

Phonak

Field Study News

Menos esfuerzo auditivo y de memoria en ambientes ruidosos con StereoZoom

Las pruebas subjetivas y de electroencefalografía (EEG) realizadas en Hörzentrum Oldenburg revelan que tanto el esfuerzo auditivo como el esfuerzo de memoria se reducen cuando se usa un dispositivo de Phonak con StereoZoom, en comparación con un dispositivo de la competencia con un método alternativo de micrófono con reducción de ruido. El efecto fue especialmente prominente en situaciones auditivas complicadas donde el esfuerzo auditivo se redujo en un 18 %.

Axel Winneke, Matthias Latzel y Jennifer Appleton-Huber / Julio de 2018

Introducción

La pérdida auditiva está asociada con el esfuerzo auditivo. Las personas que padecen pérdida auditiva tratan constantemente de completar los espacios vacíos de lo que están escuchando, por ejemplo, durante el habla. Esto requiere esfuerzo y puede ocasionar fatiga. Los audífonos están diseñados para mejorar la inteligibilidad verbal y, por lo tanto, deberían reducir la cantidad de esfuerzo requerido para comprender el habla. El usuario debería beneficiarse con este enfoque y tener una experiencia auditiva más satisfactoria sin fatigarse tanto.

Medir el esfuerzo auditivo es un tema de enorme interés en el contexto de la adaptación de audífonos (Pichora-Fuller y Singh, 2006). Este interesante método evalúa los audífonos en ambientes sonoros, donde los estímulos se presentan (también) en intensidades muy por encima de los umbrales y

donde la inteligibilidad verbal podría no diferenciar el rendimiento o la aceptación de distintos audífonos/algoritmos o sus funcionalidades.

Por consiguiente, cada vez es más frecuente realizar estudios con mediciones del esfuerzo auditivo. Una manera de medir el esfuerzo auditivo es pedir al usuario de audífono que autoevalúe el esfuerzo auditivo percibido. También existen algunas metodologías objetivas, como la pupilometría, diversas mediciones electrofisiológicas, la resonancia magnética funcional (fMRI) o la conductancia cutánea (consulte la descripción general de McGarrigle et al., 2014).

Varias investigaciones han demostrado que la electroencefalografía es un método prometedor para medir el esfuerzo auditivo a nivel neuronal. La hipótesis de que el esfuerzo auditivo puede vincularse a la actividad del

electroencefalograma (EEG) está basada en la idea de que el cerebro funciona con una cantidad limitada de recursos (neurales) compartidos por procesos cognitivos, sensoriales y perceptivos ("Teoría de los recursos limitados"). Otra hipótesis que guarda relación con lo anterior es la llamada "hipótesis del esfuerzo pleno" (Rabitt, 1968). Esto se relaciona con la *hipótesis de los recursos limitados*: " Si el procesamiento de la señal es difícil, como cuando se escucha una conversación en un entorno ruidoso, es necesario destinar más recursos de procesamiento a la codificación sensorial, lo que a su vez reduce los recursos disponibles para un nivel más alto de procesamiento y la audición se convierte en una actividad que requiere esfuerzo".

Esta hipótesis fue confirmada en un estudio reciente en el que se usaron mediciones del EEG para mostrar el efecto en el esfuerzo auditivo mediante la variación del procesamiento de la señal en los dispositivos de audición o en la relación señal/ruido (SNR), o en ambos (Winneke et al., 2016a,b).

StereoZoom, un algoritmo diseñado para los audífonos de Phonak, usa una tecnología de micrófono direccional binaural para crear un haz estrecho en ambientes sonoros especialmente complicados. En conversaciones con ruido de un nivel intenso, StereoZoom mejora la SNR, lo que resulta en una mejor inteligibilidad verbal, mejor calidad sonora y mayor supresión del ruido (Latzel y Appleton, 2015; Phonak Field Study News, 2014). Otros fabricantes de audífonos usan métodos alternativos con la misma finalidad de mejorar la comprensión verbal en entornos ruidosos.

Hasta ahora, el efecto de StereoZoom en el esfuerzo auditivo ha sido investigado con medidas de comportamiento (por ejemplo, Picou et al., 2014). La motivación de este estudio fue utilizar una medición objetiva (EEG) para mostrar las diferencias en el esfuerzo auditivo cuando se usan diferentes algoritmos de audífonos en las mismas condiciones ambientales. El estudio tiene dos objetivos:

- 1) Comparar el esfuerzo auditivo de dos programas presentes en los dispositivos de audición de Phonak: *Palabra en ruido fuerte (Phonak SPILN)*: utilizando StereoZoom (tecnología de micrófono direccional) y *Ambiente tranquilo (Phonak Calm)*: utilizando la configuración de micrófono Real Ear Sound (RES, una configuración de micrófono omnidireccional que estimula la direccionalidad del pabellón auricular)
- 2) Comparar el esfuerzo auditivo del programa Phonak SPILN con el método de un competidor. *Palabra en ruido fuerte (Phonak SPILN)*: utilizando StereoZoom, la tecnología de micrófono direccional *Método del competidor (Comp Noise)*: utilizando un método alternativo para procesar el habla en entorno ruidoso

Metodología

Participantes

En el estudio participaron 20 usuarios de audífonos con experiencia, con pérdida auditiva de leve a moderada (figura 1). La edad media de los participantes fue de 70,9 años (DE = 7,28). Doce participantes eran mujeres y ocho eran hombres. Cada participante usó dos grupos de audífonos: Audéo B90-312 de Phonak y un audífono de otro fabricante, ambos con acoplamiento cerrado con molde de silicona (SlimTips).

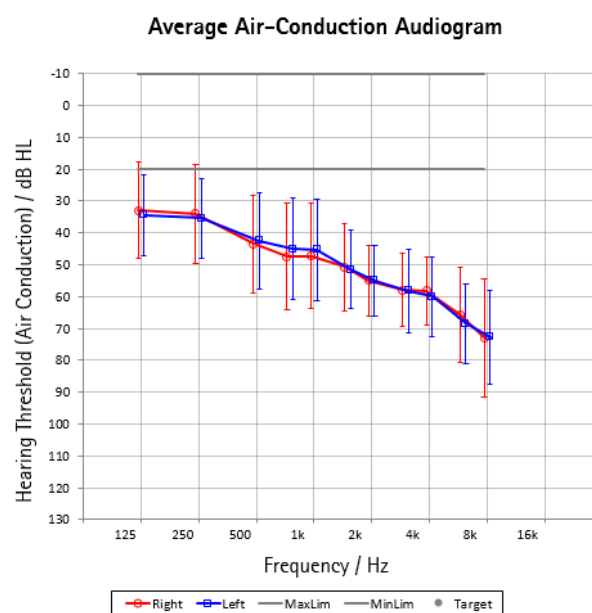


Figura 1. Pérdida auditiva media de los 20 participantes. También se muestran los valores mínimos y máximos de la pérdida auditiva. Hearing Threshold (Air Conduction) / dB HL = Umbral auditivo (conducción aérea)/dB HL. Frequency / Hz = Frecuencia/Hz

Características de la prueba

La señal de ruido consistió en ruido difuso de una cafetería a un nivel constante de 65 dB SPL reproducido a través de altavoces ubicados a 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300° y 330°.

Condiciones de la SNR

La SNR se modificó ajustando el nivel de la señal verbal que se presentó en un altavoz de cara al participante a 0°, hasta que se determinó la SRT50 en cada participante. De acuerdo con esta SRT50, se definieron las condiciones de la SNR alta y la SNR baja de manera individual como se indica a continuación:

SNR alta = SRT50 + 3 dB + 4 dB

SNR baja = SRT50 + 3 dB

Condiciones de prueba

El experimento incluyó 8 condiciones en un diseño de 2 × 2 × 2 con los siguientes factores

- SNR: SNR alta frente a SNR baja
- Dispositivo de audición: Phonak Audéo B90-312 frente al de la competencia
- Programa:
Phonak SPILN frente a PHONAK Calm
y
Comp Noise frente a Comp Calm (configuración del competidor para entornos silenciosos)

Paradigma de la prueba

El material verbal utilizado en este estudio se obtuvo del material de prueba de la matriz de oraciones de OLSA (Wagner y Kollmeier, 1999). En función de estas oraciones se desarrolló una tarea de recuerdo de palabras. Los participantes oían dos oraciones consecutivamente y tenían que recordar los nombres, los números o los objetos que habían escuchado (es decir, una tarea de memoria). Las respuestas se daban en una pantalla táctil. La variable dependiente resultante fue el porcentaje de las partes de la oración que se habían recordado correctamente (es decir, la exactitud).

Después de cada bloque (8 × 2 oraciones = 16 oraciones), se pidió a los participantes que calificaran su experiencia en cuanto al esfuerzo auditivo y el esfuerzo de memoria (es decir, cuánto esfuerzo se necesitó para recordar los elementos). Las respuestas se daban con base en una escala de 13 puntos adaptada de la escala ACALES (Krüger et al., 2017) en la pantalla táctil.

Las condiciones se presentaron en bloques en una secuencia aleatoria: La mitad de los participantes comenzaron con los dispositivos de Phonak y la otra mitad con dispositivos de la competencia.

La actividad cerebral se registró con un sistema EEG inalámbrico Smarting de 24 canales (mBrainTrain, Belgrade, Serbia) con 24 electrodos montados en un casco elástico para EEG hecho a la medida (EasyCap, Herrsching, Germany) y organizados según el sistema internacional 10–20 (Jasper, 1958). Mientras los participantes oían y recordaban las oraciones de OLSA, el EEG se registraba a una velocidad de muestreo de 500 Hz, con un filtro de paso bajo de 250 Hz.

Se realizó un análisis fuera de línea de la señal del EEG. Los registros se llevaron a cabo en etapas en ventanas de tiempo de 2500 ms cerca del inicio de cada oración de OLSA. Se realizó un análisis de la densidad espectral entre 3 y 25 Hz en estas ventanas de tiempo. El foco se colocó en la banda de frecuencia alfa del EEG (8-12 Hz).

Resultados

El análisis de los registros del EEG condujo a la exclusión de dos participantes de la muestra de datos del EEG. Esto se debió a valores de impedancia poco confiables durante el registro de un participante y la pérdida de datos del otro participante debido a la desconexión de la señal Bluetooth. Por esto, el tamaño de la muestra fue de 18 para el análisis de los registros del EEG.

La medición objetiva de la exactitud de la respuesta (porcentaje de respuestas correctas) mostró que las condiciones de la SNR se seleccionaron adecuadamente, lo que resultó en una buena inteligibilidad verbal, de manera que la exactitud estuvo entre el 70 % y el 90 % para (casi) todos los ajustes.

Se valoró el esfuerzo auditivo subjetivo para cada condición. Para Phonak, con una SNR deficiente, el esfuerzo auditivo se puntuó estadísticamente más bajo (19 %) cuando se usó Phonak SPILN, a diferencia de Phonak Calm. En cuanto al competidor, no se notificó ninguna diferencia en el esfuerzo auditivo cuando se usó Comp Noise a diferencia de Comp Calm. Cuando los dispositivos se compararon directamente entre sí (figura 2), el esfuerzo auditivo se puntuó significativamente más bajo (18 %) con Phonak SPILN que con Comp Noise.

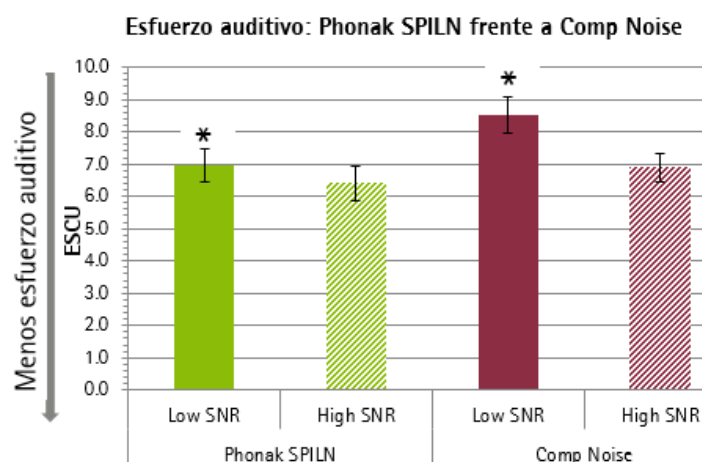


Figura 2. Valoración subjetiva promedio del esfuerzo auditivo (Unidades de escalado calculadas [ESCU]) con barras de error estándar para Phonak SPILN y Comp Noise en condiciones de SNR alta y baja). * = diferencia significativa.

Low SNR = SNR baja. High SNR = SNR alta

También se valoró el esfuerzo de memoria subjetivo para cada condición. El esfuerzo auditivo es una actividad cognitiva a un nivel más bajo en el cerebro, mientras que el efecto de memoria es algo más alto y tardío. Un análisis de la correlación podría mostrar que los participantes valoraron el esfuerzo auditivo de manera diferente que el esfuerzo de

memoria, lo que sugiere que los participantes pudieron diferenciar ambas dimensiones.

El esfuerzo de memoria se puntuó mucho más bajo con Phonak SPILN que con Phonak Calm, mientras que no se notificó diferencia entre el ajuste de Comp Noise y el de Comp Calm. Cuando los dispositivos se compararon directamente entre sí (figura 3), el esfuerzo de memoria también se puntuó significativamente más bajo con Phonak SPILN que con Comp Noise.

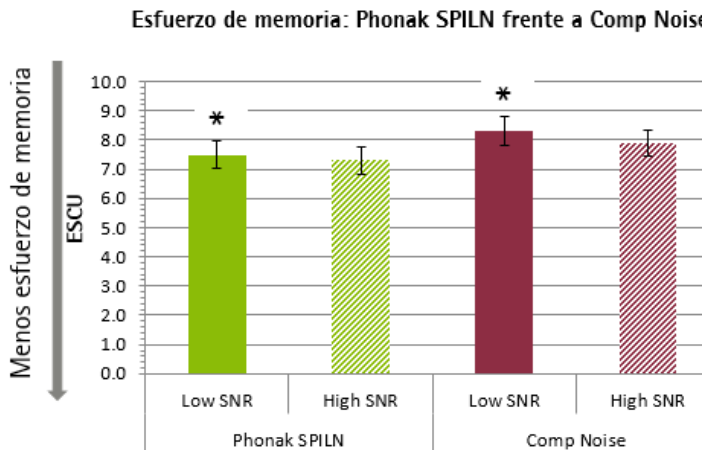


Figura 3. Valoración subjetiva promedio del esfuerzo de memoria (Unidades de escalado calculadas [ESCU]) con barras de error estándar para Phonak SPILN y el dispositivo Comp de la competencia en condiciones de SNR alta y baja. * = diferencia significativa

Estos resultados muestran que el esfuerzo requerido para oír y comprender el habla, y también para retener esta información en la memoria, es mayor cuando se usa Comp Noise que cuando se usa Phonak SPILN.

El análisis del EEG (figura 4) mostró que la densidad espectral alfa (8-11 Hz) para el ajuste Phonak SPILN fue más baja que para Comp Noise, independientemente de la SNR. La actividad más baja de la banda alfa con Phonak SPILN indica un esfuerzo auditivo menor en comparación con las condiciones del competidor, lo que respalda los hallazgos de los datos conductuales.

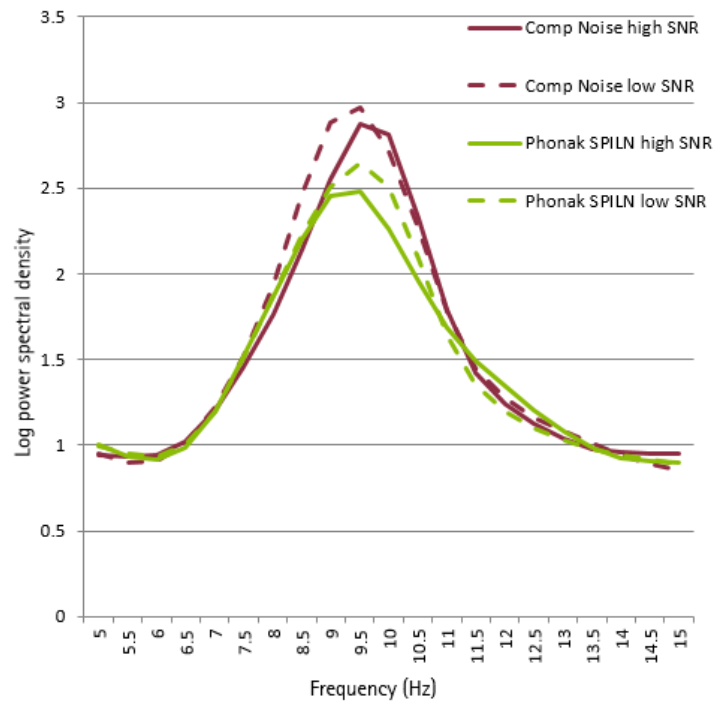


Figura 4. Valores de densidad espectral promedio (promediados a través del tiempo y con electrodos C3, C4, CP5, CP6, P3, P4) entre 5 y 15 Hz para Phonak SPILN y Comp Noise en SNR alta y SNR baja. La imagen muestra que la actividad es mayor para el competidor que para Phonak en condiciones de SNR tanto baja como alta. Log power spectral density = Registro de densidad espectral de potencia

Análisis y conclusión

El esfuerzo auditivo subjetivo es menor con Phonak SPILN que con Phonak Calm, sobre todo cuando la SNR está en un nivel más bajo. Los resultados del análisis de datos del EEG (actividad de la banda alfa) son coherentes con los datos subjetivos debido a que la actividad alfa cuando se usa Phonak SPILN es mucho menor que cuando se usa Phonak Calm, independientemente de la SNR. El efecto de StereoZoom es una eliminación de ruido más prominente. Por consiguiente, la señal verbal es más fácil de comprender ya que con StereoZoom en Phonak SPILN, la cantidad de ruido de interferencia de la cafetería que el cerebro tiene que eliminar es menor (hipótesis de los recursos compartidos). Esto se refleja en una reducción de la actividad alfa para Phonak SPILN en comparación con Phonak Calm. Los resultados del análisis de datos del EEG indican una reducción del esfuerzo auditivo, lo que también es evidente a nivel neurofisiológico (Strauss, 2014).

Los resultados relacionados con la comparación de Phonak SPILN y Comp Noise se parecen a los resultados relacionados con la comparación de Phonak SPILN y Phonak Calm. El esfuerzo auditivo subjetivo y el esfuerzo de memoria son menores con Phonak SPILN que con Comp Noise, particularmente en condiciones de SNR más baja. Nuevamente, los resultados del análisis de datos del EEG

(densidad espectral alfa) se alinean con los datos subjetivos, debido a que la actividad alfa es mucho menor con Phonak SPILN en comparación con Comp Noise, independientemente de la SNR. Esto podría indicar que la eliminación de ruido en StereoZoom tiene un efecto más duradero que el método activado con Comp Noise, lo que a su vez ocasiona un esfuerzo auditivo, tanto de manera subjetiva como objetiva, para ser menor con Phonak SPILN en comparación con Comp Noise.

Cuando se usan valores individuales de la SNR para garantizar una suficiente inteligibilidad verbal en todas las condiciones, no se presentaron diferencias significativas entre Phonak SPILN y Comp Noise con respecto a la exactitud de la respuesta (porcentaje de palabras recordadas correctamente). El elevado esfuerzo auditivo con Comp Noise podría ser un posible indicador de procesos de compensación que son necesarios para mantener un buen nivel de rendimiento cognitivo. En otras palabras, cuando se usa Comp Noise, los participantes tienen que "invertir" más recursos (neuronales) para desempeñarse al mismo nivel que con Phonak SPILN con StereoZoom. Este incremento en la inversión se refleja como un aumento en el esfuerzo auditivo, el cual ha sido demostrado tanto de manera subjetiva como neurofisiológica.

El EEG es un método útil e informativo para cuantificar y evaluar objetivamente el esfuerzo auditivo y, en este caso, indicó un menor esfuerzo auditivo para StereoZoom respecto a su competidor, sobre todo en entornos ruidosos.

Referencias

Appleton-Huber, J., & König, G. (2014). Improvement in speech intelligibility and subjective benefit with binaural beamformer technology. *Hearing Review*, 21(11), 40-42.

Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.

Krueger, M., Schulte, M., Brand, T., & Holube, I. (2017). Development of an adaptive scaling method for subjective listening effort. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141(6), 4680-4693.

Latzel, M., & Appleton-Huber, J. (2015). StereoZoom - Adaptive behavior improves speech intelligibility, sound quality and suppression of noise. *Phonak Field Study News*, retrieved from

<https://www.phonakpro.com/com/en/resources/information-forms/evidence.html>, accessed June 27th, 2018.

McGarrigle, R., Munro, K. J., Dawes, P., et al. (2014). Listening effort and fatigue: what exactly are we measuring? A British Society of Audiology Cognition in Hearing Special Interest Group 'white paper'. *International Journal of Audiology*, 53, 433-440.

Pichora-Fuller, M., Singh, G. (2006). Effects of age on auditory and cognitive processing: implications for hearing aid fitting and audiologic rehabilitation. *Trends in Amplification*, 10(1), 29-59.

Picou, E. M., Aspell, E., Ricketts, T. A. (2014). Potential benefits and limitations of three types of directional processing in hearing aids. *Ear and Hearing*, 35(3), 339-352.

Rabbitt, P. (1968). Channel-capacity, intelligibility and immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20, 241-248.

Strauß, A., Wöstmann, M., Obleser, J. (2014). Cortical alpha oscillations as a tool for auditory selective inhibition. *Front Human Neuroscience*, 8(350), 1-7.

Winneke, A., Meis, M., Wellmann, J., Bruns, T., Rahner, S., Rannies, J., Wallhoff, F., Goetze, S. (2016a). Neuroergonomic assessment of listening effort in older call center employees. *Proceedings of the 9th AAL Kongress, Frankfurt/Main*.

Winneke, A., De Vos, M., Wagener, K., Latzel, M., Derleth, P., Appell, J., & Wallhoff, F. (2016b). Reduction of listening effort with binaural algorithms in hearing aids: an EEG Study. Poster presented at the 43rd Annual Scientific and Technology Meeting of the American Auditory Society, Scottsdale, AZ.

Autores e investigadores

Principal investigador externo



Axel Winneke obtuvo su Máster en Ciencias en Psicología Biológica en la Universidad de Maastricht en 2004 y su Doctorado en Psicología Experimental en la Universidad Concordia, Montreal, en 2009. Su labor investigativa está centrada en la medición neurofisiológica de la

cognición y la percepción. Actualmente es investigador principal en la División de Tecnología de la audición, el habla y el audio del Instituto Fraunhofer de Tecnología de medios digitales en Oldenburg, donde trabaja en proyectos de investigación aplicada en el área de neuroergonomía, con interés particular en el tema del esfuerzo auditivo.

Coordinador del estudio



Matthias Latzel estudió ingeniería eléctrica en Bochum (Alemania) y Viena (Austria) en 1995. Después de finalizar el doctorado en 2001, fue becario postdoctoral desde 2002 hasta 2004 en el

departamento de Audiología de la Universidad de Giessen (Alemania). Era el jefe del departamento de audiología de Phonak Alemania desde 2011. Desde 2012 ha trabajado como gestor de investigación clínica de Phonak AG, Suiza.

Autor



Jennifer Appleton-Huber se graduó con un Máster en Ciencias en Audiología en la Universidad de Mánchester en 2004. Hasta 2013, trabajó como científica audiológica principalmente en el Reino Unido y en Suiza, donde trabajó con pacientes adultos y pediátricos, en las áreas de audífonos e implantes

cocleares. Actualmente ocupa el puesto de responsable de redacción técnica en las oficinas centrales de Phonak.