

# Un RIE innovativo con microfono nell'orecchio consente di “ascoltare con le proprie orecchie”

Jennifer Groth, MA, GN Hearing A/S

## SOMMARIO

Gli apparecchi acustici con ricevitore nell'orecchio (RIE) hanno preso il sopravvento sul mercato. I dati riferiti al 2019 per gli Stati Uniti indicano che è di questa tipologia quasi il 79% degli apparecchi acustici venduti. La popolarità del RIE è comprensibile: è un apparecchio robusto e confortevole, si può portare con discrezione e offre la più completa gamma di funzioni. Uno svantaggio significativo del RIE è che i microfoni presentano il suono al singolo orecchio da una posizione innaturale. Sebbene gli algoritmi artificiali per la compensazione dell'effetto pinna possano alleviare in certa misura questo svantaggio, il suono dovrebbe raggiungere l'orecchio nel modo organico previsto dalla natura: tramite il padiglione auricolare. Offrendo un ulteriore esempio di innovazione con cui Organic Hearing-Ascolto secondo natura di ReSound imita e preserva i processi uditivi naturali, l'apparecchio acustico ReSound One™ può essere provvisto di M&RIE (microfono e ricevitore nell'orecchio). Questo modulo innovativo colloca il microfono nel canale uditivo dell'utilizzatore, cosicché il suono può essere conformato dall'anatomia particolare della persona, offrendo all'utilizzatore tutti i benefici del tipo RIE unitamente alla qualità del suono più naturale.

Nel 2019 i RIE hanno costituito il 78,9% degli apparecchi acustici venduti negli Stati Uniti.<sup>2</sup> Vi sono buone ragioni per la popolarità del modello RIE. Gli audioprotesisti ne hanno di solito a disposizione per offrire una dimostrazione o perfino per applicarli immediatamente con una cupoletta in dotazione; questo modello è confortevole da portare e praticamente invisibile sull'orecchio; e il RIE di solito avrà la gamma più completa di funzioni per la gestione del rumore e per la connettività wireless in confronto ad altri tipi di apparecchi acustici. La connettività wireless inoltre sarà probabilmente più robusta e affidabile rispetto alla media degli apparecchi acustici su misura. Infine si è constatato che gli utilizzatori sono in generale maggiormente soddisfatti con la soluzione RIE, il che è un buon motivo per continuare a offrirli. Il sondaggio MarkeTrak 10 ha rilevato un 84% di soddisfazione in merito agli apparecchi acustici retroauricolari (che per la maggior parte saranno RIE) rispetto a un 79% per gli apparecchi acustici su misura.<sup>3</sup>

## IL RIE PRESENTA SOLO VANTAGGI?

Nonostante i numerosi vantaggi, per alcuni utilizzatori gli apparecchi acustici RIE potrebbero avere un suono innaturale, a cui è difficile abituarsi, e che nel peggiore dei casi risulta perfino pregiudizievole per gli obiettivi di ascolto. Uno svantaggio fondamentale del modello RIE è che i microfoni mediante i quali viene captato il suono sono situati al di sopra o perfino dietro l'orecchio esterno. Non è una collocazione vantaggiosa per la qualità del suono, poiché non è il luogo naturale in cui il suono venga percepito e incanalato verso il timpano. Il cervello si aspetta di ricevere un suono configurato dall'anatomia del corpo, della testa e dell'orecchio. Udire il suono attraverso un apparecchio acustico che lo capta in una posizione anatomica sbagliata potrebbe ostacolare i processi uditivi naturali del cervello, addirittura contrastando gli effetti positivi del fatto di rendere udibili i suoni inudibili. Questo vale in particolare per le persone con ipoacusia lieve, perché a spingerli a cercare aiuto è in genere la difficoltà di udire in presenza di rumore, più che la

scarsa udibilità del parlato e dei suoni quotidiani. Tali persone il più delle volte affermano di udire bene in molte situazioni della vita quotidiana. Ciò significa che le loro aspettative minime per l'uso di apparecchi acustici saranno 1) avere la possibilità di udire in presenza di rumore, 2) non subire un deterioramento dell'udito sotto altri aspetti. Gli apparecchi acustici RIE, con la collocazione del microfono sopra l'orecchio, possono essere utili per soddisfare la prima aspettativa, ma forse non adeguatamente la seconda.

## VANTAGGI DEL MICROFONO NELL'ORECCHIO

Quando qualche decennio fa comparvero gli apparecchi acustici nell'orecchio (ITE), si dedicarono notevoli sforzi di ricerca allo scopo di documentare i vantaggi dovuti alla collocazione dei microfoni degli apparecchi acustici all'interno dell'orecchio. Si rilevò come la collocazione del microfono nel padiglione auricolare fosse migliore dal punto di vista acustico rispetto alla collocazione retroauricolare (BTE)<sup>4-6</sup> e consentisse un migliore riconoscimento del parlato nel rumore,<sup>6-8</sup> nonché una migliore capacità di localizzare le sorgenti sonore.<sup>9</sup> Studi più recenti corroborano questi risultati integrandoli con l'esame di altri tipi di vantaggi.

Cubick e collaboratori<sup>10</sup> hanno dimostrato che l'udito spazializzato e la capacità di riconoscimento del parlato diminuiscono se l'ascolto avviene tramite apparecchi acustici con una collocazione innaturale dei microfoni sopra l'orecchio. Nel loro esperimento, per isolare gli effetti della collocazione dei microfoni rispetto all'elaborazione del suono, ad ascoltatori aventi soglie uditive normali è stata fornita un'amplificazione lineare di alta qualità. I ricercatori hanno ipotizzato che il deterioramento del riconoscimento del parlato in presenza di suoni in competizione da loro osservato in ascoltatori normoudenti possa avere conseguenze sulla capacità degli utilizzatori di ap-

parecchi acustici di separare i vari suoni, compresi quelli provenienti da più parlanti. In altri termini, proprio il problema che può spingere le persone affette da ipoacusia lieve a provare apparecchi acustici – la difficoltà di udire in situazioni con suoni in competizione – potrebbe risultare perfino peggiorato a causa della collocazione dei microfoni.

È importante l'udito spazializzato per chi è affetto da ipoacusia? Molte persone, che facciano o non facciano uso di apparecchi acustici, non dichiarano esplicitamente le loro difficoltà o aspettative in termini di percezione dei suoni nello spazio. Per esempio, alcuni diranno che fanno fatica a seguire la conversazione durante una riunione di famiglia. Ma ciò di cui probabilmente non si rendono conto è il ruolo svolto dall'udito spazializzato nella loro capacità di separare il flusso sonoro percepito dagli orecchi in modo da creare una scena uditiva e da operare in maniera efficiente nell'ambito di tale scena. Byrne e Noble<sup>11</sup> hanno esaminato l'importanza della localizzazione nell'udire in situazioni del mondo reale, indicando che si tratta di un aspetto della vita quotidiana tanto naturale che viene dato per scontato. Si è constatato che nella vita reale gli ascoltatori devono "localizzare e identificare i segnali, ascoltarli e spostare l'attenzione da un segnale all'altro in modo da mantenere la competenza comunicativa e un senso di collegamento con l'ambiente circostante".<sup>12</sup> (p. 86) I risultati del sondaggio MarkeTrak 10 in effetti confermano che l'udito spazializzato offre un contributo alla soddisfazione complessiva in merito agli apparecchi acustici. Si è rilevato che il fattore più importante nel favorire la soddisfazione è dato da "prestazioni e qualità del suono degli apparecchi acustici" e un contributo a tale fattore è la "capacità di indicare la direzione" del suono.<sup>13</sup> Un numero crescente di ricerche riguarda le modalità con cui i riferimenti di localizzazione interagiscono con l'udito in situazioni dinamiche, nonché gli aspetti tecnici degli apparecchi acustici in grado di favorire od ostacolare l'udito spazializzato.

Come menzionato in precedenza, è ben dimostrato che la collocazione del microfono all'interno anziché al di sopra del padiglione auricolare risulta migliore in termini di mantenimento della filtrazione spettrale del suono a opera del padiglione, come è stato confermato anche da ricerche recenti.<sup>14-16</sup> Inoltre si è constatato che gli apparecchi acustici disponibili sul mercato, con i loro programmi predefiniti, introducono distorsioni dei riferimenti spaziali, a causa sia della collocazione dei microfoni, sia delle funzioni di elaborazione del suono, come la direzionalità adattabile.<sup>17,18</sup>

Per compensare il possibile deterioramento della localizzazione e della qualità del suono, i produttori di apparecchi acustici possono utilizzare un algoritmo di compensazione dell'effetto pinna in modo da ovviare alla svantaggiosa collocazione dei microfoni sopra l'orecchio. Questo tipo di elaborazione utilizza il sistema a due microfoni dell'apparecchio acustico per creare diagrammi di direttività spaziale simili a quelli medi dell'orecchio su una testa e su un tronco di forma media. Con gli algoritmi di compensazione dell'effetto pinna si è constatato un miglioramento della localizzazione anteriore-posteriore.<sup>19-21</sup> Sebbene questa sia una buona notizia per gli utilizzatori di RIE, gli algoritmi di compensazione dell'effetto pinna nondimeno presentano due punti di discussione. Uno è che, come indicato, sono previsti per un orecchio di forma media e regolati in modo da funzionare su un manichino antropomorfo. Non solo il beneficio è diverso in rapporto alla grande variabilità in-

dividuale delle caratteristiche dell'orecchio, ma si è anche constatato che i manichini non sono come gli esseri umani quando si valuta la localizzazione.<sup>16</sup>

Un'altra valutazione degli algoritmi di compensazione dell'effetto pinna è che non possono tener conto del suono proveniente da tutti gli azimut e le altezze. Sono regolati in modo da funzionare bene per il suono di provenienza anteriore sul piano orizzontale. In questo senso sono diversi dall'orecchio umano, che invece configura in maniera caratteristica il suono in arrivo, da qualsiasi punto dello spazio circostante provenga. L'importanza di questo aspetto in termini di riferimenti spettrali monoaurali è ovvia, ma la collocazione della ricezione del suono ha anche un effetto notevole sui riferimenti dovuti alle differenze di livello interaurali (ILD). Udesen e collaboratori<sup>14</sup> hanno misurato le ILD in vari punti del padiglione auricolare e hanno riscontrato un errore anche di 30 dB a seconda della collocazione. Unitamente al fatto che la compensazione dell'effetto pinna non è personalizzata, forse questo è un fattore che contribuisce alle conclusioni di una meta-analisi secondo cui la compensazione dell'effetto pinna può essere meno utile nel mondo reale rispetto all'ambiente di laboratorio.<sup>22</sup>

## UN APPARECCHIO ACUSTICO CHE MANTIENE I RIFERIMENTI PER L'UDITO SPAZIALIZZATO

La filosofia Ascolto secondo natura–Organic Hearing è di trarre ispirazione dalla natura per apportare innovazioni agli apparecchi acustici a partire da WDRC per imitare la frequenza della compressione non lineare della coclea. ReSound ha anche promosso il fitting aperto, unendo l'ascolto naturale del suono diretto con quello amplificato fedelmente in un pacchetto comodo e praticamente invisibile. In effetti, questa straordinaria innovazione ha aperto la strada ai popolari stili RIE di oggi. Con ReSound ONE imitiamo la natura sfruttando gli orecchi del singolo utilizzatore allo scopo di personalizzare il suono secondo modalità non consentite da alcuna altra tecnologia. La nuova soluzione M&RIE abbina i vantaggi del tipo RIE a un microfono collocato nel canale uditivo, in modo da presentare il suono all'orecchio dell'utilizzatore sfruttando l'anatomia particolare dell'orecchio stesso. Un microfono inserito nel minuscolo modulo del ricevitore consente di captare il suono all'ingresso del canale uditivo, elaborarlo nell'apparecchio posto sopra l'orecchio e presentarlo tramite il ricevitore situato all'interno del canale uditivo. I microfoni collocati nell'apparecchio permettono di abbinare il M&RIE alla tecnologia direzionale quando è desiderabile un aumento supplementare del rapporto segnale-rumore. Il M&RIE offre agli utilizzatori tutto il beneficio dell'elaborazione binaurale da parte del cervello. Quando le informazioni contenenti i riferimenti spaziali vengono presentate al cervello nel formato che questo si aspetta, i benefici sono un migliore rapporto segnale-rumore, una migliore stima della direzione di provenienza del suono, una migliore percezione della profondità e della distanza e una sinergia fra gli apparati visivo e uditivo. Tutto questo contribuisce a un'esperienza d'ascolto davvero naturale.

## PROVE A SOSTEGNO DEL M&RIE

Le misurazioni tecniche del M&RIE indicano che le proprietà di filtrazione con la collocazione nell'orecchio sono quasi identiche all'orecchio libero. La figura 1 illustra il modo in cui

il M&RIE viene collocato sull'orecchio, dove i puntini gialli indicano la posizione dei microfoni. Oltre ai due microfoni presenti nell'apparecchio collocato sopra l'orecchio, questa soluzione presenta un microfono nella parte rivolta verso l'esterno del modulo ricevitore posto nel canale uditivo. I tracciati tridimensionali indicano l'intensità dei suoni di varie frequenze, presentati con angoli che vanno da 0 a 360 gradi, con l'orecchio libero, il M&RIE e l'algoritmo di compensazione dell'effetto pinna con l'uso di microfoni sopra l'orecchio. Mentre l'algoritmo di compensazione offre soltanto un'approssimazione ai risultati dell'orecchio libero, il M&RIE li replica in maniera molto precisa.

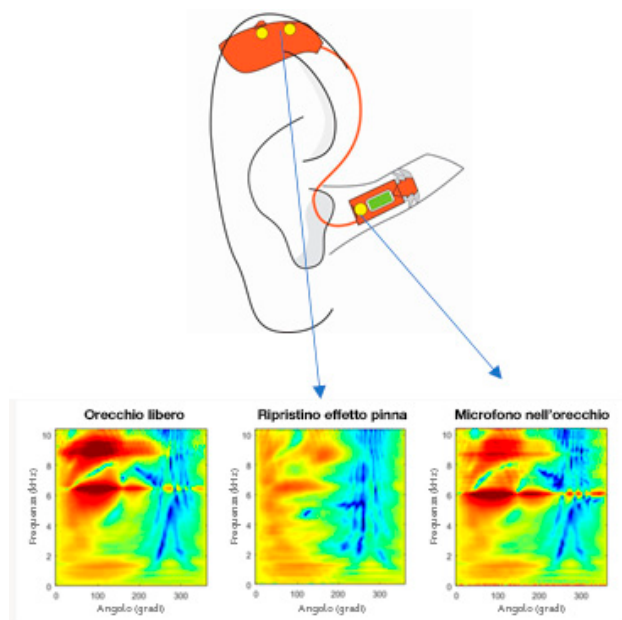


Figura 1. Il modulo M&RIE contiene sia un microfono sia un ricevitore. I tracciati tridimensionali indicano l'intensità misurata nel canale uditivo in base alla frequenza e all'angolo di presentazione con l'orecchio libero, un algoritmo di compensazione dell'effetto pinna e il M&RIE. Il blu e l'azzurro indicano un'intensità minore, il giallo e il rosso un'intensità maggiore. Con la collocazione del microfono M&RIE la filtrazione spettrale della testa e dell'orecchio esterno è quasi identica a quella del canale uditivo libero. L'algoritmo di compensazione dell'effetto pinna che utilizza i due microfoni sopra l'orecchio è una buona approssimazione, ma si basa su valori medi.

Naturalmente è ancora più interessante sapere se la collocazione del microfono M&RIE apporti benefici percettivi corrispondenti alle misurazioni acustiche. Un metodo per farsi un'idea di come possa essere influenzato l'udito spazializzato è un esercizio di localizzazione. Come indicato, si sono constatati miglioramenti nella localizzazione anteriore-posteriore per gli algoritmi di compensazione dell'effetto pinna rispetto ai microfoni omnidirezionali. Per accertare il beneficio della localizzazione col M&RIE in confronto all'omnidirezionale e alla compensazione dell'effetto pinna, è stata condotta una prova interna con cinque adulti aventi soglie uditive entro i limiti normali e 10 adulti con audiogrammi simili agli audiogrammi standard N1, N2 e N3.<sup>23</sup>

Gli ascoltatori sono stati fatti sedere all'interno di una schiera di 12 altoparlanti sistemati a intervalli di 30 gradi e regolati in modo che gli orecchi dei partecipanti si trovassero sullo stesso piano orizzontale del centro degli altoparlanti. I partecipanti sono stati invitati a tenere la testa ferma durante l'intero esperimento. I segnali sono stati presentati in maniera casuale tramite gli altoparlanti e ogni angolo è stato sperimentato 4 volte, per un totale di 48 presentazioni di segnali. Il compito era identificare l'altoparlante di provenienza del segnale, indicando il numero corrispondente a tale altoparlante. I partecipanti erano aiutati da un foglio di carta con la collocazione degli altoparlanti. La prova è stata ripetuta due volte.

I risultati ottenuti dai cinque ascoltatori con soglie uditive normali rappresentano la potenzialità della soluzione M&RIE. Come si può vedere nella figura 2, questi ascoltatori hanno fatto registrare un notevole beneficio della compensazione dell'effetto pinna nella localizzazione sia anteriore-posteriore sia complessiva. Questi ascoltatori nella localizzazione anteriore-posteriore hanno commesso in media il 29% di errori in meno col M&RIE rispetto all'omnidirezionale e nella localizzazione complessiva il 17% in meno col M&RIE rispetto all'omnidirezionale. Inoltre hanno evidenziato un beneficio di pari livello col M&RIE in confronto alla compensazione dell'effetto pinna, esemplificando così l'importanza delle caratteristiche individuali dell'orecchio ai fini della localizzazione. Come previsto, i dieci ascoltatori affetti da ipoacusia hanno evidenziato prestazioni peggiori rispetto ai normoudenti in tutti gli esercizi di localizzazione, con tutti i sistemi. È ben dimostrato che le persone affette da ipoacusia manifestano un deterioramento delle prestazioni in tale ambito e sono meno sensibili agli effetti acustici dovuti alla collocazione dei microfoni.<sup>24,25</sup> Seppure in maniera meno evidente rispetto agli ascoltatori normoudenti, gli ascoltatori affetti da ipoacusia lieve in questo studio interno hanno in effetti evidenziato benefici in media sia con la compensazione dell'effetto pinna sia col M&RIE, anche se soltanto i risultati col M&RIE hanno fatto registrare un miglioramento significativo. In media, gli errori di localizzazione anteriore-posteriore sono diminuiti del 10% e gli errori complessivi del 9% rispetto all'omnidirezionale. Va osservato che si sono riscontrate notevoli variazioni individuali, e questo lascia supporre che alcune persone sfruttino meglio di altre i riferimenti di localizzazione così preservati, malgrado una sensibilità uditiva simile.

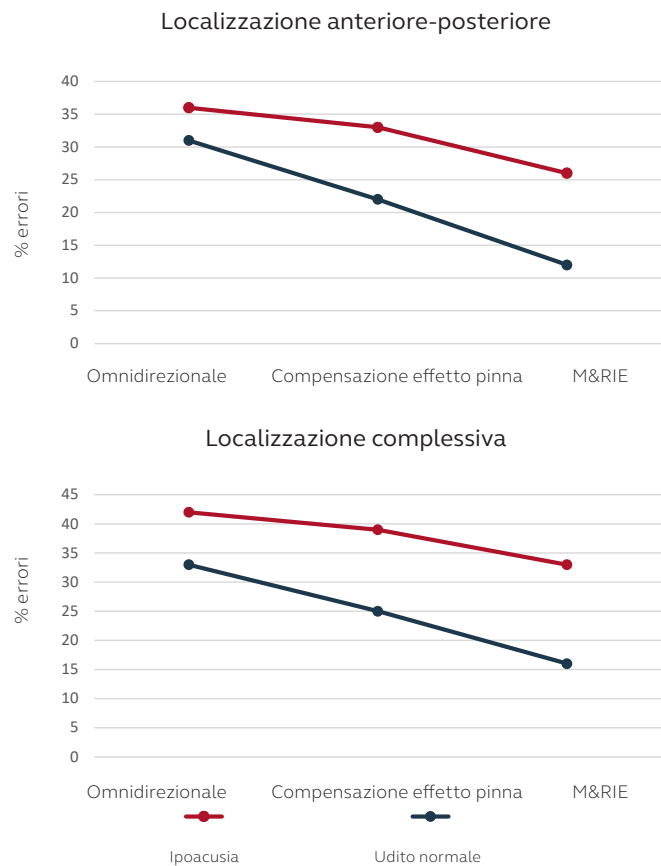


Figura 2. Il diagramma in alto illustra la percentuale di errori in un esercizio di localizzazione anteriore-posteriore, mentre il diagramma in basso indica la percentuale di errori nella localizzazione complessiva. Con la compensazione dell'effetto pinna gli errori di localizzazione sono diminuiti in confronto all'omnidirezionale sia per gli ascoltatori normoudenti sia per gli ascoltatori affetti da ipoacusia lieve. Col M&RIE si è riscontrato un ulteriore beneficio.

Un buon udito spazializzato contribuisce alla nostra sensazione di naturalezza del suono, aiutandoci a percepire i suoni come qualcosa che avviene al di fuori della testa, nello spazio. Perciò è interessante anche interrogare gli ascoltatori in merito alle loro preferenze in fatto di qualità del suono in funzione della collocazione dei microfoni. Con un ampliamento della prova di ascolto interna, ai partecipanti è stata offerta l'occasione di valutare i tre tipi di microfoni durante una passeggiata all'esterno e in una sala mensa affollata. Gli apparecchi acustici sono stati programmati con sistema omnidirezionale, compensazione dell'effetto pinna e M&RIE in ordine casuale, e tanto i partecipanti quanto i ricercatori sono stati tenuti all'oscuro in merito al sistema in uso. Ai partecipanti è stato chiesto di indicare le preferenze in termini di naturalezza del suono. Fra gli ascoltatori normoudenti, tre su cinque hanno preferito il M&RIE, uno ha preferito la compensazione dell'effetto pinna e uno il sistema omnidirezionale. Fra gli ascoltatori affetti da ipoacusia, nove hanno preferito il M&RIE e soltanto uno il sistema omnidirezionale.

Un metodo più strutturato per valutare la qualità del suono negli apparecchi acustici è stato messo a punto da Legarth e collaboratori<sup>26</sup> in base al sistema MUSHRA.<sup>27,28</sup> I vantaggi di tale metodo sono di essere in doppio cieco, affidabile e in grado di superare le limitazioni della memoria uditiva. Lo si è utilizzato di frequente per quantificare sia le preferenze complessive in merito alla qualità del suono, sia le dimensioni della qualità del suono negli apparecchi acustici. I partecipanti ascoltano stimoli sonori tramite cuffie e li valutano in relazione a un minimo e a un massimo. Si è utilizzato questo metodo anche per valutare la qualità del suono della soluzione M&RIE in rapporto alla compensazione dell'effetto pinna.

Per giudicare la qualità del suono risultante dalla collocazione dei microfoni, è necessario che le persone siano in grado di valutare il suono come verrebbe configurato dalla loro particolare anatomia nel momento in cui arriva al microfono. Per rendere accessibile questo aspetto durante l'ascolto con le cuffie, in ciascuna situazione di ascolto era necessario modificare gli stimoli sonori secondo un insieme di dati tratti da misurazioni delle modalità con cui il suono presentato da distanze e direzioni variabili venisse filtrato dalle rispettive caratteristiche anatomiche. Pertanto sono stati determinati dei filtri per gli orecchi destro e sinistro di cinque ascoltatori per la collocazione dei microfoni M&RIE e per la collocazione dei microfoni RIE sopra il padiglione auricolare, inserendo poi tali filtri nel percorso del segnale fra gli stimoli sonori e le cuffie, assieme a una correzione per la risposta delle cuffie. L'esito è una reale riproduzione delle pressioni sonore che si creano in maniera naturale negli orecchi in ciascuna situazione.

Per la prova di ascolto i cinque partecipanti normoudenti hanno valutato la qualità del suono complessiva e la qualità del suono spazializzato. Per la qualità del suono complessiva dovevano esaminare la nitidezza, il timbro e la naturalezza. Per la qualità del suono spazializzato dovevano esaminare la capacità di localizzare i suoni, la definizione del suono e la spaziosità ossia la percezione della stanza. Gli stimoli sono stati creati con uno strumento di simulazione<sup>29</sup> e comprendevano un ambiente di ufficio, un ambiente di mensa aziendale e musica jazz.

I risultati hanno espresso per il M&RIE una valutazione media della qualità complessiva e una valutazione media della qualità del suono spazializzato doppie rispetto alla compensazione

dell'effetto pinna. L'aspetto più sorprendente è la mancanza di variabilità nelle valutazioni del M&RIE in confronto alla compensazione dell'effetto pinna. Sia per la qualità complessiva sia per il suono spazializzato, i giudizi sulla compensazione dell'effetto pinna da parte delle singole persone andavano da scarso a quasi altrettanto valido quanto il M&RIE. Questo risultato è prevedibile perché la compensazione dell'effetto pinna si basa su valori riferiti a un adulto medio. Per chi ha caratteristiche anatomiche molto diverse dalla media il suono presentato con compensazione dell'effetto pinna risulterà meno naturale e di qualità inferiore rispetto a quello captato dai microfoni M&RIE. Per chi ha caratteristiche simili alla media, il suono con compensazione dell'effetto pinna risulterà di qualità piuttosto buona.

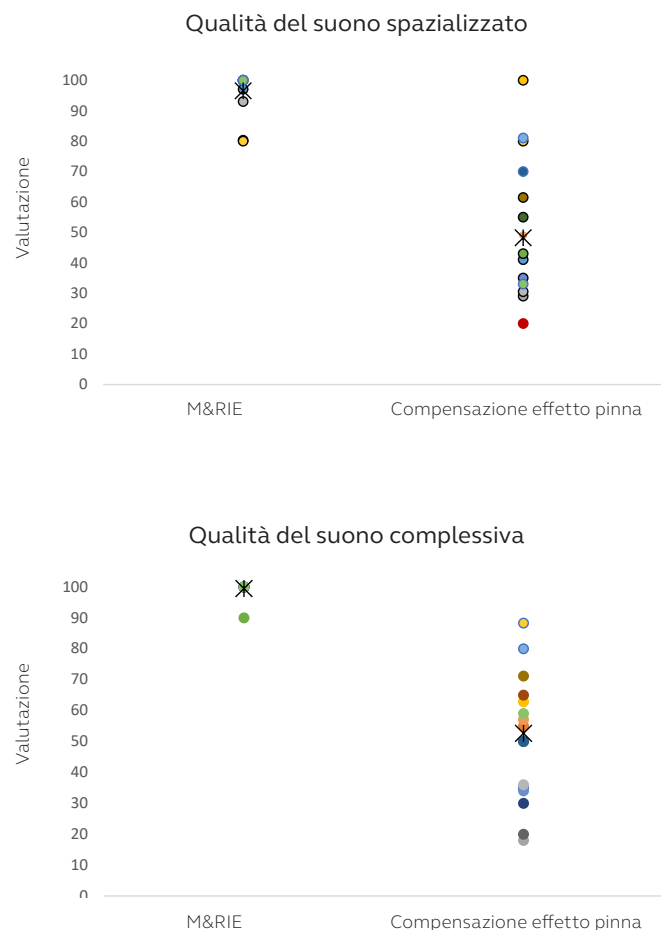


Figura 3. Valutazioni individuali della qualità del suono complessiva e della qualità del suono spazializzato per il M&RIE e la compensazione dell'effetto pinna. La "X" indica la valutazione media per ciascuna situazione. Per il M&RIE si sono riscontrate valutazioni costantemente elevate con una distribuzione ridotta. La maggiore variabilità dei risultati con la compensazione dell'effetto pinna riflette la variazione delle differenze individuali nelle modalità con cui il suono viene riflesso dall'anatomia del singolo ascoltatore.

## L'ASCOLTO CONFORTEVOLE PUÒ ESSERE INFLUENZATO DALLA COLLOCAZIONE DEI MICROFONI?

Un problema pratico per gli utilizzatori di apparecchi acustici è il rumore del vento, un disturbo che si presenta quando gli apparecchi sono esposti al vento e ad altri flussi d'aria durante le attività quotidiane degli utilizzatori. Tali flussi d'aria possono essere generati anche da azioni di ogni giorno come il camminare, ma gli utilizzatori devono affrontare regolarmente un fastidio più intenso causato dal rumore del vento quando praticano attività all'aperto. Il rumore del vento è causato dal flusso d'aria turbolento in corrispondenza delle uscite dei microfoni, flusso che viene captato dai microfoni e amplificato.

Risulta particolarmente grave con la collocazione dei microfoni in prossimità di ostruzioni che provocano turbolenza, come il padiglione auricolare. Pertanto la collocazione dei microfoni sopra o dietro il padiglione costituisce il caso peggiore in termini di rumore del vento. Questa collocazione dei microfoni risulta svantaggiosa anche con i modelli RIE piuttosto piccoli e meglio riparati dal padiglione.<sup>30</sup> I produttori di apparecchi acustici hanno messo a punto algoritmi di elaborazione del segnale in grado di individuare il rumore del vento e ridurre il guadagno, ma in termini di qualità del suono e mantenimento dell'udibilità questa soluzione è notevolmente inferiore rispetto al non lasciar entrare affatto il rumore del vento nell'apparecchio acustico. Si è constatato che la collocazione dei microfoni dell'apparecchio acustico all'interno del canale uditivo riduce notevolmente il rumore del vento, in base all'orientamento del flusso d'aria.<sup>31</sup>

Le misurazioni in galleria del vento per confrontare la collocazione dei microfoni M&RIE con quella sull'apparecchio concordano con altri studi e confermano come i vantaggi del M&RIE si estendano all'attenuazione del rumore del vento. Un ricevitore M&RIE è stato collegato a un apparecchio acustico RIE e montato su un KEMAR. Le misurazioni dell'uscita di tutti e tre i microfoni (i due microfoni dell'apparecchio acustico collocato sopra l'orecchio e il M&RIE nel canale uditivo) sono state effettuate con angoli di incidenza del vento variabili alle velocità di 2 m/s, 5 m/s e 8 m/s. La figura 4 illustra l'attenuazione media del rumore del vento per tutti gli angoli di incidenza con la collocazione del microfono M&RIE rispetto alla collocazione del microfono anteriore. Rispetto alla collocazione del microfono posteriore dell'apparecchio acustico i risultati sono stati simili. Con il M&RIE si è riscontrata un'attenuazione del rumore del vento compresa fra i 14 e i 19 dB. A 5 m/s, equivalenti a una brezza tesa in grado di far ondeggiare gli alberi, l'attenuazione del rumore del vento col M&RIE in confronto all'omnidirezionale è stata di 15 dB.

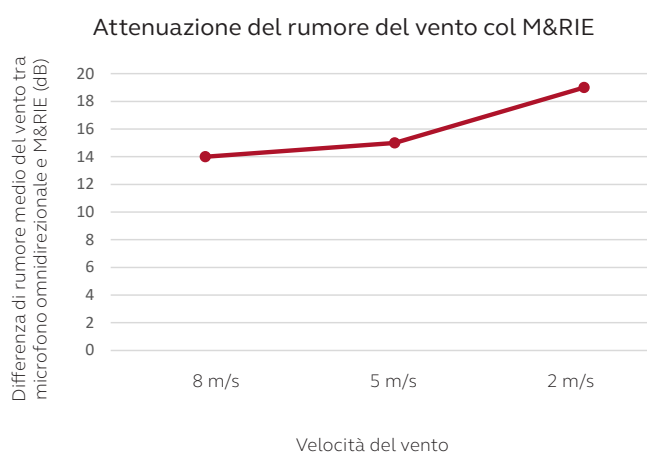


Figura 4. Attenuazione del rumore del vento col M&RIE in confronto al microfono omnidirezionale sul RIE con differenti velocità del vento.

## COME SI INTEGRA IL M&RIE CON RESOUND ONE?

Dal momento che la posizione del microfono all'interno del condotto uditivo è la più naturale per raccogliere i suoni, ogni utilizzatore di apparecchi acustici può beneficiarne. Di conseguenza, la gamma di fitting per la soluzione M&RIE è piuttosto ampia. Va notato che le persone con ipoacusia da lieve a moderata trarranno il massimo beneficio dal mantenimento dei ri-

ferimenti per l'udito spazializzato sulle alte frequenze, di conseguenza ReSound ONE con Microfono e Ricevitore nell'orecchio dovrebbe essere la miglior soluzione per loro. Le informazioni spettrali essenziali per risolvere la confusione anteriore-posteriore e la localizzazione verticale dei suoni sono racchiuse nelle frequenze superiori ai 5000 Hz.<sup>32</sup> ReSound One con M&RIE è straordinario per la banda passante estesa sulle alte frequenze e per la capacità di rendere disponibili questi importanti riferimenti ai numerosi utilizzatori affetti da ipoacusia lieve. Poiché l'apparato uditivo può adattarsi in certa misura al fatto di localizzare le sorgenti sonore in funzione della diversa collocazione dei microfoni degli apparecchi acustici,<sup>33,34</sup> è probabile che l'applicazione del M&RIE offra ai nuovi utilizzatori l'introduzione più naturale all'amplificazione, poiché li porterà subito vicino alla possibilità di "udire con le proprie orecchie".

Tutti gli ascoltatori, con qualsiasi livello di udito, applicano intuitivamente varie strategie di ascolto in base all'interazione fra il loro intento nell'ascolto e l'ambiente acustico. In certe situazioni assumono la massima importanza la qualità naturale del suono e l'uso dei riferimenti per l'udito spazializzato allo scopo di separare i suoni presenti nell'ambiente. In altre situazioni, dove vi è maggiore rumore di interferenza, per raggiungere gli obiettivi di ascolto acquisisce importanza il miglioramento del rapporto segnale-rumore. La Direzionalità All Access è la strategia di udito binaurale fondata su prove di efficacia applicata da ReSound per favorire e sfruttare i processi di udito binaurale del cervello.<sup>35</sup> Nell'ambito di tale strategia, per le persone a cui viene applicato il M&RIE il microfono del canale uditivo sarà attivo in ambienti di ascolto silenziosi e relativamente poco complicati, dove è presente soltanto il parlato o il rumore di interferenza è limitato. In altri ambienti la strategia prevede invece l'uso dei microfoni collocati sugli apparecchi ReSound ONE in modo da incrementare il rapporto segnale-rumore pur mantenendo l'accesso ai suoni circostanti. Il M&RIE si può anche attivare in programmi di ascolto dedicati. Per esempio, per via della significativa protezione contro il rumore del vento e dell'eccellente qualità del suono, il M&RIE viene selezionato come impostazione predefinita nel programma All'aperto.

## RIEPILOGO

Molti utilizzatori di apparecchi acustici attuali e potenziali possono essere sensibili al deterioramento della localizzazione e della qualità del suono a causa della collocazione dei microfoni sugli apparecchi acustici RIE di cui molto probabilmente fanno uso. Per risolvere questo problema, con la filosofia di Ascolto secondo natura - Organic Hearing si introduce una nuova opzione di fitting. M&RIE racchiude sia un ricevitore sia un microfono nel modulo che si inserisce nel canale uditivo dell'utilizzatore. Captando il suono nel canale uditivo, si mantengono le particolari proprietà di filtrazione del suono dovute all'anatomia dell'utilizzatore, consentendo al cervello di ricevere il suono come intenderebbe la natura. Tra i benefici del M&RIE vi è un miglioramento della localizzazione, dell'udito spazializzato e della qualità del suono, anche in confronto agli algoritmi di compensazione dell'effetto pinna. Il M&RIE si integra con All Access Directionality, la più recente versione della strategia binaurale ReSound per ottimizzare i settaggi dei microfoni a seconda dell'ambiente di ascolto. Con ReSound ONE il M&RIE può anche essere selezionato per l'uso in programmi di ascolto personalizzati.



## REFERENCES

1. Goman AM, Lin FR. Prevalence of hearing loss by severity in the United States. *American Journal of Public Health*. 2016 Oct;106(10):1820-2.
2. Strom K. Hearing aid unit sales increase by 6.5% in 2019. *Hearing Review*. 2020;27(2):6,34.
3. Carr, K. (2020). 20Q: Consumer insights on hearing aids, PSAPs, OTC devices, and more from MarkeTrak 10. *AudiologyOnline*. Retrieved from [www.audiologyonline.com](http://www.audiologyonline.com).
4. Griffing T, Preves D. In-The-Ear aids: Part 1. *Hearing Instruments*. 1976; 3:23-24.
5. Griffing T, Preves D. In-The-Ear aids: Part 2. *Hearing Instruments*. 1976; 5:12-14,56.
6. Risberg DM, Cox RM. Comparison of In-The-Ear and Over-The-Ear hearing aid fittings. *Journal of Speech and Hearing Disorders*. 1986 Nov;51(4):362-9.
7. Festen JM, Plomp R. Speech-reception threshold in noise with one and two hearing aids. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1986; 79(2):465-471.
8. Pumford JM, Seewald RC, Scollie SD, Jenstad LM. Speech recognition with In-The-Ear and Behind-The-Ear dual-microphone hearing instruments. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2000 Jan 1;11(1):23-35.
9. Westerman S, Topholm J. Comparing BTEs and ITEs for localizing speech. *Hearing Instruments*. 1985; 36(2): 20-24.
10. Cubick J, Buchholz JM, Best V, Lavandier M, Dau T. Listening through hearing aids affects spatial perception and speech intelligibility in normal-hearing listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2018 Nov 20;144(5):2896-905.
11. Byrne D, Noble W. Optimizing sound localization with hearing aids. *Trends in Amplification*. 1998 Jun;3(2):51-73.
12. Gatehouse S, Noble W. The speech, spatial and qualities of hearing scale (SSQ). *International Journal of Audiology*. 2004 Jan 1;43(2):85-99.
13. Picou EM. MarkeTrak 10 (MT10) Survey Results Demonstrate High Satisfaction with and Benefits from Hearing Aids. *Seminars in Hearing*. 2020; 41(1):21-36.
14. Udesen J, Piechowiak T, Gran F, Dittberner AB. Degradation of spatial sound by the hearing aid. In *Proceedings of the International Symposium on Auditory and Audiological Research 2013 Dec 15 (Vol. 4, pp. 271-278)*.
15. Van den Bogaert T, Carette E, Wouters J. Sound source localization using hearing aids with microphones placed Behind-The-Ear, In-The-Canal, and In-The-Pinna. *International Journal of Audiology*. 2011 Mar 1;50(3):164-76.
16. Denk F, Ewert SD, Kollmeier B. Spectral directional cues captured by hearing device microphones in individual human ears. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2018 Oct 11;144(4):2072-87.
17. Keidser G, Rohrseitz K, Dillon H, Hamacher V, Carter L, Rass U, Convery E. The effect of multi-channel wide dynamic range compression, noise reduction, and the directional microphone on horizontal localization performance in hearing aid wearers. *International Journal of Audiology*. 2006 Jan 1;45(10):563-79.
18. Gran F, Bønnelykke JR, Hastrup A, Udesen J, Fortune T, Piechowiak T, Dittberner A. Spatial cue reproduction in modern Receiver-In-Ear hearing instruments. In *Proceedings of the International Symposium on Auditory and Audiological Research*. 2011 Dec 15;3:441-448.
19. Keidser G, O'Brien A, Hain JU, McLelland M, Yeend I. The effect of frequency-dependent microphone directionality on horizontal localization performance in hearing-aid users. *International Journal of Audiology*. 2009 Jan 1;48(11):789-803.
20. Kuk F, Korhonen P, Lau C, Keenan D, Norgaard M. Evaluation of a pinna compensation algorithm for sound localization and speech perception in noise. *American Journal of Audiology*. 2013.
21. Groth, J. Hearing aid directionality with binaural processing. *AudiologyOnline*. 2016 May. Available from [www.audiologyonline.com](http://www.audiologyonline.com).
22. Xu J, Han W. Improvement of Adult BTE Hearing Aid Wearers' Front/Back Localization Performance

Using Digital Pinna-Cue Preserving Technologies: An Evidence-Based Review. *Korean Journal of Audiology*. 2014; 18(3): 97.

23. Bisgaard N, Vlaming M, Dahlquist M. Standard audiograms for the IEC 60118-15 measurement procedure. *Trends in Amplification*. 2010; 14:113-120.
24. Akeroyd MA. An overview of the major phenomena of the localization of sound sources by normal-hearing, hearing-impaired, and aided listeners. *Trends in Hearing*. 2014 Dec 8;18:1-7.
25. Best V, Kalluri S, McLachlan S, Valentine S, Edwards B, Carlile S. A comparison of CIC and BTE hearing aids for three-dimensional localization of speech. *International Journal of Audiology*. 2010 Oct 1;49(10):723-32.
26. Legarath SV, Simonsen CS, Dyrland O, Bramsloev L, Jespersen C. Establishing and qualifying a hearing impaired expert listening panel. Poster presentation at ICHON. 2012, Lake Tahoe.
27. Mason AJ. The MUSHRA audio subjective test method. *BBC R&D White Paper WHP*. 2002 Sep;38.
28. Liebetrau J, Nagel F, Zacharov N, Watanabe K, Colomes C, Crum P, Sporer T, Mason A. Revision of Rec. ITU-R BS. 1534. In *Audio Engineering Society Convention 137* 2014 Oct 8. Audio Engineering Society.
29. A.Wabnitz, N. Epain, C. Jin, and A. van Schaik. Room acoustics simulation for multichannel microphone arrays. In *Proc. International Symposium on Room Acoustics*, Melbourne, 2010.
30. Zakis JA, Hawkins DJ. Wind noise within and across Behind-The-Ear and miniature Behind-The-Ear hearing aids. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2015 Oct 21;138(4):2291-300.
31. Zakis JA. Wind noise at microphones within and across hearing aids at wind speeds below and above microphone saturation. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2011 Jun;129(6):3897-907.
32. Langendijk EH, Bronkhorst AW. The contribution of spectral cues to human sound localization. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1999 Feb;105(2):1036.
33. Byrne D, Dirks D. Effects of acclimatization and deprivation on non-speech auditory abilities. *Ear and Hearing*. 1996 Jun;17(3 Suppl):29S-37S.
34. Whitmer WM, Schinkel-Bielefeld N, McShefferty D, Wilson C, Naylor G. Adaptation to hearing-aid microphone modes in a dynamic localisation task. In *Proceedings of the International Symposium on Auditory and Audiological Research 2019* (Vol. 7, pp. 197-204).
35. Groth J. The evolution of the ReSound binaural hearing strategy: All Access Directionality and Ultra Focus. *ReSound white paper*. 2020.

**Sede Centrale**

GN Hearing A/S  
Lautrupbjerg 7  
DK-2750 Ballerup  
Danimarca  
Tel.: +45 4575 1111  
resound.com

CVR no. 55082715

**Italia**

GN Hearing Srl  
Via Nino Bixio 1/B  
Montegrotto Terme (PD)  
Italia  
Tel.: +39 049 8911511  
Fax: +39 049 8911450  
[www.resound.com/it-It](http://www.resound.com/it-It)