



## ارزیابی میزان کاهندگی صدای گوش‌های ایرماف رایج بر مبنای روش میدانی میکروفن داخل گوش در محیط‌های کاری

اعظم بیابانی<sup>۱</sup>، محسن علی آبادی<sup>۲\*</sup>، رستم گل‌محمدی<sup>۳</sup>، مریم فرهادیان<sup>۴</sup>، رضا شهیدی<sup>۵</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۲۵

تاریخ ویرایش: ۹۵/۰۷/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۲۰

### چکیده

**زمینه و هدف:** میزان کاهندگی اسمی صدای شرکت‌های سازنده می‌تواند در مقایسه با میزان کاهندگی واقعی آن‌ها متفاوت باشد. مطالعه حاضر با هدف تعیین قدرت کاهندگی واقعی صدای گوش‌های حفاظتی رایج در کشور بر مبنای روش میکروفن داخل گوش در شرایط واقعی محیط کار انجام گردید. **روش بررسی:** در این مطالعه توصیفی تحلیلی پنج مدل گوشی ایرماف، در دو نوع محیط صنعتی با ماهیت صدای متفاوت روی ۵۰ کارگر که بصورت تصادفی انتخاب شدند، بررسی گردید. قدرت کاهندگی گوش‌ها بر مبنای روش میکروفن داخل گوش طبق استاندارد ISO11904 توسط دستگاه دزیتر SV102 شرکت SVANTEK مجهز به میکروفن SV25 قابل نصب در داخل گوش اندازه‌گیری گردید. علاوه بر این، ارزیابی دانش، نگرش و عملکرد کارکنان در خصوص حفاظت شنوایی توسط پرسشنامه محقق ساخت تعیین گردید. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار spss21 مورد تحلیل قرار گرفت. **یافته‌ها:** مستقل از نوع صدای در مواجهه، مقادیر افت جایگذاری واقعی گوش‌ها در فرکانس‌های یک اکتاوباند کمتر از مقادیر اسمی افت جایگذاری بود. علاوه بر این مقادیر کاهندگی واقعی صدا گوش‌ها در مواجهه با صدای با فرکانس غالب پایین کمتر از مقادیر کاهندگی اسمی بود ( $p < 0.05$ ). مقادیر کاهندگی واقعی گوش‌ها در مواجهه با صدای با فرکانس غالب بالا بیشتر از مقادیر کاهندگی اسمی بود ( $p < 0.05$ ). میزان شاخص دانش، نگرش و عملکرد کارگران نیز در خصوص حفاظت شنوایی در سطح قابل قبولی قرار داشت. **نتیجه‌گیری:** ماهیت فرکانسی صدای محیط بر مقدار کاهندگی واقعی صدای قابل حصول از گوشی‌ها بسیار تاثیر گذار است. از این رو داشتن اطلاعات تجزیه فرکانسی صدای محیط برای انتخاب گوش‌های حفاظتی بسیار حیاتی است. روش میدانی میکروفن داخل گوش توانست اندازه‌گیری سریع و ساده قدرت کاهندگی صدا گوش‌ها را به طور مطلوب در شرایط واقعی محیط صنعتی تسهیل نماید.

**کلیدواژه‌ها:** وسایل حفاظت شنوایی، روش میدانی میکروفن داخل گوش، قدرت کاهندگی صدا، افت جایگذاری.

### مقدمه

مطالعات نشان می‌دهد میزان قدرت کاهندگی اسمی ارائه شده توسط شرکت‌های سازنده معمولاً در مقایسه با میزان کاهندگی واقعی آن‌ها متفاوت می‌باشد [۶،۷]. در سال ۱۹۸۳ مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا OSHA میزان کاهندگی مؤثر صدای گوش‌ها را ۵۰٪ از مقدار برچسب زده شده NRR توصیه نمود که می‌بایست جهت تعیین کفایت حفاظت شنوایی مدنظر قرار گیرد [۸]. در سال ۱۹۹۸ انستیتوی ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا NIOSH درصد پیشنهاد شده برای نسبت میزان کاهندگی عملیاتی به میزان کاهندگی اسمی ارائه شده توسط سازنده را برای ایرماف ۷۵٪، ایرپلاگ‌های شکل‌پذیر ۵۰٪ و

اگرچه استفاده از وسایل حفاظت شنوایی باید به‌عنوان یک‌راه حل موقت در نظر گرفته شود، با این حال به دلایل مختلف اقتصادی و فرهنگی در کشورهای در حال توسعه در بیشتر مواقع به‌عنوان یک‌راه حل دائمی در نظر گرفته می‌شود [۱-۳]. از جمله خصوصیات اصلی گوش‌های حفاظتی میزان کاهندگی صدا NRR است که در واقع یک شاخص مهم برای بیان کارایی حفاظتی بدون توجه به نوع و تراز فشار صدای محیط می‌باشد که توسط انستیتوی ملی استاندارد آمریکا ANSI توصیه و در اکثر کشورهای دنیا مورد پذیرش قرار گرفته است [۴،۵]. با این حال

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir

۳- استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۴- استادیار گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۵- دانشجوی دکتری بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

انجام گرفته از جمله مطالعه Berger از بین روش‌های متعدد توسعه یافته بهترین و صحیح‌ترین روش بر مبنای پاسخ ذهنی روش REAT و از دیدگاه عینی روش میکروفن داخل گوش معرفی شده است [۶]. از خصوصیات مهم روش میکروفن داخل گوش عدم وابستگی به پاسخ افراد و راحتی انجام آزمون و قابلیت انجام آزمون در شرایط واقعی کاربری گوشی‌ها در ایستگاه‌های کاری می‌باشد. با توجه به فرهنگ کاری و سطح آموزش کارگران در استفاده صحیح از وسایل حفاظتی و کیفیت گوشی‌های حفاظتی موجود در سطح کشور، ابهامات فراوانی در خصوص میزان کارایی واقعی گوشی‌ها در مقایسه با قدرت کاهندگی اسمی وجود دارد و مطالعه نظام‌یافته‌ای در خصوص بررسی میزان کاهندگی عملیاتی گوشی‌های حفاظتی رایج مورد استفاده کارگران در شرایط واقعی محیط کار انجام نگرفته است. لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی میزان کاهندگی عملیاتی صدای گوشی‌های نوع ایرماف رایج در صنایع مختلف سطح کشور با استفاده از روش میکروفن داخل گوش در محیط واقعی صنعتی می‌باشد. همچنین در این مطالعه دانش، نگرش و عملکرد کارکنان صنایع در خصوص حفاظت شنوایی در محیط کار توسط پرسشنامه محقق ساخت ارزیابی می‌گردد.

### روش بررسی

در این مطالعه توصیفی تحلیلی مقطعی پنج مدل گوشی ایرماف رایج که در صنایع کشور شناخته شده است در دو نوع محیط صنعتی با ماهیت آلودگی صدای متفاوت که محیط اول صدایی با ماهیت فرکانس غالب پایین و محیط دوم با ماهیت فرکانس غالب بالا بود بر روی ۵۰ نفر مورد بررسی قرار گرفت. دو نوع از گوشی‌های مورد استفاده ساخت شرکت‌های داخلی ایران و سه نوع دیگر گوشی‌ها از شرکت سازنده خارجی بودند. قدرت کاهندگی گوشی‌ها بر مبنای روش میدانی میکروفن داخل گوش FMIRE مطابق با استاندارد ISO 11904 با استفاده از دستگاه دزیومتر مدل SV102 شرکت

ایرپلاگ‌های فلنجی (ماریچی) ۳۰٪ بیان نمود [۸،۹]. از عوامل مهم و مؤثر در اختلاف کاهندگی‌های اسمی و عملیاتی گوشی‌ها می‌توان به تفاوت در کیفیت ساخت گوشی به‌ویژه در سری‌های ساخت مختلف، میزان پوشش دهی کافی بر روی دستگاه شنوایی، ابعاد سر کاربران، مدت‌زمان انقضاء گوشی و کاهش کیفیت و عیوب در حین استفاده اشاره نمود؛ بنابراین اطلاع از روش‌های تعیین قدرت کاهندگی گوشی‌های در دسترس و در صورت امکان تعیین مقدار قدرت کاهندگی آن‌ها می‌تواند در جهت حفاظت مناسب کارگران مؤثر باشد. روش‌های استاندارد تعیین میزان کاهندگی صدای گوشی‌ها به دو گروه روش‌های عینی و ذهنی تقسیم می‌شوند [۱۰]. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش تعیین آستانه شنوایی گوش REAT مطابق با روش ۴۸۶۹ سازمان بین‌المللی استاندارد و روش میکروفن داخل گوش MIRE مطابق با روش استاندارد ۱-۱۱۹۰۴ اشاره کرد [۱۰، ۱۱]. در صورتی که استفاده از روش میکروفون داخل گوش در شرایط میدانی به کار رود به‌عنوان روش میدانی میکروفون داخل گوش FMIRE شناخته می‌شود. استاندارد ۱-۴۸۶۹ روش طلایی اندازه‌گیری کاهندگی صدای وسایل حفاظت شنوایی را در آستانه شنوایی بیان می‌کند [۱۲، ۱۳]. علیرغم کارایی بالای این روش محدودیت‌هایی نیز برای آن ذکر شده است. از جمله می‌توان به تغییرات گسترده یا همان انحراف معیار بزرگ قدرت کاهندگی اندازه‌گیری شده هر نمونه گوشی در جمعیت مورد مطالعه، خطاهای ناشی از پاسخ افراد به دستگاه ادیومتری، نیاز به افراد با شنوایی نرمال جهت انجام آزمون، نیاز به محیطی با صدای زمینه حداقل و عدم کاربرد آن در محیط واقعی اشاره کرد [۱۴]. روش ۱-۱۱۹۰۴ سازمان بین‌المللی استاندارد روش عینی میکروفن داخل گوش را بیان می‌دارد که میزان کاهندگی گوشی از تفاضل دو میکروفون دریافت صدا حاصل می‌گردد. به‌طوری‌که یکی از میکروفون‌ها داخل گوش و زیر گوشی قرار گرفته و میکروفون دوم در نزدیکی گوش شخص قرار دارد [۱۵]. در مطالعات



شکل ۱- نحوه قرار گرفتن میکروفن ها در خارج و داخل گوش در شرایط آزمون

تراز صدای ثبت شده توسط این دو میکروفن در زمان استفاده از گوشی به عنوان مقدار کاهندگی صدا NR برحسب دسی بل مشخص گردید. به منظور محاسبه دقیق کاهندگی در فرکانس های اکتاوباند فاکتور تصحیح TFOE که در مرحله اول شرایط آزمایشگاهی محاسبه گردیده بود به مقادیر NR اضافه شده و نتایج برحسب افت جایگذاری IL در یک اکتاوباند ارائه گردید. شکل ۱ چگونگی قرار گرفتن میکروفن ها در داخل و خارج گوش جهت ارزیابی قدرت کاهندگی واقعی گوشی در شرایط فعالیت کارگر در محیط کار را نشان می دهد.

همچنین در این پژوهش ارزیابی میزان دانش، نگرش و عملکرد کارگران صنایع در خصوص حفاظت شنوایی با استفاده از پرسشنامه محقق ساخت اندازه گیری گردید که سوالات آن در سه بخش تفکیک شده طراحی گردید. سوالات مربوط به بخش دانش شامل ۱۵ عدد با مقیاس اندازه گیری بله و خیر بود. بخش نگرش نیز ۱۵ سوال را شامل می شد و دارای امتیاز ۰ تا ۴ با گزینه های کاملاً مخالفم، مخالفم، نظری ندارم، موافقم، کاملاً موافقم بود که بیشترین امتیاز مربوط به این بخش ۶۰ بود؛ نهایتاً بخش

SVANTEK مجهز به مدل SV 25 قابل نصب در داخل گوش اندازه گیری گردید. پروب میکروفن به طول ۱۶ میلی متر در دهانه مجرای شنوایی فرد به طوری قرار داده می شود تا با پرده گوش فرد تماس پیدا نکند. علاوه بر این پروب دارای قسمت نگهدارنده ای است که از جابجا شدن پروب در حین آزمون پیشگیری می کند. نحوه قرارگیری میکروفن داخل گوش به همراه پروب آن به شکلی است که هیچ گونه تداخل و مزاحمتی برای قرار دادن ایرماف روی لاله گوش ایجاد نمی کند [۱۴]. با توجه به قابلیت تجزیه فرکانسی دستگاه، میزان قدرت کاهندگی گوشی های مورد مطالعه در پهنای فرکانسی یک اکتاوباند در شبکه A بررسی گردید [۱۵]. جهت انجام روش میکروفن داخل گوش در شرایط واقعی محیط با توجه به تغییرات لحظه ای صدای در مواجهه با افراد نمی توان روش تعیین شاخص افت جایگذاری IL<sup>۱</sup> را به کار گرفت. لازم به ذکر است در روش تعیین شاخص IL نیاز به منبع مرجع پیوسته صدا است که تراز فشار صدا در داخل گوش همراه با گوشی و بدون گوشی را تعیین و بر مبنای اختلاف آن ها افت جایگذاری را تعیین نمود. با این حال می توان با تعیین شاخص کاهش صدا<sup>۲</sup> NR از طریق به کارگیری دو میکروفن خارج و داخل گوش و داشتن مقدار ضریب تصحیح تابع انتقال گوش باز<sup>۳</sup> TFOE از طریق رابطه ۱ مقادیر شاخص افت جایگذاری IL در یک اکتاوباند را تعیین نمود و با مقادیر اسمی آن در شناسنامه گوشی ها مقایسه نمود [۱۴ و ۱۵].

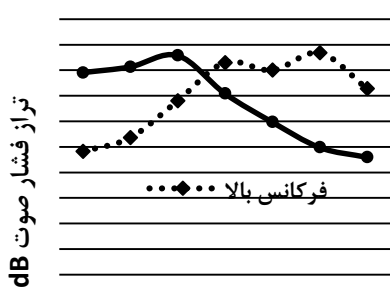
$$IL = NR + TFOE \quad (1)$$

در واقع ضریب تصحیح تابع انتقال گوش باز، مقادیر تشدید تراز صدایی است که در اثر انتقال صدا در مجرای شنوایی و عملکرد مجرا ایجاد می گردد. بر این اساس مقدار تراز صدای اندازه گرفته شده توسط میکروفن داخل گوش در زمان استفاده از گوشی به عنوان SPL<sub>1</sub> ثبت شد و سپس مقدار اندازه گرفته شده توسط میکروفن خارجی در همان زمان به عنوان SPL<sub>2</sub> ثبت گردید. تفاضل مقدار

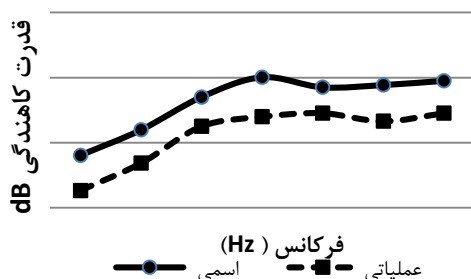
<sup>1</sup> Insertion loss

<sup>2</sup> Noise reduction

<sup>3</sup> Transfer function of the open ear



شکل ۲- تجزیه فرکانسی صدا در وضعیت پاسخ خطی در محیط‌های با ماهیت صدای متفاوت



شکل ۳- مقایسه افت جایگذاری عملیاتی و اسمی یک نمونه گوشی مورد مطالعه (مدل D) در یک اکتاوباند

میانگین قدرت کاهندگی واقعی گوشی‌های مورد بررسی در محیطی با فرکانس غالب پایین در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد مقادیر کاهندگی عملیاتی واقعی گوشی‌های مورد مطالعه در مواجهه با صدای با فرکانس غالب پایین کمتر از مقادیر کاهندگی صدای اسمی است ( $p < 0.05$ ). نتایج اندازه‌گیری کاهندگی واقعی صدای گوشی‌های مورد بررسی در محیط کار با ماهیت فرکانس غالب بالا برای گوشی‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه گردیده است. نتایج نشان داد مقادیر کاهندگی عملیاتی واقعی گوشی‌های مورد مطالعه در مواجهه با صدای با فرکانس غالب بالا بالاتر از مقادیر کاهندگی صدای اسمی است ( $p < 0.05$ ).

نتایج تاثیر الگوی زمانی استفاده از گوشی در طول نوبت کار روزانه بر قدرت کاهندگی صدای گوشی‌ها به صورت تجربی (دزیمتری داخل گوش) تعیین گردید. نمودار تجربی ارائه شده در شکل ۴ میزان قدرت کاهندگی مؤثر صدا را با در نظر گرفتن یک دوره زمانی کار برمبنای درصد زمانی استفاده از گوشی در طول

عملکرد ۱۰ سوال را به خود اختصاص داده که امتیاز آن نیز از ۰ تا ۴ و شامل گزینه‌های هرگز، به ندرت، معمولاً، اغلب اوقات و همیشه بوده و حداکثر امتیاز آن ۴۰ بود. جهت محاسبه امتیاز کل هر بخش میانگین امتیاز هر بخش بر حداکثر امتیاز آن تقسیم می‌گردد در صورتی که امتیاز بخش مورد بررسی بالاتر از ۷۰٪ باشد سطح بخش مورد نظر بالا بوده و در صورتی که پایین تر از ۷۰٪ باشد، بخش مورد نظر نیاز به بررسی و مداخله دارد [۱۶]. به منظور صحت روایی آن، ابتدا پرسشنامه توسط افراد صاحب نظر بررسی گردید. برای بررسی روایی محتوایی پرسشنامه از دو شاخص نسبی روایی محتوا<sup>۴</sup> CVR و شاخص روایی محتوا<sup>۵</sup> CVI استفاده شد که به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۹۴ بود. اطلاعات به دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS 21 مورد تحلیل قرار گرفت. سطح معنی داری آزمون ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است آزمون‌های آماری مقایسه میانگین، همبستگی پیرسون جهت تحلیل داده استفاده گردید.

## یافته‌ها

نتایج تجزیه فرکانسی صدا در وضعیت پاسخ خطی دستگاه صداسنج در دو نوع محیط صنعتی با ماهیت آلودگی صدای متفاوت که محیط اول صدایی با ماهیت فرکانس غالب پایین و محیط دوم با ماهیت فرکانس غالب بالا بود در شکل ۲ ارائه شده است. نتایج توزیع تراز فشار صدا در یک اکتاوباند محیط‌های مورد مطالعه نشان دهنده دو نوع صدا با ماهیت فرکانسی پایین (بم) و بالا (زیر) است. نتایج اندازه‌گیری افت جایگذاری یک نمونه گوشی‌های مورد بررسی در فرکانس‌های یک اکتاوباند در شرایط واقعی محیط کار در مقایسه با افت جایگذاری اسمی آن‌ها در شکل ۳ ارائه گردیده است. نتایج نشان داد مستقل از نوع صدای در مواجهه با گوشی، مقادیر افت جایگذاری عملیاتی گوشی‌ها در فرکانس‌های یک اکتاوباند کمتر از مقادیر اسمی افت جایگذاری بود. نتایج

<sup>4</sup> Content validity ratio

<sup>5</sup> Content validity index

جدول ۱- نتایج قدرت کاهندگی واقعی صدای گوشه‌های ایرماف مورد مطالعه در فرکانس غالب پایین

نوع گوشی	قدرت کاهندگی اسمی (dB)	قدرت کاهندگی واقعی (dB)		
		میانگین $\pm$ انحراف معیار	حداقل	حداکثر
سازنده داخلی	A	۲۰	۱۹/۲ $\pm$ ۴/۵	۲۳/۸
	B	۲۵	۲۱/۸ $\pm$ ۴	۲۷/۲
	C	۲۵	۲۱/۳ $\pm$ ۳/۸	۲۶/۴
سازنده خارجی	D	۲۶	۱۹/۷ $\pm$ ۳/۲	۲۵
	E	۳۰	۲۴/۹ $\pm$ ۳	۲۸/۹

جدول ۲- نتایج قدرت کاهندگی واقعی صدای گوشه‌های ایرماف مورد مطالعه در فرکانس غالب بالا

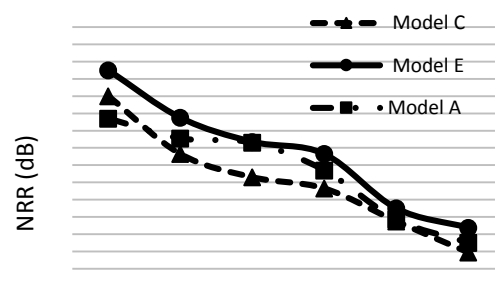
نوع گوشی	قدرت کاهندگی اسمی (dB)	قدرت کاهندگی واقعی (dB)		
		میانگین $\pm$ انحراف معیار	حداقل	حداکثر
سازنده داخلی	A	۲۰	۲۷/۱ $\pm$ ۴/۵	۳۲/۲
	B	۲۵	۲۵/۴ $\pm$ ۶/۶	۳۱/۶
	C	۲۵	۲۸/۸ $\pm$ ۴/۵	۳۲/۱
سازنده خارجی	D	۲۶	۳۰ $\pm$ ۳/۴	۳۵/۳
	E	۳۰	۳۰ $\pm$ ۱/۷	۳۱/۵

جدول ۴، نتایج نشان داد که بین شاخص‌های مذکور ضریب همبستگی قابل قبولی وجود دارد. بالا بودن امتیاز دانش همراه با بالا بودن امتیاز نگرش و همچنین امتیاز عملکرد بوده است. باین حال تنها ارتباط بین سطح دانش و عملکرد از لحاظ آماری معنی دار بوده است ( $p < 0/01$ ). لازم به ذکر است در داخل جدول ۴، اعداد خارج پرانتز ضریب همبستگی و اعداد داخل پرانتز سطح معنا دارای را نشان می‌دهد.

### بحث و نتیجه‌گیری

هدف از مطالعه حاضر تعیین میزان کاهندگی واقعی گوشه‌های رایج مورد استفاده در صنایع کشور با استفاده از روش میکروفن داخل گوش در مواجهه با آلودگی صدای واقعی محیط‌های صنعتی بود. مطابق با شکل ۳ افت جایگذاری اندازه‌گیری شده در فرکانس‌های اکتاوباند در شرایط واقعی کارگران در محیط کار در مقایسه با مقادیر افت جایگذاری اسمی متفاوت بود و مقادیر کمتری را نشان داد. از جمله دلایل مهم آن نحوه پوشش دهی<sup>۶</sup>

نوبت کاری روزانه نشان می‌دهد. در جدول ۳ امتیازات شاخص‌های دانش، نگرش و عملکرد کارگران مورد مطالعه در خصوص حفاظت شنوایی ارائه گردیده است. نتایج نشان داد بر مبنای نسبت امتیاز کسب شده به حداکثر امتیاز قابل اکتساب، شاخص‌های دانش، نگرش و عملکرد کارگران در سطح مطلوبی قرار دارد. جدول ۴ ارتباط بین نگرش، آگاهی و عملکرد کارگران در خصوص حفاظت شنوایی بر مبنای ضریب همبستگی نشان می‌دهد. مطابق با ضرایب ذکر شده در



درصد زمانی استفاده از گوشی

شکل ۴- الگوی تاثیر مدت زمان استفاده بر قدرت کاهندگی موثر صدای گوشی در طول نوبت کاری روزانه

<sup>6</sup> Individual fitting

جدول ۳- امتیازات شاخص‌های دانش، نگرش و عملکرد کارگران مورد مطالعه در خصوص حفاظت شنوایی

شاخص	امتیاز محاسبه شده		امتیاز قابل اکتساب		نسبت امتیاز کسب شده / حداکثر امتیاز قابل اکتساب
	تعداد	میانگین $\pm$ انحراف معیار	حداقل	حداکثر	
دانش	۵۰	۱۰/۶ $\pm$ ۲/۰۶	۷	۱۵	۷۰٪
نگرش	۵۰	۴۲/۱ $\pm$ ۴/۶	۳۳	۵۳	۷۰٪
عملکرد	۵۰	۲۶/۳ $\pm$ ۱۰/۰۵	۶	۴۰	۶۵٪

جدول ۴- ضریب همبستگی بین شاخص‌های نگرش، آگاهی و عملکرد کارگران در خصوص حفاظت شنوایی

شاخص	دانش	نگرش	عملکرد
دانش	۱	۰/۲۲۴ (۰/۱۳)	۰/۴۷ (۰/۰۰۱)
نگرش	۰/۲۲۴ (۰/۱۳)	۱	۰/۱۶۳ (۰/۲۲)
عملکرد	۰/۴۷ (۰/۰۰۱)	۰/۱۶۳ (۰/۲۲)	۱

تحت تاثیر قرار گرفته است.

نتایج حاصل از تعیین قدرت کاهندگی واقعی گوش‌ها در محیط کار در مواجهه با صدای فرکانس غالب پایین نشان داد که بین مقدار کاهندگی اسمی و عملیاتی گوش‌ها اختلاف معنی دار وجود دارد و مقادیر کاهندگی واقعی کمتر از مقادیر کاهندگی اسمی است. مطابق با جدول ۲، نتایج حاصل از تعیین قدرت کاهندگی واقعی گوش‌ها در محیط کار در مواجهه با صدای فرکانس غالب بالا نشان داد که بین مقدار کاهندگی اسمی و عملیاتی گوش‌ها اختلاف معنی دار وجود دارد به طوری که مقادیر کاهندگی واقعی بالاتر از مقادیر کاهندگی اسمی است. لازم به یاد آوری جهت تعیین مقادیر کاهندگی اسمی گوش‌ها مطابق با روش REAT گوش‌ها در معرض صدای مرجع صورتی قرار می‌گیرد. در حالی که در محیط واقعی گوش‌ها با یک کارایی آکوستیکی مشخص در معرض صداهای با ماهیت فرکانسی متفاوت قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه افت انتقال صدا مواد آکوستیکی در فرکانس‌های بالا بیشتر است بنابراین مواد آکوستیکی فنجانک گوش‌ها در معرض صدای با فرکانس غالب بالا از خود کارایی بیشتری را نشان می‌دهند و در نتیجه قدرت کاهندگی صدا گوش‌ها در معرض صدای با فرکانس بالا بیشتر است. بنابراین مقادیر کاهندگی اسمی گوش‌ها با فرکانس پایین خواهد بود؛ بنابراین نتایج مطالعه تایید نمود که ماهیت فرکانسی صدای محیط در

گوشی بر روی گوش کارگران و همچنین جنبه‌های ارگونومیک ابعاد و سایز گوشی متناسب با گوش کارگران و کیفیت ساخت گوشی‌های در دسترس در محیط‌های کار ذکر نمود. در برخی موارد کیفیت ساخت و مواد بکار رفته در نمونه‌هایی از گوشی‌های در دسترس با نمونه‌های اصلی شرکت سازنده متفاوت است. علاوه بر این پوشش دهی ناکافی گوشی روی گوش در حین کار منجر به نشت صدا به خصوص در فرکانس‌های پایین می‌گردد. با این حال دلیل دیگر قابل ذکر در روش اندازه‌گیری افت جایگذاری اسمی است. در روش ذهنی REAT که نتایج ارائه شده توسط سازنده بر این اساس است عمدتاً به دلیل اثرات فیزیولوژیکی در حین انجام شنوایی سنجی و تعیین حد آستانه درک، بیش برآورد<sup>۷</sup> افت جایگذاری به خصوص در فرکانس‌های پایین رخ می‌دهد [۱۷ و ۱۸]. همچنین نتایج نشان داد که میزان کاهندگی گوش‌های مورد مطالعه در فرکانس‌های پایین بسیار کمتر از مقدار کاهندگی اسمی سازنده است. همان طور که ذکر شد از علل مهم و کلیدی آن می‌توان به عدم پوشش دهی کافی گوشی بر روی گوش کاربران در شرایط واقعی استفاده اشاره نمود که باعث نشت صدا به داخل گوش می‌گردد. صدا در فرکانس‌های پایین نیز پتانسیل بیشتری برای انتقال از منافذ و راه‌های نشت دارد، بنابراین قدرت کاهندگی گوش‌ها در این فرکانس‌ها

<sup>7</sup> Overestimate

قدرت کاهندگی صدا و عملکرد آکوستیکی گوشی‌ها تاثیر بسزایی داشته دارد.

مطالعات محققین نیز در راستای نتایج مطالعه حاضر بوده است. در مطالعه ای که توسط Nelisse انجام گردید مشخص شد که ارتباط ضعیفی بین مقادیر کاهندگی بدست آمده با استفاده از روش REAT و MIRE برای انواع مختلف وسایل حفاظت شنوایی وجود دارد [۱۹]. Guffery در سال ۲۰۰۹ نیز نشان داد در صورتی که یک گوشی با کاهندگی اسمی ۳۰ دسی بل در محیطی با صدای فرکانس پایین استفاده گردد، میزان کاهندگی عملیاتی به ۲۱/۹ دسی بل کاهش می یابد و در صورتی که همان گوشی برای محیطی با صدای فرکانس بالا استفاده گردد کاهندگی آن به ۳۷ دسی بل افزایش می یابد [۲۰]. در مطالعه ای که توسط Nelisse با استفاده از روش FMIRE انجام گردید ۲۳ مدل گوشی در مجاورت ۲۰ منبع صنعتی مختلف صدا در ۸ شرکت بررسی شد و نتایج نشان داد که مقدار کاهندگی بدست آمده برای تمام گوشی‌ها کمتر از مقدار اسمی آن‌ها می باشد [۲۱].

همان طور که ذکر گردید مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا، میزان کاهندگی مؤثر صدای گوشی‌های ایرماف را ۵۰٪ از مقدار اسمی و انستیتوی ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا ۷۵٪ از مقدار اسمی پیشنهاد داده اند [۹ و ۸]. در مطالعه حاضر مطابق با شکل ۳ مشاهده شد نتایج افت جایگذاری صدای گوشی‌ها تنها با مقدار ۷۵٪ توصیه انستیتوی ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا مشابهت دارد.

در این مطالعه نتایج نشان داد مدت زمان استفاده از گوشی در طول نوبت کار بر روی میزان کاهندگی مؤثر روزانه صدای گوشی‌ها تاثیر بسزایی دارد. بررسی‌ها نشان داد کاهندگی واقعی گوشی‌ها مربوط به شرایطی است که کارگر در طول نوبت کاری و در معرض صدا به طور کامل از گوشی استفاده کند ولیکن حفاظت مؤثر روزانه آن در صورتی که حتی برای مدت زمان کوتاهی بدون گوشی فعالیت کند، به طور اساسی کاهش می یابد؛ در مطالعه ای که Berger انجام داد به این نتیجه دست

یافت که برای یک وسیله حفاظت شنوایی با میزان کاهندگی اسمی ۲۵ دسی بل در صورتی که کارگر برای ۱۵ دقیقه در طول نوبت کاری ۸ ساعته از گوشی استفاده نکند میزان کاهندگی آن به ۲۰ دسی بل کاهش می یابد [۶]. براین اساس می توان گفت گوشی حفاظتی دارای عملکرد بهتری است که بطور مداوم در طول مواجهه با صدا بدون ایجاد ناراحتی مورد استفاده قرار گیرد. البته موضوع قابلیت فهم گفتار نیز از عوامل مؤثر بر استفاده از گوشی‌ها بطور متناوب و نامنظم است. ارزیابی دانش، نگرش و عملکرد کارکنان صنایع در خصوص حفاظت شنوایی نشان داد که میزان دانش، نگرش آن‌ها نسبت به عملکرد امتیاز مطلوب تری داشته است. در واقع می توان بیان داشت که آگاهی بالای کارکنان و نگرش مطلوب آن‌ها نسبت حفاظت شنوایی همیشه با انجام رفتار درست آنان استفاده صحیح از وسایل حفاظت شنوایی همراه نمی باشد؛ که نتایج این بخش از پژوهش با نتایج حاصل از مطالعه محمود شمسی و همکارانش که در سال ۱۳۹۲ با هدف سنجش نگرش و رفتار کارکنان ایستگاه های در حال ساخت مترو در شهر اصفهان در زمینه استفاده از وسایل ایمنی و حفاظت فردی انجام گرفت، همخوانی داشت [۲۲]. عدم کیفیت مناسب وسایل حفاظت شنوایی، ایجاد محدودیت‌هایی برای انجام کار، عدم راحتی کاربری آن از جمله دلایلی است که علیرغم وجود آگاهی و نگرش کافی می تواند منجر به عدم استفاده از این وسایل به طور صحیح گردد. مطالعه Kavana نیز در سال ۲۰۱۲ باهدف ارزیابی دانش، نگرش و رفتار پلیس‌های ترافیک در خصوص وسایل حفاظت فردی نشان داد که اکثر پلیس‌های ترافیک هیچ وسیله حفاظتی استفاده نمی کنند و از جمله دلایل آن‌ها عدم مقبولیت و دسترسی وسایل حفاظت فردی و همچنین نداشتن آموزش کافی در این زمینه گزارش شد [۲۳].

مستقل از نوع صدای در مواجهه، مقادیر افت جایگذاری واقعی گوشی‌ها در فرکانس‌های یک اکتاو باند کمتر از مقادیر اسمی افت جایگذاری بود. نتایج افت جایگذاری واقعی صدای گوشی‌های مورد مطالعه تقریباً ۷۵٪ مقدار افت جایگذاری اسمی ارائه

Communication headset use and noise measurement in the workplace. Canadian Acoustics. 2012;40 (3):134-5.

3. Arezes PM, Miguel AS. Hearing protectors acceptability in noisy environments. Ann Occup Hyg. 2002;46(6):531-6.

4. Richard A, Sebrina S, Noah S. Variability of real-world hearing protector attenuation measurements. Ann Occup Hyg. 2006;50:679-91.

5. Alam N, Sinha V, Jalvi R, Suryanarayan A, Gurnani D, Barot D. Comparative study of attenuation measurement of hearing protection devices by real ear attenuation at threshold method. Indian Journal of Otolaryngology. 2013;19(3):127-31.

6. Berger EH. The Noise Manual: American Industrial Hygiene Association. 2003:434-60.

7. Abe SM, Sass-Kortsak A, Kielar A. The effect on earmuff attenuation of other safety gear worn in combination. Noise and Health. 2002; 5(17):1.

8. Williams R. Hearing Protectors: Don't rely on labeled NRRs for performance adequacy. Retrieved from TK GROUP INC: <http://www.google.com/Url>. 2008:1-4.

9. Zera J, Mlynski R. Determination of earmuff transmittance with the use of mire technique and with artificial test fixtures. 20 th International Congress on Acoustics, Sydney, Australia; 2010.

10. Kusy A, Chatillon J. Real-World attenuation of custom-moulded earplugs: results from industrial in situ f-mire measurements. Applied Acoustics. 2012;73:639-47.

11. Kabe I, Kochi T, Tsuruoka H, Tonegawa T, Denda I, Nonogi M. Noise attenuation of earplugs as measured by hreat and f-mire methods in a Japanese metal manufacturing plant. Journal of Occupational Health. 2012;54:310-45.

12. ISO 4869-1: Acoustics -Hearing protectors - Part 1: Subjective method for the measurement of sound attenuation. Geneva; 1990.

13. ISO 4869-2: Acoustics -Hearing Protectors - Part 2: Estimation of effective a weighted sound pressure levels when hearing protectors are worn. Geneva; 1994.

14. De Almeida-Agurto D, Gerges SN, Arenas JP. MIRE-II methodology applied to measuring the noise attenuation of earmuff hearing protectors. Applied Acoustics. 2011;72(7):451-7.

15. ISO 11904-1: Acoustics - Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear -Part 1: Technique using a microphone in a real ear (MIRE Technique). Geneva; 2002.

16. World Health Organization (WHO).

شده توسط سازنده بود. علاوه بر این ماهیت فرکانسی صدای در مواجهه بر مقدار کاهندگی کل عملیاتی صدای قابل حصول از گوشی‌ها بسیار تاثیر گذار است. از این رو داشتن اطلاعات تجزیه فرکانسی تراز صدای محیط برای انتخاب و ارزیابی عملکرد گوشی‌های حفاظتی بسیار حیاتی است. نتایج تاکید نمود اگر کارگران در حین نوبت کاری به طور متناوب از گوشی استفاده نمایند میزان کارایی گوشی از مقادیر تعیین شده نیز پایین تر خواهد بود. با توجه به سطح دانش، نگرش و عملکرد کارگران که در سطح قابل قبولی قرار داشت، می‌تواند در استفاده مداوم و صحیح از گوشی و افزایش اثربخشی برنامه حفاظت شنوایی مؤثر باشد. در نهایت سایر دستاورد های مهم این مطالعه شامل موارد زیر بود. (۱) الگوی اختلاف بین قدرت کاهندگی واقعی و قدرت کاهندگی اسمی مشخص گردید. این اطلاعات می‌تواند به متخصصین بهداشت حرفه ای جهت بکارگیری یک برنامه حفاظت شنوایی مؤثر کمک نماید. (۲) روش میدانی میکروفن داخل گوش به‌عنوان یک روش کاربردی در این مطالعه به کار گرفته شد که به طور مطلوب و با محدودیت های کمتر میزان کاهندگی واقعی گوشی‌ها را در شرایط میدانی تعیین نمود.

## تقدیر و تشکر

این مقاله بخشی از پایان نامه تحقیقاتی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت حرفه ای به شماره ۹۴۰۳۱۹۱۴۴۰ می‌باشد و توسط معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان مورد حمایت قرار گرفته است که بدین وسیله از حمایت های ایشان تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

1. Neitzel R, Somers S, Seixas N. Variability of real-world hearing protector attenuation measurements. Ann Occup Hyg. 2006;50(7):679-91.
2. Nassrallah F, Giguere C, Dajani HR.





Communication and social mobilization for tb control: a guide to developing knowledge, attitude and practice surveys. WHO Press; 2008.

17. Nelisse H, Lecocq C, Boutin J, Voix J, Laville F. Systematic evaluation of the relationship between subjective and objective measurement methods of hearing protector devices attenuation. *Euro Noise*, 2015:1-6.

18. Clork JS. Noise attenuation and communication enhancement characteristics of the uscg boat crew communication system. West Virginia University; 2008.

19. Hugues N, Marc-Andre G, Jerme. B, Jeremie V, Frederic L. Measurement of hearing protection devices performance in the workplace during full-shift working operations. *Ann Occup Hyg*. 2012;56:221-32.

20. Paulo H, Trombetta ZG. Effects of cup, cushion, headband force, and foam lining on the attenuation of an earmuff. *International Journal Of Industrial Ergonomics*. 2006;36:165-70.

21. Hsu YL, Huang CC, Yo CY, Chen CJ, Lien CM. Comfort evaluation of hearing protection. *International Journal Of Industrial Ergonomics*. 2004;33(6):543-51.

22. Shamsi M, Shams M, Tabatabaei AN. Study of attitude and behaviors related to using personal protective equipment in employees of constructing subway stations in Esfahan, Iran. *Iran Occupational Health*. 2013;10(3):1-9.

23. Kavana G.V, Vinutha S. Assessment of knowledge, attitude and practices of traffic policemen regarding the auditory effects of noise. *Indian J Physiol Pharmacol*. 2012;56(1):69-73.

## Evaluation of noise reduction rating of current earmuffs based on field microphone in real ear (FMIRE) in workplaces

Azam Biabani<sup>1</sup>, Mohsen Aliabadi\*<sup>2</sup>, Rostam Golmohammadi<sup>3</sup>, Maryam Farhadian<sup>4</sup>, Reza Shahidi<sup>5</sup>

Received: 2016/06/09

Revised: 2016/10/13

Accepted: 2016/11/15

### Abstract

**Background and aims:** Nominal noise reduction rating of the earmuff manufacturers can be different compared with the actual noise attenuation rating. The current study aimed to determine the actual noise reduction rate of current hearing protection devices in the real workplaces using a field microphone in real ear method (FMIRE).

**Methods:** In this cross-sectional study, five common earmuffs were studied in both industrial environments with different noise nature on the 50 workers who were selected randomly. Noise reduction ratings of ear muffs were measured based on the ISO 11904 standard, microphone in real ear method, using noise dosimeter (SVANTEK, model SV 102) equipped with a microphone SV 25 model which can install inside the ear. In addition, the knowledge, attitudes and performance of employees about hearing protection were assessed by the developed questionnaire. Data were analyzed through SPSS v.21.

**Results:** Independent of the type of noise exposure, actual insertion loss values for ear muffs in one octave-band frequency was less than the nominal insertion loss values. Actual noise reduction rates of the earmuffs in the exposed of dominant noise low frequency are less than the nominal reduction rates ( $p < 0.05$ ). Actual noise reduction ratings of the earmuffs in the exposed of the high-frequency noise were above the nominal noise reduction ratings which its differences are not statistically significant ( $p < 0.05$ ). The workers' knowledge, attitudes and performance index about hearing protection was within acceptable level.

**Conclusion:** The frequency nature of ambient noise is very impressive on the actual noise reduction rates received from earmuffs. Therefore, data about the frequency analysis of ambient noise is key ingredient when selecting hearing protectors in any workplaces. FMIRE could facilitate rapid and simple measurement of the actual acoustic performance of earmuffs in real conditions of industrial environments.

**Keywords:** Hearing protection devices, Field microphone in real ear, Noise reduction rating, Insertion loss.

1. MSc student, Department of Occupational Hygiene, School of Public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

2. (**Corresponding author** Center of Excellence for Occupational Health, Occupational Health and Safety Research Center, School of Public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir

3. Department of Occupational Hygiene, School of Public health and Researches Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

4. Department of Biostatistics, School of Public health and Researches Center for Health sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

5. PhD student, Department of Occupational Hygiene, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.