

¿Son los tapones auditivos eficaces para prevenir los efectos de la contaminación auditiva mediante la atenuación sonora?

Fausto Coello¹, Diego Males¹, Denisse Tello¹, Ramiro López -Pulles¹

¹ Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Central del Ecuador

Rev Fac Cien Med (Quito), 2017; 42 (1): 108-113

Recibido: 17/04/16; Aceptado: 10/08/16

Correspondencia:

Fausto Coello

fecoello@uce.edu.ec

Resumen

Contexto: los efectos de la exposición a la contaminación sonora incluyen síntomas auditivos como hipoacusia, elevación del umbral auditivo, trauma acústico y también no auditivos de tipo psicológico, físico y social.

Material y métodos: estudio descriptivo analítico y transversal para determinar la eficacia de la atenuación sonora de los protectores auditivos personalizados en un grupo de 33 pacientes hombres sin alteraciones físicas del conducto auditivo externo, mediante la comparación de las respuestas obtenidas en el oído real libre y sin amplificación (Real-Ear Unaided Response) y con el oído herméticamente ocluido por medio de un tapón de silicona hecho a la medida (Real-Ear Occluded), ante la presencia de un ruido externo estable de banda ancha de 65 dB de intensidad, utilizando para ello un equipo de precisión certificado con normas ISO (Verifit de Audioscan).

Resultados: se encontró que existe mayor protección a los decibeles altos con las frecuencias: 2000 Hz, 3000 Hz y 4000 Hz, bajando de 65 a 40 decibeles que traduce una reducción del 61%; no existe diferencia significativa entre ambos oídos, lo cual se explica por las particularidades en las formas anatómicas, profundidad de la inserción y la adecuada colocación de la sonda microfónica. Los valores promedio de atenuación bilateral en dB SPL que se logra en las diferentes frecuencias con tapones personalizados de protección auditiva varían dependiendo de la misma, con 250 Hz es de 9,97 en el oído derecho y 9,36 en el oído izquierdo y con 6000 Hz 15,28 en el oído derecho y 13,64 en el oído izquierdo. Una mayor atenuación se encontró con 3000 Hz (OD: 32,11 OI: 30,69), 2000 Hz (OD: 28,33 OI: 28,47) y 4000 Hz (OD: 27,28 OI: 26,67).

Conclusión: el uso de protectores auditivo logra una evidente reducción de los niveles sonoros, sobre todo con frecuencias agudas (primeras) cuyos umbrales se afectan al someterse a elevados niveles de ruido por tiempos prolongados.

Descriptor DeCs: atenuación sonora, protectores auditivos, hipoacusia inducida por ruido, contaminación auditiva

Abstract

Context: the effects of exposure to noise pollution include auditory symptoms: hearing loss, elevation of the auditory threshold, acoustic trauma and also non-auditory psychological, physical and social.

Material and methods: a descriptive, analytical, cross-sectional study, the efficacy of the sound attenuation of the personalized hearing protectors was determined in a group of 33 male patients without physical alterations in the external auditory canal, by means of the comparison of the responses obtained in the ear Real-Ear Unaided Response, and with the ear sealed by means of a custom-made silicone plug (Real-Ear Occluded), in the presence of stable external broadband noise of 65 dB Of intensity, using a precision equipment certified with ISO standards, the Verifit of Audioscan.



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons de tipo Reconocimiento - No comercial - Sin obras derivadas 4.0 International Licence

Results: it was found that there is a greater protection to high decibels with frequencies 2000 Hz, 3000 Hz and 4000 Hz, falling from 65 to 40 decibels, which means a reduction of 61%, there is no significant difference between both ears, Which is explained by the particularities in the anatomical forms, depth of insertion and the proper placement of the microphone probe. The average bilateral attenuation values in dB SPL that is achieved in the different frequencies with personalized ear protection plugs vary depending on the same, with 250 Hz being 9.97 in the right ear and 9.36 in the left ear and with 6000 Hz 15.28 in the right ear and 13.64 in the left ear. Greater attenuation was found with 3000 Hz (OD: 32.11 OI: 30.69), 2000 Hz (OD: 28.33 OI: 28.47) and 4000 Hz (OD: 27.28 OI: 26.67).

Conclusion: the use of hearing protectors; Achieves an evident reduction of the sound levels, especially with acute frequencies, which are the first ones whose thresholds are affected when undergoing high levels of noise for prolonged times.

Keywords: sound attenuation, hearing protectors, noise induced hearing loss, auditory contamination

Introducción

Considerando la población mundial y según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, existen en alrededor de 370 millones de personas con algún tipo de pérdida auditiva discapacitante entendiéndose como tal, una disminución mayor de 40 dB en el mejor oído para el caso de los adultos (66% de la población total) y una de más de 30 dB para el caso de los niños^{5,17}. Las hipoacusias del adulto se relacionan principalmente con infecciones crónicas del oído, ingestión de sustancias ototóxicas, enfermedades metabólicas, sordera súbita, traumatismos, tumores, enfermedades que cursan con hipertensión endolinfática, exposición al ruido y envejecimiento^{2,4,8}. La exposición a niveles elevados de ruido por tiempo prolongado provoca serios problemas de salud pública, al constituir uno de los factores causales de hipoacusias laborales y además agente físico clave en la génesis del deterioro auditivo en población joven de una buena parte del mundo, por el incontrolable aumento de ruido ambiental en los lugares de ocio y recreación así como por el uso imprudente de equipos personales de audio con exagerados niveles de intensidad^{6,7,11,24}. El sistema auditivo humano es un complejo mecanismo, especialmente diseñado para captar y procesar un enorme rango de estímulos acústicos. La intensidad auditiva es flexible, permitiendo detectar una gama de sonidos desde aquellos apenas audibles (intensidad de aproximadamente 0 dB o una magnitud mínima que produce el rumor de las hojas o una respiración tranquila de aproximadamente 10 dB) hasta sonidos extremadamente fuertes como son los generados por un taladro neumático o la música en la discoteca que se aproximan y a veces sobrepasan al umbral de molestia o dolor (entre 120 y 130 dB)^{3,16}.

Las células ciliadas del oído interno tienen estrictos límites de tolerancia a sonidos intensos, de mane-

ra que la exposición prolongada a estos ocasiona un deterioro fácil e irreversible, provocando hipoacusia progresiva que pueden llegar en casos extremos a la pérdida total de la audición en los dos oídos. Múltiples investigaciones establecieron parámetros concernientes al tiempo máximo de exposición permitido para sonidos de distintas intensidades, antes que ocurran lesiones en las células del órgano de Corti^{9,21}. Se establece que cualquier sonido con una intensidad mayor de 90 dB es un potencial agente físico causal de pérdida auditiva; se advierte que no existen valores exactos de tiempo máximo de exposición permitida, planteándose un máximo de 8 horas con sonidos de 80 dB SPL y mínimos permitidos 15 y 30 segundos para 120 y 117 dB SPL respectivamente.

La prueba de oro para determinar la hipoacusia causada por exposición sonora es la audiometría tonal, sin embargo la determinación de la disminución auditiva en las etapas iniciales puede lograrse mediante exploraciones objetivas como son las emisiones otoacústicas de producto de distorsión, en las que se detecta una disminución de la amplitud de los sonidos (emisiones) desde los primeros estadios de afección o mediante estudios especiales como la audiometría de altas frecuencias (9 a 20 KHz) que detecta tempranamente la influencia del ruido, por el descenso significativo de los umbrales de audición de las frecuencias agudas, aunque las otras permanezcan en niveles normales. En la audiometría tonal liminal (ATL), el signo clásico para determinar el comienzo del deterioro auditivo por trauma acústico es el descenso temporal del umbral de audición que se recupera con el reposo auditivo en pocas horas. La exposición mantenida a ruidos ocasiona el descenso permanente del umbral correspondiente a las frecuencias de 4 o 6 KHz, mientras en el resto de las frecuencias, la audición se mantiene dentro de los límites normales impidiendo determinar cambios

significativos en la capacidad auditiva de una persona expuesta, lo que no ocurre con la evaluación audiométrica que si permite detectar este descenso focalizado de la audición, conocido como muesca del calderero o de Carhart que según algunos autores, aparece también en la otosclerosis pero en este caso, generalmente a nivel de las frecuencias de 1 o 2KHz.

Si la exposición al ruido continúa, se producirá un descenso progresivo de la audición que va afectando en forma secuencial a frecuencias agudas, medias y graves, con una dificultad creciente para la captación de los sonidos ambientales y sobre todo para la comprensión del lenguaje oral^{10,12,15,18,20,23}. Además, se citan otras alteraciones que incluyen angustia, irritabilidad, agresividad, trastornos del sueño, desequilibrios hormonales, estrés, gastritis y úlcera gástrica, hipertensión arterial, alteraciones de la atención, incremento de los accidentes laborales, etc. Es difícil evitar la exposición al ruido, lo que constituiría la estrategia ideal de prevención del daño auditivo sin embargo, en la actualidad no es posible por lo que será necesario establecer otros mecanismos de protección orientados a disminuir la intensidad de los estímulos acústicos o el tiempo de exposición a los mismos.

La presente investigación pretende establecer como medio de protección, el uso de tapones auditivos personalizados, los cuales tendrán mayor eficacia en disminuir la exposición del ruido y por ende el impacto de la contaminación auditiva.

Sujetos y métodos

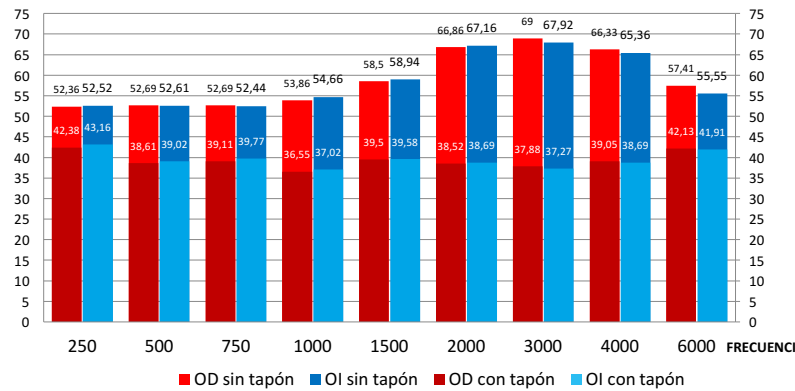
Se realizó un estudio descriptivo analítico transversal de punto, que incluyó 33 pacientes adultos de sexo masculino, habitualmente expuestos a ruido laboral intenso sin patología anatómica de oídos, que acudieron al Instituto PROAUDIO en el transcurso de 12 meses para la elaboración de protectores auditivos personalizados tipo tapón. Se inició el procedimiento con la evaluación otoscópica y profusa limpieza de los conductos auditivos externos, en los casos en los que se requirió de la misma y se realizó una cuidadosa toma de impresión (modelo) de cada uno de los oídos, con la que se elaboraron tapones de silicona hipoalergénica que se adaptan exactamente a la forma y tamaño de los oídos de cada paciente y logren un sellado hermético de sus conductos. Una vez elaborados los tapones y concluidas las pruebas de adaptación, se colocó en el fondo del conducto auditivo externo del paciente, a pocos milímetros de la membrana timpánica, un pequeño micrófono sensible (sonda microfónica) para medir utilizando un ruido de banda ancha (frecuencia comprendida entre 20 y 20.000 Hz), de 65dB SPL (Sound Pressure Level) de intensidad, proveniente de un parlante ubi-

cado a una distancia de 0,5 metros del oído explorado. Los niveles de presión sonora que llegaron a la sonda fueron registrados en un equipo de precisión Audioscan© de Verifit®; los registros fueron analizados automáticamente y presentados en una gráfica con el valor que corresponde a cada una de las principales frecuencias componentes. Los datos obtenidos corresponden a niveles de presión sonora registrados en el equipo de medición con la sonda colocada en el oído del paciente con el conducto libre o abierto (respuesta sin amplificación en el oído real /Real-Ear Unaided Response: REUR) y con el conducto auditivo externo herméticamente bloqueado por un tapón de silicona blanda construido a medida (respuesta en el oído real ocluido/Real-Ear Occluded Response: REOR). Finalmente, en el equipo de medición de oído real se analizó y graficó los resultados de los niveles de presión sonora y se los comparó con los valores iniciales obtenidos con el conducto libre sin el tapón y los resultantes de la atenuación que ocurrió por la presencia del tapón. La información de las mediciones realizadas fue procesada con el EPI INFO 6.04, aplicando pruebas de estadística descriptiva e inferencial. Se aceptó como válido para la significancia estadística un valor α de 1,96 ($p < 0,05$).

Resultados

En el gráfico 1 se evidencian los niveles de presión sonora medidos en decibeles, que alcanzan el fondo del conducto auditivo externo de cada uno de los oídos, en una gama de frecuencias que guarda relación con sonidos trascendentes de la audición para el desarrollo de las actividades humanas habituales, sobre todo aquellas que permiten los procesos comunicativos y el registro de las mismas frecuencias con el protector auditivo debidamente colocado en el oído.

Gráfico 1. Niveles de presión sonora medidos en el fondo del conducto auditivo externo de los dos oídos, con y sin tapón personalizado de protección auditiva.



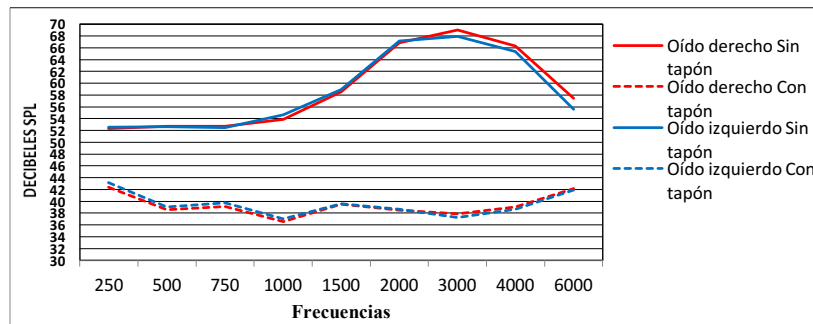
Fuente: Instituto de Audición y Lenguaje PROAUDIO

Elaborado por: autores

En el gráfico 2 se demuestra objetivamente la diferencia en los niveles medidos en unidades relativas, de los distintos sonidos que llegan al tímpano cuando se expone

a un estímulo acústico ambiental tanto en condiciones normales y utilizando protectores auditivos señalándose los valores promedios de atenuación por frecuencia.

Gráfico 2. Comparación de niveles de atenuación de oído derecho e izquierdo con y sin tapones personalizados de protección auditiva.



Fuente: Instituto de Audición y Lenguaje PROAUDIO.

Elaborado por: autores.

Discusión

En el gráfico 1 se muestran los niveles de presión sonora con y sin tapón auditivo; se demostró mayor protección a decibeles altos en frecuencias de 2000 Hz, 3000 Hz y 4000 Hz, bajando de 65 a 40 decibeles, que significa una reducción del 61%, sin diferencias significativas entre ambos oídos, lo cual se explica por las particularidades en las formas anatómicas, profundidad de inserción y adecuada colocación de la sonda microfónica. La figura 2 muestra la diferencia en los niveles medidos en unidades relativas de los distintos sonidos que llegan al tímpano cuando

se expone a un estímulo acústico ambiental, tanto en condiciones normales como utilizando protectores auditivos, y los valores promedios de atenuación por frecuencia. Se observa claramente menores decibeles con el uso de tapones auditivos, existiendo mayor diferencia a los 3000 Hz. Los valores promedio de atenuación bilateral en dB SPL que se logra en las diferentes frecuencias con tapones personalizados de protección auditiva varían dependiendo de la misma: con 250 Hz es 9,97dB en el oído derecho y 9,36dB en el oído izquierdo y con 6000 Hz 15,28dB en el oído derecho y 13,64dB en el oído izquierdo. Una mayor

atenuación se encontró con 3000 Hz (OD: 32,11 OI: 30,69), 2000 Hz (OD: 28,33 OI: 28,47) y 4000 Hz (OD: 27,28 OI: 26,67).

Conclusión

La media de los niveles de presión sonora en el fondo del conducto auditivo externo recolectada con una sonda microfónica para cada frecuencia tiene diferencias mínimas no significativas entre los dos oídos, que puede explicarse por las particularidades en las formas anatómicas, profundidad de inserción del micrófono y la adecuada colocación de la sonda microfónica. El Nivel de Reducción de Ruido (NRR) o atenuación sonora que se logra con los protectores auditivos personalizados es coherente con las recomendaciones estipuladas por las normas internacionales, por lo que su correcta utilización en los períodos de exposición a sonidos que sobrepasen los 80dB de intensidad representa un mecanismo idóneo de prevención de los daños auditivos por esta causa. El uso de protectores auditivos logra una evidente reducción de los niveles sonoros, sobre todo con frecuencias agudas que son las primeras cuyos umbrales afectan a personas sometidas a elevados niveles de ruido por tiempos prolongados. Los niveles de atenuación encontrados son congruentes con las recomendaciones estipuladas por normas internacionales, por lo tanto, los protectores auditivos personalizados son eficaces para proteger los oídos y evitar daños ante la exposición a ciertos ruidos de alta intensidad y por ende de la contaminación auditiva.

Referencias

1. Adeninskaya EE, Bukhtiarov IV, Bushmanov Alu, Dayhes NA, Denisov EI, Izmerov NF, Mazitova NN, Pankova VB, Preobrazhenskaya EA, Prokopenko LV, Simonova NI, Tavartkiladze GA, Fedina IN. Federal clinical recommendations in diagnosis, treatment and prevention of hearing loss due to noise. *Med Tr Prom Ekol* 2016; 3:37-48.
2. Aliabadi M, Fereidan M, Farhadian M, Tajik L. Determining the effect of worker exposure conditions on the risk of hearing loss in noisy industrial workroom using Cox proportional hazard model. *Int J Occup Saf Ergon* 2015; 21(2):201-6.
3. Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, Stansfeld S. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet* 2014; 383(9925):1325-32.
4. Birkner L. Addressing noise in the workplace. *Occup Health Saf* 2015; 84(3):19-20, 22.
5. Burns KN, Sun K, Fobil JN, Neitzel RL. Heart rate, stress, and occupational noise exposure among electronic waste recycling workers. *Int J Environ Res Public Health* 2016; 13(1): .
6. Denisov ÉI, Adeninskaia EE, Eremin AL, Kur'erov NN. Occupational hearing loss--problem of health and safety. *Med Tr Prom Ekol* 2014; 7:45-7.
7. Deshaies P, Martin R, Belzile D, Fortier P, Laroche C, Leroux T, Nélisse H, Girard SA, Arcand R, Poulin M, Picard M. Noise as an explanatory factor in work-related fatality reports. *Noise Health* 2015; 17(78):294-9.
8. Izmerov NF, Denisov ÉI, Adeninskaia EE, Gorblianskiu IuIu. Criteria for the assessment of the noise-induced

Contribución de los autores

El protocolo de investigación y el diseño de la misma, la recolección de datos, el análisis estadístico, la valoración e interpretación de los datos, el análisis crítico, la discusión, la redacción y la aprobación del manuscrito final fueron realizados por todos los autores quienes contribuyeron de igual forma en todo el proceso. El autor correspondiente representa al colectivo de autores.

Disponibilidad de datos y materiales

Los datos que sustentan este manuscrito están disponibles bajo requisición al autor correspondiente.

Consentimiento para publicación

La identidad de los individuos participantes en el estudio es anónima y confidencial, por lo que no se obtuvo un consentimiento específico para su publicación.

Aprobación ética y consentimiento

El protocolo y el consentimiento fueron aprobados oportunamente.

Financiamiento

Los recursos fueron provistos por los autores.

Conflicto de interés

Los autores NO reportan conflicto de interés alguno.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todas las personas que colaboraron en el proceso de la investigación.

- occupational hearing loss: international and national standards. *Vestn Otorinolaringol* 2014; (3):66-71.
9. Jazani RK, Saremi M, Rezapour T, Kavousi A, Shirzad H. Influence of traffic-related noise and air pollution on self-reported fatigue. *Int J Occup Saf Ergon* 2015; 21(2):193-200.
 10. Kabe I, Koga Y, Kochi T, Miyauchi H, Minozoe A, Kuwata D, Tsustumi I, Nakagawa M, Tanaka S. A survey of the otoacoustic emissions (OAEs) of workers exposed to noise in manufacturing factories. *Sangyo Eiseigaku Zasshi* 2015; 57(6):306-13.
 11. Keppler H, Ingeborg D, Sofie D, Bart V. The effects of a hearing education program on recreational noise exposure, attitudes and beliefs toward noise, hearing loss, and hearing protector devices in young adults. *Noise Health* 2015; 17(78):253-62.
 12. Kovalova M, Mrazkova E, Sachova P, Vojtkovska K, Tomaskova H, Janoutova J, Janout V. Hearing loss in persons exposed and not exposed to occupational noise. *J Int Adv Otol* 2016; 12(1):49-54.
 13. Liming BJ, Carter J, Cheng A, Choo D, Curotta J, Carvalho D, Germiller JA, Hone S, Kenna MA, Loundon N, Preciado D, Schilder A, Reilly BJ, Roman S, Strychowsky J, Triglia JM, Young N, Smith RJ. International Pediatric Otolaryngology Group (IPOG) consensus recommendations: hearing loss in the pediatric patient. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2016; 90:251-258.
 14. Masterson L, Howard J, Liu ZW, Phillips J. asymmetrical hearing loss in cases of industrial noise exposure: a systematic review of the literature. *Otol Neurotol* 2016; 37(8):998-1005.
 15. Matoba T. Human response to vibration stress in Japanese workers: lessons from our 35-year studies. A narrative review. *Ind Health* 2015; 53(6):522-32.
 16. Menezes Pde L, Andrade KC, Carnaúba AT, Cabral FB, Leal Mde C, Pereira LD. Sound localization and occupational noise. *Clinics (Sao Paulo)* 2014; 69(2):83-6.
 17. Pawlaczyk-Łuszczynska M, Dudarewicz A, Czaja N, Bortkiewicz A. Do hearing threshold levels in workers of the furniture industry reflect their exposure to noise? *Med Pr* 2016; 67(3):337-51.
 18. Rocha CH, Longo IA, Moreira RR, Samelli AG. Evaluation of the hearing protector in a real work situation using the field-microphone-in-real-ear method. *Codas* 2016; 28(2):99-105.
 19. Sha SH, Schacht J. Emerging therapeutic interventions against noise-induced hearing loss. *Expert Opin Investig Drugs* 2017; 26(1):85-96.
 20. Skogstad M, Johannessen HA, Tynes T, Mehlum IS, Nordby KC, Lie A. Systematic review of the cardiovascular effects of occupational noise. *Occup Med (Lond)* 2016; 66(6):500.
 21. Turcot A, Girard SA, Courteau M, Baril J, Larocque R. Noise-induced hearing loss and combined noise and vibration exposure. *Occup Med (Lond)* 2015; 65(3):238-44.
 22. Verbeek JH, Kateman E, Morata TC, Dreschler WA, Mischke C. Interventions to prevent occupational noise-induced hearing loss: a Cochrane systematic review. *Int J Audiol* 2014; 53(S2):84-96.
 23. Wooles N, Mulheran M, Bray P, Brewster M, Banerjee AR. Comparison of distortion product otoacoustic emissions and pure tone audiometry in occupational screening for auditory deficit due to noise exposure. *J Laryngol Otol* 2015; 129(12):1174-81.