

UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Neuroscienze – DNS

Corso di Laurea in Tecniche Audioprotesiche

Presidente Prof. Gino Marioni

L'influenza del rumore di fondo e  
dell'illuminazione nella comprensione del  
parlato: confronto tra utenti di apparecchi  
acustici e normoudenti tramite un  
questionario ad hoc

Relatore: Dott. Notarianni Lorenzo

Laureando/a:

Cutrerà Riccardo

Matricola:2051020

**ANNO ACCADEMICO 2023/24**



## INDICE

### INTRODUZIONE

#### **CAPITOLO 1. Contestualizzazione del problema e impatto sulla vita.**

1.2 Il fenomeno del cocktail party e l'ascolto selettivo. ....	6
1.3 Il ruolo dell'attenzione nella percezione del parlato.....	9
1.4 Processi cognitivi implicati nell'ascolto in ambienti complessi.....	10
1.5 L'ipoacusia e il suo impatto sui processi cognitivi.....	13

#### **CAPITOLO 2. Correlazione fatica uditiva e sforzo visivo: raccolta di studi sull'aiuto della pupillometria nel quantificare il carico cognitivo.**

2.1 Influenza di fattori ambientali sulla comprensione del parlato: Interazione tra stimoli visivi ed elaborazione uditiva.....	14
2.2 Risultati esperimento 1.....	16
2.3 Risultati esperimento 2.....	16

#### **CAPITOLO 3 : Impatto dell'ipoacusia sulla quotidianità**

3.1 Spiegazione del questionario: "First Quality-of-Life Questionnaire	
--	--

(HLQOL).....18

3.2 Analisi e discussione dei vari punteggi ottenuti dal questionario.....20

## **CAPITOLO 4. ANALISI STATISTICHE, DISCUSSIONE E RACCOLTA DEI DATI DEL QUESTIONARIO**

4.1 Raccolta dei dati relativi alla domanda sugli acufeni con successiva interpretazione dei dati raccolti.....24

4.2 Raccolta e analisi dei dati ottenuti in risposta alla domanda sulla frequenza di partecipazione ad eventi sociali.....25

4.3 Raccolta dei dati relativi al fastidio e l'impatto dato dal rumore di fondo durante gli eventi sociali.....26

4.4 Raccolta dei dati sulle strategie di gestione del fastidio uditivo durante gli eventi sociali.....28

4.5 Analisi delle Strategie Utilizzate per Superare i Rumori di Fondo.....29

4.6 Possibili Spiegazioni delle Differenze ottenute tra i due gruppi del campione..32

4.7 Raccolta dei dati relativi all'aiuto dato dall'illuminazione nella comprensione del parlato in ambienti rumorosi. ....33

**CONCLUSIONI.....35**

**BIBLIOGRAFIA.....39**

**RINGRAZIAMENTI.....41**

### **Abstract in Italiano**

La comprensione del parlato in ambienti rumorosi rappresenta una delle sfide principali per le persone con perdita uditiva, che si affidano all'uso di apparecchi acustici per migliorare la loro esperienza uditiva. Questa ricerca esplora l'influenza del rumore di fondo e delle condizioni di illuminazione sulla comprensione del parlato, confrontando le performance uditive di individui normoudenti e utenti di apparecchi acustici. I risultati hanno confermato l'impatto del rumore di fondo sulla comprensione del parlato, con un effetto più pronunciato sugli utenti di apparecchi acustici, a causa delle limitazioni tecnologiche nel filtrare efficacemente le fonti sonore indesiderate. Inoltre, è emerso un potenziale ruolo dell'illuminazione ambientale nel migliorare la comprensione del parlato, facilitando l'uso di segnali visivi complementari come la lettura delle labbra. La ricerca ha evidenziato l'importanza di sviluppare tecnologie uditive più avanzate, in grado di affrontare situazioni di ascolto complesse, e di considerare fattori ambientali, come l'illuminazione, per migliorare l'esperienza comunicativa degli utenti di apparecchi acustici. I limiti dello studio includono il controllo delle variabili ambientali, che non è stato possibile prevedere completamente, dato che i partecipanti hanno dovuto auto-riferire la loro esperienza in base alla memoria. Studi futuri potrebbero esplorare l'integrazione di tecnologie acustiche e visive per una riabilitazione uditiva più completa.

### **Abstract in English**

Speech comprehension in noisy environments is one of the major challenges for individuals with hearing loss, who rely on hearing aids to improve their auditory experience. This study explores the impact of background noise and lighting conditions on speech comprehension, comparing the auditory performance of normal-hearing individuals and hearing aid users. The results confirmed the significant impact of background noise on speech comprehension, with a more pronounced effect on hearing aid users due to the technological limitations in effectively filtering out unwanted sound sources. Additionally, a potential role of

environmental lighting was identified in enhancing speech comprehension by facilitating the use of complementary visual cues, such as lip-reading. The research emphasized the need for the development of more advanced hearing technologies capable of handling complex listening situations, and the importance of considering environmental factors like lighting to improve the communicative experience for hearing aid users. The limitations of the study include the control of environmental variables, which could not be fully anticipated, as participants had to self-report their experiences based on memory. Future studies could explore the integration of both acoustic and visual technologies for a more comprehensive auditory rehabilitation approach.

## **INTRODUZIONE**

La comunicazione verbale rappresenta uno degli aspetti fondamentali delle interazioni umane, consentendo di trasmettere informazioni, emozioni e idee. Tuttavia, la capacità di comprendere il parlato può essere significativamente influenzata da fattori ambientali, come la presenza di rumore di fondo e le condizioni di illuminazione. Questi elementi costituiscono un'importante sfida, soprattutto per le persone con perdita uditiva, che spesso si affidano all'uso di apparecchi acustici per migliorare la propria percezione sonora e la qualità della vita.

L'analisi delle differenze nella comprensione del parlato in ambienti rumorosi tra utenti di apparecchi acustici e individui normoudenti rappresenta un campo di studio cruciale nell'audiologia. Gli apparecchi acustici, infatti, sebbene progettati per migliorare l'accesso ai segnali sonori, non sempre riescono a compensare pienamente le difficoltà uditive in situazioni di ascolto complesso, come quelle caratterizzate dal Cocktail Party Effect. Inoltre, recenti studi suggeriscono che anche fattori visivi, come l'illuminazione ambientale, possano avere un ruolo nella percezione del parlato, influenzando la capacità di utilizzare segnali visivi complementari, come la lettura delle labbra.

Questa tesi si propone di esplorare come il rumore di fondo e l'illuminazione incidano sulla comprensione del parlato, confrontando due gruppi distinti: individui normoudenti e utenti di apparecchi acustici. Attraverso l'utilizzo di strumenti standardizzati e questionari specifici, lo studio si pone l'obiettivo di analizzare e quantificare le differenze tra questi due gruppi in condizioni ambientali controllate.

I risultati di questa ricerca potranno fornire un contributo significativo alla comprensione delle difficoltà quotidiane affrontate dagli utenti di apparecchi acustici, evidenziando le aree in cui è possibile intervenire per migliorare le tecnologie uditive e sviluppare strategie di riabilitazione più efficaci.

## **Capitolo 1. Contestualizzazione del problema e impatto sulla vita.**

La presenza di rumore di sottofondo, spesso sottovalutata, può avere un impatto significativo sulla cognizione umana e sulla qualità della vita. Per approfondire e contestualizzare meglio questa problematica, una revisione sistematica di **Thompson R et al 2022 [2]** ha analizzato le più recenti evidenze epidemiologiche sugli effetti negativi del rumore ambientale. L'analisi combina 16 nuovi studi con i 32 già esaminati da Clark & Paunovic (2018), adottando il framework GRADE per valutare la robustezza delle associazioni individuate. Inoltre, sono state condotte meta-analisi utilizzando modelli ad effetti casuali, ove possibile, per garantire una sintesi statistica rigorosa dei risultati.

I risultati principali includono:

- **Impatto sul rendimento scolastico:** Una meta-analisi su 3 studi ha mostrato che i punteggi di comprensione della lettura in aule silenziose erano mediamente 0.80 punti più alti rispetto a quelli in aule rumorose.
- **Effetti del rumore ambientale:** Un aumento di 1 dB nel rumore ambientale era associato a una riduzione delle abilità di lettura e linguaggio (coefficiente  $\beta$ : -0.11).
- **Esposizione residenziale al rumore:** Le persone di età superiore ai 45 anni con esposizione residenziale elevata avevano una maggiore probabilità di sviluppare deficit cognitivi (OR: 1.40).

Le evidenze qualitative suggeriscono:

- **Associazione confermata:** Alta qualità delle prove sull'impatto del rumore ambientale sulla cognizione negli adulti di mezza età e anziani.
- **Associazioni moderate:** Il rumore degli aerei influisce su lettura e linguaggio nei bambini, ma non sulle funzioni esecutive.
- **Letteratura generale:** Supporta un'associazione con altri esiti cognitivi, ma le prove sono di qualità bassa o molto bassa.

Per gli autori le attuali evidenze indicano che l'esposizione al rumore influisce sulla cognizione, ma sono necessari ulteriori studi di alta qualità con metodologie standardizzate per stimare con precisione i rischi e condurre meta-analisi più ampie. Si evidenzia, inoltre, la necessità di approfondire l'impatto del rumore su adolescenti più grandi, giovani adulti e gli effetti sinergici del rumore con l'inquinamento atmosferico, soprattutto in aree meno studiate come Africa, America Latina, Asia Meridionale e Australasia.

### **1.2 Il fenomeno del cocktail party e l'ascolto selettivo.**

Ogni giorno, le nostre orecchie intercettano un'infinita varietà di onde sonore. Questo flusso continuo di stimoli si intreccia per dar vita a un panorama uditivo ricco e complesso, un universo di suoni in cui siamo costantemente immersi e che accompagna ogni istante della nostra vita. *Bregman, A. S. 2008 [3]*

L'analisi della scena uditiva, ossia la capacità di distinguere e separare le caratteristiche sonore provenienti da diverse fonti che si sovrappongono, rappresenta un elemento cruciale per individuare e isolare informazioni rilevanti all'interno di un ambiente sonoro complesso. Questo concetto è stato approfondito da Albert Bregman nel suo studio pionieristico sull'analisi della scena uditiva, che ha gettato le basi per comprendere come il nostro cervello organizza e interpreta il mondo dei suoni che ci circonda.

Le situazioni dove vi sono suoni derivanti da più fonti sonore sovrapposte che quindi entrano in competizione fra loro sono ambienti sonori definiti "complessi"

dove appunto automaticamente viene fatta un'analisi della scena uditiva così da farci concentrare selettivamente sulla fonte sonora per noi più rilevante.

Per capire meglio questo fenomeno sono stati fatti diversi studi sul fenomeno del cocktail party ovvero un'involontaria capacità di udito selettivo che ci consente di concentrarci su un suono target nell'insieme di altre fonti sonore.

Il primo studio volto a comprendere come le persone ascoltano in ambienti sonori complessi risale agli anni '50 ed è attribuito allo scienziato inglese Colin Cherry. Fu lui a descrivere per la prima volta il fenomeno noto come "Cocktail Party".

Cherry condusse un esperimento sull'ascolto selettivo, nel quale ai partecipanti venivano fatte ascoltare due conversazioni sovrapposte attraverso una cuffia, con l'obiettivo di prestare attenzione a una sola delle due. I risultati mostrarono che i soggetti, nonostante l'esposizione simultanea a due fonti sonore in competizione, riuscivano a concentrarsi e seguire la conversazione prescelta, dimostrando la sorprendente capacità del sistema uditivo umano di filtrare e isolare i suoni rilevanti all'interno di un contesto complesso.

Questo studio dello scienziato inglese fu poi elaborato negli anni successivi poiché sono molteplici i fattori esterni che influiscono sulla nostra percezione uditiva.

Alcuni fattori esterni quindi legati all'ambiente ma che indirettamente influiscono sulla nostra percezione uditiva dipendono anche da dove proviene il suono:

Uno studio fatto da scienziati di un'università Californiana diede i seguenti sviluppi:

Quando le voci sono distanziate ponendo ad esempio 3 fonti sonore in diverse posizioni con differenti angolazioni rispetto all'ascoltatore è più facile comprendere un messaggio simultaneo rispetto a quando tutte le voci provengono da una stessa direzione, ponendo minor attenzione alle altre fonti sonore.

***Figura 1***

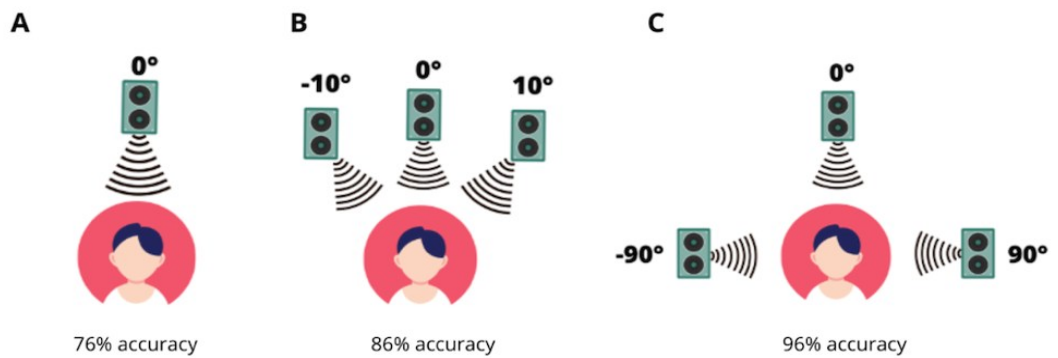


Figure 1 The sound waves represent the simultaneous signal being produced by the speakers. As you can see, the more separated, the speakers are accuracy scores improve.

### 1.3 Il ruolo dell'attenzione nella percezione del parlato.

Il focalizzarsi sulla singola fonte sonora però non esclude che tutte le altre informazioni non prese in considerazione non siano inconsciamente ascoltate, il modello prova di questo fenomeno è quando in un ambiente acusticamente complesso stiamo ascoltando una conversazione e all'improvviso viene pronunciato il nostro nome e noi riusciamo a sentirlo. *Lee M. Miller "Neural mechanisms of attention to speech in Neurobiology of language." 2016 [4]*

L'ascolto selettivo, quindi, è l'insieme di fattori esterni in correlazione a importanti funzioni e processi cognitivi.

Uno dei principali processi cognitivi implicato nell'udito selettivo è l'attenzione. L'attenzione è una dimensione psicologica fondamentale per lo svolgimento di processi come la percezione, memoria, ascolto ed emozione.

L'attenzione è quindi la capacità di dirigere e focalizzare le risorse psichiche a disposizione in un dato momento su aspetti specifici della realtà escludendone altri, escludendo determinati stimoli e concentrarsi su altri ci consente di dare risposta allo stimolo cui siamo interessati senza rimanere bloccati dagli altri stimoli irrilevanti. *Gennaro A, Lineamenti di psicologia generale 2004. [5]*

Vi sono diversi modelli di attenzione che formano il filtro sensoriale che ci rende capaci di analizzare e focalizzarci su un determinato stimolo.

Gli altri stimoli meno rilevanti non vengono eliminati ma vengono anche essi inviati al cervello ma analizzati parzialmente quindi non vengono integrati nella memoria a lungo termine. *Gennaro A, 2004. [5]*

Per dare senso al meccanismo di attenzione sono stati studiati diversi processi cognitivi.

#### **1.4 Processi cognitivi implicati nell'ascolto in ambienti complessi.**

Il nostro udito ed il nostro cervello fanno un'analisi in automatico dello spettro frequenziale presente nel posto in cui ci troviamo *Baccus, 2006 [6]* avviando una serie di processi che innescano il lavoro di determinati neuroni uditivi che giornalmente si affinano nel riconoscimento di ogni suono, ad esempio per suoni ripetitivi già conosciuti in passato diventano meno reattivi, per uno stimolo nuovo invece lo codificano selettivamente. *Ulanovsky, Nelken, 2014. [7]*

Ogni stimolo genera l'innescamento di diversi neuroni che modificheranno le loro proprietà di risposta in base alla distribuzione dei suoni incontrati nell'ambiente. I neuroni hanno una buona capacità di ridimensionare la loro risposta anche per piccole variazioni di intensità, nonostante vi sia un'ampia gamma di livelli sonori in ambienti acusticamente complessi quindi con un rapporto segnale rumore sfavorevole, la loro selettività diventa meno efficiente perché il rumore di fondo ne cambia la modulazione spettro-temporale quindi neuroni che stanno rispondendo per la codifica del parlato o viceversa si mischiano fra di loro magari per qualche caratteristica sonora comune causando uno sbagliato posizionamento nella vasta gamma frequenziale. *Robinson, Mc Alpine, 2009 [8]*

Per sopperire a questo problema i neuroni sviluppano una specie di adattamento, come detto prima i neuroni variano la loro risposta in base allo stimolo in entrata, se uno stimolo è già stato processato la risposta sarà minore, rispetto a quando si presenta uno stimolo nuovo quindi nel rumore una ritardata risposta al sottofondo competitivo aiuterebbe nel focalizzarsi verso la fonte nuova questo meccanismo in un ambiente rumoroso aiuta a discriminare meglio il suono target ( in questo caso il parlato). *Khalighinejad B et Al, 2019 [9]*

Per facilitare tutti questi processi il nostro sistema nervoso centrale in correlazione all'apparato uditivo sfrutta due meccanismi in stretta correlazione fra loro che si integrano a loro volta in altri processi cognitivi.

Bottom up processing: è riferito all'adattamento neurale automatico in relazione ai suoni ambientali permettendo al sistema uditivo di enfatizzare caratteristiche sonore rilevanti anche in presenza di rumore di fondo, sfruttando il fenomeno dell'adattamento specifico dello stimolo (stimulus-specific adaptation), rispondendo meno a stimoli frequenti e quindi concentrarsi a stimoli nuovi. ***Hearing in complex environments Benjamin D. Auerbach et al 2022 [10].***

Per focalizzarsi su piccole variazioni frequenziali quindi nuovi stimoli i neuroni variano il loro guadagno in base al contrasto con il segnale sonoro: in un ambiente con basse variabilità di intensità sonora il guadagno aumenta per percepire piccole variazioni, invece in altri ambienti con alto contrasto il guadagno diminuisce allargando il range dinamico così per essere più sensibili visto lo spettro più ampio di intensità sonore diversificando quindi diversi tipi di risposta creando uno schema di risposta basato su un'organizzazione delle fibre uditive dividendole in base alla loro soglia di attivazione e alla loro scarica spontanea. ***Barbour et al 2016 [11]***

“spontaneous firing rate” si riferisce alla frequenza con cui una fibra nervosa genera potenziali d'azione in correlazione alla presenza o assenza di uno stimolo acustico.

Vi sono differenti tipi di scarica:

Basso tasso di scarica: (low-sr fibre) sono fibre meno sensibili a suoni deboli e richiedono stimoli di intensità più alta per essere attivate e resistono maggiormente al rumore di fondo.

Medio tasso di scarica: (Medium-sr fibre) sono delle fibre intermedie che si interfacciano con le fibre ad alto e basso tasso di scarica consentendo così minori latenze responsive dove un tipo di fibra magari non riesce ad attivarsi perché poco impulso.

Alto tasso di scarica: (High-sr fibre) sono fibre estremamente sensibili ai suoni deboli quindi rispondono rapidamente a stimoli di bassa intensità ma non appena vi sono stimoli con intensità maggiore entrano in saturazione.

Le funzioni di come scaricano le fibre nervose uditive è importante perché definiscono: sensibilità al suono in quanto le fibre ad alto tasso di scarica ci fanno percepire suoni deboli e quelle a basso tasso di scarica aiutano a captare i suoni forti. Tutti questi tipi di risposte lavorano in sinergia tra loro così da formare lo spettro delle intensità sonore quindi raccogliere informazioni provenienti da fibre con diverse soglie e range dinamici (Dynamic range stitching). (Benjamin D. et al 2022) [10]

Top-down processing: questo processo si basa sull'uso dell'attenzione selettiva e l'uso di informazioni e conoscenze già acquisite quindi già elaborate.

Il top-down processing migliora la percezione dei segnali rilevanti sopprimendo le risposte dei segnali irrilevanti o le distrazioni. È un processo dove i cambiamenti del comportamento della persona quindi se la persona è più o meno attenta a un determinato segnale questo determina la modulazione delle risposte sensoriali.

I cambiamenti indotti dall'attenzione alterano i campi recettivi della corteccia uditiva primaria, migliorando la sensibilità ai suoni target, elaborando meno quelli irrilevanti. **Benjamin D. et al 2022 [10]**

Tutti questi processi vengono influenzati anche dal quadro psicofisico del soggetto, i processi attentivi quindi l'attenzione influenza i tempi di reazione neuronali.

L'attenzione agisce anche sulle proprietà dei neuroni corticali riorganizzandone le proprietà spettro temporali, ad esempio, quando un neurone è impegnato in un compito attentivo può restringere la sua risposta a specifiche bande di frequenza così da sincronizzarsi meglio con il suono target, elaborando meno le informazioni irrilevanti così da migliorare il rapporto segnale rumore.

Importante anche la loro integrazione spazio-temporale che permette ai neuroni corticali di avere maggiore specificità spaziale verso la direzione del suono target, processando meno le risposte alle posizioni irrilevanti.

L'attenzione modula anche le connessioni tra la corteccia uditiva primaria e le altre aree corticali permettendo ai neuroni di sincronizzare il loro potenziale d'azione con il ritmo del suono target migliorando la codifica temporale del segnale.

**Mitchell et al 2009; Francesco et al 2018 [11]**

L'attenzione agisce anche come un meccanismo di controllo del guadagno migliorando il focus sui suoni rilevanti e sopprimendo quelli meno rilevanti,

cambiando rapidamente le proprietà di risposta dei neuroni o fibre della corteccia uditiva rimodulandole per enfatizzare le frequenze del suono target. *Kayser et al 2005 [12]*.

### **1.5 L'ipoacusia e il suo impatto sui processi cognitivi.**

L'ipoacusia compromette i processi attentivi perché il cervello riceve segnali sonori deboli e distorti rendendo difficile la sincronizzazione neurale con il segnale target diminuendo la capacità di separare il rilevante dall'irrilevante in una conversazione in ambiente complesso. La perdita uditiva compromette anche la risoluzione spaziale perché differenze interaurali di tempo e intensità diventano meno efficaci a causa della ridotta sensibilità delle orecchie rendendo difficile la localizzazione e distinzione delle fonti sonore peggiorando la capacità di separare i segnali.

Tutto questo comporta un sovraccarico cognitivo, il cervello è sovraccaricato nel tentativo di decodificare i segnali sonori.

Gli stimoli visivi hanno un ruolo fondamentale nel rinforzare la risposta ad uno stimolo sonoro, la lettura delle labbra migliora la rappresentazione uditiva dei segnali target questo compensa le difficoltà uditive migliorando l'efficienza dell'attenzione selettiva. [15] *Cono et al 2015*

## **CAPITOLO 2. Correlazione fatica uditiva e sforzo visivo: raccolta di studi sull'aiuto della pupillometria nel quantificare il carico cognitivo.**

Proprio per confermare la correlazione vista udito sono stati fatti degli studi dove ponevano in esame condizioni di ascolto con segnale competitivo e illuminazione. C'è un crescente interesse nel campo dell'audiologia e della comunicazione vocale per misurare lo sforzo necessario per ascoltare in ambienti rumorosi, con ovvie implicazioni per chi soffre di perdita dell'udito.

Nell'ambito della ricerca sull'udito, la pupillometria ha dimostrato di essere uno strumento valido per quantificare lo sforzo di ascolto in diverse condizioni di ascolto, come con diversi rumori di mascheramento, degradazione spettrale, livello di intelligibilità del parlato e complessità sintattica. [16] *Zekveld AA Et al 2014*

In genere, quando un compito di riconoscimento vocale diventa difficile, gli ascoltatori mostrano una maggiore risposta pupillare evocata dal compito, finché il compito non diventa così impegnativo che gli ascoltatori "rinunciano". [17] *Ohlenforst B et al 2014*

Per comprendere meglio questo fenomeno sono stati fatti dei test per capire come la luce modifica le risposte pupillari associate allo sforzo cognitivo nell'ascolto.

La pupillometria misura la dilatazione pupillare che varia in base al carico cognitivo associato a compiti difficili, incluso il riconoscimento del parlato in condizioni di rumore. [18] *Koelewijn T et al 2012*

In ambienti particolarmente complessi il sistema nervoso autonomo regola la dimensione della pupilla attraverso la costrizione e la dilatazione compiti eseguiti dall'attivazione del sistema parasimpatico e del sistema simpatico.

Quindi in relazione alla costrizione o dilatazione della pupilla si può quantificare il carico cognitivo.[19] *Wendt et al 2017*

## **2.1 Influenza di fattori ambientali sulla comprensione del parlato: Interazione tra stimoli visivi ed elaborazione uditiva**

Un interessante studio è stato condotto proprio su questo fenomeno: ("**Luminance effects on pupil dilation in speech-in-noise recognition**")

Studiare come il rapporto segnale rumore influenza il carico cognitivo e la sua correlazione con un ambiente illuminato.

La luce ambientale è uno dei principali fattori che influenzano la risposta pupillare.

Il test si divide in 2 esperimenti:

Esperimento 1:

Valutazione dell'effetto del rapporto segnale rumore facendo ascoltare frasi con rumore di fondo a diverse intensità:

0 dB

+7dB

+14 dB

quiete (Assenza di rumore).

Sono stati dati 3 fasce di tipologia di luce:

0 lux: buio totale (simulazione di scarsa illuminazione)

75 lux: illuminazione moderata (simulazione di una stanza ben illuminata)

220 lux: alta illuminazione (simulazione di un ambiente molto luminoso, simile alla luce diurna).

In questa prima fase i partecipanti ovvero 28 adulti normoudenti dovevano ascoltare delle frasi e ripeterle a diversi range di snr mentre veniva misurata la dilatazione pupillare il tutto avveniva in un ambiente a 75 lux quindi una stanza ben illuminata.

L'obbiettivo è replicare l'effetto del snr sulla dilatazione pupillare

Esperimento numero 2:

In questa seconda fase dell'esperimento si tiene conto di diverse condizioni di luce in correlazione a due condizioni di snr ovvero +14 dB e 0 dB.

L'obbiettivo in questa seconda fase è esaminare l'interazione tra difficoltà uditiva in ambiente complesso correlato alla luce e la conseguente risposta di dilatazione pupillare.

I partecipanti sono stati fatti sedere in una stanza acusticamente isolata con un monitor che regolava la luce, ogni variazione di luce era casuale così da evitare effetti di affaticamento e familiarizzazione con il test.

Per ogni frase ascoltata ai partecipanti è stato richiesto di ripetere il contenuto verbale garantendo che fossero impegnati attivamente nel compito di ascolto.

Le misure pupillari effettuate sono state di due tipi:

PPD (Peak pupil dilation): dilatazione massima della pupilla durante l'ascolto

PPD Latency: il tempo necessario per raggiungere la dilatazione massima.

Le misure sono state fatte tramite un eye-tracker ad alta precisione.

Esempio di calcolo della ppd: se il diametro basale è di 3 mm e la pupilla si dilata fino a 4 mm la ppd è di 1 mm.

## **2.2 Risultati esperimento 1:**

In un ambiente con 0 dB SNR la dilatazione pupillare era maggiore rispetto alle condizioni meno impegnative, dando come conferma che il cervello investe maggiore sforzo cognitivo quando il rumore di fondo maschera il parlato.

## **2.3 Risultati esperimento 2:**

La luce influenza la dilatazione della pupilla in modo significativo:

0 lux (buio): Dilatazione massima della pupilla inferiore rispetto alle altre condizioni di luce perché la pupilla era già dilatata a causa dell'assenza di luce limitando ulteriori dilatazioni date dallo sforzo cognitivo.

75 lux (luminanza media): dimensione della pupilla intermedia quindi né troppo chiusa né troppo dilatata (più dilatata rispetto a 220 lux ma meno rispetto a 0 perché il buio la rende più dilatata a causa della scarsità di luce ambientale) così da dare spazio sufficiente per ulteriori dilatazioni in caso di maggiore sforzo cognitivo, esempio se il compito diventa più difficile la pupilla si dilata maggiormente incrementando lo sforzo.

220 lux (alta luminanza): La luce qui è molto elevata, in questa condizione la pupilla si costringe significativamente in risposta alla luce intensa come riflesso naturale del sistema parasimpatico, questa costrizione riduce la capacità di dilatazione riducendo il carico cognitivo indotto dal compito di ascolto.

Questo non significa che lo sforzo cognitivo è minore ma la costrizione pupillare data dalla luce riduce la sensibilità della pupilla diminuendo il carico mentale.

La massima sensibilità si ha a 75 lux, in questa condizione è più efficace misurare variazioni di sforzo cognitivo poiché la pupilla ha margine sia di costrizione sia di dilatazione.

In tutte le diverse condizioni di luce il tempo di dilatazione non è influenzato dalla luce ma principalmente determinato dalla difficoltà del compito in questo caso quanto più o meno favorevole sia il rapporto segnale rumore.

In conclusione, il test afferma che:

La dilatazione pupillare è un indicatore robusto dello sforzo cognitivo durante compiti di ascolto in presenza di rumore, con aumenti significativi in condizioni di snr sfavorevole.

La luce invece influenza la sensibilità delle misurazioni pupillari:

0 lux riduce la variazione pupillare

75 lux ottimizza la risposta pupillare migliorando la capacità di rilevare lo sforzo cognitivo

220 lux diminuisce la sensibilità delle misurazioni a causa della costrizione pupillare.

Lo studio e i dati citati in questa tesi sono riportati sul seguente articolo:

**[20] *Luminance effects on pupil dilation in speech-in-noise recognition***

***Zhang Y, Malaval F, Lehmann A, Deroche MLD 2022***

La correlazione vista/attenzione selettiva è che illuminazione influenza la capacità di utilizzare indizi visivi per integrare informazioni mancanti e le persone ipoacusiche utilizzano l'informazione visiva come supporto alla comprensione quindi illuminazione bassa o alta limita l'efficacia di questa integrazione.

L'impatto sulla memoria selettiva lo possiamo spiegare attraverso questo esempio: in condizioni di buio (0 lux) l'incapacità di avere informazioni visive limita la possibilità di alleggerire il carico sulla memoria selettiva peggiorando le difficoltà di ascolto quindi in una stanza con poca luce non leggere le labbra aumenta lo sforzo per elaborare il parlato in presenza di rumore. **[21] *Peysakhovich et al***

## **CAPITOLO 3: Impatto dell'ipoacusia sulla quotidianità**

L'ipoacusia colpisce migliaia di persone in tutto il mondo, può interessare qualsiasi fascia d'età con prevalenza crescente in età avanzata. L'OMS stima che oltre 1,5 miliardi di persone hanno una perdita uditiva e 430 milioni necessitano di interventi riabilitativi. *Who report, 2021 [13]*, questo impatta la qualità della vita influenzando aspetti fisici, emotivi, sociali e lavorativi.

Studi scientifici hanno evidenziato come l'ipoacusia condizioni profondamente la vita quotidiana.

Secondo l'articolo "Health-Related Quality of life changes associated with hearing loss" la perdita dell'udito è associate ad isolamento sociale, depressione, ansia.

Oltre agli aspetti psicologici l'ipoacusia influisce anche sulle opportunità lavorative e sulle relazioni interpersonali.

Numerosi studi hanno posto in discussione come l'ipoacusia impatta sulla vita di tutti i giorni, somministrando questionari a soggetti utenti di apparecchi acustici/impianto cocleare e non utilizzatori di dispositivi acustici in generale, revisionando questionari già esistenti come l'APHAB, COSI, GHABP, etc.

Un importante contributo in questo campo è stato fornito dall'articolo "A Holistic Perspective on Hearing Loss: First Quality-of-Life Questionnaire (HL-QOL) for People with Hearing Loss Based on the International Classification of Functioning, Disability, and Health", gli autori di questo studio hanno sviluppato un questionario che analizza non solo gli aspetti medici della perdita uditiva ma anche le sue implicazioni a livello sociale emotivo e funzionale.

Il questionario in questione quindi prende in considerazione l'impatto dell'ipoacusia in relazione alle normali attività quotidiane dividendo il questionario in varie aree così da fornire in base al punteggio dell'area una guida per interventi mirati.

### **3.1 Spiegazione del questionario: "First Quality-of-Life Questionnaire (HL-QOL)"**

Il questionario è diviso in diverse aree e macroaree:

Aree principali:

**Funzioni corporee:** deficit associati all'udito come la difficoltà a percepire suoni o comprendere il linguaggio.

**Attività e partecipazione sociale:** misura le difficoltà e le limitazioni sociali date dall'ipoacusia.

**Fattori ambientali e personali:** vengono considerati fattori esterni come supporto sociale e tecnologico ed anche interni ovvero la personale percezione dell'ipoacusia.

Macroaree:

**Percezione della disabilità:** Valuta il grado di limitazione percepita nelle interazioni sociali e nelle attività personali.

**Benessere emotivo:** Analizza l'impatto dell'ipoacusia su ansia, depressione, autostima e senso di isolamento.

**Funzionalità uditiva:** Esamina la capacità di percepire suoni, comprendere conversazioni in ambienti rumorosi e seguire discorsi in situazioni quotidiane.

**Partecipazione sociale:** Misura il coinvolgimento in attività sociali e comunitarie, evidenziando eventuali barriere create dalla perdita uditiva.

I punteggi sono poi calcolati per ciascuna area così da formulare un'indicazione globale della qualità della vita.

Punteggi bassi ad esempio nella scala della funzionalità uditiva può indicare la necessità di intervento quindi apparecchi acustici o impianto cocleare.

Basso punteggio nel benessere emotivo può segnalare la necessità di supporto psicologico o counseling.

Basso punteggio nella partecipazione sociale può suggerire l'importanza di iniziative per ridurre lo stigma e migliorarne l'accettazione.

### **3.2 Analisi e discussione dei vari punteggi ottenuti dal questionario.**

#### **Impatto sulle funzioni corporee:**

Le persone con ipoacusia hanno riportato difficoltà significative nella percezione dei suoni ambientali e nel riconoscimento delle voci, soprattutto in ambienti rumorosi.

I punteggi sono mediamente più bassi rispetto alla popolazione normoudente, con una netta diminuzione per coloro che presentano una perdita uditiva moderata o grave. Quindi la perdita uditiva compromette gravemente la capacità di comunicare e orientarsi nell'ambiente generando frustrazione e inadeguatezza.

### **1. Difficoltà nelle attività quotidiane**

I partecipanti hanno evidenziato ostacoli nello svolgimento di normali attività svolte quotidianamente quali:

fare acquisti, utilizzare i mezzi di trasporto, partecipare a eventi sociali, questo compromette l'autonomia individuale contribuendo a un senso di isolamento.

### **2. Impatto psicologico e benessere emotivo**

Il punteggio in questa area ha dato come risultato che soggetti ipoacusici presentano elevati livelli di stress, ansia e depressione seguiti da preoccupazioni legate alla stigmatizzazione ed essere percepiti come meno capaci dagli altri.

### **3. Partecipazione sociale:**

I punteggi relativi alla partecipazione sociale sono molto bassi questo indica una marcata difficoltà a intraprendere e mantenere relazioni interpersonali, quindi l'ipoacusia ostacola l'interazione sociale causando una progressiva esclusione dal contesto comunitario.

Altri dati interessanti estrapolati dal questionario indicano una differenza nei punteggi tra soggetti che usano apparecchi acustici o impianto cocleare e altri non utenti di ausili uditivi in generale.

I soggetti utenti di ausili uditivi mostrano un miglioramento significativo in tutte le macroaree in particolare in quelle relative alla partecipazione sociale e al benessere emotivo.

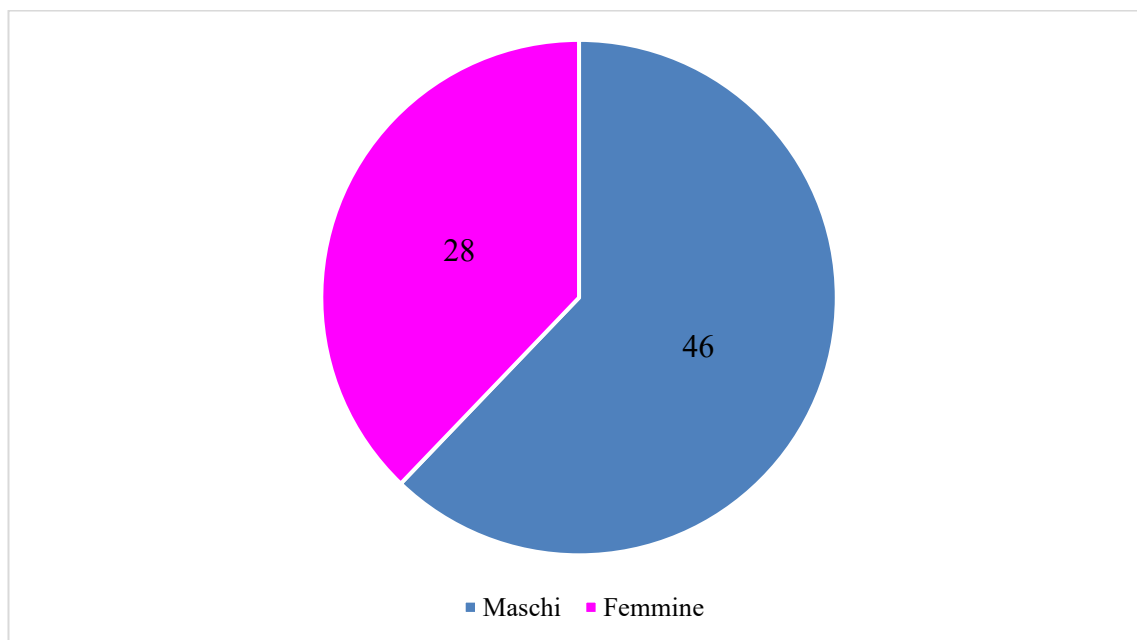
I soggetti non utenti di ausili uditivi invece riportano una qualità della vita compromessa con bassi punteggi relativi alle aree delle normali attività quotidiane e delle relazioni sociali.

In conclusione questo questionario dimostra che l'ipoacusia condiziona negativamente la vita delle persone colpendone aspetti fisici e psicologici ma con

trattamenti adeguati la qualità della vita migliora in modo significativo quindi è importante promuovere la diagnosi precoce e l'accesso alle tecnologie assistive e sensibilizzare la popolazione sugli effetti dell'ipoacusia così facendo si può veramente fare la differenza nella vita delle persone affette da una perdita uditiva. Le fonti analizzate per la comprensione del questionario e i suoi relativi risultati sono presenti nel seguente articolo scientifico:

**[13]. *The Impact of Hearing Loss and Its Treatment on Health-Related Quality of Life Utility: a Systematic Review with Meta-analysis. J Gen Intern Med. 2023.***

## CAPITOLO 4. ANALISI STATISTICHE, DISCUSSIONE E RACCOLTA DEI DATI DEL QUESTIONARIO



*Immagine 1: Composizione del campione reclutato per genere di appartenenza*

	Gruppo	Maschi	Femmine
Media (SD)	64,13(13,75)	63 (12,76)	66 (15,05)
Min	26	34	26
Max	95	91	95

*Tabella 1: Composizione del campione reclutato per età*

Orecchio Destro (n orecchie)								
	125 Hz	250 Hz	1KHz	2KHz	3KHz	4KHz	6KHz	8KHz
Media	40.27	44.04	48.15	56.3	61.9	66.57	69.52	71.98
Massimo	80	100	100	90	120	115	105	110
Minimo	20	20	20	25	35	35	35	35
Deviazione standard	13.94	16.56	15.53	15.05	16.68	15.32	15.42	15.84

Orecchio Sinistro (n orecchie)								
	125 Hz	250 Hz	1KHz	2KHz	3KHz	4KHz	6KHz	8KHz
Media	42.07	44.43	50.63	56.90	61.54	68.80	69.77	72.23
Massimo	110	85	95	95	95	110	100	100
Minimo	20	20	20	30	40	35	40	45

Deviazione standard	16.61	16.92	18.61	15.59	15.07	15.86	13.78	14.04
---------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Orecchio Destro - femmine (n orecchie)								
	125 Hz	250 Hz	1KHz	2KHz	3KHz	4KHz	6KHz	8KHz
Media	40.55	43.88	48.33	56.48	62.03	65.18	69.62	70.74
Massimo	65	80	70	85	85	85	95	100
Minimo	25	20	30	35	35	35	35	45
Deviazione standard	10.91	14.42	11.54	14.13	11.80	12.94	14	15.49

Orecchio Sinistro – femmine (n orecchie)								
	125 Hz	250 Hz	1KHz	2KHz	3KHz	4KHz	6KHz	8KHz
Media	42.03	43.70	50.92	56.48	64.62	68.70	70.37	72.59
Massimo	70	75	85	85	90	95	90	95
Minimo	20	20	25	35	40	35	40	50
Deviazione standard	13.35	14.63	15.21	13.66	13.39	13.09	12.08	12.93

Orecchio Destro - maschi (n orecchie)								
	125 Hz	250 Hz	1KHz	2KHz	3KHz	4KHz	6KHz	8KHz
Media	40.10	44.13	48.04	56.19	61.84	67.39	69.45	72.71
Massimo	80	100	100	90	120	115	105	110
Minimo	20	20	20	25	35	40	35	35
Deviazione standard	15.44	17.70	17.46	15.57	18.97	16.50	16.22	16

Orecchio Sinistro – maschi (n orecchie)								
	125 Hz	250 Hz	1KHz	2KHz	3KHz	4KHz	6KHz	8KHz
Media	42.09	44.88	50.45	57.15	59.65	68.86	69.39	72
Massimo	110	85	95	95	95	110	100	100
Minimo	20	25	20	30	40	40	45	45
Deviazione standard	18.37	18.16	20.41	16.66	15.71	17.34	14.78	14.73

**4.1 Raccolta dei dati relativi alla domanda sugli acufeni con successiva interpretazione dei dati raccolti.**

**Hai acufeni?**

	<b>Gruppo</b>	<b>Maschi</b>	<b>Femmine</b>
No	51	31	20
Si mi da poco/nessun fastidio	14	9	5
Si e mi da fastidio	9	6	3

*Tabella 2: frequenza osservata da dati della ricerca di Riccardo Cutrera (Università Padova)*

	<b>Gruppo</b>	<b>Maschi</b>	<b>Femmine</b>
No	500	205	295
Si mi da poco/nessun fastidio	84	42	42
Si e mi da fastidio	24	8	16

*Tabella 2.1: frequenza osservata delle risposte all'indagine on line*

Una revisione sistematica e meta-analisi [14] ha stimato che l'incidenza annuale dell'acufene è approssimativamente dell'1%. Il 14% degli adulti riferisce di avere episodi di acufene, mentre il 2% ne sperimenta una forma severa. La prevalenza dell'acufene non mostra differenze significative tra i sessi, ma aumenta con l'avanzare dell'età: si riscontra nel 10% dei giovani adulti, nel 14% degli adulti di mezza età e nel 24% degli anziani. Questi dati suggeriscono che il carico globale dell'acufene è significativo, comparabile a quello dell'emicrania e del dolore cronico. L'attuale mancanza di opzioni terapeutiche efficaci rende urgente un significativo investimento nella ricerca in questo ambito. Nella presente tesi di laurea è emerso, dall'indagine sottoposta ai pazienti in filiale, che il 31,08% delle persone protesizzate presenta un qualche grado di acufene. In una ricerca parallela, condotta online sulla popolazione generale, è risultato che il 17,76% riferisce di percepire un certo livello di acufene.

## 4.2 Raccolta e analisi dei dati ottenuti in risposta alla domanda sulla frequenza di partecipazione ad eventi sociali

### Esperienza durante Eventi Sociali: Quante volte al mese partecipi a eventi sociali come feste, riunioni o incontri?

	Gruppo	Maschi	Femmine
< 1 volta al mese	1	1	0
1-2 volte al mese	17	8	9
3-4 volte al mese	24	15	9
>4 volte al mese	32	22	10

*Tabella 3: frequenza osservata da dati della ricerca di Riccardo Cutrera (Università Padova)*

	Gruppo	Maschi	Femmine
< 1 volta al mese	250	104	146
1-2 volte al mese	189	79	110
3-4 volte al mese	99	40	59
>4 volte al mese	106	47	59

*Tabella 3.1 frequenza osservata delle risposte all'indagine on line*

#### Osservazioni:

le donne partecipano più frequentemente agli eventi sociali rispetto agli uomini nelle categorie “meno di una volta al mese” e 1-2 volte al mese. Esiste una distribuzione relativamente uniforme tra uomini e donne nelle categorie “3-4 volte al mese” e “>4 volte al mese”, anche se le donne partecipano leggermente di più.

La maggior parte delle persone partecipa agli eventi sociali meno di una volta al mese con le donne che rappresentano la maggioranza in questa categoria. Per le frequenze più alte di partecipazione (3-4 volte al mese), la differenza tra uomini e donne è meno pronunciata.

**4.3 Raccolta dei dati relativi al fastidio e l'impatto dato dal rumore di fondo durante gli eventi sociali.**

**Durante gli eventi sociali, come ti senti di solito in presenza di rumore di fondo?**

**Scegli la risposta che meglio riflette il tuo grado di conforto o disagio.**

	<b>Gruppo</b>	<b>Maschi</b>	<b>Femmine</b>
Molto a disagio	1	0	1
Poco a mio agio	13	9	4
Neutrale	49	29	20
Abbastanza a mio agio	10	8	2
Molto a mio agio	1	0	1

*Tabella 4* frequenza osservata da dati della ricerca di Riccardo Cutrera (Università Padova)

	<b>Gruppo</b>	<b>Maschi</b>	<b>Femmine</b>
Molto a disagio	23	5	18
Poco a mio agio	109	42	67
Neutrale	210	83	127
Abbastanza a mio agio	194	88	106
Molto a mio agio	98	42	56

*Tabella 4.1* frequenza osservata delle risposte all'indagine on line

**Fastidio uditivo: Sei mai stato disturbato dal rumore durante un evento sociale?**

	<b>Gruppo</b>	<b>Maschi</b>	<b>Femmine</b>
A volte	46	27	19
Raramente	7	4	3
Spesso	20	15	5

Sempre	1	0	1
Mai	0	0	0

*Tabella 5 dati ricerca di Riccardo Cutrera (Università Padova)*

	<b>Gruppo</b>	<b>Maschi</b>	<b>Femmine</b>
A volte	277	101	176
Raramente	184	95	89
Spesso	76	33	43
Sempre	8	0	8
Mai	98	41	57

*Tabella 5.1 frequenza osservata delle risposte all'indagine on line*

**Sei in grado di seguire facilmente le conversazioni durante un evento sociale  
in  
presenza di rumore di fondo?**

	<b>Gruppo</b>	<b>Maschi</b>	<b>Femmine</b>
A volte	47	26	21
Raramente	6	5	1
Spesso	21	15	6
Sempre	0	0	0
Mai	0	0	0

*Tabella 6 frequenza osservata da dati della ricerca di Riccardo Cutrera (Università Padova)*

	<b>Gruppo</b>	<b>Maschi</b>	<b>Femmine</b>
A volte	215	81	134
Raramente	70	29	41
Spesso	234	95	139
Sempre	116	63	53
Mai	9	2	7

*Tabella 6.1 frequenza osservata delle risposte all'indagine on line*

#### 4.4 Raccolta dei dati sulle strategie di gestione del fastidio uditivo durante gli eventi sociali.

##### Strategie per contrastare il fastidio nel rumore: Sei solito adottare specifiche strategie per gestire il fastidio uditivo durante gli eventi sociali?

	<b>Gruppo</b>	<b>Maschi</b>	<b>Femmine</b>
Usare strategie di lettura labiale	64	37	27
Non uso strategie e subisco il rumore di fondo elevato	4	4	0
Chiedere alle persone di parlare più lentamente	6	5	1
Chiedere alle persone di aumentare il volume della voce	0	0	0
Cambiare posizione	0	0	0

*Tabella 7* frequenza osservata da dati della ricerca di Riccardo Cutrera (Università Padova)

	<b>Gruppo</b>	<b>Maschi</b>	<b>Femmine</b>
Usare strategie di lettura labiale	108	37	71
Non uso strategie e subisco il rumore di fondo elevato	128	58	70
Chiedere alle persone di parlare più lentamente	45	23	22
Chiedere alle persone di aumentare il volume della voce	174	65	109
Cambiare posizione	189	87	102

*Tabella 7.1 frequenza osservata delle risposte all'indagine on line*

#### **4.5 Analisi delle Strategie Utilizzate per Superare i Rumori di Fondo**

**Obiettivo:** Confrontare le strategie utilizzate dagli utenti di apparecchi acustici e dai partecipanti online per gestire i rumori di fondo

**Metodo:** Raccolte risposte da due gruppi:

1. Utenti di apparecchi acustici
2. Partecipanti online

#### **Dati Raccolti:**

##### **1. Frequenze Osservate (O):**

- Utilizzo di strategie di lettura labiale: (10, 89)
- Non utilizzo di strategie: (4, 140)
- Chiedere alle persone di parlare più lentamente: (6, 75)
- Chiedere alle persone di aumentare il volume della voce: (0.5, 134)
- Cambiare posizione: (0.5, 201)

##### **2. Calcolo delle Frequenze Attese (E):**

- Utilizzate le frequenze attese per calcolare il valore chi-quadrato ( $\chi^2$ )

##### **3. Calcolo del Chi-Quadrato ( $\chi^2$ ):**

- Sommate i valori per ogni cella per ottenere  $\chi^2 \approx 29.21$

##### **4. Gradi di Libertà:**

- $df = (5 - 1) * (2 - 1) = 4$

##### **5. Confronto con il Valore Critico:**

- Il valore critico per  $df = 4$  al livello di significatività di  $0.05 \approx 9.49$
- Poiché  $\chi^2 = 29.21 > 9.49$ , si respinge l'ipotesi nulla.

Si evidenzia una differenza statisticamente significativa nelle strategie utilizzate dagli utenti di apparecchi acustici e dai partecipanti on line. Gli utenti di apparecchi acustici si affidano prevalentemente a strategie di lettura labiale, mentre i

partecipanti online tendono maggiormente a chiedere agli altri di aumentare il volume della voce o a cambiare posizione per superare i rumori di fondo.

Secondo **Higgins NC et al 2023 [1]** la posizione della testa in ogni momento gioca un ruolo fondamentale nel determinare le informazioni uditive che raggiungono un ascoltatore, modificandosi costantemente man mano che la testa si muove e si orienta verso diverse situazioni di ascolto. Negli ultimi anni, l'interesse per la connessione tra scienza dell'udito e cinetica dei movimenti del capo è cresciuto grazie ai progressi tecnologici, che hanno reso possibile fornire feedback comportamentali e biologici a dispositivi acustici, in grado di interpretare i modelli di movimento in relazione all'intento di ascolto. Cresce inoltre l'evidenza che l'impatto negativo dei deficit uditivi su mobilità, equilibrio e andatura possa essere ridotto grazie all'intervento di dispositivi protesici uditivi. Una maggiore comprensione delle interazioni tra il movimento della testa, la cinetica del corpo intero e la salute uditiva potrebbe favorire lo sviluppo di strategie di elaborazione del segnale più efficaci per una varietà di dispositivi di supporto all'ascolto. Lo scopo di questa revisione è introdurre la comunità audiologica alla cinesiologia del movimento della testa, collocandola nel contesto dell'udito e della comunicazione, al fine di promuovere comportamenti d'ascolto più specifici e legati all'ambiente circostante.

I dati raccolti suggeriscono che le due popolazioni (utenti di apparecchi acustici e partecipanti online) adottano strategie diverse per gestire i rumori di fondo. Il test chi-quadrato ha mostrato una differenza significativa tra le strategie adottate dai due gruppi. Ecco un'analisi delle diverse categorie:

#### **1. Utilizzo di strategie di lettura labiale:**

- Gli utenti di apparecchi acustici (10) sembrano utilizzare questa strategia meno frequentemente rispetto ai partecipanti online (89). Questo potrebbe essere dovuto al fatto che gli utenti di apparecchi acustici si affidano di più ai loro dispositivi per migliorare l'udito
- piuttosto che alla lettura labiale.

**2. Non utilizzo di strategie:**

- Gli utenti di apparecchi acustici (4) non usano strategie con meno frequenza rispetto ai partecipanti online (140), suggerendo che le persone con apparecchi acustici tendono a fare affidamento su qualche tipo di metodo per affrontare il rumore di fondo. Questo potrebbe riflettere una maggiore consapevolezza del problema o la necessità di trovare soluzioni attive.

**3. Chiedere alle persone di parlare più lentamente:**

- Gli utenti di apparecchi acustici (6) chiedono alle persone di parlare più lentamente più frequentemente rispetto ai partecipanti online (75). Questo comportamento potrebbe derivare dalla necessità di processare meglio le parole a causa delle limitazioni che gli apparecchi acustici possono avere in contesti rumorosi.

**4. Chiedere alle persone di aumentare il volume della voce:**

- Qui vediamo una differenza molto bassa tra i due gruppi: 0.5 per gli utenti di apparecchi acustici e 134 per i partecipanti online. Ciò potrebbe indicare che gli utenti di apparecchi acustici, avendo già una tecnologia che amplifica i suoni, hanno meno bisogno di chiedere agli altri di alzare la voce. Al contrario, i partecipanti online, che potrebbero non utilizzare strumenti per l'amplificazione, sentono la necessità di questa richiesta.

**5. Cambiare posizione:**

- Anche in questo caso, i partecipanti online (201) sembrano cambiare posizione molto più frequentemente rispetto agli utenti di apparecchi acustici (0.5). Questo potrebbe essere dovuto al fatto che gli utenti di apparecchi acustici potrebbero sentirsi più sicuri nella loro capacità di udire grazie all'apparecchio, mentre i partecipanti online devono ricorrere a cambiamenti nell'ambiente per migliorare l'ascolto.

#### 4.6 Possibili Spiegazioni delle Differenze ottenute tra i due gruppi del campione

1. **Accesso alla tecnologia:** Gli utenti di apparecchi acustici hanno dispositivi che amplificano e migliorano il suono, quindi potrebbero sentirsi meno obbligati ad adottare strategie comportamentali, come cambiare posizione o chiedere agli altri di parlare più forte. Questo spiega perché utilizzano meno spesso la lettura labiale e cambiano meno la loro posizione rispetto ai partecipanti online.
2. **Consapevolezza e addestramento:** Gli utenti di apparecchi acustici potrebbero aver ricevuto educazione sull'utilizzo efficace del dispositivo, portandoli a chiedere alle persone di parlare più lentamente per migliorare la chiarezza del discorso. È possibile che abbiano sviluppato una maggiore sensibilità verso i problemi legati al rumore di fondo e adottino soluzioni più dirette rispetto ai partecipanti online, che potrebbero non avere un'esperienza simile.
3. **Esperienze diverse con la perdita uditiva:** Gli utenti di apparecchi acustici potrebbero vivere in prima persona una perdita uditiva significativa, il che li spinge a essere più proattivi nel gestire le situazioni rumorose. I partecipanti online, che potrebbero non avere perdite uditive altrettanto severe, sembrano adottare più frequentemente strategie ambientali come cambiare posizione o chiedere di aumentare la voce.
4. **Limitazioni degli apparecchi acustici:** Anche se gli apparecchi acustici aiutano, potrebbero non essere perfetti in ambienti rumorosi. Questo spiega perché gli utenti di apparecchi acustici potrebbero chiedere alle persone di parlare più lentamente, in modo da compensare i limiti dell'amplificazione nei contesti rumorosi.

Le differenze tra i due gruppi possono essere spiegate dall'uso della tecnologia (apparecchi acustici) che influenza le strategie di gestione del rumore. Gli utenti di apparecchi acustici sembrano fare meno affidamento su modifiche ambientali e più su richieste dirette o il supporto della tecnologia, mentre i partecipanti online, non avendo questi strumenti, cercano soluzioni che coinvolgono il cambiamento dell'ambiente o chiedono agli altri di adattarsi.

#### 4.7 Raccolta dei dati relativi all'aiuto dato dall'illuminazione nella comprensione del parlato in ambienti rumorosi.

**Secondo la tua esperienza, quanto pensi che un'illuminazione adeguata possa aiutare nella comprensione del parlato in ambienti rumorosi?**

	<b>Gruppo</b>	<b>Maschi</b>	<b>Femmine</b>
Moderato aiuto	3	3	0
Buon aiuto	53	29	24
Grande aiuto	18	14	4
Scarso aiuto	0	0	0
Nessun aiuto	0	0	0

*Tabella 8* frequenza osservata da dati della ricerca di Riccardo Cutrera (Università Padova)

#### Test del Chi-quadro:

Questo test è appropriato per verificare se esiste un'associazione significativa tra due variabili categoriali (genere e percezione dell'aiuto).

- **Ipotesi:**
  - **Ipotesi nulla (H0):** Non c'è associazione tra genere e percezione dell'aiuto.
  - **Ipotesi alternativa (H1):** C'è un'associazione tra genere e percezione dell'aiuto.

	<b>Gruppo</b>	<b>Maschi</b>	<b>Femmine</b>
Moderato aiuto	196	89	107
Buon aiuto	231	93	138
Grande aiuto	95	31	64
Scarso aiuto	64	28	36
Nessun aiuto	58	29	29

*Tabella 8.1 frequenza osservata delle risposte all'indagine on line*

## **Conclusioni**

La presente ricerca ha esplorato l'influenza del rumore di fondo e delle condizioni di illuminazione sulla comprensione del parlato, confrontando le performance uditive di utenti normoudenti e portatori di apparecchi acustici. Attraverso l'analisi di studi precedenti e l'esame di variabili ambientali e cognitive, è emersa una serie di considerazioni significative per il campo dell'audiologia e per il miglioramento delle tecnologie uditive.

### **Influenza del Rumore di Fondo**

L'impatto del rumore di fondo sulla comprensione del parlato è stato confermato come uno dei principali ostacoli sia per individui normoudenti che per utenti di apparecchi acustici. Tuttavia, il livello di difficoltà percepita è risultato maggiore per questi ultimi, a causa delle limitazioni tecnologiche degli apparecchi acustici nel filtrare efficacemente le fonti sonore indesiderate. Gli studi sul fenomeno del Cocktail Party Effect hanno evidenziato la complessità dei processi cognitivi coinvolti nell'ascolto selettivo, che permettono agli individui di concentrarsi su una fonte sonora rilevante nonostante la presenza di suoni in competizione.

### **Ruolo dell'Illuminazione Ambientale**

Un aspetto innovativo emerso è il potenziale ruolo dell'illuminazione ambientale nella comprensione del parlato. Una buona illuminazione sembra facilitare l'utilizzo dei segnali visivi complementari, come la lettura delle labbra, offrendo un supporto aggiuntivo per la comprensione del parlato, soprattutto in condizioni di ascolto difficili. Questo suggerisce l'importanza di progettare ambienti acustici e visivi favorevoli per migliorare l'esperienza comunicativa degli utenti di apparecchi acustici.

### **Processi Cognitivi e Ascolto Selettivo**

L'ascolto selettivo è risultato strettamente legato a importanti funzioni cognitive, in particolare l'attenzione. La capacità di filtrare stimoli irrilevanti e concentrarsi su

quelli significativi rappresenta un meccanismo chiave per affrontare ambienti sonori complessi. I modelli cognitivi di attenzione analizzati suggeriscono che, sebbene gli stimoli non rilevanti non vengano pienamente elaborati, essi possono comunque essere parzialmente processati e richiamati in situazioni specifiche, come dimostrato dalla capacità di riconoscere il proprio nome in un contesto rumoroso.

### **Implicazioni per la Pratica Audiologica**

I risultati di questa ricerca sottolineano la necessità di sviluppare tecnologie uditive più avanzate, capaci di gestire efficacemente situazioni di ascolto complesso. Inoltre, emerge l'importanza di considerare fattori ambientali, come l'illuminazione, e strategie cognitive per migliorare l'esperienza d'ascolto. L'inclinazione del capo verso la sorgente sonora, evidenziata in alcuni studi, rappresenta un ulteriore elemento da approfondire per ottimizzare le strategie di ascolto.

### **Prospettive Future**

Sarà fondamentale continuare a indagare le sinergie tra rumore, illuminazione e processi cognitivi per comprendere meglio le difficoltà quotidiane affrontate dagli utenti di apparecchi acustici. Studi futuri potrebbero anche esplorare l'integrazione di soluzioni tecnologiche che combinino miglioramenti acustici con supporti visivi per offrire un approccio multidimensionale alla riabilitazione uditiva.

In conclusione, la comprensione delle sfide legate all'ascolto in ambienti complessi può guidare l'innovazione tecnologica e lo sviluppo di strategie terapeutiche più efficaci, migliorando la qualità della vita delle persone con perdita uditiva.

## **Limiti**

Nonostante i risultati ottenuti offrano spunti significativi per comprendere l'impatto del rumore di fondo e delle condizioni di illuminazione sulla comprensione del parlato, la ricerca presenta alcuni limiti che devono essere considerati.

1. **Campione Limitato:** Il campione di partecipanti, composto da un numero relativamente ridotto di individui, potrebbe non essere sufficientemente rappresentativo della popolazione generale, limitando la generalizzabilità dei risultati. Inoltre, la selezione dei partecipanti si è concentrata su utenti di apparecchi acustici senza considerare una gamma più ampia di tipologie di perdita uditiva.
2. **Controllo delle Variabili Ambientali:** Un limite significativo dello studio è legato alla modalità di auto-riferimento dei partecipanti, che sono chiamati a ricordare e descrivere come percepiscono l'ascolto in situazioni specifiche descritte nel questionario. Poiché i partecipanti devono basarsi sulla propria memoria, le risposte potrebbero essere influenzate da fattori soggettivi o variabili legate al contesto in cui il questionario viene somministrato, come il loro stato d'animo o la situazione ambientale al momento della compilazione. Questo può introdurre un elemento di imprecisione nelle risposte, limitando la capacità di ottenere dati completamente oggettivi e rappresentativi delle loro reali esperienze di ascolto in ambienti complessi.
3. **Limiti Tecnologici degli Apparecchi Acustici:** La ricerca ha evidenziato le limitazioni degli apparecchi acustici nell'affrontare situazioni di ascolto complesso, tuttavia, l'analisi si è concentrata su dispositivi di tecnologie attuali. L'evoluzione futura delle apparecchiature potrebbe comportare risultati diversi, rendendo necessaria una ripetizione dello studio con dispositivi più avanzati.
4. **Fattori Visivi Non Contemplati:** Sebbene l'illuminazione ambientale sia stata inclusa come variabile, l'interazione tra l'uso dei segnali visivi e l'attenzione cognitiva non è stata esplorata in dettaglio. La lettura delle labbra, ad esempio, è un aspetto che potrebbe variare ampiamente tra i partecipanti in base alle loro capacità e familiarità con tale strategia.

## Prospettive Future

Per superare i limiti sopra descritti e proseguire la ricerca in modo più approfondito, sono necessarie ulteriori indagini. Le seguenti prospettive future potrebbero contribuire a migliorare la comprensione delle dinamiche uditive in ambienti complessi:

1. **Estensione del Campione e Diversificazione:** Futuri studi potrebbero includere un campione più ampio e diversificato, considerando fattori come età, grado di perdita uditiva e diverse tipologie di apparecchi acustici. Questo permetterebbe di raccogliere dati più rappresentativi e di analizzare variabili individuali che potrebbero influenzare la comprensione del parlato.
2. **Tecnologie Avanzate e Personalizzazione:** Le indagini future potrebbero concentrarsi sull'uso di apparecchi acustici di ultima generazione, in grado di adattarsi meglio a situazioni di ascolto complesse. L'integrazione di tecnologie avanzate che combinano miglioramenti acustici e visivi potrebbe offrire soluzioni più complete e personalizzabili per gli utenti.
3. **Esplorazione dell'Interazione tra Fattori Visivi e Cognitivi:** Sarebbe utile approfondire la relazione tra l'illuminazione, la lettura delle labbra e la capacità di attenzione selettiva, per capire come questi elementi interagiscano nel migliorare la comprensione del parlato, in particolare in ambienti con rumori di fondo.
4. **Analisi Longitudinale:** Un altro possibile sviluppo sarebbe la realizzazione di studi longitudinali per osservare gli effetti a lungo termine dell'uso di apparecchi acustici in ambienti complessi. Questo potrebbe fornire informazioni su come la percezione del parlato si modifica nel tempo e come gli utenti si adattano alle tecnologie uditive.
5. **Sviluppo di Strategie di Riabilitazione Multidimensionali:** Sulla base dei risultati ottenuti, si potrebbero sviluppare approcci terapeutici che integrano l'uso di apparecchi acustici con tecniche cognitive e comportamentali,

migliorando l'abilità degli utenti di affrontare ambienti complessi attraverso l'uso combinato di strategie acustiche e visive.

Queste aree di ricerca non solo contribuiranno a migliorare la qualità della vita degli utenti di apparecchi acustici, ma potrebbero anche stimolare l'innovazione nel campo dell'audiologia e delle tecnologie assistive.

## BIBLIOGRAFIA

[1] Higgins NC, Pupo DA, Ozmeral EJ, Eddins DA. Head movement and its relation to hearing. *Front Psychol.* 2023 Jun 28;14:1183303. doi: 10.3389/fpsyg.2023.1183303. PMID: 37448716; PMCID: PMC10338176.

[2] (Thompson R, Smith RB, Bou Karim Y, Shen C, Drummond K, Teng C, Toledano MB. Noise pollution and human cognition: An updated systematic review and meta-analysis of recent evidence. *Environ Int.* 2022 Jan;158:106905. doi: 10.1016/j.envint.2021.106905. Epub 2021 Oct 12. PMID: 34649047.)

[3] Angeloni, C., and Geffen, M. N. (2018). Contextual modulation of sound processing in the auditory cortex. *Curr. Opin. Neurobiol.* 49, 8–15. doi: 10.1016/j.conb.2017.10.012

[4] Bregman, AS. "Auditory Scene Analysis." *The Senses: A Comprehensive Reference*, pp. 861–70, <https://doi.org/10.1016/B978-012370880-9.00009-8>.

[5] Gennaro, A. "Lineamenti di psicologia generale" Scione, 1 gennaio 2004.

[6] Baccus SA. From a whisper to a roar: adaptation to the mean and variance of naturalistic sounds. *Neuron.* 2006 Sep 21;51(6):682-4. doi: 10.1016/j.neuron.2006.09.007. PMID: 16982414.

[7] Nelken, Israel. "Stimulus-Specific Adaptation and Deviance Detection in the Auditory System: Experiments and Models." *Biological Cybernetics.*, vol. 108, no. 5, 2014, pp. 655–63, <https://doi.org/10.1007/s00422-014-0585-7>.

[8] Robinson BL, McAlpine D. Gain control mechanisms in the auditory pathway. *Curr Opin Neurobiol.* 2009 Aug;19(4):402-7. doi: 10.1016/j.conb.2009.07.006. Epub 2009 Aug 6. PMID: 19665367.

[9] Akbari H, Khalighinejad B, Herrero JL, Mehta AD, Mesgarani N. Towards reconstructing intelligible speech from the human auditory cortex. *Sci Rep.* 2019 Jan 29;9(1):874. doi: 10.1038/s41598-018-37359-z. PMID: 30696881; PMCID: PMC6351601.

[10] Auerbach BD, Gritton HJ. Hearing in Complex Environments: Auditory Gain Control, Attention, and Hearing Loss. *Front Neurosci.* 2022 Feb 10;16:799787. doi: 10.3389/fnins.2022.799787. PMID: 35221899; PMCID: PMC8866963.

[11] Ni R, Bender DA, Shanechi AM, Gamble JR, Barbour DL. Contextual effects of noise on vocalization encoding in primary auditory cortex. *J Neurophysiol.* 2017 Feb 1;117(2):713-727. doi: 10.1152/jn.00476.2016. Epub 2016 Nov 23. PMID: 27881720; PMCID: PMC5296407.

[12] World Health Organization. World Report on Hearing. 2021. Accessed 11 October 2021 at <https://www.who.int/teams/noncommunicable-diseases/sensory-functions-disability-and-rehabilitation/highlighting-priorities-for-ear-and-hearing-care>.

[13] Borre ED, Kaalund K, Frisco N, Zhang G, Ayer A, Kelly-Hedrick M, Reed SD, Emmett SD, Francis H, Tucci DL, Wilson BS, Kosinski AS, Ogbuoji O, Sanders Schmidler GD. The Impact of Hearing Loss and Its Treatment on Health-Related Quality of Life Utility: a Systematic Review with Meta-analysis. *J Gen Intern Med.* 2023 Feb;38(2):456-479. doi: 10.1007/s11606-022-07795-9. Epub 2022 Nov 16. PMID: 36385406; PMCID: PMC9905346.

[14] Jarach CM, Lugo A, Scala M, et al. Global Prevalence and Incidence of Tinnitus: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Neurol.* 2022;79(9):888–900. doi:10.1001/jamaneurol.2022.2189

[16] Zekveld AA, Kramer SE. Cognitive processing load across a wide range of listening conditions: Insights from pupillometry. *Psychophysiology.* 2014 Mar; 51(3):277–84. <https://doi.org/10.1111/psyp.12151> PMID: 24506437

[17] Ohlenforst B, Zekveld AA, Lunner T, Wendt D, Naylor G, Wang Y, et al. Impact of stimulus-related factors and hearing impairment on listening effort as indicated by pupil dilation. *Hearing Research.* 2017 Aug 1; 351:68–79. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2017.05.012> PMID: 28622894

[18] Koelewijn T, Zekveld AA, Festen JM, Kramer SE. Pupil dilation uncovers extra listening effort in the presence of a single-talker masker. *Ear and Hearing.* 2012 Mar 1; 33(2):291–300. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3182310019> PMID: 21921797

[19] Wendt D, Hietkamp RK, Lunner T. Impact of noise and noise reduction on processing effort: A pupillo- metry study. *Ear and hearing*. 2017 Nov 1; 38(6):690–700. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000454> PMID: 28640038

[20] Luminance effects on pupil dilation in speech-in-noise recognition Zhang Y, Malaval F, Lehmann A, Deroche MLD (2022) Luminance effects on pupil dilation in speech-in-noise recognition. *PLOS ONE* 17(12): e0278506. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278506>

[21] Peysakhovich V, Causse M, Scannella S, Dehais F. Frequency analysis of a task-evoked pupillary response: Luminance-independent measure of mental effort. *International Journal of Psychophysiology*. 2015 Jul 1; 97(1):30–7. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.04.019> PMID: 25941013

## **Ringraziamenti:**

Giunto alla fine di questo percorso, sento il bisogno di dedicare un momento speciale a coloro che hanno reso possibile il raggiungimento di questo traguardo.

Un grazie immenso ai miei genitori e a mia sorella Miriam: senza il vostro supporto, la vostra forza e il vostro amore incondizionato, affrontare questi tre anni universitari lontano da casa sarebbe stato impensabile. Ogni vostra telefonata è stata un incentivo ad andare avanti, ogni parola di incoraggiamento mi ha dato la spinta per superare le difficoltà. Nonostante la distanza, le nostre videochiamate serali mi facevano sentire più vicino a casa, colmando, almeno in parte, quel vuoto che ancora oggi è difficile da affrontare. La vostra mancanza è immensa, ma siete e sarete sempre la cosa più importante della mia vita.

Alla mia fidanzata Ludovica, che ha condiviso con me ogni momento, sia nei giorni felici che in quelli più difficili. Sei stata un pilastro fondamentale, non solo nel mio percorso universitario, ma nella mia vita. Affrontare insieme questo cambiamento improvviso, ritrovarsi dall'oggi al domani a vivere una nuova realtà, è stato tutt'altro che semplice. Eppure, in ogni ostacolo, in ogni incertezza, è bastato un tuo sguardo, un tuo abbraccio, per rimettere tutto al proprio posto. La tua presenza è per me essenziale, e non smetterò mai di esserti grato per tutto ciò che sei e che fai per me, ti amo.

Un ringraziamento speciale va al mio relatore, il Dottor Lorenzo Notarianni, per la sua disponibilità, professionalità e infinita pazienza. La sua guida è stata fondamentale nella realizzazione di questa tesi, e lo ammiro profondamente per la sua personalità cordiale gentile e competente.

Un pensiero va anche a mia nonna Tata, con cui ho condiviso la gioia di ogni traguardo raggiunto e ogni esame superato. Alla zia Giovanna, sempre attenta e premurosa nei miei confronti, pronta a gioire con me per ogni mio successo. E a tutta la mia famiglia, che in questi anni non ha mai smesso di sostenermi e incoraggiarmi.

Grazie a Chiara, la mia prima amica in questa nuova avventura, una presenza costante nei momenti di studio e di sfogo. A Domenico, arrivato negli ultimi tempi ma con cui ho stretto un legame speciale: mi mancheranno le cene improvvisate. Un grazie sincero a tutti i miei colleghi del corso, ognuno di voi, a suo modo, ha reso questo percorso unico e speciale. Spero che la distanza non indebolisca il fantastico legame creatosi con ognuno di voi.

Un ringraziamento va anche a Laura, Gabriele, Francesca ed Ester, per essere stati parte integrante della mia crescita lavorativa e per il loro costante supporto.

Grazie ai miei amici di sempre, quelli di “giù”, che nonostante la distanza hanno saputo farmi sentire parte della loro quotidianità, con chiamate, messaggi e risate che mi hanno dato la forza di non mollare e di continuare a inseguire il mio obiettivo.

Infine, un pensiero a chi purtroppo non potrà essere fisicamente presente per festeggiare con me questo traguardo. Vi ho sentiti vicini in ogni momento di debolezza, e so che, da lassù, avete vegliato su di me, accompagnandomi in ogni passo di questo cammino.

Grazie di cuore a tutti.