



XVIII. 6. 42 (11)

Prof. G. GRADENIGO

mus. A. 67/13

La sordità professionale

(con proiezioni)

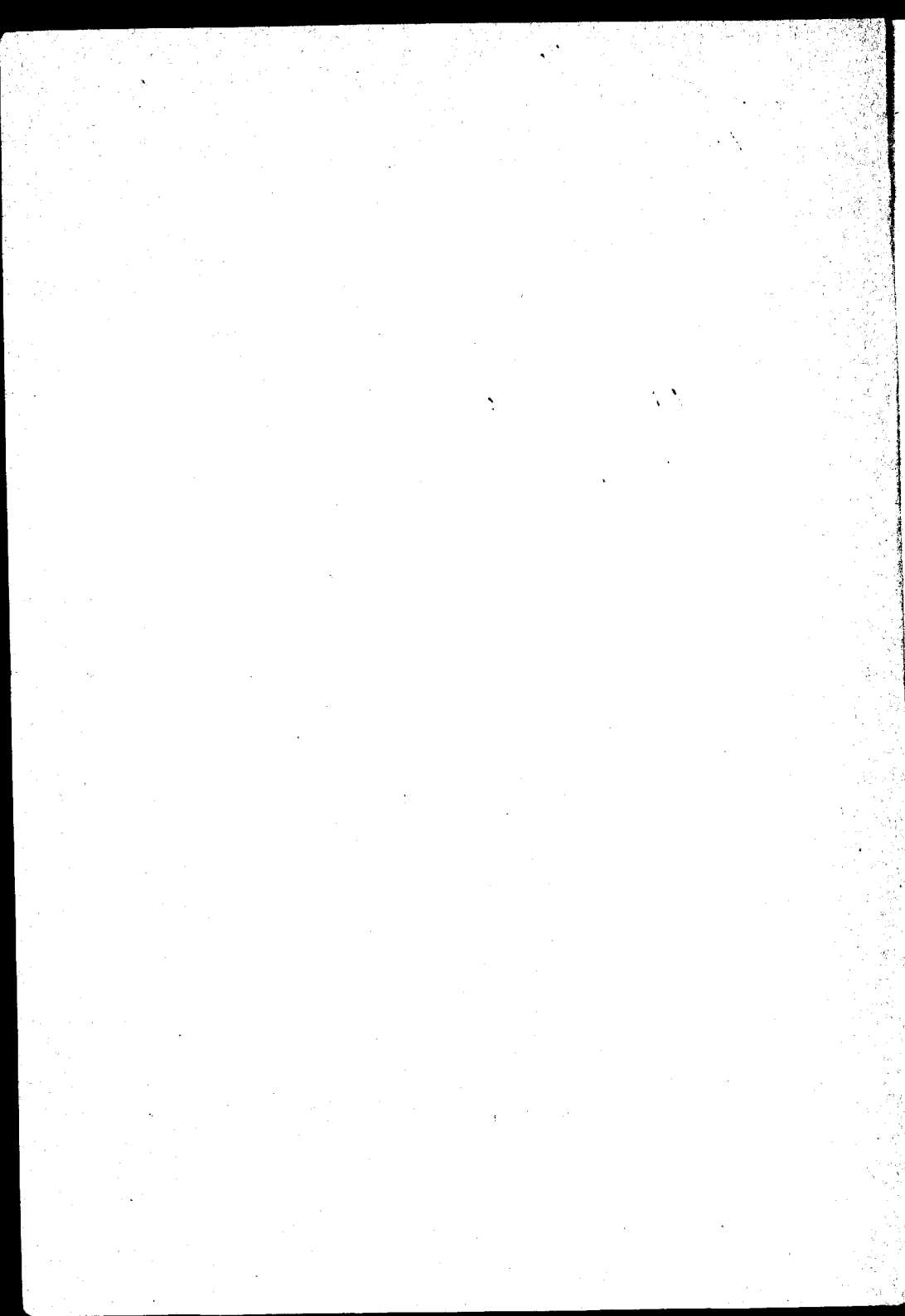
(Estratto dagli Atti del XVI Congresso della Società Italiana
di Laringologia, Otologia e Rinologia)



VENEZIA
TIPOGRAFIA CARLO BERTOTTI

1914





Prof. G. GRADENIGO

La sordità professionale

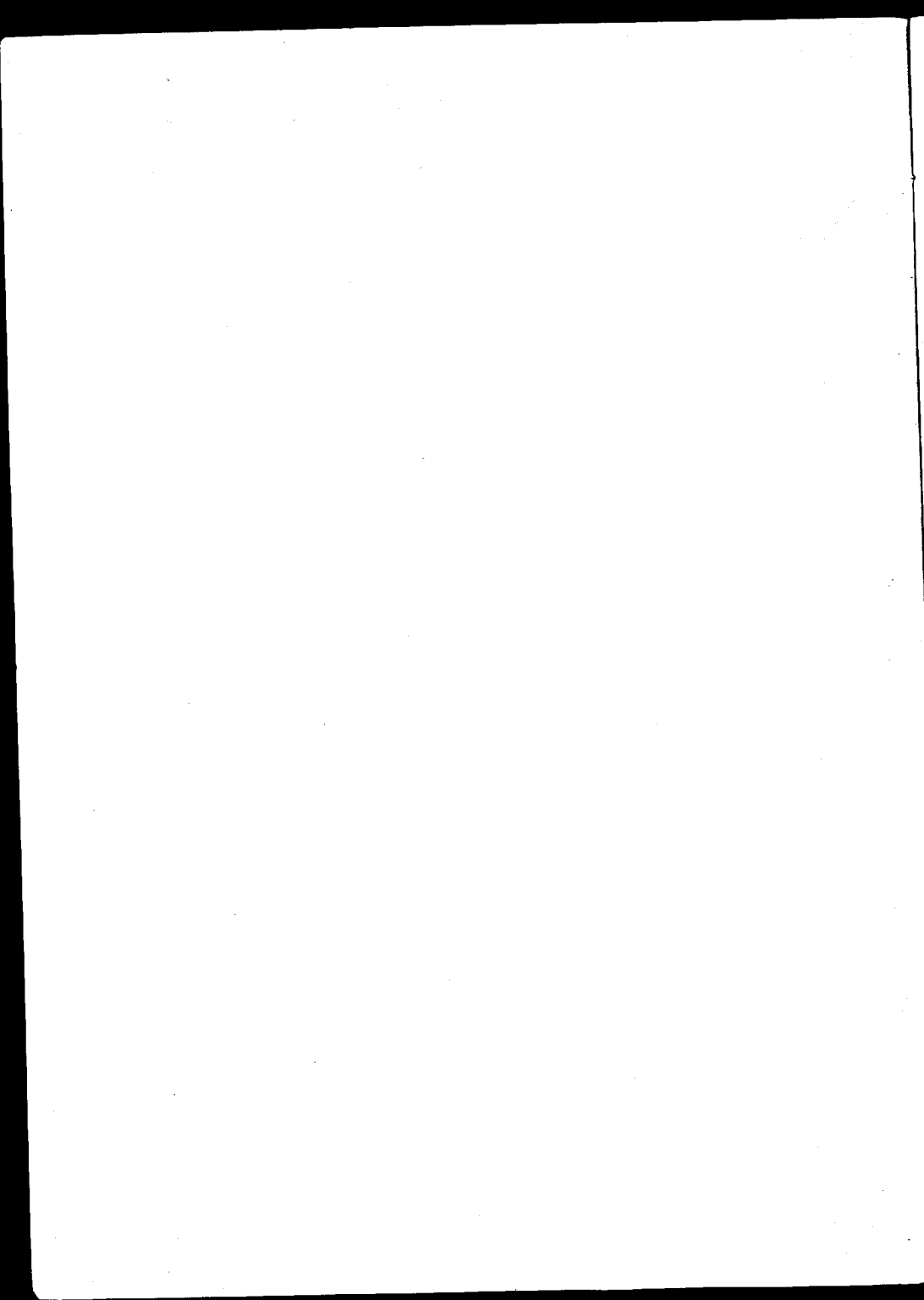
(con proiezioni)

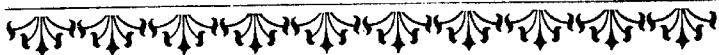
(Estratto dagli Atti del XVI Congresso della Società Italiana
di Laringologia, Otologia e Rinologia)



VENEZIA
TIPOGRAFIA CARLO BERTOTTI

1914





Numerose ricerche furono in questi ultimi anni dirette a rischiarare la genesi e a stabilire i caratteri di una forma di sordità, che offre particolare importanza così in Clinica come nella Medicina Sociale: la sordità cioè dovuta a quelle alterazioni dell'organo dell'udito, che si stabiliscono negli operai i quali lavorano in mezzo a rumori intensi e prolungati, la cosiddetta *sordità professionale*.

E va segnalato, a titolo di onore, che una parte preponderante dei risultati conseguiti in tale ordine di ricerche è dovuta all'opera di due giovani scienziati giapponesi, che hanno lavorato in Europa coi più moderni metodi di tecnica: YOSHII, che nella clinica otologica di Siebenmann a Basilea fu tra i primi a riconoscere le lesioni istologiche che si producono artificialmente per l'azione esagerata dei suoni nel labirinto degli animali, e TORU KATO che nell'Istituto di Fisiologia di Vienna, sotto la guida di Kreidl, studiando il riflesso acustico dei muscoli intrinseci dell'orecchio, riuscì a determinare le modalità colle quali va stabilendosi la sordità per l'azione dei suoni.

Che i rumori intensi e prolungati, quali si hanno in certe professioni, come, ad es., in quella di calderai, di meccanico, di fabbro ferraio, ecc., determinino nei rispettivi operai una forma caratteristica di sordità, è un fatto ben noto da tempo; già RAMAZZINI nel suo *Trattato delle malattie degli artefici*, scriveva che i calderai divengono sordastri: il timpano per i rumori continui perde la sua tensione naturale e sconcerta tutti gli organi dell'udito (traduzione italiana, Milano, Silvestri editore, 1821, pag. 303).

Ma il modo di stabilirsi, il carattere della sordità non vennero investigati e definiti che in questi ultimi anni.

Dirò subito che la sordità non è mai completa e che presenta i seguenti principali caratteri:

1. E' legata esclusivamente a lesioni dell'apparecchio di percezione dei suoni (labirinto), restando integro l'apparecchio di trasmissione (orecchio esterno e medio);

2. Le alterazioni dell'apparecchio di percezione riguardano soltanto la porzione cocleare e non la vestibolare del labirinto;

3. Le lesioni si possono riprodurre sperimentalmente negli animali, sottoponendoli all'azione di suoni intensi e sufficientemente prolungati, esse offrono carattere degenerativo piuttosto che infiammatorio ed hanno per sede differenti segmenti della chiocciola a seconda della tonalità dei suoni che furono impiegati.

Per studiare più da vicino i caratteri della sordità professionale possiamo:

1. Prendere in considerazione le lesioni labirintiche che si producono sperimentalmente in animali sottoposti all'azione dei suoni forti e prolungati, ponendo anche dette lesioni in rapporto colla tonalità dei suoni stessi;

2. Confrontare le lesioni sperimentali così ottenute colle lesioni riscontrate all'esame istopatologico di individui affetti da sordità per rumori professionali.

3. Mettere in rapporto con queste risultanze sperimentali e anatomo-patologiche le particolarità cliniche che si riscontrano nella sordità da professione, ricercando soprattutto la distribuzione dei difetti funzionali lungo la scala tonale;

4. Ricercare per quali toni della scala è maggiore la sensibilità dell'organo dell'udito in condizioni fisiologiche;

5. Coll'analisi dei suoni, che si producono abitualmente nelle officine, e tenendo conto della differente sensibilità dell'organo uditivo per le differenti zone della scala tonale, vedere se e quali rapporti intercedono tra la tonalità e la intensità di detti suoni e i difetti uditivi che si riscontrano nella sordità professionale;

6. Ricavare, finalmente, dal complesso di tali nozioni, norme utilizzabili per la profilassi della sordità nelle professioni rumorose.

Il compito che io mi sono prefisso è senza dubbio vasto e complesso, ma io procurerò di assolverlo nel modo più breve che mi sarà possibile.

Nelle professioni si tratta veramente di *rumori* piuttosto che di toni musicali, i quali ultimi sono stati impiegati da

taluni autori negli esperimenti sugli animali, ma a tale proposito non è superfluo ricordare che ormai si può considerare come inesatta l'antica concezione che *rumori* e *toni* siano fenomeni essenzialmente differenti e che per qualche A. avrebbero anche avuto una differente localizzazione labirintica, e cioè i toni sarebbero stati percepiti dalla chiocciola, i rumori dagli organi vestibolari (sacculo, utricolo e perfino canali semicircolari). Rumori e toni sono invece percepiti dalla chiocciola e i primi non costituiscono che dei toni irregolari per periodicità e per intensità.

Si può dare di ciò agevolmente la dimostrazione; per es. si può registrare col metodo *Marbe*, del quale avremo occasione di parlare più tardi, dove anelli di nero fumo corrispondono a vibrazioni sonore, i più differenti rumori, per es. quelli che risultano dal battere col dito su una tavoletta di legno, dalla percussione di lamiera di metallo, ecc.

Vedansi nei tracciati (Figure 13 e 14 a pagine 272 e 273) le vibrazioni di casseruole, di una tavoletta di legno, quelle di una lamiera di ferro. Nei tracciati gli anelli meno numerosi e di andamento più regolare segnano le vibrazioni doppie di un diapason che ne fa 100 al minuto secondo: ogni anello rappresenta adunque un centesimo di secondo.

Sono invece ancora discusse le modalità con cui funziona l'apparecchio cocleare e si può dire stanno di fronte principalmente due teorie: quella classica di Helmholtz, cosiddetta del pianoforte, secondo la quale la percezione dei toni della scala, che per l'uomo va dalle 16 alle 18,000 o 20,000 vibrazioni doppie, è distribuita lungo i giri della chiocciola, in modo che ai toni acuti corrisponde il giro della base o basilare, ai toni bassi il giro dell'apice; e la teoria di Ewald, detta impropriamente del telefono, secondo la quale la membrana basilare del condotto cocleare coll'organo di Corti che sopporta, vibrerebbe per ciascun tono in tutta la sua estensione, suddividendosi in una serie di onde stabili di determinata forma, il complesso delle quali costituirebbe ciò che Ewald chiama *immagine acustica*. (1) Poiché,

(1) In questi ultimi tempi fu, in base a risultati sperimentali, formulata da Lehmann una nuova teoria, che concilierebbe in qualche modo la teoria di Helmholtz e quella di Ewald (Cfr. *Folia neorobiologica*, IV, pag. 116, 1910). Esperimenti recentissimi di Stefanini portano invece una brillante conferma alla teoria di Helmholtz.

come vedremo, le risultanze di questi studi sembrano venire piuttosto in appoggio della teoria di Helmholtz, sarà utile che rivediamo in alcune figure le particolarità di conformazione del labirinto umano e ci raffiguriamo la distribuzione ipotetica dei toni nella chiocciola secondo detta teoria.

Nella fig. 1 scorgiamo due sezioni della chiocciola umana, l'una costituita soltanto dalle pareti ossee, l'altra rappresentante anche il labirinto membranoso in esse contenuto; si scorgono nettamente i due giri e mezzo di spira che ha la chiocciola nell'uomo, mentre vedremo che essa ne ha 4 nella cavia, animale che servi alla maggior parte degli AA. per esperimento. Nella figura 1^a è ben visibile il labirinto membranoso

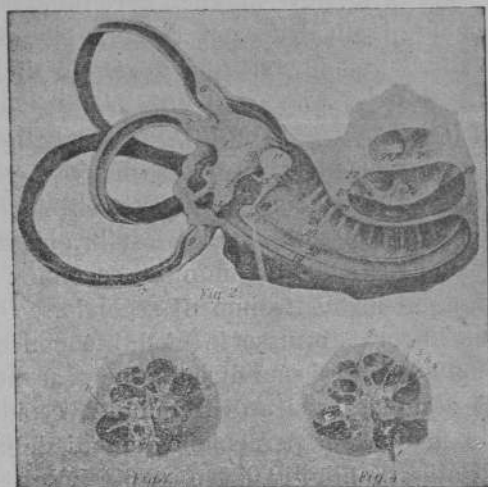


Fig. 1.

2. — 1) recessus utriculi; 2) utricolo; 3) sinus posterior; 4) sinus superior; 5) crus simplex; 6) ampolla superiore e cresta; 7) ampolla laterale e cresta; 8) Crus commune; 9) ampolla posteriore; 10) macula utriculi; 11) sacculo; 12) macula sacculi; 13) ductus utriculo-saccularis; 14) ductus reuniens; 15-16-17) canali semicirculari; 18) caecum vestibulare; 19) lamina spiralis ossea; 20) ductus cochlearis; 21) lamina basilaris; 22) membrana vestibularis; 23) legamento spirale; 24) scala tympani; 25) scala vestibuli; 26) caecum cupulare; 27) helicotrema; 28-29) fascetti del nervo cocleare.
3. — Sezione della chiocciola destra ingrandita quattro volte.
4. — Preparato del dettaglio 3 col nervo e dotto cocleare. (Secondo Brühl).

costituito dal condotto cocleare avvolto a spirale e comunicante col sacculo; questo comunica a sua volta coll' utricolo e coi canali semicirculari.

Questi ultimi organi costituiscono il labirinto non acustico, che qui non è il caso di considerare.

Nella fig. 2 è schematicamente rappresentata la ipotetica

distribuzione dei toni della scala musicale nei giri della chiocciola: come si vede, la parte membranosa della lamina spirale, cioè la membrana basilare che sopporta l'organo di Corti, va

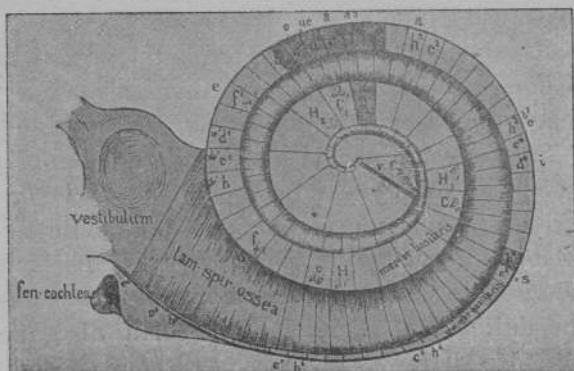


Fig. 2. — Distribuzione dei toni nella chiocciola secondo la ipotesi di Helmholtz. Le note sono scritte secondo la denominazione tedesca. Toni musicali dal *Re*₁ al *do*₈ (secondo Brühl).

facendosi sempre più larga quanto più si procede dalla base verso l'apice, contrariamente a quanto si potrebbe ritenere

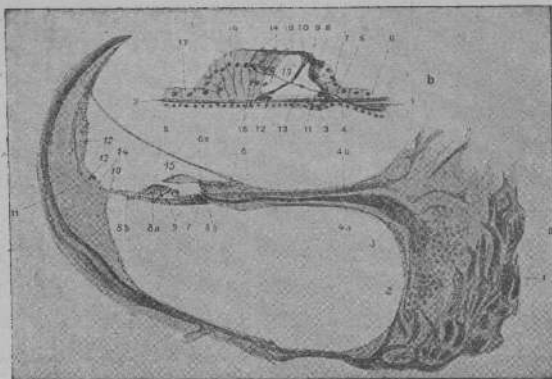


Fig. 3. — Sezione attraverso il giro basilare della chiocciola nell'uomo. (Ingrandimento 75. Secondo Brühl).

- a — 1) Fibre del nervo cocleare; 2) Ganglio spirale; Nervi che entrano in 4) Lamina spirale ossea: a) lamella inferiore; b) lamella superiore; 5) Membrana di Reissner (vestibolare); 6) Limbus (crista) spiralis: a) labbro superiore, b) labbro inferiore; 7) Solco spirale interno; 8) membrana basilare: a) zona tecta, coll'organo di Corti, b) zona pettinata; 9) strato timpanico; 10) Cresta basilare dell'1) legamento spirale; 12) Stria vascolare; 13) Prominenza spirale; 14) Solco spirale esterno; 15) membrana di Corti o Tectoria.
- b — Organo di Corti, semischematico (da Brühl, ingrand. 300). 1) Fibre nervose midollari; 2) Membrana basilare; 3) Vena spirale; 4) labbro timpanico della cresta spirale; 5) Fibre nervose amieliniche; 6) Epitelio; 7) cellule interne di sostegno; 8) cellula acustica interna; 9) e 10) Pilastri di Corti; 11) e 12) cellula interna ed esterna del pavimento; 13) Fibra nervosa del tunnel; 14) 3 cellule acustiche esterne; 15) Cellule di Deiter; 16) Cellule di sostegno di Hensen; 17) Cellule di Claudius; 18) Membrana reticolare; 19) Spazio intercellulare.

dall'esame sommario dell'organo, e in concordanza a questo fatto si ammette che i toni acuti abbiano sede alla base e i toni bassi all'apice della chiocciola.

Nella successiva fig. 3 è visibile l'organo essenziale per la audizione che dal nome del Marchese Corti, un italiano che lo descrisse per il primo, si chiama *organo di Corti*. Esso è costituito da due o tre cellule acustiche esterne e da una cellula acustica interna, munite di delicatissime ciglia e sostenute da apposite cellule di sostegno e da due pilastri che formano una specie di tunnel; la *membrana tectoria* o membrana di Corti appoggia contro le ciglia delle cellule acustiche e ad essa si dà una grande importanza nella teoria della audizione. Vediamo altresì il fascio di fibre nervose che prendendo origine dalle cellule acustiche si porta al ganglio spirale nel modiollo e di là va a costituire il nervo cocleare. Sarà bene che teniamo presenti questi dettagli per lo studio delle lesioni nella sordità professionale.

La chiocciola dei mammiferi che servirono agli esperimenti di cui sarà fatta parola in appresso, mostra essenzialmente la stessa conformazione che nell'uomo.

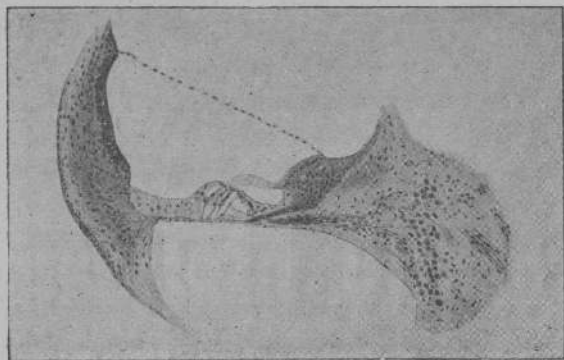


Fig. 4. — Dotto cocleare coll'organo di Corti, normale, nella cavia.
(Secondo Hoessli).

La fig. 4 rappresenta il condotto cocleare coll'organo di Corti nella cavia.

1°) *Lesioni labirintiche ottenute sperimentalmente sugli animali per azione dei suoni.*

Queste si possono studiare in due modi: sia direttamente sottoponendo i relativi labirinti all'esame istologico, sia indirettamente seguendo lo stabilirsi della sordità negli animali in esperimento, col valersi di un particolare riflesso che i suoni determinano sui muscoli intrinseci dell'orecchio. I risultati dei due ordini di indagini furono perfettamente concordati:

a) È merito della scuola tedesca di avere istituito metodicamente delle esperienze sugli animali, dirette a stabilire se e quali lesioni insorgano nel labirinto in seguito sia all'azione dei suoni intensi e prolungati, come si hanno nella sordità professionale, sia all'azione di suoni brevi ma di grande intensità, come si hanno nelle detonazioni e nelle esplosioni.

Noi ci occuperemo soltanto di quanto riguarda l'azione dei suoni intensi e prolungati. Nel secondo caso si tratta prevalentemente di lesioni traumatiche di indole meccanica, che non sono qui da considerare.

Wittmaack per primo (1907), quindi il giapponese Yoshii (1909) e von Eicken (1909-1911) nella clinica di Siebenmann, Marx (1909), Grünberg (1911) Hoessli (1912-1913) Rohr (1912) hanno sottoposto soprattutto cavie, ma anche cani, gatti, scimmie, colombi, all'azione prolungata per parecchie settimane di rumori o di suoni musicali intensi, trasmessi sia per via aerea sia anche per via solida: gli animali venivano sacrificati dopo un periodo variabile di tempo e si procedeva alla fissazione e all'esame dei reperti labirintici. Va notato che gli animali, soprattutto le cavie, deperivano rapidamente e morivano se l'azione di tali traumi acustici era continuata giorno e notte, mentre resistevano se detta azione era limitata a 12 su 24 ore. Si ebbe ricorso sia a rumori complessi di lamiere metalliche, percosse con martelli, sia a fischietti e sirene; inoltre, per imitare il più possibile le condizioni in cui si determina la sordità professionale, gli animali venivano collocati dentro gabbie metalliche, le cui pareti erano percosse con martelli in modo da ottenere la trasmissione del suono al labirinto anche per via solida.

Una prima difficoltà si incontrò nella fissazione e conservazione delle alterazioni labirintiche così provocate.

È noto che i delicati elementi del labirinto auricolare vanno incontro rapidamente ad alterazioni, sia durante l'agonia dell'animale (*alterazioni agonali*), sia subito dopo la morte (*alterazioni postmortalì*). Si dovette quindi con una serie di ricerche preliminari espressamente istituite stabilire bene i caratteri delle alterazioni agonali e postmortalì, procurando di distinguerle dalle alterazioni di natura patologica. Non è il caso di entrare in dettagli sui risultati di tali ricerche; basterà ricordare che le alterazioni agonali e postmortalì si addimostrarono di regola uniformemente diffuse pel labirinto agli elementi cellulari di una stessa sorta, mentre le alterazioni sperimentalmente provocate *intra vitam* erano ben localizzate.

La migliore conservazione degli epiteli acustici si ottenne facendo ricorso alla cosiddetta fissazione intravitale: l'animale viene ucciso per dissanguamento, mentre contemporaneamente la soluzione fissatrice è iniettata dalla aorta e raggiunge i labirinti per via vascolare. Ma anche buoni risultati si ottengono coll'isolare con metodo particolarmente rapido i temporali dell'animale immediatamente dopo la morte e col collocarli nel liquido fissatore, dopo aver aperto in pochi secondi le cavità labirintiche per facilitare la penetrazione del reattivo.

I risultati di numerosi esperimenti furono molto concordanti: fu riconosciuto che per l'azione continuata di suoni intensi restano determinate lesioni esclusivamente nell'apparecchio cocleare, rimanendo sempre affatto integri l'orecchio medio e il labirinto vestibolare.

Studiamo ora più dettagliatamente tali lesioni e consideriamo a questo scopo l'organo di Corti della cavia normale, il quale, come abbiamo visto, non differisce sostanzialmente da quello dell'uomo (Cfr. Fig. 4). Le alterazioni si cominciano ad osservare nella cavia in media dopo tre settimane dalla moderata azione di un suono, per es. quale può esser dato da una canna d'organo collocata alla distanza di dieci o venti cent. dagli orecchi dell'animale, e fatta agire per alcuni minuti parecchie volte nella giornata. Le prime ad alterarsi sotto l'influenza dei suoni sono le cellule acustiche esterne e di queste le due mediali; le alterazioni si estendono quindi alle altre parti dell'organo di Corti, alla cellula acu-

stica interna, ai pilastri, alle cellule di sostegno, che restano come compresse e schiacciate dall'alto, probabilmente per azione della membrana tectoria; si diffondono poi lungo le corrispondenti fibre nervose fino alle rispettive cellule del ganglio spirale. In una parola è il cosiddetto neurone cocleare periferico che viene colpito; malgrado che dapprima vi fosse qualche divergenza tra gli Autori, ormai tutti si accordano nell'ammettere che tali lesioni non colpiscono ad un tempo l'intero neurone, ma si iniziano all'organo di Corti per guadagnare gradatamente e con andamento centripeto le fibre nervose e le cellule gangliari.

Le fibre nervose diventano secondo Yoshii varicose; le cellule gangliari perdono i granuli di Nissl, si gonfiano i loro nuclei, si vanno formando vacuoli nel protoplasma; poi le cellule si atrofizzano. Alcune anzi spariscono del tutto e rimangono degli spazi liberi nel tessuto congiuntivo di sostegno.

A questa categoria di lesioni, che potremo dire primitive, si associano bentosto nel labirinto alterazioni che si possono

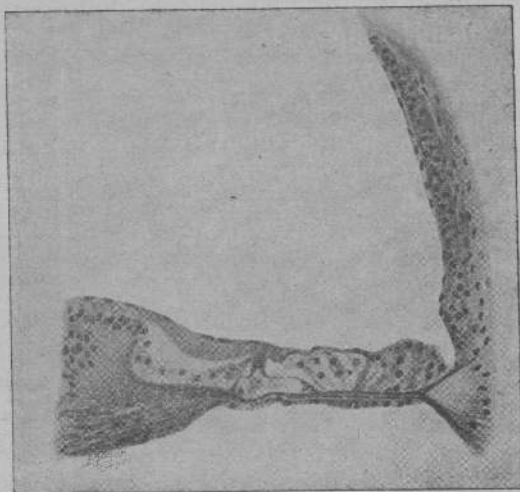


Fig. 5. — Organo di Corti nel giro basilare. Cavia. Incipiente sparizione. (Wittmaack).

considerare come secondarie e che colpiscono gli elementi di sostegno. La membrana di Corti o tectoria si sfibrilla e va incontro ad atrofia; si sollevano irregolarmente gli epiteli che ricoprono la membrana di Reissner, più raramente quelli della

membrana basilare. Ne risultano dei fatti infiammatori, una specie di labirintite sierosa, con essudazione, e saldature della membrana di Reissner colle parti vicine; pare che questo si osservi quando si sieno impiegati dei rumori complessi piuttosto che toni netti. Non si poterono mai dimostrare processi di rigenerazione degli elementi così alterati. E' poi degno di nota che il nervo cocleare centrale fu sempre trovato senza alterazioni.

Troppo lungo sarebbe passare in rivista anche fuggevolmente le numerose figure che gli sperimentatori hanno pubblicato dei loro reperti: vediamone solo alcune tra le più caratteristiche.

La fig. 5 (ricavata da Wittmaack) dimostra la incipiente scomparsa dell'organo di Corti in una cavia dopo 30 giorni di un fischio acuto molte volte ripetuto nella giornata; la fig. 6 dimostra la sparizione ormai avvenuta dell'organo con relativa conservazione delle cellule gangliari. In uno stadio più avanzato ancora, la fig. 7 (tolta da Hoessli) mostra la scomparsa dell'organo di Corti ed insieme delle corrispondenti fibre nervose e cellule gangliari.

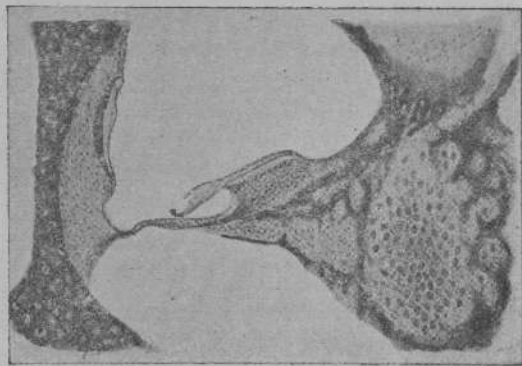


Fig. 6. — Organo di Corti nella cavia.
Sparizione con conservazione delle cellule del ganglio spirale (Wittmaack).

Si tratta adunque di alterazioni di carattere dapprima degenerativo, che assumono poi carattere anche infiammatorio e che hanno un andamento ascendente dall'organo di Corti fino alle cellule gangliari.

Le lesioni labirintiche ora descritte si ottengono assai

più facilmente e rapidamente quando si impiegano toni acuti della scala, dal *do* 3° (1024) al *sol* 5° (circa 6000 vib. doppie). Con toni più bassi esse sono meno manifeste ed è notevole che alcune alterazioni non abbiano potuto prodursi coll'azione prolungata del *Do* della grande ottava, con 64 vib. d. Il fatto

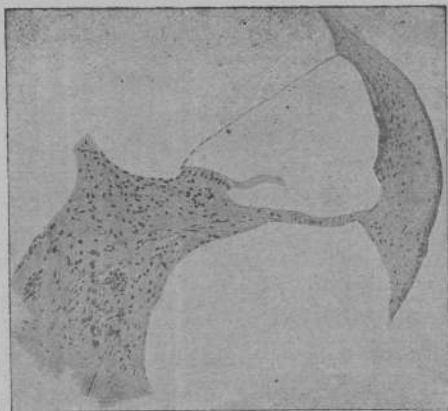


Fig. 7. -- Organo di Corti molto alterato, con atrofia delle fibre nervose e delle cellule del ganglio spirale, in cavia sottomessa al rumore di caldaio per 2 $\frac{1}{4}$ mesi per 10-12 ore al dì (Hoessli).

che ha importanza capitale si è che le lesioni sperimentali hanno, entro certi limiti, una differente localizzazione nella chiocciola a seconda dell'altezza tonale del suono impiegato; in generale si può dire che, secondo il presupposto della teoria di Helmholtz, quanto più il tono è acuto tanto più verso la base della chiocciola la lesione è localizzata. Con due toni, Hoessli è riuscito a produrre nel labirinto due differenti localizzazioni delle lesioni. Ma contrariamente a quanto si potrebbe ritenere, tali lesioni non sono mai esattamente circoscritte a un piccolo gruppo di cellule acustiche e alle corrispondenti fibre nervose in relazione all'impiego fatto di un tono ben determinato; le lesioni sono invece più o meno diffuse, talora si estendono a mezzo giro della chiocciola, talora comprendono perfino un intero giro.

Dalla figura schematica che presento (fig. 8) si scorgono le lesioni ottenute dai differenti sperimentatori nella chiocciola della cavia (va tenuto conto che questo animale possiede quattro giri di chiocciola); da un lato della figura sono indicate



le note impiegate, dall' altro sono segnati i nomi degli esperimentatori.

Appunto per la mancanza di una netta limitazione delle alterazioni cocleari, taluni autori pensano che i risultati ora riferiti non possano essere invocati in favore della teoria di

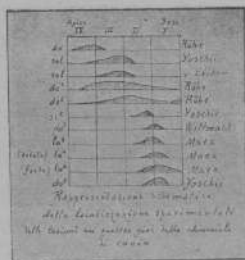


Fig. 8.

Helmholtz; essi fanno osservare che si tratta in questi esperimenti d'una azione piuttosto traumatica che nettamente acustica e che la ineguaglianza della pressione nel liquido perilinfatico è massima, nelle due scale timpanica e vestibolare, alla base della chiocciola e perciò in questo punto vi sarà la maggior tendenza ad eguagliarsi delle due pressioni, con maggior danno dell' organo cocleare interposto.

Io penso invece che la maggiore estensione delle lesioni osservate in confronto a quelle che si avrebbe potuto attendere dalla teoria non possa essere seriamente invocata contro la dottrina di Helmholtz: anche a prescindere dalla delicatezza della tecnica istologica e dalla difficoltà di stabilire con precisione in un organo conformato a spira la estensione di una lesione, si deve ammettere come probabile che per l'azione di stimoli acustici così intensi ed anormali soffrano anche parti vicine a quelle più direttamente colpite. Resta pur sempre in favore della teoria la localizzazione prevalente delle lesioni in differenti giri della chiocciola a seconda dei toni impiegati.

Assai dimostrativi riuscirono i risultati delle ricerche sulla influenza degli stimoli sonori trasmessi al labirinto sia per via aerea sia per via solida, cioè delle ossa della testa. V. Eicken, e dopo di lui Hoessli, praticarono nelle cavie, prima di sottoporle all'azione dei suoni, la esportazione dell' incudine da uno degli orecchi, venendo per tal modo ad interrompere

da questo lato la catena delle ossicina ed ostacolando la trasmissione dei suoni per via aereotimpanica al labirinto; l'altro orecchio dell'animale era lasciato libero. Ora non si riscontrarono lesioni cocleari che dal lato dell'orecchio integro, nessuna lesione era dimostrabile nell'orecchio operato.

Yoshii ha parimenti osservato in una cavia, dove l'apparecchio di trasmissione aero-timpanico era andato distrutto da un lato per spontanea suppurazione dell'orecchio medio, che nel labirinto corrispondente non si erano determinate le caratteristiche lesioni da suono.

Del tutto recentemente *Hoessli* (*Zeitschrift für Ohrenh.*, 1913, Vol. 69, p. 224), collocando gli animali in esperimento dentro apposite cassette in ferro, percosse da martelli, in modo da imitare il più possibile le condizioni della sordità professionale, riconobbe che quando egli riusciva a mantenere otturato il condotto uditivo da un lato, da quell'orecchio non si stabilivano le lesioni cocleari da suono. Giova però ricordare come tali esperienze presentino una grande difficoltà, principalmente perchè le cavie si sforzano in tutti i modi di liberarsi delle fasciature o dei tamponi occludenti: si grattano ostinatamente l'orecchio occluso, e, se non basta, si strappano via coi denti, anche reciprocamente, le fasciature. Hoessli riuscì da ultimo col seguente procedimento: introduceva nell'orecchio un piccolo tappo di cotone, spalmava sopra della resina da calzolaio riscaldata, quindi applicava una fasciatura al mastice che prendeva tutto l'orecchio. Malgrado tutto questo nel maggior numero dei casi si sviluppava nell'orecchio occluso una otite media acuta purulenta, di gravità maggiore o minore. Sicchè la difficoltà trasmissione dei suoni per la via aereotimpanica negli animali così trattati non era soltanto da attribuirsi alla occlusione del condotto, ma anche alle lesioni suppurative dell'orecchio medio.

Comunque, negli animali così trattati Hoessli poté riconoscere che, mentre dall'orecchio rimasto libero si stabilivano le solite lesioni cocleari per i suoni, il labirinto appariva normale dal lato occluso. Anche in tali casi le lesioni erano localizzate al giro basilare e al principio del secondo giro.

In un altro gruppo di animali, Hoessli, esperimentò la influenza di un grosso strato di feltro sul quale poggiavano gli animali collocati dentro la cassetta sonante: ora in nessun caso

egli notò che l'isolamento dell'animale per tal modo ottenuto contro le vibrazioni trasmesse per via solida e per via delle ossa del cranio abbia prevenuto lo stabilirsi delle lesioni co-cleari, che in questi animali parevano avere la stessa intensità come negli animali non isolati col feltro.

Questi fatti dimostrano che gli stimoli sonori danneggiano l'orecchio soprattutto per trasmissione aerea e valgono altresì ad appoggiare la dottrina classica sull'ufficio della catena delle ossicini, in confronto a quella formulata da Secchi e ripetuta più tardi da Zimmermann. Ma su questo punto importantissimo per la clinica avremo occasione di ritornare più tardi.

b) La sordità che consegue all'azione esagerata dei suoni può venire anche investigata sperimentalmente negli animali col mezzo di un delicato riflesso auditivo: la contrazione cioè dei muscoli intrinseci dell'orecchio determinata dagli stimoli sonori. I muscoli dell'orecchio medio nei mammiferi sono due: lo stapedio, che, come è noto, si inserisce al capitolo della staffa ed è innervato dal nervo facciale; il tensore del timpano, che si inserisce al manico del martello ed è innervato dal ramo motore della terza branca del trigemino.

Non è il caso di esaminare le differenti opinioni che furono successivamente emesse sulla funzione di questi due muscoli, tanto più che il giapponese Toru Kato in una serie di ricerche recenti ed interessantissime è riuscito a portare molta luce in argomento, avvalendosi di un metodo assai delicato di registrazione grafica.

Mi si conceda che per la intelligenza di quanto interessa il nostro argomento io esponga sommariamente alcuni dei risultati a cui Toru Kato è pervenuto.

Egli ha sperimentato nei gatti e nei conigli; con accurata dissezione metteva a nudo uno dei due muscoli timpanici o ambedue ad un tempo. Dapprima per studiare l'azione del muscolo tensore registrava i movimenti da questo muscolo impressi alla membrana timpanica ma più tardi si valse di un metodo più diretto registrando i minimi movimenti dei muscoli stessi. Ecco come procedeva.

Isolati il tensore e lo stapedio col loro tendine e staccatili dalla loro inserzione ne introduceva le estremità in una sottile pagliuzza, alla quale era stata previamente saldato uno spec-

chietto di dimensioni quasi microscopiche. Con opportuna disposizione un fascio luminoso proiettato dallo specchietto veniva fotografato ed insieme al tracciato dovuto alla contrazione del muscolo veniva fotograficamente registrato il principio e la fine dello stimolo sonoro e il tempo, espresso in centesimi di secondo.

Per la eccitazione di un solo orecchio si hanno riflessi bilaterali, cosicchè nelle esperienze uno degli orecchi era preparato per la registrazione fotografica e al secondo orecchio integro veniva condotto il suono eccitatore.

Così il tensore come lo stapedio si contraggono per azione degli stimoli sonori; la reazione più delicata e sensibile è data dallo stapedio; la durata di contrazione dipende in generale dalla durata del suono. Il tempo di latenza del riflesso era minore di due centesimi di secondo, ma tanto più lungo quanto più basso era il tono impiegato. Il massimo effetto si aveva con toni acuti, da *la 3* a *la 4*. Un po' minore per il *mi 5* e il *la 5*; nei conigli restava senza effetto il tono basso di 64 vib. doppie. Vedremo più tardi come queste risultanze valgano a confermare ciò che risulta anche da altri fatti, che cioè l'orecchio è più sensibile per i toni acuti che per i medi ed i bassi.

La maggior parte degli animali presenta tali riflessi acustici, eccettuata la cavia nella quale mancano affatto, ed è curioso che proprio la cavia sia l'animale, nel quale più facilmente si dimostrarono coll'esperimento i danni portati all'orecchio interno dagli stimoli sonori.

I muscoli stapedio e tensore si contraggono per via riflessa anche con altri stimoli, per es. per stimoli elettrici e meccanici esercitati sull'orecchio medio, sul labirinto acustico e sui centri nervosi cocleari; anche durante le grida degli animali si possono osservare tali contrazioni; ma è importantissimo il fatto che la maggior parte di tali riflessi seguono la via acustica perchè cessano colla sezione del nervo cocleare. Come si comprende, i riflessi dei muscoli intrinseci dell'orecchio costituiscono adunque un mezzo eccellente per stabilire le condizioni funzionali dell'apparecchio cocleare e questo studio non mancò di fare Toru Kato in una serie di esperienze, che ci interessano al più alto grado.

Mentre in effetto collo studio istologico delle fine alterazioni

che restano determinate nella chiocciola degli animali sottoposti all'azione esagerata dei suoni si possono riconoscere i fatti già compiuti, col seguire lo studio del riflesso acustico si può sorprendere in atto il determinarsi stesso delle lesioni cocleari e studiarne le più fine modalità di insorgenza.

Il ricercatore giapponese prese dapprima dei gatti e li sottopose al suono di un fischietto di Galton che dava 4500 vib. dop. (circa re 5), e che era eccitato con una corrente d'aria continua sotto la pressione di 7 mm. di mercurio. I riflessi acustici dei muscoli intrinseci, dapprima quello del tensore, poi quello dello stapedio scomparivano dopo 24 a 48 ore di continua azione del suono. Se questa azione veniva intensificata collocando l'animale in apposito vaso di vetro, la sordità al riflesso interveniva per quello stesso suono dopo sole cinque ore. I conigli si mostrarono molto meno resistenti che i gatti; in essi la sordità al riflesso interveniva soltanto dopo cinque o sei minuti di azione del suono.

Ma non solo si poterono così confermare colla dimostrazione della abolizione della funzione uditiva i dati sperimentali ricavati coll'esame istologico del labirinto, ma si poterono altresì confermare i fatti, importantissimi anche nel riguardo della patologia umana, messi in luce da v. Eicken e da Hoessli, che cioè l'eccessivo stimolo sonoro danneggia il labirinto soprattutto per trasmissione aerea.

Abbiamo visto che questi due autori, coll'interrompere la continuità della catena delle ossicina, esportando la incudine, avevano prevenuto lo stabilirsi di lesioni istologiche in un orecchio di un animale, il cui secondo orecchio non operato mostrava le note alterazioni. *Toru Kato* esportava in un animale il timpano e le ossicina da un lato; facendo agire per qualche tempo il suono dannoso, notava che persistevano i riflessi bilaterali ma più deboli quando il suono stimolatore si faceva agire sull'orecchio non operato, dove il labirinto era rimasto quindi più danneggiato; se distruggeva poi artificialmente il labirinto dal lato senza ossicina, otteneva la cessazione completa dei riflessi, ciò che indicava che la sola azione del suono non era valsa ad assordare l'orecchio privato dell'apparecchio di trasmissione.

E altri fatti permisero di stabilire lo studio sperimentale dei riflessi muscolari uditivi, fatti che sono del pari impor-

tantissimi per la patologia umana e dimostrano come ai muscoli intrinseci dell'orecchio spetti una funzione essenziale nella difesa dell'apparecchio cocleare contro il danno degli esagerati stimoli sonori. Questa funzione si supponeva di già per alcuni dati forniti dalla clinica ma spettava all'esperimento di darne la dimostrazione più evidente. Paralizzando lo stapedio, collo strappare il facciale da un lato, la sordità riflessa nel coniglio si stabiliva, non più dopo 5 o 6 minuti come d'ordinario, ma anche soltanto dopo un minuto e mezzo di azione del suono. Se si paralizzava anche il tensore colla resezione del trigemino la sordità riflessa interveniva dopo trenta secondi. Anche la narcosi determinava nel gatto l'abolizione del riflesso e quindi favoriva lo stabilirsi della sordità da suono. Ad es. solo 25 o 30 minuti bastavano per dare la sordità al riflesso invece che 5 ore. Questo tempo vale sempre soltanto per i toni più attivi, cioè di 4500 vib. dop. Un tono di 2000 vib. non lasciava riconoscere nel coniglio alcuna azione dannosa dopo due ore e mezzo: se però si paralizzava lo stapedio, dopo 5 minuti si notava la diminuzione dei riflessi dall'altro orecchio e dopo venti minuti la scomparsa.

E' curioso che nei topi bianchi non si riesce mai ad ottenere alterazioni labirintiche da suono, ciò che venne confermato anche coll' esame istopatologico da Marx. Le esperienze ora riferite illustrano dunque nel miglior modo l'azione dannosa dei suoni intensi, soprattutto di quelli di tonalità acuta sull'apparecchio cocleare, la loro trasmissione prevalente attraverso la catena delle ossicina e la funzione importantissima che per la difesa del labirinto dall'azione degli stimoli sonori eccessivi hanno i muscoli intrinseci dell'orecchio medio.

II°) *Lesioni istopatologiche riscontrate in persone affette da sordità professionale.*

Scarsa è la messe dei fatti che illustrano questo secondo punto delle nostre considerazioni.

Habermann (1890) pubblicò per il primo l'esatto reperto istologico del labirinto di un individuo affetto da sordità professionale. Dopo di lui altri autori, tra i quali ricorderemo Zange, Brühl, pubblicarono analoghi reperti istopatologici, ma,

data la scarschezza del materiale possiamo dire che oggi ancora non disponiamo che di pochi casi bene studiati e in taluni di questi il quadro morboso provocato dagli stimoli sonori eccessivi era complicato da alterazioni patologiche di altro genere, specialmente da quelle dovute ad arterio-sclerosi.

Il caso di Zange è tipico: si trattava di un calderaio giovane, morto per peritonite tubercolare. La voce afona era percepita dai due lati appena a quindici cent.; il *fa diesis 4* era avvertito senza vibrazione come colpo morto, metallico. Il Rinne era negativo, lo Schwabach accorciato. L'esame *post-mortem* permise di riconoscere la integrità dell'orecchio medio e del labirinto vestibolare: eravi invece atrofia dell'intero neurone periferico cocleare, mancava quasi da per tutto l'organo di Corti, i nervi e le cellule gangliari erano scomparsi in corrispondenza del giro basilare della chiocciola, mentre presentavano relativamente poche lesioni nei giri superiori. Anche la membrana di Reissner era nel giro basilare e soltanto in questo aderente ai resti dell'organo di Corti o fortemente depressa.

Ci basti ricordare per gli altri casi studiati che anche in questi, in piena conferma delle risultanze sperimentali, furono dimostrate, come caratteristiche anatomiche della sordità professionale, la integrità dell'orecchio medio e del labirinto vestibolare, lesioni più o meno diffuse all'intero condotto cocleare, a carico particolarmente dell'organo di Corti che talvolta era completamente scomparso; le lesioni presentavano un massimo di intensità nel giro basilare della chiocciola, dove era distrutto l'intero neurone periferico cioè oltre l'organo di Corti anche le fibre nervose e le cellule del ganglio spirale corrispondente. Anche per l'uomo, - quantunque naturalmente si tratti di lesioni in stadio ormai avanzato, - si ricava l'impressione che le alterazioni si iniziano all'organo di Corti e mostrano carattere ascendente lungo le fibre nervose fino alle cellule gangliari.

Non poteva desiderarsi adunque concordanza più completa tra i fatti sperimentali e i fatti anatomo-patologici.

III°) *Caratteri clinici della sordità professionale.*

E' interessante ora contrapporre ai risultati delle ricerche sperimentali e anatomo-patologiche i risultati delle ricerche cliniche: diciamo subito che anche in questo rapporto si riscontra la maggiore concordanza sicchè pare ne resti confermata la dottrina di Helmholtz. Il materiale di studio clinico è assai abbondante, perchè negli opifici rumorosi è frequente e in taluni di essi si potrebbe dire costante la sordità professionale.

Io stesso facevo notare fino dal 1889 (*Archiv für Ohr.*, XXVII, pag. 194) che uno dei caratteri principali di tale affezione è la esclusiva o prevalente localizzazione del difetto uditivo alla quarta e quinta ottava. Dopo di allora il quadro clinico venne sempre meglio precisato e si ammette ora generalmente:

1°) Che nella sordità da suoni non sono facilmente dimostrabili disordini funzionali a carico dell'orecchio medio;

2°) che non esistono sintomi a carico della porzione vestibolare del labirinto: mancano, cioè, di regola vertigini, disturbi di equilibrio, nistagmo ecc.

3°) i sintomi sono tutti riferibili all'apparecchio cocleare; nei casi tipici i toni bassi sono intesi normalmente e il difetto uditivo incomincia di solito col *sol 3* (1536 v. d.) e si aggrava col *do 4*, *sol 4*, e *do 5* (4096). Nelle forme leggieri il difetto uditivo è dimostrabile solo per il *do 4* e *sol 4*. Il limite superiore della scala tonale secondo le mie constatazioni si conserva normale, e ciò contrariamente alla asserzione di molti autori, nelle persone giovani; mentre nei vecchi si riscontra un abbassamento di questo limite, che io credo sia prevalentemente da riferire ad esagerazione di lesioni arterio-sclerotiche del labirinto.

4°) Rumori subbiettivi, cioè fenomeni di irritazione cocleare, non si riscontrano che nello stadio iniziale della affezione, per lo più anzi nelle ore immediatamente successive a quelle del lavoro nelle officine; altrimenti essi mancano del tutto; questo è carattere differenziale importante in confronto ad altre forme di malattie labirintiche.

Io dimostro un diagramma (fig. 9) del campo uditivo in un caso tipico di sordità professionale in persona giovane. La determinazione quantitativa del difetto uditivo fu fatta colle prove coi diapason, ma non in base alla durata di percezione,

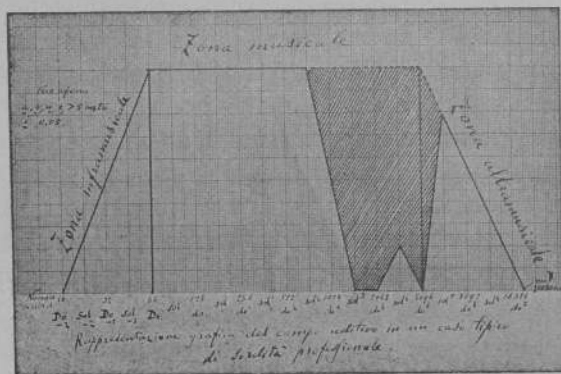


Fig. 9.

metodo che condurrebbe a risultati non esatti, ma calcolata col metodo della eccitazione a pesi Stefanini Gradenigo (1)

Il diagramma è diviso in tre parti: la zona infra-musicale, che comprende dalle 16 alle 60 vib. dop. e la zona ultra-musicale (dalle 4096 alle 20000 vib. dop. circa); queste due zone comprendono ognuna due ottave e in esse è sufficiente una determinazione qualitativa del potere uditivo. La zona intermedia, la zona veramente musicale, è la più estesa e per essa è fatta la determinazione quantitativa del potere uditivo. Come si scorge, il difetto uditivo segnato dalla striatura, è circoscritto ad una regione che va soltanto dal sol 3 al do 5°, e l'udito è particolarmente ridotto per la quarta ottava.

In armonia con tali risultati, quei suoni della voce che corrispondono alle ottave difettose sono male percepiti; è mal percepita la vocale *i*, la più acuta delle vocali, che corrisponde presso a poco per tonalità alla quarta ottava; nel nostro caso la *i* pronunciata a voce afona è sentita a soli cinque centimetri

(1) A Stefanini e G. Gradenigo. Nuovo metodo di determinare la legge di oscillazione dei diapason e sua applicazione all'acumetria. Nuovo Cimento, Serie V, Vol. XV, 1908. Zeitschrift f. Ohr., Vol. LVI, pag. 98.

di distanza dall'orecchio, mentre le altre vocali di tonalità più bassa sono sentite tutte, pronunciate colla stessa voce afona, a 5 metri. Queste distanze si intendono misurate nel mio gabinetto, nel silenzio relativo di giorno. Parimenti è mal percepita la *s* (esse); anche il suono dell'orologio da tasca, che secondo le mie determinazioni appartiene prevalentemente alla quarta ottava, non è ben percepito.

Nei casi più gravi di sordità professionale, per ragioni che non è qui il caso di esporre, la voce afona è assai meno bene percepita che la voce ordinaria di conversazione (vedasi il mio lavoro in proposito sull'indice vocale (1)).

Stabiliti così i caratteri clinici della sordità, i quali si accordano colla localizzazione delle lesioni labirintiche riscontrate nei reperti istopatologici, ci si presentano alcune importanti questioni.

Nel maggior numero dei casi la sordità, professionale non si rende manifesta che dopo qualche anno (di solito 4 o 5) di lavoro dell'operaio nelle officine rumorose e va aumentando di intensità coll'aumentare degli anni di lavoro.

Siccome le lesioni non interessano che una zona circoscritta della scala tonale, la sordità coll'andar degli anni non diviene mai completa e anche nei casi più inveterati permane un discreto grado di audizione per la voce di conversazione, i cui fonemi appartengono per il maggior numero alle ottave basse e medie. Io ho esaminato vecchi calderai che avevano oltre 30 anni di lavoro e all'infuori del difetto uditivo nella parte alta della scala, ho constatato una ben conservata funzione nelle altre regioni tonali e soprattutto una buona percezione per la voce di conversazione.

D'altra parte vi sono casi in cui una sordità tipica si stabilisce in giovani operai anche dopo pochi mesi, dacchè essi hanno iniziato il lavoro nelle officine: come si spiega questo fatto? Parimenti, come si spiega che di un certo numero di operai in una stessa officina, con egual numero di anni di lavoro, soltanto alcuni sono divenuti sordastri, ed altri no? Quando si esaminano i casi di sordità professionale precoce e grave, si riconosce che si tratta di individui con sintomi più o meno marcati di insufficienza funzionale della tromba, con

(1) Index vocalis. Archivio Ital. di Otologia, Vol. XXIII, 1912.

lesioni croniche della rinofaringe, col noto complesso sintomatico dell'adenoidismo, retrazione esagerata della membrana timpanica e talora marcate alterazioni dell'orecchio medio. Si deve adunque concludere che l'organo dell'udito, quando è veramente normale, presenta, al pari di altri organi, una resistenza meravigliosa alle cause morbose, e un potere straordinario di adattamento all'ambiente.

Si può stabilire che qualsiasi operajo, quando esce dalle officine rumorose, dopo aver lavorato molte ore consecutive, si risente degli eccessivi rumori e resta per qualche tempo (da mezz'ora a parecchie ore) come intronato, assordato, cogli orecchi che fischiano; ma tutti questi fenomeni nel maggior numero dei casi si attenuano e scompajono col riposo della notte e meglio ancora dei giorni festivi: non comincia a restar traccia permanente che in capo ad alcuni anni. Quando esiste invece insufficienza tubaria, con retrazione timpanica e alterazioni dell'orecchio medio, anche con udito relativamente buono, le lesioni labirintiche causate dagli eccessivi stimoli sonori si stabiliscono rapidamente.

A. Rhese (Archiv f. Ohrenh., Vol. 93, p. 134, 1913) esaminò un gruppo di artiglieri, e per quanto nel suo studio si tratti di lesioni acustiche da esplosione di colpi di cannone, e non di veri rumori professionali, mi sembra importante ricordare i risultati a cui è pervenuto. Questo autore riconobbe che nell'uomo la esistenza di lesioni infiammatorie dell'orecchio medio anche di debole grado, costituisce una predisposizione al determinarsi delle lesioni cocleari da traumi acustici in genere. (1)

Taluni Autori, - e tra questi mi piace ricordare il nostro Ostino, - ammisero che nella sordità da rumori la retrazione timpanica esagerata che talora si riscontra, sia dovuta, non al solito meccanismo della stenosi tubaria, ma alla eccessiva contrazione abituale del muscolo tensore del martello, la quale rappresenterebbe come una reazione di difesa agli eccessivi stimoli sonori. Habermann in un caso di sordità professionale ha anche constatato anatomicamente una dislocazione della piastra della staffa, che egli si mostrò inclinato ad interpretare come il risultato della eccessiva contrazione del muscolo stapedio.

(1) Ricerche analoghe istituite recentemente sugli artiglieri dal Capitano medico Balla saranno tra breve pubblicate.

Come abbiamo visto, i risultati sperimentali di Toru Kato confermano all'evidenza la straordinaria importanza dell'azione di difesa dei muscoli intrinseci dell'orecchio contro i danni degli eccessivi stimoli sonori: il tensore e lo stapedio che nella loro simultanea azione riflessa si devono considerare piuttosto come sinergici che antagonisti, fissano, contraendosi, l'apparecchio di trasmissione e ostacolano la propagazione delle onde sonore al labirinto.

Quella maggiore vulnerabilità che troviamo in alcuni casi, come abbiamo detto, è dovuta alla insufficiente permeabilità tubaria oppure alla disturbata tensione dei muscoli intrinseci? E' probabile che concorrano ambedue questi fattori. La impervietà tubaria determina una posizione anormale della membrana timpanica e della catena delle ossicina e si può arguire che i muscoli tensore e stapedio, anche se normalmente funzionanti, non valgono in tale anormale posizione a immobilizzare abbastanza energicamente l'apparecchio di trasmissione, ma si può anche ammettere che l'alterazione infiammatoria della mucosa timpanica, mucosa che riveste in parte detti muscoli, contribuisca a renderne meno valida l'azione, analogamente a quanto osserviamo nella laringe, dove modificazioni catarrali della mucosa determinano un'insufficienza funzionale dei muscoli sottostanti.

Quanto abbiamo detto sul fatto che le lesioni labirintiche da rumori si osservano con maggiore facilità presso gli individui, nei quali vi è luogo ad ammettere una insufficiente difesa da parte dell'orecchio medio contro gli stimoli sonori, permette già di intravedere la importanza che per la determinazione delle lesioni cocleari ha la trasmissione dei suoni per via aerea in confronto alla via solida.

Abbiamo visto che gli esperimenti di von Eicken, di Hoessli al pari di quelli di Tolu Kato permettono di affermare la parte essenziale che ha l'apparecchio di trasmissione nella produzione delle lesioni labirintiche. Ora è interessante notare che anche la clinica conferma questi fatti. Un esperimento facile a farsi è il seguente: se collocandoci in piedi in un'officina vicino a dei magli molto rumorosi chiudiamo colle estremità bagnate dei due indici i meati uditivi, avvertiamo il suono molto attenuato e la trasmissione delle vibrazioni dal terreno agli orecchi si effettua in modo più débole e punto fastidioso. Io ho

spesso osservato che in operai, che lavorano in mezzo a forti rumori, la esistenza in uno degli orecchi di un ostacolo alla trasmissione del suono, come ad es. di un tappo di cerume ostruente il condotto o di affezioni suppurative della cassa timpanica, vale a prevenire o attenuare i disturbi labirintici. In tali individui la sordità professionale è di solito meno pronunciata dall'orecchio difeso dal cerume o dall'ostacolata trasmissione per otite media suppurativa che dall'orecchio integro.

Possiamo adunque concludere che :

1°) La sordità professionale ha per carattere la localizzazione del difetto uditivo ai toni acuti della scala, dal *do* 3 al *do* 5.

2°) Che lesioni catarrali dell'orecchio medio atte ad ostacolare la funzione di difesa esercitata dall'apparecchio di trasmissione contro gli eccessivi stimoli sonori facilitano la insorgenza delle alterazioni labirintiche.

3°) Che tutti i fattori che ostacolano la trasmissione dei suoni attraverso la catena delle ossicini al labirinto, ritardano o impediscono la insorgenza delle lesioni labirintiche.

IV°) *Per quali suoni della Scala è maggiore la sensibilità dell'udito in condizioni fisiologiche?*

L'organo dell'udito è egualmente sensibile allo stimolo *suono* in tutta la estensione della scala tonale, che, come è noto, comprende da 16 v. d. a 20.000 v. d. al secondo?

O non piuttosto esiste una zona di maggiore sensibilità?

Il problema è importante perchè è a presupporre che ad una maggiore sensibilità corrisponda anche una maggiore labilità, una più facile vulnerabilità per dati suoni.

La osservazione di tutti i giorni permette già di affermare una maggiore sensibilità del nostro orecchio per i toni acuti. Come nota egregiamente lo Stumpf (*Tonpsychologie*, Vol. II, pag. 417, Lipsia, 1883) in orchestra l'ottavino o piccolo flauto prevale facilmente coi suoi toni della 4 ottava sul ripieno di tutti gli altri toni, anche su quelli potenti degli ottoni.

Una sola voce buona di soprano domina colle sue note più acute in un finale di opera facilmente tutte le altre voci e la orchestra; un canarino buon cantatore si fa valere in mezzo al più forte frastuono.

Ma anche esperienze accurate di fisici confermano questo fatto. Helmholtz aveva istituito delle esperienze colla sua sirena; ricerche furono pure fatte, tra altri, da Töpler e Boltzmann, Rayleigh, C. K. Wead, i cui risultati, non sempre concordanti, furono discussi con competenza da Stefanini (Stefanini A., della energia minima che è necessaria a produrre la sensazione di suono, Atti della R. Accademia Lucchese di Scienze, Lettere ed Arti, Vol. XXV, 1888). In questi ultimi anni le ricerche furono riprese da Wien, Zwaardemaker, Quix e Minkema, con metodi accuratissimi di misura e diedero luogo ad una serie di pubblicazioni in proposito.

La sensibilità dell'orecchio era in queste ricerche posta inversamente proporzionale alla intensità del suono sufficiente a dare una sensazione appena percepibile. I risultati di questa ultima serie di ricerche riescirono talora divergenti nei valori assoluti, soprattutto perchè i rispettivi autori avevano messo a base dei loro calcoli dei presupposti teorici differenti, sicchè seguirono interessanti discussioni e dibattiti; in generale però si può dire che si ottenne una concordanza sui seguenti punti, che sono quelli che riguardano il nostro argomento:

1) Esiste per l'orecchio soltanto un massimo di sensibilità;

2) Il massimo corrisponde al *sol 4* (3072 V. D.)

3) La zona di buona sensibilità uditiva va dal *do 1* (256 v. d.) al *sol 5* (6144 v. d.) Secondo Zwaardemaker i valori dei minimi percepibili in questa zona sono dello stesso ordine; la maggiore sensibilità è nel tratto dal *sol 3* a *do 5*.

4) Al di fuori della zona di buona percezione, verso i due limiti della scala, l'inferiore e il superiore, la sensibilità diminuisce assai rapidamente.

Escat e Vaquier ripeterono le ricerche sulla sensibilità uditiva ma procedendo in altra maniera; essi misurarono le distanze massime alle quali venivano percepiti in luogo aperto da un orecchio normale i suoni di varia tonalità dati da corde metalliche musicali. Questi Autori stabilirono un massimo di sensibilità per i toni *sol 3* (ancora percepito a 162 metri), *do 4* (167 m.) e *sol 4* (170 m.); per la quarta ottava l'orecchio ora più sensibile.

Io ho ripetuto in campagna le esperienze di Escat e Vaquier, procurando di misurare esattamente col metodo a pesi

proposto da Stefanini e Gradenigo per i diapason, la energia meccanica di eccitazione delle corde musicali impiegate, valendomi anche dei suggerimenti cortesemente fornitimi a questo intento dal prof. Stefanini; nelle mie esperienze la sensibilità massima si dimostrò in corrispondenza al *sol 3* (1).

Questi risultati si accordano quindi, se non completamente, abbastanza bene con quelli ottenuti dagli altri sperimentatori; sicchè possiamo concludere che in condizioni normali l'orecchio è più sensibile per i toni della 3 e della 4 ottava.

Che realmente per tali toni della scala la sensibilità dell'orecchio sia massima, si deduce anche della differente intensità dei riflessi acustici dei muscoli intrinseci, messa in luce così negli animali come nell'uomo da Toru Kato e da Mangold.

Per gli animali (gatti, conigli) abbiamo già visto che la energia massima di contrazione dello stapedio e del muscolo tensore timpanico si ha per toni dal *la 3* al *la 4*, quindi vicinissimi all'ottava *sol 3 sol 4* trovata colle ricerche precedenti; la sensibilità al riflesso è già minore per il *mi 5* e il *la 5*, cioè per i toni della quinta ottava; nei conigli i toni anche intensi ma bassi, p. es. il *Do* (64 v. d.) non provocano di regola alcun riflesso.

Per quanto riguarda il riflesso dei muscoli intrinseci dell'orecchio nell'uomo non si hanno osservazioni sicure che per il tensore; per questo muscolo Mangold e Eckstein sono riusciti ad ottenere con un metodo grafico tracciati ben dimostrativi. (Reflektorische Kontraktionen des Tensor Tympani beim Menschen; Archiv f. die ges. Physiologie, Vol. 152, 1913).

Questi Autori ebbero la fortuna di trovare una persona presso la quale i suoni provocavano una contrazione riflessa del tensore del timpano; essi riuscirono con un ingegnoso dispositivo a registrare fotograficamente i movimenti della membrana timpanica che ne risultavano.

Orbene, si avevano contrazioni quando si impiegavano suoni dati da fischietti *do 3*, *do 4* e *fa 4*, mentre il tono di 64 v. d. o non provocava affatto contrazioni oppure le provocava particolarmente deboli.

(1) Comunicazione al Congresso Internazionale di fonetica sperimentale, tenutosi ad Amburgo in Aprile 1914. Archivio Italiano di Otologia. ecc. 1914, Vol. XXV, pag. 443.

Presso un'altra persona che avvertiva subiettivamente il rumore speciale dato dalla contrazione riflessa del tensore ma questa non era abbastanza energica per determinare escursioni registrabili della membrana timpanica, il riflesso si aveva soltanto per i toni dei diapason *do 4* e *fa 4* fortemente eccitati.

Del resto, anche altri fenomeni di indole subiettiva confermano il fatto della maggiore sensibilità dell'orecchio per i toni della quarta ottava. In persone con sistema nervoso particolarmente eccitabile sono appunto questi i diapason il cui suono riesce più penoso: io ho visto giovani donne con iperestesia acustica sobbalzare dalla sedia dove erano sedute e quasi cadere, quando si avvicinava ad un loro orecchio il diapason *do 4* vibrante.

Quando, colla somministrazione del chinino si modificano le condizioni di vascolarizzazione dell'organo dell'udito in totalità, la sua eccitazione risponde con un rumore subiettivo, il cosiddetto *tinnito* di orecchi che la maggior parte dei soggetti assomigliano per tonalità al *do 4* e taluni anche al *do 5*. Ed analogamente l'organo dell'udito risponde pure con un rumore della stessa tonalità a stimoli diffusi di altro genere come io avevo notato fino dal 1890 in uno studio sui rumori subiettivi dell'orecchio. Quando si appoggi con forza il trago contro il meato in modo da comprimere l'aria nel condotto uditivo esterno e da spingere fortemente in dentro la membrana timpanica e la catena delle ossicina, si determina uno stimolo meccanico del labirinto e spesso in tal modo si provoca il tinnito. Quando nell'orecchio normale si riesce ad ottenere colla stimolazione galvanica una reazione di suono, questa ha per tonalità il *do 4*, la stessa tonalità del tinnito.

Quando si faccia agire, finalmente, abbastanza a lungo un tono anche basso su un orecchio, con forte intensità, si può notare dopo cessato il suono obiettivo, la comparsa del tinnito. Possiamo adunque concludere che a stimoli vari di carattere anche diffuso, l'orecchio risponde di regola con un suono subiettivo di tonalità quasi costante e cioè della quarta ottava.

Tutti i fatti che siamo andati esponendo valgono adunque a stabilire *che es'ste nell'orecchio una zona di maggiore sensibilità e vulnerabilità che corrisponde alla regione dei toni acuti, dal sol 3 al do 5.*

Se ci chiediamo quale possa essere la causa di questa particolare sensibilità dell'orecchio in una determinata zona tonale, possiamo invocare parecchie spiegazioni, le quali però hanno finora un valore soltanto ipotetico.

Giova ricordare che il tono proprio di risonanza del condotto uditivo esterno è un tono della quarta ottava. In effetto il condotto uditivo si può paragonare ad un tubo chiuso ad una estremità dalla membrana timpanica. In questo caso la risonanza maggiore è per il tono che ha il quarto della sua lunghezza d'onda eguale alla lunghezza del condotto. Gli anatomici danno per l'uomo adulto una lunghezza media del condotto ud. est. di 24 mm. Il lume ha prevalentemente la forma di un'ellissi col diametro maggiore, variabile, da 7,79 a 9,8 mm., il minore da 4,60 a 6,54 mm. La lunghezza di onda per questo piccolo risuonatore dovrebbe essere adunque di 9,6 cent., presso a poco un *la 4* (lunghezza d'onda 9,79 cent. alla temperatura di 15 centigradi), ed infatti un tubetto di vetro di 24 mm. di lunghezza e di 9 mm. di diametro risuona specialmente bene per il *sol 4*, tono assai vicino al *la 4*. Parimenti ho potuto assicurarmi in molte persone di una manifesta risonanza del diapason *sol 4* posto dinanzi al meato uditivo, mentre tale risonanza mancava per il *do 4* o per il *do 5*.

E' certo adunque che la risonanza del condotto uditivo ha influenza nel rendere particolarmente sensibile l'orecchio per qualche tono della quarta ottava: ma si possono invocare anche altri momenti, e prima di tutto si può ricercare un fattore vascolare. Dalle figure che *Siebenmann* dà della disposizione dei vasi della chiocciola umana, si scorge che la prima parte del giro basilare è irrorato da un ramo cospicuo dell'arteria vestibolo-cocleare (F. *Siebenmann*, nel Manuale di Anatomia di *Schwalbe*, vol. V°, pag. 318); questa ricchezza vascolare della regione, che, secondo la teoria di *Helmholtz*, è la sede di percezione dei toni della quarta ottava, potrebbe darci ragione d'una più facile congestione di queste parti, anche in seguito a stimolazioni diffuse.

Finalmente altre spiegazioni possono essere di ordine fisico. *De Cigna* (Riunione della Società Ital. di Laring. e Otologia, Venezia, 1912, e Archives Internat. de Laryng., Vol XXXV, 1913) si è occupato particolarmente dell'argomento. Secondo questo autore, la ragione della maggiore sensibilità e vulne-

rabilità dell'apparecchio cocleare in corrispondenza al giro basilare è duplice. Questo giro basilare, che comincia in rapporto colla finestra ovale, oltre ad un maggiore diametro degli altri giri, presenta una curva più ampia che si restringe rapidamente nel passaggio dal primo al secondo giro. E' adunque in questo punto che le vibrazioni trasmesse dalla staffa al liquido labirintico trovano il loro primo ostacolo e dove l'urto determina il maggior lavoro meccanico, e le vibrazioni sonore causano una maggiore impressione. Un'altra causa si è che nella parte iniziale del giro basilare si trovano gli apparecchi di compensazione cocleare (acquedotto della chiocciola e membrana della finestra rotonda); è qui che si fanno valere le maggiori differenze di pressione tra la rampa vestibolare e la rampa timpanica della chiocciola. Questi fatti di ordine fisico e anatomico bastano, secondo De Cigna, a dar ragione della prevalente localizzazione dei fenomeni degenerativi o dei fatti di congestione a carico dell'organo di Corti.

Qualunque siano ad ogni modo le spiegazioni che si vorranno invocare, sta il fatto che l'organo dell'udito presenta una più squisita sensibilità, e per conseguenza una maggiore vulnerabilità, per una zona acuta della scala tonale, che va dal *sol* 3 al *do* 5.

V°) *Analisi dei suoni nelle officine di fabbro-ferraio e di calderaio.*

E' interessante ora lo studiare se la localizzazione delle lesioni cocleari nella sordità professionale è anche per l'uomo legata, come si è visto per gli animali da esperimento, alla prevalenza di suoni di una determinata tonalità nei rumori complessi delle officine.

I rumori che danno lamiere di ferro o di rame, sbarre metalliche, caldaie, ecc. percosse con martelli di metallo o di legno, potrebbero essere studiati col mezzo di calcoli teorici, ma si comprende come i calcoli sieno di loro natura complessi e la teoria del modo di vibrazione delle piastre e delle sbarre metalliche sia molto complicata. I fisici si accordano nel ritenere che sbarre o verghe rigide di metallo danno suoni, nei quali prevalgono toni acuti non armonici coi toni fondamentali e

tali toni durano tanto più a lungo se si tratta di metallo elastico di uniforme tessitura, per es. l'acciaio. Il così detto *livro metallico* secondo *Helmholtz* è caratterizzato da toni acuti abbastanza permanenti ed uniformi.

Struycken ha fatto alcune ricerche sulla tonalità dei suoni prodotti nelle officine, valendosi dell'apparecchio di registrazione squisitamente sensibile che egli è riuscito a costruire e che serve egregiamente anche per la analisi delicatissima dei fonimi della voce.

Egli ha trovato che nel rumore complesso sono soprattutto prevalenti toni da 730 a 850 vib. dop., quindi corrispondenti circa alla parte media della seconda ottava. Questi suoni si accompagnano al primo e quinto armonico, cioè a toni della terza e della sesta ottava.

Per la scarsità delle osservazioni in proposito ho creduto di istituire io stesso, col prezioso concorso del Prof. Stefanini di Pisa al quale porgo oggi i più vivi ringraziamenti, una serie di analisi di tali rumori.

Tra i numerosi metodi ai quali si può ricorrere all'intento sopradetto, quelli che si prestano meglio sono i seguenti:

a) metodo della risonanza dei diapason e dei cilindri di acciaio di Koenig. Il metodo non risponde bene che quando si tratti di suoni dotati di una certa intensità e per le tonalità media ed acuta.

b) metodo degli anelli di nero fumo di Marbe. Il metodo risponde bene per l'esame dei toni bassi e medi, anche poco intensi, ma non registra i toni al disopra delle 1000 vib. dop. circa (*do* 3°). Quando si tratti di toni molto acuti la fiamma che dà gli anelli non segue le oscillazioni rapidissime, oppure il metodo di registrazione non riesce a separarli.

c) impiego del fonografo e del dictafono Edison; si presta particolarmente per la zona musicale della scala ma non registra che toni di una certa intensità.

d) impiego dell'oscillografo.

Ho fatto anche delle esperienze col mezzo dei cilindri risuonatori di Rousselot e di Stefanini, ma sui risultati di queste che sono appena iniziate mi riservo di riferire in altra occasione.

Non è qui il caso di descrivere con dettaglio i differenti

metodi sopra elencati. Il metodo della risonanza è basato sul fatto ben conosciuto che un diapason o un cilindro di acciaio entra in vibrazione quando esistono nell'aria vibrazioni sonore di un periodo eguale al suo.

E' ben nota la classica esperienza di due diapason all'unisono che si influenzano scambievolmente anche a distanza. Il metodo, che esige una certa intensità del suono eccitatore è esatissimo, perchè la differenza di poche vibrazioni basta ad impedire il fenomeno.

Facendo percuotere con forza delle incudini di varie dimensioni, delle lamiere di ferro, delle caldaie di rame ecc. io portavo in vicinanza ad esse alcuni diapason di differente tonalità e ascoltavo immediatamente se essi entravano in vibrazione per il colpo, avendo naturalmente cura di evitare che essi fossero messi in vibrazione semplicemente dall'urto dell'aria.

I diapason bassi o non risuonano affatto o rispondono ai colpi sull'incudine con armonici superiori, presso a poco della quarta o quinta ottava. Di solito entravano in risonanza i diapason dal *sol 3* al *do 5* e particolarmente bene il *do 4* e il *sol 4*, i quali rispondevano anche se tenuti alla distanza di un paio di metri da una grossa incudine. Dei cilindri di Koenig io ho potuto riconoscere la risonanza ai colpi di incudine fino al *mi 5*, con circa 5000 vib.; però lo Stefanini, che ha ripetuto le mie esperienze, è riuscito a ottenere risonanza anche per toni più acuti della quinta ottava.

Molto spesso il suono del diapason eccitato in questo modo era di durata sufficiente per esser udito successivamente da alcuni osservatori che si trovavano in mia compagnia.

Analoghi risultati ottenni facendo percuotere con martello di legno delle casseruole e delle caldaie di rame di varie dimensioni. Una casseruola di 50 cm. di diametro per 12 di profondità e 2 mm. di spessore eccitava, oltre i diapason acuti, il *sol 1°* e il *do 2°*. Una caldaia di rame di m. 1,10 di diametro e cent. 90 di profondità e 4 mm. di spessore, capace di circa 650 litri, battuta con martello di legno dava il *do 2* debolmente, il *sol 2* e il *do 3* bene, il *do 4*, *sol 4*, e *do 5* molto bene. Una caldaia di 1,25 per 90 dava risonanza ai diapason dal *do 3* in su.

Differenti lamiere di ferro da me esaminate a Pisa insieme al Prof. Stefanini diedero: le più piccole (101 per 72) spessore

3 mm., prevalente il *do 4* e il *do 5*. Una, di dimensioni maggiori (m. 1 per 1,30), battuta di taglio non dava più il *do 4* ma bene il *do 3*. Come si vede in tutti questi casi si riscontrarono prevalenti i toni della quarta ottava; solo quando si trattava di oggetti di grandi dimensioni erano rappresentati i toni della seconda ottava. Per analizzare in modo completo con questo metodo i complessi rumori delle officine sarebbe stato necessario possedere un numero di diapason considerevole per i differenti toni della scala musicale.

b) Metodo di Marbe.

Marbe riuscì a registrare direttamente le vibrazioni di una fiamma fuliginosa di acetilene, facendovi scorrere sopra rapidamente una striscia di carta; quando la fiamma vibra sotto l'azione di un suono, essa si allunga e si accorcia e lascia sulla carta una traccia in forma di anelli circolari di fumo, sottilissimi e ben netti. Gli anelli che si formano corrispondono ognuno ad una doppia vibrazione e quando si conosca la velocità della carta, ciò che si ottiene in pratica facilmente registrando insieme al suono le vibrazioni di un diapason cronografico, che segna il centesimo di secondo, si possono misurare il periodo fondamentale e quelli dei primi armonici del suono che si analizza. Io dimostro qui in una serie di tracciati i periodi fondamentali di alcune vocali e le vibrazioni ottenute registrando i suoni dati da incudini, da lamiere di ferro e da casseruole variamente percosse.

Nei tracciati che dimostro la linea degli anelli regolari è segnata dal diapason cronografico; ognuno di questi anelli rappresenta adunque un centesimo di secondo.

Il metodo di Marbe, comodissimo nella pratica, anche perchè il Prof. Stefanini è riuscito ad ottenere tracciati nitidissimi senza che le fiamme rendano fumosa l'aria nel locale degli esperimenti, offre, come fu detto, però il grave inconveniente di non registrare toni con numero di vibrazioni superiore alle 1000 al secondo; esso registra gli impulsi fondamentali ma non risolve gli armonici. In compenso il metodo permette di registrare toni bassi, di poca intensità, che sfuggirebbero facilmente ad altri metodi di analisi.

Ed infatti nei rumori complessi da noi analizzati sono posti, con questo metodo, in evidenza dei toni bassi dalle 30

alle 60 vibrazioni e più, che non vengono invece rilevati coll'uso della risonanza dei diapason. Vedremo più tardi anche che coll'oscillografo i tracciati dei suoni durano per maggior tempo che i tracciati ottenuti col Marbe: mentre ad es. nel primo caso il tracciato di un colpo su lamiera di ferro dura 50 cent. di secondo, col Marbe esso apparisce soltanto al più per 10 cent. di secondo; evidentemente le vibrazioni finali non hanno intensità sufficiente per far vibrare la fiamma.

La figura 10 ci dimostra il dispositivo dell'apparecchio Marbe: sotto la striscia di carta vibrano le tre fiammelle di acetilene, di cui l'una è influenzata dal diapason cronografico,

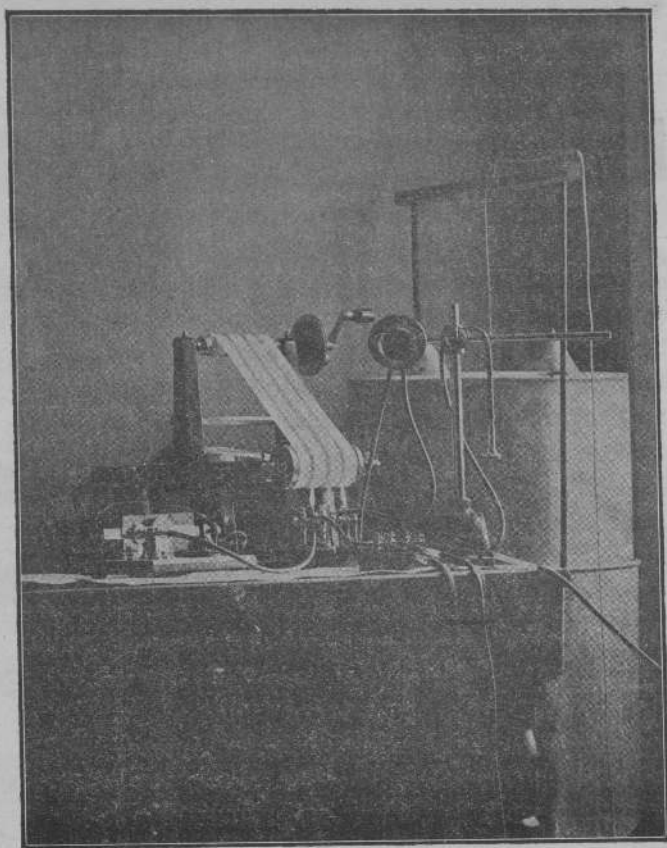


Fig. 10. — Apparecchio per registrare le vibrazioni sonore col metodo Marbe, degli anelli di nero fumo. Si scorgono le tre fiamme di acetilene, e a sinistra il Diapason-cronografo.

e le altre due da suoni fatti agire sulla fiamma per mezzo di membrane o anche direttamente. Si scorgono nei tracciati che presento (fig. 11, 12, 13) le vibrazioni di toni musicali, di lamiere di ferro, incudini, di tavolette battute ecc. (fig. 14, 15, 16). Gli anelli dei differenti colpi sono irregolari, talora riuniti a tre e quattro e più.

c) Fonografo e dictafono.

Il dictafono Edison di cui mi sono servito è una specie di fonografo perfezionato: le vibrazioni della membrana sotto

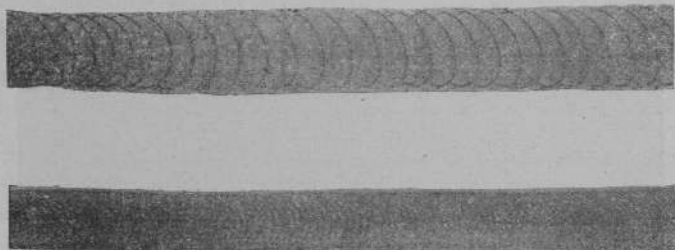


Fig. 11. — Vibrazioni di toni musicali. In alto diapason di 100 v. d., e sotto diapason Edelmann di 387 v. d. (sol ¹). Tracciati Marbe.

l'influenza dei suoni restano incise mediante una punta di zaffiro sulla cera di un cilindro rotante e il numero dei loro periodo nell'unità di tempo si può stabilire confrontandolo col periodo di un tono noto. Io ho adoperato a questo scopo come diapason cronografico il *do* 4 con 2048 vib. dop. (Cfr. fig. 17).

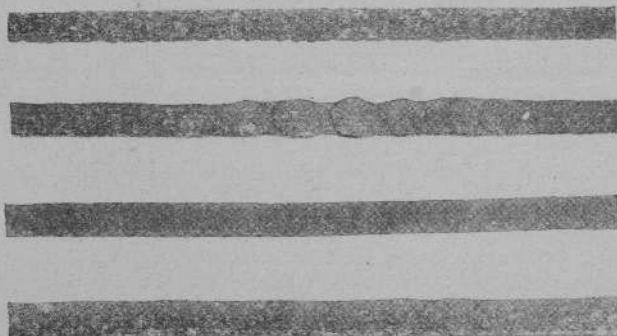


Fig. 12. — Tracciati ottenuti col metodo Marbe. Gli anelli regolari della 1^a e 3^a linea sono i centesimi di secondo: la seconda linea mostra le vibrazioni ottenute battendo un ferro sulla incudine, la linea inferiore le vibrazioni ottenute battendo la incudine stessa.

Col fonografo si dimostrano per i colpi sull'incudine dapprima periodi corrispondenti a 500-600 vib. dop., cioè del principio della seconda ottava ma accompagnati da armonici. Più tardi, secondo le constatazioni microfotografiche di Stefanini, seguono periodi più acuti con armonici di 2000 vib. circa. Terminano talvolta con oscillazioni quasi sinusoidali di periodo vicinissimo a quello del *do* 4. Il fonografo non rileva le vibrazioni molto basse, che invece registra il Marbe.

d) Oscillografo.

L'oscillografo è un galvanometro speciale, che registra le variazioni che le vibrazioni di una membrana producono nella intensità di una corrente elettrica che circola in un microfono. I differenti suoni che influenzano la membrana del microfono vengono registrati con mezzi fotografici, e presentano così tracciati tipici e dettagli minutissimi. Io presento qualche tracciato ottenuto dal Prof. Stefanini e da me coll'oscillografo dell'Istituto di fisica di Pisa, messo cortesemente a nostra disposizione dal Direttore dell'Istituto on. Battelli e dal suo Aiuto.

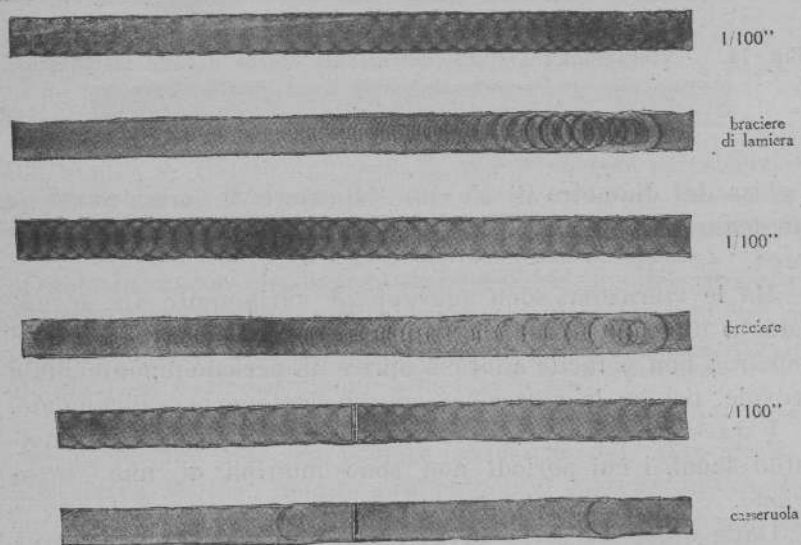


Fig. 13. — Vibrazioni ottenute con colpi su braciere e casseruola, e registrate col Marbe. (I tracciati vanno letti da destra a sinistra).

Il metodo dell'oscillografo è certamente il più perfezionato di tutti ma è più delicato e complesso nel suo impiego. I ri-

sultati sono legati alle particolarità di vibrazione della membrana del microfono che si impiega.

Furono usati differenti microfoni; da alcuni tracciati ottenuti ad es. con un colpo di martello su una piastra circolare

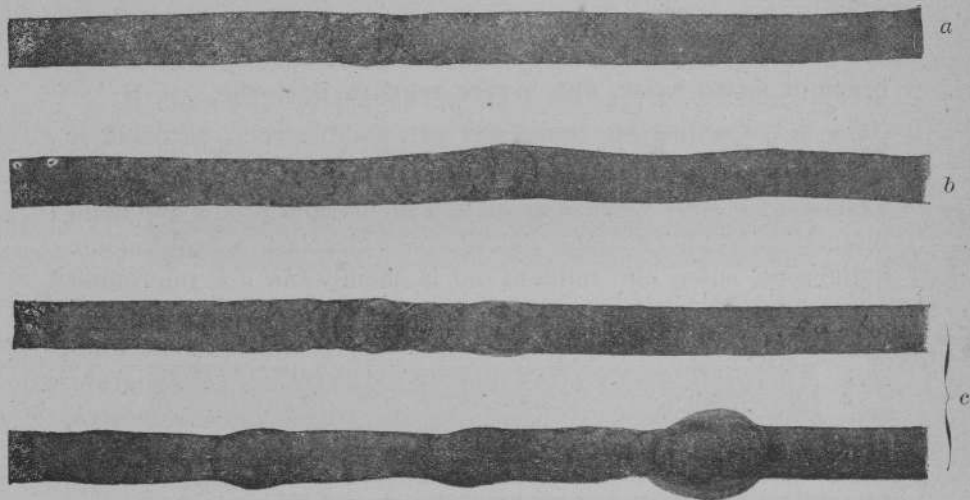


Fig. 14. — Vibrazioni registrate col metodo Marbe usando membrane di carta e di collodion. (Stefanini)

a) Colpo sul banco dove è situata la fiamma. — b) Colpo di martello su un tavolo vicino.
c) Colpo col dito su una tavoletta appoggiata alla capsula.

di ghisa del diametro di 15 cm. e spessore 3 mm., Stefanini potè dedurre le tonalità di *re diesis della terza e della quarta ottava*.

Ma le vibrazioni sono aggruppate variamente in gruppi di due o di tre o di più, come si può vedere dai tracciati che dimostro; non è facile allora scoprire un periodo fondamentale durevole, perchè le vibrazioni non si ripetono periodicamente.

I tracciati sono in effetto dovuti alla composizione di moltissimi suoni, i cui periodi non sono multipli di uno stesso periodo.

Dalle differenti serie di ricerche ora esposte si ricava che i rumori delle officine di fabbro e di calderaio sono molto complessi e vi sono rappresentati suoni, per lo più senza periodicità regolare delle più variate tonalità; prevalgono però i toni acuti della seconda parte della terza ottava, della quarta ottava e della prima parte della quinta ottava.

Conclusioni.

Giunti alla fine del nostro studio possiamo concludere che a provocare la cosiddetta sordità professionale, i cui caratteri anatomici e clinici ci sono ormai ben conosciuti, concorrono due circostanze essenziali: I) La prevalenza per intensità, nei rumori complessi delle officine di fabbro e di calderajo dei toni acuti; II) la maggiore sensibilità e quindi la maggiore vulnerabilità dell'orecchio appunto per tali toni acuti. E che il concorso

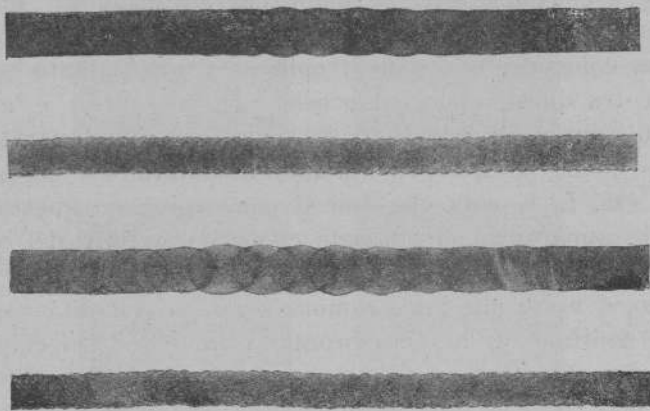


Fig. 15 e 16. — Vibrazioni prodotte da colpi di martello su incudini: la linea superiore si riferisce ad una grande incudine, la linea terza ad una piccola. La 2^a e 4^a linea rappresentano i centesimi di secondo.

di ambedue queste circostanze sia necessario per determinare le caratteristiche lesioni cocleari, si può desumere da un importante studio di *Coosemans* (1), i cui risultati hanno il valore di una contro-dimostrazione alla nostra tesi.

Il collega Belga ha istituito, delle ricerche negli operai che esercitano una particolare industria del lino, detti in Inghilterra *Beetler*. Questa professione si esercita in mezzo a un rumore assordante. La *beetling machine* è un apparecchio composto di una ventina di martelli metallici, che nella loro caduta, rapida e ripetuta, vengono a colpire un rotolo di tes-

(1) Comunicazione al VI Congresso Internaz. di Otologia, Londra, Agosto 1899.

suto di lino, allo scopo di renderne appiattito il filo e dargli quella finezza al tatto e quel brillante che sono molto apprezzati dalla clientela. Ogni martello pesa cento chili e batte 400 volte al minuto. La sua forza viva valutata al momento del contatto è di 333 chilogrametri. L'officina, della quale Coomans ha esaminati gli operai, contiene una ventina di queste macchine o analoghe; quando una di queste macchine è messa improvvisamente in azione, davanti a uno spettatore non prevenuto, questo è colto da un senso di spavento e rincula energicamente, tanto il rumore prodotto, accompagnato da tremito, è considerevole. Il rumore di tutte queste macchine che lavorano insieme è formidabile, è un sussurro sordo di potenza colossale, che scote l'opificio e tutto quanto contiene. Eppure tra questi operai non esiste grave sordità e anzi un operaio esaminato dall'A., di 61 anni, che ha lavorato come *Beetler* da 39 anni, aveva un udito assolutamente normale per la sua età. L'A. nota che non si può spiegare questo fenomeno in apparenza paradossale che colla natura del rumore in mezzo al quale lavorano questi operai. Tale rumore è assai violento, è vero, ma è un rumore sordo, di tonalità bassa; inoltre è continuo, è un vero brontolio del tuono e i colpi sono così vicini, che restano fusi in un insieme non interrotto, perchè si può ritenere, che le macchine lavorando nello stesso tempo danno 160000 colpi al minuto. Ora, quando si paragoni questo rumore a quello prodotto in altri mestieri, riconosciuti da tempo come nocivi alla audizione, per es. i fabbri e i calderai, si riconoscono tra essi delle differenze fondamentali: questi ultimi sono di tonalità assai più elevata e sono intermittenti. (1)

Abbiamo dunque la prova che non basta che un rumore sia intenso per determinare lesioni dell'organo dell'udito; è necessario che i toni che in esso prevalgono appartengano alla zona della scala, per la quale l'orecchio ha la maggiore sensibilità fisiologica.

Ed ora qualche parola a proposito della profilassi e della cura della sordità professionale.

(1) Quanta importanza abbia la rapida intermittenza dei colpi di suono nell'affaticare e mettere fuori funzione i muscoli intrinseci di difesa dell'orecchio medio, dovrà far oggetto di ulteriori ricerche.

Come profilassi, notiamo che le osservazioni sperimentali e cliniche si accordano ad attribuire grandissima importanza alla integrità della funzione di difesa dell'orecchio medio, e particolarmente dei muscoli intrinseci contro la eccessiva intensità degli stimoli sonori.

Sarebbe necessario prima di ammettere operai a tali professioni, che ne fosse riconosciuta la integrità dell'organo dell'udito, specialmente dell'orecchio medio. Ora è noto che le fun-

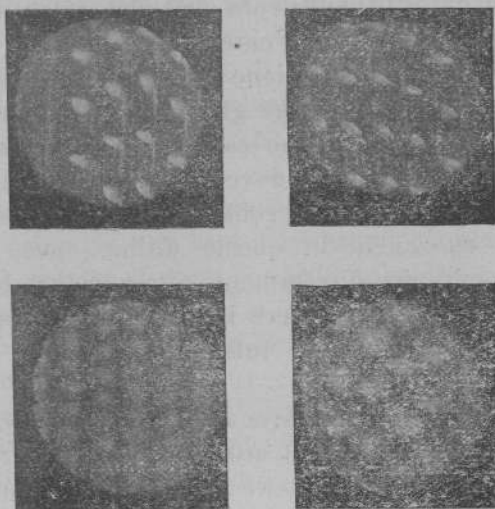


Fig. 17. — Tracciati fonografici visti al microscopio.
Vibrazioni della incudine. (do⁴ 2048 v. d.).

zioni di difesa dell'orecchio medio possono essere gravemente compromesse per la insufficienza tubarica, con retrazione timpanica, senza che l'acuità uditiva, grossolanamente saggiata, lasci riconoscere una diminuzione apprezzabile.

Convien dunque prescrivere che in tali categorie di operai l'esame dell'orecchio non si limiti ad un semplice esame funzionale, quale si pratica ordinariamente, ma sia completato in ogni caso dal reperto otoscopico e dall'esame delle prime vie aeree. Una prudente selezione degli operai prima della loro entrata in servizio varrà certamente a prevenire il maggior numero di casi di sordità professionale grave. Più particolarmente devono essere rigorosamente esclusi tutti gli individui, che offrano fenomeni di adenoidismo e insufficienza respiratoria nasale.

D'altra parte, la osservazione, che si basa su fatti sperimentali e clinici, che gli ostacoli della trasmissione aereo-timpanica dei suoni prevengono lo stabilirsi della sordità professionale, lascia ritenere che, se gli operai addetti a professioni rumorose, presentano dei tamponi di cerume che ostruiscono più o meno il condotto uditivo, questi ostacoli naturali di difesa non dovrebbero essere rimossi.

Non pare però sia giustificato estendere queste conclusioni anche ai casi di otite purulenta: poichè talvolta in questa malattia rimane interrotta la catena delle ossicina ed è gravemente ostacolata la trasmissione dei suoni per via aerea, taluni autori hanno ritenuto che gli operai portatori di questa affezione possano senza danno esercitare le professioni rumorose. Contro tali opinioni si deve far valere il fatto, che non sempre nelle otiti purulente croniche la catena delle ossicina è interrotta e che anche in questo ultimo caso, potendo le onde sonore pervenire direttamente alla parete labirintica, può tornar pericoloso il sottomettere il labirinto a traumi acustici in prossimità del focolaio di infezione esistente nella cassa timpanica.

Quindi si dovrebbe, a parer mio, ritenere tutte le malattie delle prime vie aeree e dell'orecchio medio ad andamento cronico come incompatibili nelle professioni rumorose.

Definita ormai per i risultati sperimentali la controversia se, cioè, a produrre le note alterazioni labirintiche concorra maggiormente la trasmissione dei suoni per via aerea o per via solida, - definita cioè, come abbiamo visto, nel senso che è soltanto per trasmissione aerea che i suoni riescono dannosi, viene a esser tolta importanza alla profilassi per via solida, che alcuni autori hanno consigliato, raccomandando l'uso di scarpe o tappeti di sughero o di gomma. Tanto maggiore importanza acquista la profilassi per i suoni trasmessi per via aerea. Da una serie di esperienze istituite ad altro intento da Stefanini e da me, è risultato che non è possibile impedire che un orecchio normale venga a percepire suoni sufficientemente acuti e intensi, come ad es. quelli della voce di conversazioni in vicinanza, col mezzo di ostacoli frapposti alla trasmissione (1). La chiusura dei condotti uditivi sia col semplice dito

(1) Gradenigo. Studi e proposte di acumetria. Archivio Ital. di Otol. e Laringol. Vol. XXII, fasc. 3.

bagnato, sia con cotone impregnato di grasso, si è mostrata poi della stessa efficacia che l'applicazione sull'orecchio e sulla metà corrispondente della testa di differenti strati di materie isolanti dei suoni. Ciò non ostante, il cotone spalmato di grasso e i cosiddetti *antifoni* di metallo o di ceralacca, da introdursi nel meato uditivo esterno, possono attenuare assai l'azione dannosa dei rumori professionali. E per quanto riguarda il trattamento propriamente detto delle lesioni cocleari da eccessivi stimoli sonori, si è visto che negli esperimenti sugli animali le lesioni sono di due categorie. Vi sono le alterazioni degenerative primarie dell'organo di Corti e con andamento centripeto, dell'intero neurone cocleare periferico e secondariamente esistono alterazioni irritative infiammatorie, che si estendono a tutta la coclea coi caratteri di una labirintite sierosa. Ora la osservazione permise di riconoscere che le lesioni degenerative primarie non sono suscettibili di miglioramento o di guarigione, mentre invece è assai probabile, per quanto le prove manchino, che, cessato lo stimolo dannoso col riposo dell'organo, anche i fenomeni irritativi, la labirintite sierosa, possano attenuarsi e scomparire col tempo. A questo risultato possono contribuire, utilmente, oltre all'allontamento dello stimolo *suono*, anche la somministrazione al paziente di deboli dosi, ma continuate a lungo, di ioduri alcalini.

I risultati delle numerose ricerche ed osservazioni di patologia sperimentale, di acustica fisiologica, di anatomia patologica, e di clinica, che siamo venuti esponendo, concordano mirabilmente tra loro, e costituiscono un nuovo eloquente esempio di ciò, che studii in apparenza rigorosamente teorici acquistano nelle loro applicazioni pratiche un valore grandissimo per il benessere sociale.

2227

