema semplicità, e tali da poter essere rappresentati nel vocabolario di un bambino di 4 anni.

2) I nomi che corrispondono alle figure sono scelti in modo da coprire, per quanto possibile, tutto il campo tonale della voce parlata; sono cioè equamente distribuiti in essi i fonemi gravi, medi ed acuti.

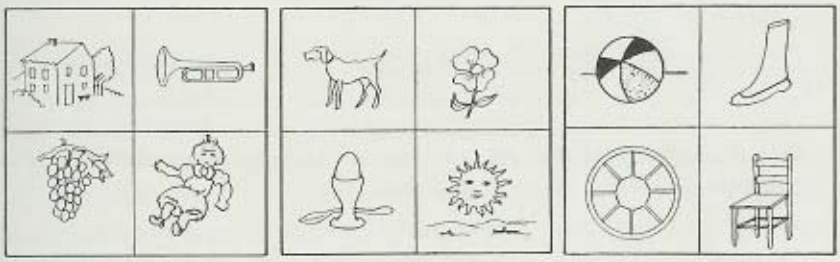


Fig. 30

Nella fig. 30 sono illustrati i dodici disegni.

Le istruzioni per i parenti dell'esaminando, riportate più sotto, varranno a delucidare le caratteristiche di questa prova.

« Mediante le figure qui riprodotte, è possibile eseguire un esame dell'udito di « sufficiente precisione anche in bambini di tenera età, purchè essi siano stati in « precedenza allenati a fornire delle risposte adeguate.

« Bisognerà pertanto che i genitori, o comunque le persone che si addosseranno « il compito di questo allenamento preliminare, seguano scrupolosamente, le « seguenti istruzioni:

1) Ritagliare le figure seguendo le linee di demarcazione. Si otterranno così dodici cartoncini raffiguranti ciascuno un soggetto differente. Per interessare maggiormente il bambino, si possono eventualmente colorire le immagini.

2) Mettere tre o quattro di questi cartoncini su un tavolo davanti al bambino dicendogli ad es.: « Metti il dito sul fiore »; e poi: « Metti il dito sulla bambola »; e così via.

3) Servirsi sempre della stessa parola per indicare una certa figura. Anche gli ordini dovranno sempre essere identici di volta in volta.
Ecco la lista dei nomi corrispondenti alle dodici figure:

Prima pagina	Seconda pagina	Terza pagina
casa tromba	palla calza	cane fiore
uva bambola	ruota sedia	uovo sole

4) Se il bambino non conosce bene la parola che gli viene presentata, occorre ripeterla più volte di seguito, indicandogli la figura corrispondente. Per esempio ripetere quattro o cinque volte la parola « ruota » indicando la figura che rappresenta la ruota. Ripetere questo esercizio finchè il bambino non abbia imparato ad indicare correttamente la figura corrispondente al nome pronunciato dall'istruttore. Procedere nel modo indicato per ogni figura, avendo l'avvertenza di porsi di fronte al bambino, affinchè egli possa eventualmente leggere sulle labbra dell'istruttore.

5) Quando il bambino risponderà correttamente agli ordini datigli stando di fronte, porsi alle sue spalle a distanza di un metro o un metro e mezzo e ripetere gli esercizi alzando la voce quanto basta per far capire al bambino la parola pronunciata. Nel caso che egli non capisca gli ordini pronunciati alle spalle, continuare gli esercizi standogli di fronte.

6) Ripetere questi esercizi più volte al giorno, per parecchi giorni di seguito. Quando il bambino avrà imparato a rispondere correttamente, condurlo in clinica per l'esame. E' indispensabile che l'esame venga eseguito con le stesse figure usate per l'allenamento: i genitori ricordino quindi di portare con sè i cartoncini.

A questo punto hanno termine le istruzioni per i parenti, che sono volutamente scritte in forma semplice e piana.

L'esame viene generalmente eseguito in cabina silente ed in campo libero, facendo cioè giungere al paziente i segnali verbali attraverso un altoparlante di alta fedeltà collegato ad un sistema di amplificazione e di attenuazione accuratamente tarati.

Si comincia con livelli di intensità piuttosto elevati e si attenua gradatamente l'ampiezza sino a determinare la soglia di percezione (rappre-

sentata da quel livello di intensità a cui il paz. commette il 50% di errori nell'indicazione delle figure).

Talora è possibile, in bambini particolarmente docili ed attenti, eseguire l'esame in cuffia, rilevando separatamente la soglia per i due orecchi. Generalmente pochi giorni sono sufficienti per l'allenamento; un periodo di tempo più lungo è richiesto se l'età del bambino è inferiore ai quattro anni o se il grado di sordità è molto elevato. In qualche caso abbiamo potuto eseguire l'esame senza alcuna preliminare istruzione: si trattava di soggetti di età variabile tra i quattro e i sei anni, ma tutti con deficit uditivo generalmente non superiore ai 50 db.

E' evidente che questa prova non è effettuabile se l'ipoacusia è talmente marcata in entrambi gli orecchi da compromettere irrimediabilmente la possibilità che il bambino impari i nomi delle figure e possa comprendere gli ordini che gli vengono impartiti.

In qualcuno di questi casi è ancora possibile eseguire l'esame con l'aiuto della lettura labiale, saggiando in tal modo non la capacità uditiva soltanto, ma la capacità del bambino a servirsi di stimolazioni acustico visive combinate per l'arricchimento del suo patrimonio linguistico ed intellettivo.

A cominciare dall'età di quattro anni, si potrà anche eseguire in buona parte dei casi un esame audiometrico tonale, a condizione che esso venga reso più facile da alcuni accorgimenti.

Un metodo molto diffuso e che ha dato ovunque buoni risultati è quello descritto da Dix e Hallpike sotto il nome di peep-show, e che consiste nell'associare l'emissione di un tono puro ad una immagine luminosa raffigurante un soggetto divertente.

Il peep-show consiste in una specie di palcoscenico per il teatro dei burattini: una facciata rettangolare decorata con figure dai vivaci colori, al centro della quale vi è un'apertura che a mezzo di una breve galleria conduce ad uno schermo.

Sulla facciata vi è pure una spia luminosa, di color rosso, di cui diremo a suo tempo la funzione. Lo schermo, sul quale compariranno le figure illuminate, è dunque posto in profondità rispetto alla facciata.

All'inizio della prova, che va compiuta in ambiente semioscuro, il bambino è seduto di fronte al teatro di cui osserva la facciata. Lo schermo è spento. All'improvviso si invia nell'altoparlante (posto dietro al peep-show) una frequenza pura a forte intenstià e contemporaneamente

si illumina la spia luminosa sulla facciata. Uno degli esaminatori, seduto accanto al bambino, gli fa osservare quanto è accaduto e lo invita a schiacciare un bottone posto sul tavolo dinanzi a lui; premendo il bottone si illumina lo schermo e compare un disegno divertente. Al cessare del suono e della luce-spia, anche lo schermo si spegne: il bambino proverà a premere ancora il bottone, ma non otterrà il risultato di far ricomparire l'immagine luminosa. Dopo un breve intervallo si ripete la manovra, fino a che il bambino avrà capito che la comparsa delle figure è condizionata all'esistenza del suono e della luce-spia. Quando il condizionamento è ottenuto, la luce-spia può venire eliminata dalla prova, e si farà capire al bambino che la possibilità di illuminare le figure è ora legata soltanto alla presenza del segnale acustico. In pochi minuti un bambino di intelligenza normale è condizionato: allora si abbassa gradualmente l'intensità del segnale, ricercando fino a quale livello in db. il bambino dimostra di percepirlo, precipitandosi sul bottone subito dopo l'emissione del segnale stesso. Questo livello costituirà la soglia di percezione.

Per non stancare il bambino ed interessarlo alla prova, bisogna cambiare sovente i disegni luminosi e ripetere la prova per non più di 5 o 6 frequenze fondamentali.

AL DI LA' DEL 6° ANNO DI ETA', se il bambino ha un'età mentale normale, si potrà quasi sempre eseguire una prova audiometrica con gli stessi procedimenti che si impiegano per gli adulti, avendo l'avvertenza di renderli meno faticosi e di abbreviarne la durata, e valutando le risposte con tutte le precauzioni che il caso richiede e che l'esperienza insegna. In buona parte dei casi si potrà procedere al rilievo della conduzione ossea, anche se questa richiede il mascheramento controlaterale. L'esaminatore esperimentato può sempre valutare l'attitudine del soggetto a rispondere più o meno correttamente, e quindi adattare la difficoltà della prova alle possibilità del singolo caso. Se il primo esame non dà garanzie di sufficiente attendibilità, si ripeteranno le prove due, tre o più volte, ad intervalli di una settimana. Il confronto tra gli audiogrammi ottenuti in epoche diverse oppure il confronto tra audiogramma tonale e quello vocale permettono il controllo della veridicità delle prove.

14

La rieducazione del bambino sordo

Senza avere la pretesa nè l'intenzione di svolgere una completa trattazione dei procedimenti rieducativi che possono essere messi in atto per la sordità infantile, mi limiterò a segnalare quali sono i metodi impiegati nelle singole categorie di bambini sordi, in modo da fornire al medico una utile guida che gli consentirà di indirizzare in modo adeguato il programma rieducativo.

Il medico dovrà anzitutto persuadere i genitori del bambino sordo che questo potrà ancora svolgere una vita normale, se essi prenderanno rapidamente coscienza dei loro speciali doveri, e se si sforzeranno di rieducarlo con la dovuta pazienza e costanza. La rieducazione del bambino sordo è un'impresa lunga e difficile, ed i metodi rieducativi hanno subito una profonda evoluzione nel corso dei secoli. Non si farà qui cenno dei metodi manuali (alfabeto digitale ed altri metodi mimici) per i quali il sordomuto dimostra in genere grande simpatia a causa della loro grande facilità ed anche per i numerosi insuccessi prima d'ora sofferti dai « metodi orali ».

Siamo dell'opinione che lo scopo della rieducazione debba essere quello di restituire il bambino sordo ad una vita sociale il più possibile normale, il che comporta inevitabilmente la necessità di capire il linguaggio e farsi capire. E' quindi necessario perfezionare i metodi orali ed impiegarli in modo esclusivo ogni volta che sia possibile; infine, poichè lo scopo da raggiungere è difficile e richiede un grande dispendio di tempo, la rieducazione va iniziata molto precocemente.

LA RIEDUCAZIONE IN ETÀ DA UNO A CINQUE ANNI

E' stato dimostrato da Autori anglosassoni (Goodhill, Ewing ed altri) con esperienze molto significative che i migliori risultati si ottengono

quando la rieducazione viene iniziata molto precocemente, a cominciare dal momento in cui la sordità viene diagnosticata in modo inequivocabile.

Qualche volta è possibile cominciare ad occuparsi del bambino sordo anche all'età di diciotto mesi o di due anni. I concetti informativi della rieducazione sono estremamente semplici: cercare di sviluppare il linguaggio, sfruttare nel modo più adeguato i residui uditivi e preparare il bambino all'insegnamento della lettura labiale utilizzando gli altri sensi: l'udito, il tatto, il senso del movimento. Ma se i concetti sono semplici, lo svolgimento pratico è invece assai delicato e richiede una specifica competenza; l'esperienza ha dimostrato che anche i genitori più volenterosi, nel tentare di intraprendere senza alcuna guida l'insegnamento del linguaggio al loro bambino, commettono sovente errori grossolani.

La condizione ideale si verifica quando è possibile stabilire una stretta collaborazione tra i genitori ed il maestro specializzato. Questo può avvenire mediante la frequenza di corsi regolari, seguiti dalla madre insieme con il bambino, durante i quali la madre assiste agli esercizi e riceve le direttive per continuare la rieducazione al suo domicilio; oppure, come è stato sperimentato con successo in qualche Clinica specializzata nord-americana, seguendo dei corsi per corrispondenza.

Nel nostro Paese mancano purtroppo istituzioni assistenziali specializzate in questo particolare settore, ed è dunque compito dell'otologo e dei suoi collaboratori di indirizzare i genitori nell'educazione del piccolo sordo, in modo da prepararlo adeguatamente per il momento in cui sarà in età di frequentare un Istituto rieducativo, e facendogli così risparmiare un tempo considerevole.

Per educare un piccolo sordo bisogna rifarsi all'osservazione del bambino normoudente. Le tappe dell'acquisizione del liguaggio si possono grossolanatemente schematizzare in questi paragrafi:

1) Il bimbo comincia a capire il significato delle parole, prima di servirsene: l'intervallo tra il momento in cui il bimbo capisce e quello in cui comincia i suoi tentativi di linguaggio possono variare considerevolmente, da qualche giorno a 7 mesi.

2) Il bambino impara per ripetizione. Udendo ogni giorno e per molti giorni di seguito la stessa parola, il bambino impara ad associare la parola stessa all'oggetto od alla persona da essa designata. Se la parola

è difficile, egli impara prima l'immagine generale, ed in seguito la corregge paragonando il suo modello con la parola correttamente pronunciata dalle persone che lo circondano.

3) Il bimbo cerca di capire le parole che l'interessano o quelle cariche di potenziale affettivo. Per usare un'espressione di Pichot, l'acquisizione del linguaggio obbedisce alla legge di appetizione.

Per il bambino sordo si devono seguire le stesse regole:

1) Insegnargli a capire le parole prima di pretendere che le pronunci;

2) Adottare come tecnica di insegnamento la ripetizione;

3) Provocare e mantenere vivo nel bambino il desiderio di acquisire il linguaggio. E necessario che la comprensione delle parole presenti per lui un vivo interesse.

Una volta capiti i principi del metodo, metterli in pratica è questione di buon senso e di amore materno.

Non mi addentrerò nel riferire i minuti particolari del procedimento rieducativo, che dovrà comunque sempre essere guidato da un maestro specializzato. I genitori in questo periodo costituiscono, nel quadro generale della rieducazione del bambino, quelle che un Autore nord-americano ha definito « le truppe d'assalto ». Se essi hanno preparato bene il bambino, il compito dei rieducatori nell'età scolare sarà enormemente facilitato.

LA RIEDUCAZIONE IN ETÀ SCOLARE

A) Bambini con sordità totale o subtotale.

A questa categoria appartengono i bambini che, anche con l'aiuto di una protesi, non potrebbero con i soli loro mezzi acquisire il linguaggio. Questi bambini sono nati sordi, o lo sono divenuti prima che il loro linguaggio fosse solidamente costituito, cioè prima dei sei anni di età.

Presso gli Istituti per i sordomuti essi subiscono una rieducazione complessa che comprende la labiolettura, lo sviluppo del linguaggio e, se esistono dei residui uditivi, per quanto minimi, l'allenamento uditivo e la rieducazione verbo-acustica.

Per l'insegnamento della *lettura labiale*, il maestro invita il piccolo allievo ad osservare i movimenti visibili dei suoi organi fonatorii: gli fa toccare, a seconda dei fonemi, le guance, la laringe, il torace, perchè possa percepire i movimenti vibratorii durante la fonazione, gli fa sentire sul dorso della mano il soffio emesso dalla bocca, ecc. L'allievo riproduce quello che ha visto e percepito guardandosi in uno specchio, appoggiando la mano sulla sua laringe, sulle guance, sul torace, apprezzando l'intensità del suo soffio sul dorso della mano.

Da quanto si è detto, bisogna convenire che il termine di lettura labiale è improprio o per lo meno incompleto, perchè il bambino osserva non solo le labbra, ma anche i denti, la lingua, le guance, la laringe e tutta la mimica del suo interlocutore; il termine di *lettura del linguaggio* usato dagli Autori americani è dunque più esatto.

Se il bambino ha dei residui uditivi, è indispensabile aggiungere alla lettura del linguaggio la rieducazione audiofonica, che può venire eseguita mediante cuffie collegate ad un sistema amplificatore oppure mediante una protesi individuale. Il bambino aggiunge così alle sensazioni tattili, visive, cenestesiche, anche qualche sensazione uditiva, sia pure incompleta e frammentaria, ma che gli è comunque di grande aiuto nel migliorare la sua pronuncia e nel conferire al suo linguaggio una melodia ed un ritmo naturali.

Ai bambini che non hanno residui uditivi, si cerca di inculcare il senso del ritmo della parola e la nozione di accentazione tonica mediante metodi indiretti, come la musica o la luce. Se, ad esempio, nella pronuncia della parola *fontana* il bambino accenta uniformemente le tre sillabe oppure accenta la prima anzichè la seconda, si associa la parola a due segnali luminosi, l'uno debole e l'altro intenso, oppure a due accordi, l'uno dolce e l'altro molto forte, mentre il bambino tiene la mano appoggiata sul pianoforte. Allo stesso scopo serve l'oscillografo, che può rendere dei grandi servigi per correggere l'articolazione di certi fonemi.

Recentemente gli AA. americani hanno proposto il sistema della parola visibile, *visible speech*, che consiste nell'interpretazione di un complesso oscillogramma generato dalla parola.

Mancano fino ad oggi dati conclusivi sull'efficacia di questa metodica.

In genere, per lo meno in Italia, il tempo necessario per mettere il bambino sordo in possesso della lingua parlata è di almeno cinque anni; questo insegnamento speciale viene impartito negli Istituti Statali per i sordomuti o in Istituti privati. In ogni caso, al termine dei cinque anni,

il bambino così rieducato si trova pressappoco al livello di un bambino normale di sei anni che inizia la sua attività scolare.

B) Sordastri.

I bambini che possiedono residui uditivi notevoli, e che vengono definiti sordastri, meritano una considerazione del tutto speciale. Questi bambini posseggono un linguaggio rudimentale, hanno spesso dei grossolani disturbi articolatorii e, abbandonati a se stessi, compiono progressi molto scarsi e lenti nell'acquisizione del linguaggio.

In Italia, come sarà ulteriormente sottolineato nel capitolo dedicato all'audiometria collettiva scolastica, non esiste una organizzazione pubblica che preveda per questi minorati dell'udito un programma rieducativo particolare. In qualche Istituto per i sordomuti sono state istituite classi differenziali per sordastri, ma non si può dire che questo rappresenti in alcun modo una soluzione integrale del problema dell'assistenza a questa categoria di minorati dell'udito.

Allo stato attuale delle cose, se i familiari del piccolo sordastro hanno disponibilità finanziarie sufficienti, possono assicurargli uno sviluppo intellettuale normale dotandolo precocemente di una protesi acustica e facendolo rieducare privatamente da personale specializzato.

La soluzione ideale del problema sarebbe rappresentata dalla istituzione di classi differenziali per sordastri annesse alle scuole elementari normali, per lo meno in tutti i capoluoghi di provincia.

Nella rieducazione di questa categoria di bambini si impone categoricamente lo sfruttamento integrale di tutti i residui uditivi.

In linea di massima è bene cominciare la rieducazione sin dai primi anni di vita con esercizi di allenamento uditivo mediante un amplificatore di gruppo, come quello rappresentato nella Tav. III; soltanto in seguito sarà opportuno dotare ciascun bambino di una protesi uditiva individuale accuratamente selezionata.

Sono tuttavia descritti casi in cui è stato possibile far accettare la protesi individuale, con ottimo profitto, anche a bambini di due o tre anni. Ma queste sono indubbiamente eccezioni; nella massima parte dei casi il bambino sarà inizialmente incapace di trarre buon profitto da una protesi, e d'altra parte è difficile immaginare che le cose possano andare diversamente, quando si pensi che anche un soggetto adulto ha bisogno di uno o due mesi per adattarsi all'amplificazione dei suoni e dei rumori,

e per imparare a manovrare convenientemente il potenziometro della protesi.

Una volta che si sia realizzata, con un metodo o con l'altro, l'amplificazione uditiva, la rieducazione del sordastro obbedisce alle stesse leggi di quella del sordomuto. L'insegnamento della lettura labiale è di grande importanza per compensare mediante la vista la perdita di alcuni suoni, particolarmente alcune consonanti. Il bambino dovrà imparare l'articolazione corretta delle parole ed il controllo del suo linguaggio; a questo risultato dovrà pervenire associando le sensazioni tattili e cinestesiche alle sue incomplete sensazioni uditive.

La rieducazione può dirsi terminata quando il bambino ha acquisito un vocabolario abbastanza esteso, quando non commette più errori di articolazione ed ha imparato ad adoperare l'apparecchio di protesi senza aver bisogno di una sorveglianza costante. A questo punto il sordastro può essere immesso in una scuola ordinaria, tra i bambini normali. Per rendere il passaggio meno brusco ed evitare che il bambino perda la confidenza in se stesso, è bene che sia seguito in modo particolare dal nuovo maestro, che avrà cura di sistemarlo vicino a sè, nella prima fila di banchi.

C) Sordità parziale.

Per sordità parziali si intendono quelle comprese tra valori di perdita di 15 e 40 decibel per le frequenze della voce di conversazione.

Il problema rieducativo è in questi casi molto semplice: dotare il bambino di una protesi acustica e svolgere il dovuto allenamento uditivo. Gli eventuali disturbi dell'articolazione saranno corretti con appropriati esercizi.

Gli unici casi che presentano qualche difficoltà rieducativa sono quelli caratterizzati da una curva audiometrica normale per le basse e le medie frequenze, con brusca e ripida caduta per gli acuti.

In queste condizioni la protesi uditiva non può rendere alcun utile servigio, e per la correzione delle inevitabili dislalie audiogene (quasi sempre a carico delle sibilanti *s*, *z*, *sc*) non resta che ricorrere alla labiolettura.

Particolari cure dovranno essere dedicate a questi piccoli ipoacusici nell'ambiente familiare: bisognerà rivolgere loro la parola stando di fronte, a voce alta, evitando di parlare a bassa voce in loro presenza;

TAVOLA III

Moderna apparecchiatura di rieducazione per sordomuti, funzionante in una classe di Istituto Sordomuti.

Materiale gentilmente fornito dalla Elit - Elettronica Italiana - Milano

bisognerà evitare di rimproverarlo per errori che possa aver commesso in conseguenza della mancata comprensione di un ordine, per una disattenzione, o per un altro qualsiasi fallo che possa essere giustificato dal difetto uditivo.

I genitori dovranno ottenere anche dai fratelli o dalle sorelle del piccolo sordo un uguale atteggiamento comprensivo; con l'aiuto di tutti i familiari, questi soggetti potranno sviluppare una attitudine sociale ed una personalità del tutto normali.

15

L'audiometria collettiva

PRELIMINARI

La sordità è una malattia sociale prima di tutto perchè altera profondamente i rapporti dell'individuo con la società ed in secondo luogo perchè la sua diffusione raggiunge proporzioni tali da costituire un problema di interesse sociale. In tutte le Nazioni si vanno organizzando ricerche sempre più vaste e sistematiche sulla funzionalità uditiva nelle varie epoche della vita e si vanno predisponendo i mezzi più adeguati per evitare l'insorgenza della malattia o limitarne le conseguenze.

Che il problema della sordità sia essenzialmente un problema di ordine profilattico, è stato ribadito a più riprese dai più eminenti cultori della disciplina otorinolaringologica; il difetto uditivo va prevenuto, riconosciuto e curato nella prima epoca della vita, quando ancora non ha assunto una decisa fisionomia patologica con alterazioni irreversibili. Per questi motivi il riconoscimento precoce dei difetti uditivi nei bambini di età scolare va rivelandosi ogni giorno di più un provvedimento di grande importanza profilattica.

La perfetta integrità delle facoltà uditive nel periodo formativo è una delle condizioni essenziali alla acquisizione del linguaggio, alla corretta evoluzione psichica, allo sviluppo intellettuale ed alla formazione del carattere: ne deriva come postulato che una menomazione sensoriale uditiva nell'età infantile può condurre a gravi deficienze psico-intellettuali, ad anomalie del carattere, ad incompleto o mancato sviluppo del linguaggio.

D'altra parte è riconosciuto che la massima parte delle lesioni patologiche a decorso lento e subdolo, capaci di condurre a gravi menomazioni uditive col passare degli anni, hanno il loro inizio e proseguono la loro

evoluzione nell'età infantile; ed è parimenti noto come queste lesioni siano suscettibili di una guarigione completa in una buona percentuale dei casi, a condizione che vengano adeguatamente curate al loro primo apparire. Converrà ancora aggiungere che frequentemente il difetto uditivo, pur esercitando le azioni disturbatrici di cui si è detto, può passare inavvertito sia dal bambino che dai genitori e dall'insegnante perchè di grado lieve o perchè unilaterale o perchè a carico di frequenze marginali nei confronti del campo tonale della voce.

Oltre a ciò, e specialmente nei distretti rurali, vi è, secondo l'esperienza da noi acquisita durante le indagini collettive di cui esporremo i risultati, una relativa insufficienza dei provvedimenti curativi nei difetti uditivi conclamati; sia questo dovuto ad inerzia mentale dei parenti, o a disagiate condizioni economiche, o ancora alla relativa impossibilità di seguire cure regolari sotto controllo specialistico, il fatto è che troppi casi abbiamo dovuto osservare di bambini portatori di un'imperfezione uditiva dovuta a cause facilmente eliminabili solo che la cura fosse stata intrapresa qualche tempo prima. Accanto quindi al riconoscimento dei difetti uditivi sconosciuti, è di somma importanza il poter individuare i difetti già noti, riconoscerne le cause, richiamare l'attenzione dei genitori sull'importanza determinante di una terapia efficace ed immediata, e prospettare i pericoli e gli inconvenienti che potrebbero derivare al bambino dalla loro trascuratezza.

Un programma profilattico completo, oltre al riconoscimento dei casi bisognevoli di trattamento medico-chirurgico o fisico-terapico, dovrebbe anche comprendere la possibilità di eseguire le cure stesse e controllare periodicamente i risultati ottenuti.

La Clinica Otorinolaringologica dell'Università di Torino, in collaborazione con l'Amministrazione Provinciale, ha potuto svolgere durante gli ultimi sette anni un'indagine audiometrica collettiva nei bambini della provincia, che è di gran lunga la più vasta delle indagini di questo genere sinora descritte (sono stati sinora esaminati più di 80.000 scolari).

L'AUDIOMETRIA COLLETTIVA SCOLASTICA

Le prime indagini statistiche sulla sordità nella popolazione scolare furono compiute negli Stati Uniti d'America durante l'ultimo quindicennio. La percentuale di ipoacusici si aggirava sul 10%, intendendosi

con il termine di ipoacusici tutti gli individui che presentavano un difetto uditivo sia pur lieve e parziale. Queste prime statistiche sono ormai superate dai dati più recenti, segnalati da ogni parte del mondo, e secondo i quali i difettosi di udito si aggirano intorno al 5% della popolazione scolare. Terracol ha comunicato recentemente di aver riscontrato una percentuale di ipoacusici del 4,5% su 2229 scolari esaminati con il metodo del *balayage de frequences* o *arpeggio sopraliminare*. Altre statistiche francesi fissano la percentuale al 4%, mentre in Inghilterra si segnalano cifre del 6,6%. Percentuali molto maggiori sono state riscontrate in Olanda (13%) in Argentina (11%) ed in Italia da Croatto, il quale con il metodo del « *Massachussets hearing test* » ha rilevato, in una scuola elementare di Padova, una percentuale di ipoacusici del 18,34%, ed in un'altra scuola una percentuale del 10,32%.

La disparità delle cifre è giustificata, oltre che dalla variabilità nell'incidenza della malattia in rapporto al clima ed alle condizioni igienico-sociali, anche e sopratutto dalla disparità dei metodi impiegati; risulta però evidente che, mentre le percentuali più elevate sono quelle ottenute con i metodi collettivi, con il metodo del balayage de frequences si osserva una confortante uniformità di risultati su valori non superiori al 5%. Si deve pertanto ritenere che tale cifra, con qualche variazione legata alle condizioni ambientali locali, rappresenti effettivamente l'ammontare percentuale di ipoacusici della popolazione scolare.

I METODI DI INDAGINE COLLETTIVA. — Possono essere divisi in prove con toni puri ed in prove con voce riprodotta su dischi. Qualunque sia lo stimolo sonoro impiegato, toni puri o voce parlata, il circuito audiometrico o quello fonografico devono essere collegati ad un sistema multiplo di cuffie, in numero variabile da 12 fino a 40-50.

Le prove più note con voce riprodotta, usate prevalentemente nei paesi anglosassoni, sono quella cosidetta dei *numeri affievoliti* e quella delle *parole affievolite*, entrambe le quali consistono fondamentalmente nell'esaminare la capacità uditiva dei bambini mediante una serie di numeri o una lista di parole, pronunciati ad intensità di voce sempre decrescente, da un livello di 30 db. sopra la soglia normale sino a 3 db. sotto la norma, procedendo per intervalli di 3 db. La valutazione della capacità uditiva viene eseguita osservando qual è il livello d'intensità in db. al quale il bambino comincia a commettere degli errori nella trascrizione dei

numeri o nell'indicazione delle figure corrispondenti alle parole pronunciate.

Le prove con la voce presentano l'inconveniente fondamentale di non permettere il rilievo di eventuali difetti uditivi esistenti a carico delle frequenze non comprese nel campo tonale della voce.

Tra le prove con i toni puri, una di quelle che ha incontrato maggiori favori è il « *Massachussets Hearing Test* », che può venire eseguito con un comune audiometro collegato ad un numero di cuffie variabile a piacere, e che consente di saggiare la capacità uditiva per tre o quattro frequenze del campo tonale opportunamente scelte (generalmente 500, 2000, 4000, 8000 c/s).

La prova collettiva si svolge in questo modo: ad ogni bambino viene consegnata una cartella sulla quale sono segnati in colonna i numeri dall'1 al 6; ad ognuno di questi numeri corrisponde un SI ed un NO.

L'esaminatore pronuncia successivamente i vari numeri, ad ognuno dei quali può far seguito o meno l'emissione di un tono puro ad intensità determinata. Se il numero è stato seguito dal segnale sonoro ed il bambino l'ha percepito, deve cancellare il SI sulla propria cartella; se il segnale non è stato erogato oppure non è stato percepito, il bambino segnerà NO. Conteggiando gli errori commessi, alla fine della prova si potrà operare una prima selezione tra soggetti normoudenti e soggetti che lasciano sospettare la presenza di un difetto uditivo. In un secondo esame, condotto con lo stesso sistema sui bambini che alla prima prova hanno commesso degli errori, si possono ulteriormente scartare i soggetti che hanno sbagliato per disattenzione o perchè emozionati.

Pur non volendo sminuire l'effettiva utilità di queste prove collettive, non possiamo fare a meno di constatare che esse espongono ad una notevole percentuale di errori ed utilizzano apparecchiature piuttosto delicate, nel senso che la perfetta calibratura di tutte le cuffie è sempre difficile a realizzarsi in pratica.

Il metodo detto *sweep-check* dagli AA. anglosassoni, *balayage de frequences* dai francesi, e battezzato da Croatto *arpeggio sopraliminare*, elimina in gran parte tutti gli inconvenienti descritti e consente determinazioni più accurate ed estese a tutte le frequenze del campo tonale. Non si tratta di un metodo collettivo nel vero senso del termine, in quanto la prova viene eseguita individualmente, con un normale audiometro; poichè d'altra parte per la sua brevità (la prova non richiede più di due minuti

per individuo) si presta egregiamente all'esame di collettività, viene solitamente descritto tra i metodi consigliabili per le prove in gruppo.

L'*arpeggio sopraliminare* consiste nell'inviare in cuffia al paziente tutti o soltanto alcuni dei toni puri dell'audiometro, in rapida successione, ad un livello standard di intensità stabilito in precedenza. Il grado di attenuazione dei segnali deve venire regolato all'inizio delle prove, tenendo conto del livello del rumore ambientale e delle sue possibili variazioni. In una classe di 30 bambini, scelta opportunamente tra le più silenziose dell'edificio scolastico, si può calcolare in media che l'attenuazione del potenziometro deve essere regolata su 20-25 decibel. Il livello di 15 db., stabilito da Terracol per questo genere di prove, si riferisce all'esame pratico in locale acusticamente controllato, e non può quindi essere preso in considerazione nel caso di prove eseguite in un comune ambiente scolastico.

L'operatore, all'inizio della seduta e più volte durante lo svolgimento delle prove, controlla la calibratura della cuffia ed eventualmente modifica la posizione del potenziometro in rapporto a variazioni del rumore ambientale. Il bambino è invitato a rispondere *sì* ogni qual volta ode un segnale, ed a stare zitto quando non sente niente. La segnalazione del bambino può essere indifferentemente variata (cenno della mano, cenno di assenso del capo, rispondere *sì* o *no* a seconda che il segnale sia o non sia presente); abbiamo però potuto constatare che la semplice risposta *sì* in presenza del segnale è quella che implica minori difficoltà da parte del piccolo esaminando e nello stesso tempo dà all'esaminatore la migliore sicurezza dell'avvenuta percezione.

La prova va iniziata colla frequenza 1000 c/s, progredendo poi verso le frequenze più elevate e tenendo per ultime le frequenze basse. Procedendo in questo modo, si esplora l'intero campo tonale e si può dunque mettere in evidenza qualunque difetto uditivo, anche se di lieve grado e strettamente zonale.

L'unico punto di inferiorità dell'*arpeggio sopraliminare* in confronto ai metodi collettivi, consiste nel maggior dispendio di tempo (circa 30 esami all'ora); inconveniente questo che può venire facilmente superato con l'impiego contemporaneo di due o più audiometri.

L'INDAGINE AUDIOMETRICA SULLA POPOLAZIONE SCOLARE DELLA PROVINCIA DI TORINO. — Durante gli anni scolastici 1951-52 e 1952-53 una equipe di medici della Clinica O.R.L. ha potuto

esaminare, con il metodo dell'*arpeggio sopraliminare*, circa 21.000 bambini delle scuole elementari della Provincia. La scelta del metodo d'esame è stata dterminata dal fatto che gli accertamenti si svolgevano non in una collettività scolastica accentrata o facilmente accentrabile, ma in piccoli e grandi paesi della provincia, in sedi disparate, diverse di giorno in giorno, il che presupponeva un'attrezzatura audiometrica semplice, facilmente trasportabile, non soggetta a rapido deterioramento e di facile impianto. Potendo disporre di 5-6 audiometri, in una mattinata di lavoro si potevano eseguire più di 500 esami.

I toni puri da noi impiegati per la prova sono, in ordine di successione, 1000, 2000, 4000, 6000, 10,000, 500, 250 c/s: sono dunque otto frequenze, comprendenti l'intera estensione del campo tonale di un comune audiometro.

Ogni qual volta si rilevava che una o più frequenze non venivano percepite all'intensità-base prestabilita (in genere 20-25 db.) si procedeva ad un rapido rilievo della soglia che permetteva di stabilire grossolanamente l'entità della perdita e la sua distribuzione sul campo di frequenze. In questo modo è stato possibile classificare i soggetti in cui era presente un deficit uditivo in tre grandi categorie: difetti lievi, difetti medii, difetti gravi.

Abbiamo considerato DIFETTI LIEVI:

— una perdita pantonale non superiore a 25 db., uni o bilaterale;
— una perdita unilaterale non superiore a 35 db;
— una perdita uni o bilaterale limitata alle frequenze superiori a 4.000 c/s.;

E DIFETTI MEDII:

— perdite pantonali bilaterali comprese tra 25 e 40 db.;
— perdite pantonali unilaterali superiori a 40 db.;
— caduta ripida bilaterale con inizio alla frequenza 2000 c/s.;

E DIFETTI GRAVI:

— tutti quelli eccedenti i limiti fissati per i difetti medii.

Questa prima classificazione, che non tiene evidentemente conto del fattore nosologico, aveva l'unico scopo di permettere lo smistamento dei bambini portatori di un difetto uditivo secondo il piano stabilito in precedenza, che prevedeva:

1) per i difetti lievi: a cura di ciascun direttore di scuola, ed in forma privata, i genitori venivano informati della necessità di un'accurata

visita specialistica e di un secondo esame audiometrico, rivolto ad una migliore precisazione diagnostica del difetto uditivo riscontrato nella prima visita.

2) per i difetti medii e gravi:
Una visita specialistica ed un secondo esame audiometrico individuale a scopo diagnostico venivano eseguiti a cura del servizio di audiometria collettiva scolastica.
Per ogni circoscrizione didattica, gli scolari con difetti medi e gravi venivano convocati nell'ospedale del capoluogo, accompagnati dai loro genitori: dopo la visita e l'esame di controllo l'otoiatra informava i genitori sull'effettiva entità del difetto uditivo e sui provvedimenti terapeutici adatti al singolo caso.

Lo svolgimento dell'intero programma di audiometria collettiva prevede l'esame di circa 40.000 scolari, cioè dell'intera popolazione scolastica della Provincia. Nei primi due anni, come si è detto, gli esami portati a termine sono circa 21.000.

I dati statistici sono ancora in corso di elaborazione, e dobbiamo limitarci a segnalare un primo consuntivo dei dati sinora registrati, relativi a 11.929 scolari. Attraverso i primi rilievi dell'intero materiale abbiamo però motivo di ritenere che la percentuale di ipoacusici sul numero totale di 21.000 bambini non debba sensibilmente discostarsi da quella dei primi 12.000 circa, di cui schematizziamo nella tabella seguente i dati più interessanti:

Totale bambini esaminati 11.929
Difetti riscontrati:

difetti lievi	458 (3,83%)
difetti medii	148 (1,26%)
difetti gravi	44 (0,36%)
TOTALE	**650 (5,45%)**

Bambini chiamati a visita di controllo 192 (148 dif. medi 44 dif. gravi)
» presentatisi a visita di controllo 182

TABELLA NOSOLOGICA DEI CASI DI SORDITÀ SOTTOPOSTI A VISITA DI CONTROLLO

Udito normale	12
Ostruzione tubarica da ipertrofia adenoidea	68
Tubotimpanite catarrale	13
Otite sierosa in atto	6
Esiti di piotite acuta	14

Piootite cronica	17
Piootite acuta	11
Tappi di cerume (con udito normale dopo ablazione)	7
Sordità recettive conseguenti a proc. neuro-infettivi	16
Meningo-encefaliti	5
Meningoencefalopatia con ritardo verbale e deficit psicomotorio	1
Meningite tbc. (trattata con streptomicina a PAS)	1
Grave sordità recettiva in soggetto coreico	1
Ritardi psichici senza ipoacusia	6
Gravi difetti di pronuncia senza ipoacusia	2
Sordità recettiva di alto grado con disturbi del linguaggio	6
Sordità conseguenti a traumatismi cranici	2
Corpi estranei ostruenti il condotto uditivo	2
Sordità consecutiva ad insolazione	1
Sordomutismo	1

Dall'esame di questi dati statistici si rileva che la percentuale di bambini ipoacusici dopo il primo esame è pari al 5,45%. Tale valore percentuale deve però considerarsi alquanto superiore alla realtà, in base ai dati desunti dalla visita di controllo effettuata su una parte dei bambini ritenuti difettosi di udito.

A prescindere dai casi in cui la sordità era dovuta a cause facilmente eliminabili (tappo di cerume, corpo estraneo) ma tuttavia esistente, in 12 bambini riesaminati l'udito era normale (percentuale di errore del 6,5%). Non devono invece rientrare nella percentuale di errore di 6 bambini con udito normale e ritardo psichico, ed i due bambini con udito normale e gravi difetti di pronuncia, in quanto essi erano stati volutamente inclusi nella lista dei soggetti da sottoporre a controllo unicamente a ragione delle anomalie del comportamento e della pronuncia, senza che si fosse reso evidente al primo esame un qualche difetto uditivo.

Tuttavia, tenendo conto unicamente del fatto che questi bambini avevano un udito normale, si deve dire che tra i bambini sottoposti a controllo $12+6+2=20$ (10,8%) non presentavano difetti uditivi.

Ammettendo un'analoga percentuale tra i bambini non riesaminati, si può ritenere in via approssimativa che circa l'11% di tutti i bambini segnalati come difettosi di udito abbiano una capacità uditiva normale.

La cifra globale del 5,45% deve quindi essere ridotta ad un valore di 4,8%, cifra che esprime con migliore approssimazione l'effettiva percentuale di bambini ipoacusici nelle scuole della nostra provincia. È presumibile che tale cifra risulti ancora ridotta nelle grandi città, dove l'assistenza medico-specialistica è indubbiamente più sollecita e continua in

confronto alle località rurali, e dove la maggior evoluzione sociale spinge i parenti ad immediate provvidenze verso i bambini che dimostrino una deficienza uditiva.

La percentuale da noi riscontrata, ripetiamo, è sensibilmente vicina a quella riscontrata con gli stessi metodi da ricercatori di varii Paesi.

Pertanto, pur non essendo giustificati gli allarmismi suscitati dalle prime inesatte statistiche americane, si deve pur ammettere che il problema del riconoscimento e dell'assistenza agli scolari ipoacusici è più che mai vivo e pressante, e merita l'interessamento delle autorità sanitarie perchè sia possibile su base nazionale l'organizzazione di un programma profilattico che assicuri un controllo sistematico dell'udito nei bambini delle scuole.

ESAMI AUDIOMETRICI NELLE COLLETTIVITÀ MILITARI E OPERAIE

Oltre che nelle collettività scolastiche, gli esami in gruppo della funzione uditiva sono stati felicemente sperimentati nelle collettività militari e tra gli operai delle aziende industriali.

Nell'esercito, l'esame audiometrico rientra nel quadro delle varie prove esperite per una selezione attitudinale, ed è stato quindi eseguito sulle giovani classi di leva. Un'indagine di questo genere eseguita a Torino da Naddeo su più di 10.000 reclute ha permesso di stabilire una percentuale di ipoacusici superiore al 12%; pur concedendo la massima tolleranza d'errore la cifra rimane sempre preoccupante.

Nelle aziende industriali, gli esami audiometrici collettivi hanno lo scopo di accertare la capacità uditiva dell'operaio all'atto dell'assunzione e le modificazioni eventualmente instauratesi dopo un certo periodo di lavoro in ambiente rumoroso.

16

La protesi uditiva

I tentativi di correggere la sordità raccogliendo i suoni su una superficie più grande di quella del padiglione auricolare e concentrandoli nel condotto uditivo per mezzo di un dispositivo ad imbuto risalgono ai primordi della medicina. I tubi ed i cornetti acustici non rappresentano che una varietà di questi strumenti protesici, che potevano nel migliore dei casi fornire una amplificazione di 10 db. (ossia moltiplicare per 100 la pressione acustica originaria).

Le protesi a carbone, di recente memoria, erano capaci di fornire un'amplificazione maggiore ma ancora insufficiente a correggere un deficit uditivo superiore a 50-60 db.; presentavano distorsioni così rilevanti nella riproduzione dei suoni da risultare molte volte insopportabili al paziente. Se si aggiunge che l'apparecchio era voluminoso e pesante, si potrà capire l'avversione che esso destava in buona parte degli ipoacusici, e la diffidenza generica del pubblico verso le protesi acustiche che tuttora sopravvive per il ricordo di questi rudimentali apparecchi.

L'amplificazione elettronica ha segnato un enorme progresso nel campo degli apparecchi acustici, che si devono oggi considerare strumenti di grande potenza capaci di un'amplificazione di 60 decibel, in grado quindi di sopperire ai più gravi difetti uditivi.

La protesi acustica moderna, di piccole dimensioni e di peso irrilevante, è un amplificatore a valvole termoioniche o a transistor costituito essenzialmente da un microfono, un amplificatore e da un riproduttore adatto all'orecchio. L'apparecchio vero e proprio ha le dimensioni di un pacchetto di sigarette e può essere comodamente portato nel taschino della giacca; da esso parte un filo che connette il circuito di amplificazione al riproduttore, il quale viene adattato all'orecchio del paziente tramite un auricolare a forma di conchiglia che riproduce perfettamente

le irregolarità del condotto e della conca e pertanto realizza un perfetto accoppiamento fra riproduttore e membrana timpanica. L'auricolare, costruito in materia plastica, è modellato individualmente su un'impronta a calco del padiglione dell'individuo cui l'apparecchio è destinato. Con l'introduzione dei *transistors* in sostituizione delle valvole termoioniche, le dimensioni degli apparecchi acustici hanno potuto ancora essere sensibilmente ridotte, al punto che la fantasia dei costruttori ha potuto sbizzarirsi nel creare nuovi modelli in cui l'intera apparecchiatura è contenuta in minuscoli oggetti d'uso comune (fermagli, barrette, occhiali, ecc.).

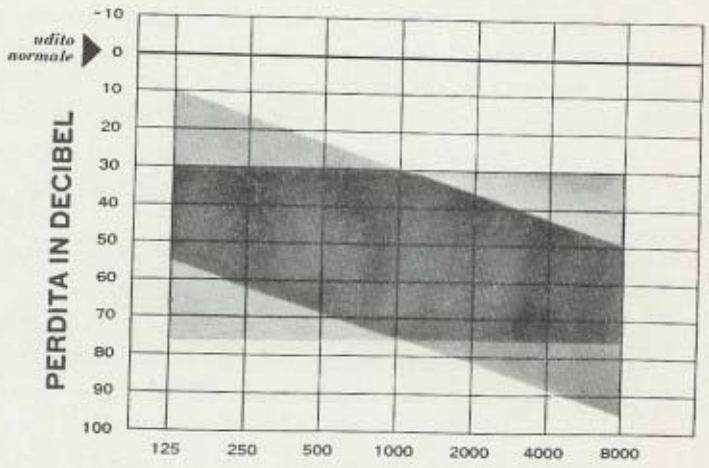


Fig. 31

Tutte le curve audiometriche inscrivibili nella banda scura sono suscettibili di correzione con una protesi ad occhiali.

Grande favore hanno incontrato in questi ultimi anni gli occhiali acustici, nei quali l'intero dispositivo di amplificazione è nascosto nelle asticciole, e che presentano sugli altri modelli, oltre ai non indifferenti vantaggi estetici, l'indubbio vantaggio di essere posti al centro del viso, di cui seguono gli spostamenti, cioè in una posizione ideale per la percezione della voce e dei rumori. Nella Tav. IV sono riprodotti due modelli di occhiali acustici; la fig. 31 dimostra quali sono i tipi di sordità che possono venire corretti con una di queste protesi ad occhiale.

Si è detto che le protesi moderne hanno brillantemente risolto il

TAVOLA IV

Un altro tipo di occhiali acustici americani con il microfono incorporato al centro del frontale, fra le due lenti (A destra, particolare del frontale).

Moderni occhiali acustici binaurali, ad 8 transistors, di produzione americana. Si distinguono chiaramente i complessi circuiti di amplificazione.

Materiale gentilmente fornito dalla Ditta Amplifon di Milano

problema della quantità dell'amplificazione, che è oggi largamente sufficiente a compensare qualunque difetto uditivo. Ma non era questo il solo problema da risolvere per restituire al soggetto ipoacusico la possibilità di capire la parola e quindi la possibilità di una normale vita sociale; ancora più complesso ed irto di difficoltà si presentava il problema della qualità dell'amplificazione in rapporto alla qualità del difetto uditivo da correggere.

I rumori ambientali, amplificati dalla protesi, esercitavano un effetto mascherante capace di pregiudicare gravemente la percezione della voce; le frequenze molto elevate, inutili all'intelligibilità della parola, esercitavano un disturbo che in particolari condizioni si dimostrava assai fastidioso; un'amplificazione troppo rilevante poteva facilmente raggiungere la soglia del dolore, specialmente se questa era abbassata per presenza di recruitment.

A tutti questi inconvenienti si è potuto in gran parte ovviare mediante opportuni accorgimenti: le frequenze basse e quelle elevate, non comprese nel campo della voce, sono state eliminate dallo spettro di amplificazione, che risulta dunque limitato alle frequenze centrali; l'amplificazione può essere inoltre selettiva, cioè maggiore per certi gruppi di frequenze e minore per altre, in rapporto all'andamento della curva audiometrica o meglio della curva isosensazione a valori sopraliminari; le amplificazioni troppo cospicue sono attenuate da un dispositivo di compressione dei suoni che si dimostra particolarmente efficace quando esiste una notevole riduzione del campo di comoda audibilità (presenza di recruitment).

Nelle protesi moderne sia la quantità che la qualità dell'amplificazione può dunque venire opportunamente regolata in rapporto alle esigenze del singolo caso, il che consente di affermare che il 90% delle ipoacusie può venire convenientemente corretto se la scelta e la taratura dell'apparecchio sono effettuate con cognizione di causa.

COME SI DEVE PRESCRIVERE UN APPARECCHIO DI PROTESI

L'otologo ha il dovere di conoscere quali sono i criteri di applicabilità di un apparecchio di protesi e quali i risultati che si possono logicamente attendere nei casi in esame.

Ovviamente per poter prescrivere coscienziosamente una protesi, bisognerà basarsi sulle seguenti prove:

— Esame audiometrico tonale: soglia uditiva per via aerea ed ossea, soglia del dolore, ricerca del recruitment per mezzo della prova di Fowler o della prova di Lüscher.
— Esame audiometrico vocale: curva di intelligibilità con parole o con frasi, sua dislocazione ed andamento, campo di comoda audibilità (differenza in db. tra la soglia di percezione e la soglia di fastidio).

Non si deve tralasciare di eseguire alcuna di queste prove. L'audiogramma vocale ha in questo caso un'importanza determinante, in quanto consente di stabilire l'andamento dell'intelligibilità in funzione dell'ampiezza della voce.

Una volta conosciute le caratteristiche del difetto uditivo, si dovrà indagare sul problema acustico individuale del soggetto:

quale mestiere esercita, quali sono le sue necessità sociali e quali le occasioni in cui la protesi dovrà venire più frequentemente adoperata.

In linea di massima si dovranno tenere presenti le seguenti considerazioni:

1) Le sordità di trasmissione, con curva di soglia piatta, conduzione ossea buona, assenza di recruitment, curva di intelligibilità ad inclinazione normale sono le più facili da correggere, e si può pronosticare al paziente ipoacusico un sicuro e netto vantaggio dall'uso di una protesi: basti pensare che in questi casi è sufficiente amplificare il messaggio verbale di quanto basta a vincere l'aumentata impedenza del sistema di trasmissione per ottenere una ottima ricezione;
2) Le sordità recettive, con curva di soglia ad andamento irregolare, conduzione ossea scadente, presenza di recruitment, curva di intelligibilità in notevole pendenza (o addirittura *a tetto* o *a cupola*) sono le più difficili da correggere, e la difficoltà è tanto più grande quanto maggiore è la perdita auditiva e accentuate le alterazioni della curva di intelligibilità;
3) Le sordità miste presentano difficoltà intermedie; in linea di massima la difficoltà della correzione è in relazione diretta alla compromissione dell'orecchio interno.

In definitiva dunque i criteri di adattabilità di una protesi si possono così riassumere:

L'ADATTAMENTO È DIFFICILE:

1) se il recruitment è troppo netto e rapido ed il campo di comoda udibilità molto ristretto;
2) se la curva audiometrica vocale non supera almeno il 60% di intelligibilità;
3) se la curva audiometrica tonale è in rapido declino, tanto da raggiungere dislivelli di 30-40 db. da un'ottava all'ottava superiore;
4) se la curva audiometrica tonale ha la forma di una U, con massimo di perdita per le frequenze centrali;
5) se la perdita uditiva supera gli 80-85 db. (pur essendo teoricamente correggibile, un'ipoacusia di questo grado consente sempre una correzione scadente, poichè il campo di comoda audibilità è necessariamente ristretto.

Per quanto riguarda *la scelta dell'orecchio* da destinarsi all'applicazione della protesi, si deve tenere presente questo concetto informatore: se si tratta di una grave sordità bilaterale, adattare l'orecchio migliore; se la sordità è di grado lieve o medio, adattare l'orecchio peggiore. Ciò nell'intento di assicurare al paziente, finchè è possibile, un'audizione biauricolare: se uno dei due orecchi può ancora percepire la voce di conversazione e l'altro orecchio non è molto compromesso, adattando quest'ultimo si potrà assicurare una audizione con entrambi gli orecchi. Se invece la sordità è bilateralmente di altro grado, questo obbiettivo non è raggiungibile e converrà pertanto adattare l'orecchio migliore per assicurare la migliore audizione monoauricolare.

Riassumendo dunque:

— se un orecchio ha una perdita non superiore a 40 db., e l'altro orecchio una perdita compresa tra 40 e 60 db., adattare l'orecchio peggiore;

— se entrambi gli orecchi hanno perdite superiori a 50-60 db., adattare il migliore;

— se entrambi gli orecchi hanno lo stesso deficit, adattare l'orecchio scelto dal paziente dopo aver provato la protesi in entrambi gli orecchi.

Com'è noto, l'apparecchio di protesi può essere adattato sia per via aerea che ossea. Bisogna premettere che nei moderni apparecchi la conchiglia auricolare, modellata sulle anfrattuosità del condotto e della conca e strettamente aderente a questi, consente normalmente una certa aliquota di trasmissione per via ossea. Le indicazioni di un riproduttore osseo si fanno pertanto sempre più limitate, tanto più che essi inducono distorsioni assai più complesse dei riproduttori per via aerea. La via ossea trova indicazione preferenziale soltanto nei casi in cui l'adattamento di una protesi per via aerea riesca difficile o addirittura impossibile (atresia auris congenita, otorrea cronica, scarsissimi residui uditivi per via aerea, sufficienti invece per via ossea). In ogni caso il requisito essenziale per l'indicazione di un apparecchio acustico per via ossea è che si tratti di una sordità di trasmissione in cui la differenza di soglia tra curva per via aerea e curva per via ossea sulle frequenze medie sia di almeno 35 db. (cfr. fig. 32).

Se convenga adottare una amplificazione lineare oppure una amplificazione selettiva è un problema tuttora discusso dagli otologi e dai tecnici. In linea di massima devesi ritenere che una amplificazione uniforme fornisca una correzione adeguata della più gran parte di sordità, anche di quelle caratterizzate da una curva tonale ad andamento discendente.

Se però la caduta per le frequenze elevate è molto accentuata potrà essere opportuna un'amplificazione selettiva per queste frequenze, mediante una protesi opportunamente tarata.

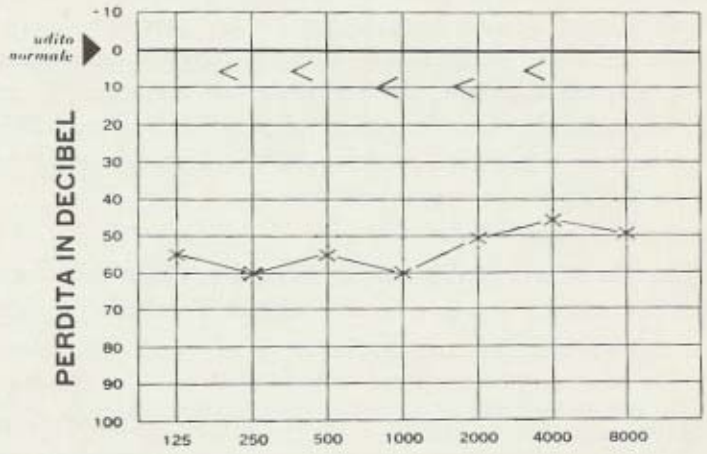


Fig. 32

È comunque difficile stabilire a priori quale potrà essere l'amplificazione più adatta a correggere un difetto uditivo di questo tipo: alcuni soggetti dimostrano una percezione migliore con amplificazione selettiva, altri invece con amplificazione lineare, a dispetto del fatto che la curva audiometrica presenti una grave pendenza con perdita progressivamente più accentuata per le frequenze acute.

Ciò dipende essenzialmente da due fatti: in primo luogo anche l'amplificazione cosidetta lineare, nelle protesi acustiche, presenta un incremento di amplificazione di circa 6 db. per ottava salendo dalle frequenze gravi alle acute; in secondo luogo la presenza di recruitment, molto comune in questo tipo di sordità, fa sì che le frequenze più compromesse siano quelle che subiscono la maggior amplificazione soggettiva per effetto di questo fenomeno, il quale dunque realizza un certo compenso per le frequenze più deficitarie.

Nella fig. 33 sono riportati alcuni esempi di curve vocali, che illustrano abbastanza chiaramente quali sono i casi per i quali ci si può aspettare dalla protesi un risultato brillante (linee rosse) e quali invece i casi

in cui la protesi, pur essendo ancora indicata, darà solo risultati parziali (linee nere).

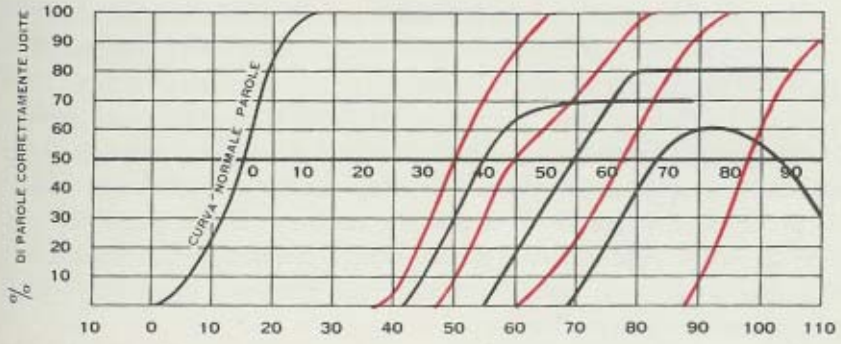


Fig. 33

Nei casi di sordità percettive con curve audiometriche tonali *in discesa* che si accompagnano generalmente a curve vocali in *lenta ascesa* o *a plateau* è opportuno adattare l'apparecchio acustico al particolare caso mediante modificazione della risposta alle varie frequenze e opportuna limitazione della potenza massima.

Adottando particolari filtri è possibile attenuare le basse frequenze, che generalmente sono bene udite da questi soggetti e che rappresentano una delle cause principali della introduzione dei rumori di disturbo, mentre le frequenze più acute vengono limitate in potenza da speciali accorgimenti elettrici.

Nel consigliare una protesi acustica l'otologo deve tenere conto, oltre che dei reperti degli esami strumentali, anche di altri elementi altrettanto importanti.

L'età del paziente, in rapporto all'adattabilità dell'apparecchio, ha importanza soltanto ai due poli estremi della vita; nei bambini al disotto dei 6 anni è difficile ottenere un uso corretto della protesi ed un adattamento psico-sensoriale alla nuova situazione uditiva che essa comporta; nei vecchi al disopra dei 75-80 anni la lesione dei recettori periferici è sovente associata a fenomeni degenerativi centrali che rendono difficile l'elaborazione corticale del messaggio sonoro.

Un altro dato importante di cui bisogna tenere conto è l'epoca di comparsa dell'ipoacusia: se essa è intervenuta dopo che il linguaggio aveva subito la sua completa evoluzione (tredicesimo-quattordicesimo anno di età), oppure in epoca più precoce; nel primo caso i poteri integrativi psichici potranno facilitare l'adattamento, che sarà invece più lungo e difficile nel secondo caso. In linea di massima, quanto più l'adozione della protesi è vicina nel tempo all'epoca di comparsa dell'ipoacusia, tanto migliore è l'integrazione psichica e facile l'adattamento alla protesi. Se dunque, un paziente è sordo da molti anni e può essere riabilitato mediante un apparecchio, dovrà affrontare un lungo periodo di rieducazione che gli consenta di imparare nuovamente a distinguere, nella congerie di rumori dell'ambiente in cui vive, i suoni significativi da quelli non significativi, e che riabiliti quindi le sue possibilità di analisi corticale sul significato dei segnali sonori.

È dovere dell'otologo avvertire tali pazienti di queste difficoltà iniziali, che potranno essere superate soltanto a prezzo di un lungo allenamento. Si dovrà anche segnalare che con un apparecchio la percezione in ambiente rumoroso è necessariamente confusa, ad eccezione di qualche caso di sordità di trasmissione; non si potranno gustare esecuzioni musicali in tutte le loro finezze; non si potrà individuare con esattezza la direzione di provenienza del suono.

Nonostante le limitazioni cui si è accennato, la protesi acustica rimane un mezzo efficace di riabilitazione sociale nella massima parte delle sordità. L'otologo incaricato della prescrizione deve valutare attentamente i reperti clinici ed audiometrici, ma sopratutto deve cercare di individuare l'atteggiamento psicologico del suo paziente. Gli individui affetti da grave sordità sono sovente individui depressi e scoraggiati dalla quotidiana constatazione del loro stato di minorazione, e l'applicazione di una protesi inadatta potrebbe aggravare la psicosi creando loro l'impressione di essere incorregibilmente inadatti alla vita sociale. In questi casi si impone una psicoterapia adatta, che completi e perfezioni il vantaggio protesico.

In altri casi invece l'individuo sordo, finchè possibile, non vuole ammettere la propria minorazione e si illude fino all'inverosimile che essa possa passare inosservata. Sono questi gli individui che, pur gravemente ipoacusici, rifiutano la protesi perchè essa costituisce un evidente, visibile segno di sordità agli occhi dei suoi interlocutori. In questi casi si potrà tentare un'opera di persuasione, senza però insistere eccessivamente nella necessità dell'apparecchio; non bisogna dimenticare che talora

questa preoccupazione estetica raggiunge proporzioni preoccupanti, tali da rischiare di compromettere l'equilibrio psichico del paziente. Si potrà cominciare con il prospettargli l'uso dell'apparecchio solo in alcune circostanze e per determinate necessità; talora si ottengono risultati ottimi con questo graduale adattamento psichico. Sorpreso dalle possibilità offertegli dalla protesi, l'ipoacusico potrà estenderne gradualmente l'uso ad un numero di occasioni sempre maggiori, liberandosi poco a poco delle barriere psicologiche che si era create.

Per concludere, l'otologo deve possedere un complesso di cognizioni fisiopatologiche, tecniche e psicologiche, mediante le quali la prescrizione di una protesi potrà assurgere al livello di una vera prescrizione medica, in grado di consentire il migliore adattamento possibile nel singolo caso esaminato.

Finito di stampare
nel gennaio 1960
dalla tipografia Gravinese
in Torino