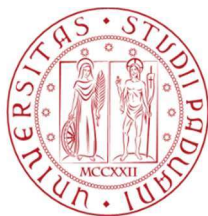


1222·2022
800
ANNI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Neuroscienze – DNS

Corso di Laurea in Tecniche Audioprotesiche

Presidente Prof. Gino Marioni

TESI DI LAUREA

**EFFICACIA DEGLI ALGORITMI DI
RIDUZIONE DEL RUMORE NEGLI
APPARECCHI ACUSTICI DI ULTIMA
GENERAZIONE**

Relatrice:

Prof.ssa Giulia Comai

Laureanda:

Aurora Salerno

ANNO ACCADEMICO 2021/22

ABSTRACT

Uno dei principali motivi di insoddisfazione per i pazienti portatori di apparecchi acustici è la presenza di rumore di fondo che interferisce con l'intelligibilità del parlato.

Gli apparecchi acustici di ultima generazione, per migliorare l'intelligibilità del parlato e il comfort in presenza di rumore di fondo, utilizzano degli algoritmi di riduzione digitale del rumore (DNR), in modo da migliorare il rapporto segnale rumore, favorendo l'ascolto del parlato nel rumore.

Il presente studio si pone come obiettivo quello di verificare l'efficacia degli algoritmi di riduzione del rumore, prendendo in esame 15 pazienti con ipoacusia neurosensoriale, portatori di apparecchi acustici retroauricolari digitali, di ultima generazione, con 20 canali di regolazione e DNR integrato.

I test utilizzati per la verifica dell'efficacia degli algoritmi di riduzione del rumore di fondo sono stati ANL (Acceptable Noise Level) test e SPIN (Speech Perception in Noise) test.

Entrambi i test sono stati somministrati in tre diverse modalità di ascolto: senza apparecchi acustici, con gli apparecchi acustici con DNR disattivato, con apparecchi acustici con DNR attivo.

I risultati ottenuti suggeriscono che il DNR migliora significativamente il comfort nel rumore (lo dimostrano i risultati dell'ANL test), mentre contribuisce ad incrementare, ma non significativamente, l'intelligibilità del parlato nel rumore (lo dimostrano i risultati dello SPIN test).

Ampliando il campione in analisi, si potrebbe verificare in modo più attendibile e chiaro quanto dimostrato da tale ricerca.

INDICE

1. INTRODUZIONE	6
1.1 Ipoacusia e rumore di fondo	6
1.2 Il rumore	7
1.3 Sistema uditivo e gestione del rumore di fondo	9
1.4 Riduzione del rumore di fondo	10
2. SCOPO	16
3. MATERIALI E METODI	18
3.1 Partecipanti	18
3.2 Apparecchi acustici: algoritmi di riduzione del rumore di fondo	20
3.3 Test effettuati	22
3.3.1 ANL TEST	22
3.3.2 SPIN TEST	26
4. RISULTATI E DISCUSSIONE	30
4.1 Risultati ANL test	30
4.2 Risultati SPIN test	33
4.3 Analisi statistica	36
4.4 Discussione	38
5. CONCLUSIONI	44
BIBLIOGRAFIA	48
APPENDICI	50
APPENDICE A	50
APPENDICE B	51

1. INTRODUZIONE

1.1 Ipoacusia e rumore di fondo

Il rumore di fondo, per i pazienti affetti da ipoacusia, costituisce uno degli elementi principali che interferiscono con l'intellegibilità e la comprensione del parlato.

Il parlato è costituito da segnali ad alta ridondanza estrinseca, in quanto l'essere umano è in grado di comprendere il messaggio verbale anche se parte di esso è mascherato da rumore di fondo e, dunque, risulta meno comprensibile.

La ridondanza estrinseca di un messaggio è data da tutti gli attributi (ripetizioni, enfasi ecc...) che non aumentano il numero di informazioni trasmesse nel messaggio, ma ne facilitano la comprensione. Alla ridondanza di un messaggio (ridondanza estrinseca) si affianca la ridondanza funzionale del nostro organismo (ridondanza intrinseca), una sorta di riserva da utilizzare quando necessario e cioè in presenza di un messaggio poco ridondante. Il trasferimento dell'informazione in una comunicazione verbale è, quindi, enormemente facilitato dalle due ridondanze che interagiscono tra loro (Burdo, 2013).

Per un soggetto ipoacusico, tuttavia, il messaggio verbale presenta meno ridondanza estrinseca, dal momento che il segnale viene in parte recepito di per sé degradato, poco udibile e distorto.

Il rumore di fondo, che maschera la rimanente porzione del segnale udibile, degrada l'intellegibilità del segnale in modo significativo, poiché è presente meno ridondanza disponibile per compensare gli effetti mascheranti del rumore (Levitt, 2001).

1.2 Il rumore

Il rumore corrisponde a “Un’onda di pressione irregolare, non periodica, che oscilla con molte frequenze diverse tra loro” (Murra D., 2015) ed è definito come “Qualsiasi segnale indesiderato che interferisce con un segnale desiderato” (Levitt, 2001). Esistono tre tipi di rumore che interferiscono con l’intellegibilità del parlato:

- rumore casuale (avente uno spettro simile a quello del parlato);
- voci secondarie che interferiscono con la principale (noto come *babble noise*);
- riverbero.

Questi tipi di rumore di fondo sono quelli che più influiscono negativamente sulla comprensione del parlato proprio perché sono molto simili a quest’ultimo: minore è la differenza tra il rumore e il parlato, meno è possibile intervenire sugli effetti del rumore sull’intellegibilità.

Il rumore, tuttavia, è costituito da modulazioni di ampiezza più rapide rispetto a quelle del segnale verbale, che è caratterizzato da una dinamica di 30 dB e da fluttuazioni di ampiezza piuttosto regolari (Prosser & Martini, 2013) (*figura 1*).

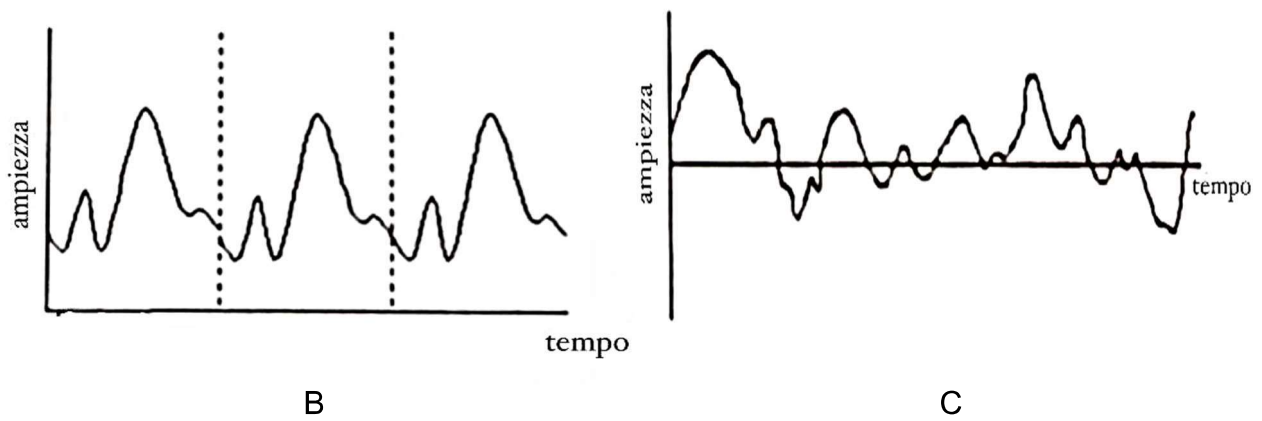


Figura 1. Tipologie di suono: segnale verbale (B), rumore (C) (A. Schindler & D. Ginocchio, *elementi di fonetica e linguistica*)

Grazie alle differenze spettrali sopra citate tra voce e rumore, è possibile intervenire per migliorare l'intelligibilità in presenza di rumore di fondo.

1.3 Sistema uditivo e gestione del rumore di fondo

La comprensione in ambiente rumoroso richiede:

- un'adeguata funzione cocleare;
- una conservata capacità di elaborazione centrale. (Gates, 2002)

Dapprima, dunque, è la coclea (che può essere interpretata come interfaccia tra il mondo dei suoni e il cervello) che contribuisce a sopprimere un rumore che fa da sfondo ad un segnale principale. Ciò avviene grazie alla soppressione dei toni vicini meno intensi: in presenza di un segnale ad elevata intensità e di un rumore di intensità minore, il picco dell'onda viaggiante indotta dal segnale manda in saturazione gli amplificatori cocleari vicini. Si ottiene, così, la soppressione del rumore che fa da sfondo al segnale. Il segnale, dunque, risulta meglio identificabile.

In secondo luogo, la gestione del rumore e la soppressione di esso è affidato a capacità extrauditiva e, quindi, all'elaborazione centrale (attenzione selettiva).

L'attenzione selettiva è lo spostamento dell'attenzione su uno specifico stimolo sensoriale. Si riferisce al fatto che l'individuo, rispetto al flusso di stimolazioni e informazioni che riceve dall'ambiente circostante, ne elabora solo alcune (*figura 2*) (Coon & Mitterer, 2011).

Un esempio di questo fenomeno è l'effetto "cocktail party" (Conway, Cowan, & Bunting, 2001). Conway studiò l'attenzione selettiva uditiva soffermandosi sull'analisi di questo fenomeno. L'effetto "cocktail party" indica il fenomeno per cui un individuo, come avviene comunemente in una situazione analoga a un cocktail party, è in grado di concentrarsi su una singola conversazione ignorandone molte altre che avvengono in contemporanea (Ghiselli, 2019).

Tutto ciò avviene diversamente per i pazienti ipoacusici, poiché questi ultimi hanno una riduzione dell'acuità temporale e spettrale.

Questo si traduce in un minor numero di canali di frequenza indipendenti che rappresentano la scena uditiva, rendendo più difficile la segregazione percettiva delle diverse sorgenti. (Shinn-Cunningham & Best, 2008)

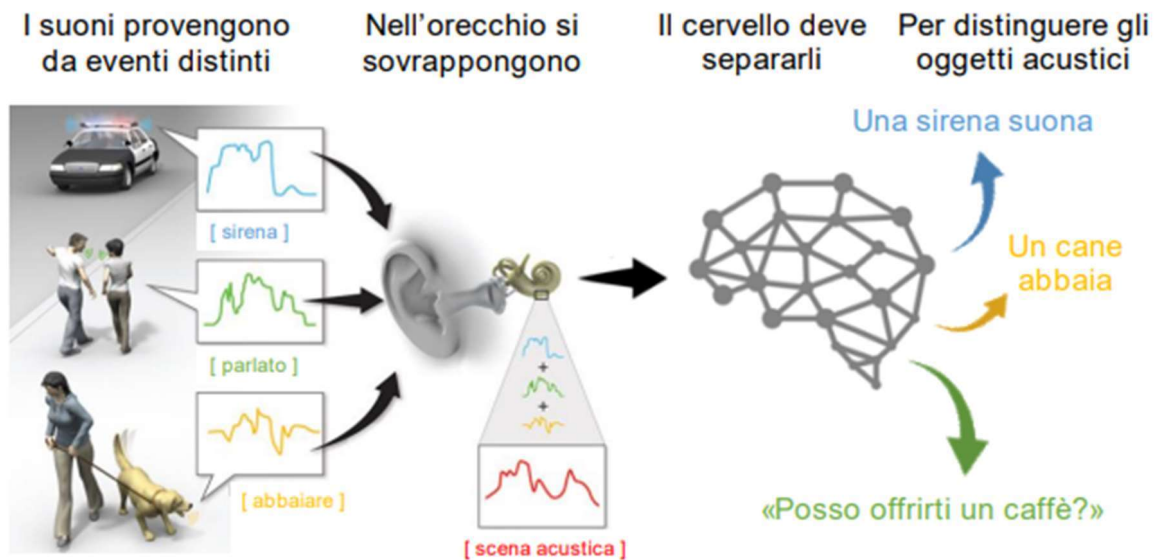


Figura 2. Immagine raffigurante una scena uditiva tipo e il modo in cui agisce il cervello nel distinguere i diversi oggetti acustici. (Pavani, 2021)

1.4 Riduzione del rumore di fondo

L'incapacità di comprendere appieno il messaggio verbale nel rumore è sempre stata una delle ragioni principali di insoddisfazione per i portatori di apparecchi acustici (figura 3) e, in funzione di ciò, sono stati molti i progressi tecnologici che hanno portato ad una risoluzione del problema insorto nei pazienti ipoacusici.

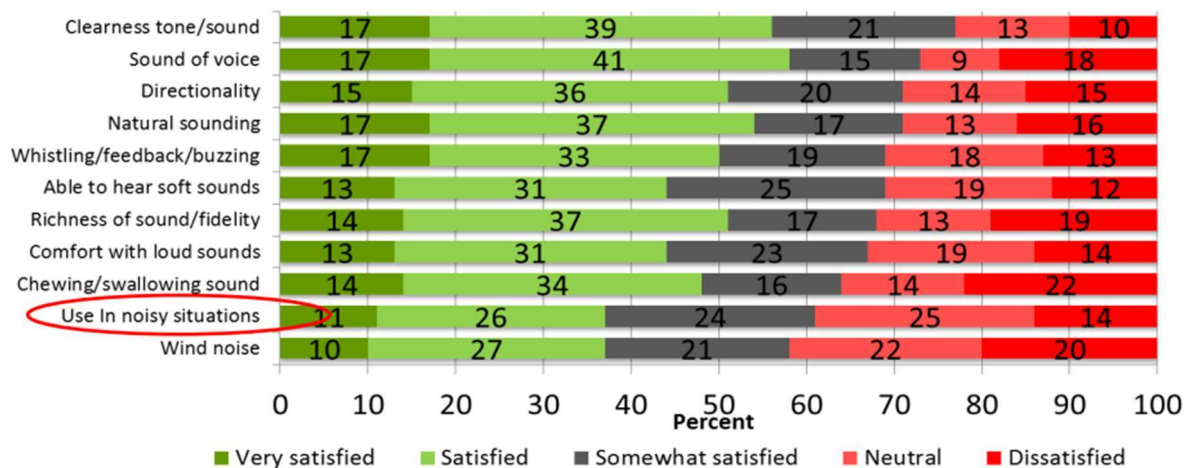


Figura 3. *Principali motivi di insoddisfazione per portatori di apparecchi acustici. (Mediterranean Society of Otology and Audiology, Naples, 2012).*

I principali approcci adottati nei confronti del rumore di fondo sono due: l'utilizzo di microfoni direzionali e l'utilizzo degli algoritmi di riduzione del rumore (DNR).

Il primo approccio consiste nell'uso di microfoni multipli ed è basato sulla separazione spaziale tra il segnale desiderato e il rumore. Il secondo approccio consiste nell'uso di un singolo microfono ed attua una separazione frequenziale tra il segnale desiderato e il rumore (Peeters et al., 2009).

Il microfono direzionale migliora il rapporto segnale rumore del suono che proviene frontalmente rispetto alla persona che indossa l'apparecchio.

I microfoni direzionali sono utilizzati per ottimizzare l'intelligibilità del parlato negli ambienti rumorosi.

I suoni indesiderati che provengono da dietro vengono attenuati e questo permette alla persona che indossa l'apparecchio di concentrarsi meglio sui suoni che provengono frontalmente. (Widex, 2007, Il suono e l'udito)

Numerosi sono stati nel corso degli anni gli studi per ricercare il miglior metodo in grado di agevolare la comprensione del parlato in presenza di rumore di fondo, migliorandone l'accettazione, senza, tuttavia, escludere l'ascoltatore dalle altre informazioni presenti nell'ambiente circostante, indispensabili per un'udibilità completa.

Per quanto riguarda l'uso di microfoni direzionali, si è arrivati alla conclusione che questa tecnologia migliora il rapporto segnale rumore (Ricketts, 2001) e che l'efficacia dipende dalla ventilazione del sistema di accoppiamento (Kuk & Keenan, 2006).

I benefici degli algoritmi di riduzione del rumore di fondo degli apparecchi acustici, invece, sono meno chiari in quanto gli studi in letteratura sono spesso contrastanti e arrivano a conclusioni talvolta incoerenti.

Boymans & Dreschler (2000) hanno analizzato la comprensione del parlato in presenza di rumore di fondo per pazienti che utilizzavano apparecchi acustici con DNR attivato. I due autori hanno dimostrato come, attraverso test oggettivi e soggettivi, i pazienti non hanno ottenuto alcun beneficio dal DNR attivato.

Tuttavia, somministrando agli stessi pazienti il questionario APHAB (Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit) si è evinto un miglioramento del punteggio totale in presenza di DNR attivo.

Alcantara et al. (2003) hanno dimostrato come il DNR attivato possa migliorare il comfort dei pazienti nell'udire e comprendere un discorso, senza aver riscontrato, tuttavia, miglioramenti oggettivi nell'udibilità.

Nel 2006, uno studio di Mueller et al. ha dimostrato come, in modalità DNR "on", ci sia stato un miglioramento significativo dei risultati di ANL test rispetto alla modalità DNR "off", non riscontrando, tuttavia, un miglioramento significativo dei risultati del test HINT (Hearing in Noise Test) (*figure 4-5*).

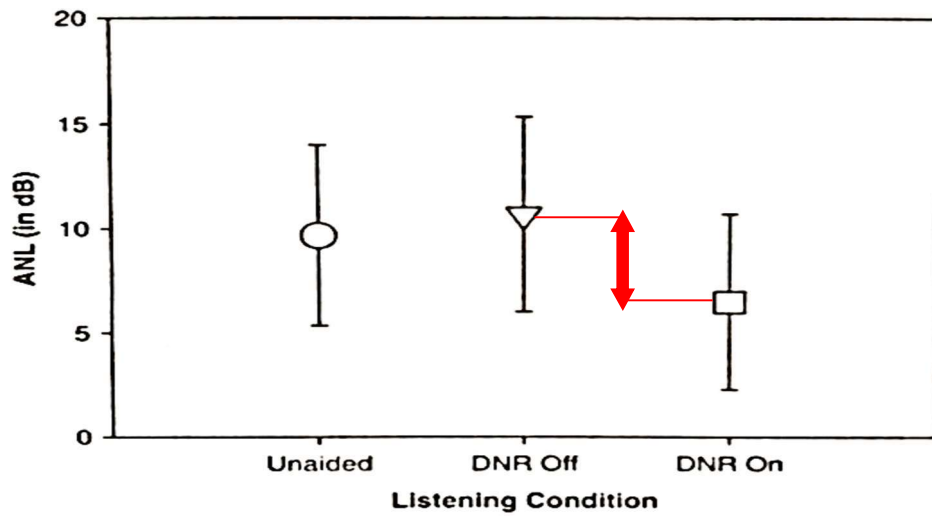


Figura 4. *Punteggi ANL test (miglioramento significativo in modalità DNR “on” rispetto alla modalità DNR “off”) (Mueller, Weber, & Hornsby, 2006)*

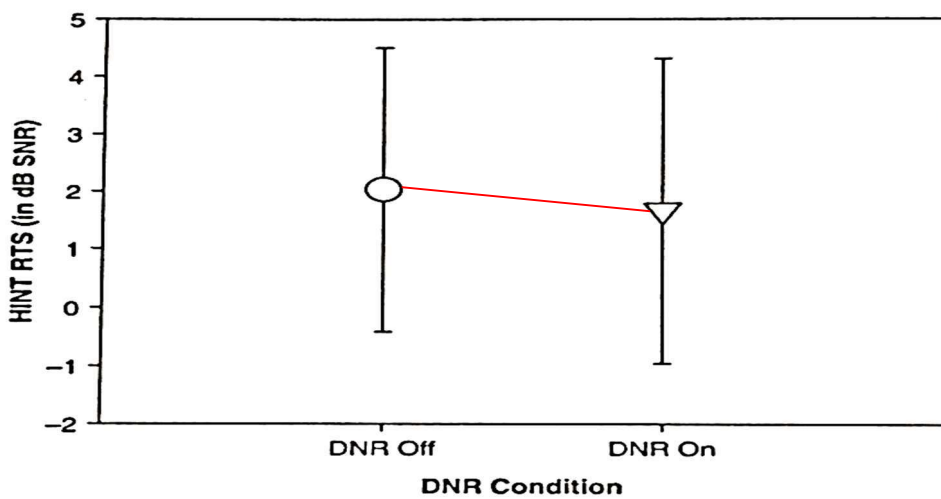


Figura 5. *Punteggi Hearing In Noise Test (nessun miglioramento significativo in modalità DNR “on” rispetto alla modalità DNR “off”) (Mueller, Weber, & Hornsby, 2006)*

Sette anni più tardi, nel 2013, Lowery & Plyler, hanno approfondito i benefici dati dal DNR e dall'uso di microfoni direzionali, utilizzando inizialmente le due modalità di ascolto simultaneamente e, successivamente analizzandole singolarmente.

Lo studio ha dato come risultato un netto miglioramento dell'accettazione del rumore di fondo quando gli apparecchi sfruttavano entrambe le tecnologie (DNR+MICROFONO DIREZIONALE) in modo simultaneo.

Per quanto riguarda, invece, il miglioramento delle funzioni cognitive grazie all'utilizzo del DNR, è interessante focalizzare l'attenzione su due studi in particolare.

Nel 2009, Sarampalis et al. hanno dimostrato come l'utilizzo del DNR non abbia avuto effetti positivi sull'intelligibilità, tuttavia, ha portato a migliori performance nella memorizzazione delle parole e nella velocità di risposta.

Un simile studio, condotto da Ning et al. nel 2013, ha evidenziato come gli algoritmi di riduzione digitale del rumore possano ridurre l'effetto negativo del rumore nella memorizzazione delle parole, specialmente per le persone con una buona memoria di lavoro.

Ning et al. hanno ipotizzato che alla base di questo meccanismo c'è una più veloce identificazione delle parole che migliora la codifica nell'ambito della memoria di lavoro.

Gli studi in letteratura, dunque, dimostrano evidenze contrastanti sull'efficacia del DNR nel migliorare la comprensione e l'intelligibilità del parlato in ambienti rumorosi.

Si evince, tuttavia, che l'attivazione del DNR, se utilizzato in combinazione con microfoni direzionali, può migliorare il comfort durante l'ascolto di una conversazione e ridurre, di conseguenza, la difficoltà di comprensione.

Studi in letteratura, inoltre, evidenziano un miglioramento della memorizzazione delle parole in caso di attivazione di DNR.

2. SCOPO

Questo studio si pone come obiettivo quello di valutare l'efficacia degli algoritmi di riduzione digitale del rumore di fondo (DNR) degli apparecchi acustici retroauricolari digitali, con 20 canali di regolazione e DNR integrato. Ciò verrà valutato sottoponendo ad un campione di pazienti ipoacusici (N=15) due test a scopo audioprotesico: ANL test e SPIN test.

Verranno comparati i risultati dei due test in 3 diverse condizioni di ascolto: i test verranno effettuati inizialmente ai pazienti senza apparecchio acustico indossato, successivamente gli stessi test verranno effettuati ai pazienti con apparecchio acustico indossato con DNR disattivato, e, infine, con DNR attivo.

Nel presente studio verrà indagata esclusivamente l'efficacia degli algoritmi di riduzione digitale del rumore, non considerando l'impostazione dei microfoni, poiché materiale verbale e rumore di fondo proverranno da un unico altoparlante posizionato frontalmente rispetto al soggetto.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Partecipanti

Per il seguente studio sono stati scelti 15 pazienti collaboranti (8 uomini e 7 donne, età media 58 anni) aventi un'ipoacusia neurosensoriale, simmetrica con PTA \approx 45 dB, protesizzati da più di 12 mesi con apparecchio acustico bilaterale top di gamma che utilizza DNR di ultima generazione. Tutti gli apparecchi acustici attuano un'elaborazione digitale del suono e sono programmabili digitalmente da computer con appositi software. Tutti i pazienti hanno raggiunto il target audioprotesico, allineato con il target dell'algoritmo prescrittivo e verificato a mezzo di metodi di guadagno protesico.

La *figura 6* mostra la media delle soglie audiometriche di tutti i pazienti riscontrate per l'orecchio destro e per l'orecchio sinistro.

A tutti i partecipanti è stato richiesto di firmare un consenso informato con una spiegazione dello scopo dello studio.

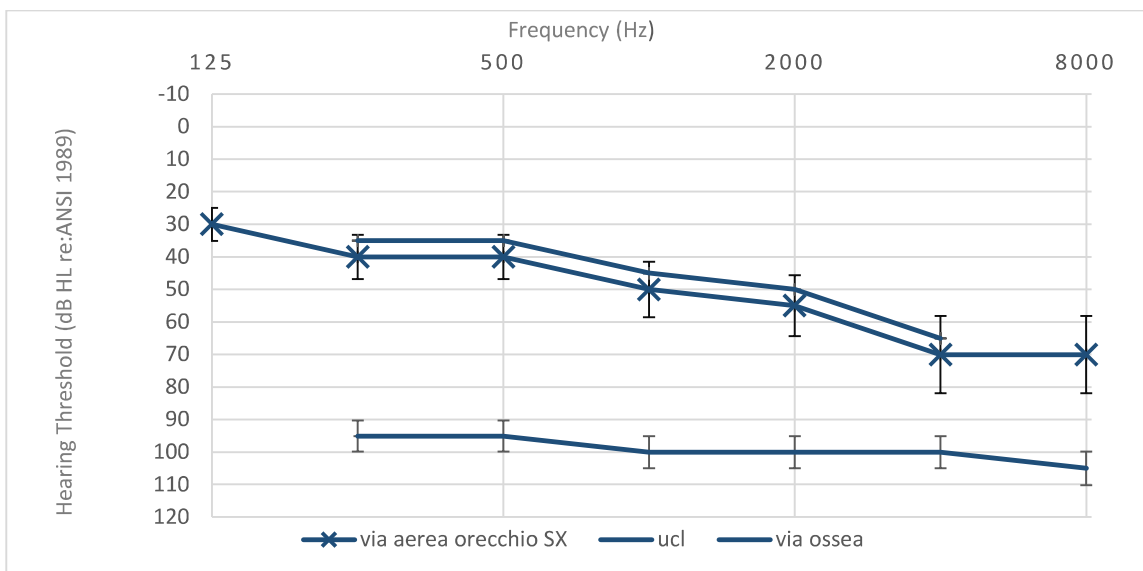
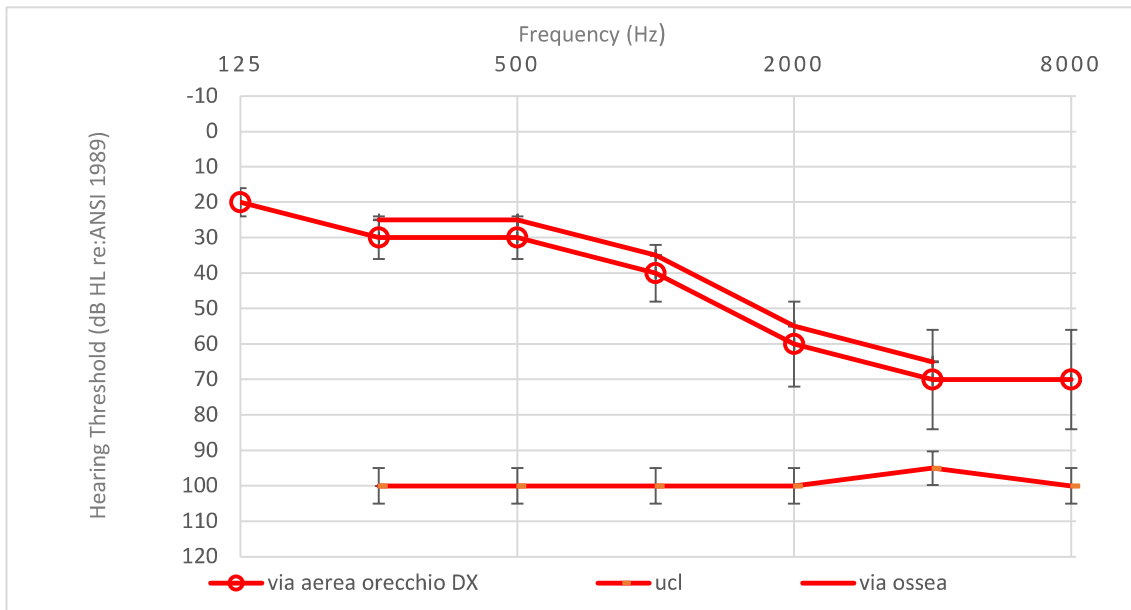


Figura 6. Soglie audiometriche medie (N=15).

3.2 Apparecchi acustici: algoritmi di riduzione del rumore di fondo

Gli algoritmi di riduzione del rumore di fondo (DNR) degli apparecchi acustici di ultima generazione agiscono riducendo il rumore di fondo in ambienti più complessi, mantenendo l'udibilità. Tutto ciò avviene grazie ad un'analisi della scena uditiva che rende possibile la distinzione del segnale verbale da altri suoni secondari.

Gli algoritmi di riduzione del rumore di fondo degli apparecchi acustici più avanzati sostituiscono i sistemi convenzionali di direzionalità e di riduzione del rumore di fondo. Queste due tecnologie non costituiscono più due processi distinti e indipendenti, poiché questi si fondono in un'unica tecnologia di riduzione del rumore di fondo.

È possibile, tuttavia, intervenire singolarmente sull'impostazione dei microfoni ma, come già anticipato, in questo studio non è rilevante la modalità di impostazione dei microfoni poiché sia materiale verbale, sia rumore di fondo provengono dalla stessa fonte: l'altoparlante frontale.

Il DNR degli apparecchi acustici utilizzati dai pazienti sottoposti a questo studio ha come principio di funzionamento quello dell'utilizzo di tre diversi moduli: analisi, bilanciamento e rimozione del rumore di fondo (*figura 7*).

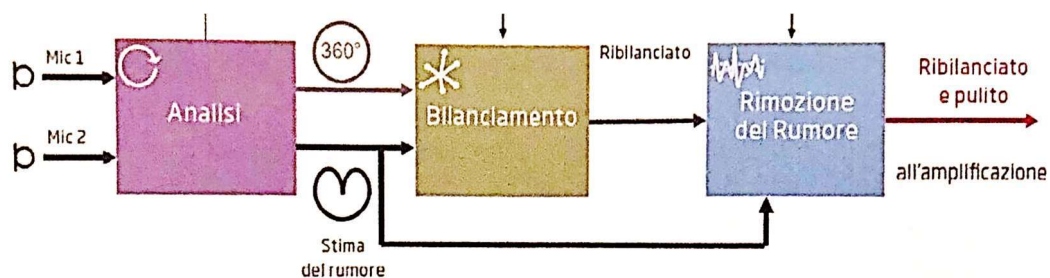


Figura 7. Successione dei moduli che costituiscono il funzionamento dell'algoritmo di riduzione del rumore di fondo degli apparecchi acustici usati per il presente studio (Dotti, 2018).

ANALISI:

Il modulo “Analisi” informa i moduli di bilanciamento e rimozione del rumore di fondo sulle condizioni acustiche della scena uditiva in cui il paziente è immerso.

Ciò è possibile grazie all'utilizzo di microfoni multipli, creando così due “vedute” acustiche dell'ambiente: la prima è data da un configuratore omnidirezionale che cattura i suoni ambientali a 360°; la seconda è costituita da una configurazione di un microfono cardioide posteriore, concentrato dunque sull'analisi della scena uditiva posteriormente rispetto al paziente.

Grazie al passaggio Analisi è possibile, dunque, sia individuare il rumore, che localizzarlo.

BILANCIAMENTO:

Il modulo di Bilanciamento è un sistema direzionale ed è spesso usato per migliorare i rapporti segnale/rumore (SNR). Il Bilanciamento accresce il rapporto segnale/rumore miscelando costantemente i segnali omnidirezionali e di rumore, creando così un'attenuazione del rumore di fondo e un'esaltazione della voce.

RIMOZIONE DEL RUMORE:

Il modulo “riduzione del rumore di fondo” si comporta da ulteriore “filtro”, attenuando le componenti del rumore non riconosciute dal modulo “Bilanciamento”.

Spesso accade, infatti, che la voce del segnale ribilanciato presenti ancora del rumore, ad esempio nel caso in cui ci si trovi in ambienti con rumore diffuso, o nel caso in cui la sorgente sonora è esattamente dietro l'interlocutore.

Questo ultimo modulo, dunque, rende il segnale verbale ancora più chiaro e pulito, agendo su 16 canali frequenziali. (Dotti, 2018)

3.3 Test effettuati

I 20 partecipanti sono stati sottoposti a 2 tipologie di test a scopo audioprotesico: ANL test e SPIN test.

3.3.1 ANL TEST

L'*ANL test* (introdotto da Nabelek et al nel 1991) è un test audiometrico predittivo, con un buon margine di approssimazione (85%), della sensibilità del soggetto in esame al rumore di sottofondo, durante l'ascolto del parlato.

L'*ANL test* non è legato al riconoscimento delle parole in presenza di rumore di fondo, tuttavia misura esclusivamente quanto rumore di fondo una persona è disposta a tollerare (tipico processo "top-down").

In particolare, l'*ANL test* è uno strumento di indagine psicoacustica che ha lo scopo di riflettere la minore o maggiore attitudine del paziente ad accettare il rumore ambientale quando questo interferisce con l'ascolto del parlato. (orl.news, 2020)

L'*ANL* (Acceptable Noise Level) è la differenza tra il BNL (Background Noise Level), cioè il livello massimo di rumore accettabile che, se presentato in sottofondo, consente comunque di comprendere il messaggio verbale e l'MCL (Most Comfortable level), la soglia di comoda udibilità del parlato (Peeters et al., 2009).

Indicazioni e scopo del test:

1) RILEVAZIONE DELLA MCL

Al paziente va detto che ascolterà una voce provenire dall'altoparlante e che lo scopo di questa prova è rilevare il livello di volume della voce più confortevole e chiaro.

Lo scopo del test non è quello della comprensione delle parole ma solo rilevare il livello più confortevole e chiaro.

2) RILEVAZIONE DELLA BNL

Successivamente, al cliente va detto che insieme alla voce di prima ascolterà anche un rumore di sottofondo. Lo scopo è quello di rilevare il massimo livello di rumore che sarebbe disposto a tollerare in presenza della voce, senza compromettere la comprensione del messaggio verbale. Occorre chiarire al soggetto che lo scopo non è quello di rilevare il minimo livello di rumore di sottofondo, ma il massimo livello che sarebbe disposto a tollerare mentre, contemporaneamente, è intento alla comprensione del materiale verbale.

Apparecchiature e installazione:

I due altoparlanti saranno posti di fronte al paziente, a 1 m di distanza. L'altoparlante del segnale vocale sarà di fronte al soggetto, quello del rumore sarà collocato al di sopra.

Istruzioni al paziente per la misura della MCL

“Lei sentirà una voce attraverso l'altoparlante. Deve segnalarmi, mentre il volume aumenta, quando per lei è troppo forte, e dopo, quando diminuisce, quando per lei è troppo debole.

Alla fine, alzando o abbassando il dito mi indicherà di regolare il volume che per lei è più confortevole, come se stesse ascoltando la radio oppure la televisione, e vuole trovare il volume per lei più confortevole.”

Esecuzione:

- Inviare traccia audio;
- Aumentare gradualmente il volume a scatti di 5 dB;
- Continuare fino a che il cliente non chiede di terminare perché troppo fastidioso;
- Diminuire il volume a scatti di 5dB;

- Continuare fino a che il cliente non indica che il volume è troppo debole;
- Aumentare gradualmente il volume a scatti di 5dB;
- Continuare fino a che il cliente non indica che il livello è quello più confortevole;
- Aggiustare con scatti di 2 dB per rilevare con maggior precisione il livello più confortevole;
- Annotare il livello sul pc (MCL).

Istruzioni per la misura BNL (background noise level):

“Adesso sentirà la stessa voce di prima ma contemporaneamente anche un rumore di fondo. Deve indicarmi, sempre alzando o abbassando un dito quanto posso aumentare il rumore fino a quando diventa fastidioso. Alla fine alzando o abbassando il dito cercheremo il volume del rumore che lei si sentirebbe di sopportare, ascoltando la voce per parecchio tempo.”

Esecuzione:

- Lasciando l'intensità vocale a livello della MCL appena misurata, inviare il rumore di sottofondo;
- Il livello iniziale sarà di 10 dB superiore rispetto alla MCL;
- Aumentare il volume (a scatti di 5 dB) fino a che il cliente non chiede di interrompere perché troppo forte;
- Diminuire il volume (a scatti di 5dB) e procedere con scatti in aumento o diminuzione di 2dB per ricercare il livello di massima tolleranza di rumore (BNL).

Calcolo dell'ANL:

$$\mathbf{MCL - BNL = ANL}$$

Lettura del valore dell'ANL:

Il valore dell'ANL, dunque, è utile per determinare la predizione sull'utilizzo dell'apparecchio acustico del paziente (*figura 8*), più precisamente:

- se ANL minore di 7dB: ottima tolleranza al rumore e buona predisposizione all'utilizzo di un apparecchio acustico;
- se ANL compreso tra 7dB e 13dB: media tolleranza al rumore;
- se ANL maggiore di 13dB: scarsa tolleranza al rumore e maggiore difficoltà di adattamento ad un apparecchio acustico.

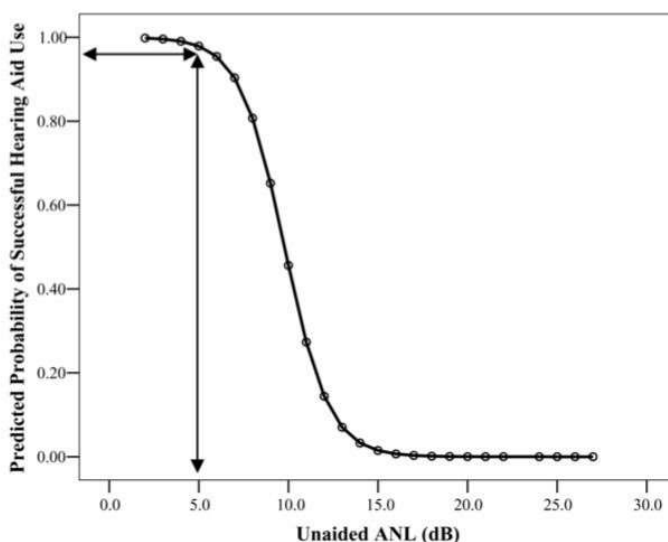


Figura 8. Curva di regressione logistica che mostra la probabilità del successo della protesizzazione in funzione dell'ANL di un soggetto non protesizzato. Per ottenere la probabilità in percentuale, i valori sull'asse verticale devono essere moltiplicati per 100. L'esempio è relativo ad un ANL di 5 dB (Nabelek et al.,1991). Sull'asse delle ascisse sono rappresentati i diversi valori di ANL; sull'asse delle ordinate è rappresentata la predizione del successo di una protesizzazione. Nell'esempio riportato, ad un punteggio di ANL=5 corrisponde una probabilità del successo di protesizzazione $\approx 100\%$.

L'ANL test, grazie al suo valore predittivo, ci aiuta a comprendere la predisposizione del paziente a tollerare il rumore di fondo in presenza di un messaggio verbale.

Sebbene sia una prova complementare, l'ANL test è uno strumento molto utile poiché aiuta l'audioprotesista a scegliere con maggior precisione la tecnologia degli apparecchi acustici da consegnare al paziente, rendendo la protesizzazione acustica ancor più personalizzata e "su misura".

Nel caso di un valore di ANL >13, si preferirà un apparecchio acustico con una tecnologia che sia più improntata sull'attenuazione del rumore di fondo, soprattutto durante una conversazione, in ambienti particolarmente rumorosi o riverberanti.

L'audioprotesista, dunque, avrà a disposizione uno strumento di predizione del successo di una protesizzazione acustica, anche nei casi più complessi.

3.3.2 *SPIN TEST*

Il test *SPIN* (Speech Perception In Noise), validato da Bilger et al. nel 1984, misura l'intelligibilità verbale in presenza di rumore competitivo ed è considerato un test adattivo in quanto prevede di aumentare o diminuire il livello del segnale vocale in base alle risposte del paziente. Se il paziente ripete correttamente la parola, verrà diminuito il volume, se il paziente non ripete correttamente la parola inviata, verrà aumentato il volume. (*figura 9*)

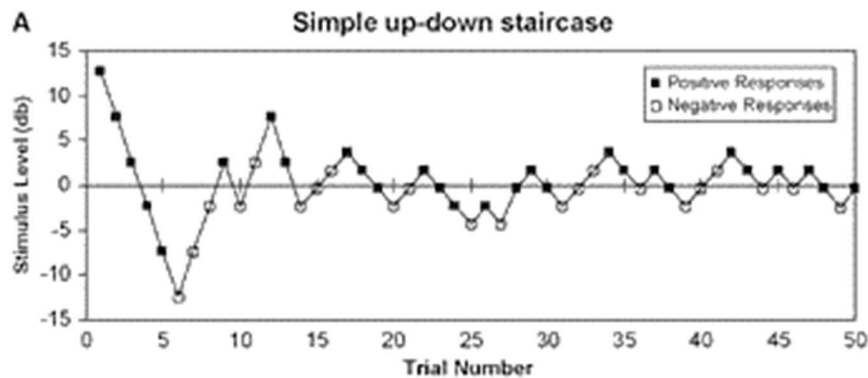


Figura 9. Rappresentazione grafica di una procedura adattiva (Marcato, 2020)

Verrà somministrato al soggetto un elenco di dieci parole. La prima parola sarà ad un volume pari al livello *PTA* (*Pure-Tone Average*) misurato e, contemporaneamente, verrà inviato un rumore fisso (*babble noise*) ad un valore di $PTA + 20$ dB. Il livello sonoro della prima parola verrà aumentato di 6dB, fino a quando il cliente non la ripeterà correttamente. Quando l'assistito avrà ripetuto correttamente la prima parola, allora quella successiva sarà inviata ad un volume inferiore di 3 dB, se invece non la ripete correttamente, sarà aumentato il volume di 3 dB, mantenendo sempre il livello sonoro del rumore invariato. Procederemo in questo modo fino a quando non esauriamo l'elenco delle parole bisillabiche. Otterremo un livello acustico attorno al quale oscillano le risposte e, dunque, il risultato ci fornirà l'informazione per cui il soggetto ripete correttamente il 50% delle parole (*Speech Reception Threshold - SRT*) con un rumore in competizione pari a $PTA+20$ dB.

Setting e modalità di somministrazione del test SPIN:

Il paziente è seduto a 1m di distanza dagli altoparlanti, i quali sono posizionati all'altezza delle sue orecchie.

Il materiale verbale e il rumore competitivo sono inviati contemporaneamente in campo libero, assicurandosi che il rumore di fondo sia continuo al fine di facilitare l'adattamento fisiologico ad esso.

Calcolo del valore dello SPIN test:

Il punteggio ottenuto con il test SPIN è dato dalla differenza tra l'SRT (Speech Reception Threshold – il livello sonoro al quale il paziente è in grado di comprendere e ripetere correttamente il 50% delle parole) e il livello sonoro al quale viene presentato il rumore di fondo (PTA + 20dB):

$$\text{VALORE SPIN} = \text{SRT (dB)} - \text{RUMORE (dB)}$$

Letture del valore dello SPIN test:

Il valore dello SPIN test è utile per verificare la comprensione del materiale verbale in presenza di rumore di fondo competitivo, in particolare:

- Da -5 a 0: Cliente predisposto per un'amplificazione naturale;
- Da 1 a 6: Cliente predisposto ad un'amplificazione controllata;
- da 7 a 20: Cliente predisposto ad un'amplificazione molto controllata.

I risultati dello SPIN forniscono dati sulle modalità in cui la coclea e (successivamente) il cervello gestiscono le informazioni rimanenti del parlato mascherato dal rumore (tipico processo "bottom-up").

Uno scarso risultato dello SPIN test, dunque, può essere anche indicatore di disordini dell'elaborazione uditiva centrale.

Entrambi i test vengono somministrati nella seguente sequenza: senza apparecchi acustici indossati e con apparecchi acustici indossati, inizialmente con DNR disattivato e in un secondo momento con DNR attivato.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

L'attenzione di questo studio è stata posta sugli effetti dei sistemi di riduzione del rumore di fondo degli apparecchi acustici, dapprima sull'accettazione del rumore di fondo (tramite l'ANL test), e, successivamente, sulla comprensione del parlato in presenza di rumore di fondo (tramite lo SPIN test).

L'obiettivo della ricerca è quello di individuare eventuali miglioramenti dei punteggi di entrambi i test, nella condizione di ascolto che preveda il DNR attivo.

4.1 Risultati ANL test

Inizialmente i pazienti in esame sono stati sottoposti al test ANL, dapprima senza apparecchi acustici indossati, per verificare l'accettazione del rumore di fondo. Successivamente lo stesso test è stato ripetuto con gli apparecchi acustici indossati con DNR disattivato e, infine, con apparecchi acustici indossati con DNR attivo.

I risultati dell'ANL test nelle tre condizioni di ascolto esaminate sono mostrati nella *figura 10*.

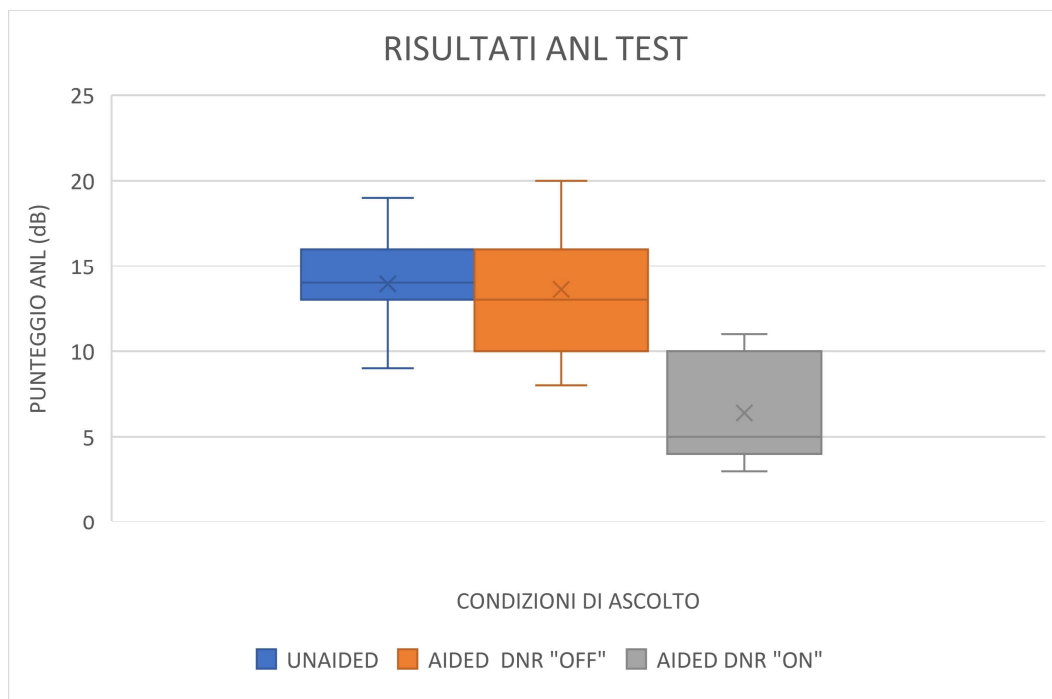


Figura 10. Diagramma a scatola a baffi raffigurante l'oscillazione dei punteggi dell'ANL test nelle tre condizioni di ascolto in esame.

Le variabili indipendenti sono costituite dalle diverse condizioni di ascolto (UNAIDED-senza apparecchi acustici, AIDED DNR "OFF" - con apparecchi acustici con DNR disattivato, AIDED DNR "ON" - con apparecchi acustici con DNR attivo) e sono rappresentate sull'asse delle ascisse.

La variabile dipendente, invece, è costituita dal punteggio ANL, in quanto varia in base alle condizioni di ascolto, ed è rappresentata sull'asse delle ordinate.

I segmenti adiacenti a ciascun rettangolo rappresentano il minimo e il massimo dei valori.

I rettangoli sono delimitati dal primo e terzo quartile e il segmento che divide ogni rettangolo in due parti rappresenta la mediana.

La X all'interno dei rettangoli, invece, rappresenta la media.

I pazienti in modalità “UNAIDED” hanno ottenuto punteggi che oscillano tra 6dB e 19dB, con una media di 13,93dB.

I pazienti in modalità “AIDED DNR OFF” hanno ottenuto punteggi che oscillano tra 8dB e 20dB, con una media di 13,6dB.

I pazienti in modalità “AIDED DNR ON” hanno ottenuto punteggi che oscillano tra 3dB e 11dB, con una media di 6,67dB.

I risultati mostrano come non ci sia una differenza significativa tra i punteggi ANL ottenuti senza apparecchi acustici indossati, e i punteggi ANL ottenuti con apparecchi acustici indossati con DNR disattivato.

Tuttavia, nel caso di punteggio ANL in modalità “AIDED, DNR OFF” è presente una maggiore variabilità interindividuale rispetto alle condizioni “UNAIDED”.

Comparando, invece, i risultati del test ANL in condizioni DNR “OFF” e DNR “ON” si nota un netto miglioramento dei risultati, passando da una media di 13,6 dB a 6,67 dB.

Si riporta di seguito l'interpretazione dei risultati ANL:

- se ANL minore di 7dB: ottima tolleranza al rumore e buona predisposizione all'utilizzo di un apparecchio acustico;
- se ANL compreso tra 7dB e 13dB: media tolleranza al rumore;
- se ANL maggiore di 13dB: scarsa tolleranza al rumore e maggiore difficoltà di adattamento ad un apparecchio acustico.

I pazienti, dunque, sono partiti in condizioni “UNAIDED” da un punteggio ANL classificabile come “scarsa tolleranza al rumore”, non cambiando sostanzialmente il loro punteggio in modalità AIDED DNR “OFF”.

In condizioni di ascolto AIDED DNR “ON”, tuttavia, è stato riscontrato un miglioramento dei punteggi, così da passare ad un punteggio medio classificabile come “ottima tolleranza al rumore”.

L'*appendice A* mostra nel dettaglio i risultati del test ANL per i 15 pazienti in esame.

4.2 Risultati SPIN test

In secondo luogo, i pazienti sono stati sottoposti al test SPIN, dapprima in modalità UNAIDED, per verificare il livello di partenza di discriminazione verbale nel rumore, successivamente lo stesso test è stato effettuato in modalità AIDED DNR “OFF”, ovvero con apparecchi acustici, con DNR disattivato e, infine, è stato effettuato il test SPIN in modalità AIDED DNR “ON”, ovvero con apparecchi acustici, con DNR attivo.

La *figura 11* mostra i risultati del test SPIN nelle tre diverse modalità di ascolto.

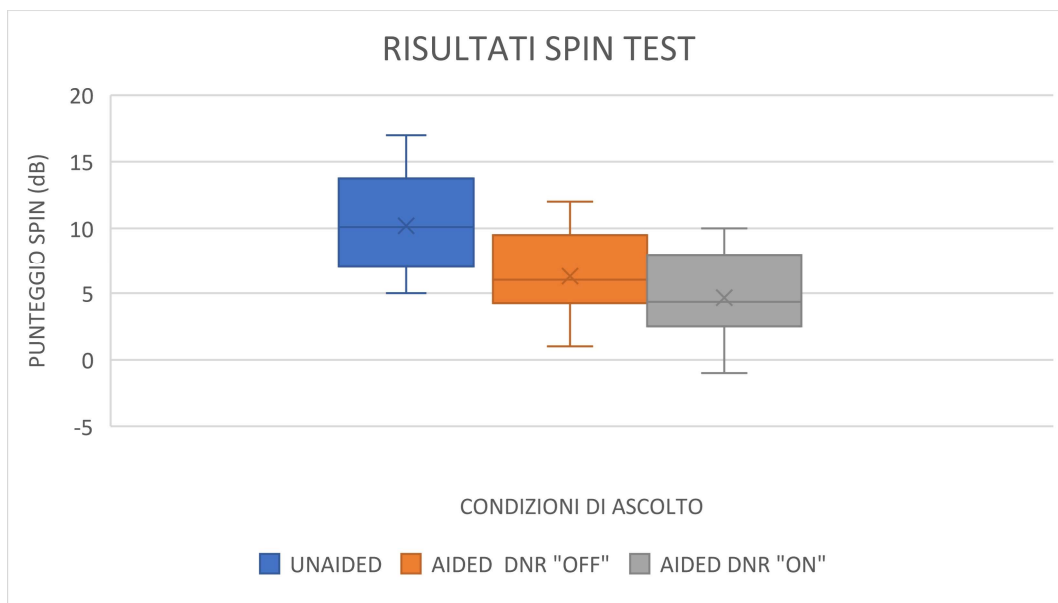


Figura 11. Diagramma a scatola a baffi raffigurante l'oscillazione dei punteggi dello SPIN test nelle tre condizioni di ascolto in esame.

Le variabili indipendenti sono costituite dalle diverse condizioni di ascolto (UNAIDED-senza apparecchi acustici, AIDED DNR "OFF" - con apparecchi acustici con DNR disattivato, AIDED DNR "ON" - con apparecchi acustici con DNR attivo) e sono rappresentate sull'asse delle ascisse.

La variabile dipendente, invece, è costituita dal punteggio SPIN, in quanto varia in base alle condizioni di ascolto, ed è rappresentata sull'asse delle ordinate.

I segmenti adiacenti a ciascun rettangolo rappresentano il minimo e il massimo dei valori.

I rettangoli sono delimitati dal primo e terzo quartile e il segmento che divide ogni rettangolo in due parti rappresenta la mediana.

La X all'interno dei rettangoli, invece, rappresenta la media.

I pazienti in modalità “UNAIDED” hanno ottenuto punteggi che oscillano tra 5dB e 17dB, con una media di 10,2dB.

I pazienti in modalità “AIDED DNR OFF” hanno ottenuto punteggi che oscillano tra 1dB e 12dB, con una media di 6,26dB.

I pazienti in modalità “AIDED DNR ON” hanno ottenuto punteggi che oscillano tra -1dB e 10dB, con una media di 4,67dB.

I risultati mostrano una differenza significativa tra i punteggi SPIN ottenuti senza apparecchi acustici indossati, e i punteggi SPIN ottenuti con apparecchi acustici indossati con DNR disattivato, passando da un punteggio medio di 10,2 dB a 6,26 dB.

Nel caso di punteggio SPIN in modalità “UNAIDED” è presente una maggiore variabilità interindividuale rispetto alle condizioni “AIDED DNR OFF”.

Comparando, invece, i risultati del test SPIN in condizioni DNR “OFF” e DNR “ON” si riscontra un lieve miglioramento, ma non tanto da essere un miglioramento significativo.

Si passa infatti da un risultato medio di 6,26 dB in modalità “DNR OFF”, a un risultato medio di 4,67 dB.

Si riporta di seguito l'interpretazione dei risultati SPIN:

- Da -5 a 0: Cliente predisposto per un'amplificazione naturale;
- Da 1 a 6: Cliente predisposto ad un'amplificazione controllata;
- da 7 a 20: Cliente predisposto ad un'amplificazione molto controllata.

I pazienti, dunque, in condizioni di partenza, senza apparecchio acustico hanno ottenuto punteggi medi classificabili come: “cliente predisposto ad un'amplificazione molto controllata”.

I punteggi di SPIN in modalità “DNR OFF”, invece, sono tali da essere classificati in “cliente predisposto ad un’amplificazione controllata” collocando, dunque, i pazienti in una fascia “media” di intellegibilità nel rumore.

Per quanto riguarda la modalità “DNR ON”, la classificazione rimane invariata rispetto alla modalità “DNR OFF”, poiché i punteggi, pur migliorando di due unità, non sono tali da essere definiti ottimali.

Il miglioramento tra la modalità “DNR OFF” e la modalità “DNR ON”, dunque, è minimo e non fa cambiare la classificazione di abilità nell’intellegibilità nel rumore.

Si potrebbe ottenere un risultato più chiaro del dato aumentando il campione in analisi.

L’*appendice B* mostra nel dettaglio i risultati del test SPIN per i 15 pazienti in esame.

4.3 Analisi statistica

Per verificare quanto i dati ottenuti risultino statisticamente significativi (ossia se riflettono reali differenze anche nella popolazione oppure se sono solamente legate al caso) è stata eseguita un’analisi statistica dei dati per le condizioni DNR OFF e DNR ON per ciascuno dei due test effettuati (ANL test e SPIN test).

È stata calcolata la deviazione standard (SD), indice di quanto i singoli risultati dei singoli partecipanti si distanzino dalla media aritmetica.

È stato poi calcolato l’errore standard della media (SEM), una stima di quanto la media del campione si avvicini alla media della popolazione. Più l’errore standard è piccolo, più la media del campione si avvicinerà alla media della popolazione.

Nelle *tabelle I e II* è possibile visualizzare i risultati ottenuti.

ANL TEST- tabella I**SPIN TEST- tabella II**

	DNR OFF	DNR ON		DNR OFF	DNR ON
Media	13,60	6,40	Media	6,27	4,67
SD	3,68	2,92	SD	3,47	3,44
SEM	0,95	0,75	SEM	0,90	0,89
N	15	15	N	15	15

In seguito, è stato effettuato il test t di Student per campioni indipendenti, per determinare se c'è una differenza statisticamente significativa tra le medie dei due gruppi (DNR ON e DNR OFF) per ciascuno dei due test effettuati.

TEST T PER I RISULTATI DI ANL TEST:

Nel confronto tra le medie dei risultati di ANL test in condizioni DNR ON e DNR OFF è stato, in primo luogo, calcolato il *p-value* che risulta estremamente piccolo e $<0,0001$.

Secondo i criteri convenzionali, questa differenza è considerata estremamente statisticamente significativa.

Per il test t di student è stata calcolata la differenza tra le medie dei risultati (DNR OFF-DNR ON). Tale differenza risulta=7,20.

L'intervallo di confidenza al 95% di questa differenza è compreso tra 4,71 e 9,69.

Il valore t è compreso nell'intervallo di confidenza ed =5,9337.

È possibile, dunque, affermare che la differenza tra i risultati di ANL test in modalità DNR OFF e DNR ON è estremamente significativa.

TEST T PER I RISULTATI DI SPIN TEST:

Nel confronto tra le medie dei risultati di SPIN test in condizioni DNR ON e DNR OFF è stato, in primo luogo, calcolato il *p-value* che risulta =0,2152.

Secondo i criteri convenzionali, questa differenza è considerata non statisticamente significativa.

Per il test t di student è stata calcolata la differenza tra le medie dei risultati (DNR OFF-DNR ON). Tale differenza risulta=1,60.

L'intervallo di confidenza al 95% di questa differenza è compreso tra -0,98 e 4,18.

Il valore t è compreso nell'intervallo di confidenza ed =1,262.

È possibile, dunque, affermare che la differenza tra i risultati di ANL test in modalità DNR OFF e DNR ON non è statisticamente significativa.

4.4 Discussione

I punteggi ricavati con ANL test e SPIN test offrono una visione chiara dei risultati ottenuti dal presente studio.

Analizzando, in prima luogo, i risultati di ANL test, si può notare come il DNR influisca significativamente sulla tolleranza del rumore di fondo in presenza di materiale verbale.

In particolare, avendo ottenuto punteggi medi di 6,4 dB con apparecchi acustici con DNR attivo, e comparandoli con i punteggi medi ottenuti con apparecchi acustici con DNR disattivato (13,6 dB), è possibile affermare che il DNR ha migliorato significativamente la tolleranza del rumore.

Tutti i partecipanti allo studio hanno ottenuto un miglioramento del test ANL e solamente 5 pazienti su 15 rientrano nei punteggi classificati come “media tolleranza al rumore”, mentre i restanti 10 pazienti rientrano nel range “ottima tolleranza al rumore”.

Considerando i punteggi di partenza dei singoli soggetti (senza apparecchi acustici), solo 2 su 15 partivano da un punteggio ANL considerato ottimale (6dB), 4 pazienti su 15 avevano una “media tolleranza al rumore”, mentre 9 partecipanti su 15 hanno ottenuto punteggi tali da essere considerati come “scarsa tolleranza al rumore”. Questo risultato era prevedibile, in quanto è stato dimostrato in letteratura come pazienti affetti da ipoacusia neurosensoriale presentano una ridotta tolleranza al rumore (Carhart & Tillman, 1970).

In particolare, dalla modalità UNAIDED alla modalità AIDED DNR ON è stata riscontrata una variazione percentuale iniziale pari a -54,07%, mentre dalla modalità DNR OFF alla modalità DNR ON la variazione percentuale è pari a -52,94%.

Per variazione percentuale si intende il valore percentuale che esprime la differenza tra il valore finale e il valore iniziale di una grandezza in termini percentuali, considerando come valore di riferimento quello iniziale.

Considerando che al diminuire del valore ANL migliora la tolleranza del rumore di fondo, i risultati dell’ANL test suggeriscono che il DNR abbia apportato un miglioramento della tolleranza al rumore di fondo di circa il 50%.

La *figura 12* mostra la distribuzione dei punteggi ANL ottenuti per i 15 partecipanti allo studio. È evidente un netto miglioramento in condizioni DNR ON.

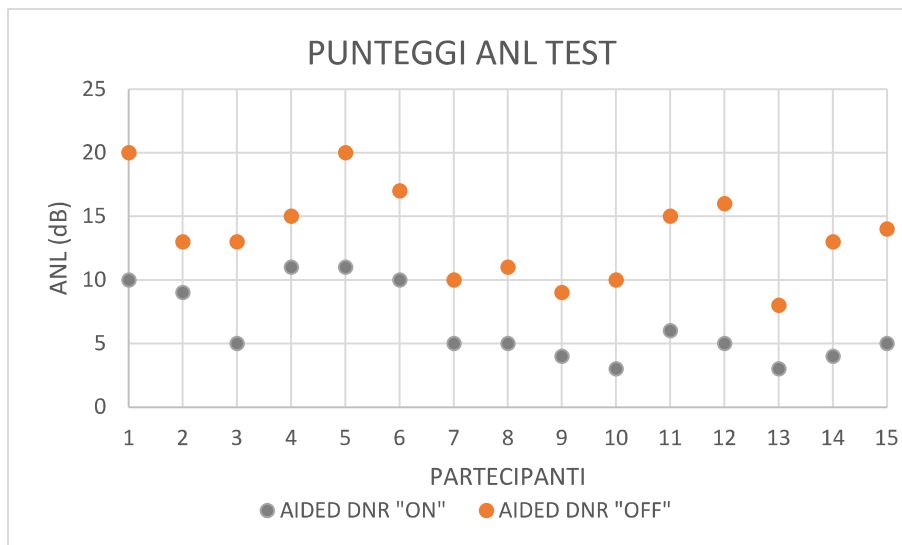


Figura 12. Grafico a dispersione raffigurante la distribuzione dei punteggi ANL in modalità AIDED DNR OFF e AIDED DNR ON per ogni singolo partecipante allo studio. È evidente come solamente 5 punteggi su 15 in modalità DNR ON siano collocati al di sopra di 7 dB (valore al di sotto del quale si può affermare che il paziente abbia un'ottima tolleranza al rumore).

10 pazienti su 15 in modalità DNR ON, dunque, rientrano nel range al di sotto di 7dB, considerato ottimale.

Al contrario, analizzando la modalità DNR OFF, nessun dato si trova al di sotto di 7dB, 8 punteggi su 15 si trovano tra 7 e 13 dB (media tolleranza al rumore) e 7 punteggi su 15 si trovano al di sopra di 13 dB (scarsa tolleranza al rumore).

È possibile notare come, in alcuni pazienti, i punteggi ANL siano peggiorati in modalità AIDED DNR OFF rispetto alla modalità UNAIDED.

Si può ipotizzare, dunque, che in caso di DNR disattivato, per quanto riguarda la tolleranza del rumore di fondo in presenza di materiale verbale,

si potrebbero avere dei peggioramenti rispetto alla condizione UNAIDED (senza apparecchio acustico).

Tale dato è ben visibile nella *figura 13*.

Per ottenere una visione più completa e più chiara di ciò, tuttavia, sarebbe interessante ampliare il campione in analisi.

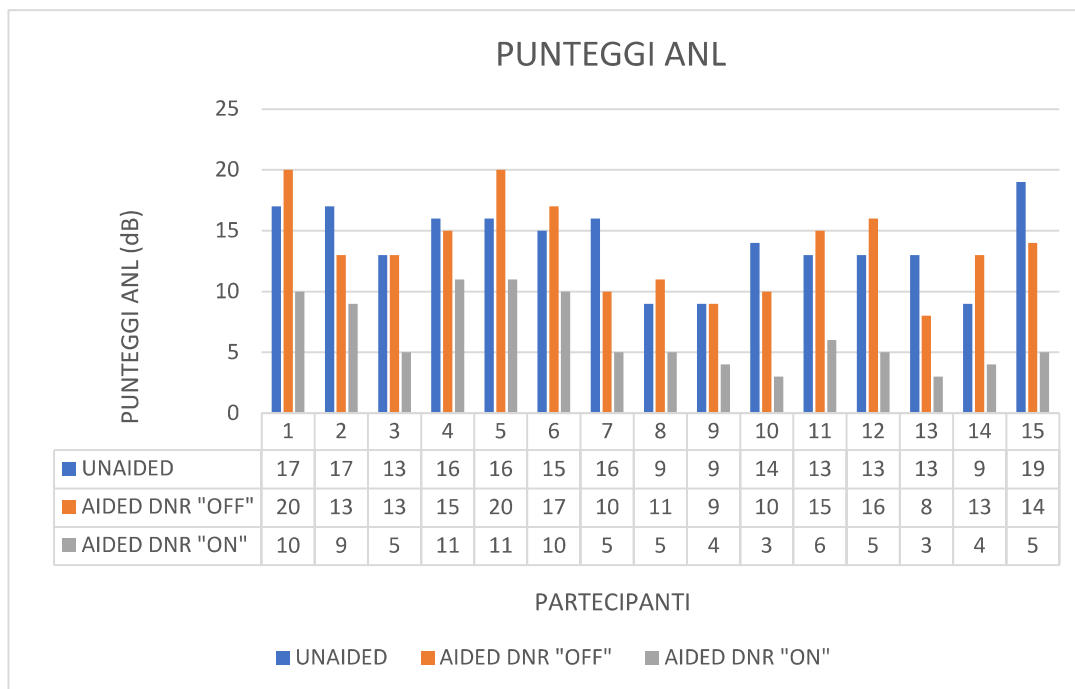


Figura 13. Istogramma a colonne raggruppate raffigurante, per ogni partecipante, i risultati del test ANL nelle tre diverse modalità di ascolto.

È possibile notare come, per 5 pazienti su 15, i punteggi ANL in modalità UNAIDED DNR OFF sono peggiori rispetto alla modalità UNAIDED.

Analizzando, in secondo luogo, i risultati di SPIN test, invece, non è possibile notare un miglioramento significativo dei risultati in modalità DNR ON rispetto alla modalità DNR OFF.

La differenza media tra i risultati in modalità DNR OFF (6,27dB) e quelli in modalità DNR ON (4,7dB), infatti, è di soli 1,57dB e, dunque la differenza

tra i punteggi non risulta tale da cambiare la classificazione dei punteggi SPIN.

13 pazienti su 15 hanno ottenuto un miglioramento dei risultati tra la modalità DNR OFF e la modalità DNR ON (in media di 1,84 dB), ma tale incremento non contribuisce a dare al paziente un netto miglioramento dell'intellegibilità in presenza di rumore.

2 pazienti su 15, invece, hanno mantenuto invariati i loro risultati, sia con DNR OFF, sia con DNR ON.

In entrambe le modalità di ascolto, in media, i pazienti rientrano nel range di punteggi compresi tra 1 e 6 e, dunque, "media intellegibilità in presenza di rumore di fondo".

In particolare, solo 3 pazienti su 15 in modalità DNR ON rientrano nel range di punteggi classificabili come "ottima intellegibilità nel rumore", 7 pazienti su 15 rientrano nel range classificabile come "media intellegibilità in presenza nel rumore" e 5 pazienti su 15 rientrano in "scarsa intellegibilità nel rumore".

Considerando i punteggi di partenza dei singoli soggetti (senza apparecchi acustici), la media dei punteggi SPIN è di 10,2 dB, dunque classificabile come "scarsa intellegibilità nel rumore".

In particolare, 12 pazienti su 15 avevano un punteggio di partenza classificabile come "scarsa intellegibilità nel rumore" e i restanti 3 partecipanti erano classificabili come "media intellegibilità nel rumore".

È evidente un netto miglioramento tra la modalità UNAIDED e la modalità UNAIDED DNR OFF, al contrario dei punteggi di ANL test.

Dalla modalità UNAIDED (senza apparecchi acustici) alla modalità DNR OFF, si è riscontrata una variazione percentuale di -38,56%, dalla modalità UNAIDED alla modalità DNR ON si riscontra una variazione percentuale di -54,24%, mentre dalla modalità DNR OFF alla modalità DNR ON la variazione percentuale è del 25,53%.

La *figura 14* mostra la distribuzione dei punteggi SPIN ottenuti per i 15 partecipanti allo studio. È evidente un netto miglioramento in condizioni DNR ON.

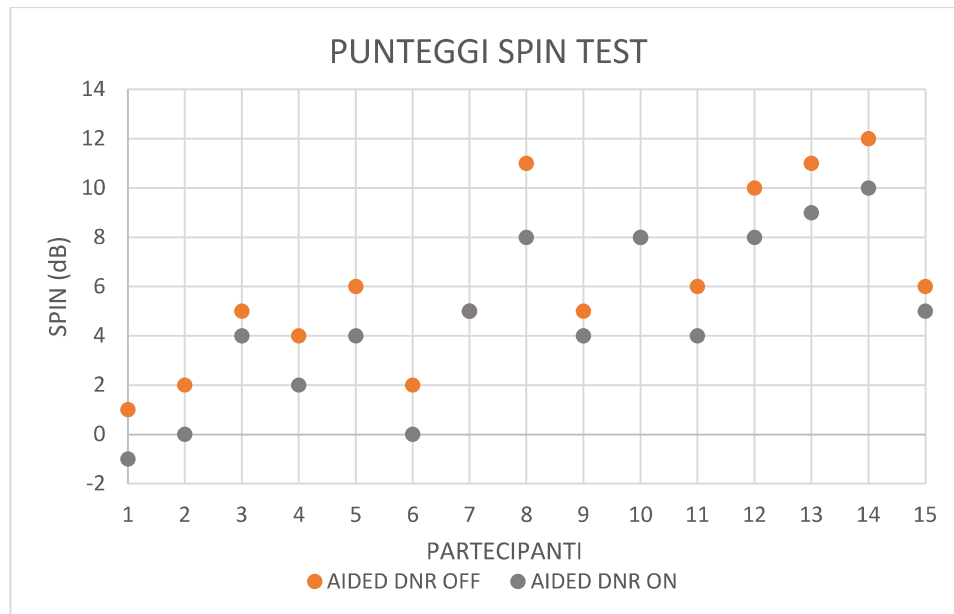


Figura 14. Grafico a dispersione raffigurante la distribuzione dei punteggi SPIN in modalità AIDED DNR OFF e AIDED DNR ON per ogni singolo partecipante allo studio. È evidente come solamente 3 punteggi su 15 in modalità DNR ON siano ≤ 0 (valore al di sotto del quale si può affermare che il paziente abbia un'ottima intellegibilità nel rumore).

Analizzando, invece, la modalità DNR OFF, si nota come per ogni partecipante il risultato SPIN sia peggiore, ma di poche unità (differenza da 0 a 3 dB).

5. CONCLUSIONI

Lo scopo primario del presente studio è determinare l'efficacia degli algoritmi di riduzione digitale del rumore (DNR) attraverso la somministrazione di due diversi test: ANL test e SPIN test.

Da tale ricerca si è evinto come, per quanto riguarda l'accettazione del rumore di fondo (indagata attraverso l'ANL test), il DNR attivo migliora significativamente le performance dei partecipanti allo studio.

Ciò è evidente comparando i risultati del test ANL in modalità DNR OFF e in modalità DNR ON. La differenza media tra i due test porta ad un miglioramento significativo dell'accettazione del rumore di fondo.

Questo risultato è in linea con gli studi in letteratura eseguiti in precedenza (Alcantara et al, Mueller et al, Lowery & Plyler).

Per quanto riguarda, invece, i risultati del test SPIN, si è giunti alla conclusione che il DNR attivo migliora di poche unità i risultati del test, e tale miglioramento non può essere ritenuto statisticamente significativo.

Dai risultati ottenuti con il test SPIN sembrerebbe che il DNR non porti evidenti benefici nell'intelligibilità del parlato in presenza di rumore di fondo.

A proposito di quest'ultimo punto, sarebbe interessante verificare i risultati ottenuti su un campione di ampiezza maggiore, essendo questo studio condotto su un campione di limitata numerosità.

Da tale ricerca, inoltre, si è evinto che, per quanto riguarda l'ANL test, in alcuni pazienti, i punteggi siano peggiorati in modalità AIDED DNR OFF rispetto alla modalità UNAIDED.

Si può ipotizzare, dunque, che in caso di apparecchi acustici indossati, con DNR disattivato, si potrebbero avere dei peggioramenti rispetto alla condizione UNAIDED (senza apparecchio acustico).

Potrebbe essere di particolare interesse analizzare in quali pazienti e con quali perdite uditive si riscontra un peggioramento del comfort dell'udibilità con gli apparecchi acustici (con DNR non attivo).

Sarebbe interessante, per di più, aprire una ricerca su diversi tipi di pazienti, con diversi punteggi ANL e SPIN UNAIDED e verificare, in base a questi ultimi, le relazioni con i punteggi ottenuti in modalità AIDED DNR ON e AIDED DNR OFF. A tal proposito, il dato poco significativo di SPIN test ottenuto dalla presente ricerca potrebbe risultare più significativo se si raffinasse il campione in base al punteggio UNAIDED.

I test utilizzati per condurre questo studio (ANL test e SPIN test), per giunta, potrebbero costituire degli ottimi strumenti di valutazione audioprotesica da inserire nella best practice di una corretta e completa valutazione audioprotesica.

I due test potrebbero essere inseriti in un protocollo di indagine audioprotesica pre-applicativa, in modo da offrire un counselling completo e fornire adeguate aspettative rispetto ad una protesizzazione.

Entrambi i test, infatti, risultano molto utili per valutare in primis quali risultati aspettarci da una protesizzazione e, dunque, prevedere il successo di un'applicazione protesica.

I risultati di ANL test e SPIN test per ciascun paziente, per di più, potrebbero indirizzare l'audioprotesista a scegliere un apparecchio di una tecnologia che si concentri più sull'utilizzo di DNR (nel caso di punteggi ANL e SPIN elevati), oppure se scegliere apparecchi con tecnologia con DNR che agisca limitatamente.

I due test, inoltre, accompagnati da altri test di verifica audioprotesica, potrebbero avere una grande utilità nel controllo del fitting protesico.

L'ANL test, infatti, dà all'audioprotesista una chiara idea dell'accettazione del rumore di fondo da parte del paziente, e questo dato è fondamentale sia in una fase preliminare dell'applicazione protesica, sia nei controlli successivi.

Lo SPIN test, d'altra parte, offre un dato fondamentale: quello di indagare sulla comprensione da parte del paziente del parlato in presenza di rumore di fondo.

Questi ultimi dati sono altrettanto fondamentali in quanto forniscono informazioni sulla difficoltà oggettiva che ha il paziente nel comprendere il parlato in situazioni reali, di vita quotidiana.

Sarebbe quindi utile ricorrere ad entrambi i test in fase pre e post-fitting.

Utilizzare SPIN test e ANL test come test di routine, inoltre, potrebbe risultare vantaggioso in quanto, in base ai risultati ottenuti con essi, si potrebbe intervenire direttamente sul DNR degli apparecchi acustici e attivarlo a gradi differenti di intervento, e non solo in modalità completamente attiva.

Inoltre, è evidente come, per quanto riguarda la tolleranza del rumore (indagata attraverso l'ANL test) si abbia un miglioramento netto dei risultati in modalità DNR ON rispetto alla modalità DNR OFF, mentre ciò non accade con l'intelligibilità nel rumore (indagata attraverso lo SPIN test).

Si può ipotizzare che si abbia un maggior successo nel test ANL poiché le variabili in gioco sono diverse rispetto allo SPIN test. Per quanto riguarda l'intelligibilità nel rumore, infatti, sono coinvolti più fattori, anche a livello cerebrale (attenzione selettiva, declino cognitivo, memoria a breve...).

Per concludere, dunque, si può affermare che i risultati ottenuti suggeriscono che il DNR migliora significativamente il comfort nel rumore (lo dimostrano i risultati dell'ANL test), mentre contribuisce ad incrementare, ma non significativamente, l'intelligibilità del parlato nel rumore (lo dimostrano i risultati dello SPIN test).

Ampliando il campione in analisi, si potrebbe verificare in modo più attendibile e chiaro quanto dimostrato da tale ricerca.

BIBLIOGRAFIA

- Alcantara , J., Moore, B., Kuhnel, V., & Launer, S. (2003). Evaluation of the noise reduction system in a commercial digital hearing aid. *International Journal of Audiology*, 34-42.
- Bilger , R., Nuetzel, J., Rabinowitz, W., & Rzeczkowski, C. (1984). Standardization of a test of speech perception in noise.
- Boymans, M., & Dreschler WA. (2000). Field trials using a digital hearing aid with active noise reduction and dual-microphone directionality. *Audiology*, 260-268.
- Burdo, S. (2013). Hearing aid and cochlear implant in the elderly. *Frontiera ORL*, 10-22.
- Carhart, R., & Tillman, T. (1970). Interaction of Competing Speech Signals With Hearing Losses.
- Conway, A., Cowan, N., & Bunting, M. (2001). The Cocktail Party Phenomenon Revisited: The Importance of Working Memory Capacity. *Psychonomic Bulletin & Review* .
- Coon, D., & Mitterer, J. (2011). *Psicologia Generale*. UTET UNIVERSITA'.
- Dotti, M. (2018). OpenSound Navigator. In U. Ambrosetti, F. Di Bernardino, & L. Del Bo, *Audiologia Protesica*. Torino: Edizioni Minerva Medica.
- Gates, G. e. (2002). Effects of age on the distortion product otoacoustic emission growth functions. *Hearing Research*.
- Ghiselli, S. (2019). *Memoria di lavoro e attenzione selettiva in interpretazione: sviluppo cognitivo e strategie di potenziamento*. Bologna.
- Kuk, F., & Keenan, D. (2006). How do vents affect hearing aid performance? *Hear Rev*, 36, 38, 40, 42.
- Levitt, H. (2001). Noise reduction in hearing aids: a review. *Journal of Rehabilitation Research and* , 111–121.

- Marcato, M. (2020, Luglio). *Test audioprotesici per una corretta protesizzazione del paziente*. Tratto da orl.news: <https://orl.news/test-audioprotesici-per-una-corretta-protesizzazione-del-paziente/>
- Mueller, G., Weber, J., & Hornsby, B. (2006). The Effect of Digital Noise Reduction on the Acceptance of Background Noise. *Trends in Amplification*, 83-94.
- Murra D., G. P. (2015). Suono e rumore: una differenza "spettrale". *Energia, Ambiente e Innovazione*.
- Nabelek, A., Tucker, F., & Letowski, T. (1991). Toleration of background noises: relationship with patterns of hearing aid use by elderly persons. *J Speech Hear Res.*, 679-685.
- Ning, H., Ng, E., Rudner, M., Lunner, T., Perdersen, M. S., & Rönnerberg, J. (2013). Effects of noise and working memory capacity on memory processing of speech for hearing-aid users.
- Pavani, F. (2021). Percepire la scena acustica con l'impianto cocleare. In *Logopedia e comunicazione*.
- Peeters, H., Kuk, F., Lau, C.-c., & Keenan, D. (2009). Subjective and Objective Evaluation of Noise. *Journal of the American Academy of Audiology*, 89–98.
- Prosser, S., & Martini, A. (2013). Argomenti di Audiologia. In S. Prosser, & A. Martini. OMEGA EDIZIONI.
- Ricketts, T. (2001). Directional hearing aids. *Trends in Amplification*, 139-174.
- Sarampalis, A., Kalluri, S., Edwards, B., & Hafter, E. (2009). Objective measures of listening effort: effects of background noise and noise reduction.
- Shinn-Cunningham, B. G., & Best, V. (2008). *Selective attention in normal and impaired hearing*.
- Widex. (2007). *Il suono e l'udito*.

APPENDICI

APPENDICE A

RISULTATI ANLTEST			
Partecipanti	UNAIDED	AIDED DNR "OFF"	AIDED DNR "ON"
1	17	20	10
2	17	13	9
3	13	13	5
4	16	15	11
5	16	20	11
6	15	17	10
7	16	10	5
8	6	11	5
9	6	9	4
10	14	10	3
11	13	15	6
12	13	16	5
13	13	8	3
14	7	13	4
15	19	14	5
MEDIA	13,93333333	13,6	6,4

Tabella raffigurante nel dettaglio i risultati del test ANL per i 15 partecipanti allo studio. Il colore rosso indica i risultati che rientrano in "scarsa tolleranza al rumore", il giallo "media tolleranza al rumore" e il verde "ottima tolleranza al rumore".

APPENDICE B

RISULTATI SPIN TEST			
Partecipanti	UNAIDED	AIDED DNR "OFF"	AIDED DNR "ON"
1	5	1	-1
2	7	2	0
3	13	5	4
4	12	4	2
5	10	6	4
6	5	2	0
7	6	5	5
8	17	11	8
9	8	5	4
10	11	8	8
11	14	6	4
12	14	10	8
13	14	11	9
14	7	12	10
15	10	6	5
MEDIA	10,2	6,266667	4,666667

Tabella raffigurante nel dettaglio i risultati del test SPIN per i 15 partecipanti allo studio. Il colore rosso indica i risultati che rientrano in "scarsa intellegibilità nel rumore", il giallo "media intellegibilità nel rumore" e il verde "ottima intellegibilità nel rumore".

