

Evidenze scientifiche Oticon More™

- Uno sguardo ai nuovi benefici di BrainHearing™

SOMMARIO

Questo white paper presenta i risultati di quattro studi di ricerca condotti su Oticon More™, con lo scopo di fornire prove cliniche a supporto dei vantaggi della filosofia BrainHearing™ in termini di capacità del cervello di orientarsi, focalizzarsi e riconoscere il parlato.

Utilizzando un nuovo metodo di analisi delle risposte cerebrali, misurate tramite elettroencefalografia (EEG), si dimostra come la funzione MoreSound Intelligence™ (MSI) in Oticon More porta a una rappresentazione più chiara dell'intera scena sonora nel cervello, fornendo un segnale più chiaro e permettendo di concentrarsi meglio sui suoni di interesse, superando le prestazioni di Oticon Opn S.

Tali miglioramenti si traducono in una migliore capacità di comprendere la voce focus in situazioni con più persone in ambienti sia semplici che complessi. I test per la valutazione della comprensione del parlato nel rumore e del richiamo alla memoria mostrano anche un riconoscimento vocale notevolmente migliorato e una miglior capacità di ricordare con More rispetto a Opn S. Il risultato di tutto questo è un minor carico cognitivo e un ascolto più efficace e meno faticoso.

AUTORI

Sébastien Santurette, Elaine Hoi Ning Ng,
Josefine Juul Jensen, e Brian Man Kai Loong
Centro per la Ricerca in Audiologia Applicata Oticon A/S

Dare un significato ai suoni: evidenze su tre livelli

Dare un senso al suono richiede un lavoro costante da parte delle nostre capacità sensoriali, cognitive e sociali, in modo che possiamo avere il controllo delle nostre azioni, la possibilità di comunicare con gli altri e di reagire a ciò che sta accadendo intorno a noi (Pichora-Fuller et al., 2017; Meyer et al., 2016). La perdita uditiva complica questo sottile equilibrio a causa dei cambiamenti nell'input sensoriale ricevuto dal cervello. Il ripristino di questo input sensoriale tramite apparecchi acustici dovrebbe idealmente ripristinare la naturale attività neurale del cervello (Lesica, 2018), affinché le risorse cognitive non siano completamente dedicate alla faticosa elaborazione di un codice neurale degradato, ma rimangano disponibili per altre importanti funzioni come memorizzare ciò che viene ascoltato (Rönnberg et al., 2013). Recenti ricerche che indagano le fasi di elaborazione del suono nella corteccia uditiva (O'Sullivan et al., 2019; Hausfeld et al., 2018; Puvvada & Simon, 2017) hanno dimostrato che il cervello come prima cosa rappresenta tutti gli elementi della scena sonora in entrata nelle aree corticali (Figura 1, punto A) e crea contrasto tra i suoni che trasportano le informazioni principali e i suoni che sono in sottofondo (Figura 1, punto B). Una volta fatto questo il cervello può quindi utilizzare l'attenzione selettiva per concentrarsi sui suoni di interesse (Figura 1, punto C). Sulla base di queste nuove ricerche scientifiche (per maggiori dettagli, vedere Man & Ng, 2020), l'audiologia di Oticon More è progettata per elaborare il suono in modo da fornire al cervello un migliore accesso alla scena sonora completa, mettendo i suoni più

importanti in primo piano, lasciando i suoni secondari sullo sfondo e amplificando in dettaglio questa scena sonora bilanciata, in modo che il paziente possa concentrarsi meglio su ciò che per lui è importante e, di conseguenza, comprendere e ricordare meglio (Santurette & Behrens, 2020). Questi benefici clinici di Oticon More sono stati esaminati in quattro studi descritti di seguito, che coprono tre livelli essenziali di elaborazione cerebrale, denominati orientamento, focalizzazione e riconoscimento (vedi Figura 1):

- **Risposte cerebrali (EEG):** Le rappresentazioni cerebrali del suono nella corteccia uditiva durante l'utilizzo di Oticon More sono state studiate con l'elettroencefalografia (EEG) per verificare quanto fosse nitida l'intera scena sonora e i suoni in primo piano nelle prime fasi di elaborazione corticale (orientamento) e quanto fossero chiari i singoli suoni nelle fasi di elaborazione di ordine superiore (focalizzazione);
- **Capacità di comprendere il parlato focalizzato:** La capacità di comprendere l'interlocutore principale quando più persone parlano contemporaneamente, con Oticon More, è stata valutata sia in ambiente semplice che complesso;
- **Comprensione del parlato nel rumore:** È stato eseguito un test standard di comprensione del parlato nel rumore per confrontare le prestazioni tra Oticon More e Oticon Opn S;
- **Richiamo alla memoria:** È stato utilizzato un test dual-task per studiare quanto bene gli ascoltatori ricordassero il parlato con Oticon More rispetto a Oticon Opn S.

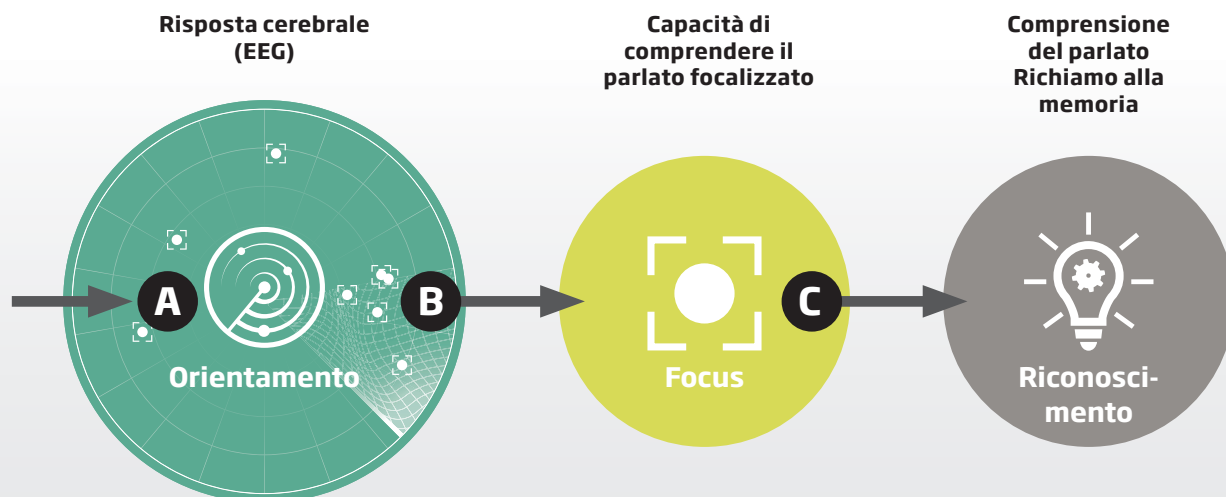


Figura 1. Sono stati utilizzati quattro test oggettivi e soggettivi per valutare l'elaborazione del suono da parte del cervello su tre livelli.

La risposta del cervello (EEG)

Quando parliamo di “prestare attenzione”, la prima cosa che ci viene in mente è che da qualche parte in qualche modo l'oggetto di interesse (ad esempio un dato suono) debba essere per noi più “evidente” rispetto a tutto il resto; come se esistesse una gerarchia interna nella nostra mente, che classifica tutto in base alla rilevanza dei diversi elementi di una scena sonora rispetto a quello che vogliamo ascoltare. Ciò può essere ottenuto in moltissime situazioni, ad esempio un artista completamente assorbito dal proprio lavoro, è in grado di dedicare la propria attenzione al proprio mestiere e mettere in secondo piano tutto il resto. Questo processo che è in realtà quasi automatico nella nostra vita quotidiana si complica nel momento in cui è presente una perdita uditiva. Sappiamo che, poiché la perdita dell'udito degrada la fedeltà del segnale uditivo, applicare l'attenzione selettiva per una persona affetta da ipoacusia diventa una sfida significativa (Shinn-Cunningham & Best, 2008).

Uno studio precedente ha esaminato tramite EEG come OpenSound Navigator (OSN) in Oticon Opn S abbia migliorato le rappresentazioni neurali del parlato nel cervello favorendo l'utilizzo naturale dell'attenzione selettiva nei pazienti (Alickovic et al., 2020; Ng & Man, 2019). Tuttavia, ricerche recenti hanno evidenziato un'elaborazione gerarchica dei suoni (O'Sullivan et al, 2019; Puvvada & Simon, 2017). Ora sappiamo che il cervello utilizza un processo a più fasi, che può essere descritto come la successione di una fase di orientamento e una di focalizzazione, in cui la

fedeltà di rappresentazione del suono di una fase influenza la successiva (vedi Man & Ng, 2020, per una panoramica). Per questo motivo, per estendere i nostri risultati sull'attenzione selettiva a un livello più dettagliato, abbiamo utilizzato un nuovo metodo di analisi EEG per indagare come MoreSound Intelligence™ (MSI) in Oticon More influenza questi due passaggi critici di orientamento e focalizzazione, utilizzando una configurazione simile a Ng & Man (2019), schematizzata in Figura 2.

Questo esperimento è stato eseguito su trentuno portatori esperti di apparecchi acustici (età media: 65,6 anni) con ipoacusia neurosensoriale stabile, bilaterale, da lieve a moderatamente grave. Abbiamo confrontato le risposte cerebrali ottenute con MSI in More con quelle dello studio precedente, con OSN in Opn S. Il nostro obiettivo era quello di scoprire come i due apparecchi acustici si comportassero nei due passaggi, orientamento e focus, analizzando rispettivamente le risposte EEG precoci e tardive. Ng e Man (2019) hanno analizzato solo le risposte cerebrali tardive (legate allo step di focus) rispetto all'oratore focalizzato (scelto tra F1 e F2 in Figura 2), all'oratore secondario (F2 o F1) e al rumore di fondo (B1 + B2 + B3 + B4), mentre in questo studio abbiamo anche studiato la risposta cerebrale precoce (legata allo step di orientamento) rispetto al panorama sonoro completo (F1 + F2 + B1 + B2 + B3 + B4) e ai suoni in primo piano (F1 + F2). Queste due componenti nella fase di orientamento dell'elaborazione cerebrale sono fondamentali in quanto forniscono i dettagli necessari

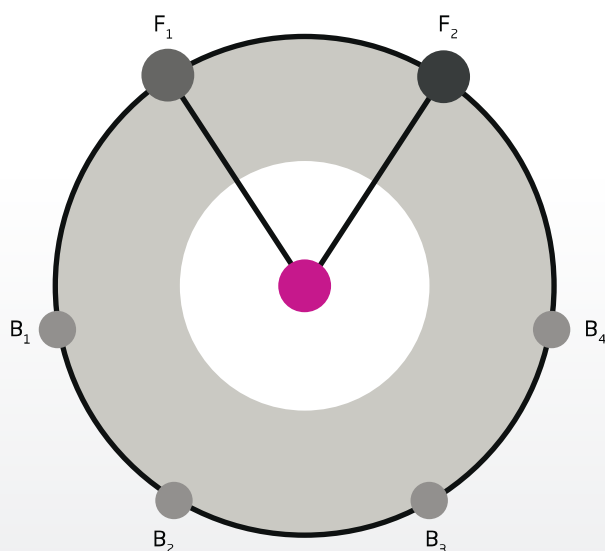


Figura 2. Suoni in primo piano (F1, F2) e di sottofondo (B1, B2, B3, B4) nella configurazione EEG. F1 e F2 riproducevano un oratore maschio e uno femmina che leggevano estratti di un audiolibro, con un livello del segnale a 73 dB SPL. I suoni di sottofondo erano dei mormorii diffusi provenienti da 4 persone e il livello di questo suono era di 70 dB SPL.

affinché la fase di messa a fuoco possa elaborare correttamente l'oratore principale e quello secondario.

I risultati dello studio sono mostrati in Figura 3. Possiamo iniziare analizzando individualmente le due fasi:

Risposte EEG precoci - Orientamento: La scena sonora completa è riferita al mix di tutti gli oggetti presenti nell'ambiente, mentre il primo piano è riferito alla combinazione dei due possibili oratori a cui l'ascoltatore può prestare attenzione. Questi due sono basilari per l'esperienza di ascolto dell'ascoltatore poiché il primo dà un'indicazione di quanto l'ascoltatore riesca a focalizzare di un panorama sonoro, mentre il secondo influisce sulla sua capacità di spostare l'attenzione. La Figura 3 evidenzia la capacità del cervello di tracciare tutti gli oggetti della scena sonora completa, misurata dall'intensità delle prime risposte EEG, migliora del 60% con MSI abilitato rispetto alla stessa funzione disabilitata ($p < 0,001$). Va sottolineato che MSI in More consente anche un accesso migliore del 30% alla scena sonora completa rispetto a OSN in Opn S ($p = 0,011$). Relativamente ai suoni in primo piano, l'MSI migliora la

ricostruzione del mix dei due oratori da parte del cervello del 45% e del 20% rispetto a MSI disattivato e OSN attivato ($p < 0,05$), rispettivamente.

Risposte EEG tardive- Focus: in questa fase successiva è fondamentale durante la comunicazione, che l'ascoltatore si concentri selettivamente sull'oratore a fuoco, mantenendo un livello basso ma accettabile di monitoraggio dell'oratore secondario per poter cambiare focus d'ascolto. Ciò è stato dimostrato con MSI per l'oratore in focus, per il quale l'intensità del tracciamento nelle risposte EEG tardive è migliorata del 5% con MSI attivato rispetto sia a MSI disattivato che con OSN attivato ($p < 0,05$). Per l'oratore secondario invece, MSI ha portato a un miglioramento del 30% rispetto a MSI disattivato ($p < 0,05$).

In sintesi, con questi risultati MSI dimostra di migliorare la capacità del cervello di tracciare i diversi oggetti nell'ambiente intorno all'ascoltatore. Ciò è stato dimostrato in entrambi i passaggi critici che supportano la percezione del suono del cervello: **orientamento e focus**.

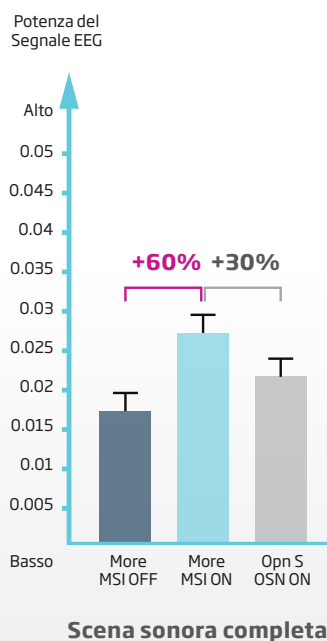


Figura 3. Potenza delle risposte EEG all'intera scena sonora (Fase A di Orientamento in Figura 1). Le barre di errore mostrano l'errore medio standard.

Capacità di comprendere la voce nel rumore

I miglioramenti di cui sopra nella rappresentazione cerebrale del parlato con Oticon More si riflettono anche in situazioni con più interlocutori? Per verificarlo, abbiamo misurato la capacità dei pazienti di comprendere un oratore a fuoco in presenza di due oratori in competizione, utilizzando un adattamento del test sviluppato da Best et al. (2018). Proprio come nell'esperimento EEG descritto sopra, questo test utilizza una sintesi vocale e si richiede l'ascolto selettivo a una delle diverse sorgenti vocali simultanee.

Trentaquattro utenti esperti di apparecchi acustici (età media: 63 anni), tutti con perdite uditive bilaterali neurosensoriali stabili che vanno da lievi a moderatamente gravi (gamma PTA a 4 frequenze pure: 19-68 dB HL, media: 40,3 dB HL), hanno partecipato all'esperimento. Erano seduti al centro di una schiera di altoparlanti e hanno ascoltato tre sequenze di cifre simultanee pronunciate da diverse oratrici situate a -30°, 0° e +30° a un livello di 65 dB SPL. Ogni sequenza conteneva quattro cifre e un segnale acustico di localizzazione, pronunciato da una voce maschile a 0° appena prima della prima cifra, indicava su quale oratore

concentrarsi ("sinistra", "centro" o "destra"). Il compito dei partecipanti era quello di ripetere solo le quattro cifre pronunciate dall'oratore focalizzato e ignorare le cifre pronunciate dagli oratori in competizione. L'attività è stata eseguita in un ambiente complesso, con rumori di sottofondo di 4 oratori riprodotti da ciascuno dei tre altoparlanti a -100°, 180° e +100° e con un livello complessivo di 70 dB SPL, e in un ambiente semplice senza rumore di fondo. Ciascuno dei partecipanti ha eseguito il compito con apparecchi acustici Opn S e More adattati secondo il metodo prescrittivo VAC +.

La Figura 4 mostra la percentuale di cifre identificate correttamente per l'oratore focalizzato in ambiente complesso. Per Oticon More, i risultati hanno mostrato un riconoscimento significativamente maggiore delle cifre a fuoco quando MSI era attivo rispetto a quando era disattivato ($p < 0,001$), corrispondente a un miglioramento relativo del 15%. Anche le prestazioni con Oticon More e MSI attivati erano significativamente superiori rispetto a Opn S e OSN attivati, con un miglioramento medio del 5% ($p = 0,014$). Questi risultati comportamentali sono coerenti con quelli

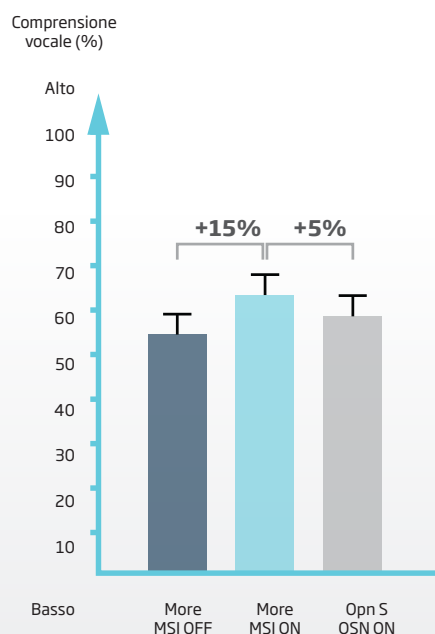


Figura 4. Capacità di comprendere l'oratore focalizzato in un ambiente multi-talker per More e Opn S. Le barre di errore mostrano l'errore medio standard.

EEG di cui sopra che mostrano una maggiore rappresentazione cerebrale dell'oratore focalizzato per MSI acceso vs spento e per More vs Opn S con MSI e OSN acceso, rispettivamente.

Lo stesso test svolto in ambiente semplice senza rumore di fondo, mostra che le prestazioni complessive sono superiori rispetto all'ambiente complesso, ma rimangono sensibilmente superiori per More che per Opn S del 5% in media ($p < 0,05$). Tale miglioramento indica che, combinati insieme, la maggiore risoluzione a 24 canali della piattaforma Polaris, l'azione del MoreSound Amplifier (MSA) e il nuovo Orecchio Virtuale Esterno in More forniscono un vantaggio vocale ai pazienti anche in ambienti semplici.

Insieme, questi risultati mostrano che Oticon More migliora la capacità dei pazienti di comprendere l'oratore focalizzato sia in ambienti semplici che complessi.

Comprensione vocale nel rumore

Per esaminare i miglioramenti nella comprensione del parlato in Oticon More, è stato condotto uno studio a Copenhagen, in Danimarca. Sono stati reclutati diciotto pazienti con perdita uditiva inferiore a 85 dB, età media 68,5 anni (intervallo 52-77 anni). Gli ascoltatori sono stati reclutati per eseguire il test "Danish speech intelligibility in noise", Dantale II (Wagener et al., 2003). Scopo del test era misurare il riconoscimento vocale in Opn S e More, dove sono state confrontate sia le impostazioni di adattamento predefinite che quelle personalizzate. Queste

tre condizioni di adattamento corrispondevano al profilo predefinito prescritto per OSN rispetto al profilo predefinito per MSI e le altre due condizioni corrispondevano ad adattamenti personalizzati che fornivano più o meno aiuto dall'OSN e dalle funzionalità MSI in ambienti sonori complessi. In questo modo, sono state raccolte prove sia per la situazione più standard per gli utenti di apparecchi acustici, sia per le situazioni che richiedevano impostazioni più complesse e personalizzate.

Nel test, le frasi di matrice danese sono state presentate da un oratore femminile frontale (0°) mentre i segnali di mascheramento, costituiti da un segnale ISTS (22°) e tre segnali non modulati (+/- 112° e 180°), sono stati presentati contemporaneamente. Il test è stato eseguito in modo adattivo verso una soglia di riconoscimento vocale corretta del 70% (SRT). Il discorso è stato inizialmente presentato a 72 dB SPL e i segnali mascheranti a 67 dB SPL.

I risultati sono illustrati nella Figura 5. Hanno mostrato una differenza significativa per tutte le condizioni, dove Oticon More ha migliorato sensibilmente l'SRT per i partecipanti al test. Per le due impostazioni predefinite, la differenza media SRT tra More e Opn S era di 1,2 dB ($p < 0,001$); per l'impostazione personalizzata che fornisce meno aiuto, la differenza era di 1,5 dB ($p < 0,001$); per l'impostazione personalizzata che fornisce più aiuto, la differenza era di 0,7 dB ($p < 0,04$).

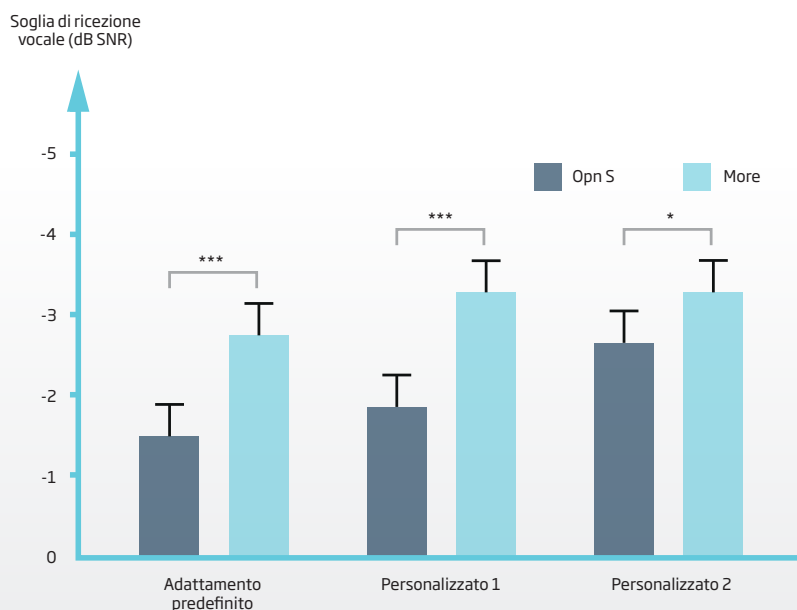


Figura 5. Soglie di ricezione vocale (dB SNR) per More e Opn S per impostazioni di adattamento predefinite e due personalizzate in ambienti complessi. Le barre di errore mostrano l'errore medio standard.

Gli SRT espressi in dB rapporto segnale/rumore (SNR) possono essere convertiti in percentuale di comprensione del parlato adattando i dati a una funzione psicometrica. Secondo Wagener et al. (2003), la pendenza per gli ascoltatori non udenti per il test Dantale II è del 13,2% / dB, ma questo standard si basa su un SRT del 50%, mentre questo test è stato eseguito al 70%. Tenendo conto di questa differenza, insieme alle piccole variazioni nel tipo di rumore che è stato utilizzato in questo test rispetto al riferimento, è stata selezionata una pendenza del 12% / dB per assicurarsi che la conversione fosse affidabile. Utilizzando questa pendenza, Oticon More ha mostrato una comprensione del parlato migliorata del 15% rispetto a Opn S per l'impostazione predefinita. Nella situazione di maggior supporto, Oticon More ha mostrato un miglioramento dell'8% rispetto a Opn S e in quella di minor supporto, un miglioramento ancora maggiore della comprensione del parlato - 18% - che mostra che le maniglie di adattamento presenti nella funzione MSI facilitano una miglior comprensione del parlato ancora maggiore quando l'ambiente sonoro diventa più complesso.

Richiamo alla memoria

Abbiamo costantemente dimostrato che la nostra tecnologia BrainHearing™ libera risorse cognitive e facilita l'elaborazione della parola utilizzando un test di richiamo

della memoria (Ng et al., 2013). Nei nostri studi precedenti, abbiamo documentato il miglioramento delle prestazioni di richiamo alla memoria utilizzando Oticon Opn (Le Goff et al., 2016), Opn S (Juul Jensen, 2019) e Xceed (Ng & Skagerstrand, 2019), anche quando la voce è altamente intellegibile. In questo studio, abbiamo esaminato se More avrebbe portato a prestazioni di richiamo migliori rispetto a Opn S.

Sono stati reclutati venticinque partecipanti con perdita uditiva da lieve a moderata (con PTA medio a 4 frequenze di 48,5 dB HL e età media di 58,8 anni). La configurazione del test SWIR utilizzata in questo studio era simile a quella dei nostri studi precedenti, in cui il discorso target proveniva da di fronte e il rumore proveniva da dietro. Per maggiori dettagli si veda i white paper precedenti. Nel test, le frasi target provenivano dal Danish Hearing In Noise Test (Nielsen & Dau, 2011). Ai partecipanti è stato chiesto di: 1) ripetere l'ultima parola dopo aver ascoltato ogni frase, e dopo aver ascoltato un elenco di sette frasi; 2) ricordare, in qualsiasi ordine, quante più parole possibili dall'elenco. Il rumore di fondo, fissato a 70 dB SPL, era un mormorio di 16 oratori proveniente da quattro altoparlanti, ognuno dei quali presentava un brusio di 4 oratori. Il livello di presentazione per ogni partecipante è stato personalizzato, così da ottenere il 95% di discriminazione vocale utilizzando Opn S (il livello di presentazione medio era +7,0 dB SNR).

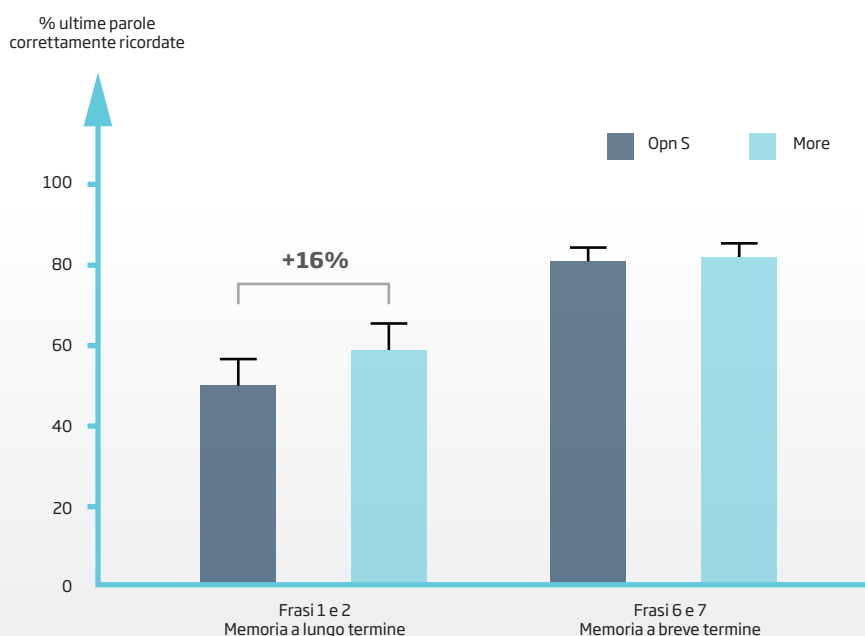


Figura 6. Risultati del richiamo alla memoria a lungo e breve termine per Opn S e More. Le barre di errore mostrano l'errore medio standard.

Sono stati analizzati il richiamo a lungo termine (richiamo alla memoria per le ultime parole delle frasi 1 e 2) e il richiamo a breve termine (richiamo alla memoria per le ultime parole delle frasi 6 e 7). Nel complesso, More ha prodotto un migliore richiamo a lungo termine rispetto a Opn S ($p < 0,05$; vedere la Figura 6). Ciò corrisponde a circa il 16% in più di recupero della memoria a lungo termine. Un migliore richiamo alla memoria a lungo termine è associato a più risorse cognitive disponibili per una migliore codifica del parlato. Non è stata identificata nessuna differenza nel richiamo a breve termine tra More e Opn S.

Negli ultimi anni, il numero di studi che indagano il tema dello sforzo di ascolto è cresciuto enormemente. In letteratura, lo sforzo di ascolto può essere misurato attraverso l'imaging cerebrale funzionale (per es.: EEG), che si riflette nelle risposte fisiologiche al di fuori del cervello (per es.: Pupillometria) e spesso si traduce in differenze misurabili nelle prestazioni comportamentali (per es.: richiamo alla memoria) - vedi Peelle (2018) per una revisione. I nostri risultati mostrano che More libera più risorse cognitive e quindi migliora le prestazioni di richiamo, che può essere interpretato come uno sforzo di ascolto più ridotto rispetto a Opn S.

Conclusioni

Gli studi sopra riportati forniscono prove dei seguenti benefici BrainHearing di Oticon More:

- L'intera scena sonora è il 60% più chiara quando entra nel cervello con MoreSound Intelligence, un miglioramento del 30% rispetto a Oticon Opn S.
- I segnali principali, trasmessi ai sottosistemi da Orientamento a Focus nel centro uditivo del cervello, sono più chiari.
- I suoni focalizzati così come quelli di interesse secondario sono meglio rappresentati nel sottosistema di Focus, rendendo più facile la messa a fuoco e fornendo una base migliore per spostare l'attenzione durante l'ascolto.
- La comprensione del parlato per l'oratore focalizzato in situazioni competitive è migliorata sia in ambienti complessi che semplici.
- La comprensione del parlato nel rumore è ulteriormente migliorata del 15% rispetto a Opn S.
- Oticon More consente di richiamare meglio la memoria a lungo termine rispetto a Opn S, indicando un minor sforzo di ascolto per il paziente.

Fonti

1. Alickovic, E., Lunner, T., Wendt, D., Fiedler, L., Hietkamp, R., Ng, E. H. N., & Graversen, C. (2020). Neural representation enhanced for speech and reduced for background noise with a hearing aid noise reduction scheme during a selective attention task. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 846.
2. Alickovic, E., H. N. Ng, E., Fiedler, L., Santurette, S., Innes-Brown, H., & Graversen, C. (2021). Effects of hearing aid noise reduction on early and late cortical representations of competing talkers in noise. *Frontiers in Neuroscience*, under revision.
3. Best, V., Swaminathan, J., Kopčo, N., Roverud, E., & Shinn-Cunningham, B. (2018). A “Buildup” of Speech Intelligibility in Listeners With Normal Hearing and Hearing Loss. *Trends in Hearing*, 22, 2331216518807519.
4. Brændgaard, M. (2020a). MoreSound Intelligence™. Oticon Tech Paper.
5. Brændgaard, M. (2020b). The Polaris platform. Oticon Tech Paper.
6. Hausfeld, L., Riecke, L., Valente, G., & Formisano, E. (2018). Cortical tracking of multiple streams outside the focus of attention in naturalistic auditory scenes. *NeuroImage*, 181, 617-626.
7. Juul Jensen, J. (2019). Oticon Opn S clinical evidence. Oticon Whitepaper.
8. Man K. L., B., & H. N. Ng, E. (2020). BrainHearing™ - The new perspective. Oticon Whitepaper.
9. Meyer, C., Grenness, C., Scarinci, N., & Hickson, L. (2016). What is the international classification of functioning, disability and health and why is it relevant to audiology? In *Seminars in Hearing* (Vol. 37, No. 03, pp. 163-186). Thieme Medical Publishers.
10. Le Goff, N., Wendt, D., Lunner, T., & Ng, E. (2016). Opn clinical evidence. Oticon Whitepaper.
11. Lesica, N. A. (2018). Why do hearing aids fail to restore normal auditory perception? *Trends in Neurosciences*, 41(4), 174-185.
12. Ng, E. H. N., Rudner, M., Lunner, T., Pedersen, M. S., & Rönnerberg, J. (2013). Effects of noise and working memory capacity on memory processing of speech for hearing-aid users. *International Journal of Audiology*, 52(7), 433-441.
13. Ng, E. H. N. & Man K. L., B. (2019). Enhancing selective attention: Oticon Opn S™ new evidence. Oticon Whitepaper.
14. Ng, E. H. N. & Skagerstrand, Å. (2019). Oticon Xceed™ clinical evidence. Oticon Whitepaper.
15. Nielsen, J. B., & Dau, T. (2011). The Danish hearing in noise test. *International Journal of Audiology*, 50(3), 202-208.
16. Peelle, J. E. (2018). Listening effort: How the cognitive consequences of acoustic challenge are reflected in brain and behavior. *Ear and Hearing*, 39(2), 204.
17. O’Sullivan, J., Herrero, J., Smith, E., Schevon, C., McKhann, G. M., Sheth, S. A., ... & Mesgarani, N. (2019). Hierarchical Encoding of Attended Auditory Objects in Multi-talker Speech Perception. *Neuron*, 104(6), 1195-1209.
18. Pichora-Fuller, M. K., Alain, C., & Schneider, B. A. (2017). Older adults at the cocktail party. In *The auditory system at the cocktail party* (pp. 227-259). Springer, Cham.
19. Puvvada, K. C., & Simon, J. Z. (2017). Cortical representations of speech in a multitalker auditory scene. *Journal of Neuroscience*, 37(38), 9189-9196.
20. Rönnerberg, J., Lunner, T., Zekveld, A., Sörqvist, P., Danielsson, H., Lyxell, B., ... & Rudner, M. (2013). The Ease of Language Understanding (ELU) model: theoretical, empirical, and clinical advances. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 7, 31.
21. Santurette, S., & Behrens, T. (2020). The audiology of Oticon More. Oticon Whitepaper.
22. Shinn-Cunningham, B. G., & Best, V. (2008). Selective attention in normal and impaired hearing. *Trends in Amplification*, 12(4), 283-299.
23. Wagener, K., Josvassen, J. L., & Ardenkjær, R. (2003) Design, optimization and evaluation of a Danish sentence test in noise: Diseño, optimización y evaluación de la prueba Danesa de frases en ruido, *International Journal of Audiology*, 42:1, 10-17.

