Efecto de la estrategia direccional sobre la audibilidad de los sonidos en el entorno

Charlotte T. Jespersen, MA
Brent Kirkwood, PhD
Jennifer Groth, MA

RESUMEN

Los micrófonos direccionales en audífonos han sido bien documentados para mejorar el reconocimiento del habla en el ruido en condiciones de laboratorio. Los beneficios percibidos en el mundo real de la direccionalidad han sido menos dramáticos. El desarrollo de la tecnología direccional durante la última década se ha centrado en la mejora de los beneficios de laboratorio mediante el comportamiento adaptable y, más recientemente, la formación de haces binaurales posibilitada por la transmisión de audio oído-oído. Por el contrario, ReSound ha seguido una estrategia para la aplicación de tecnología direccional que aprovecha el procesamiento auditivo por el cerebro, con el objetivo de optimizar el beneficio del mundo real. En este estudio, la Direccionalidad Binaural III de ReSound se compara con dos de las opciones binaurales disponibles en el mercado, para explorar las posibles ventajas y desventajas de estos muy diferentes enfoques para la aplicación de la direccionalidad auditiva.

INTRODUCCIÓN

Los micrófonos direccionales amplifican el sonido procedente de una dirección particular relativamente más que los sonidos procedentes de otras direcciones. Son la única tecnología de audífonos probada para mejorar la comprensión del habla en situaciones ruidosas. Sin embargo, algunas condiciones deben ser satisfechas para beneficiarse de un micrófono direccional. Por un lado, la señal de interés debe estar espacialmente separada de las fuentes de ruido. Además, la señal de interés debe estar situada dentro del haz direccional y debe estar a dos metros del oyente. Los micrófonos direccionales en los audífonos están diseñados para tener un haz orientado hacia adelante tal como se usa en la cabeza. Esto significa que el usuario del audífono debe estar delante de lo que quiere escuchar. Mediante la construcción de un entorno de prueba que cumple estas condiciones, el beneficio de los micrófonos direccionales en audífonos se demuestra fácilmente. Sin embargo, los entornos del mundo real apenas tienen semejanza con los ambientes de prueba de laboratorio. Los ambientes auditivos reales son impredecibles en términos de la acústica, el tipo y ubicación de los sonidos de interés, y el tipo y localización de los ruidos de interferencia. Para complicar aún más las cosas, cualquiera de estos sonidos puede moverse, y el oyente puede querer cambiar la atención de un sonido a otro. Un sonido que es la señal de interés en un momento puede ser el ruido de interferencia el siguiente.

Se ha observado que el beneficio de los micrófonos direccionales no se percibe en la medida en que las pruebas de laboratorio del beneficio direccional implicarían[1]. Existen numerosos factores intrínsecos acústicos y personales que juegan un papel en esta discrepancia. Un factor adicional es simplemente que los micrófonos direccionales pueden interferir con la audibilidad del sonido de interés cuando no se origina en la dirección que el portador del audífono está mirando. Se supone que las personas que usan audífonos direccionales orientarán sus cabezas hacia lo que quieren oír. Sin embargo, en la vida cotidiana no es en absoluto inusual para escuchar los sonidos a los que uno está enfocado. De hecho, se ha demostrado que más del 30% del tiempo de escucha activo de los adultos se gasta atendiendo a sonidos que no están al frente, donde hay sonidos de múltiples objetivos, donde se mueven los sonidos o cualquier combinación de estos[2].

ReSound ha adoptado un enfoque no convencional para aplicar la direccionalidad que considera tanto las ventajas como las desventajas de este tipo de tecnología. La Direccionalidad Binaural III aprovecha la capacidad del cerebro para comparar y contrastar las entradas separadas de cada oído para formar una imagen auditiva del entorno de escucha. Al proporcionar acceso a una mejor relación señal-ruido (SNR) para los sonidos que tenemos delante mientras que mantiene la audibilidad de los sonidos que no están al frente, Direccionalidad Binaural III permite a los usuarios de audífonos centrarse en sonidos específicos, permanecer conectados a su entorno auditivo, y desplazar su atención a voluntad[3,4]. La estrategia Direccionalidad Binaural III controla el modo de micrófono de cada audífono dependiendo de la presencia de habla y ruido en el ambiente, así como la dirección de llegada del habla. Las posibles configuraciones que pueden resultar incluyen la Sensación Espacial bilateral, la direccionalidad bilateral, la direccionalidad asimétrica con direccionalidad en el lado derecho y la direccionalidad

asimétrica con direccionalidad en el lado izquierdo[5]. La lógica detrás de la Direccionalidad Binaural III contrasta fuertemente con las avanzadas tecnologías direccionales en otros audífonos prémium. El foco de desarrollo de esas tecnologías ha sido maximizar la mejora de SNR en entornos de laboratorio. El avance más reciente en esta área es utilizar una matriz de los 4 micrófonos en dos audífonos micrófono bilateralmente puestos para lograr un mayor grado de direccionalidad, comúnmente conocido como haz formador binaural. Un formador de haz binaural crea una señal monoaural que llega a ambos oídos. Aunque puede haber características adicionales que intenten preservar algunas señales para la localización, el efecto general de este enfoque es eliminar los contrastes en las señales acústicas por oído que permiten la audición binaural. La prueba del habla en contextos ruido en condiciones de laboratorio ha demostrado mejoras modestas o mínimas en el beneficio direccional para el habla frente a la direccionalidad tradicional[6,7]. La falta de mayores diferencias está quizás relacionada con la falta de disponibilidad de señales auditivas binaurales que es el resultado de la formación de haces binaurales.

¿Cómo de grande es una compensación para el beneficio adicional proporcionado por los formadores de haces binaurales? En otras palabras, ¿qué ventaja ofrece una modesta mejora en el reconocimiento del habla en zonas de ruido a la hora de hablar frente a las posibles desventajas de la audibilidad reducida para el habla proveniente de otras direcciones? Para a responder a esta pregunta, es de interés explorar cómo el rendimiento en el reconocimiento del habla en el ruido en condiciones de laboratorio se ve afectada cuando el habla se presenta a partir de diferentes direcciones. La investigación descrita en este trabajo comparó el rendimiento de los participantes equipados con audífonos ReSound con Direccionalidad Binaural III y dos audífonos prémium disponibles comercialmente con formación de haces binaural.

Las preguntas de investigación fueron:

- ¿Existe una diferencia en el reconocimiento del habla en el ruido para el habla frente a la Direccionalidad Binaural III frente a los formadores de haces binaurales y, si es así, cuán grande?
- ¿Existe una diferencia en el reconocimiento del habla en contextos de ruido para el habla lateral o posterior para Direccionalidad Binaural III contra los haces formaciones, y si es así, cómo de grande?

CONFIGURACIÓN DE PRUEBA

Sujetos

Participaron en esta prueba diez individuos con deficiencia auditiva (6 varones y 4 mujeres) con pérdida auditiva bilateral moderada.

Instrumentos auditivos y accesorios

Los audífonos probados fueron ReSound BTEs con Direccionalidad Binaural III y audífonos BTE de otros dos fabricantes que usan haz formador binaural (en lo sucesivo "Audífono A" y "Audífono B").

Los tres instrumentos de prueba se ajustaron a la prescripción de ganancia NAL-NL2 para el audiograma individual de cada participante con el fin de descartar las diferencias de prescripción como fuente de las diferencias observadas. Las ganancias de los audífonos de otros fabricantes se ajustador para igualar las ganancias de los audífonos ReSound. Esto se hizo en un cuadro de texto utilizando la señal ISTS a 65 dB SPL. Cuando fue posible, las ganancias se ajustaron a +/- 2 dB de los audífonos ReSound para todas las frecuencias entre 500 y 3000 Hz.

Los audífonos fueron equipados con Direccionalidad Binaural III para los audífonos ReSound y con el haz binaural activo en los otros audífonos. Todos los demás ajustes se dejaron con los valores predeterminados de los fabricantes.

Material de prueba y configuración

Los participantes en el estudio completaron una prueba de comprensión del habla basada en el modelo danés de habla abierta para estudios de competencia en el habla[8]. Esta prueba se denominará en lo sucesivo prueba "DAT". Es una prueba adaptable que resulta en una SNR en el umbral de recepción del habla (SRT). En esta prueba, tanto la señal como el ruido competidor son hablantes individuales, lo cual es diferente de muchas otras pruebas adaptables de habla en ruido que usan el ruido en forma de voz o el ruido vocal como el enmascarador. Una prueba con hablantes individuales como las señales de la competencia es excepcionalmente difícil, ya que hay enmascaramiento informativo, así como enérgico. Debido a que el discurso competitivo es inteligible, la prueba DAT puede ser más representativa de una situación real que las típicas pruebas de habla en ruido. La estructura del habla contiene tres conjuntos de 200 oraciones danesas únicas. Las oraciones se componen de una oración portadora fija con dos palabras objetivo intercambiables:

"[Nombre] pensó en [sustantivo] y [nombre] ayer"

"Nombre" representa el signo de llamada, y cada espacio en blanco representa un nombre único. Los sustantivos están en forma singular e incluyen los artículos indefinidos daneses ("en" y "et") antes de cada sustantivo.

Ejemplos de oraciones incluyen (inglés / danés):

- Dagmar thought about a rescue and a suitcase yesterday/ Dagmar tænkte på en redning og en kuffert i går.
- Dagmar thought about a predator and a toe yesterday/ Dagmar tænkte på et rovdyr og en tå i går.

Cada uno de los tres conjuntos de 200 oraciones es pronunciado por una mujer diferente y comienza con un nombre específico. Los nombres son Dagmar, Asta y Tine. El nombre de esta prueba, "DAT", es una referencia a la primera inicial de cada uno de sus nombres.

La tarea de los participantes de la prueba en este estudio fue escuchar y repetir los sustantivos objetivo de las oraciones que comienzan con el nombre "Dagmar". Las oraciones objetivo se reprodujeron consistentemente a 65 dB SPL. Las oraciones "Asta" y "Tine" incluyeron los enmascaradores. Las frases de enmascarador se reprodujeron simultáneamente en otros altavoces mientras la frase "Dagmar" estaba jugando, pero al participante del test no se le hizo ninguna pregunta sobre las oraciones del enmascarado. En cada ensayo, dos

frases enmascaradoras fueron seleccionadas al azar de los dos conjuntos de 200 oraciones enmascaradoras. Las oraciones enmascaradoras también se presentaron a 65 dB SPL inicialmente. Cuando los participantes de la prueba fueron capaces de repetir ambos de los sustantivos objetivo en una oración con éxito, el nivel de presión acústica de los enmascaradores se incrementó en 2 dB. Si uno o ninguno de los nombres objetivo fue identificado correctamente, el nivel de presión acústica de los enmascaradores se redujo en 2 dB. Los participantes en la prueba no recibieron comentarios sobre si sus respuestas eran correctas o incorrectas.

Debido a que la duración de todas las oraciones registradas es naturalmente ligeramente diferente, la expansión temporal o la compresión se aplicó a cada una de las oraciones de mascarilla en cada ensayo, de modo que coincidían exactamente con la duración de la oración objetivo. La expansión del tiempo y la compresión se realizó utilizando el programa de análisis del habla PRAAT[9]. Debido a que las listas de oraciones no son todas de igual dificultad, se hizo un intento de equilibrar la dificultad para que la influencia de esto a través de todos los participantes de la prueba se redujo.

Todos los audífonos probados tienen características adaptables que dependen de la identificación del habla y el ruido en el ambiente. Por lo tanto, se intentó asegurar que las características de adaptación se involucrarían. Además del corpus DAT, el ruido en forma de voz de la prueba Dantale II[10] se tocó a un nivel de 45 dB SPL. El ruido en forma de voz se reproduce desde los altavoces directamente a la izquierda, directamente detrás y directamente a la derecha del sujeto de prueba. Además, la señal ISTS se reprodujo a 65 dB SPL desde el altavoz delantero a lo largo de la duración de la prueba con sólo breves pausas, mientras que el objetivo y frases enmascaradoras fueron jugados. Para cada condición de prueba, la señal ISTS y el ruido de la prueba Dantale II se iniciaron treinta segundos antes de la primera prueba con el fin de activar cualquier ajuste adaptables en los audífonos.

Para cada conjunto de audífonos, se completaron tres condiciones en las que las frases de destino procedían de tres altavoces diferentes. Una condición era que las frases de destino provenían del altavoz directamente delante del participante de prueba, una segunda condición era con las frases de destino procedentes de la izquierda y ligeramente detrás del participante de prueba, y la tercera condición era con las frases de destino procedentes de detrás Y ligeramente a la derecha del participante en la prueba. La secuencia de estas condiciones fue contrapesada entre los participantes del ensayo. Los enmascaradores se reprodujeron en los dos altavoces restantes. Las tres configuraciones de prueba se ilustran en la Figura 1.

Figura 1. Pruebe la configuración con el altavoz de destino que viene desde el frente, desde el lado y desde atrás.

Los participantes de la prueba completaron las tres condiciones en una fila para cada audífono. Por ejemplo, tres listas de oraciones con los audífonos ReSound, tres listas de oraciones con Audífono A y tres listas de oraciones con Audífono B. La secuencia de los audífonos probados fue asignada al azar para los participantes de la prueba.

Cada participante del examen completó tres listas de capacitación antes de comenzar la recopilación de datos. El entrenamiento se realizó mientras el participante de la prueba usaba los primeros audífonos para ser usados en la recolección de datos reales para ese participante de la prueba.

RESULTADOS

Para cada una de las tres posiciones objetivo-hablante, las comparaciones estadísticas se realizaron entre pares de dispositivos. Para las comparaciones se utilizó el criterio estadístico Tukey Honest Significant Difference.

No hubo diferencia significativa entre los SRT obtenidos con los dos audífonos con formador de haz binaural cuando el diana hablante se colocó frente al participante de prueba ($p = 0{,}23$), como se puede ver en la Figura 2. La prótesis auditiva A se comportó significativamente mejor que el audífono ReSound ($p < 0{,}01$) cuando el locutor objetivo estaba delante del participante en la prueba. No se encontró diferencia significativa entre el audífono ReSound y Audífono B.

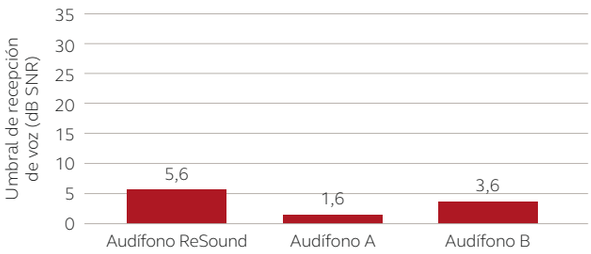

Figura 2. Promedio de SRTs para 3 pares de instrumentos de prueba con diana en frente. Mejor valores bajos.

En la configuración de prueba con el localizador de blancos situado a la izquierda del participante de prueba no hubo diferencias significativas entre los SRT obtenidos con Audífono A y Audífono B ($p = 0{,}41$). Los ART obtenidos con el audífono ReSound resultaron ser significativamente mejores que con el audífono A ($p < 0{,}001$) y el audífono B ($p < 0{,}001$), como puede verse en la Figura 3.

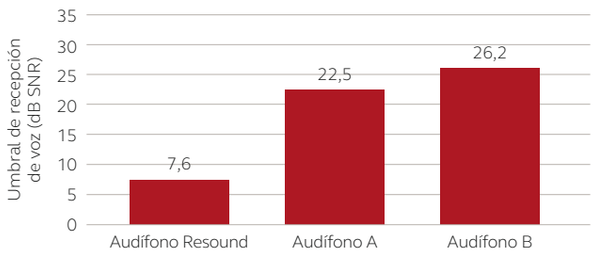

Figura 3. Promedio de SRTs para 3 pares de instrumentos de prueba con diana en la izquierda. Mejor valores bajos.

No hubo diferencias significativas entre los ART obtenidos con la prótesis auditiva A y la prótesis auditiva B (p = 0,44) cuando el localizador objetivo se colocó detrás del participante en la prueba. Los umbrales de recepción de habla medidos con el audífono ReSound resultaron ser significativamente mejores que los otros dos para esta condición. Cuando el hablante objetivo estaba detrás del participante en la prueba, el desempeño en la condición de audífono de ReSound fue significativamente mejor que para la prótesis auditiva B (p <0,001) y audífono A (p <0,01) como se muestra en la Figura 4.

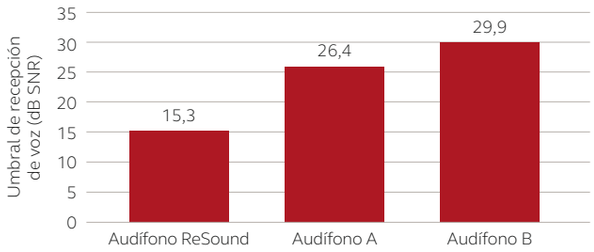

Figura 4. Promedio de SRTs para 3 pares de instrumentos de prueba con diana detrás. Mejor valores bajos.

DISCUSIÓN

Aunque la prueba actual se realizó bajo condiciones de laboratorio, sirve para ilustrar cómo el funcionamiento real con audífonos direccionales puede verse afectado. Se requería que los participantes de la prueba supervisaran el sonido alrededor de ellos, identificaran el discurso del objetivo y desviaran su atención hacia él. El objetivo y los enmascaradores eran todos hablantes, y la dirección del hablante objetivo cambió continuamente. En entornos de escucha en el mundo real, la capacidad de monitorear el ambiente, tomar conciencia e identificar un sonido de interés, y atender a ese sonido a menudo es necesario para comunicarse bien. Además, el habla es a menudo el sonido de interés, así como el ruido de la competencia. Un ejemplo sencillo y cotidiano es una reunión familiar. Los miembros de la familia que participan en la conversación animada cambiará rápidamente las vueltas que hablan e incluso hablan sobre uno a. Puede haber varias conversaciones a la vez, y los temas de conversación cambian rápidamente. Estar limitado a oír en una dirección limita necesariamente la capacidad de participar en tal ambiente.

En este estudio, se observó que, como se esperaba, los tres audífonos proporcionaron un beneficio direccional para el habla presentado desde el frente. En comparación con los audífonos que utilizan formador de haz binaural, el rendimiento con el audífono ReSound con Direccionalidad Binaural III fue 4 dB peor que Hearing Aid A, mientras que no hubo diferencia significativa en comparación con Hearing Aid B. Para esta condición de escucha limitada, estos resultados apoyan una Ventaja de la formación de haz binaural que puede depender de la tecnología específica. Sin embargo, cuando el discurso objetivo se presentó desde el lado o hacia atrás, el rendimiento con los audífonos ReSound fue de 10 a 19 dB mejor que cualquiera de los audífonos con haz formador binaural. Por lo tanto, la desventaja de la falta de audibilidad para el sonido objetivo que no estaba delante de los formadores de haces binaurales fue muchos órdenes de magnitud mayor que la ventaja SNR de la formación de haces binaural en comparación con la Direccionalidad Binaural III. En otras palabras, una gran cantidad de daño potencial se hace para una ventaja potencial modesto cuando se consideran todas las situaciones de escucha diarias.

Los participantes en este estudio fueron instruidos a mirar hacia adelante durante la prueba. Es decir, una vez identificado el discurso objetivo en un ensayo particular, no se les permitió girar la cabeza hacia él. Se podría argumentar que esto representa una situación de audición antinatural y que en el mundo real la gente, a través de los movimientos de la cabeza, se orienta a sus entornos de escucha y gira su cabeza hacia lo que quiere escuchar. Esto es cierto. Si los participantes se hubieran dirigido hacia él, se esperaría un mejor desempeño para el discurso objetivo desde el lado y hacia atrás. Sin embargo, es difícil dar vuelta hacia algo que uno no puede detectar. La enorme ventaja SNR de Direccionalidad Binaural III sobre los formadores de haces binaurales implica una mayor conciencia de los sonidos fuera del eje así como un mejor reconocimiento del habla. En otras palabras, se esperaría un mejor rendimiento con la Direccionalidad Binaural III, incluso si se hubiera permitido a los participantes girar la cabeza simplemente porque habrían podido detectar y orientarse más fácilmente y rápidamente hacia el discurso objetivo.

La noción de que la direccionalidad puede interferir con el comportamiento orientador natural cuando se escucha es apoyada por Brimijoin et al[11]. Les pidieron a los participantes que localizaran a un hablador en particular en un contexto de balbuceo del habla y rastrearan sus movimientos de cabeza. Los participantes estaban en forma con micrófonos direccionales que proporcionaban alta o baja direccionalidad in situ. Sus resultados demostraron que no sólo tardaban más tiempo los oyentes que usaban micrófonos altamente direccionales para localizar al hablante de interés, sino que también mostraban movimientos de cabeza más grandes e incluso movían sus cabezas lejos del locutor de interés antes de localizar el objetivo. Este comportamiento de búsqueda más largo y más complejo podría resultar en la pérdida de una nueva señal de destino en situaciones como una conversación multi hablante en un restaurante ruidoso.

Best et al[12] agregaron más apoyo de que un alto grado de direccionalidad puede disminuir la capacidad de un oyente para encontrar y asistir al habla en el ambiente. Presentaron el discurso objetivo en azimutales de 0 °, +/- 22 ° y +/- 67,5 °, e instruyeron a los oyentes a localizar y girar sus cabezas hacia el discurso objetivo. Compararon el rendimiento con los participantes utilizando el procesamiento direccional convencional y 2 diferentes formadores de haces binaurales. Se encontró un pequeño aumento en el rendimiento de menos del 5% de comprensión del habla con los formadores de haz binaural frente a la direccionalidad convencional, siempre y cuando el habla fue en frente o en los azimutales 22 °. Cuando el discurso objetivo se presentó en un ángulo más amplio, el rendimiento disminuyó tanto para la direccionalidad convencional como para los formadores de haces binaurales, pero más espectacularmente para este último. Se observó un decremento de aproximadamente el 15% para los formadores de haces binaurales en relación con la direccionalidad convencional. Este decremento probablemente refleja tanto

el comportamiento de búsqueda más exigente necesario para localizar el habla como la incapacidad de orientar adecuadamente el haz direccional estrecho cuando no mira hacia el frente. La utilidad de los formadores de haces binaurales en la mejora de la comprensión del habla en situaciones ruidosas se complica por la imprevisibilidad y complejidad de las demandas de audición de la vida real, y de hecho puede ser perjudicial dependiendo del usuario y la situación específica.

A pesar de que las pruebas se realizaron en condiciones de laboratorio, los resultados del presente estudio ilustran algunos de los trade-offs asociados con la escuela tradicional de pensamiento con respecto a la direccionalidad y la forma en que se aplica. Un sistema que sólo busca maximizar la mejora de SNR para los sonidos que vienen de frente puede ofrecer una ligera ventaja en el caso específico para el que está diseñado, pero proporciona un rendimiento muy pobre en otros casos. Para un beneficio óptimo en el mundo real, la ventaja para un caso de uso particular no debería causar mayores desventajas para otros. El enfoque ReSound a la direccionalidad busca encontrar el mejor equilibrio entre el beneficio direccional y la audibilidad de los sonidos ambientales. De esta manera, los usuarios de audífonos pueden escuchar con el oído que tiene la mejor representación de lo que les gustaría escuchar, pero la información está disponible para que puedan cambiar su atención si lo desean. Direccionalidad Binaural III proporciona acceso a una mejor SNR, pero sin limitar la capacidad del usuario para mantenerse en contacto con lo que está sucediendo a su alrededor en el entorno acústico. Las ventajas de la audición binaural se derivan de la capacidad del cerebro para comparar y contrastar los diferentes sonidos que se transmiten desde las orejas derecha e izquierda, y Direccionalidad Binaural III suministra al cerebro flujos sonoros diferenciados que permiten la audición binaural.

CONCLUSIONES

- La direccionalidad en los tres audífonos probados proporcionó ventaja direccional en comparación con omnidireccional para el habla que se originó de frente al oyente en esta prueba de laboratorio.
- El formador de haz binaural en la prótesis auditiva B no proporcionó un beneficio significativamente mayor que la direccionalidad binaural III cuando el discurso objetivo estaba delante del oyente, mientras que el formador de haz binaural en audífono A sí.
- Cuando el discurso de la blanco no estaba delante del oyente, las SNR positivas eran necesarias para el reconocimiento del discurso del 50% en ruido para los tres audífonos probados.
- Cuando el discurso objetivo no estaba delante del oyente, la Direccionalidad Binaural III proporcionó una enorme ventaja superior a 10 dB en comparación con los audífonos con formación de haces binaural.

REFERENCIAS

1. Cord MT, Surr RK, Walden BE, Olson L. Performance of directional microphone hearing aids in everyday life. Journal of the American Academy of Audiology. 2002; 13: 295-307.

2. Cord MT, Surr RK, Walden BE, Ditterberner A. Ear asymmetries and asymmetric directional microphone hearing aid fittings. American Journal of Audiology. 2011; 20: 111-122.

3. Groth J. Binaural Directionality II: An evidence-based strategy for hearing aid directionality. 2016; ReSound white paper.

4. Groth J. Binaural Directionality III: Directionality that supports natural auditory processing. 2016; ReSound white paper.

5. Stender T. Binaural Fusion by ReSound: Technology optimized as nature intended. 2012; ReSound white paper.

6. Völker C, Warzybok A, Ernst SMA. Comparing binaural pre-processing strategies III: Speech intelligibility of normal-hearing and hearing-impaired listeners. Trends in Hearing. 2015; 19: 1-18.

7. Picou EM, Aspell E, Ricketts TA. Potential benefits and limitations of three types of directional processing in hearing aids. Ear & Hearing. 2014; 35(3): 339-352.

8. Nielsen JB, Dau T, Neher T. A Danish open-set speech corpus for competing-speech studies. The Journal of the Acoustical Society of America. 2014; 135(1):407-420.

9. Boersma, P., and Weenink, D. "Praat: Doing phonetics by computer (versión 5.1.40) [programa informático]," 2011; http://www.fon.hum.uva.nl/praat/.

10. Wagener K, Josvassen JL, Ardenkjær R. Design, optimization, and evaluation of a Danish sentence test in noise. Journal of International Audiology. 2003; 42: 10-17.

11. Brimijoin WO, Whitmer WM, McShefferty D, Akeroyd MA. The effect of hearing aid microphone mode on performance in an auditory orienting task. Ear Hear. 2014; 35(5): e204-e212.

12. Best V, Mejia J, Freeston K, van Hoesel RJ, Dillon H. An evaluation of the performance of two binaural beamformers in complex and dynamic multitalker environments. International Journal of Audiology. 2015; 54(10): 727-735.

Fabricante:
GN Hearing A/S
Lautrupbjerg 7
DK-2750 Ballerup, Denmark
Tel.: +45 45 75 11 11
resound.com
CVR no. 55082715

M201381ES-17.03-Rev.A_ES

© 2016 GN Hearing A/S. Todos los derechos reservados. ReSound es una marca GN ReSound A/S.