

Características de atenuación con el uso combinado de orejeras 3M™ PELTOR™ y gafas protectoras 3M™

Descripción

La exposición al ruido ocupacional y la pérdida auditiva inducida por ruido (NIHL) son problemas importantes en el lugar de trabajo a nivel mundial. Hasta un tercio de la fuerza laboral Europea está expuesta a elevados niveles de ruido en el lugar de trabajo al menos en un 25 % del tiempo.¹ Las estimaciones para los Estados Unidos informan que "alrededor del 25 % de todos los trabajadores han estado expuestos a ruidos nocivos, con un 14 % (22 millones) expuestos en el último año".² La pérdida auditiva causada por ruidos nocivos es común y afecta a aproximadamente el 5 % de la población mundial.³ Además de los efectos sobre la salud física, la pérdida auditiva inducida por ruido (NIHL) también se asocia con el estrés y el aislamiento, lo que resulta en impactos mentales, sociales y socioeconómicos tanto a nivel individual como social.³ No existe cura ni tratamiento farmacológico para la pérdida auditiva inducida por ruido (NIHL). Para ayudar a prevenirla, es imperativo reducir la exposición a ruidos nocivos.

Los dispositivos de protección auditiva (HPD) desempeñan un papel importante en un programa de conservación de la audición al reducir la exposición al ruido de una persona. Los dispositivos de protección auditiva (HPD) deben ajustarse correctamente, proporcionar la protección adecuada y ser lo suficientemente cómodos para usar durante todo el turno de trabajo. Muchas actividades laborales requieren el uso combinado de protección auditiva y otros equipos de protección personal (EPP). Las orejeras se utilizan habitualmente junto con gafas protectoras, introduciendo posibles interferencias entre las patillas de las gafas y el sellado de las almohadillas de las orejeras. Esto puede resultar en una reducción de la atenuación del sonido. La compatibilidad de las orejeras con las gafas protectoras es esencial para garantizar el ajuste, la forma y el funcionamiento adecuados del EPP combinado.

Introducción

Este estudio examina la variación en la atenuación cuando se usan varios tipos de gafas de protección 3M™ (gafas) en combinación con varias orejeras PELTOR™ 3M™ (modelos de la serie X y Optime™). Los modelos de orejeras 3M incluían modelos de diadema (A) y montados en casco (P3E). La atenuación se evaluó midiendo el Índice de atenuación personal (PAR) utilizando el Sistema de validación de doble oído E-A-Rfit™ de 3M™ para los participantes del estudio mientras usaban varias combinaciones de EPP.

Metodología

Se seleccionó a treinta voluntarios para que se sometieran a pruebas de ajuste de protectores auditivos a fin de cuantificar el valor de atenuación, medido por el índice de atenuación personal (PAR), mientras usaban gafas protectoras 3M™ con orejeras PELTOR™ de 3M™. Este estudio se realizó en los Estados Unidos y cada voluntario completó un consentimiento informado, una herramienta de selección para confirmar que se cumplían los criterios de inclusión en el estudio y cinco mediciones antropométricas para evaluar el tamaño de la cabeza y la cara y garantizar que el panel de sujetos representara una amplia gama de tamaños. Inmediatamente siguió la sesión de prueba de ajuste del protector auditivo, que duró aproximadamente 60 minutos para cada sujeto. A cada voluntario se le hizo una prueba de ajuste con 42 combinaciones de orejeras con y sin gafas protectoras, utilizando un orden de prueba aleatorio. Los voluntarios recibieron instrucciones verbales sobre las técnicas adecuadas para ponerse y quitarse el EPP antes de la prueba de ajuste.

Los seis modelos de orejeras utilizados en el estudio son representativos de la amplia línea de productos de 3M. Esta selección se basó en sus similitudes en materiales, construcción y especificaciones (ver Tabla 1). Las orejeras montadas en el casco P3E se probaron en el casco de seguridad 3M™ SecureFit™ de la serie X5000. Pruebas de laboratorio adicionales realizadas antes de este estudio determinaron que este casco de seguridad también representa el casco duro 3M™ SecureFit™ de la serie H-700 y el casco de seguridad 3M™ de la serie G3000. El uso de ANOVA con un procedimiento de comparaciones múltiples de Tukey mostró, con un 95 % de fiabilidad, que los valores del índice de atenuación personal (PAR) de estos cascos no fueron significativamente diferentes

¹ Organización Mundial de la Salud. Informe mundial sobre la audición. 2021.

² Instituto nacional de seguridad y salud ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés). Estadísticas generales: todas las industrias de EE. UU. Recuperado de internet, noviembre de 2024: <https://www.cdc.gov/niosh/noise/surveillance/overall.html>

³ Natarajan, N., Batts, S. y Stankovic, K.M. Noise-Induced Hearing Loss. *Journal of Clinical Medicine*, 2023, 12, 2347.

en términos estadísticos. Por lo tanto, el casco de seguridad 3M™ SecureFit™ de la serie X5000 sirvió como producto de protección de la cabeza representativo para el estudio.

Los modelos de gafas protectoras seleccionados representan la mayoría de las gafas protectoras 3M™. Las pruebas adicionales previas al estudio mostraron que seis modelos representaban la línea de productos principal de gafas protectoras (vea la Tabla 1). El uso de ANOVA con un procedimiento de comparaciones múltiples de Tukey mostró, con un 95% de fiabilidad, que los valores del índice de atenuación personal (PAR) de estos seis modelos de gafas protectoras no mostraron diferencias estadísticamente significativas con respecto a los demás modelos del mismo grupo.

El Sistema de validación de doble oído E-A-Rfit™ de 3M™, utilizado en este estudio, es un método objetivo para las pruebas de ajuste individuales de dispositivos de protección auditiva (HPD). La medición de la atenuación para el sistema 3M se presenta como un índice de atenuación personal (PAR₈₄ o "PAR"), que es la atenuación lograda por el usuario de un dispositivo de protección auditiva (HPD) en función del protector auditivo seleccionado y el ajuste personal. PAR₈₄ representa el rendimiento de protección en el porcentaje de situaciones en las que se alcanza o supera el grado deseado de protección, donde una situación se define como una combinación única de protector, usuario y espectro de ruido. Por ejemplo, PAR₈₄ indica que los individuos con diferentes ajustes deberían ser capaces de alcanzar o superar el valor del índice de atenuación personal resultante el 84 % de las veces.

En la Tabla 1 se presentan los productos probados y los modelos correspondientes que representan. Esto permite que los resultados de 42 combinaciones probadas se amplíen a 160 combinaciones posibles de productos 3M. Tenga en cuenta que la disponibilidad de estos productos EPP puede variar según la región.

Tabla 1: Prueba de EPP y modelos representativos

Categoría	Modelo de prueba	Modelos adicionales representados por el modelo de prueba
Gafas protectoras	SF400	SF100, SF200, SF300, SF400X, SF600, Virtua
	Solus 2000	Virtua AP
	SF500	SF3700
	Solus 1000	Privo
	Solus CCS	Virtua CCS
	SF3700 con lectores	N/C
Orejas	X1A	H510A, H510B, H510F, H6A, H6B, H6F, X2A
	X4A	X4B
	X5A	X5B
	H520P3E	H9P3E, X2P3E/P5E, X3P3E/P5E
	X4P3E	X4P5E
	X5P3E	X5P5E
Protección para la cabeza	Casco de seguridad X5000	Casco duro de la serie SFH-700, casco duro de la serie SFH-700T, casco de seguridad de la serie G3000, casco de seguridad de la serie G3501, casco de seguridad de la serie X5500

Resultados

Con las diversas combinaciones de orejas y gafas protectoras, se recogieron aproximadamente 1300 valores de índice de atenuación personal (PAR) en total entre todos los participantes. Se realizaron comparaciones entre los valores de índice de atenuación personal (PAR) de la condición de utilizar solo las orejas y la condición correspondiente de utilizar las orejas con las gafas. Los resultados generales mostraron una disminución del índice de atenuación personal (PAR) que osciló entre 2 dB y 9 dB, dependiendo de las combinaciones de productos, el diseño de las gafas protectoras y el ajuste individual. Para facilitar la aplicación,

la disminución de atenuación se clasificó en tres grupos: a) Disminución del índice de atenuación personal (PAR) igual o inferior a 3 dB; 2) Disminución del índice de atenuación personal (PAR) de 4 a 6 dB; 3) Disminución del índice de atenuación personal (PAR) de 7 a 9 dB. Las combinaciones de EPP y la disminución resultante del índice de atenuación personal (PAR) se muestran en la Tabla 2 por estos grupos.

Todas las combinaciones de orejeras/gafas revelaron una disminución del índice de atenuación personal (PAR) en comparación con las orejeras solas. Ninguna combinación reveló una disminución del índice de atenuación personal (PAR) superior a 9 dB. De las 160 combinaciones posibles, 76, o el 47,5 %, resultaron en una disminución de 3 dB o menos; 60 combinaciones, o el 37,5 %, resultaron en una disminución de 4 a 6 dB; y 24 combinaciones, o el 15 %, resultaron en una disminución de 7 a 9 dB.

El volumen de variación del índice de atenuación personal (PAR) en función del modelo de gafas indica que la mayoría de las gafas protectoras 3M™ SecureFit™ (SF100, SF200, SF300, SF400, SF400X, SF600) con orejeras PELTOR™ de 3M mostraron una menor disminución de atenuación (2-3 dB) que otras combinaciones de orejeras 3M™ PELTOR™ con gafas protectoras 3M™. Esta disminución mínima puede explicarse por el diseño especial de los productos de gafas protectoras 3M™ SecureFit™, que cuentan con la tecnología de patillas de difusión de presión de 3M. El diseño flexible y plano de las patillas minimiza la interferencia con el sellado de las almohadillas de las orejeras.

Las gafas protectoras 3M™ Solus de la serie CCS y las gafas protectoras 3M™ Virtua de la serie CCS experimentaron una disminución del índice de atenuación personal (PAR) de 4 a 6 dB. Estos productos de gafas cuentan con un sistema de control de cable (CCS) que ayuda a mantener las gafas y los tapones para los oídos conectados, desenredados y listos para usar. El cable del tapón para los oídos también se puede usar como cordón cuando no está en uso. Es probable que la disminución del índice de atenuación personal (PAR) sea mayor que la de las gafas SecureFit debido a las diferencias de tamaño, forma y flexibilidad de las patillas.

La mayor variación en el índice de atenuación personal (PAR) se produjo con las combinaciones de orejeras y gafas que incluían Solus CCS y Virtua CCS con la mayoría de los modelos de orejeras, y las gafas SecureFit 3700 con lectores en combinación con todos los modelos de orejeras.

Tabla 2: Disminución del índice de atenuación personal (PAR) para las combinaciones de orejeras usadas junto con gafas protectoras en comparación con las orejeras solas

3M™ Protective Eyewear	3M™ PELTOR™ Earmuffs (X Series and Optime)									
	X1A X2A	H510A H510B H510F	H6A H6B H6F	X4A X4B	X5A X5B	H520P3E ^a	H9P3E ^a	X2P3E ^a X2P5E ^a X3P3E ^a X3P5E ^a	X4P3E ^a X4P5E ^a	X5P3E ^a X5P5E ^a
SF100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
SF200	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
SF300	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
SF400	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
SF400X	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
SF600	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Virtua	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Solus 2000	*	*	*	**	**	**	**	**	**	**
Virtua AP	*	*	*	**	**	**	**	**	**	**
SF500	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
SF3700	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Solus 1000	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Privo	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Solus CCS	**	**	**	***	***	***	***	***	***	***
Virtua CCS	**	**	**	***	***	***	***	***	***	***
SF3700 w/readers ^b	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

Key ^c	
*	PAR loss of 3 dB or less
**	PAR loss of 4 – 6 dB
***	PAR loss of 7 – 9 dB

^a Probado en el casco de seguridad 3M™ SecureFit™ de la serie X5000. Este casco también representa el casco de seguridad 3M™ SecureFit™ de la serie X5500, el casco 3M™ SecureFit™ de la serie H-700/H-700T y el casco de seguridad 3M™ de la serie G3000/G3501.

^b Las gafas protectoras 3M™ SecureFit™ de la serie 3700 se probaron con gafas de lectura estándar y pretenden ser representativas de las gafas graduadas. Es probable que los resultados cambien en función del grosor de las patillas y el diseño de las gafas recetadas.

^c Los resultados de la tabla no se pueden restar de los valores de atenuación etiquetados, como la clasificación de reducción de ruido (NRR) y la clasificación de número único (SNR).

Debate

Históricamente, la investigación ha demostrado que la interferencia con el sellado de la almohadilla de la orejera resulta en una pérdida de atenuación.^{4 5 6 7 8} Saber cuánta pérdida de atenuación se experimenta cuando las orejeras se usan junto con gafas protectoras puede ayudar a los usuarios a seleccionar productos que sean compatibles entre sí y a determinar si la atenuación de los productos combinados está protegiendo adecuadamente al usuario. Este estudio valida la importancia de realizar pruebas personales de ajuste de protectores auditivos al utilizar orejeras en combinación con gafas protectoras. Por ejemplo, cuando un usuario necesite una opción de protección ocular sobre el vidrio, considere las gafas protectoras 3M™ SecureFit™ de la serie 3700 y realice la prueba de ajuste mientras el usuario usa sus gafas recetadas. Identificar la variación en el índice de atenuación personal (PAR) mientras el usuario lleva puesta la combinación de equipo elegida ayudará a determinar si el usuario estará adecuadamente protegido en un entorno de ruido dado.

El estudio respalda que al seleccionar los productos, habrá una pérdida mínima de atenuación para las combinaciones que usan patillas delgadas y flexibles, como los modelos 3M™ SecureFit™; sin embargo, la combinación de orejeras con gafas recetadas mostró una pérdida de 7-9 dB. El grosor adicional de las patillas que rompen el sellado acústico de las almohadillas de las orejeras provoca una mayor reducción de la atenuación. Es probable que estos resultados cambien según el grosor de las patillas y el diseño de las gafas recetadas. La disminución del índice de atenuación personal (PAR) es una métrica que ayuda a los usuarios a seleccionar combinaciones de productos con un esfuerzo por minimizar la pérdida de atenuación. Además, debe determinarse el efecto global de la pérdida de atenuación y la forma en que afecta a la exposición protegida del usuario. Se debe evaluar la viabilidad de las variaciones en el índice de atenuación personal (PAR) para identificar a los usuarios que pueden estar en riesgo de protección insuficiente al utilizar orejeras combinada con gafas. La clave es determinar si el usuario cumple con el nivel objetivo de exposición protegida mientras usa la combinación de EPP. En la tabla 2 se proporciona una orientación sobre las combinaciones que pueden tener menos repercusiones en la atenuación general.

El valor del índice de atenuación personal (PAR) se puede restar directamente de la exposición al ruido ponderada A del trabajador. Se recomienda realizar la prueba de ajuste mientras el usuario lleva puestas las orejeras y las gafas y, a continuación, restar el índice de atenuación personal (PAR) de la exposición al ruido del lugar de trabajo del usuario. Si el índice de atenuación personal (PAR) es suficiente, el resultado será inferior al límite de exposición previsto. Si el índice de atenuación personal (PAR) es insuficiente, se deben probar opciones adicionales para obtener una mayor atenuación. Si no se dispone de una prueba de ajuste, se pueden utilizar los valores de la Tabla 2 para estimar la pérdida de atenuación.

Tenga en cuenta que el índice de atenuación personal (PAR) es independiente y distinto de los valores de atenuación etiquetados como protectores auditivos, como la clasificación de reducción de ruido (NRR) y la clasificación de número único (SNR). Los resultados de la Tabla 2 no se aplican a estos valores etiquetados de un solo número, es decir, las variaciones en la Tabla 2 no se pueden restar de los valores etiquetados NRR, SNR o de otros valores etiquetados para predecir cómo cambiaría el valor etiquetado.

El uso de gafas protectoras adecuadas para un peligro ocular determinado es tan importante como la selección de orejeras para fines de atenuación. Si bien este estudio se centró en la variación en la atenuación, no se realizó una evaluación específica en cuanto al ajuste de las gafas. En aplicaciones del mundo real, se recomienda realizar pruebas de ajuste tanto de la protección auditiva como de las gafas.

Conclusiones

Este estudio muestra que las gafas, usadas debajo de las orejeras, disminuyen el índice de atenuación personal del usuario (el rango de disminución depende del estilo del producto, las características y el ajuste personal). Revela la importancia de realizar pruebas de ajuste de protectores auditivos, específicamente cuando se requieren combinaciones de orejeras y gafas. Durante la prueba de ajuste, asegúrese de llevar puestos el EPP o indumentaria adyacentes. En otros estudios, también se han identificado otros

⁴ Biabani, A., Aliabadi, M., Golmohammadi, R., Farhadian, M. Individual fit testing of hearing protection devices based on microphone in real ear. *Safety and Health at Work* 8, 364-370. 2017.

⁵ Macedo, Gorman, Berger. Assessment of the Effects of Various PPE and Apparel in the Performance of Earmuffs. Australian Institute of Occupational Hygienists Inc., 34th Annual Conference & Exhibition 2016.

⁶ Caporali Filho, S.A. Effects of selected eyewear on insertion loss of select earmuffs. The Center for Construction Research and Training (CPWR). 2015. Recuperado de internet, noviembre de 2024: https://www.cpwr.com/wp-content/uploads/publications_CaporaliEarmuffKF_5.pdf.

⁷ Wells, L.L., Berger, E.H., Kieper, R. Attenuation characteristics of fit-compromised earmuffs and various non-standard hearing protectors. Platform presentation at International Congress on Acoustics, Montreal, 6-2013.

⁸ Abel, S.M., Sass-Korstak, A., Bruce, S. The effect of sound attenuation provided by earmuffs of other safety gear worn in combination. *Canadian Acoustic*. Vol. 28 No. 3, 150-151. 2000.

beneficios de las pruebas de ajuste, como la capacitación individual, la retroalimentación inmediata al trabajador, la identificación de posibles problemas de compatibilidad de EPP y el suministro de resultados precisos de atenuación.^{9 10 11} La disminución de los valores del índice de atenuación personal (PAR) observada en este estudio puede ayudar a orientar al profesional de salud y seguridad a la hora de seleccionar combinaciones de productos para minimizar la pérdida de atenuación de las orejeras. Además, estos resultados pueden ayudar a estimar los efectos prácticos de la pérdida de atenuación en un entorno de ruido dado.

Esta prueba de compatibilidad se ha llevado a cabo para mostrar la viabilidad de estas combinaciones y la pérdida de atenuación general a través de gafas protectoras 3M y orejeras PELTOR 3M. Estos datos se pueden utilizar como punto de referencia para ayudar en la selección de combinaciones de gafas protectoras y orejeras 3M. Es fundamental seleccionar el EPP adecuado para el peligro, la tarea y el entorno de trabajo. Es esencial seleccionar un EPP que funcione bien en conjunto y no comprometa el ajuste, la comodidad o la protección.

⁹ Macedo, Gorman, Berger. Assessment of the Effects of Various PPE and Apparel in the Performance of Earmuffs. Australian Institute of Occupational Hygienists Inc., 34th Annual Conference & Exhibition 2016.

¹⁰ Murphy, W. J., Gong, W., Karch, S.J. Personal attenuation ratings versus derated noise reductions ratings for hearing protection devices. The Journal of the Acoustical Society of America (Revista de la sociedad acústica de América). 2022.

¹¹ Liu Y and Yang M. Evaluating the effect of training along with fit testing on earmuff users in a Chinese textile factory. Journal of Occupational and Environmental Hygiene (Revista de higiene ocupacional y ambiental), 15:6, 518-526. 2018.



3M España División de
Protección Personal

Juan Ignacio Luca de Tena 19-25
28027 Madrid
T: +34 900 21 05 84
www.3m.com.es/seguridad

Por favor, recicle. Impreso en el Reino Unido. © 2025, 3M.
3M es una marca comercial de 3M Company. Todos los
derechos reservados.