

SuddenSound Stabilizer - Prove e vantaggi per i pazienti

Adattamento rapido bilanciato ai suoni improvvisi per una maggiore chiarezza e un minore sforzo

IN SINTESI

I suoni improvvisi sono molto comuni negli ambienti di ascolto quotidiani. Per gli utilizzatori di apparecchi acustici, i suoni improvvisi devono essere elaborati in modo da renderli confortevoli e non disturbanti, ma anche da preservarli come elementi naturali distinti della scena sonora. I suoni improvvisi sono disponibili in un'ampia varietà di forme e dimensioni. Possono essere più o meno forti a seconda della situazione. Inoltre, la sensibilità ai suoni improvvisi varia notevolmente tra le persone. Questo white paper presenta una strategia innovativa per l'elaborazione dei suoni improvvisi negli apparecchi acustici Oticon, progettata per consentire una flessibilità sufficiente a riflettere la diversità del mondo reale sia nei suoni improvvisi che nella sensibilità dei pazienti.

Lo stabilizzatore SuddenSound di Oticon Real™ utilizza un adattamento bilanciato e rapido ai suoni improvvisi e fa parte di MoreSound Amplifier™ 2.0. Attiva sia in situazioni semplici che complesse, questa nuova soluzione include due nuove impostazioni per consentire una maggiore personalizzazione in base alle esigenze individuali del paziente. Le indagini tecniche hanno dimostrato che SuddenSound Stabilizer è in grado di fornire una gamma più ampia di modelli di attenuazione rispetto alle soluzioni esistenti, agendo istantaneamente e preservando la forma d'onda dettagliata dei suoni improvvisi con un'integrità molto elevata. Le due nuove impostazioni sono risultate in grado di attenuare i picchi sonori improvvisi in misura significativamente maggiore rispetto alle impostazioni massime disponibili nei corrispondenti algoritmi utilizzati nella precedente generazione di dispositivi Oticon e in due apparecchi acustici concorrenti di fascia alta. SuddenSound Stabilizer ha inoltre migliorato l'accesso al parlato in presenza di suoni improvvisi per tutte le impostazioni di attivazione. Infine, uno studio clinico ha dimostrato che SuddenSound Stabilizer ha ridotto significativamente lo sforzo di ascolto e la tendenza dei partecipanti a rinunciare all'ascolto del parlato in presenza di suoni improvvisi, senza influire sulla comprensione del parlato.

02	Introduzione
03	Adattamento rapido ed equilibrato ai suoni improvvisi
05	Attenuazione sonora improvvisa - Prestazioni tecniche e benchmark
07	Miglioramento della chiarezza del parlato in presenza di suoni improvvisi
07	Ridurre lo sforzo di ascolto preservando la comprensione del parlato
15	Bibliografia

AUTORI

Sébastien Santurette, Mette Brændgaard,
Junzhe Wilson Wang and Kang Sun
Centre for Applied Audiology Research, Oticon A/S

Introduzione

Siamo circondati da suoni. Suoni forti. Suoni silenziosi. Ma i suoni improvvisi, forti o silenziosi, sono tra i più difficili da gestire per gli apparecchi acustici. I sistemi tradizionali gestiscono i suoni improvvisi in modi diversi. Alcuni algoritmi tradizionali sono in grado di gestire sia i suoni improvvisi più tenui che quelli più forti, mentre altri sono in grado di gestire solo i suoni improvvisi più forti, come lo sbattere della porta o la rottura delle posate (Keshavarzi et al., 2018; Liu et al., 2012). Una delle soluzioni utilizzate nei sistemi tradizionali per gestire i suoni improvvisi consiste nel diminuire il guadagno per modificare il suono improvviso. Purtroppo, questo comporta spesso una diminuzione del guadagno per i suoni vocali successivi, che possono essere resi inudibili (Keshavarzi et al., 2018). Un altro modo per gestire i suoni improvvisi è il clipping dei picchi. Il clipping dei picchi gestisce solo i suoni improvvisi che sono abbastanza forti da raggiungere la soglia per il clipping (Keshavarzi et al., 2018). Quest'ultimo approccio introduce anche una distorsione nel segnale che riduce la qualità del suono e l'intelligibilità del parlato (Dillon, 2001).

Gli apparecchi acustici con difficoltà si traducono troppo spesso in pazienti con difficoltà. Un numero significativo di pazienti riferisce di essere messo alla prova ogni giorno da suoni improvvisi (Gade et al., 2023). Immaginate una tastiera che fa rumore o un collega che batte la penna sul tavolo. In un ufficio aperto, questi suoni possono essere appena percepiti a causa di altri suoni di

sottofondo. Ma in un ufficio vuoto o in una sala riunioni silenziosa, questi suoni possono distrarre e persino disturbare, anche se non sono molto forti. Anche i suoni forti e improvvisi devono essere gestiti in modo da non essere fonte di distrazione o addirittura di disagio.

In Oticon Real™, tutti i suoni vengono elaborati attraverso MoreSound Intelligence™ 2.0 con Wind & Handling Stabilizer (vedi Figura 1). L'ingresso del suono viene chiarito per fornire una scena sonora completa con un contrasto e un equilibrio chiari. L'uscita bilanciata passa a MoreSound Amplifier™ 2.0 (MSA 2.0) con SuddenSound Stabilizer (SSS) per un'amplificazione precisa e bilanciata. L'intero processo è supportato da MoreSound Optimizer™, che elimina il feedback. Per ulteriori informazioni su RealSound Technology™ e Wind & Handling Stabilizer, vedere Gade et al. (2023).

Ora, con il nuovo SuddenSound Stabilizer, parte di MSA 2.0, siamo in grado di gestire suoni improvvisi più sottili in una serie di ambienti e di gestire con maggiore precisione anche i suoni improvvisi più forti. Questa maggiore capacità di gestire un più ampio spettro di suoni è particolarmente importante se si considera che sette utilizzatori di apparecchi acustici su dieci hanno problemi con i suoni dirompenti e che nove professionisti dell'udito su dieci hanno esperienza diretta di tali problemi (Gade et al., 2023).

Per capire meglio perché i numeri sono così alti, abbiamo calcolato il numero di volte in cui SuddenSound Stabilizer

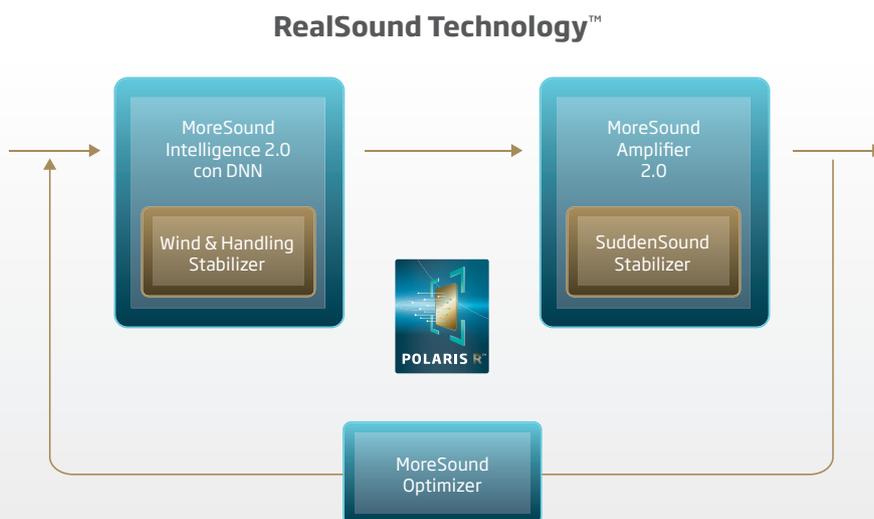


Figura 1: lo stabilizzatore SuddenSound fa parte dell'amplificatore MoreSound 2.0.

si attiva durante una tipica giornata di 16 ore. Per l'apparecchio acustico Oticon Real è stata riprodotta una serie di scene sonore di vita reale ed è stato calcolato il numero di attivazioni dello stabilizzatore SuddenSound. Le scene sonore comprendevano, ad esempio, un parco divertimenti con musica, un tosaerba, situazioni sportive, una cena, situazioni in ufficio e in salotto. Le diverse scene sonore sono state classificate da semplici a molto complesse.

Il livello di attività di SuddenSound Stabilizer nelle diverse scene sonore è stato distribuito in una giornata di 16 ore, sulla base dei dati di Humes et al. (2018). Humes et al. affermano, sulla base dei dati di registrazione degli apparecchi acustici, che gli utilizzatori di apparecchi acustici trascorrono circa il 60% di una giornata tipica in situazioni di silenzio o di solo parlato e il 40% di una giornata tipica in ambienti moderatamente complessi o complessi. La Figura 2 mostra un esempio di distribuzione del suono durante una giornata tipo. La nostra indagine ha rivelato che SuddenSound Stabilizer viene attivato fino a 500.000 volte al giorno, a seconda delle impostazioni individuali degli apparecchi acustici. Lo stesso calcolo è stato fatto per Oticon More con Transient Noise Manager impostato su Medium. In confronto, Oticon Real ha rilevato e gestito il 70% in più di picchi sonori improvvisi rispetto a Oticon More.

SuddenSound Stabilizer gestisce un'ampia varietà di suoni ambientali. Il nostro nuovo sistema analizza costantemente i suoni in ingresso e l'ambiente uditivo, quindi decide dinamicamente come gestire tutti i suoni prima che questi vengano percepiti dal paziente. Il risultato è una scena sonora più equilibrata, in cui i suoni improvvisi sono distinti ma non distraggono, sono sentiti ma non disturbano.

Adattamento rapido ed equilibrato ai suoni improvvisi

SuddenSound Stabilizer (SSS) finalizza l'elaborazione in MSA 2.0 e garantisce che tutti i suoni improvvisi siano amplificati correttamente. I suoni improvvisi sono suoni con un'insorgenza e un offset molto rapidi e spesso hanno un contenuto di frequenza a banda larga. Questi suoni a insorgenza rapida richiedono un monitoraggio speciale per assicurarsi che non siano né sovra né sottoamplificati. L'obiettivo del sistema SuddenSound Stabilizer è quello di garantire che i suoni siano udibili, ma non disturbanti, irritanti o fastidiosi.

Flusso di elaborazione

L'elaborazione del suono in SuddenSound Stabilizer è mostrata nella Figura 3. La descrizione che segue si basa sulle fasi della figura.

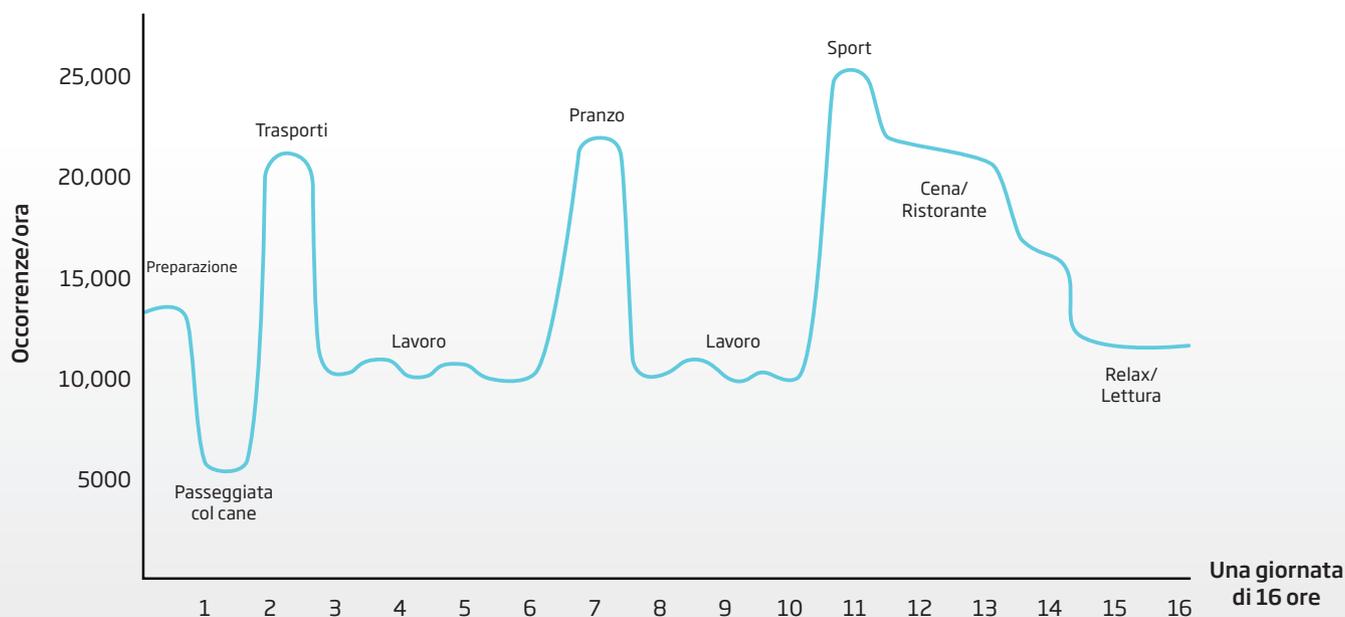


Figura 2: Attività di SuddenSound Stabilizer durante una giornata di 16 ore con attività diverse durante il lavoro e il tempo libero.

Fase 1: Il calcolo dell'SSS si basa sulle misure effettuate da un rilevatore di livello veloce. Il rilevatore di livello veloce misura i livelli di ampiezza delle frequenze nel tempo. Queste misure vengono effettuate sul segnale amplificato (fornito dalla prima parte di MSA 2.0) e riflettono tutti i cambiamenti dinamici della scena sonora per l'intera gamma di frequenze. La misura viene poi passata a un rilevatore lento che utilizza un filtro low-pass per creare una stima del livello più lenta e variabile. La differenza tra le due misure viene calcolata per vedere dove la stima veloce del livello è più alta di quella lenta. Le variazioni indicano possibili suoni improvvisi. Eventuali picchi rappresentano un potenziale suono improvviso che deve essere gestito dal sistema. Il filtro low-pass dipende dalle impostazioni personalizzate dell'apparecchio acustico (vedere Impostazioni personalizzate di seguito). Modificando il coefficiente del filtro low-pass, si crea una differenza maggiore o minore tra le stime veloci e lente rispetto all'impostazione predefinita; ad esempio, quando il paziente sceglie un'impostazione personale più alta, un numero maggiore di suoni improvvisi viene rilevato e percepito come più impattante da SSS. In questo modo il sistema fornisce un aiuto maggiore ai pazienti che lo richiedono.

L'SSS funziona costantemente e può rilevare e gestire fino a 500.000 suoni improvvisi al giorno. La quantità di suoni dipende dall'ambiente di ascolto dell'utilizzatore dell'apparecchio acustico e dalla durata del suo utilizzo. La misurazione costituisce la base per la gestione dei suoni improvvisi.

Fase 2: I picchi positivi vengono invertiti in valori di guadagno negativi in base alle impostazioni individuali dell'apparecchio acustico del paziente, creando la mappa sonora improvvisa.

Fasi 3 e 4: I suoni improvvisi sono più forti della media dei suoni circostanti. Questo non significa necessariamente che il suono sia forte in termini assoluti, ma solo che è forte nel contesto dell'ambiente attuale. Ad esempio, digitare su una tastiera creerà dei picchi in un ambiente silenzioso e sarà fastidioso, ma non abbastanza forte da essere doloroso o fastidioso. D'altra parte, in un ambiente rumoroso la digitazione su una tastiera non sarà più forte della media dei suoni circostanti e quindi non sarà identificata come un suono improvviso. Pertanto, il livello di ingresso del microfono viene preso in considerazione nella regolazione finale del guadagno per i suoni improvvisi. In questo modo si garantisce che i suoni improvvisi vengano attenuati adeguatamente in base all'ambiente sonoro. Pertanto, i suoni improvvisi in ambienti rumorosi saranno attenuati maggiormente rispetto a quelli in ambienti silenziosi, in quanto i suoni improvvisi in ambienti rumorosi diventerebbero altrimenti fastidiosi.

Fase 5: Le regolazioni finali del guadagno per i suoni improvvisi vengono quindi distribuite sui 24 canali di elaborazione. L'attenuazione viene applicata istantaneamente non appena il suono improvviso inizia e viene rilasciata non appena il suono termina, in modo da non attenuare l'amplificazione necessaria per altri suoni prima e dopo il suono improvviso.



Figura 3: Elaborazione di SuddenSound Stabilizer. Per la spiegazione si veda il testo.

Impostazioni personalizzate

SuddenSound Stabilizer dispone di sei diverse impostazioni per personalizzare le prestazioni dell'apparecchio acustico in base alle esigenze individuali del paziente. Le impostazioni vanno da Off a Max. Sono disponibili le seguenti impostazioni: Off, Low, Medium, High, Very High e Max. Media è l'impostazione predefinita per tutti gli apparecchi. L'impostazione individuale deve essere scelta in base al feedback del paziente: più è sensibile ai suoni improvvisi, più è opportuno scegliere un'impostazione verso il massimo. Per ulteriori suggerimenti su come ottimizzare gli apparecchi per questo gruppo di utenti si rimanda a Preszcator e Løve (2023).

L'attenuazione effettiva dipende da diverse variabili. L'attenuazione massima per le diverse impostazioni è, ad esempio, fino a 10 dB per l'impostazione Low e fino a oltre 30 dB per l'impostazione Max. La Figura 4 mostra un esempio delle diverse quantità di attenuazione in

base alle diverse impostazioni. L'attenuazione massima non può essere misurata in una configurazione standard di test box, poiché alcune delle variabili per ottenere l'attenuazione massima non possono essere applicate nel test box.

Il precedente Transient Noise Management (TNM) prevedeva quattro impostazioni: Off, Low, Medium e High. Queste quattro impostazioni non corrispondono a quelle dell'SSS. Sulla base dei suggerimenti degli utenti provenienti dai test clinici, è stata aumentata l'attenuazione dei suoni improvvisi in ambienti rumorosi. Per i pazienti soddisfatti dell'impostazione attuale, nell'SSS è consigliata l'impostazione con lo stesso nome.

A causa della preferenza generale per un'attenuazione più forte negli ambienti più rumorosi, sono state modificate anche le impostazioni per l'attenuazione dei suoni improvvisi nei programmi per scopi speciali. Per il

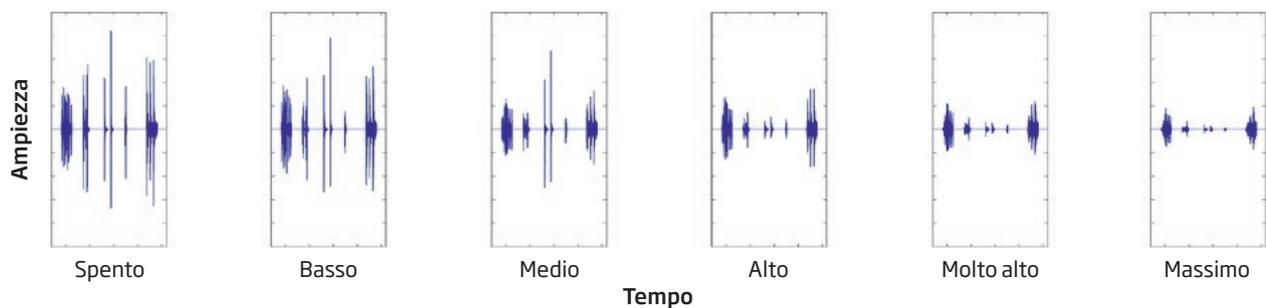


Figura 4: Ampiezza di una selezione di suoni improvvisi reali registrati all'uscita dell'apparecchio acustico per Oticon Real con le diverse impostazioni di attivazione di SuddenSound Stabilizer, da Spento a Massimo.

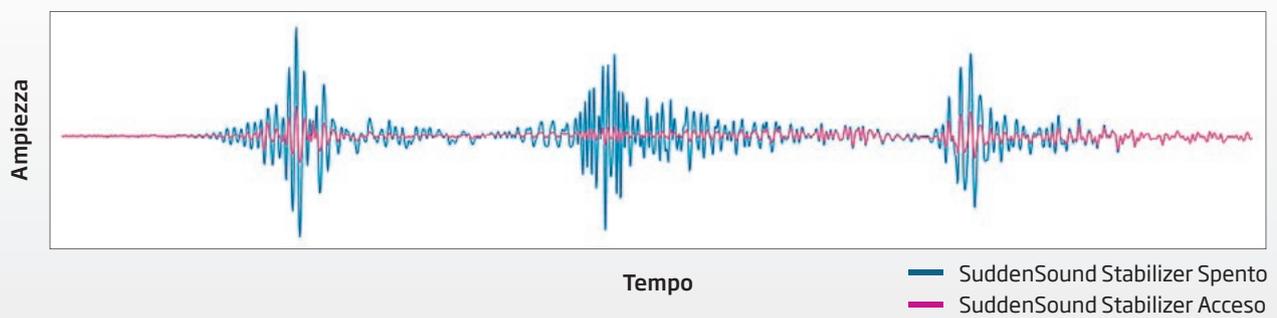


Figura 5: Forma d'onda dettagliata di tre suoni improvvisi reali registrati all'uscita dell'apparecchio acustico per Oticon Real con SuddenSound Stabilizer Spento (forma d'onda blu) e SuddenSound Stabilizer Attivo nell'impostazione Alta (forma d'onda rossa). L'intervallo tra i picchi della forma d'onda era tipicamente inferiore a 1 ms nelle nostre misurazioni.

programma Parlato nel rumore, l'impostazione dell'attenuazione è passata da Media nel vecchio TNM a Alta in SSS; e per il programma Comfort l'impostazione dell'attenuazione è passata da Media in TNM a Molto alta in SSS. In un confronto diretto, queste modifiche sono udibili.

SuddenSound Stabilizer è disponibile per gli apparecchi acustici sulla piattaforma Polaris R™. Il numero di impostazioni varia a seconda del livello di prestazioni. Il maggior numero di impostazioni è disponibile per gli apparecchi di prezzo più elevato. Se l'impostazione predefinita di un programma per scopi speciali non è disponibile per l'apparecchio acustico di cui si sta effettuando l'applicazione, il programma selezionerà per impostazione predefinita l'impostazione più alta disponibile.

Attenuazione sonora improvvisa - Prestazioni tecniche e benchmark Come le diverse impostazioni influenzano i suoni improvvisi

Abbiamo studiato le prestazioni tecniche di SuddenSound Stabilizer registrando l'uscita degli apparecchi acustici

Oticon Real in presenza di suoni improvvisi reali in uno studio audio. Un paio di apparecchi acustici Oticon Real, con guadagno regolato su una perdita uditiva moderata basata su un audiogramma standard N3 (Bisgaard et al., 2010), sono stati posizionati sulle orecchie di un simulatore di testa e busto (HATS) dotato di microfoni altamente sensibili all'estremità dei canali uditivi. Venti diversi suoni improvvisi reali, come il taglio di un coltello, lo sbattere di una porta, la caduta di una moneta su un tavolo, la digitazione di una tastiera, i passi, ecc. sono stati presentati da un altoparlante posto nella parte anteriore dell'HATS. Questi suoni improvvisi sono stati scelti per riflettere la diversità acustica dei suoni incontrati dagli utilizzatori di apparecchi acustici nella loro vita quotidiana, con un numero diverso di picchi di ampiezza nelle loro forme d'onda acustiche e varie altezze di picco. Tutte le funzioni avanzate degli apparecchi acustici sono state impostate sui valori predefiniti e le registrazioni sono state ottenute per tutte le impostazioni disponibili della funzione SuddenSound Stabilizer.

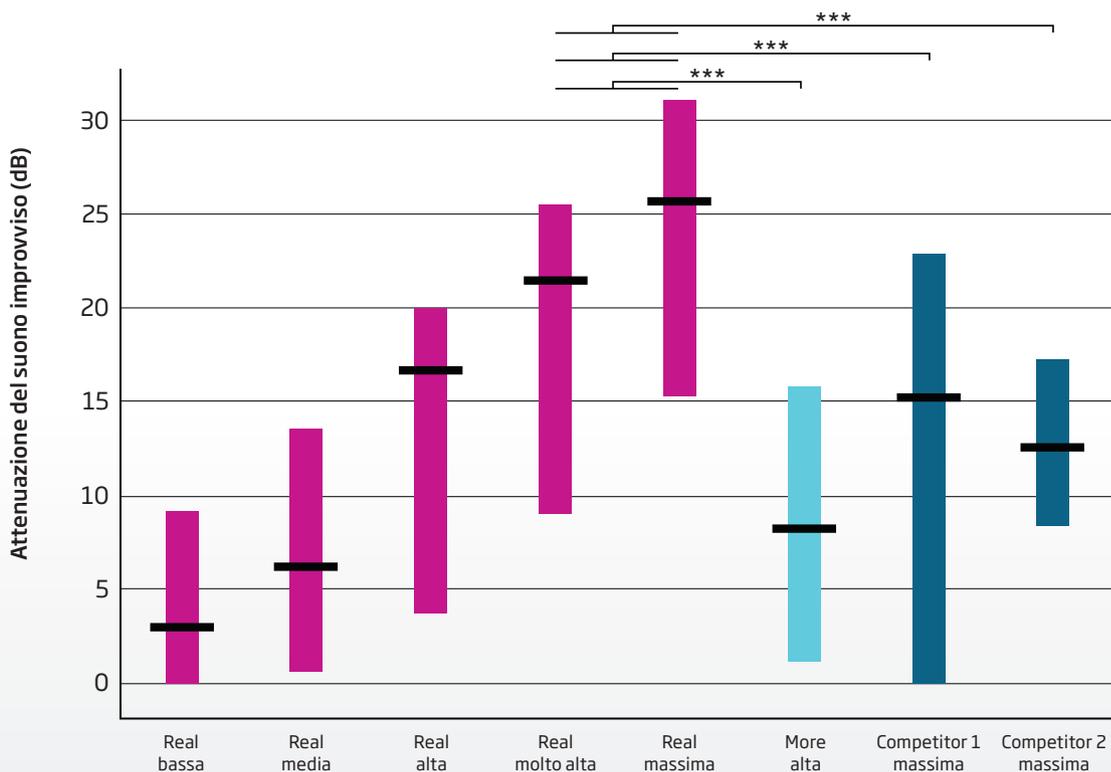


Figura 6: Intervalli di attenuazione misurati in dB per 20 suoni improvvisi reali con le diverse impostazioni di attivazione di SuddenSound Stabilizer in Oticon Real e con l'impostazione massima disponibile in Oticon More e in due dispositivi concorrenti premium. Per ogni dispositivo, le barre verticali mostrano l'intervallo di attenuazione e le linee nere orizzontali indicano il valore mediano di attenuazione. *** $p < 0.001$.

La Figura 4 mostra esempi di registrazioni di cinque diversi suoni improvvisi per tutte e sei le impostazioni di SuddenSound Stabilizer, da Spento a Massimo. Osservando l'altezza dei picchi nelle forme d'onda, è chiaramente visibile che aumentando l'attivazione di SuddenSound Stabilizer si attenua progressivamente l'altezza dei picchi, a dimostrazione del fatto che l'attenuazione dei suoni improvvisi può essere regolata a livelli diversi a seconda delle esigenze dell'utente. Zoomando su tre esempi di picchi di ampiezza del suono improvviso, la Figura 5 mostra la struttura temporale fine della forma d'onda acustica all'uscita dell'apparecchio acustico per l'impostazione Spento (forma d'onda blu) e l'impostazione Alto (forma d'onda rossa). Nonostante il periodo di tempo estremamente breve tra i picchi consecutivi, in genere inferiore a 1 ms, si può notare che tutti i picchi della struttura fine della forma d'onda sono ridotti. Anche i primissimi picchi all'inizio dei suoni improvvisi sono ridotti, il che indica che SuddenSound Stabilizer è in grado di agire così rapidamente da cogliere gli aumenti istantanei e bruschi del livello sonoro. Inoltre, mentre tutti i picchi sono chiaramente attenuati quando SuddenSound Stabilizer è attivo, la loro tempistica precisa rimane invariata sia che la funzione sia attiva sia che sia disattivata, per cui l'integrità temporale fine del suono è molto ben preservata da SuddenSound Stabilizer.

Per quantificare l'attenuazione dei suoni improvvisi fornita da SuddenSound Stabilizer, sono stati calcolati e confrontati i livelli di picco per i diversi livelli di attivazione rispetto all'impostazione Spento. Gli intervalli di attenuazione per i 20 diversi suoni improvvisi sono mostrati dalle barre verticali magenta nella Figura 6, mentre la linea nera indica l'attenuazione mediana per ciascuna delle impostazioni Bassa, Media, Alta, Molto Alta e Massima. Questi risultati dimostrano come l'intervallo di attenuazione si sposti progressivamente verso valori più elevati di attenuazione dei suoni improvvisi man mano che si scelgono impostazioni più alte, fino a raggiungere oltre 30 dB di attenuazione nell'impostazione Massima. Si noti l'ampiezza degli intervalli di attenuazione per ciascuna impostazione, che riflette il fatto che SuddenSound Stabilizer si adatta alle caratteristiche dei diversi suoni improvvisi, con un'attenuazione che dipende dal loro livello originale.

Parametro di riferimento delle prestazioni

Per lo stesso set di 20 suoni improvvisi sono state ottenute registrazioni con altri tre apparecchi acustici, Oticon More e due apparecchi di fascia alta della concorrenza. Tutti gli apparecchi acustici sono stati programmati con la stessa perdita uditiva moderata basata su un audiogramma standard N3 (Bisgaard et al., 2010) utilizzando la logica NAL-NL2 (Keidser et al., 2011) con tutte le funzioni impostate sulla prescrizione predefinita. Solo la funzione di gestione del rumore transitorio è stata impostata al minimo (Spento) o al massimo (corrispondente a Alto in Oticon More) ed è stata calcolata l'attenuazione sonora improvvisa tra queste due impostazioni. Come mostrato dalle barre verticali blu chiaro (Oticon More) e blu scuro (concorrenti) nella Figura 6, i valori di attenuazione del suono improvviso ottenuti per Oticon Real nelle impostazioni Molto Alta e Massima sono stati significativamente più alti di quelli ottenuti per Oticon More e per entrambi i concorrenti nella loro impostazione massima disponibile (tutti i confronti: $p < 0,001$, test di somma di rango di Wilcoxon con correzione di Bonferroni-Holm). Le due nuove impostazioni disponibili in Oticon Real, Molto Alta e Massima, hanno quindi ottenuto un'attenuazione mediana significativamente più elevata rispetto agli altri dispositivi. Ciò indica che SuddenSound Stabilizer è in grado di soddisfare meglio le esigenze degli utenti che mostrano un'elevata sensibilità ai suoni improvvisi rispetto a Transient Noise Management di Oticon More e alle corrispondenti funzioni dei dispositivi concorrenti premium testati, consentendo un migliore comfort in presenza di suoni improvvisi.

Miglioramento della chiarezza del discorso in presenza di suoni improvvisi

Quando si verificano durante l'ascolto del parlato, i suoni improvvisi possono compromettere l'integrità del segnale vocale. In una seconda indagine tecnica, abbiamo misurato come SuddenSound Stabilizer di Oticon Real influisca sulla chiarezza del parlato e come l'effetto sia paragonabile alla soluzione Transient Noise Management della nostra precedente generazione di apparecchi acustici premium, Oticon More. A tal fine, abbiamo studiato quanto l'attivazione di ciascuna funzione facesse risalire il parlato rispetto allo sfondo in una scena sonora realistica con suoni improvvisi.

Abbiamo riprodotto la scena di parlato nel rumore ecologicamente valida mostrata nella Figura 7 nel nostro studio audio. Il segnale vocale è stato tratto dal corpus DAT danese (Nielsen et al., 2014) con una voce femminile riprodotta dall'altoparlante anteriore a 70 dB SPL. La selezione di diversi suoni improvvisi della vita reale utilizzata nella sezione precedente è stata presentata da uno degli altoparlanti a 30° di azimut. Inoltre, da 100° e 260° di azimut è stato presentato il rumore di quattro parlanti a 60, 65 o 70 dB SPL, corrispondenti rispettivamente a situazioni semplici, moderate e complesse. Il livello di picco dei suoni improvvisi è stato equalizzato, in modo da ottenere livelli complessivi di suono improvviso compresi tra 70 e 89 dB(C).

Un HATS è stato posizionato al centro dell'impianto, a 1,6 m di distanza da ciascun altoparlante, indossando Oticon Real o Oticon More su entrambe le orecchie. Per evitare la dispersione del suono tra i ricevitori e i microfoni sono state utilizzate cupole di potenza di dimensioni corrispondenti ai canali uditivi. Il guadagno è stato fornito per una perdita uditiva moderata basata su un audiogramma standard N3 (Bisgaard et al., 2010) utilizzando la logica NAL-NL2 (Keidser et al., 2011). SuddenSound Stabilizer di Oticon Real e Transient Noise

Management di Oticon More sono stati impostati su Spento, sull'impostazione predefinita (Media) o sull'impostazione massima disponibile. Tutte le altre funzioni sono state impostate sulla prescrizione predefinita.

L'SNR in uscita è stato calcolato applicando il metodo dell'inversione di fase (Hagerman & Olofsson, 2004) per ogni condizione testata in Oticon Real e Oticon More. Tutti gli SNR in uscita sono stati ponderati con l'indice di intelligibilità del parlato (SII) in ogni regione di frequenza, secondo lo standard ANSI S3.5-1997 (1997). Abbiamo calcolato la differenza dell'SNR in uscita ponderato con l'SII tra le impostazioni SSS Off, predefinita (Media) e massima (Max) in Oticon Real e tra le impostazioni TNM Off, predefinita (Media) e massima (Alta) in Oticon More, per mostrare il miglioramento dell'SNR fornito dai livelli di attivazione SSS/TNM predefiniti e massimi.

La Figura 8 mostra i miglioramenti del SNR forniti da SSS in Oticon Real e TNM in Oticon More nelle impostazioni predefinite e massime rispetto a Off. Oticon Real è risultato in grado di fornire ulteriori vantaggi in termini di SNR in entrambi i casi, con miglioramenti di circa 1,5

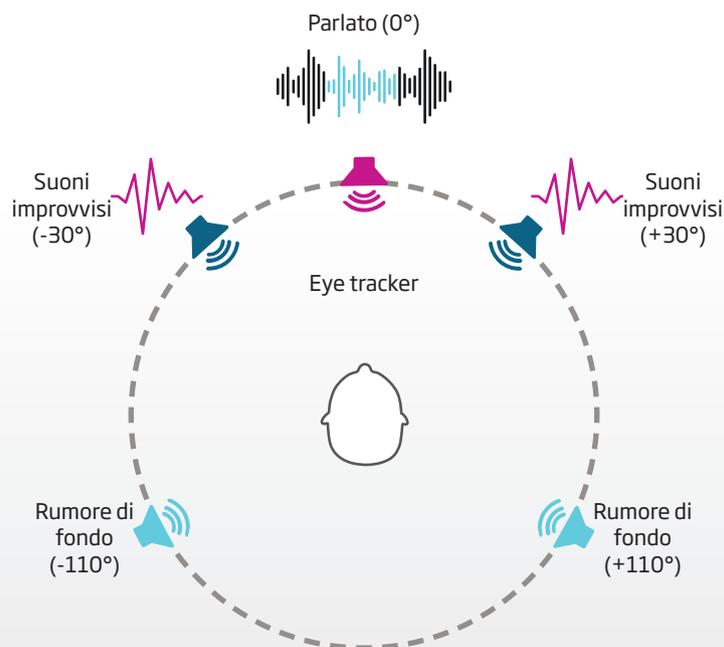


Figura 7: Configurazione del test per le misurazioni dell'SNR in uscita e per lo studio clinico, con il parlato presentato frontalmente, i suoni improvvisi leggermente laterali e il rumore di fondo proveniente dai lati posteriori.

dB nell'impostazione predefinita e fino a circa 3 dB nell'impostazione massima. Tali miglioramenti sono stati osservati in tutte e tre le situazioni testate, da quelle più semplici a quelle più complesse. I risultati di ulteriori condizioni di test con le altre impostazioni disponibili in Oticon Real hanno mostrato che il miglioramento medio del SNR variava da 0,7 dB nell'impostazione Bassa a 2,7 dB nell'impostazione Massima. Questi risultati indicano che l'attivazione di SSS in Oticon Real migliora la chiarezza del parlato in presenza di suoni improvvisi per tutte le impostazioni disponibili e supera TNM in Oticon More in termini di chiarezza del parlato per le impostazioni da Media a Massima. Questo perché l'SSS è in grado di fornire un'attenuazione dei suoni improvvisi senza compromettere un'adeguata amplificazione del parlato, anche quando questi si verificano contemporaneamente.

Ridurre lo sforzo di ascolto preservando la comprensione del parlato

I suoni improvvisi si verificano ogni giorno e sono parte integrante della nostra vita: il canto degli uccelli, il ticchettio degli orologi, il rumore delle posate durante la

cena, ecc. Le informazioni fornite da questi suoni arricchiscono la nostra sensazione uditiva e la consapevolezza di ciò che ci circonda. Volenti o nolenti, i suoni improvvisi accompagnano le nostre attività e contribuiscono al contesto della situazione. I suoni improvvisi possono anche riorientare la nostra attenzione. Immaginate di essere impegnati in una conversazione. Il suono di un vetro che si rompe, di una porta che sbatte o di una tastiera che digita potrebbe distrarre l'attenzione dalla conversazione. Idealmente, gli utilizzatori di apparecchi acustici vorrebbero conservare le informazioni uditive veicolate dai suoni improvvisi senza esserne disturbati.

In uno studio clinico, abbiamo analizzato l'effetto di SuddenSound Stabilizer mentre 29 portatori di apparecchi acustici con perdita uditiva simmetrica da lieve a moderata eseguivano un compito di riconoscimento vocale durante il quale venivano presentati suoni improvvisi. Le misure di risultato comprendevano l'intelligibilità del parlato, la risposta delle pupille come indice dello sforzo di ascolto e le valutazioni soggettive.

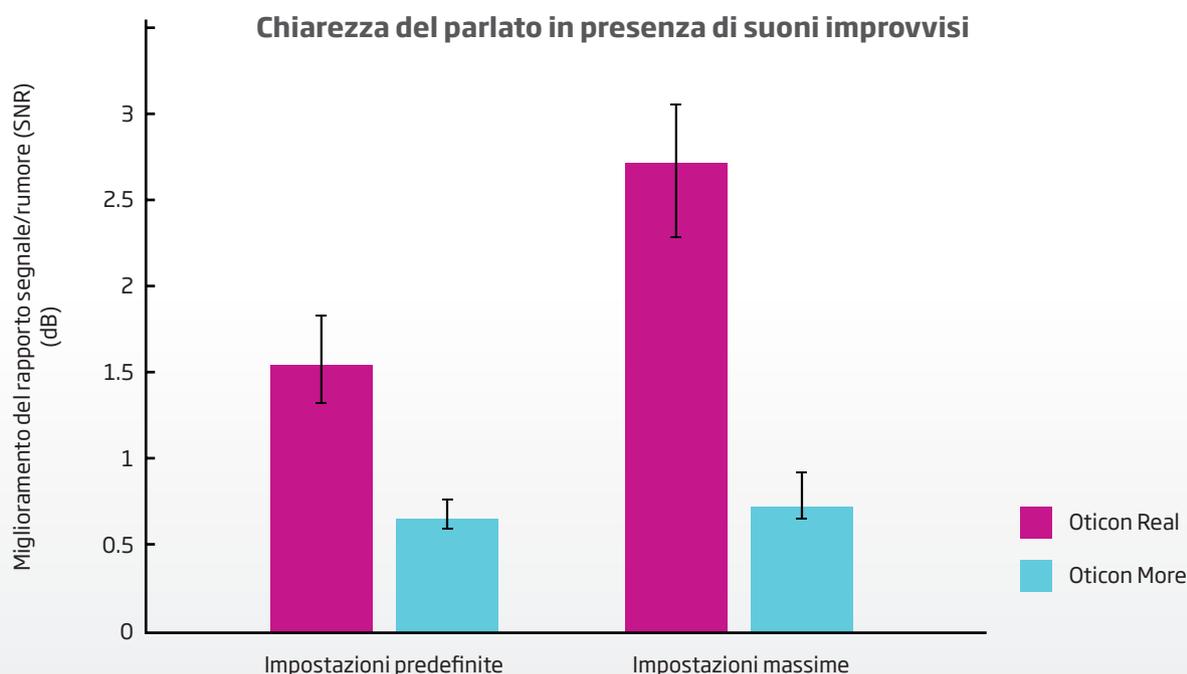


Figura 8: Miglioramento del SNR in uscita con l'attivazione di SuddenSound Stabilizer in Oticon Real (barre magenta) e Transient Noise Management in Oticon More (barre azzurre) nelle impostazioni di prescrizione predefinite (medie) e massime disponibili. L'altezza delle barre indica il miglioramento medio e le barre di errore indicano l'intero intervallo di miglioramento osservato nelle misurazioni in situazioni semplici, moderate e complesse.

Metodi

A tutti i partecipanti sono stati applicati apparecchi acustici Oticon Real con il guadagno prescritto dalla logica VAC+. Tutte le funzioni avanzate sono state impostate sulla prescrizione predefinita, ad eccezione dell'SSS che è stato attivato o disattivato. È stata utilizzata la configurazione del test illustrata nella Figura 7, con il parlato target presentato da un singolo altoparlante frontale, costituito da frasi lunghe 2 secondi tratte dal corpus DAT danese (Nielsen et al., 2014). Il rumore di fondo è stato presentato da $\pm 110^\circ$ di azimut, con un rumore di babele di 4 parlanti presentato da ciascun lato. I suoni improvvisi sono stati presentati da $\pm 30^\circ$ di azimut. Quando si verificava un suono improvviso, aveva la stessa probabilità di provenire da uno dei due altoparlanti.

Il compito consisteva nel ripetere le due parole chiave in una frase DAT, che si verificavano da circa 0,8 s a 1,8 s dopo l'inizio della frase. È stata utilizzata la stessa serie di suoni improvvisi reali delle indagini tecniche riportate in precedenza. Erano tutti della durata di 1 secondo. In

ogni prova, un suono improvviso scelto a caso dall'insieme è apparso insieme alle parole chiave durante la frase. Il livello del parlato target è stato fissato a 70 dB(C), mentre il livello di picco dei suoni improvvisi è stato equalizzato, in modo da ottenere livelli complessivi di suono improvviso compresi tra 70 e 89 dB(C). Il livello del rumore di fondo è stato regolato individualmente in modo da garantire che tutti i partecipanti al test raggiungessero l'80% di intelligibilità del parlato (indicizzata dalle parole chiave riportate correttamente) in assenza di suoni improvvisi.

Questo studio ha adottato un disegno a due a due. Il SuddenSound Stabilizer era impostato su Spento o su Alta e i suoni improvvisi erano presenti o assenti. Tutte e quattro le combinazioni di impostazione dello stabilizzatore SuddenSound con la presenza di suoni improvvisi sono state testate con almeno 20 frasi ciascuna, in un ordine casuale e bilanciato. Per ognuna di queste quattro condizioni sono state registrate la comprensione del parlato e le risposte pupillari. È stato inoltre

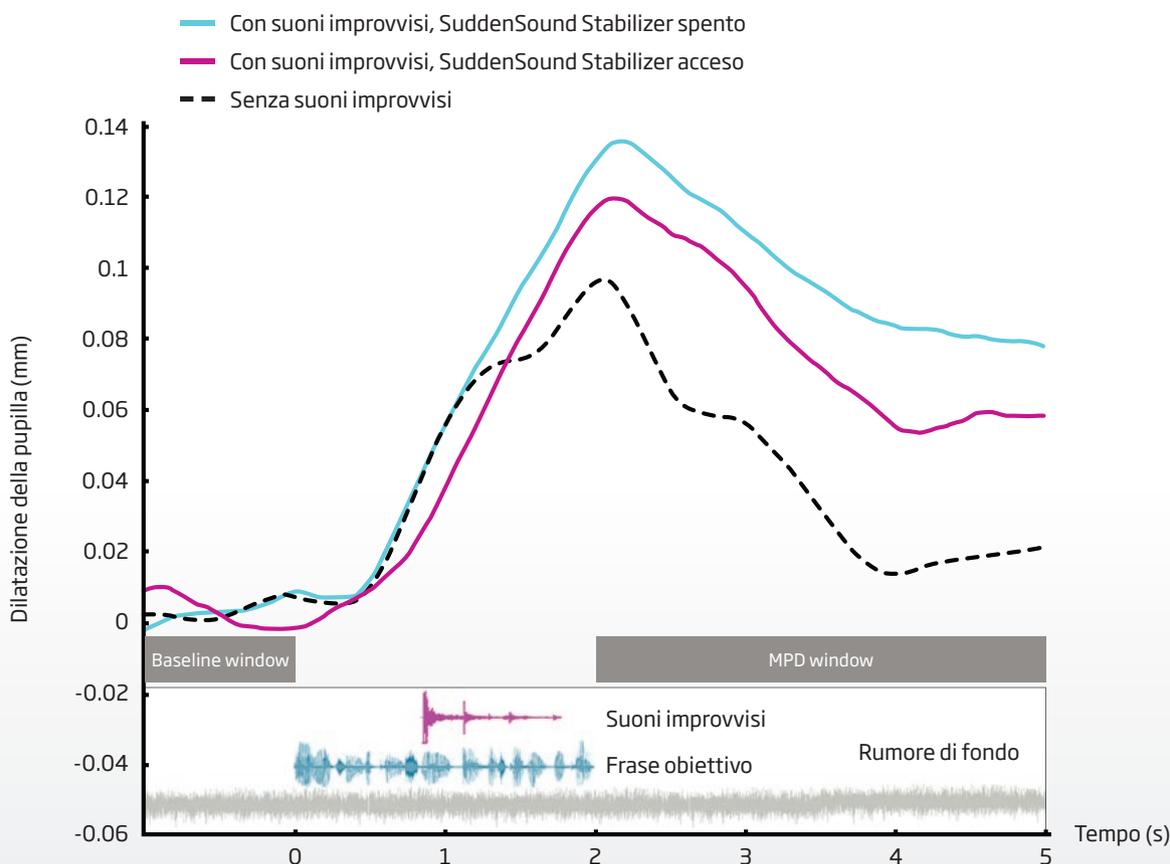


Figura 9: Dilatazione pupillare aggregata (corretta al basale) nel corso di una prova. Le tracce della pupilla e il tempo di stimolo sono indicati nella figura. Le curve blu e rosse mostrano la dilatazione pupillare in presenza di suoni improvvisi, rispettivamente con SSS attivato e disattivato. La curva nera tratteggiata mostra la dilatazione pupillare in assenza di suoni improvvisi (media delle condizioni SSS on e off). Sono indicate anche le finestre temporali utilizzate per il calcolo della linea di base e della dilatazione pupillare media (MPD).

somministrato un questionario soggettivo che confrontava la tendenza degli ascoltatori ad abbandonare il compito su una scala da 0 a 10 tra le due impostazioni dell'SSS.

Risultati

Comprensione del parlato

La comprensione del parlato è stata calcolata come percentuale di parole chiave ripetute correttamente per ogni condizione. Durante la fase di test dell'esperimento, la media di comprensione del parlato in assenza di suoni improvvisi era dell'86%. In presenza di suoni improvvisi, il punteggio medio è sceso al 60% a causa dell'effetto di mascheramento dei suoni improvvisi sulle parole chiave target. Tuttavia, indipendentemente dalla presenza o meno di suoni improvvisi, l'attivazione del SuddenSound Stabilizer non ha avuto alcun effetto significativo sulla comprensione del parlato. Ciò è stato confermato da un'analisi statistica con modello lineare generalizzato che ha mostrato che l'effetto della presenza di suoni improvvisi sui punteggi di riconoscimento delle parole chiave era significativo ($p < 0,001$), mentre l'effetto dell'impostazione dell'SSS non lo era ($p = 0,633$).

Responso pupillare

Seguendo la procedura descritta in Wendt et al. (2017), la dilatazione pupillare aggregata, corretta per la linea di base, nel corso di una prova è mostrata nella Figura 9. Le curve colorate mostrano le risposte pupillari per le condizioni in cui erano presenti suoni improvvisi e l'SSS era attivo (curva blu) o disattivato (curva rossa). La curva nera tratteggiata mostra la risposta media della pupilla nelle condizioni in cui i suoni improvvisi erano assenti. Coerentemente con quanto riportato in letteratura (ad esempio, Ohlenforst et al., 2018; Wendt et al., 2017), la dilatazione pupillare è aumentata all'inizio della frase, raggiungendo un valore massimo, ed è diminuita progressivamente verso la linea di base dopo l'offset della frase, illustrando la variazione dello sforzo di ascolto durante il compito. Quando i suoni improvvisi

sono stati presentati insieme alle parole chiave della frase, l'attivazione del SuddenSound Stabilizer ha prodotto una risposta pupillare ridotta (confrontando le curve rosse e blu), indicando una riduzione dello sforzo. Quando non erano presenti suoni improvvisi, la risposta delle pupille era la più bassa (confrontando le curve tratteggiate nere e colorate). Come previsto, i suoni improvvisi che si sovrapponevano al parlato richiedevano ai partecipanti uno sforzo maggiore.

Per l'analisi statistica dei tracciati pupillari sono stati utilizzati tre parametri: la dilatazione pupillare basale, la dilatazione pupillare media (MPD) a partire dall'offset della frase (vedi finestra temporale nella Figura 9) e il picco di dilatazione pupillare (PPD), cioè il punto più alto del tracciato pupillare. Ai tre parametri è stato applicato un modello lineare generalizzato con i partecipanti al test come fattore casuale. Mentre non sono state riscontrate differenze significative per la linea di base ($p > 0,05$), sia la MPD che la PPD sono aumentate significativamente in presenza di suoni improvvisi ($p < 0,003$). Attivando lo stabilizzatore SuddenSound in presenza di suoni improvvisi, sia la MPD che la PPD sono diminuite significativamente ($p < 0,05$), indicando una riduzione dello sforzo di ascolto. Complessivamente, la MPD è diminuita del 22% quando è stato attivato l'SSS rispetto alla dimensione media più alta della pupilla nella condizione di SSS Off. Al contrario, in assenza di suoni improvvisi, l'impostazione del SuddenSound Stabilizer non ha influenzato in modo significativo né la MPD né la PPD. Nel complesso, questi risultati suggeriscono che l'SSS riduce significativamente lo sforzo di ascolto durante il riconoscimento vocale in presenza di suoni improvvisi.

Valutazione soggettiva

È stata utilizzata un'analisi della varianza a misure ripetute per analizzare la tendenza soggettiva a rinunciare durante il compito di ascolto. L'attivazione di SuddenSound Stabilizer ha ridotto significativamente

la probabilità di abbandono da parte degli utenti di apparecchi acustici durante questo compito ($p < 0,05$). Ciò suggerisce che i partecipanti sono rimasti più impegnati nel compito di ascolto quando l'SSS era attivo rispetto a quando era spento.

Riepilogo

Questo studio clinico ha analizzato l'effetto di SuddenSound Stabilizer durante un compito di riconoscimento vocale sia in presenza che in assenza di suoni improvvisi. I risultati hanno indicato che:

- l'attivazione di SuddenSound Stabilizer non ha influito sulla comprensione del parlato
- l'abilitazione dello stabilizzatore SuddenSound ha ridotto del 22% la risposta della pupilla in presenza di suoni improvvisi durante un compito di riconoscimento vocale, indicando una significativa riduzione dello sforzo di ascolto
- l'attivazione dello stabilizzatore SuddenSound ha ridotto la probabilità che i partecipanti abbandonino l'ascolto del discorso.





Bibliografia

1. ANSI (1997). ANSI S3.5-1997, American National Standard methods for the calculation of the Speech Intelligibility Index (American National Standards Institute, New York).
2. Bisgaard, N., Vlaming, M. S., & Dahlquist, M. (2010). Standard audiograms for the IEC 60118-15 measurement procedure. *Trends in Amplification*, 14(2), 113-120.
3. Dillon, H. (2001). *Hearing Aids*. Thieme Medical Publishers.
4. Gade, P., Brændgaard, M., Flocken, H., Preszcatör, D., & Santurette, S. (2023). Wind & Handling Stabilizer - Evidence and user benefits. Oticon Whitepaper.
5. Hagerman, B., & Olofsson, Å. (2004). A method to measure the effect of noise reduction algorithms using simultaneous speech and noise. *Acta Acustica United with Acustica*, 90(2), 356-361.
6. Humes, L.E., Rogers, S.E., Main, A.K., & Kinney, D.L. (2018). The Acoustic Environments in Which Older Adults Wear Their Hearing Aids: Insights From Datalogging Sound Environment Classification. *American Journal of Audiology*, 27, 594-603.
7. Keidser, G., Dillon, H., Flax, M., Ching, T., & Brewer, S. (2011). The NAL-NL2 prescription procedure. *Audiology research*, 1(1), 88-90
8. Keshavarzi, M., Baer, T., & Moore, B.C.J., (2018). Evaluation of a multi-channel algorithm for reducing transient sounds. *International Journal of Audiology*, 57:8, 624-631, DOI: 10.1080/14992027.2018.1470336
9. Liu, H., Zhang, H., Bentler, R. A., Han, D., & Zhang, L. (2012). Evaluation of a Transient Noise Reduction Strategy for Hearing Aids. *J Am Acad Audiol* 23, 606-615, DOI: 10.3766/jaaa.23.8.4
10. Nielsen, J.B., Dau, T., & Neher, T., 2014. A Danish open-set speech corpus for competing-speech studies. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(1), 407-420.
11. Preszcatör, D., & Løve, S. (2023). Oticon Fitting Guide - Sound Sensitivity.
12. Wendt, D., Hietkamp, R.K., & Lunner, T., 2017. Impact of noise and noise reduction on processing effort: A pupillometry study. *Ear and Hearing*, 38(6), 690-700.

Publicazione riservata esclusivamente
ai Sigg. Medici e Audioprotesisti

www.oticon.it

Oticon is part of the Demant Group.

oticon
life-changing **technology**