



بررسی میزان کاهندگی صدای وسایل حفاظت شنوایی بر مبنای روش میکروفن داخل گوش MIRE در شرایط آزمایشگاهی

اعظم بیابانی^۱، محسن علی آبادی^{۲*}، رستم گلمحمدی^۳

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

^۲ استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

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

نویسنده مسئول: محسن علی آبادی، استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. ایمیل: Mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir

DOI: 10.21859/joe-040249

چکیده

مقدمه: میزان کاهندگی صدای اسمی شرکت‌های سازنده می‌تواند در مقایسه با میزان کاهندگی واقعی آنها متفاوت باشد. مطالعه حاضر باهدف تعیین قدرت کاهندگی صدای واقعی گوشی‌های حفاظتی رایج در کشور انجام گردید.

روش کار: در این مطالعه پنج مدل گوشی ایرماف مورد استفاده در صنایع کشور، در شرایط آزمایشگاهی بر روی ۳۰ نفر بررسی گردید. قدرت کاهندگی گوشی‌ها بر مبنای روش میکروفن داخل گوش MIRE طبق استاندارد ISO ۱۱۹۰۴ توسط دستگاه دزیمتر مدل SV102 شرکت SVANTEK مجهز به میکروفن مدل SV ۲۵ اندازه‌گیری گردید. ارزیابی راحتی گوشی‌ها نیز توسط پرسشنامه محقق ساخت تعیین گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد میزان کاهندگی واقعی گوشی‌های مورد مطالعه بین ۴۹٪ الی ۸۶٪ کاهندگی اسمی قرار دارد. علاوه بر این میزان افت جایگذاری گوشی‌ها در فرکانس‌های پایین بسیار ناچیز تعیین گردید. میزان کارایی گوشی‌ها بر مبنای نوع شرکت‌های سازنده اختلاف معنی داری نداشت ($P > 0/05$). گوشی‌های مورد مطالعه بر مبنای امتیاز شاخص راحتی نیز در محدوده مطلوب قرار داشت. قدرت کاهندگی گوشی‌های مختلف از یک مدل نیز اختلاف معنی داری نداشت ($P > 0/05$).

نتیجه‌گیری: استفاده نامنظم از گوشی حفاظتی میزان کاهندگی واقعی را از حداقل‌های تعیین شده در این مطالعه نیز پایین‌تر خواهد برد. آموزش و نظارت کافی در خصوص استفاده از گوشی می‌تواند بر پوشش دهی مناسب گوشی و افزایش میزان کاهندگی واقعی تأثیر گذار باشد.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۲۹

واژگان کلیدی:

وسایل حفاظت شنوایی

میکروفن داخل گوش

میزان کاهندگی صدا

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

مقدمه

امکان پذیر و یا مقرون به صرفه نمی‌باشد. بنابراین استفاده از وسایل حفاظت شنوایی به عنوان راه حل موقت و مکمل می‌تواند کارگران در مواجهه با صدا را حفاظت نماید. اگرچه استفاده از وسایل حفاظتی می‌بایست به عنوان یک برنامه موقت در نظر گرفته شود، با این حال در محیط‌های صنعتی کشور به دلایل متعدد اقتصادی و اجتماعی در بیشتر مواقع به عنوان یک راه حل دائمی محسوب می‌گردد [۵]. وسایل حفاظت شنوایی به دو دسته گوشی‌های ایرماف (ear muf) و ایرپلاگ (ear plug) تقسیم می‌شوند [۶]. عوامل متعددی بر انتخاب و کارایی وسایل حفاظت شنوایی تأثیر گذار هستند که از آن جمله می‌توان به قدرت کاهندگی گوشی‌ها، راحتی استفاده آنها و بودجه در دسترس اشاره کرد. از جمله

مواجهه شغلی با آلودگی صدای صنعتی از عوامل مهم ایجاد افت شنوایی حسی عصبی دائم در کارگران شاغل در محیط‌های کاری است [۱]. افت شنوایی در سطح دنیا به عنوان یکی از مهم‌ترین عوارض شغلی است که دائمی بوده و در اثر مواجهه مداوم با صدای بیش از حد ایجاد می‌گردد [۲، ۳]. باتوجه به اهمیت اثرات بهداشتی ناشی از صدا اجرای برنامه حفاظت شنوایی جامع می‌تواند در پیشگیری از بروز این عوارض مؤثر باشد. در قالب برنامه حفاظت شنوایی کنترل مهندسی یا کاهش صدا در منبع به عنوان مؤثرترین روش محسوب می‌گردد [۴]. در بسیاری از محیط‌های صنعتی مانند صنایع نفت یا پتروشیمی کاهش و کنترل فنی صدا در کوتاه مدت

گوشی از تفاضل دو میکروفون دریافت صدا حاصل می‌گردد. به طوری که یکی از میکروفون‌ها داخل گوش و زیر گوشی قرار گرفته و میکروفون دوم در نزدیکی گوش شخص قرار دارد [۱۴]. در این روش فرد در محیطی با صدای زمینه حداقلی در مواجهه با تراز صدای تولید شده بلندگو با ماهیت صدای صورتی قرار می‌گیرد. نتایج قدرت کاهندگی در این روش مبتنی بر پاسخ یک یا دو میکروفون است که در مجرای گوش فرد قرار می‌گیرد. روش اول کاربرد الگوی افت جایگذاری (Insertion Loss) IL است که کاهندگی ایجاد شده توسط گوشی حفاظتی برابر با اختلاف بین تراز فشار صوت در کانال گوش همراه با گوشی و بدون گوشی در فرکانس‌های یک اکتاو باند است. روش دوم کاربرد الگوی کاهش صدا (Noise Reduction) NR است که قدرت کاهندگی برابر با اختلاف بین تراز فشار صوت اندازه گیری شده بطور همزمان در حین استفاده از گوشی توسط میکروفون داخلی و خارجی است [۱۳]. از تفاضل مقادیر IL و NR می‌توان ضریب تصحیح تابع انتقال گوش باز (TFOE) (Transfer Function of the Open Ear) را تعیین نمود که به صورت $IL = NR + TFOE$ بیان می‌گردد [۱۵، ۱]. ضریب تصحیح تابع انتقال گوش باز مقادیر تشدید تراز صدایی است که در اثر انتقال صدا در مجرای شنوایی و عملکرد مجرا ایجاد می‌گردد. کاربرد ضریب تصحیح تابع انتقال گوش باز برای تعیین کاهندگی عملیاتی صدای گوشی‌ها در محیط واقعی کار می‌باشد. در این راستا در محیط واقعی تنها امکان اندازه گیری مقادیر NR وجود دارد که با اضافه شدن به مقادیر TFOE مقادیر افت جایگذاری IL تعیین می‌گردد. در مطالعات 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 [۷].

میزان کارایی واقعی مورد انتظار از وسایل حفاظت شنوایی از چالش‌های مهم کارشناسان بهداشت حرفه‌ای صنایع جهت قضاوت در خصوص سطح مواجهه شغلی کارگران با صدا محسوب می‌گردد. در سال ۱۹۸۳ مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (Occupational Safety and Health Administration) OSHA میزان کاهندگی مؤثر صدای گوشی‌ها را ۵۰٪ از مقدار برچسب زده شده NRR توصیه نمود که به منظور تعیین کفایت حفاظت شنوایی مدنظر قرار گیرد [۱۶]. در سال ۱۹۹۸ انستیتوی ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا (National Institute of Occupational Safety and Health) NIOSH درصد پیشنهاد شده برای نسبت میزان

خصوصیات اصلی گوشی‌های حفاظتی میزان کاهندگی صدای NRR (Noise Reduction Rate) است که یک شاخص مهم برای بیان کارایی حفاظتی بدون توجه به نوع و تراز فشار صدای محیط می‌باشد که توسط سازمان‌های بین‌المللی استاندارد و انستیتوی ملی استاندارد آمریکا (ANSI American National Standards Institute) مورد پذیرش قرار گرفته است [۱]. مطالعات نشان می‌دهد میزان قدرت کاهندگی اسمی ارائه شده توسط شرکت‌های سازنده معمولاً در مقایسه با میزان کاهندگی واقعی آنها متفاوت می‌باشد [۷، ۸]. از عوامل مهم در اختلاف کاهندگی‌های اسمی و واقعی گوشی‌ها می‌توان به تفاوت در کیفیت ساخت گوشی به ویژه در سری‌های ساخت مختلف، میزان پوشش دهی کافی (Fitting) بر روی سیستم شنوایی و ابعاد سر کاربر اشاره نمود. امروزه بسیاری از شرکت‌های سازنده داخلی و خارجی اقدام به تولید گوشی‌های حفاظتی نموده‌اند [۶]. بنابراین اطلاع از روش‌های تعیین قدرت کاهندگی گوش‌های در دسترس و در صورت امکان تعیین مقدار قدرت کاهندگی آن‌ها می‌تواند در جهت حفاظت دهی مناسب کارگران مؤثر باشد. روش‌های استاندارد تعیین میزان کاهندگی صدای گوشی‌ها به دو گروه روش‌های عینی و ذهنی تقسیم می‌شوند [۹]. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش تعیین آستانه شنوایی گوش REAT (Real-Ear-at-Threshold) مطابق با روش ۴۸۶۹ سازمان بین‌المللی استاندارد و روش میکروفن داخل گوش (Microphone-in-Real-Ear) MIRE مطابق با استاندارد ۱-۱۱۹۰۴ اشاره کرد [۶، ۹، ۱۰]. استاندارد ۱-۴۸۶۹ روش طلایی اندازه گیری کاهندگی صدای وسایل حفاظت شنوایی را در آستانه شنوایی بیان می‌کند [۱۱]. در این روش با استفاده از دستگاه ادیومتر و سنجش آستانه شنوایی تعدادی افراد با شنوایی نرمال در معرض یک صدای مرجع همراه با گوشی حفاظتی و بدون گوشی میانگین کاهندگی صدا گوشی در جمعیت مورد مطالعه تعیین می‌گردد و مقادیر کاهندگی صدای تعیین شده توسط سازنده روی گوشی‌ها درج می‌شود [۱۱، ۱۲]. علیرغم کارایی بالای این روش محدودیت‌هایی نیز برای آن ذکر شده است؛ یافتن افراد داوطلب با شنوایی طبیعی یکی از مشکلات اصلی برای انجام آزمون REAT می‌باشد. از دیگر مشکلات آن می‌توان به انحراف معیار بزرگ قدرت کاهندگی اندازه گیری شده هر نمونه گوشی در جمعیت مورد مطالعه، خطاهای ناشی از پاسخ افراد به دستگاه ادیومتر و نیاز به محیطی با صدای زمینه حداقل اشاره کرد [۱۳].

روش ۱-۱۱۹۰۴ سازمان بین‌المللی استاندارد روش عینی میکروفن داخل گوش را بیان می‌دارد که میزان کاهندگی

روش میکروفن داخل گوش MIRE مطابق با استاندارد ISO ۱۱۹۰۴ با استفاده از دستگاه دزیمتر مدل SV۱۰۲ شرکت SVANTEK مجهز به مدل SV ۲۵ قابل نصب در داخل گوش اندازه گیری گردید. مطابق با روش استاندارد تولید صدا در محیط با استفاده از یک بلندگو و از صدای صوتی Pink Noise با تراز صدای ۸۵ دسی بل استفاده گردید [۱۸، ۱۹]. مقدار تراز صدای اندازه گرفته شده توسط میکروفن داخل گوش در زمان عدم استفاده از گوشی به عنوان SPL₁ ثبت شد و سپس مقدار اندازه گرفته شده توسط همان میکروفن بعد از قرار گرفتن گوشی روی گوش به عنوان SPL₂ ثبت گردید. تفاضل این دو بیان کننده میزان کاهندگی واقعی گوشی بود که تحت عنوان افت جایگذاری IL برحسب دسی بل بیان می گردید. همچنین تفاضل مقدار تراز صدای ثبت شده توسط میکروفن داخلی و خارجی در زمان استفاده از گوشی به عنوان مقدار کاهندگی صدا NR برحسب دسی بل مشخص گردید. فاکتور تصحیح TFOE نیز از تفاضل این دو پارامتر محاسبه گردید. با توجه به قابلیت تجزیه فرکانسی دستگاه، میزان قدرت کاهندگی گوشی های مورد مطالعه در پهنای فرکانسی یک اکتاو باند در شبکه A بررسی گردید. بنابراین براساس مقادیر افت جایگذاری IL در فرکانس های مختلف، مطابق با استاندارد ۲-۴۸۶۹ مقدار NRR در شرایط آزمایشگاهی برای هر نمونه روی گوش افراد تعیین گردید. لازم به ذکر است اصطلاح معمول برای مقدار NRR تعیین شده برای هر فرد، قدرت کاهندگی فردی PAR (Personal Attenuation Rate) می باشد. تصویر ۱ چگونگی قرار گرفتن میکروفن ها در خارج و داخل گوش و شرایط آزمایش را نشان می دهد. همچنین در تصویر ۲ نحوه نصب میکروفن داخل گوش مدل SV ۲۵ در داخل گوش کاربر نشان داده شده است.



تصویر ۱: نحوه استقرار میکروفن های دزیمتر مدل SV102 در داخل و خارج گوش در حین آزمایش

کاهندگی واقعی به میزان کاهندگی اسمی ارائه شده توسط سازنده رابرای ایرماف ها ۷۵٪ بیان نمود [۱۶، ۱۷]. از جمله خصوصیات مهم در انتخاب گوشی حفاظتی راحتی کاربری آن می باشد. اگرچه راحتی ممکن است در نگاه اول به عنوان یک نیاز ثانویه شناخته شده باشد اما باید توجه کرد که اگر کارگر در استفاده از گوشی احساس راحتی نداشته باشد بر نحوه استفاده و مدت زمان استفاده آن تأثیر مستقیم دارد [۱۵]. علاوه بر این کاهندگی صدای گوشی ها ممکن است در زمان استفاده از برخی وسایل حفاظتی تنفسی یا عینک های حفاظتی تغییر کنند و در واقع استفاده از این ابزار حفاظتی اطراف سر می تواند مانعی در حفاظت شنوایی فراهم شده توسط ایرماف ها باشد [۸]. مطالعات مختلفی در این زمینه انجام گرفته است که می توان به مطالعه Williams در سال ۲۰۰۸ اشاره کرد که بیان داشته در اکثر مواقع مقدار NRR برای وسایل حفاظت شنوایی به طور مشخصی کمتر از میزان برچسب زده شده است [۱۸]. در مطالعه مشابه Neitzel و همکاران در سال ۲۰۰۶ کاهندگی دو مدل ایرپلاگ را بر روی ۲۰ کارگر توسط دو روش REAT و MIRE مقایسه کردند؛ سطوح PAR اندازه گیری شده با استفاده از روش MIRE نسبت به روش REAT برای هردو ایرپلاگ پایین تر بود. نتایج نشان داد که مقدار این اختلافات از ۸/۸ دسی بل تا ۱۳/۵ دسی بل متغیر بود [۱۹]. با توجه به سطح آموزش کارگران در استفاده صحیح از وسایل حفاظتی و کیفیت گوشی های حفاظتی موجود در سطح کشور، ابهامات فراوانی در خصوص میزان کارایی واقعی گوشی ها در مقایسه با قدرت کاهندگی اسمی وجود دارد و مطالعه نظام یافته ای در این خصوص انجام نگرفته است. لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی میزان کاهندگی واقعی صدای وسایل حفاظت شنوایی رایج در صنایع مختلف سطح کشور با استفاده از روش میکروفن داخل گوش به عنوان روشی استاندارد و کاربردی در زمان استفاده آن ها می باشد. همچنین در مطالعه حاضر جنبه های مرتبط با راحتی گوشی توسط پرسشنامه ارزیابی راحتی تعیین می گردد.

روش کار

در این مطالعه توصیفی تحلیلی مقطعی پنج مدل گوشی ایرماف رایج که در صنایع کشور شناخته شده است در شرایط آزمایشگاهی بر روی ۳۰ نفر مورد بررسی قرار گرفت. از هر نمونه گوشی ۳ عدد و در مجموع ۱۵ نمونه گوشی مورد مطالعه قرار گرفت. ۲ نوع از گوشی های مورد استفاده ساخت شرکت های داخلی ایران و ۳ نوع دیگر گوشی ها از شرکت سازنده خارجی بودند. قدرت کاهندگی گوشی ها بر مبنای

توسط فرد درک می‌گردید به هر سوال نمره‌ای بین غیرقابل قبول، ضعیف، خوب و عالی تعلق می‌گرفت. نمره کل شاخص راحتی بین ۰ الی ۳۰ قرار داشت. در جدول ۱ پرسشنامه ارزیابی راحتی و نحوه امتیاز بندی شاخص راحتی گوشی ارائه شده است. برای بررسی روایی محتوایی پرسشنامه از دو ضریب نسبی روایی محتوا (CVR (Content Validity ratio) و شاخص روایی محتوا (CVI (Content Validity ratio) استفاده شد که به ترتیب ۰/۸ و ۰/۹۴ بود. جهت ارزیابی قابلیت اعتماد یا پایایی پرسشنامه، ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شد که برابر ۰/۸۷ تعیین گردید. اطلاعات به دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS 18 مورد تحلیل قرار گرفت. آزمون‌های مقایسه میانگین در این مطالعه بعنوان آزمون‌های آماری جهت تحلیل داده‌ها استفاده شد. سطح معنی داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج میانگین قدرت کاهندگی گوشی‌ها به تفکیک سازنده داخلی و خارجی که بر روی ۳۰ نفر به عنوان حجم نمونه آزمایش گردید در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است هر مدل گوشی بر روی ۳۰ نفر مورد آزمون قرار گرفته است. نتایج نشان داد نسبت میانگین کاهندگی واقعی صدای گوشی‌ها به کاهندگی اسمی در محدوده بین ۴۹٪ الی ۸۶٪ قرار دارد. حداقل میزان کاهندگی صدای گوشی‌های مورد مطالعه کمتر از ۱۰ (dB) است که با مقادیر کاهندگی اسمی بسیار فاصله دارد. گوشی مدل A و B که از سازنده داخلی بوده است به ترتیب دارای بیشترین و کمترین کارایی در مقایسه با کاهندگی اسمی می‌باشد.



تصویر ۲: نحوه نصب میکروفن داخل گوش مدل SV 25 در داخل گوش کاربر (شرکت BSWA)

همچنین جهت بررسی تأثیر وسایل ایمنی اطراف سر بر کارایی گوشی‌ها، یک مدل عینک ایمنی رایج با پهنای دسته یک سانتی متری مورد مطالعه قرار گرفت. ابتدا میزان کاهندگی گوشی در زمان عدم استفاده از عینک حفاظتی مطابق روش شرح داده شده محاسبه شد و سپس کاهندگی آن در زمان استفاده از عینک نیز مشخص گردید. برای اطمینان از پایایی این بررسی میانگین ۳ مرتبه اندازه گیری به عنوان کاهندگی ثبت گردید. همچنین ارزیابی راحتی کاربری گوشی‌ها با استفاده از پرسشنامه محقق ساخت اندازه گیری گردید که پارامترهای تاثیرگذار روی راحتی شناسایی شده و به صورت جدول ۱ طراحی گردید [۲]. چهار مؤلفه اصلی این پرسشنامه شامل نیروی وارد به سر، کارایی، احساس راحتی و شکل ظاهری گوشی‌ها بود که در قالب ده سؤال مورد بررسی قرار گرفت. براساس احساسی که

ردیف	سؤالات	غیرقابل قبول (۰) ضعیف (۱) خوب (۲) عالی (۳)
۱	در هنگام استفاده از گوشی میزان احساس فشار بر قسمت سر چگونه است؟	
۲	وزن گوشی هنگام قرار گرفتن روی سر چگونه است؟	
۳	نیروی اعمال شده به سر از طریق بند گوشی در حین استفاده چگونه است؟	
۴	هنگام استفاده از گوشی احساس شما از نظر تبادل حرارتی چگونه است؟	
۵	هنگام استفاده از گوشی قابلیت درک گفتار و مکالمات برای شما چگونه است؟	
۶	احساس شما از کارایی حفاظتی گوشی در برابر صدای محیط کار خود چگونه است؟	
۷	تناسب سایز فنجانک گوشی با اندازه لاله گوش شما چگونه است؟	
۸	به طور کلی راحتی خود را در زمان استفاده از گوشی چگونه توصیف می‌کنید؟	
۹	احساس شما در خصوص شکل ظاهری گوشی چگونه است؟	
۱۰	احساس شما از نظر راحتی جایگذاری گوشی بر روی گوش چگونه است؟	

جدول ۲: نتایج قدرت کاهندگی واقعی صدای گوش‌های ایرماف مورد مطالعه

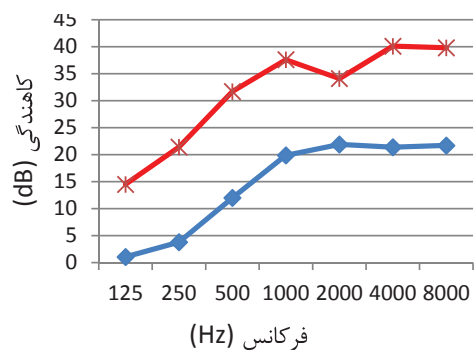
نسبت کاهندگی (%)	کاهندگی واقعی (dB)		کاهندگی اسمی (dB)	نوع گوشی ایرماف
	حداقل	حداکثر		
سازنده داخلی				
۸۶	۲۲	۹/۰۵	۱۷/۲ ± ۳/۴	مدل A
۴۹	۲۴/۷	۷/۶	۱۲/۳ ± ۴/۴	مدل B
سازنده خارجی				
۵۸	۲۲/۳	۸/۲	۱۴/۴ ± ۳/۹	مدل C
۶۹	۲۶	۹/۶	۱۸/۹ ± ۵	مدل D
۵۱	۲۰/۸	۹/۳	۱۵/۲ ± ۳/۵	مدل E

جدول ۳: میانگین ضریب تصحیح تابع انتقال گوش باز TFOE برای افراد مورد مطالعه در یک اکتاوباند

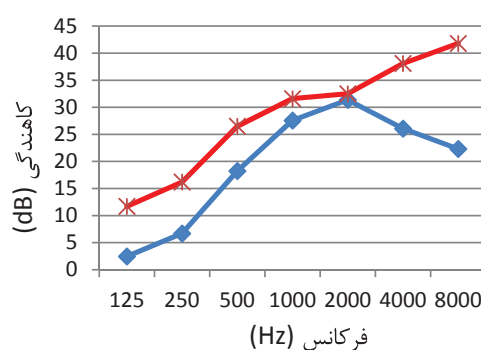
فرکانس (Hz)	۸۰۰۰	۴۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵
ضریب TFOE (dB)	۱۲/۴	۹/۲	۱۱/۷	۲/۸	۱/۴	۱	۰/۷

جدول ۴: مقادیر شاخص راحتی محاسبه شده برای گوشی‌ها حفاظتی به تفکیک ساخت داخل و خارج کشور

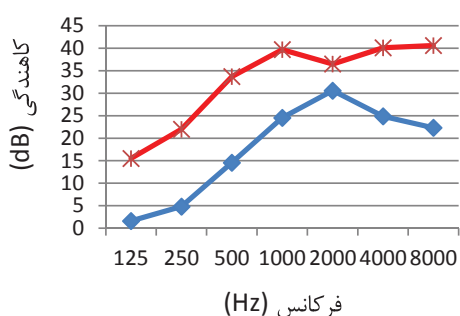
P value	حداکثر	حداقل	میانگین ± انحراف استاندارد	نوع گوشی
۰/۴۸	۲۳	۱۳	۱۹ ± ۳/۱	سازنده داخلی
	۲۸	۱۲	۱۹/۱ ± ۴/۲	سازنده خارجی



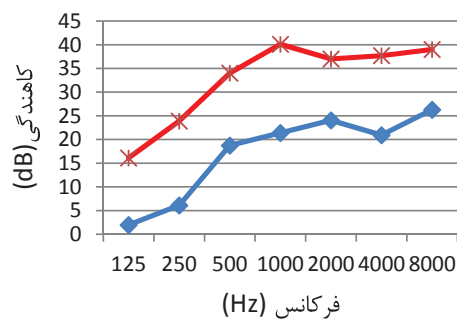
کاهندگی اسمی مدل B (red line with asterisks) / کاهندگی عملیاتی مدل B (blue line with diamonds)



کاهندگی اسمی مدل A (red line with asterisks) / کاهندگی عملیاتی مدل A (blue line with diamonds)



کاهندگی اسمی مدل C (red line with asterisks) / کاهندگی عملیاتی مدل C (blue line with diamonds)



کاهندگی اسمی مدل D (red line with asterisks) / کاهندگی عملیاتی مدل D (blue line with diamonds)

تصویر ۳: قدرت کاهندگی صدای گوش‌های مورد مطالعه در یک اکتاوباند در مقایسه با کاهندگی اسمی

جدول ۵: تأثیر استفاده همزمان عینک حفاظتی بر قدرت کاهندگی واقعی صدا گوش‌ها به تفکیک سازنده داخلی و خارجی

نوع گوشی	کاهندگی بدون عینک (dB)	کاهندگی همراه با عینک (dB)	P value
سازنده داخلی	۱۴/۷ ± ۳/۹	۱۳ ± ۳/۸	۰/۵۶
سازنده خارجی	۱۶/۷ ± ۴/۲	۱۶/۱ ± ۴	۰/۵۴۸

جدول ۶: نتایج بررسی قدرت کاهندگی گوشی‌های مختلف در هر مدل

مدل گوشی	میانگین ± انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر	P value
مدل A				
۱	۱۹/۲ ± ۴/۴	۱۱/۴	۲۴/۱	۰/۴۶
۲	۱۸/۳ ± ۱/۳	۱۵/۸	۱۹/۵	
۳	۱۷/۱ ± ۴/۵	۹/۱	۲۲	
مدل C				
۱	۱۳/۶ ± ۵/۴	۷/۴	۲۱/۵	۰/۲۵۶
۲	۱۱/۸ ± ۲/۳	۹/۶	۱۵/۲	
۳	۱۵/۹ ± ۴/۳	۱۰/۲۵	۲۲/۸	

در هر مدل نیز در جدول ۶ ارائه گردیده است. نتایج نشان داد که قدرت کاهندگی گوشی‌های مختلف از هر مدل از نظر آماری اختلاف معناداری ندارد ($P > 0/05$).

بحث

هدف از مطالعه حاضر تعیین میزان کاهندگی واقعی گوشی‌های رایج مورد استفاده در صنایع کشور با استفاده از روش میکروفن داخل گوش بود. نتایج نشان داد میزان کاهندگی گوشی‌ها که از طریق روش میکروفن داخل گوش به دست آمده نسبت به کاهندگی اسمی مقادیر کمتری را نشان می‌دهد. از جمله عوامل مهم در اختلاف مقادیر واقعی و اسمی می‌توان به کیفیت ساخت گوشی‌های در دسترس در سطح کشور و اختلاف در خصوصیات آنتروپومتریک سر افراد مورد بررسی در این مطالعه با افراد مورد بررسی در شرایط آزمایشگاهی شرکت سازنده و همچنین میزان پوشش دهی *fitting* و یا نوع روش اندازه‌گیری اشاره نمود. همچنین نتایج نشان داد که میزان کاهندگی واقعی گوشی‌های مورد مطالعه در فرکانس‌های پایین بسیار ناچیز است. 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 [۷]. صدا در فرکانس‌های پایین نیز پتانسیل بیشتری برای انتقال از منافذ و راه‌های نشت دارد، بنابراین قدرت کاهندگی گوشی در این فرکانس‌ها تحت تأثیر قرار گرفته است [۱۳]. نتایج مطالعه حاضر با نتایج سایر محققین قابل مقایسه است. در مطالعه‌ای

نتایج قدرت کاهندگی صدای گوشی‌های مورد مطالعه در یک اکتاوباند در مقایسه با کاهندگی اسمی آنها در شکل ۳ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان کاهندگی واقعی برای تمام گوشی‌ها کمتر از میزان کاهندگی اسمی آنها می‌باشد.

نتایج تعیین میانگین ضریب تصحیح تابع انتقال گوش باز TFOE برای افراد مورد مطالعه در حین آزمایش قدرت کاهندگی گوشی‌ها در یک اکتاوباند در جدول ۳ مشخص گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش فرکانس، ضریب تصحیح روند افزایشی داشته است. همان‌طور که ذکر گردید از تفاضل مقادیر IL و NR در فرکانس‌های یک اکتاوباند ضرایب تصحیح تعیین می‌گردد.

نتایج مربوط به ارزیابی شاخص راحتی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد میانگین امتیاز شاخص راحتی برای گوشی‌های سازنده داخلی و خارجی یکسان است و در محدوده خوب قرار دارد. با توجه به میانگین حداقل امتیاز، هیچ‌یک از گوشی‌ها در محدوده غیر قابل قبول (امتیاز زیر ۱۰) قرار ندارند.

در جدول ۵ نتایج میانگین کاهندگی گوشی‌های داخلی و خارجی در استفاده همزمان از عینک حفاظتی و بدون عینک حفاظتی ارائه شده است. نتایج نشان داد تأثیر استفاده همزمان از عینک حفاظتی بر کاهش کارایی گوشی‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نیست ($P > 0/05$).

نتایج مربوط به بررسی قدرت کاهندگی گوشی‌های مختلف

استفاده هم زمان آنها بررسی گردید یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان کاهندگی با توجه به عینک‌های مختلف کاهش قابل ملاحظه‌ای را داشتند [۲].

نتایج نشان داد که هر دو گوشی از نظر راحتی دارای امتیاز مشابهی بودند و در دسته مقیاس خوب قرار داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افراد کاربر بهانه کافی جهت عدم استفاده مداوم از گوشی در صورت قرار گرفتن در معرض صداهای بیش از حد ندارد. در مطالعه ای که به منظور ارزیابی راحتی دومدل ایرپلاگ و ایرماف روی ۲۰ کارگر با استفاده از پرسشنامه مشابه انجام گردید مشخص شد که هیچ اختلاف معناداری در احساس راحتی بین انواع یکسان ایرپلاگ‌ها و ایرماف‌ها وجود ندارد. در مطالعه مشابهی که روی گوشی‌های ایرماف انجام شد مشخص گردید که راحتی ایرماف نمی‌تواند توسط مقدار فشار اندازه گیری شده مشخص گردد اما احساس فشار بر روی سر کاربران می‌تواند یک پارامتر مهم در ارزیابی راحتی باشد.

مطالعه حاضر نشان داد میزان کارایی گوشی‌های شرکت‌های سازنده داخلی و خارجی در شرایط استفاده اختلاف معنی داری ندارند، بنابراین با توجه به رضایت قابل قبول افراد بر مبنای شاخص راحتی تهیه گوشی‌های داخلی در صورت مقرون به صرفه بودن ارجحیت دارد. علاوه بر این با بررسی چند نمونه از گوشی‌های مربوط به هر مدل مشخص گردید که قدرت کاهندگی گوشی‌های مختلف از هر مدل از نظر آماری اختلاف معناداری ندارد. همچنین در نهایت نتایج تأیید نمود که استفاده از روش میکروفن داخل گوش به عنوان یک روش کاربردی جهت تعیین کاهندگی گوشی در مدت زمان کوتاه می‌تواند به کار گرفته شود. در این روش نتایج بدست آمده به صورت عینی می‌باشد و بر خلاف روش تعیین آستانه شنوایی به درک فرد وابسته نیست. بنابراین افراد با آستانه‌های شنوایی متفاوت می‌توانند مورد آزمایش قرار گیرند. جهت انجام روش میکروفن داخل گوشی در شرایط واقعی محیط کار با توجه به تغییرات لحظه‌ای صدای در مواجهه با افراد نمی‌توان روش تعیین شاخص IL را به کار گرفت. لازم به ذکر است در روش تعیین شاخص IL نیاز به منبع مرجع مصنوعی صدا است. بنا بر این در محیط واقعی می‌توان با تعیین شاخص NR و لحاظ نمودن ضرایب تصحیح TFOE از طریق رابطه فوق الذکر مقادیر شاخص IL را تعیین نمود. معمولاً کارگران در محیط‌های پر صدا دارای مقادیری افت شنوایی هستند و استفاده از روش REAT امکان پذیر نیست، بنابراین روش میکروفن داخل گوش می‌تواند بدون هیچ محدودیتی جهت تعیین کاهندگی گوشی‌های مورد استفاده کارگران استفاده گردد.

که روی ایرپلاگ‌های شکل پذیر با استفاده از روش MIRE انجام گردید مشخص شد که بین مقادیر واقعی و اسمی در فرکانس‌های پایین ۸ الی ۱۰ دسی بل و برای فرکانس‌های بالا ۳ الی ۵ دسی بل اختلاف وجود دارد [۱۰]. یافته‌های مطالعه‌ای مشابه نشان داده است که کاهندگی صدای تعیین شده توسط روش ذهنی REAT مقادیر بزرگتری نسبت به روش میکروفن داخل گوش در فرکانس پایین نشان می‌دهد [۱۷].

میانگین کاهندگی واقعی صدای گوشی‌ها نسبت به کاهندگی اسمی حداقل ۴۹٪ و حداکثر ۸۶٪ بود. مطابق با توصیه NIOSH میزان کاهندگی واقعی صدای ایرماف ۷۵٪ کاهندگی اسمی آن‌ها می‌باشد. همچنین مطابق با توصیه انجمن OSHA میزان کاهندگی واقعی صدای ایرماف ۵۰٪ کاهندگی اسمی آن‌ها می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان داده کارایی واقعی گوشی‌های رایج در سطح کشور در محدوده مقادیر توصیه شده توسط NIOSH و OSHA قرار دارد.

مطالعه‌ای که Berger بر روی برخی ایرماف‌ها انجام داد نشان میانگین کاهندگی واقعی صدای گوشی‌ها نسبت به کاهندگی اسمی برای ایرماف‌ها ۶۰٪ بود [۷]. یافته‌های به دست آمده از مطالعه Almeida-Agurto و همکارانش در سال ۲۰۱۱ که با عنوان مقایسه یک روش عینی اندازه گیری کاهندگی صدا به روش میکروفن داخل گوش با روش ذهنی REAT برای ۴ نوع گوشی ایرماف بود نتایج نشان داد که روش میکروفن داخل گوش کاهندگی واقعی ایرماف را نشان می‌دهد. همچنین انحراف معیار کاهندگی گوشی در روش میکروفن داخل گوش به دلیل عینی بودن نسبت به روش REAT کوچک‌تر بود [۱۳].

در این مطالعه نتایج نشان داد تأثیر استفاده همزمان عینک حفاظتی بر کاهش کارایی گوشی‌ها از لحاظ آماری معنی دار نیست که از دو منظر می‌توان آن را تحلیل نمود. با فرض اینکه گوشی به طور کامل گوش افراد را پوشش داده باشد، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از عینک در کاهش قدرت کاهندگی گوشی بی تأثیر بوده است که به نظر منطقی نیست. با این حال اگر پوشش دهی کامل نبوده و منافذی برای عبور صدا در شرایط بدون عینک وجود داشته است، باز هم استفاده از عینک می‌تواند به دلیل اینکه صدا به خودی خود از گوشی در حال عبور است بی تأثیر باشد که فرض دوم به واقعیت نزدیک‌تر است. در اثبات فرض دوم لازم به ذکر است در مطالعه‌ای که در این زمینه انجام شد تأثیر استفاده همزمان عینک با گوشی مورد بررسی قرار گرفت؛ نتایج نشان داد که کاهندگی ایرماف‌ها در زمان استفاده همزمان با عینک باعث می‌شود حدود ۵ دسی بل کاهش یابد [۸]. همچنین در مطالعه‌ای که توسط Richard Storm انجام شد تأثیر عینک روی کاهندگی گوشی در زمان

نتیجه گیری

سر کارگران و افزایش کاهندگی واقعی تأثیر گذار باشد. در نهایت روش میکروفن داخل گوش به عنوان یک روش کاربردی در این مطالعه به کارگرفته شد که به طور مطلوب و با محدودیت‌های کمتر میزان کاهندگی گوشی‌ها را اندازه گیری نمود.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از پایان نامه تحقیقاتی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای به شماره ۹۴۰۳۱۹۱۴۴۰ می باشد که توسط معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان مورد حمایت قرار گرفته است.

میزان کاهندگی واقعی صدای گوشی‌های رایج در سطح کشور بسیار پایین‌تر از میزان کاهندگی اسمی تعیین گردید. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاهش کارایی گوشی‌ها در شرایط واقعی نحوه پوشش دهی و کیفیت ساخت گوشی‌های در دسترس تشخیص داده شد. اگر کاربران در حین نوبت کاری به طور متناوب از گوشی استفاده نمایند میزان کارایی گوشی از حداقل‌های ذکر شده نیز بسیار پایین‌تر خواهد بود. علاوه بر این آموزش‌های کاربردی در خصوص نحوه استفاده و نگهداری از گوشی‌ها نیز می‌تواند بر پوشش دهی مناسب گوشی روی

REFERENCES

1. Neitzel R, Somers S, Seixas N. Variability of real-world hearing protector attenuation measurements. *Ann Occup Hyg*. 2006;50(7):679-91. DOI: [10.1093/annhyg/mel025](https://doi.org/10.1093/annhyg/mel025) PMID:16782739
2. Aliabadi M, Farhadian M, Darvishi E. Prediction of hearing loss among the noise-exposed workers in a steel factory using artificial intelligence approach. *Int Arch Occup Environ Health*. 2015;88(6):779-87. DOI: [10.1007/s00420-014-1004-z](https://doi.org/10.1007/s00420-014-1004-z) PMID:25432298
3. Valentin O, Sasha JM, Laville F. Use of auditory steady-state responses in measuring the attenuation of hearing protection devices. *Canadian Acoustics*. 2008:92-5.
4. Aliabadi M, Golmohammadi R, Mansoorzadeh M, Khotanlou H, Hamadani AO. An empirical technique for predicting noise exposure level in the typical embroidery workrooms using artificial neural networks. *Appl Acoust*. 2013;74(3):364-74. DOI: [10.1016/j.apacoust.2012.08.009](https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2012.08.009)
5. Geroges S, editor Hearing protectors noise attenuation and comfort. *Internoise*; 2010 13 - 16 Jun; Lisbon, Portugal.
6. Golmohammadi R. [Noise and vibration engineering]. Daneshjoo Press. 2007.
7. Berger EH, Royster H. The Noise manual: American Industrial Hygiene Association; 2003.
8. Abel SM, Sass-Kortsak A, Kielar A. The effect on earmuff attenuation of other safety gear worn in combination. *Noise Health*. 2002;5:1-13.
9. Kusy A, Chatillon J. Real-world attenuation of custom-moulded earplugs: Results from industrial in situ F-MIRE measurements. *Appl Acoust*. 2012;73(6):639-47. DOI: [10.1016/j.apacoust.2012.02.001](https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2012.02.001)
10. Kabe I, Kochi T, Tsuruoka H, Tonegawa T, Denda I, Nonogi M, et al. Noise attenuation of earplugs as measured by hREAT and F-MIRE methods in a Japanese metal manufacturing plant. *J Occup Health*. 2012;54(4):310-5. PMID:22673642
11. 4869-1 I. Acoustics -hearing protectors -part 1: subjective method for the measurement of sound attenuation. Geneva, Switzerland1990.
12. ISO 4869-2. Acoustics -hearing protectors -part 2:estimation of effective a-weighted sound pressure levels when hearing protectors are worn. Geneva, Switzerland1994.
13. Franks JR, Murphy WJ, Harris DA, Johnson JL, Shaw PB. Alternative field methods for measuring hearing protector performance. *AIHA J (Fairfax, Va)*. 2003;64(4):501-9. DOI: [10.1202/309.1](https://doi.org/10.1202/309.1) PMID:12908866
14. 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, Switzerland2002.
15. Nelisse H, Gaudreau MA, Boutin J, Voix J, Laville F. Measurement of hearing protection devices performance in the workplace during full-shift working operations. *Ann Occup Hyg*. 2012;56(2):221-32. DOI: [10.1093/annhyg/mer087](https://doi.org/10.1093/annhyg/mer087) PMID:22009918
16. Voix J, Hager LD. Individual fit testing of hearing protection devices. *Int J Occup Saf Ergon*. 2009;15(2):211-9. DOI: [10.1080/10803548.2009.11076802](https://doi.org/10.1080/10803548.2009.11076802) PMID:19534854
17. Zera J, Mlynski R, editors. Determination of earmuff transmittance with the use of MIRE technique and with artificial test fixtures. 20th International Congress on Acoustics ICA; 2010 August 2010. Sydney, Australia.
18. Behar A, Giguère C, Kelsall T. CSA appendix on measurement of noise exposure from headsets. *Can Acoust*. 2008;36(3):96-7.
19. Ismaila SO, Odusote A. Noise exposure as a factor in the increase of blood pressure of workers in a sack manufacturing industry. *Beni-Suef Univ J Basic App Sci*. 2014;3(2):116-21. DOI: [10.1016/j.bjbas.2014.05.004](https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2014.05.004)
20. Zannin PT, Geroges SNY. Effects of cup, cushion, headband force, and foam lining on the attenuation of an earmuff. *Int J Ind Ergon*. 2006;36(2):165-70. DOI: [10.1016/j.ergon.2005.09.004](https://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.09.004)
21. Arezes PM, Miguel AS. Hearing protectors acceptability in noisy environments. *Ann Occup Hyg*. 2002;46(6):531-6. PMID:12176768
22. Acton WI, Lee GL, Smith DJ. Effect of head band forces and pressure on comfort of ear muffs. *Ann Occup Hyg*. 1976;19(3-4):357-61. PMID:1026159

Study of Noise Reduction Rate of Hearing Protection Devices Based on Microphone in Real Ear (MIRE) Under Laboratory Conditions

Azam Biabani¹, Mohsen Aliabadi^{2,*}, Rostam Golmohammadi³

¹ MSc Student, Department of Occupational Hygiene, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

² Department of Occupational Hygiene, Faculty of Public Health and Center for Health Sciences Researches, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

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

* Corresponding author: Mohsen Aliabadi, Department of Occupational Hygiene, Faculty of Public Health and Center for Health sciences Researches, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. E-mail: mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir

DOI: 10.21859/joe-04049

Received: 12.01.2016

Accepted: 19.09.2016

Keywords:

Hearing Protectors
Microphone in Real Ear
Noise Reduction Rate

How to Cite this Article:

Biabani A, Aliabadi M, Golmohammadi R. Study of Noise Reduction Rate of Hearing Protection Devices Based on Microphone in Real Ear (MIRE) Under Laboratory Conditions. *J Ergo.* 2016;4(2):17-25. DOI: 10.21859/joe-040249

© 2016 Hamedan University of Medical Sciences.

Abstract

Introduction: Nominal noise reduction rate of the earmuff manufacturers can be different compared with the actual attenuation rate. The present study aimed to determine the actual noise reduction rate of common hearing protection devices using microphone in real ear method.

Methods: In this study, five brands of common earmuffs used in Iranian industries were investigated on 30 subjects under laboratory conditions. Noise reduction rates of earmuffs were measured based on the ISO 11904 standard, microphone in real ear method, using noise dosimeter (SVANTEK, SV 102 model) equipped with a microphone SV 25 model. The earmuffs comfort was also assessed by the developed questionnaire.

Results: The results showed that the real noise reduction rates of the earmuffs were between %49 to %86 of nominal reduction rates. Moreover, the actual insertion losses were much negligible at low noise frequencies. The performances of earmuffs based on manufacturers were not statistically different ($P > 0.05$). Based on subjects' comfort scores, comfort of ear muffs were within the acceptable range. The noise reduction rates of the different earmuffs of each model were not statistically different as well ($P > 0.05$).

Conclusions: Irregular use of earmuff can reduce the real attenuation of earmuff to lower than the minimum rate acquired in this study. Proper training and adequate supervision on proper use of earmuff can affect earmuff fitting along with increasing of real noise attenuation.