



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Neuroscienze - DNS

Corso di Laurea in Tecniche Audioprotesiche

Presidente Prof. Gino Marioni

**DEPRIVAZIONE Uditiva:
CORRELAZIONE TRA PRESBIACUSIA E DECLINO
COGNITIVO**

Relatore:
Prof. Alessandro Rinaldo

Laureanda:
Francesca Demartini

ANNO ACCADEMICO 2023/2024



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Neuroscienze - DNS

Corso di Laurea in Tecniche Audioprotesiche

Presidente Prof. Gino Marioni

**HEARING LOSS:
CORRELATION BETWEEN PRESBYACUSIS AND
COGNITIVE FUNCTION**

Relatore:
Prof. Alessandro Rinaldo

Laureanda:
Francesca Demartini

ANNO ACCADEMICO 2023/2024

ABSTRACT

Numerosi studi descrivono l'andamento demografico dell'Italia e sottolineano quanto il nostro paese stia vivendo un progressivo invecchiamento.

Parliamo di un'involuzione che coinvolge nel suo complesso un progressivo rallentamento di tutto l'organismo e che tratteremo nello specifico sotto l'aspetto uditivo e cognitivo.

L'obiettivo di questo elaborato è quello di analizzare le alterazioni anatomiche e funzionali a livello cerebrale che avvengono con il decorso fisiologico del corpo.

Porre l'attenzione sul concetto di presbiacusia e sottolineare il fatto che non si tratta semplicemente di una sordità dettata dall'invecchiamento del corpo, ma può differenziarsi in diverse tipologie che hanno conseguenze differenti soprattutto per l'intellezione e la discriminazione del parlato.

Le capacità di comprensione vedremo avere un ruolo fondamentale per la socializzazione, per evitare casi di isolamento e depressione ma soprattutto, una buona discriminazione vocale è un fattore indispensabile per la protesizzazione e per poter ottenere dei buoni risultati con l'utilizzo degli apparecchi acustici.

Tratteremo poi di quattro possibili relazioni che intercorrono tra presbiacusia e declino cognitivo, analizzando studi che sono stati condotti in tutto il mondo al fine di comprendere se realmente esiste una correlazione tra queste due patologie e, nel caso di esito positivo, quanto, il trattamento dell'ipoacusia, possa essere un fattore preventivo.

Infine, valutare, esaminando due diversi casi, se l'utilizzo degli apparecchi acustici o dell'impianto cocleare può rallentare o diminuire l'incidenza di demenza in soggetti presbiacusici.

INDICE

1. Introduzione	5
1.1. Invecchiamento e modifiche demografiche	5
1.2. Diversi tipi di presbiacusia	7
2. Alterazioni cerebrali	9
2.1. Tipo anatomiche	9
2.2. Tipo funzionali	11
3. Ipotesi di cause di correlazione tra presbiacusia e declino cognitivo	13
3.1. Causa di carico cognitivo	14
3.2. Causa comune	16
3.3. Causa di ipoacusia a cascata	17
3.4 Causa dello squilibrio redox	19
4. Analisi di studi con soggetti trattati con apparecchi acustici o impianti cocleari	21
4.1. Studio Tokyo - soggetti trattati con apparecchi acustici	21
4.2. Studio Padova - soggetti trattati con apparecchi acustici e impianto cocleare	27
5. Conclusioni	33
6. Bibliografia/Sitografia	35
7. Ringraziamenti	37

1. INTRODUZIONE

1.1 *Invecchiamento e modifiche demografiche*

Entro il 2050 la proporzione di anziani andrà a raddoppiare, passando dall'11% al 22% della popolazione.

Ad oggi siamo uno dei paesi più vecchio del mondo dopo il Giappone, e inoltre siamo il primo continente europeo in termini di anzianità, seguito da Germania e Portogallo. I dati ci dimostrano che il Italia, infatti, il 21,4% dei cittadini ha più di 65 anni e il 6,4% ha più di 80 anni.¹

Il rapporto ISTAT 2023 designa un andamento demografico che si caratterizza per un continuo calo del numero di nascite all'anno, arrivando nel 2022, per la prima volta nella storia del nostro paese, al di sotto di 400 mila nascite con un parallelismo di decessi pari a 713 individui.²

Altro dato interessante è che in termini di longevità l'età media della popolazione è salita di circa 1 anno di vita in più tra il 2020 e l'inizio del 2023.

Dato significativo: gli over 65 rappresentano quasi un quarto della popolazione totale. I residenti tra i 15 e i 64 anni scendono al 63,4% e i bambini e ragazzi fino a 14 anni al 12,5%.

Nei dettagli i valori che vengono riportati sono che da inizio 2023 il numero di italiani con più di cento anni superano di 2 mila unità il 2022.

La previsione è che nel 2041 gli ultraottantenni supereranno i 6 milioni e gli ultranovantenni saranno circa 1,4 milioni.

¹ OMS Organizzazione Mondiale della Sanità – 12 ottobre 2017

² Rapporto Istat 2023 "Una popolazione sempre più anziana" di Ilaria Romano – 13 luglio 2023

I dati riguardanti l'aumento della speranza di vita e il progressivo crescendo di over 65 deve accendere un riflettore sull'ambito sanitario.

Le patologie che più caratterizzeranno i prossimi anni non saranno più quelle infettive e carenziali, ma si passerà ad un crescente aumento di patologie croniche e degenerative.

Infatti, nei Paesi più ricchi, il maggior carico di malattia, riferisce il GBD "global burden of disease", è da attribuire alle patologie cardio e cerebrovascolari e ai disturbi neuropsichiatrici, tra cui la depressione, la malattia di Alzheimer e le altre forme di demenza.

Prima di affrontare il concetto di presbiacusia dobbiamo ricordare che in generale l'invecchiamento è un processo multifattoriale definito da un declino delle capacità funzionali e da un aumento di comorbidità, che sono diverse e differenti in base all'età e al decorso della vita di ogni individuo.

L'idea di anzianità è cambiata; ogni individuo ha una visione dell'anzianità diversa e questa dipende dallo stile di vita di ognuno di noi, dalla perdita o meno di cari al nostro fianco e dalla presenza o meno di malattie e quindi di benessere fisico generale oltre che relazionale.

Per questo motivo, uno degli indicatori più utilizzati per misurare il benessere e lo stato di salute della popolazione è l'aspettativa di vita libera da disabilità DFLE "disability free life expectancy".

L'obiettivo principale è il mantenimento dell'autosufficienza e della qualità della vita dell'anziano.

Lo strumento che dobbiamo promuovere sempre con più forza è quello della prevenzione, con lo scopo di ridurre i principali fattori di rischio o poter intervenire tempestivamente per favorire l'integrazione di ogni singola persona nella propria sfera sociale.

Tale orientamento è stato condiviso dall'Unione Europea e dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.

Per Presbiacusia si intende una riduzione della capacità uditiva correlata all'invecchiamento e si stima che dopo i 65 anni colpisca una persona su tre e dopo gli 85 anni ben due persone su tre.³

1.2 Diversi tipi di presbiacusia

La presbiacusia è una patologia multifattoriale caratterizzata, non solo da una perdita uditiva neurosensoriale, bilaterale e simmetrica che colpisce soprattutto le frequenze acute, ma anche da un rallentamento dell'elaborazione centrale dello stimolo sonoro, da una difficoltà di localizzazione delle fonti sonore e soprattutto da una marcata difficoltà nella comprensione di una conversazione, specialmente in ambiente rumoroso.

Molti ricercatori hanno studiato le cause di questa malattia. Crowe e collaboratori, Saxen, Gacek e Schuknecht hanno studiato i cambiamenti istologici nelle coclee di orecchie umane con presbiacusia e hanno identificato i quattro siti di invecchiamento nella coclea e suddiviso la presbiacusia in quattro tipi sulla base di questi siti: ⁴

- ❖ sensoriale: degenerazione delle cellule ciliate esterne ed interne alla coclea, l'atrofia ha origine nell'estremità basale progredisce fino all'apice
- ❖ neurale: è caratterizzata dall'atrofia delle cellule del ganglio spirale, i primi neuroni nel percorso neurale dell'orecchio al cervello.
- ❖ metabolico: chiamata anche atrofia striale è caratterizzato dall'atrofia della stria vascularis. La degenerazione di questa struttura diminuisce il potenziale endococleare compromettendo

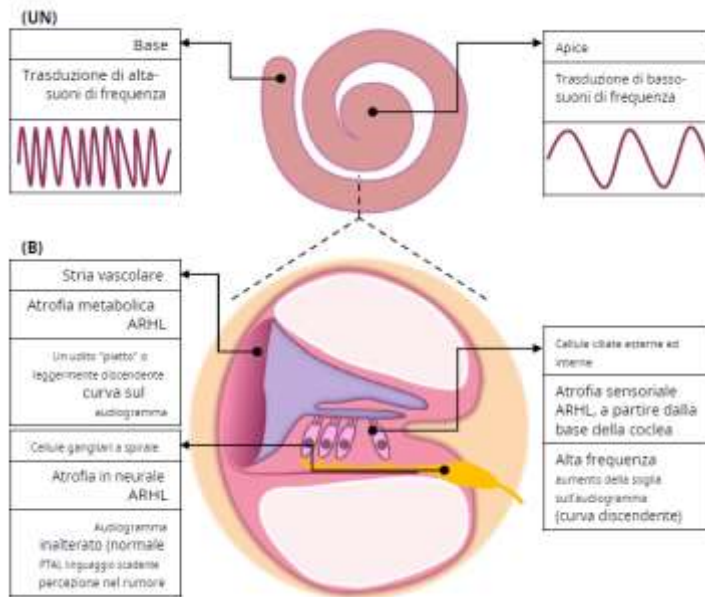
³ Silvano Prosser; Alessandro Martini, novembre 2020 "Argomenti di Audiologia", Omega Edizioni

⁴ Schuknecht, HF, Watanuki K, Takahashi T, et Al Atrophy of the stria vascularis, a common cause for hearing loss. *Laryngoscope* 1974; 84: 1777-821.

The effect of Age-Related Hearing Loss on the Brain and Cognitive Function Kate Slade
Christopher J. Plack and Helen E. Nuttall.

l'amplificatore cocleare che è necessario per la percezione dei suoni ad alta frequenza.

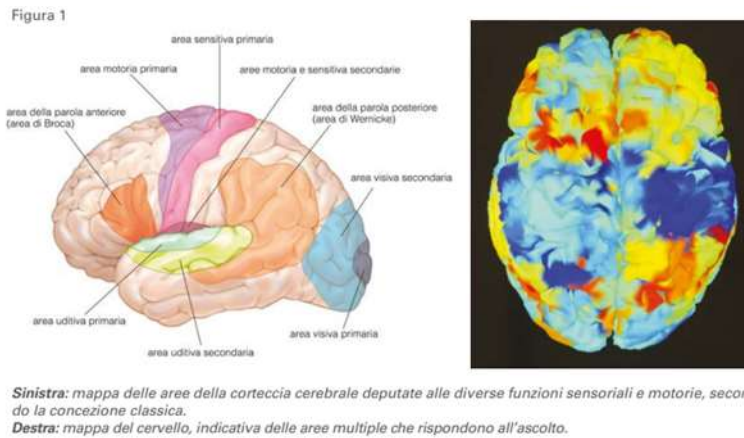
- ❖ conduttivo cocleare: rigidità della membrana basilare.



Numerosi studi hanno evidenziato di come la presbiacusia sia spesso correlata a una maggiore probabilità di sviluppare patologie cognitive, con la riduzione delle funzioni cognitive rendendo più difficoltosa la comprensione del parlato.

Uno studio di Lorenzini Foundation intitolato "*Cervello in ascolto*" ci parla dello stretto legame tra udito e abilità cognitive ci sottolinea come la stimolazione acustica accenda moltissime aree del cervello.

2. ALTERAZIONI CEREBRALI



2.1 Tipo anatomico

È importante ricordare che il processo di invecchiamento coinvolge e colpisce più strutture tra cui:

- ❖ riduzione del volume cerebrale
- ❖ riduzione dell'efficienza dei neurotrasmettitori
- ❖ riduzione della memoria a breve termine e la memoria di lavoro
- ❖ riduzione della capacità di attenzione selettiva
- ❖ alterazioni sinaptiche o dei circuiti neurali
- ❖ riorganizzazione delle mappe sensoriali ⁵.

⁵ Silvano Prosser; Alessandro Martini, novembre 2020 "Argomenti di Audiologia", Omega Edizioni

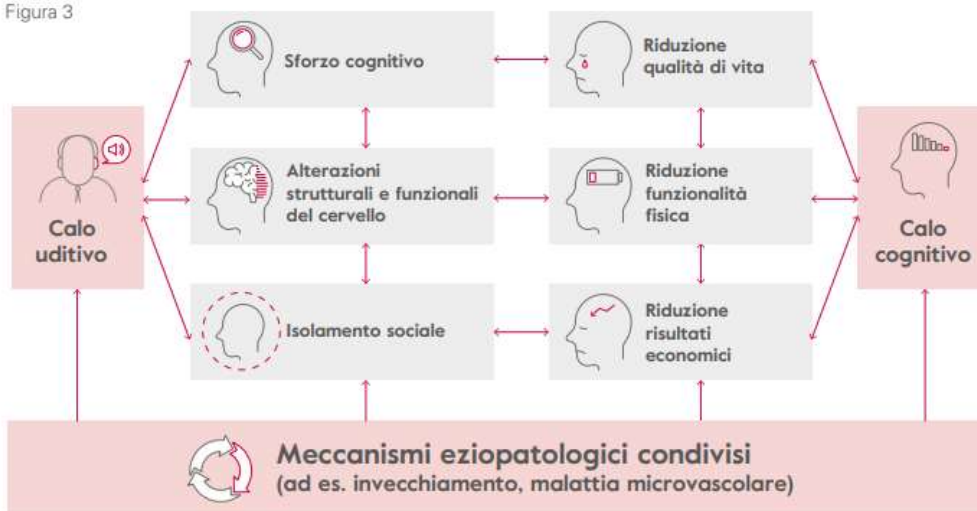
Se l'invecchiamento è già un fattore consistente di atrofia e rallentamento generale delle funzioni cerebrali, lo studio "Il cervello in ascolto" vuole porre una lente di ingrandimento sulla importanza che l'informazione sonora ha su vaste aree del cervello.

Se l'udito è un elemento importante nella stimolazione di determinate aree del cervello, che cosa accade al cervello quando l'udito cala?

L'ipoacusia aumenta l'impegno e la concentrazione necessari fornendo al cervello un messaggio sonoro degradato, che distraggono la focalizzazione e attenzione dalla fonte sonora riducendone l'apprendimento; l'unione di tutti questi fattori porta ad un sovraccarico cognitivo, ad un vero e proprio affaticamento del cervello che si trova così costretto a dover recuperare risorse dedicate ad altri compiti per dedicarsi maggiormente all'ascolto.

Oltre a questo, l'abbandono della sfera sociale potrebbe essere uno dei fattori di rischio che alimenterebbero il legame tra perdita uditiva e alterazioni cerebrali; difficoltà nella comprensione e quindi nel dialogo possono favorire la solitudine.

Figura 3



Il complesso circolo vizioso che porta alla perdita dell'udito e al decadimento cognitivo.

Gli studi vogliono porre l'attenzione sul fatto che l'invecchiamento può avere un impatto sui processi uditivi sopra-soglia, inclusa la codifica temporale; con l'aggiunta della demielinizzazione correlata all'età e una riduzione dell'inibizione neurale.

2.2 Tipo funzionale

L'ABR è un esame che può andare ad indagare sull'effettiva funzione neurale del tronco cerebrale, evidenziando come l'ampiezza delle onde ABR sono ridotte negli ascoltatori più anziani.

Dimostrazioni scientifiche evidenziano che gli anziani con perdita dell'udito mostrano cambiamenti nella corteccia uditiva primaria.

Esistono però studi e pareri contrastanti sull'effettiva modificazione anatomica di volume in soggetti affetti da presbiacusia rispetto a normo udenti.

Un articolo di CellPres Reviews riporta questi pareri contrastanti citando sia studi che forniscono prove a sostegno di una differenza di volume del cervello tra gli anziani con presbiacusia e quelli con soglia nella norma, specialmente nel lobo temporale destro;⁶ sia studi che negano un'effettiva correlazione clinicamente significativa a tale proposito.⁷

L'ipotesi più vagliata ad oggi è che esista una correlazione tra le due ma che si verifichi e si possa quindi rendere evidente solo dopo un determinato periodo di tempo dall'inizio del calo.

⁶ Lin. F. R. et al. (2014) Association of hearing impairment with brain volume changes in older adults, *Neuroimage* 90, 84-92.

⁷ Eckert, M. A. et al. (2019) Age-related hearing loss associations with changes in brain morphology. *Trend Hear* 23, 1-14.

Se analizziamo invece eventuali modifiche funzionali, gli studi con risonanza magnetica funzionale sono stati condotti mettendo a confronto anziani presbiacusici rispetto a giovani adulti con soglie di tono puro normali.

Gli anziani con innalzamento della soglia del tono puro hanno mostrato una maggiore attivazione in risposta al rumore rosa, in particolare nell'emisfero destro, rispetto agli anziani con soglie audiometriche normali.⁸ Tuttavia, non ci sono state differenze significative nell'attivazione.

⁸ Profant, O. et al. (2015) *Functional changes in the human auditory cortex in ageing*. *Plos One* 10.

3. IPOTESI DI CAUSE DI CORRELAZIONE TRA PRESBIACUSIA E DECLINO COGNITIVO

Abbiamo parlato di presbiacusia e abbiamo citato alcuni meccanismi di modifica che la corteccia e il cervello possono subire con l'invecchiamento del corpo e con l'aggravante di un calo dell'udito.

L'obiettivo di questo elaborato è analizzare se effettivamente esiste un nesso di causa tra presbiacusia e declino cognitivo e quale potrebbe essere la causa o le cause che legano questi due fattori.

Loughrey⁹ ha esaminato i risultati di 36 studi clinici con circa 20.000 partecipanti e ha stimato l'associazione tra ARHL e funzione cognitiva, deterioramento cognitivo e demenza.

È stata trovata una correlazione statisticamente significativa per il deterioramento cognitivo e demenza del 95% e una piccola associazione tra ARHL e sette domini cognitivi, come la memoria e la velocità di elaborazione.

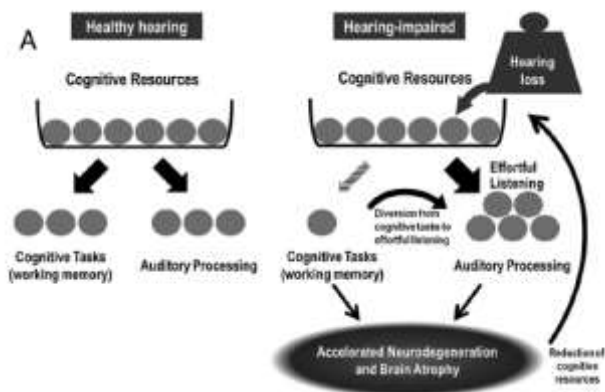
La Lancet Commission ha scoperto che la perdita dell'udito di mezza età, se eliminata, potrebbe ridurre il rischio di demenza del nove per cento.

I meccanismi sottostanti che portano alla connessione tra i due non sono ben compresi però; introduciamo infatti varie ipotesi che collegano la perdita dell'udito con il declino cognitivo e la demenza.

⁹ Thomson RS, Auduong P., Miller AT., Gurgel RK. Hearing loss as a risk factor for dementia: a systematic review. *Laryngoscope Invest Otolaryngol* 2017; 2(2): 69-79.

3.1 Causa di carico cognitivo

Ipotesi del carico cognitivo, teoria che è stata sviluppata nel 1998 dallo psicologo John Sweller.



Sweller, a New York, elabora questa teoria nella psicologia dell'educazione e la applica poi negli anni successivi alla sfera uditiva.

L'idea di base nella sfera educativa è la “*Teoria del carico cognitivo*”, ovvero, nell'istruzione se un compito di apprendimento richiede troppa capacità, l'apprendimento sarà ostacolato perché la nostra capacità cognitiva nella memoria di lavoro è limitata.

Per un individuo con perdita dell'udito, lo sforzo di ascolto, quindi tutte quelle funzioni attive di concentrazione e di attenzione necessarie per comprendere il parlato, devono essere sempre presenti.

Un'ipoacusia porta ad avere segnali uditivi degradati, necessitando quindi di maggiori risorse cognitive per l'elaborazione, togliendo attenzione da altri

compiti cognitivi per aiutarci all'ascolto faticoso, con conseguente esaurimento o riduzione della riserva cognitiva.

Viene riportato una revisione condotta da Ohlenforst et al¹⁰ con 41 studi selezionati tra più di 7000 in cui gli autori hanno concluso che i risultati hanno indicato che studi sullo sforzo di ascolto mancano di coerenza e standardizzazione e quindi hanno un potere statistico insufficiente. Solo i risultati del test statistico dei segni sull'esito delle risposte elettroencefalografiche (EEG) agli stimoli acustici come valutazione dello sforzo di ascolto, hanno indicato che gli ascoltatori con problemi di udito mostrano uno sforzo di ascolto maggiore rispetto ai normo udenti.

¹⁰ Ohlenforst B., Zekyld AA., Jansma EP., Wang Y., Naylor G., Lorens A., et al. *Effect of hearing impairment and hearing aid amplification on listening effort; a systematic review. Ear Hear* 2017; 38(3): 267-81.

3.2 Causa comune

La seconda è l'idea di “*causa comune*”, che ipotizza l'esistenza di un fattore unico che accomuni sia la presbiacusia che il declino cognitivo, che sono accumulati da un processo neurodegenerativo.



Both hearing loss and cognitive impairment are the result of a common neurodegenerative process in the aging brain. In this mechanism, one does not cause the other.

Nello sviluppo di ARHL, vari cambiamenti funzionali e strutturali si verificano sia a livello periferico che centrale, inclusa la degenerazione della stria vascolare, la perdita delle cellule ciliate, i neuroni afferenti primari e alterazioni delle vie uditive centrali.¹¹

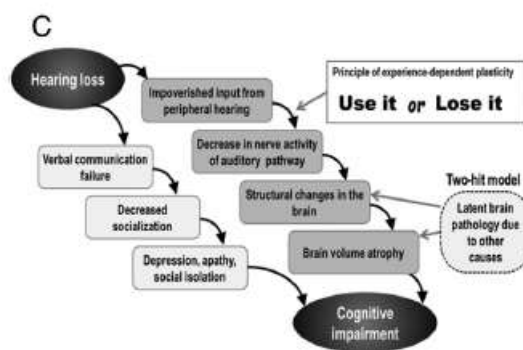
Sia l'ARHL che la demenza sono patologie multifattoriali e i fattori di rischio variano e coesistono; come fattori di rischio vascolari, ad esempio l'aterosclerosi, il fumo e il diabete hanno impatto sia sull'udito che sulla cognizione.

¹¹ Tavanai E., Mohammadkhani G., Role of antioxidants in prevention of age-related hearing loss: a review of literature. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2017;274(4): 1821-34.

In questa ipotesi, si pensa che la perdita dell'udito si verifichi contemporaneamente al deterioramento cognitivo come risultato di una causa neuropatologica; pertanto, in realtà, non esiste alcuna direzione di causalità, senza che né la perdita dell'udito né il deterioramento cognitivo causino l'altro.

3.3 Causa di ipoacusia e cascata

La terza ipotesi riportata è la reazione a cascata.



The detriments related to hearing loss can cascade directly or indirectly, leading to cognitive impairment.

L'udito periferico aggravato influisce direttamente sulla struttura del cervello attraverso input sensoriali impoveriti.

Studi sull'uomo hanno dimostrato che l'ARHL è associato a un volume cerebrale più piccolo e che la compromissione dell'udito causa tassi accelerati di atrofia cerebrale.^{12,13}

¹² Ferrucci L., An Y., Goh JO., Doshi J., Metter EJ. Association of hearing impairment with brain volume changes in older adults. *Neuroimage* 2014;90: 84-92.

¹³ Peelle JE., Troiani V., Grossman M., Wingfield A. Hearing loss in older adults affect neural system supporting speech comprehension. *J. Neurosci* 2011;31(35): 12638-21643.

Studi paralleli hanno rilevato che persone anziane con ipoacusia hanno volumi ridotti nella corteccia uditiva primaria e/o nel volume totale del cervello.

Peelle ha condotto due studi: uno di risonanza magnetica funzionale, che esamina gli effetti della capacità uditiva sull'attività neurale, e uno di morfometria che esamina la relazione tra capacità uditiva e volume cerebrale corticale.

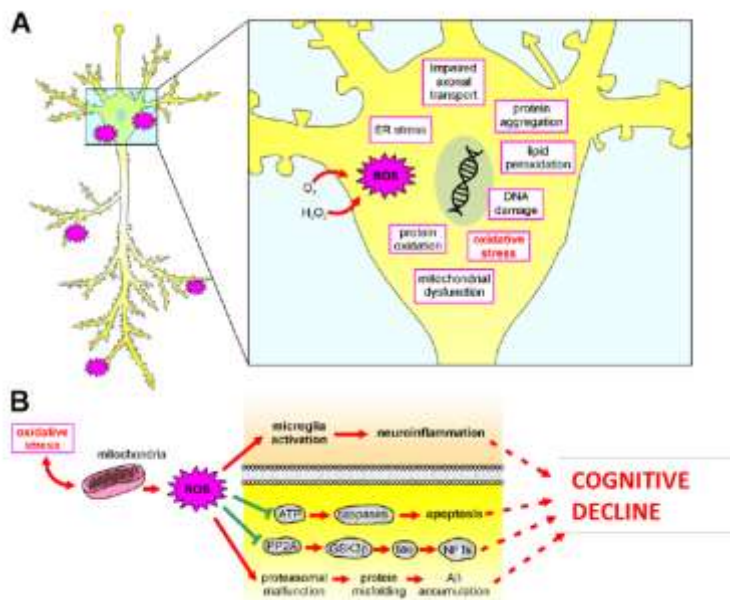
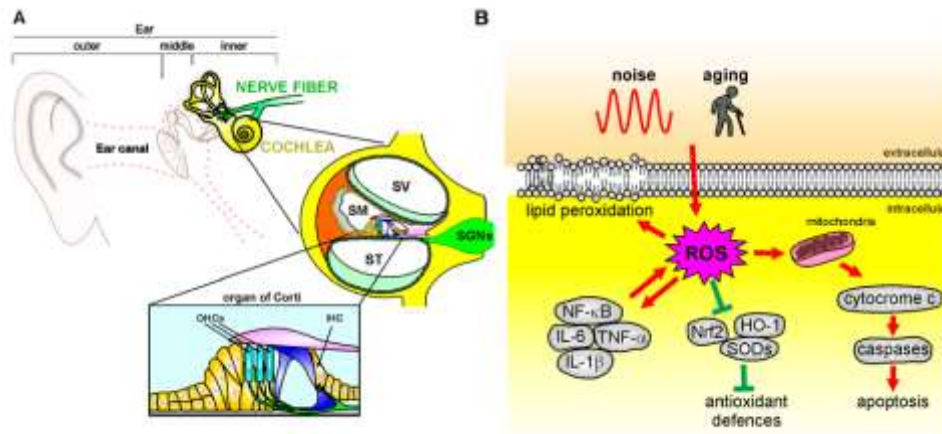
I risultati riportano che esiste una relazione lineare significativa tra la capacità uditiva e il volume della materia grigia nella corteccia uditiva primaria e l'alterazione di volume ha implicazioni sulle risorse che servono per funzioni cognitive.

Inoltre, il cervello ha la capacità di modificarsi in risposta agli stimoli ambientali e all'apprendimento, questo vuol dire che, se determinate capacità non vengono usate ma rimangono inattive si può arrivare a perdere quelle determinate capacità.

La conclusione è che si ritenga plausibile che il deterioramento dell'udito periferico negli anziani svolga un ruolo causale nella riduzione del volume della materia grigia.

3.4 Causa dello squilibrio Redox

L'ultima ipotesi che trattiamo è quella dello squilibrio Redox.



Si tratta di un danno ossidativo che ha come conseguenza l'impoverimento del sistema antiossidante endogeno.

Lo stress ossidativo è una causa nota di perdita dell'udito.¹⁴ Inoltre è una caratteristica comune di diversi disturbi neurovegetativi.

È un fattore che condiziona quindi sia le cellule cocleari che i neuroni del sistema nervoso centrale.

Quando parliamo di stress ossidativo identifichiamo uno *squilibrio redox* tra la produzione di ossidanti e l'attività del sistema di difesa antiossidante.

In condizioni fisiologiche il mantenimento di un equilibrio redox garantisce un adeguato livello di ROS (molecole a base di ossigeno) intracellulare, quando le concentrazioni di tali molecole aumentano, superando la capacità dell'antiossidante di mantenere l'equilibrio, queste molecole diventano tossiche, portando allo stress ossidativo.

A questo punto bisogna specificare che le cellule ciliate sono particolarmente vulnerabili ai danni causati dai ROS, facendolo diventare quindi nucleo patogeno di perdita uditiva.

Essendo lo stress ossidativo un fattore patogeno anche di malattie neurodegenerative, può essere ritenuto causa comune di queste due diverse patologie.

¹⁴ Henderson D., Bielefeld E.C., Harris K.C., Hu B.H. *The Role of Oxidative Stress in Noise-Induced Hearing Loss. Ear Hear* 2006, 27: 1-19.
Fetoni A.R., Paciello F., Rolesi R., Pauletti G., Troiani D. *Targeting Dysregulation of Redox Homeostasis in Noise-Induced Hearing Loss: Oxidative stress and ROS signaling free radic; Bio Med* 2019, 135: 46-59.

4. ANALISI DI STUDI CON SOGGETTI TRATTATI CON APPARECCHI ACUSTICI O IMPIANTO COCLEARE

Analizziamo adesso nello specifico due diversi casi di studi che sono stati condotti su soggetti presbiacusici che utilizzano impianto cocleare o apparecchi acustici.

Lo scopo di queste indagini è quello di andare a capire se il trattamento del calo uditivo tramite presidi medici, può rallentare o modificare il decorso di un decadimento cognitivo che si sarebbe invece verificato, o manifestato più velocemente, in caso di mancanza della gestione del calo.

4.1 *Studio Tokyo – soggetti trattati con apparecchi acustici*

Il primo studio riportato è stato condotto a Tokyo in Giappone, in particolare dall'associazione medica Nishitokyo in due anni dal 2017 al 2018.¹⁵

L'obiettivo che riportano nell'introduzione del loro articolo è studiare se gli apparecchi acustici (HA) per problemi di udito possono ridurre il declino cognitivo negli anziani.

L'indagine comprendeva 1453 anziani con un'età inserita tra i 65 e 90 anni, in particolare nel 2017 sono stati indagati soggetti di 65, 70, 75 e 80 anni; mentre nel 2018 soggetti di età compresa tra gli 85 e 90 anni.

I soggetti coinvolti nello studio sono stati sottoposti ad una visita con il proprio medico di famiglia, sono stati sottoposti ad un test per la valutazione della funzione cognitiva MMSE e si sono consultati con un otorinolaringoiatra per

¹⁵ *Evaluation of the Association Between Hearing Aids and Reduced Cognitive Decline in Older Adults with Hearing Impairment*
Tetsuya G., Jun S., and Miwako S. Nishitokyo Medical Association, Nishitokyo City, Tokyo, Japan

la valutazione di soglia mediante toni puri e l' idoneità all' utilizzo dei presidi medici.

In base al punteggio dell' MMSE i candidati sono stati divisi in tre gruppi: punteggio normale, punteggio lievemente basso e punteggio basso.

I partecipanti hanno subito una classificazione in diversi gruppi anche in base all' esito dell' esame audiometrico mediante toni puri (PTA 500, 1000, 2000 e 4000 Hz): udito normale (<25 dB), lieve deficit uditivo (25-40 dB), danno uditivo moderato (40-70 dB) e grave deficit uditivi (>70 dB).

Nei soggetti con calo >40 dB è stata condotta anche un esame vocale, con lo scopo di valutare la discriminazione vocale. Gli apparecchi acustici sono stati raccomandati per ipoacusia con soglie superiori ai 40 dB.

I risultati riportati hanno mostrato che 1453 partecipanti di cui 556 uomini e 897 donne nel primo anno si sono sottoposti a MMSE e i risultati erano >28 punti per 979 partecipanti (67.4%), 24-27 punti per 371 partecipanti (25,5%) e <23 punti in 103 partecipanti (7,1%).

Successivamente in 1320 sono stati sottoposti al controllo otorinolaringoiatrico e sono stati sottoposti a test dell' udito con risultato medio di 31.4 / 15.4 dB.

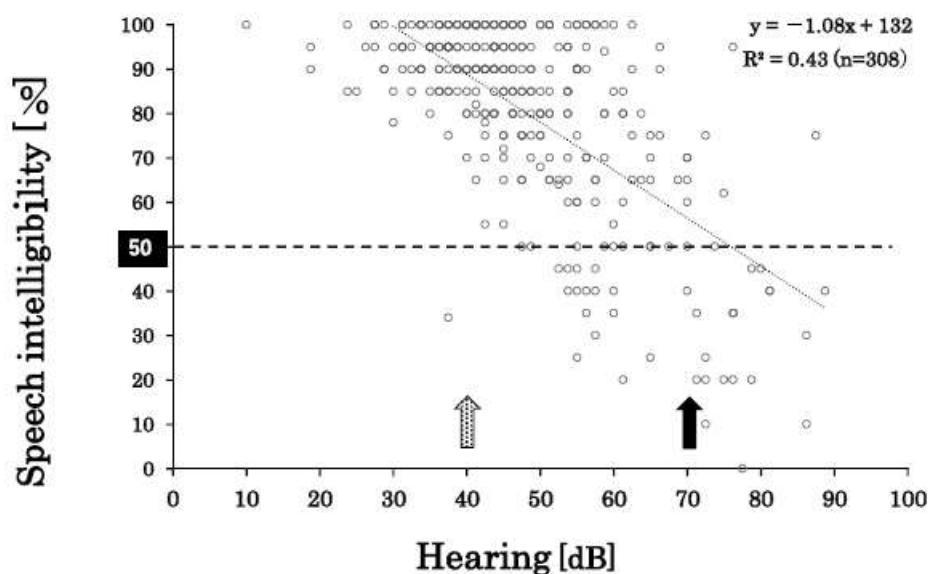
Viene riportato in tabella una correlazione tra età, udito e sesso.



I livelli uditivi medi aumentano gradualmente in entrambi i sessi ma, senza che l'età ne influenzi l'esito, gli uomini avevano soglie uditive più elevate rispetto alle donne.

I livelli medi per entrambi i sessi erano di 29.3 dB per la fascia di età 75-79 anni e di 42.6 dB per la fascia 85-89.

L'audiometria vocale è stata eseguita su 308 partecipanti.



L'intellegibilità del parlato tendeva diminuire all'aumentare della soglia uditiva.

69 partecipanti (98.6%) con deficit uditivo normale e lieve (soglia <40 dB) aveva un'intellegibilità del parlato superiore al 50%.

Tra i soggetti con deficit uditivo moderato (da 40 a 70 dB), 185 di essi (88.5) aveva un'intellegibilità del parlato superiore del 50%.

Solo otto dei partecipanti con grave deficit uditivo (>70 dB) avevano un'intellegibilità del parlato superiore al 50%.

Nel corso dei due anni di follow-up il numero dei partecipanti si è ridotto a causa di alcuni abbandoni.

Nel corso dello studio solo l'1,1% dei partecipanti con lieve deficit uditivo usava gli apparecchi acustici; il numero di utilizzatori è aumentato del 22% per coloro che avevano un deficit uditivo moderato e il 66,7% di coloro che avevano gravi problemi di udito.

Dopo due anni di studio condotto, l'attenzione principale si è focalizzata sui soggetti con deficit uditivo moderato (40-70 dB).

Ne è derivata un'analisi di regressione logistica: quando venivano usati gli apparecchi acustici il punteggio di MMSE diminuiva dopo un anno e si riduceva ulteriormente dopo due anni.

È stata quindi osservata una differenza statisticamente significativa nel ridurre il declino del punteggio MMSE quando i partecipanti utilizzavano apparecchi acustici.

I problemi che questo studio evidenzia, per cui ritengono di dover approfondire maggiormente l'indagine, sono il numero ridotto di persone ipoacusiche che realmente utilizzano gli apparecchi acustici; chi ha un calo lieve non ne sente realmente il bisogno perché hanno ancora una buona discriminazione vocale; molti altri, invece, che hanno un calo anche più grave, si vergognano e quindi non utilizzano comunque i presidi medici ma sottopongono l'udito ad uno sforzo maggiore di quello che dovrebbero sopportare.

Il secondo ostacolo di questo studio è l'intelligibilità del parlato. Se questo è basso scompare il vantaggio che gli apparecchi acustici possono offrire.

Infine, quando il MMSE viene utilizzato per valutare la funzione cognitiva in persone con problemi di udito, ottenere un punteggio basso non significa necessariamente che la funzione cognitiva sia compromessa questo perché i limiti uditivi possono influenzare la comunicazione durante il test e quindi influenzare il punteggio negativamente.

Le conclusioni di Sugiura et. sono che l'uso regolare di apparecchi acustici può avere un effetto protettivo sul deterioramento cognitivo per le persone con deficit uditivo moderato.

Altri ampi studi prospettici hanno riportato che gli apparecchi acustici possono essere associati alla riduzione dell'entità di declino cognitivo.

Il grosso scoglio è considerare che ci sono diversi meccanismi alla base dell'associazione tra deficit uditivo e declino cognitivo.

L'ipotesi di causa comune postula che le conseguenze dei comuni processi neurodegenerativi nel cervello invecchiato provochino danni sia all'udito che un danno cognitivo.

Pertanto, gli apparecchi acustici non possono ridurre il declino della funzione cognitiva anche se facilitano l'udito. Le persone con ipoacusia devono essere concentrate e attente per comprendere la conversazione.

L'idea di carico cognitivo sostiene che il deficit uditivo sfrutta un numero eccessivo di diverse risorse portando infine all'esaurimento delle riserve cognitive e quindi al declino. Tuttavia, questo non è sufficiente a spiegarne l'associazione.

Ci sono stati casi di anziani che per paura del Covid hanno interrotto rapporti e vita sociale portando così ad un declino delle loro condizioni fisiche e cognitive.

La mancanza di comunicazione verbale dovuta ad un deficit uditivo riduce ulteriormente il coinvolgimento sociale a causa dell'isolamento; l'input impoverito dall'udito periferico diminuisce l'attività del percorso uditivo, causando cambiamenti strutturali e infine l'atrofia del cervello.

Concludiamo dicendo che mantenere la comunicazione con gli altri e mantenere attivo il cervello è molto efficace nel sopprimere il declino cognitivo; tuttavia, non è ancora possibile dimostrare con assoluta certezza, con questo studio, la correlazione tra presbiacusia e declino cognitivo per fattori e circostanze che condizionano troppo lo studio. Bisognerebbe

ampliare il numero di partecipanti e standardizzarli anche per altre patologie.

L'unica conclusione che lo studio trae come veritiero è che l'uso di apparecchi acustici può aiutare a ridurre il declino dei punteggi MMSE negli anziani con deficit uditivo moderato; ciò suggerisce che gli apparecchi possono fornire benefici cognitivi, ma sicuramente necessitiamo di ulteriori studi prospettici.

4.2 Studio Padova – soggetti trattati con apparecchi acustici e impianto cocleare

Il secondo studio in oggetto è stato condotto a Padova da un gruppo esteso di dipartimenti.¹⁶

L'introduzione del loro articolo mette un riflettore sul fatto che il ripristino delle funzioni sensoriali tra gli anziani con problemi di udito può consentire significativi effetti positivi nel loro stato cognitivo.

La riabilitazione uditiva può migliorare e ripristinare le capacità percettive e uditive che sono essenziali per il linguaggio e il parlato.

Lo studio ha visto coinvolti un gruppo di pazienti audiolesi di età superiore ai 65 anni affetti da ipoacusia da lieve a profonda presi in esame tra il 2012 e il 2015.

Fatta una selezione rimane un gruppo di 125 soggetti di cui 105 erano pazienti con problemi di udito e 20 erano soggetti normo udenti.

I campioni selezionati sono stati sottoposti a un ampio controllo audiologico e ad una valutazione cognitiva che fornisce i risultati del test Digit Span (DST) che ci fornisce informazioni sulla valutazione della memoria a breve termine dello Stroop test color-word per le funzioni esecutive, della valutazione cognitiva di Montreal (MoCA) e della scala della depressione geriatrica (GDS) somministrati prima e dopo la riabilitazione.

I partecipanti sono stati suddivisi in sei gruppi in base alla configurazione dell'apparecchio acustico (bilaterale o monolaterale), dispositivi (HA, CI, o nessuno) e grado di perdita dell'udito.

¹⁶ *Aging, Cognitive Decline and Hearing Loss: Effect of Auditory Rehabilitation and Training with Hearing Aids and Cochlear Implants on Cognitive Function and Depression among Older Adults* Alessandro Castiglione, Alice Benatti, Carmelita Velardita, Diego Favaro, Elisa Padoan, Daniele Severi, Michela Pagliaro, Roberto Bovo, Antonino Vallesi, Carlo Gabelli, Alessandro Martini. Department of Neurosciences and Complex Operative Unit of Otolaryngology, University Hospital of Padua, Department of Neurosciences and Center for Cognitive Neurosciences, University of Padua, and Regional Center for the Study and Treatment of the Aging Brain, Department of Internal Medicine, University of Padua, Padua, Italy.

Gruppo	N	Età, anni	Maschi/ femmine	Intervalli di raccolta dei dati	
				riabilitazione	follow-up/test
UN	30	> 65 (intervallo 70-80; mediana 74)	15/15	Utilizzatori di HA bilaterale da 1 mese (ipoacusia da moderata a grave)	Prima del montaggio e dopo 1 mese/ DST, con e senza HA
B	30	> 65 (intervallo 70-80; mediana 74)	21/9	Utilizzatori esperti di HA bilaterale >6 mesi (ipoacusia da moderata a grave)	Stessa sessione/ora legale e test Stroop, con e senza HA
C	15	> 65 (intervallo 65-89; mediana 76)	10/5	Utilizzatori esperti di HA unilaterale, da >1 a 2 anni (perdita dell'udito da moderata a grave)	Trasversale/MoCA, GDS
D	15	> 65 (intervallo 67-85; mediana 75)	9/6	Nessun trattamento (perdita dell'udito da lieve a moderata)	Trasversale/MoCA, GDS
E	15	> 65 (intervallo 65-75; mediana 71)	8/7	Utenti di CI, >1 anno (profonda perdita dell'udito)	Prima e 1 anno dopo l'impianto/MoCA, GDS
F (controllo gruppo)	20	> 65 (intervallo 65-80; mediana 70)	9/11	Udito normale	MoCA, GDS
Totale	125	> 65 (intervallo 65-89; mediana 74)	72/53	Ipoacusia neurosensoriale da lieve a profonda (con o senza HA o CI)	Da 1 mese a 1 anno/MoCA, GDS, DST, Stroop color-word test e valutazione audiologica

n = Numero di soggetti; DST = test Digit Span; MoCA = Valutazione cognitiva di Montreal; GDS = Scala della depressione geriatrica.

Il gruppo A (UN) ha rilevato un miglioramento significativo per il DST (test della memoria a breve termine) dopo 1 mese di training uditivo con protesizzazione bilaterale (HA) rispetto a prima della riabilitazione uditiva.

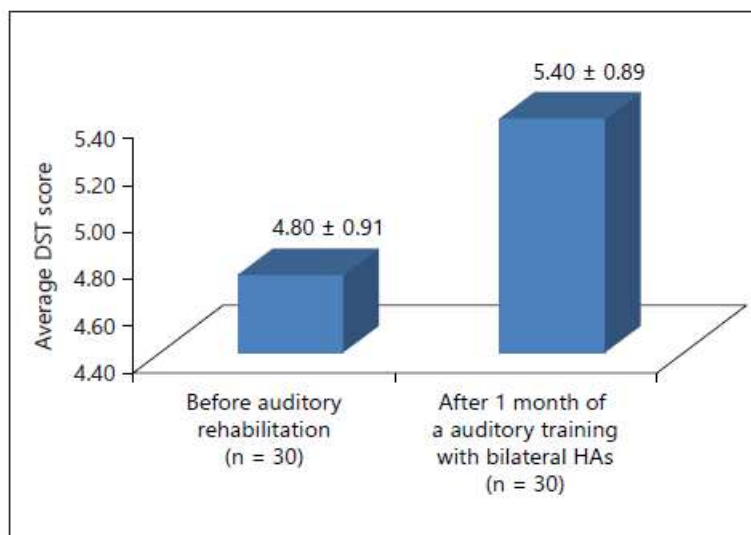


Fig. 1. DST for group A, before and after short-term bilateral HA use (1 month). A significant improvement after auditory rehabilitation is observed ($p < 0.05$).

Il gruppo B, utilizzatori di apparecchi acustici bilateralmente per un periodo più duraturo, ha dimostrato un miglioramento significativo rispetto al DST confrontando le condizioni con e senza aiuto. Non ha rilevato però una differenza statisticamente significativa tramite il Test di Stroop (fig.2); tuttavia è stata osservata una tendenza a prestazioni migliori con HA, nonché tempi di risposta leggermente più brevi.

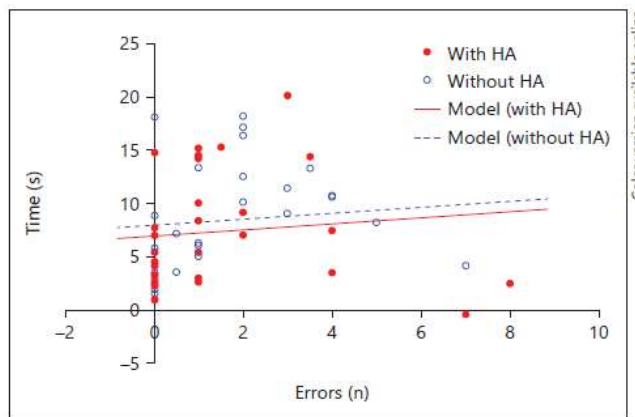


Fig. 2. Stroop test for long-term bilateral HA users, group B, in aided and unaided listening conditions measured in the same session. Scatterplots display results with HA (solid circle) and without HA (open circle) showing the correlation for response time versus errors ($R^2 = 0.019$). Regression lines are shown for each listening condition. No statistically significant difference between the listening conditions is observed.

Tra i pazienti invece sottoposti a impianto cocleare (gruppo E), la riabilitazione ha dato un effetto positivo sulle prestazioni cognitive e la riduzione del livello di depressione dopo 1 anno di esperienza (fig.3); i pazienti del gruppo E hanno inoltre dimostrato miglioramenti significativi nei compiti di riconoscimento vocale e nelle soglie assistite.

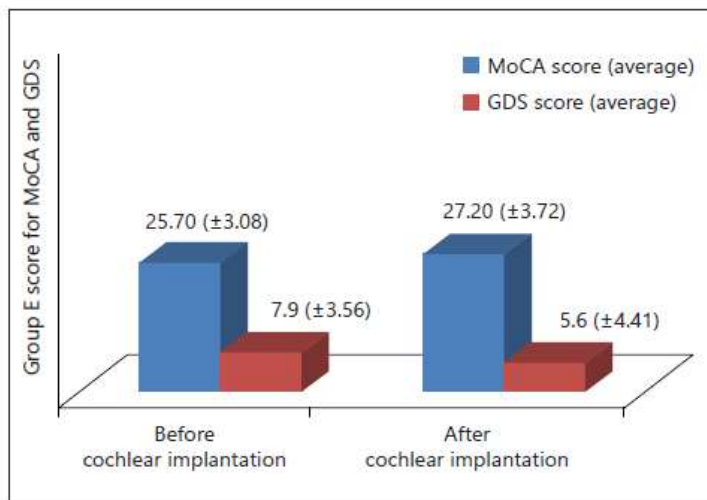


Fig. 3. GDS and MoCA test scores for the implanted patients in group E, before and 1 year after implantation. A statistically significant improvement is observed for each measure after implantation ($p < 0.01$).

Sono significativi inoltre, i miglioramenti per la funzione cognitiva e la depressione per gli utilizzatori unilaterali di HA a lungo termine (gruppo C), e per il gruppo di controllo dell'udito normale (gruppo F) rispetto al gruppo D che non ha ricevuto alcun trattamento, mostrando una funzione cognitiva anormale e depressione borderline.

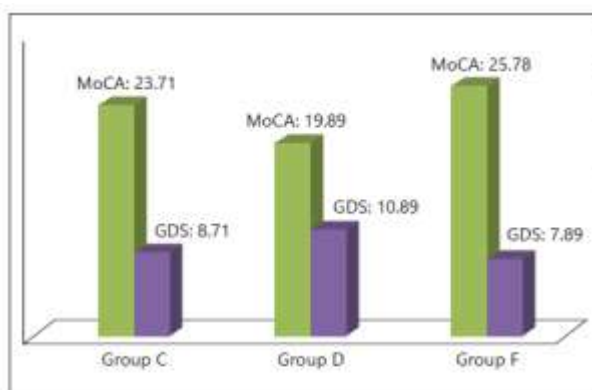


Fig. 5. Average MoCA and GDS scores for 3 groups of patients: group C = long-term unilateral HA users with moderate to severe hearing loss; group D = untreated hearing-impaired elderly with mild to moderate hearing loss; group F = normal-hearing controls. Statistically significant differences for group scores are noted between group C and group D ($p < 0.05$), and between group F and group D ($p < 0.05$). No difference is observed between scores for groups C and F.

La discussione che gli autori fanno su questo studio è sottolineare che l'efficacia dell'impianto cocleare come trattamento per gli anziani con problemi di udito è ampiamente dimostrata e si può quindi considerare realmente utile e funzione l'applicazione dell'IC nell'anziano e non solo pensarlo come strumento finalizzato alla sfera pediatrica.

Inoltre, i dati che lo studio riporta indicano gli effetti positivi di fornire un input uditivo efficace con HA o CI combinati con l'allenamento uditivo oltre la sola funzione uditiva.

Dimostrano che c'è un effetto positivo dell'input uditivo sulla memoria a breve termine per entrambi i gruppi di utenti HA bilaterali a breve e a lungo periodo di utilizzo tramite punteggi migliorati.

Il livello di depressione vagliato dall'uso del GDS, sia prima che dopo il trattamento per il gruppo E, ha confermato un significativo impatto positivo del trattamento implantare sul livello di depressione.

Il MoCA ci dimostra che la funzione cognitiva è migliorata dopo il trattamento implantare per i soggetti del gruppo E rispetto allo stato preimpianto. Inoltre, nell'intervallo post-impianto, i destinatari di CI hanno ottenuto risultati simili e soggetti con ipoacusia asimmetrica utilizzando HA unilaterale (gruppo C) e a soggetti con udito normale (gruppo F).

Gli autori vagliano anche l'ipotesi che i miglioramenti per i vari gruppi presi in esame potrebbero non derivare direttamente ed esclusivamente dal ripristino della loro funzione uditiva; in ogni caso un dato importante che ci tengono a sottolineare è che tramite il MoCa, il maggiore incremento dopo il trattamento e l'allenamento uditivo è stato osservato per la memoria a lungo termine.

Gli autori concludono portando a sostegno del loro esito ottenuto cinque possibili spiegazioni tratte dalla letteratura:

- la riduzione dell'isolamento sociale e il miglioramento del sintomo della depressione potrebbero spiegare alcuni effetti precoci.
- gli stimoli elettrici possono consentire la conservazione della funzione della struttura tridimensionale delle sinapsi periferiche centrali.
- la riabilitazione uditiva può contrastare i processi di neuroplasticità negativi.
- l'effetto dell'allenamento uditivo e verbale può influenzare positivamente la memoria di lavoro e le capacità di apprendimento.
- miglioramenti nell'auto motivazione, nell'autostima o nella fiducia in sé stessi dopo le procedure riabilitative hanno un effetto positivo sulle capacità cognitive e un effetto placebo.

Terminiamo questo articolo traendo una conclusione di certo non scontata: la scoperta che a breve termine la memoria contribuisce all'identificazione delle parole, che la memoria di lavoro ha un ruolo cruciale nella comprensione delle parole pronunciate in ambienti rumorosi e di conseguenza la valutazione della funzione della memoria a lungo termine potrebbe potenzialmente servire come fattore predittivo per i risultati riabilitativi.

La riabilitazione uditiva precoce è importante anche tra gli anziani in quanto può portare a benefici che vanno oltre la capacità uditiva, ma coinvolgono le funzioni cognitive e la depressione.

5. CONCLUSIONI

È ormai chiaro ed evidente che il nostro Paese stia invecchiando velocemente.

La presbiacusia è una patologia ampiamente diffusa, e definirla patologia deve accendere un campanellino per ricordarci che sicuramente ha effetti su tutto il resto del nostro corpo.

L'isolamento, l'esclusione dalla vita sociale, la depressione, sono ripercussioni importanti tanto quando il declino cognitivo e la demenza.

Consentire ai nonni di fare i nonni, ai giocatori di briscola di sentire i suoi compagni al bar o ai credenti di frequentare la chiesa deve essere l'obiettivo del nostro lavoro.

Anche se ad oggi non ci sono evidenze scientifiche certe, possiamo affermare che il comprendere, e non il semplice sentire, sia dettato da una correlazione tra un buon udito ma anche una buona elaborazione del nostro cervello.

Promuovere la prevenzione ci permette di fare questo, di intervenire quando ancora la discriminazione è attiva e quando quindi il nostro intervento, tramite gli apparecchi acustici o l'impianto cocleare, può essere efficace e di aiuto.

Le conclusioni che possiamo trarre dalle ricerche fatte sino ad oggi sono che la memoria a breve termine e la memoria lavoro svolgono un ruolo fondamentale per la comprensione.

Intervenire precocemente su sordità lievi e/o moderate ci permette di preservare questa memoria e sfruttarla nella vita di tutti i giorni.

Gli apparecchi acustici sono il mezzo meno invasivo per trattare tali casi ma sappiamo, da queste ricerche, che anche l'impianto cocleare ha una

valenza significativa nella sua applicazione nel trattamento della presbiacusia.

Sicuramente il mondo scientifico e i ricercatori hanno ancora tanta strada da fare nella ricerca e nello studio di come udito e funzioni cognitive siano strettamente legate.

Noi, in quanto tecnici audioprotesici, abbiamo il compito di offrire il miglior percorso riabilitativo verso le persone audiolese, ricordandoci però che l'ipoacusia non resta una patologia fine a sé stessa da trattare semplicemente con una regolazione, ma è una patologia che ancora tanti faticano ad affrontare e ad accettare.

Abbiamo il compito di promuovere la prevenzione perché trattare l'ipoacusia precocemente non può che avere effetti positivi.

6. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Aging, Cognitive Decline and Hearing Loss: Effect of Auditory Rehabilitation and Training with Hearing Aids and Cochlear Implants on Cognitive Function and Depression among Older Adults*
Alessandro Castiglione, Alice Benatti, Carmelita Velardita, Diego Favaro, Elisa Padoan, Daniele Severi, Michela Pagliaro, Roberto Bovo, Antonino Vallesi, Carlo Gabelli, Alessandro Martini.
Department of Neurosciences and Complex Operative Unit of Otolaryngology, University Hospital of Padua, Department of Neurosciences and Center for Cognitive Neurosciences, University of Padua, and Regional Center for the Study and Treatment of the Aging Brain, Department of Internal Medicine, University of Padua, Padua, Italy.
- Eckert, M. A. et al. (2019) Age-related hearing loss associations with changes in brain morphology. *Trend Hear* 23, 1-14.
- Evaluation of the Association Between Hearing Aids and Reduced Cognitive Decline in Older Adults with Hearing Impairment*
Ferrucci L., An Y., Goh JO., Doshi J., Metter EJ. Association of hearing impairment with brain volume changes in older adults. *Neuroimage* 2014;90: 84-92.
- Henderson D., Bielefeld E.C., Harris K.C., Hu B.H. The Role of Oxidative Stress in Noise-Induced Hearing Loss. *Ear Hear* 2006, 27: 1-19.
- Fetoni A.R., Paciello F., Rolesi R., Pauledetti G., Troiani D. Targeting Dysregulation of Redox Homeostasis in Noise-Induced Hearing Loss: Oxidative stress and ROS signaling free radic; *Bio Med* 2019,135: 46-59.
- Lin. F. R. et al. (2014) Association of hearing impairment with brain volume changes in older adults, *Neuroimage* 90, 84-92.
- Ohlenforst B., Zekyld AA., Jansma EP., Wang Y., Naylor G., Lorens A., et al. Effect oh hearing impairment and hearing aid amplification on listening effort; a systematic reviw. *Ear Hear* 2017; 38(3): 267-81.
- OMS Organizzazione Mondiale della Sanità – 12 ottobre 2017
- Peelle JE., Troiani V., Grossman M., Wingfield A. Hearing loss in older adults affect neural system supporting speech comprehension. *J. Neurosci* 2011;31(35): 12638-21643.
- Profant, O. et al. (2015) Functional changes in the human auditory cortex in ageing. *Plos One* 10.
- Rapporto Istat 2023 “Una popolazione sempre più anziana” di Ilaria Romano – 13 luglio 2023
- Schuknecht, HF, Watanuki K, Takahashi T, et Al Atrophy of the stria vascularis, a common cause for hearing loss. *Laryngoscope* 1974; 84: 1777-821.
- The effect of Age-Related Hearing Loss on the Brain and Cognitive Function* Kate Slade
Christopher J. Plack and Helen E. Nuttall.
- Silvano Prosser; Alessandro Martini, novembre 2020 “Argomenti di Audiologia”, Omega Edizioni
Silvano Prosser; Alessandro Martini, novembre 2020 “Argomenti di Audiologia”, Omega Edizioni
Tavanai E., Mohammadkhani G., Role of antioxidants in prevention of age-related hearing loss: a review of literature. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2017;274(4): 1821-34.
- Tetsuya G., Jun S., and Miwako S. Nishitokyo Medical Association, Nishitokyo City, Tokyo, Japan
Thomson RS, Auduong P., Miller AT., Gurgel RK. Hearing loss as a risk factor for dementia: a systematic review. *Laryngoscope Invest Otolaryngol* 2017; 2(2): 69-79.

7. RINGRAZIAMENTI

Scrivere quest'ultima pagina è stata la parte più complessa di tutta la tesi.

Ringrazio il mio relatore, il professore Alessandro Rinaldo per avermi seguita e aiutata in questo ultimo gradino del mio percorso.

Un grazie speciale è riservato al mio tutor Fermino Morello per il sostegno e l'appoggio, sia in presenza che telematicamente, dato in questi tre lunghi anni.

Ai miei compagni di corso, in misura diversa sono stati tutti un valore aggiunto in questa avventura.

Grazie a Eros, Cristian, Andrea e Francesco per essere stati la parte più divertente e più simile ad una famiglia che io abbia avuto in tutte le case di Treviso che abbiamo girato; questi ultimi due anni non sarebbero stati così belli senza di voi e senza le nostre grigliate.

A Margherita, mia compagna di stanza, di pulizie, di cucina; a quella santa donna che insieme a me ha vissuto per due anni in mezzo a cinque uomini uno più folle e disordinato dell'altro.

A Giacomo, amico, collega di lunghi viaggi in macchina nelle ore più improbabili, sostegno negli esami più difficili e il papà di tutta quella banda di giovani con cui hai condiviso la casa e le migliori serate.

L'ultimo grazie, ma non per importanza, va alla mia famiglia.

Sono stati capaci, in mezzo ai miei silenzi, di capire di cosa avessi bisogno.

Hanno avuto la forza che io non avevo nei momenti più difficili e sono stati la mia spalla nelle decisioni più complesse.

Grazie per non esservi mai arresi di fronte al mio enigmatico carattere.

A mia sorella, colei che è così diversa da me ma che sa sempre di cosa io abbia bisogno. Grazie per quegli abbracci che tanto odio ma che hanno sempre fatto la differenza.

A mia mamma, che lotta per le persone che ama da sempre e che lo farà finché sarà al mondo. Grazie per avermi capita quel giorno sul divano e avermi dato la forza per affrontare le mie paure.

Al mio papà, il mio eroe silenzioso. Grazie perché hai saputo scegliere per me e come tutte le altre volte, non hai sbagliato. Questa laurea la devo a te.

Ve ne sarò per sempre grata; se sono felice oggi lo devo a voi.