

1222 · 2022
800
ANNI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Neuroscienze – DNS

Corso di Laurea in Tecniche Audioprotesiche

Presidente Prof. Gino Marioni

**Impianto Cocleare e stimolazione bimodale:
risultati sulla speech perception e sulla riduzione
del tinnitus.**

Relatore:

Prof. Morello Fermino

Correlatore:

Dott.ssa Guarnaccia Maria Consolazione

Laureando/a:

Riccardo Bignardi

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1. ANATOMIA E FISIOPATOLOGIA DELL'ORECCHIO	5
1.1 Anatomia dell'orecchio	5
1.1.1 Orecchio esterno	5
1.1.2 Orecchio medio	7
1.1.3 Orecchio interno	9
1.2 Ipoacusia	12
1.2.1 Classificazione delle ipoacusie	13
CAPITOLO 2: IMPIANTI COCLEARI E APPARECCHI ACUSTICI	15
2.1 Gli impianti cocleari (IC)	15
2.1.1 Definizione	15
2.1.2 Caratteristiche principali	16
2.1.3 Selezione dei candidati e controindicazioni all'intervento	17
2.1.4 Intervento chirurgico	18
2.2 Apparecchi acustici	19
2.2.1 Definizione	20
2.2.2 Classificazione degli apparecchi acustici	21
2.3 Stimolazione bimodale	22
CAPITOLO 3. STUDIO OSSERVATIVO SU RIDUZIONE DEL TINNITUS E MIGLIORAMENTO DELLA SPEECH PERCEPTION ATTRAVERSO STIMOLAZIONE BIMODALE	23
3.1 Tinnitus	23
3.2 Speech Perception	25
3.3 Studio Osservativo	29
3.3.1 Obiettivo dello studio	29
3.3.2 Materiali e Metodi	30
3.3.3 Risultati	32
CONCLUSIONI	34
BIBLIOGRAFIA	35
RINGRAZIAMENTI	39

ABSTRACT

L'utilizzo di un apparecchio acustico in combinazione con un impianto cocleare ha ottimi effetti sul miglioramento delle prestazioni per la percezione verbale in condizioni di silenzio e di rumore oltre che sulla localizzazione spaziale.

Questo ripristino del canale uditivo permette al paziente di ottenere un vantaggio in differenti condizioni di ascolto e cioè sia in condizioni di quiete che in presenza di rapporto segnale-rumore sfavorevole.

Ulteriormente, grazie ad una costante e prolungata applicazione nel tempo, studi scientifici hanno dimostrato che la stimolazione bimodale ha permesso di ottenere importanti riduzioni sulla gravità dei sintomi dell'acufene (Morera C. et al., 2012; Fanny W. A. C Scherf et al., 2014; Williges B. et al., 2019).

La presente tesi, di tipo sperimentale, indaga gli effetti dell'impianto cocleare e della stimolazione bimodale sulla speech perception attraverso l'ITA Matrix Test ed i test di percezione già previsti in italiano. Inoltre, valuta se l'utilizzo di questa soluzione possa aiutare a ridurre l'acufene e le complicanze che ne conseguono. Per sostenere lo studio della tesi, verranno presi in esame pazienti adulti post-verbali, con assenza di deficit cognitivi e con risonanza magnetica (RM) encefalo negativa.

In aggiunta, andremo a valutare i benefici degli IC monolaterali nei confronti di pazienti con tinnitus.

Grazie anche all'utilizzo del test THI (Tinnitus Handicap Inventory), che andrà somministrato, si riuscirà a determinare l'impatto dell'acufene nella vita quotidiana.

Verranno presi in considerazione pazienti con ipoacusia controlaterale di qualsiasi entità, dalla lieve alla profonda.

Successivamente a questo, si prenderanno in considerazione pazienti con un utilizzo di protesi controlaterale in maniera continuativa e stabile nel tempo, i quali devono avere utilizzato l'impianto cocleare da almeno 6 mesi.

ABSTRACT (ENGLISH)

The use of a hearing aid in combination with a cochlear implant has excellent effects on improved performance for speech perception in quiet and noisy conditions as well as on spatial localization.

This restoration of the ear canal allows the patient to gain an advantage in listening conditions.

Additionally, through constant and prolonged application over time, scientific studies have shown that bimodal stimulation has enabled important reductions in the severity of tinnitus symptoms (Morera C. et al., 2012; Fanny W. A. C Scherf et al., 2014; Williges B. et al., 2019).

This experimental thesis investigates the effects of cochlear implantation and bimodal stimulation on speech perception through the ITA Matrix Test and perception tests already provided in Italian. It also evaluates whether the use of this solution helps to reduce tinnitus and its complications.

To support the thesis study, post-verbal adult patients with no cognitive deficits and negative cerebral MRI will be examined.

In addition, we will go on to evaluate the benefits of unilateral IC toward patients with tinnitus.

Thanks also to the use of the THI (Tinnitus Handicap Inventory) test, which will be administered, we will be able to determine the impact of tinnitus in daily life.

Patients with contralateral hearing loss of any degree, from mild to profound, will be considered.

After this, patients with contralateral implant use on a continuous and regular basis over time, who must have had the cochlear implant for at least 6 months, will be considered.

INTRODUZIONE

Gli impianti cocleari (IC) rappresentano una delle tecniche più utilizzate nel trattamento delle sordità gravi-profonde e che hanno avuto scarsi benefici sulla qualità uditiva, nonostante l'utilizzo di apparecchi acustici (Cuda D. et al., 2008). A partire dagli anni 80, essi, sono considerati dispositivi di eccellenza per la sostituzione sensoriale, ma il loro utilizzo richiede, per il paziente, un percorso articolato, a partire dalle procedure di selezione, all'intervento chirurgico fino ad arrivare al fitting ed al follow-up associato ad iter riabilitativo-logopedico.

Sono dispositivi medici impiantabili attivi che includono una sorgente di corrente ed un array di elettrodi impiantati nella coclea; la corrente elettrica viene utilizzata per stimolare la sorveglianza uditiva delle fibre nervose.

Oggigiorno, alcuni impianti cocleari permettono delle ottime performance nel riconoscimento delle parole e delle frasi in open-set sia in condizioni di quiete che con rapporto segnale-rumore sfavorevole.

Nonostante ciò, le prestazioni variano soggettivamente ed è indispensabile che lo sviluppo di una metodologia garantisca di capire in anticipo quali saranno le prestazioni dopo l'impianto in un determinato paziente (Litovsky RY. et al., 2004). Di conseguenza, vi è necessità di un importante sviluppo di modelli predittivi che rispondano a queste esigenze. Una soluzione che prevede l'utilizzo dell'IC e che sta riscontrando sempre più successo negli ultimi anni è la stimolazione bimodale, considerata ad oggi una stimolazione di routine.

La stimolazione bimodale è una stimolazione uditiva che comprende l'utilizzo dell'impianto cocleare (IC) in concomitanza con un apparecchio acustico (AA) (Fig.1).

Inizialmente vi è una prima valutazione post-intervento utile a determinare se i pazienti debbano continuare ad utilizzare l'AA nell'orecchio controlaterale e con quali benefici. Viene però spesso consigliato di utilizzare sinergicamente sia la modalità acustica che la modalità elettrica specialmente se vi sono buoni residui uditivi sfruttabili con l'amplificazione.

Questa stimolazione è una valida alternativa anche per quei casi in cui l'impianto bilaterale non possa essere eseguito o sia indesiderato da pazienti e familiari.

Questo approccio permette di ottenere molteplici benefici, tra cui miglioramenti della percezione verbale ed è utile, in alcuni casi, nella riduzione del tinnitus qualora fosse presente (Giansanti D. et al., 2009).



Figura 1. L'apparecchio acustico, a sinistra, e l'impianto cocleare, a destra.
(<https://www.oticon.it/professionals/training-and-fitting/fitting/bimodal-fitting>)

La percezione verbale viene definita come la manifestazione sensoriale di un messaggio di tipo verbale che viene raccolto, valutato dall'ascoltatore e successivamente decodificato a livello della corteccia uditiva primaria. Il sistema uditivo umano è programmato e finalizzato alla percezione del linguaggio che rappresenta la modalità di comunicazione più significativa ed importante della specie umana. Quando veniamo in contatto con stimoli non verbali, il sistema uditivo fa un'analisi acustica generale, lavorando su caratteristiche acustiche specifiche del suono come intensità, frequenza e timbro. In conclusione, la percezione uditiva può essere definita come l'insieme di tutti i meccanismi utili alla comprensione del linguaggio (Holt L.L et al., 2009).

Per quanto riguarda invece l'acufene, conosciuto anche come tinnitus, esso rappresenta la percezione cosciente di una sensazione uditiva avvertita, normalmente, sottoforma di un ronzio, un fischio o un fruscio, spesso localizzato nell'orecchio o nella testa in assenza di uno stimolo acustico esterno corrispondente. Il suono può essere debole o forte, continuo o intermittente, e può essere presente solo in un orecchio (acufene unilaterale), in entrambe

(acufene bilaterale) o centralmente all'interno della testa (Baguley D. et al., 2013).

L'acufene, più che definirsi una vera e propria patologia, viene definito come sintomo di varie malattie dell'orecchio interno o neurologiche.

L'intensità percepita del tinnito può variare e può essere associata a perdite uditive di differente entità, determinando complicità sullo stile di vita di chi ne soffre spesso non indifferenti.

Pertanto, l'acufene incide profondamente e negativamente sulla salute mentale ed emotiva nonché sul benessere dell'individuo (Baguley D. et al., 2013).

Per supportare quanto detto precedentemente, la tesi sarà incentrata su uno studio osservativo per determinare i vari benefici della stimolazione bimodale su pazienti con specifiche caratteristiche.

Inizialmente andremo a valutare se vi è una riduzione effettiva del tinnito mediante la somministrazione del THI, eseguito su pazienti con impianto cocleare e apparecchio acustico controlaterale.

Il THI (Tinnitus Handicap Inventory) è un questionario validato a livello internazionale con lo scopo di identificare le complicanze e le difficoltà che possono insorgere con l'acufene nella vita quotidiana. Il questionario, oltre a definire la disabilità riferita dal paziente, utile nel determinare se può indurre un beneficio dai trattamenti, serve anche ad analizzare i risultati dei diversi approcci. Composto da 25 domande, il paziente deve rispondere con tre opzioni: SI, TALVOLTA oppure NO; queste introducono diverse informazioni causate dall'influenza dell'acufene sugli effetti nella vita, nelle relazioni e sulle reazioni emotive del paziente. Le risposte stabiliscono il grado di gravità dell'handicap, che può essere funzionale, emotiva o catastrofica. Il punteggio aiuta il professionista nella presa in carico corretta e stabilisce se vi è necessità di un'ulteriore valutazione medica e/o psicologica (Dias A. et al., 2006).

Infine, lo studio servirà anche a definire se vi è un miglioramento sulla speech perception attraverso test come l'ITA Matrix Test ed i test di percezione già previsti in italiano.

Capitolo 1. Anatomia e fisiopatologia dell'orecchio

1.1 Anatomia dell'orecchio

L'apparato uditivo ha la funzione di raccogliere e trasdurre il suono in segnali elettro-neurali che, attraverso il nervo acustico, raggiungono il sistema nervoso centrale.

L'orecchio, situato nell'osso temporale, dal punto di vista anatomico, può essere suddiviso in tre porzioni:

- Orecchio esterno;
- Orecchio medio;
- Orecchio interno.

(Martini F.H., Nath J.L. 2010).

1.1.1 Orecchio esterno

L'orecchio esterno è costituito dal padiglione auricolare e dal condotto uditivo esterno (meato acustico esterno) (Fig. 2).

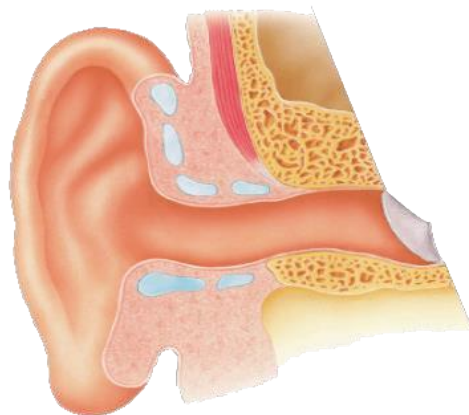


Figura 2. Rappresentazione dell'orecchio esterno.

(<https://www.beltone.com/it-it/hearing-loss/anatomy-of-ear>)

Il padiglione auricolare, nonché l'unica parte visibile dell'orecchio, è una piega cutanea composta da scheletro cartilagineo che ne conferisce semi-rigidità e forma.

È unito alla cartilagine del condotto uditivo esterno mediante un istmo cartilagineo a livello della conca.

Il padiglione auricolare è formato da più zone: elice, antelice, radice dell'elice, conca dell'auricola, meato acustico esterno, trago e antitrigo.

Ulteriormente alla parte cartilaginea, questo presenta anche muscoli, legamenti e una porzione di tessuto adiposo (Heine PA. 2004).

Il condotto o meato acustico esterno mette in comunicazione la conca del padiglione auricolare con l'orecchio medio terminando a livello del timpano.

Definito anche come meato acustico, ha la funzione di "risuonatore elettivo per il suono": parte dalla conca del padiglione fino ad arrivare alla membrana timpanica. Presenta una forma a S italiana sul piano trasversale (Albera R. et al., 2013).

Nell'adulto la lunghezza è più o meno tra i 2,5 e i 4 cm: 1/3 compone la parte esterna (fibrocartilaginea) e i 2/3 compongono la parte interna (ossea). Il punto di separazione fra le due è dato da un restringimento detto istmo. Entrambe sono rivestite all'interno da cute che diminuisce il suo spessore dall'esterno all'interno ma con stesse caratteristiche nelle due porzioni.

In questo condotto sono presenti ghiandole sudoripare apocrine e ghiandole sebacee olocrine che producono il cerume, un composto viscoso, che ha il compito di proteggere il canale dall'ingresso di insetti, polveri e corpi estranei (Albera R. et al., 2003).

Come già in parte detto precedentemente, a dividere l'orecchio esterno con l'orecchio medio, vi è la membrana timpanica.

La membrana timpanica, o timpano, è una membrana sottile, di aspetto semitrasparente o grigio perla e ovale, utile a garantire il passaggio del suono dal

condotto uditivo esterno alla catena ossiculare. Con uno spessore di 0.1 mm e un diametro compreso tra gli 8 e i 10 mm, il timpano è, in realtà, una struttura molto resistente ed innervata. Essa comprende due segmenti di dimensione e costituzione diversi tra loro: la pars tensa, la porzione ad estensione maggiore con una importanza più di rilievo, e la pars flaccida, con una forma triangolare e meno estesa che ha una funzione meno rilevante (Martini F.H., Nath J.L. 2010).

1.1.2 Orecchio medio

L'orecchio medio è costituito dalla cassa timpanica, una cavità dove sono presenti i tre ossicini (martello, incudine e staffa), che vanno a costituire la catena ossiculare e, in aggiunta, i muscoli ossiculi: lo stapedio e il tensore del timpano. Nell'orecchio medio, inoltre, troviamo la Tuba uditiva di Eustachio, un condotto osseo e fibro-cartilagineo, che collega l'orecchio medio con il rinofaringe (Barozzi A.C., 1995).

La catena ossiculare (Fig. 3) è composta da:

- Martello: è l'ossicino più esterno e più anteriore, oltre che essere il più lungo (7-9 mm) e pesa 25 mg di media. Presenta una forma di clava e vi si descrivono una testa, un collo, un manico e due processi;
- Incudine: questo ossicino è situato posteriormente e medialmente al martello. Il suo peso è leggermente superiore a quello del martello;
- Staffa: è l'ossicino più piccolo e più leggero (2mg) del corpo umano. È situato nella fossetta della finestra vestibolare. La forma della staffa è simile, per l'appunto, ad una staffa da cavaliere ed è costituita da una testa, due rami e una base (Barozzi A.C., 1995).

Nella cassa timpanica, come citato sopra, troviamo i due muscoli ossiculi: lo Stapedio e il Tensore del timpano.

Il Tensore del timpano è un muscolo lungo 2 cm che decorre in un canale osseo localizzato sulla porzione supero-interna della tuba uditiva ossea da cui è separato da un setto. Contraendosi, questo muscolo richiama il manico del martello verso l'interno della cassa, avvicinando la sua estremità inferiore al promontorio e facendo tendere la membrana del timpano.

Lo Stapedio, invece, è un muscolo lungo 7 o 8 mm e rappresenta il muscolo più piccolo dell'organismo. Contraendosi, fa oscillare indietro la staffa. Ha la funzione di proteggere dai rumori forti facendo irrigidire la catena ossiculare (Albera R. et al., 2013).

Le funzioni di quest'ultima sono quelle di:

- Trasmettere nel modo più efficace possibile i suoni dall'orecchio esterno all'orecchio interno (impedenza acustica);
- Attenuare l'intensità dei suoni che raggiungono la coclea. Il sistema ossiculare è pertanto regolabile.

Infine, come già riferito precedentemente, nell'orecchio medio è presente la Tuba uditiva di Eustachio. Questa tuba è un canale osteo-cartilagineo, connette la cavità timpanica al rinofaringe. Lunga in media 36 mm, ha la funzione di mantenere l'equilibrio pressorio dell'orecchio medio, di favorire il trasporto mucocigliare e di protezione. La tuba si apre, ad esempio, quando viene compiuto un atto deglutitorio o quando si sbadiglia. Il canale osseo rappresenta 1/3 della lunghezza della tuba, mentre i restanti 2/3 della lunghezza sono di tipo fibro-cartilagineo (Martini F.H., Nath J.L. 2010).



Figura 3. Rappresentazione della catena ossiculare: Martello, Incudine e Staffa.

(<https://www.medicinapertutti.it/argomento/catena-degli-ossicini-delludito-martello-incudine-staffa/>)

1.1.3 Orecchio interno

L'orecchio interno è alloggiato nel labirinto osseo, che si trova nella parte petrosa dell'osso temporale. Il labirinto osseo contiene una serie di cavità chiamate labirinto membranoso.

L'orecchio interno traduce il suono, che è un segnale fisico, in segnali bioelettrici, che non sono altro che potenziali d'azione a livello del nervo cocleare. Il fenomeno appena citato viene chiamato trasduzione uditiva.

Il Labirinto osseo consiste in una serie di cavità pneumatizzate interconnesse, scavate all'interno della parte petrosa dell'osso temporale. È costituito da due organi principali:

l'organo dell'equilibrio (vestibolo, i tre canali semicircolari e acquedotto del vestibolo) e l'organo dell'udito (coclea) (Fig.4).

Il Labirinto membranoso, invece, è la sede dei meccanocettori per il senso dell'udito e dell'equilibrio e si divide in sacculo, utricolo, condotto endolinfatico e condotto cocleare.

Tra il labirinto osseo ed il membranoso vi è un cuscinetto di liquido chiamato perilinfa (prodotta da vasi sanguigni, di origine linfatica che defluisce nel canale

cocleare e presenta un aspetto chiaro); all'interno del labirinto membranoso vi è un liquido detto endolinfa (trasparente e fluido, prodotto dalla stria vascolare del dotto cocleare).

Il Vestibolo è una piccola camera centrale cava, di forma ovoidale appiattita. È posto medialmente alla cassa timpanica. È in continuità con la coclea ossea anteriormente e con i canali semicircolari posteriormente. La parte membranosa del vestibolo, internamente alla parte ossea, è formata dall'utricolo e dal sacco (Martini F.H., Nath J.L. 2010).

L'utricolo è una vescicola allungata, appoggiata sulla propria faccia mediana alla fossetta ovoide del vestibolo osseo. Su questa vescicola si innestano i tre canali semicircolari.

Il sacco, inoltre, è una piccola vescicola, tondeggianti, situata sotto l'estremità anteriore dell'utricolo (Giuseppe Anastasi et al., 2012).

La coclea è una porzione del labirinto osseo a forma di guscio. Situata in posizione anteriore al vestibolo. Dal greco cochlos = chiocciola. Contiene l'organo recettoriale dell'udito: l'organo del Corti.

La struttura è composta da un canale spirale di circa 35 mm, alta circa 5 mm che compie $2\frac{3}{4}$ di giri attorno ad un pilastro osseo centrale, il Modiolo (che contiene i vasi e i nervi di supporto alla coclea e il ganglio spirale).

Il suo interno viene rappresentato come una lamina spirale, ossea e sottile, che decorre lungo il modiolo e divide parzialmente lo spazio interno della coclea ossea in due camere: scala vestibolare (o del Reissner) e scala timpanica.

La lamina spirale ossea fornisce l'attacco alla membrana basilare così da completare la separazione tra le due scale della coclea (Miyamoto R.T. 2022).

A livello della lamina spirale ossea si inserisce una struttura membranosa: il dotto cocleare, fissato alla parete esterna della chiocciola grazie al legamento spirale (tessuto connettivo riccamente vascolarizzato).

Pertanto, si distinguono 3 canali longitudinali: Scala vestibolare, Scala timpanica e Scala media. Sulla membrana basilare troviamo la parte sensoriale dell'orecchio, nonché l'organo acustico, chiamato l'organo spirale o Organo del Corti.

L'Organo del Corti si trova nella parte interna del condotto cocleare. Contiene molteplici tipi di cellule collegate a livello della membrana basilare lungo la coclea. Sono tutte cellule di origine epiteliale. Se ne distinguono due grandi gruppi: le cellule di supporto e le cellule ciliate o acustiche. Le cellule ciliate vengono suddivise in cellule ciliate interne (CCI), circa 3500, con un aspetto a fiasco, e cellule ciliate esterne (CCE), circa 13000, con un aspetto a cilindro. Esse sono immerse nell'endolinfa e vengono ricoperte dalla membrana tectoria; una struttura acellulare, fibrosa e gelatinosa che sovrasta l'Organo del Corti. Quando la membrana basilare vibra, vi è un avvicinamento delle ciglia alla membrana tectoria che conseguente attivazione delle cellule acustiche. Questo processo provoca uno stato di eccitazione che viene inviato al sistema nervoso centrale attraverso le fibre nervose del nervo acustico (Giuseppe Anastasi et al., 2012).

I canali semicircolari ossei sono 3 strutture, disposte a 90° tra loro e con diametro interno di 1 mm, comunicano anteriormente con il vestibolo del labirinto osseo. Ogni canale presenta, ad una delle due estremità, una porzione di forma dilatata, detta ampolla, dove all'interno vi sono collocate cellule ciliate. All'interno di questi sono presenti i canali semicircolari membranosi, che contengono endolinfa e che si aprono nell'utricolo e nel sacco. Ogni ampolla ha una piega chiamata cresta ampollare, dove originano le fibre afferenti di ciascun nervo ampollare. Attraverso i movimenti di rotazione del capo e del corpo, vengono generati dei flussi di endolinfa che provocano l'eccitazione delle cellule ciliate, flettendo le ciglia. Questo determina anche l'attivazione dei riflessi, utile nell'equilibrio del corpo e per la visione stabile (Standring S., 2009).

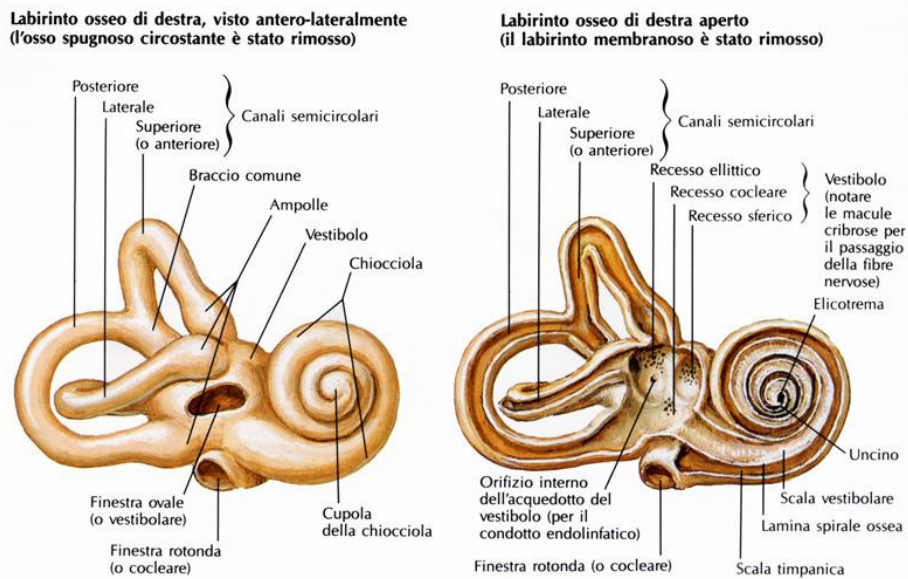


Figura 4. Rappresentazione dell'orecchio interno.

(<https://www.udisens.it/news/2016/07/28/coclea-la-chiocciola-dell-orecchio>)

1.2 Ipoacusia

L'organo dell'udito svolge un ruolo fondamentale all'interno della sfera cognitiva, comunicativa e sociale dell'uomo, su di esso convogliano gli stimoli sonori, capaci di fornire informazioni relative all'ambiente che ci circonda. La funzione uditiva è possibile solo quando l'orecchio e le strutture nervose correlate funzionano correttamente. Una riduzione dell'udito, bilaterale o unilaterale, è definita ipoacusia (WHO, 2015).

L'ipoacusia bilaterale può essere simmetrica, quando il grado di compromissione è simile o il medesimo per le due orecchie oppure asimmetrica. L'anacusia va a definire un deficit uditivo completo monolaterale. L'ipoacusia può essere descritta secondo diversi criteri come, ad esempio, quelli anatomici o funzionali, ciascuno dei quali ci permette di delineare, in maniera esaustiva, il quadro clinico-audiologico del paziente ipoacusico (Stieler O.M. et al., 2016).

1.2.1 Classificazione delle ipoacusie

Si definisce normoacusico il soggetto con una soglia uditiva uguale o inferiore ai 20 dB. La B.I.A.P (Bureau International d'Audiophonologie) definisce i diversi gradi di ipoacusia descrivendoli in base al valore della soglia uditiva:

1. Lieve: la comprensione è possibile alla normale voce di conversazione (che si aggira tra i 40 e i 60 dB) ma non tutti i fonemi della parola vengono identificati (la soglia audiometrica è compresa tra i 20 e i 40 dB);
2. Media: la soglia vocale si situa ai limiti superiori della zona di intensità della parola normale (soglia audiometrica compresa tra i 41 e i 70 dB);
3. Grave: in cui sono percepite solo le parole amplificate (la soglia audiometrica è compresa tra i 71 e i 95 dB);
4. Profonda: in cui anche le parole amplificate sono percepite con difficoltà (la soglia audiometrica è sopra i 95 dB) (BIAP, 2022).

Da un punto di vista clinico, le ipoacusie vengono classificate in base alla sede della lesione, all'epoca di insorgenza e alla gravità della patologia.

In base a dove è localizzato il danno, si distinguono varie tipologie di disturbo:

- Ipoacusia centrale: dovuta ad un'alterazione dei meccanismi di elaborazione nervosa ed encefalica del suono;
- Ipoacusia periferica in cui il danno è localizzato a livello delle strutture dell'orecchio. Questa, a sua volta, si distingue in tre sottotipi:
 - Ipoacusia neurosensoriale: il danno è presente a livello della coclea (ipoacusia neurosensoriale cocleare) o nel nervo acustico (ipoacusia neurosensoriale retrococleare). Si riscontra, in età adulta, solitamente, a un'età superiore a 65 anni e in soggetti che, per motivi lavorativi o stile di vita, sono esposti a rumori di elevata entità per lungo tempo;
 - Ipoacusia trasmissiva: condizione in cui la trasmissione delle onde sonore alle strutture recettoriali è ostacolata. Le cause sono molteplici e includono tappo di cerume, otite esterna, perforazione timpanica, alterata ventilazione dell'orecchio medio per disfunzione della tuba di Eustachio, patologie

dell'orecchio medio (es. otosclerosi, otite media acuta/cronica, colesteatoma, malformazione di catena ossiculare,etc);

- Ipoacusia mista: la causa del danno uditivo coinvolge sia l'apparato di trasmissione (orecchio esterno o medio) del suono che quello di trasduzione (coclea) o trasmissione (nervo acustico) (Goode R.L. et al., 2005).

L'ipoacusia è uno dei deficit più diffusi all'interno della popolazione mondiale, colpendo una comunità di individui eterogenea per età, sesso, provenienza geografica e appartenenza sociale. Secondo i dati epidemiologici trasmessi dall'OMS nel 2022, circa il 5% della popolazione mondiale convive con una perdita uditiva e si stima che, nel 2050, una persona su quattro sarà affetta da una forma di diminuzione dell'udito. Inoltre, in Italia, sono 7 milioni coloro che presentano un deficit uditivo, circa il 12 % della popolazione. Nel nostro paese, tra gli over 65, una persona su tre presenta una forma di ipoacusia. Solamente il 31% della popolazione ha effettuato un controllo dell'udito negli ultimi 5 anni; il restante 54% non l'ha mai eseguito (OMS, 2022).

L'OMS, inoltre, afferma che la maggior parte delle persone affette dal disturbo vivono in paesi sottosviluppati e a basso reddito. Ciò determina una maggiore incidenza delle patologie correlate, dal punto di vista eziologico, al deficit uditivo. Tra le cause più frequenti di sordità infantile nei paesi in via di sviluppo sono incluse le complicanze del parto, fattori genetici e i traumi cranici. Nell'adulto, invece, incidono l'impatto che l'esposizione lavorativa al rumore ha nello sviluppo della patologia, anche in questo caso i paesi sottosviluppati mostrano un'alta incidenza di ipoacusia lavoro-correlata da reputare alla mancanza di interventi preventivi atti a diminuire l'esposizione ambientale alle fonti di rumore (Goode R.L. et al., 2005).

Capitolo 2: Impianti cocleari e apparecchi acustici

2.1 Gli impianti cocleari (IC)

2.1.1 Definizione

Gli impianti cocleari (IC) sono protesi elettriche che hanno l'obiettivo di compensare un'ipoacusia neurosensoriale bilaterale profonda o severa, acquisita o congenita, agendo direttamente sui neuroni uditivi (Fig.5). Vengono inseriti all'interno dell'orecchio mediante una tecnica chirurgica. Essi costituiscono uno dei trattamenti principali delle sordità profonde e di casi selezionati di sordità grave o media con importante dissociazione tono-verbale e che pertanto non traggono beneficio dall'amplificazione acustica.

Possono essere definiti come veri e propri organi di senso artificiali che hanno permesso, a un numero crescente di adulti e bambini con sordità grave o altri deficit sensoriali, di recuperare pienamente la funzionalità uditiva (Naples JG. et al., 2019).

Questi dispositivi offrono una serie di vantaggi:

- Maggiore comprensione del parlato
- Migliore localizzazione spaziale;
- Maggiore capacità percettiva in ambienti ruomorosi;
- Miglioramento dell'effetto di sommazione dato dal ripristino del canale uditivo nelle ipoacusie asimmetriche

Oggi, gli impianti cocleari, sono tutti multielettrodi ciò significa che sono formati da molteplici elettrodi inseriti nella coclea per una profondità di circa 20 mm. L'elettrodo intracocleare è controllato da uno stimolatore impiantato a livello sottocutaneo nella regione temporale (Ramsden T.R., 2013).



Figura 5. L'impianto Cocleare.

(<https://www.advancedbionics.com/it/it/home/cochlear-implants-for-you/living-with-a-cochlear-implant.html>)

2.1.2 Caratteristiche principali

Gli IC sono formati da due componenti: parte esterna, composta dall'unità di elaborazione formata, a sua volta, da microfono (ricevitore) e processore; unità di controllo costituita da vano portatile e comandi e, infine, dall'unità di trasmissione di cui fa parte l'antenna esterna. La parte interna, invece, è composta dall'unità di ricezione (antenna interna e magnete), dall'unità di stimolazione e dal sistema (array) di elettrodi. (Fig. 6).

Ogni componente possiede una funzione specifica che, nel complesso, sarà indispensabile per la formulazione corretta del suono.

Il microfono ha la funzione di captare le onde sonore, provenienti dall'ambiente esterno, convertirle in segnale elettrico e inviarle al processore. Quest'ultimo effettuerà l'analisi del suono mediante una tecnologia digitale che trasforma il rumore in segnale elettrico secondo un determinato codice chiamato "strategia di codifica". L'energia elettrica, contenente le informazioni acustiche, viene inviata dal trasmettitore al ricevitore. Il ricevitore-stimolatore, infatti, ha il compito di convertire le informazioni ricevute in segnali elettrici inviandoli, successivamente, agli elettrodi. Il collegamento tra l'antenna esterna ed il ricevitore interno è transcutaneo ed utilizza una radiofrequenza. Questa connessione è bidirezionale e ha, pertanto, una duplice funzione: consente sia la

trasmissione degli stimoli elettrici codificati per il nervo acustico sia il costante controllo della funzionalità tra elettrodi e nervo acustico.

I vari impianti cocleari differiscono per numero, diametro e disposizioni di elettrodi, ma tutti svolgono la stessa funzione e, inoltre, ogni elettrodo è deputato a generare varie frequenze (Lewitt H., 2020).

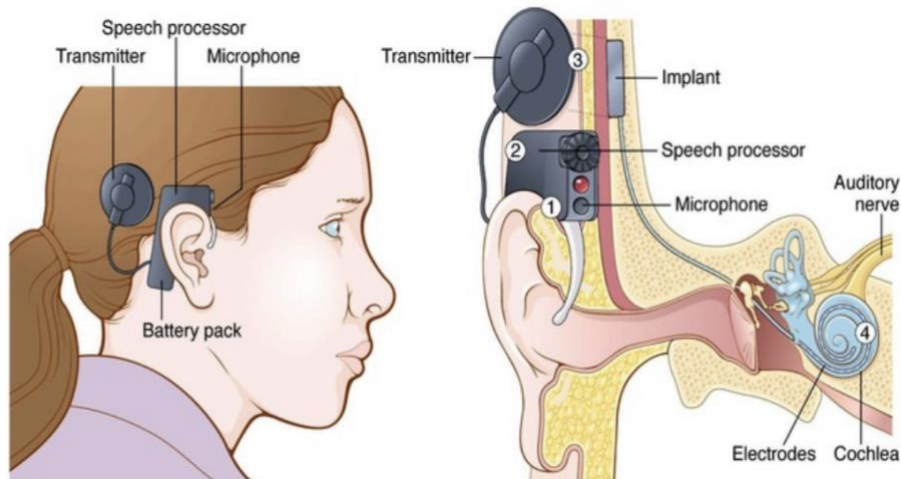


Figura 6. Le componenti dell'Impianto Cocleare. (The Language of Medicine, Davi-Allen Chabner).

2.1.3 Selezione dei candidati e controindicazioni all'intervento

Il processo di selezione del candidato all'intervento chirurgico di impianto cocleare necessita di una metodologia rigorosa che valuti il paziente in senso olistico, prendendo in considerazione gli aspetti audiologici, verificandone e quantificandone la perdita uditiva oltre che considerare aspetti medici e comunicativi. I pazienti che devono sottoporsi all'intervento dovranno eseguire una visita medica Audiologica/ORL, una valutazione anestesiologicala, degli accertamenti neuroradiologici mirati e una valutazione percettivo-linguistica da parte di un/una logopedista specializzato/a nella gestione degli impianti cocleari. Tra gli esami radiologici, rivestono un ruolo di fondamentale importanza la risonanza magnetica (RM) encefalo e la tomografia computerizzata (TC) ad alta risoluzione eseguita sull'osso temporale.

Entrambi gli esami sono necessari per studiare la morfologia dell'orecchio interno e quella del canale uditivo (Richard T Ramsden et al., 2013).

Gli IC possono essere impiantati sia negli adulti che nei bambini: nel paziente adulto, l'esame audiometrico deve essere sempre accompagnato dall'esame impedenzometrico, dall'audiometria vocale e dalla valutazione della percezione verbale per IC.

Nei bambini, invece, i principali test per valutare la soglia uditiva sono i potenziali uditivi evocati dal tronco encefalico (ABR), le emissioni otoacustiche e l'audiometria comportamentale (Mata-Rivera MC. et al., 2014).

In entrambe le categorie di pazienti è essenziale disporre di misurazioni del beneficio protesico per valutare l'appropriatezza e l'efficacia dell'intervento. Per fare ciò, si è soliti utilizzare dei questionari valutativi e dei protocolli standardizzati che indagano sul beneficio protesico. Sono candidati all'impianto cocleare tutti i bambini con sordità bilaterale congenita o acquisita di entità profonda e che non hanno ottenuto alcun beneficio dall'utilizzo di protesi acustiche; adulti con sordità neurosensoriale comparsa in età peri e post verbale; adolescenti ed adulti con perdita di udito ad esordio preverbale.

Fanno parte del processo di selezione l'informazione e l'educazione terapeutica al paziente con l'obiettivo di informare la persona e i suoi famigliari riguardo le ragioni dell'indicazioni all'intervento, i rischi chirurgici, i benefici riabilitativi e la natura dei controlli di follow-up (Berrettini S.; 2015).

Esistono, inoltre, delle controindicazioni assolute e relative all'intervento di IC.

Tra quelle assolute rientrano situazioni anatomiche particolari come aplasia della coclea e del nervo acustico; tra quelle relative, invece, sono incluse l'ossificazione cocleare e malformazioni auricolari (Naples JG. et al., 2019).

2.1.4 Intervento chirurgico

L'intervento chirurgico per l'inserimento dell'impianto cocleare viene eseguito in anestesia generale e ha una durata di circa 3 ore. Viene effettuata un'incisione della cute a forma di L, si procede con la timpanotomia posteriore che consente l'ingresso nella cassa del timpano, la visualizzazione della regione della finestra

rotonda creando una comunicazione con la coclea attraverso la nicchia in modo da procedere con l'inserimento dell'array.

Una volta avvenuta la collocazione del dispositivo sarà indispensabile valutarne il suo corretto posizionamento mediante misure elettrofisiologiche basate sulla risposta neurale intraoperatoria.

Un'ulteriore conferma verrà eseguire tramite una radiografia del cranio (Sheehan P.Z. et al., 2006).

Durante tutto l'intervento chirurgico è necessario monitorare costantemente il nervo facciale per evitare complicanze.

La fase post-intervento consiste nell'attivazione del dispositivo. Essa si esegue subito dopo la perfetta guarigione della zona operata e comprende la selezione di una strategia di codifica, l'impostazione dei livelli, della frequenza e della durata di stimolazione e la larghezza degli impulsi.

È previsto, inoltre, un periodo di riabilitazione con l'obiettivo di esercitare la corteccia uditiva al riconoscimento degli input che provengono dagli elettrodi dell'impianto cocleare e a dar loro il significato di suoni corrispondenti (Maccioni G. et al., 2009).

2.2 Apparecchi acustici

Il problema dell'ipoacusia è sempre stato presente e, nel corso degli anni, l'essere umano ha cercato modi per porvi rimedio. L'uomo, infatti, ha cercato di sperimentare tutte le soluzioni possibili per far fronte al disagio di non poter comunicare e sentire. Nel 1924 fu sviluppato un grande apparecchio acustico costituito da un microfono magnetico collegato ad una bobina in movimento. Nella seconda metà degli anni 40, invece, gli apparecchi acustici diventano tascabili (Chen G. et al., 2018).

A partire dagli anni Novanta, la tecnologia ha permesso di sviluppare dispositivi acustici sempre più innovativi e all'avanguardia: si è passati da protesi acustiche analogiche ad apparecchi digitali, quindi programmabili anche a due/tre canali. Un vantaggio offerto dagli apparecchi acustici analogici con controllo digitale è

proprio quello di poter essere “controllati” da una sorgente esterna digitale (computer) che agisce direttamente sui dati registrati all’interno di una memoria programmabile già presente all’interno del dispositivo acustico. L’innovazione tecnologica, rappresentata dai dispositivi digitali, presenta i seguenti vantaggi (Curran J.R. et al., 2013):

- Capacità affini di elaborazione del segnale superiori a quelle offerte dagli apparecchi acustici convenzionali;
- Capacità uniche di elaborazione del segnale;
- Metodi di elaborazione e controllo del segnale più precisi e specifici;
- Maggiore flessibilità di funzionamento;
- Riduzione del rumore ed intensificazione del parlato;
- Riduzione del rumore interno generato dal microfono;
- Possibilità di provare le protesi per un miglior adattamento e comfort per il paziente.



Figura 7. Rappresentazione degli apparecchi acustici.
(<https://www.phonak.com/it/it/apparecchi-acustici.html>)

2.2.1 Definizione

Gli apparecchi acustici sono dispositivi che non hanno bisogno di intervento chirurgico per essere utilizzati, ma sono generalmente usati come amplificatori del suono in caso di ipoacusie da lievi a gravi. Sono ausili che, per mezzo dell’elaborazione numerica dei segnali acustici e la loro seguente amplificazione permettono di modificare le capacità uditive e non del soggetto ipoacusico,

riducendo le implicazioni negative, oggettive e soggettive, derivanti dalla perdita di udito. Essi, generalmente, sono costituiti da un microfono, un amplificatore e un ricevitore. Inoltre, sono necessarie le batterie che devono fornire la corrente di alimentazione e dei fori che permettano la ventilazione evitando, così, fenomeni di occlusione. Sono in grado di amplificare il segnale fino a 1000 volte, trasmettendolo lungo il canale uditivo e convogliarlo verso il timpano (Treccani, 2022).

I trasduttori presenti nell'apparecchio acustico hanno il compito di convertire il segnale in ingresso in un input di natura differente: il microfono, infatti, converte il segnale acustico in segnali elettrici analogici. I microfoni moderni possono essere omnidirezionali o direzionali e, da alcuni anni, sul mercato, sono presenti dispositivi aventi anche due microfoni il che serve a migliorare la capacità di discriminazione dello speech anche in presenza di un rumore di fondo.

Il trasduttore di uscita è rappresentato dal ricevitore che svolge la funzione di altoparlante e converte i segnali elettrici in uscita in un segnale acustico o vibratorio. Essi possono essere a conduzione aerea od ossea (Lewitt H., 2020).

2.2.2 Classificazione degli apparecchi acustici

Gli apparecchi acustici possono essere classificati secondo il tipo di posizionamento nell'orecchio. I principali modelli sono (Bentler R.A. et al., 2005):

1. CIC: inserimento completo della protesi nel condotto uditivo. Vengono posizionati totalmente dentro all'orecchio, hanno dimensioni minori e riproducono il suono nel modo più naturale possibile. I vantaggi che presentano sono: maggior risoluzione delle alte frequenze, riduzione o perfino eliminazione dell'effetto di occlusione, buona stabilità di posizionamento all'interno del condotto uditivo e possibilità di utilizzare normalmente il telefono;
2. ITC: inserimento parziale della protesi nel condotto uditivo. La maggior parte del dispositivo è localizzato all'interno della conca e alcuni suoi componenti rimangono nel meato acustico.

3. ITE: posizionamento dell'apparecchio acustico dentro la conca. Sono formati da un guscio realizzato partendo dall'impronta auricolare del paziente all'interno della quale vengono inseriti tutti gli altri componenti essenziali al suo funzionamento.
4. BTE: posizionamento dell'apparecchio sul padiglione auricolare. Questi dispositivi sono indicati per far fronte ad una perdita uditiva severa o profonda in quanto minimizzano il segnale di feedback acustico. Quest'ultimo rappresenta uno dei principali problemi riscontrati dalla maggior parte dei portatori e si verifica quando una parte del segnale in uscita dal ricevitore viene raccolto dal microfono e rielaborato. Il soggetto avvertirà, quindi, un fischio fastidioso di intensità crescente.

Oltre ai modelli citati, esistono altre soluzioni tecnologiche come apparecchi acustici integrati a occhiali da vista.

La scelta del modello di apparecchio acustico deve essere effettuata tenendo conto delle caratteristiche anatomiche e audiometriche del paziente nonché delle sue preferenze (Giordano C. et al., 2006).

2.3 Stimolazione bimodale

Per stimolazione bimodale si intende il contemporaneo utilizzo dell'impianto cocleare e di un'apparecchio acustico localizzato nell'orecchio controlaterale. Si tratta, quindi, di un'associazione tra modalità acustica ed elettrica che, ad oggi, riscuote un crescente successo. Questo approccio ha migliorato significativamente la prestazione per la percezione del parlato in condizioni silenziose, nel rumore e per la localizzazione rispetto agli approcci monolaterali. I principali vantaggi offerti dalla stimolazione bimodale si basano sul riconoscimento verbale sia in ambienti silenziosi che rumorosi, nonché sulla capacità di localizzare la fonte sonora. L'efficacia del trattamento è possibile grazie al fatto che i sistemi cocleari presentano la stessa piattaforma tecnologica

di quella delle protesi acustiche e riescono a lavorare in modo completamente allineato tra loro, ciò costituisce un enorme vantaggio per il paziente (Cuda D. et al., 2008).

L'apparecchio acustico amplifica il suono che viene elaborato dai microfoni, il processore acustico lo elaborerà a sua volta e lo invierà all'orecchio del paziente per via aerea; quindi, si rimane nel dominio acustico; l'impianto cocleare, invece, ha un processore acustico che elabora il segnale trasformandolo in energia elettrica, andando a stimolare il nervo acustico quindi si entra nel dominio elettrico. Questo vuol dire che i due sistemi sono uguali in ingresso, ma in uscita sono completamente diversi tra loro. Avere a disposizione una piattaforma tecnologica dove i microfoni lavorano alla stessa maniera, i tempi di elaborazione e la compressione in ingresso sono uguali tra loro, fa sì che il segnale in ingresso sia completamente allineato dando al paziente una sensazione migliore di ascolto. In via definitiva, si può affermare che quando impianto cocleare e protesi acustica hanno la stessa modalità microfonica, la stessa direzionalità e gli stessi tempi di elaborazione si ha anche un ascolto più allineato (Cuda D. et al., 2008).

Capitolo 3. Studio osservativo su riduzione del tinnitus e miglioramento della speech perception attraverso stimolazione bimodale

3.1 Tinnitus

Per acufene, definito anche "tinnitus", si intende una sensazione uditiva percepita come ronzio, fischio, sibilo, fruscio ecc... (Fig. 8) che non deriva da una sorgente sonora presente nell'ambiente esterno, ma viene avvertita esclusivamente dal soggetto. Si tratta di un segnale bio-elettrico generato nell'apparato uditivo o nel sistema nervoso centrale che non ha nulla a che vedere con l'attività vibratoria meccanica della coclea e non può essere correlata ad alcuna stimolazione esterna.

Questo sintomo può coinvolgere un solo orecchio od entrambi e, più genericamente, può essere avvertito all'interno della testa (Hall D. et al., 2013). Le persone colpite maggiormente sono quelle con età compresa tra i 45 e i 75 anni, indipendentemente dal sesso. L'acufene può avere ripercussioni negative sulla qualità di vita: può alterare il modello di sonno, generare ansia, nervosismo, stress, difficoltà di concentrazione, fino a generare veri e propri stati depressivi. Si tratta di un vero e proprio disturbo uditivo che può avere durata breve o persistere nel tempo.

I tinniti si possono classificare in periferici e centrali e ciò dipende dalla localizzazione della lesione: se il danno è presente nella parte periferica dell'udito, l'acufene sarà periferico; mentre se il problema è presente a carico del sistema nervoso centrale, il disturbo sarà centrale (Dias A. et al., 2006).

Il concetto fondamentale è che la comparsa del tinnito non ha origine direttamente nell'apparato uditivo, ma nelle aree non uditive localizzate nel sistema nervoso e, più nello specifico, in quell'area del cervello conosciuta come "sistema limbico", un insieme di strutture encefaliche specializzate in funzioni come, ad esempio, reazioni emotive, memoria a breve termine e olfatto.

Tra le cause più frequenti, associate alla comparsa di questo problema, vi sono: traumi acustici, traumi cranici, otosclerosi e assunzione di farmaci ototossici.

Nel tempo, per far fronte a questo problema, si sono evolute diverse strategie terapeutiche di risoluzione. Tra le più conosciute, c'è la Tinnitus Retraining Therapy (T.R.T): si tratta di una forma di terapia di assuefazione del disturbo creata apposta per le persone che ne soffrono con l'obiettivo di eliminare e/o ridurre il fastidio. Lo scopo principale è quello di ridurre l'eccitabilità di alcune aree cerebrali in modo tale che il sistema nervoso riconosca come "neutra" la sensazione acustica by-passando, così, il segnale fantasma ed evitare che venga percepito dall'orecchio (Katz J. et al., 2007).



Figura 8. Percezione del tinnitus. (<https://www.uditeroma.it/approfondimenti/fischio-orecchio>)

3.2 Speech Perception

Per percezione verbale si intende la manifestazione sensoriale di un messaggio verbale che proviene dall' esterno e che viene, prima raccolto e valutato dall' ascoltatore, poi decodificato dalla corteccia uditiva primaria.

Come dimostrato anche da alcuni studi (Kisilievsky et al., 2009), gli esseri umani sono in grado di apprezzare e cogliere le caratteristiche percettive del linguaggio fin dall'età neonatale. Inoltre, dal confronto delle caratteristiche di una sequenza di parole e della loro successione temporale è possibile apprezzare differenze di forma acustica (intensità, frequenza, tempo), distinguere vocali e consonanti e isolare fonemi, sillabe e parole, apprezzare la prosodia, l'accentazione e l'intonazione.

Lo stimolo sensoriale, infatti, viene processato e categorizzato: i tratti distintivi dell'input sensoriale vengono analizzati e trasmessi lungo la via acustica e poi confrontati a livello corticale con rappresentazioni prototipiche neurali già presenti e raccolte dall'esperienza personale.

La percezione del linguaggio è, pertanto, un processo estremamente complicato che richiede integrità delle strutture coinvolte, nonché capacità di memoria.

Tali abilità si sviluppano nei primi anni di vita, ma possono essere valutate, tramite la somministrazione di test specifici, solo a partire dal secondo e terzo anno di vita (Holt L.L., 2009).

L'analisi delle abilità percettive dell'adulto e del bambino consente, non solo di valutare l'efficacia del sistema uditivo nei confronti degli stimoli verbali, ma anche

di ottenere informazioni topodiagnostiche sulla sede di un'eventuale lesione (periferia, tronco, encefalo).

Non da ultimo, l'audiometria vocale ed i test di percezione sono utilizzati per la valutazione delle abilità comunicative del paziente in condizioni di vita quotidiana, in campo riabilitativo (protesico) e di clinica diagnostica (ipoacusia infantile e presbiacusia). A tali scopi, i test ideati sono stati creati per essere somministrati sia in situazione di quiete, che di rapporto segnale-rumore sfavorevole (Kluender K.R., 2008). Tra i metodi più conosciuti vi sono: test di percezione, test di percezione in quiete e audiometria vocale.

Il test audiometrico vocale è eseguibile a partire dai 8-10 anni di età e prevede un set di risposte aperte o chiuse da compilare mediante una scelta multipla per immagini. Il materiale e le liste di parole variano a seconda dell'età presentata dal paziente. L'esame è eseguibile in lingue diverse.

Nei test aperti, invece, non viene data alcuna possibilità di scelta quindi, ogni risposta è possibile. La compilazione del test open-set risulta difficile quando la capacità di articolazione verbale del bambino è alterata.

Per il paziente pediatrico, le prove di riconoscimento delle parole (discriminazione del discorso) devono essere scelte con cura in modo da soddisfare lo scopo previsto. Devono essere presi in considerazione: età, livello linguistico e stato uditivo del paziente (Guarnaccia et al., 2013).

Bambini con età inferiore a due anni

L'analisi delle abilità percettive in questa popolazione mira alla valutazione dei prerequisiti linguistici e delle prime abilità di linguaggio. Il materiale utilizzato consiste in questionari somministrati ai genitori e nell'osservazione delle risposte del bambino agli stimoli proposti dagli operatori. Tra i test più utilizzati ci sono: IT-MAIS (Infant Toddler Meaningful Auditory Integration Scale), Questionario del rumore ambientali, Peach test (Parents' Evaluation of Aural/Oral Performance of Children), Ling Six Sound Test (Listening Progress Profile), CAP (Categories of Auditory Performances) e videoanalisi.

L' esito di tali test risente della soggettività delle risposte date dai genitori, nonché dell'abilità e dell'esperienza dell'esecutore (Guarnaccia et al., 2013).

Bambini di età superiore a due anni

Nei pazienti con età superiore a 2 anni, invece, le abilità percettive sono valutabili mediante i seguenti test: ESP (Early Speech Perception), MAIS (Meaningful Auditory Integration Scale), NU-CHIPS (Northwestern University-Children's Perception of Speech), WIPI (Children's Tests Word Intelligibility by Picture Identification), PSI (Pediatric Speech Intelligibility), LNT (Lexical Neighborhood Test), PKB (Phonetically Balanced-Kindergarten), HINT-C (Listening in Noise Test-Children), Categorie percettive (Geers a Moog), PCA.P (Prime categorie percettive), T.A.P (Test delle abilità percettive), T.I.P.I. 1 (Test di Identificazione di parole infantili) , T.I.P.I. 2 (Test di Identificazione di parole infantile), AE (Auditory Speech Sound Evaluation), BATIT (Battery of Auditory Speech Perception Tests for Infants and Toddlers).

Inoltre, le abilità percettive sono valutabili attraverso i seguenti test audiometrici comportamentali: VRASPAC (Visual Reinforcement Assessment of the Perception), PLAYSPAC (Play Assessment of Speech Pattern Contrasts), OLIMSPAC (On-line Imitative Test of Speech Pattern Contrast), VIDSPAC (Video Speech Pattern Contrast Test), CASPA- Fonemi nelle parole (Computer-Assisted Speech Perception Assessment), LEXSEN-Parole isolate e in frasi (Guarnaccia et al., 2013).

Test di percezione del rumore

L' esame audiometrico vocale è, verosimilmente, il test percettivo di primo livello più comunemente usato. Tuttavia, al fine di valutare globalmente le abilità percettive di un soggetto, non solo nella condizione di quiete, ma anche in situazioni comuni di rumore ambientale, l'impiego dell'audiometria vocale si è progressivamente orientato anche verso la stima dell'intelligibilità in varie condizioni di rumorosità consentendo un'analisi più dettagliata e completa della funzionalità del sistema uditivo.

Le liste di parole sono proposte con differenti competizioni: lo speech noise o rumore rosa: generato da uno spettro medio a lungo termine simile a quello della voce maschile ed un altro simile a quello della voce femminile: babble noise, costituito dalla registrazione sovrapposta di dieci speaker; rumore di traffico ecc. (Guarnaccia et al., 2013).

Test adattivi

Di più recente introduzione nella pratica clinica è invece il MATRIX Sentence Test o "Test della matrice di frasi". Questo è un test di audiometria vocale adattiva in competizione che permette di ottenere la soglia di discriminazione media nel rumore (Speech Reception Threshold, SRT) ed un valore che corrisponde al livello uditivo al quale il paziente riconosce una percentuale stabilita di parole nel rumore (50%). Il test si definisce "adattivo" in quanto vi è un software in grado di impostare in maniera automatica il livello Segnale/Rumore (Signal Noise Ratio - SNR) sulla base delle risposte corrette o sbagliate date dal paziente nella frase precedente. Il materiale verbale è costruito basandosi sul principio della "matrice". Le frasi scelte dal software sono composte da 5 elementi: nome proprio, verbo, numero, sostantivo e aggettivo scelti, casualmente, da un pool di 10 parole per ogni elemento, per un totale di 50. Le frasi sono grammaticalmente corrette, ma semanticamente imprevedibili, così da evitare al soggetto una facile memorizzazione delle frasi e garantire la possibilità di sottoporlo al test in momenti successivi. I valori normali SRT, ottenuti durante la validazione dell'Italian Matrix Test in assenza di deficit uditivo dovrebbero essere di $-6,8 \pm 0,8$ dB. (Fig. 9).

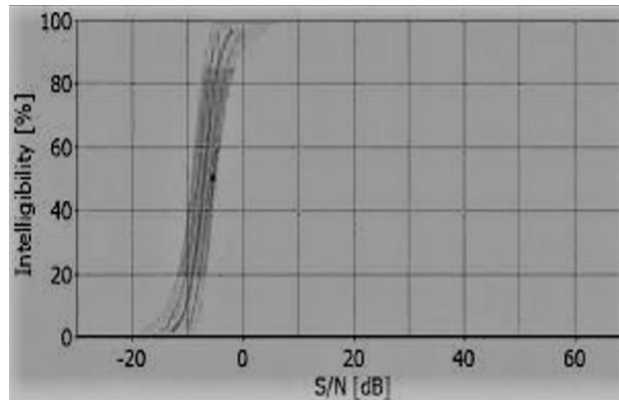


Figura 9. Pendenza della curva, nonché accuratezza del test di percezione verbale (<https://air.unimi.it/bitstream/2434/710326/2/351-354.pdf>).

La finalità di questo test è quella di valutare la comprensione verbale del paziente in condizioni di rumore, simulando le condizioni di ascolto difficile in cui ci si può trovare nella vita quotidiana (Guarnaccia et al., 2013).

3.3 Studio Osservativo

3.3.1 Obiettivo dello studio

L'obiettivo principale di questa tesi è evidenziare l'efficacia della stimolazione bimodale sulla riduzione del tinnitus, oltre che valutare un miglioramento della speech perception. Più nello specifico, ciò che si vuole andare ad analizzare sono le analogie e differenze che il paziente ha ottenuto, in termini uditivi e comportamentali, nel periodo pre e post impianto cocleare.

Questo studio è stato eseguito su pazienti selezionati della Struttura Complessa di Otorinolaringoiatria dell'Azienda Ospedaliero – Universitaria di Modena.

I risultati ottenuti sono relativi al beneficio che ne consegue dall'utilizzo dell'impianto in contemporaneità con l'apparecchio acustico controlaterale.

3.3.2 Materiali e Metodi

Per lo studio in questione, sono stati selezionati 30 pazienti totali di cui il 56% erano maschi e il restante 43% donne; tutti con età compresa tra i 30 e gli 80 anni. Erano tutti adulti post-verbali, con assenza di deficit cognitivi e con RM encefalo negativa.

Tutti i pazienti selezionati, come già riferito, presentavano l'IC monolaterale con l'apparecchio acustico controlaterale e, soprattutto avvertivano, come sintomo principale, tinniti più o meno gravi.

Inizialmente, verrà eseguita una prima valutazione con l'obiettivo di determinare se vi sia una riduzione effettiva del tinnito mediante la somministrazione del THI (Tinnitus Handicap Inventory).

Il THI (Tinnitus Handicap Inventory) (Fig. 10) è un questionario utile nell'identificazione delle complicanze e delle difficoltà che possono insorgere con l'acufene nella vita quotidiana. Esso, oltre a definire la disabilità riferita dal paziente, permette di capire se, i trattamenti scelti per la persona, hanno avuto un beneficio in termini di ascolto. Esso è composto da 25 domande a cui si deve rispondere scegliendo tra tre opzioni: SI, TALVOLTA oppure NO. Queste, a loro volte, includono diversi items quali l'influenza dell'acufene sugli effetti nella vita, nelle relazioni e sulle reazioni emotive del paziente (Halford J.B. et al., 1991).

Il punteggio finale si ottiene assegnando punti diversi in base alla risposta data:

- 4 punti alle domande a cui il paziente ha risposto "SI";
- 2 punti alle domande a cui il paziente ha risposto "TALVOLTA";
- 0 punti alle domande a cui il paziente ha risposto "NO".

Il valore finale ottenuto permetterà di stabilire il grado di gravità dell'acufene:

- ACUFENE LIEVISSIMO (fino a 16) dove il tinnito viene avvertito solo durante la condizione di silenzio;
- ACUFENE LIEVE (da 18 a 36) che altera le condizioni del sonno;

- ACUFENE MODERATO (da 38 a 56) dove il tinnito viene percepito anche in condizioni rumorose;
- ACUFENE SEVERO (da 58 a 76). È un acufene che interferisce col sonno e con le normali attività quotidiane;
- ACUFENE CATASTROFICO (da 78 a 96). Il tinnito contrasta e impedisce al paziente di svolgere maggior parte delle attività della vita quotidiana (Erlandsson S.I. et al., 1992).

Il punteggio aiuta il professionista nella presa in carico corretta del paziente e stabilisce se vi è necessità di un'ulteriore valutazione medica e/o psicologica.

 ORLTeam
 PROTOCOLLO PER LA DIAGNOSI E LA TERAPIA DI ACUFENE E IPERACUSIA
 QUESTIONARIO THI – Tinnitus Handicap Inventory
 SIG.: Data:/...../.....

SI	Talvolta	NO	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F. L'acufene le ostacola la concentrazione?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F. L'intensità dell'acufene le impedisce di sentire la gente?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E. L'acufene la fa arrabbiare?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F. L'acufene la fa sentire confuso?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C. A causa dell'acufene si senti disperato?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E. Si lamenta spesso del suo acufene?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F. L'acufene le crea difficoltà ad addormentarsi la notte?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C. Le sembra di non riuscire a sfuggire al suo acufene?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F. Il suo acufene le impedisce di vivere la sua vita sociale?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E. A causa del suo acufene si senti frustrato?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C. Il suo acufene le sembra una terribile malattia?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F. Il suo acufene le rende difficile godersi la vita?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F. Interferisce sul lavoro o sulle responsabilità familiari?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F. L'acufene la rende spesso irritabile?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F. La presenza del suo acufene le rende difficile la lettura?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E. Il suo acufene la fa sentire sconvolto?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E. L'acufene ha incrinato i rapporti con familiari e amici?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F. La sua attenzione è sempre rivolta verso il suo acufene?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C. Pensa di non avere nessun controllo sul suo acufene?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F. A causa del suo acufene si senti spesso stanco?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E. A causa del suo acufene si sente depresso?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E. Il suo acufene la rende ansioso?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	C. Pensa di non riuscire più a tenere testa al suo acufene?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	F. Il suo acufene peggiora quando è sotto stress?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	E. Il suo acufene la fa sentire insicuro?

TOTALE: Sottoscale : Funzionale Emotiva Catastrofica

Figura 10. Questionario THI. (<http://www.orteam.it/sites/orteam.it/files/%40Questionario%20THI.pdf>)

L'altro scopo dello studio, come già accennato precedentemente, è quello di verificare il miglioramento della percezione verbale a seguito della presenza contemporanea di IC e apparecchio acustico (AA).

Per raggiungere questo obiettivo, i test eseguiti sono stati l'audiometria vocale, i test di percezione in condizioni sia di quiete che di rumore e l'ITA Matrix test.

Essi sono stati approfonditi più nello specifico nel capitolo 3.2.

Inoltre, per dar supporto allo studio, sono stati confrontati e analizzati articoli scientifici per consolidare il beneficio della stimolazione bimodale sulla speech perception.

3.3.3 Risultati

I risultati sono stati ottenuti basandosi sulle 15 risposte ricevute da parte dei pazienti: 9 uomini e 6 donne.

Dalla compilazione dei questionari è emerso che, nel periodo preimpianto:

- 3 pazienti presentavano un acufene di grado lievissimo;
- 5 pazienti presentavano il sintomo in modo lieve;
- 4 lo avvertivano in modo moderato;
- 2 pazienti presentavano il sintomo in modo severo;
- 1 paziente aveva un acufene di tipo catastrofico.

Inoltre, il sintomo è stato descritto come un "forte fischio", una "radio accesa", come "rumore del vento", "confusione", quindi come se ci fossero tante persone presenti attorno al soggetto. Uno dei pazienti ha paragonato la percezione di tinnito come il contatto della corrente elettrica.

Alcuni pazienti hanno riferito di sentire il fastidio per tutta la durata della giornata, mentre altri lo avvertivano solo in situazioni particolari (es: condizioni di stress) o in momenti specifici del giorno (es: più accentuato alla sera).

Nel periodo post-impianto, quindi in presenza di IC e apparecchio acustico controlaterale, invece, si è potuto osservare un miglioramento dei sintomi

(Grafico 1) e i dati riportati precedentemente hanno subito una variazione in senso positivo: dei 5 pazienti che avvertivano il sintomo in modo lieve: 2 hanno affermato che, nonostante un miglioramento sulla speech perception, il grado di acufene è rimasto il medesimo, mentre, gli altri 3 hanno affermato che oltre ad avere avuto un beneficio in termini di percezione del linguaggio hanno avuto anche un miglioramento sul grado di tinnito passando da lieve a lievissimo.

Anche il 50% dei pazienti che avvertivano il tinnito in modo moderato ha riscontrato un beneficio mutando, rispettivamente, il grado in lieve e lievissimo.

Inoltre, i 2 pazienti che, nel periodo pre-impianto, lamentavano il sintomo in modo severo hanno raggiunto i seguenti risultati: uno ha ottenuto un guadagno in termini di miglioramento del tinnitus, passando al grado moderato; il secondo, invece, afferma che, a seguito della stimolazione bimodale, non ha riscontrato alcun beneficio, mantenendo il grado dell'acufene invariato.

L'unico paziente che avvertiva il sintomo in modo catastrofico ha affermato di aver ottenuto un netto miglioramento dei sintomi passando ad un grado lievissimo con conseguente miglioramento sulla qualità di vita e sulla sua comprensione del parlato.

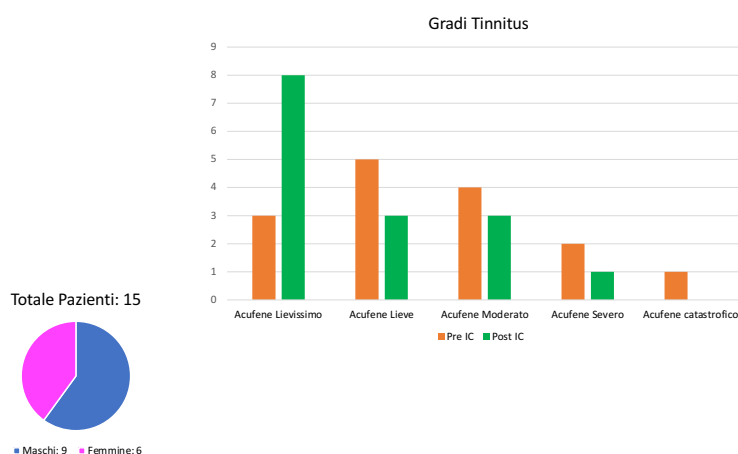


Grafico 1. Risultati nel periodo pre e post impianto cocleare nei pazienti osservati.

CONCLUSIONI

Questo studio ha permesso di mettere in evidenza l'utilità della stimolazione bimodale sulla riduzione dei tinnitus e il conseguente miglioramento sulla speech perception. La compilazione del questionario THI da parte dei pazienti selezionati, ha messo in evidenza il beneficio relativo all'applicazione della protesi acustica in associazione con l'impianto cocleare, dimostrando un netto miglioramento sulla riduzione dell'acufene e, di conseguenza, sul miglioramento dell'impatto che esso ha sulle attività di vita quotidiana. I test di percezione verbale, compreso l'ITA Matrix Test e le testimonianze dei candidati hanno affermato un'ottimizzazione della performance uditiva oltre che della percezione verbale.

Nel complesso, si configura il successo dell'approccio bimodale nella cura e nel trattamento di molteplici gradi di acufene. In più, tale metodo, risulta utile ed efficace nella gestione di tutti quei disturbi uditivi in cui la protesizzazione tradizionale o l'utilizzo del singolo impianto cocleare hanno apportato un minore beneficio.

Indispensabile risulta essere il supporto del paziente nelle varie fasi del trattamento in modo da monitorare più precisamente gli effetti della stimolazione bimodale osservando come migliora la sua qualità di vita nel tempo.

I limiti dello studio sono, a nostro parere, legati al numero di pazienti; il dato ottenuto dipende da una serie di fattori:

- 1- spesso il paziente ipoacusico ha una ipoacusia bilaterale ed è candidato, pertanto, ad IC bilaterale;
- 2- le indicazioni all'IC nelle ipoacusie asimmetriche sono state ampliate solo negli ultimi anni e i pazienti presentavano, spesso, una condizione di ipoacusia monolaterale corretta con protesi acustica senza effettuare alcun intervento di IC;
- 3- i pazienti afferenti al nostro Centro spesso vengono da fuori regione e, quindi la somministrazione del questionario è stata, in alcuni casi, difficoltosa;
- 4- i criteri di inclusione da noi attuati escludevano alterazioni alla RM che spesso il paziente anziano ipoacusico presenta.

BIBLIOGRAFIA

Acta Oto-Laryngologica, 2012; 132: 1084–1094

Albera R, Rossi G. Otorinolaringoiatria. III EDIZIONE ed; 2013. and rehabilitation of hearing defects.

Acta Otorhinolaryngol Ital, 2007.

Baguley D, McFerran D, Hall D. Tinnitus. Lancet. 2013 Nov 9;382(9904):1600-7. doi: 10.1016/S0140-6736(13)60142-7. Epub 2013 Jul 2. PMID: 23827090.

Bruschini L, Forli F, Benvenuti E, Bini B. Le protesi impiantabili e la trasmissione del suono attraverso la via ossea. LXI Raduno del Gruppo Alta Italia di Otorinolaringoiatria e Chirurgia Cervico-Faciale: Le protesi impiantabili di orecchio medio. Lucca: Berrettini S.; 2015.

Budd RJ, Pugh R. The relationship between locus of control, tinnitus severity, and emotional distress in a group of tinnitus sufferers. J Psychosom Res. 1995
Colletti V, Carner M, Miorelli V, Guida M, Colletti L, Fiorino F. Auditory brainstem implant (ABI): new frontiers in adults and children. Otolaryngol Head Neck Surg 2005; 133:126-38.

Colletti V, Shannon RV. Open Set Speech Perception with Auditory Brainstem Implant? The Laryngoscope 2005; 115:1974-8.

Cuda D. (2008), Impianti cocleari, U.O. ORL Ospedale “Guglielmo da Saliceto” – Piacenza.

Curran JR, Galster JA. The master hearing aid. Trends Amplif. 2013 Jun;17(2):108-34. doi: 10.1177/1084713813486851. Epub 2013 May 17. PMID: 23686682; PMCID: PMC4070612.

Daniele Giansanti, Sandra Morelli, Giovanni Maccioni, Mauro Grigioni, 2009. Impianti cocleari: indagine su stato dell'arte, problematiche riscontrate, aspetti clinici e normativi.

Dias A, Cordeiro R, Corrente JE. Incômodo causado pelo zumbido medido pelo Questionário de Gravidade do Zumbido [Tinnitus annoyance assessed by the tinnitus handicap inventory]. Rev Saude Publica. 2006 Aug;40(4):706-11. Portuguese. doi: 10.1590/s0034-89102006000500022. PMID: 17063249.

Domenico CUDA. Impianti Cocleari. U.O. ORL Ospedale “Guglielmo da Saliceto” - Piacenza, 2008

Edwards BW: Signal processing techniques for a DSP hearing aid. IEEE 1998.

Erlandsson SI, Hallberg LR, Axelsson A. Psychological and audiological correlates of perceived tinnitus severity. *Audiology*. 1992

Felisati D. Deafness in the 20th century. Evolution of clinical otology, prevention Gawecki W, Stieler OM, Balcerowiak A, et al. Surgical, functional and audiological evaluation of new Baha(R) Attract system implantations. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2016.

Giordano C, Albera R, Argentero P, Boggero R, Garzaro M, Nadalin J, Pecorari G. Trauma acustico cronico e protesizzazione. *L'audioprotesista*, Aprile 2006
Giordano C, Albera R, Beatrice F. *Audiometria Clinica*, Ed. Minerva Medica, Torino, 2003.

Giuseppe Anastasi et al., *Trattato di anatomia umana*, volume III, Milano, Edi.Ermes, 2012

Halford JB, Anderson SD. Tinnitus severity measured by a subjective scale, audiometry and clinical judgement. *J Laryngol Otol*. 1991

He P, Wen X, Hu X, Gong R, Luo Y, Guo C, Chen G, Zheng X. Hearing Aid Acquisition in Chinese Older Adults With Hearing Loss. *Am J Public Health*. 2018 Feb;108(2):241-247. doi: 10.2105/AJPH.2017.304165. Epub 2017 Dec 21. PMID: 29267059; PMCID: PMC5846583.

Heine PA. Anatomy of the ear. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 2004 Mar;34(2):379-95. doi: 10.1016/j.cvsm.2003.10.003. PMID: 15062614.

Henry JA, Schechter MA, Nagler SM, Fausti SA. Comparison of tinnitus masking and tinnitus retraining therapy. *J Am Acad Audiol*. 2002 Nov-Dec;13

<https://www.biap.org/fr/>

<https://www.treccani.it/enciclopedia/coclea>

Hunter AGW, Yotsuyanagi T. 2005. The external ear: More attention to detail may aid syndrome diagnosis and contribute answers to embryological questions. *Am J Med Genet Part A* 135A: 237– 250.

Katz J et al.: Handbook of clinical audiology, 2007

Lewitt H: Digital hearing aids: a tutorial review. Journal of Rehabilitation Research and Development 24(4): 7-20. 2020

Litovsky RY, Parkinson A, Arcaroli J, Peters R, Lake J, Johnstone P, Yu G. Bilateral cochlear implants in adults and children. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 2004; 130:648-55.

Mata-Rivera MC, et al. Adaptación binaural-bimodal en pacientes implantados. Rev Invest Clin 2014; 66 (3): 240-246

Med-el (nd) Impianto cocleare bilaterale. Disponibile on-line all'indirizzo: <https://www.yumpu.com/it/document/read/3432256/impianto-cocleare-bilaterale-med-el>.

Mueller HG, Bentler RA. Fitting hearing aids using clinical measures of loudness discomfort levels: an evidence based review of effectiveness. J Am Acad Audiol, 2005;

Naples JG, Ruckenstein MJ. Cochlear Implant. Otolaryngol Clin North Am. 2020 Feb;53(1):87-102. doi: 10.1016/j.otc.2019.09.004. Epub 2019 Oct 31. PMID: 31677740.

Newman CW, Sandridge SA, Jacobson GP. Psychometric adequacy of the tinnitus handicap inventory (THI) for evaluating treatment outcome. J Am Acad Audiol. 1998

Richard T Ramsden (2013) History of cochlear implantation, Cochlear Implants International, 14:sup4, 3-5, DOI: 10.1179/1467010013Z.000000000140.

Richard T. Miyamoto , MD, MS, Indiana University School of Medicine, 2022
S. Barozzi AC. Manuale di audiologia; 1995.

Sheehan PZ, Hans PS. UK and Ireland experience of bone anchored hearing aids (BAHA) in individuals with Down syndrome. Int J Pediatr Otorhinolaryngol 2006.

Singh V, Abinashi AA, Kumar R, Chaudhary AK. Standardisation of Tinnitus Handicap Inventory in Hindi. Indian J Otolaryngol Head Neck Surg. 2019

Staab W. The Origins of Bone Conduction Hearing. 2012
<http://hearinghealthmatters.org/waynesworld/2012/the-origins-of-bone-conduction-hearing/>

Stenfelt S, Goode RL. Bone-conducted sound: physiological and clinical aspects. *Otol Neurotol* 2005; 26(6): 1245-61.

Susan Standring, *Anatomia del Gray*, volume I, Milano, Elsevier, 2009
World Health Organization. Deafness and hearing loss. 2015.
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/en/>.

RINGRAZIAMENTI

In primis, un ringraziamento speciale al mio relatore, nonché coordinatore del corso di studi, Fermino Morello, per la sua pazienza, la sua disponibilità e per il suo tempo che mi ha sempre messo a disposizione in questi tre anni di corso e, soprattutto, in questo momento fondamentale del mio percorso di studi.

Un ringraziamento speciale va anche al mio correlatore Maria Consolazione Guarnaccia per i suoi consigli chiave che mi ha gentilmente suggerito, per le conoscenze che mi ha trasmesso, per essere sempre stata disponibile e avermi aiutato ad apportare le giuste modifiche per il compimento del mio elaborato.

Un sentito grazie va, inoltre, a tutti i professori che hanno spronato me ed i miei compagni a dare sempre il massimo in questi tre anni accademici e con essi anche l'Università che ha sempre fatto il possibile per soddisfare ogni nostra esigenza.

Vorrei inoltre ringraziare il reparto di Otorinolaringoiatria dell'Azienda Ospedaliero – Universitaria di Modena, per tutti gli insegnamenti che mi hanno dato, per avermi sempre accolto a braccia aperte e per la pazienza che hanno dimostrato in questi tre anni di tirocinio.

Ringrazio tutti i miei compagni di università che mi hanno permesso di affrontare questo percorso nel migliore dei modi, condividendo dei ricordi indimenticabili, per avermi sempre aiutato e supportato nel momento del bisogno, facendo diventare questo percorso universitario speciale.

Ringrazio tutti i miei amici per essermi sempre stati accanto, per avermi permesso di alternare lo studio con i momenti di svago, per le serate passate insieme, per tutti i viaggi che abbiamo affrontato, per le esperienze vissute, per avermi incitato ogni volta a dare il massimo e avermi permesso quindi di compiere questi anni con la giusta tranquillità e con la giusta dedizione e mentalità.

Grazie alla mia migliore amica Margherita per avermi sempre aiutato e per essermi stata accanto nel mio percorso di studi, per avermi sempre dato una mano ad affrontare le difficoltà scolastiche ed essermi stata di aiuto e supporto anche in questa fase del mio percorso Universitario.

Un grazie speciale va soprattutto ai miei genitori, Mary e Marco, e mia sorella, Giada, per avermi sempre supportato e incoraggiato ogni volta a fare del mio meglio, per esserci sempre stati nei miei momenti di difficoltà, per appoggiare sempre tutte le mie scelte e non ostacolare mai i miei sogni e le mie ambizioni; vi ringrazio soprattutto per avermi insegnato e trasmesso tutti i valori che mi hanno fatto crescere e diventare la persona che sono tutt'oggi. Questo traguardo è sicuramente anche merito loro.

Infine, ma non per meno importanza, voglio ringraziare la mia famiglia: i miei nonni, i miei zii e le mie zie etc... per avermi sempre dimostrato il loro affetto e l'amore che provano, per essere sempre al mio fianco in tutte le scelte e decisioni che prendo e per il loro appoggio, che mi trasmettono attraverso la grinta e la voglia di lottare, che mi aiuta ad affrontare sempre nuove sfide e battaglie.