Audiol. 2009;18(1-2):70-80.

Research Article

Comparison of vestibular evoked myogenic potential and caloric tests findings in noise induced hearing loss-affected and healthy individuals

Farinoosh Fakharnia[1], Abdolreza Sheibanizadeh[1], Dr. Zahra Jafari[2], Fatemeh Hoseini[3]

[1]- Department of Audiology, Faculty of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2]- Aging Research Center, University of Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran
[3]- Department of Statistics, Management and Medical Informaition Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Received: 2 February 2009, accepted: 20 June 2009

Abstract

Background and Aim: Balance disturbance is one of the non-auditory effects of noisy industrial environments that is usually neglected. The aim of the current study was to investigate the effect of occupational noise on vestibular system among workers with noise-induced hearing loss (NIHL), based on both vestibular evoked myogenic potentials (VEMP) and caloric tests.

Methods: Thirty male workers with noise-induced hearing loss and thirty male matched controls were examined by VEMP and caloric tests. Study parameters included unilateral weakness, p13 and n23 latencies, and p13-n23 amplitude. Caloric test was performed only for 20 patients.

Results: No significant difference was observed in unilateral weakness between the two groups. On the other hand, the difference in mean latencies of p13 in the right ear (p=0.003) and left ear (p=0.01) was significant between the two groups. However, the difference in n23 latency was significant only in the right ear (p=0.03). There was no significant difference between groups in p13-n23 amplitude.

Conclusion: It seems that pars inferior of vestibule is the susceptible part in individuals with NIHL. In general, abnormal findings in both VEMP and caloric tests were more common compared to functional symptoms such as vertigo, which may be due to central compensation and the symmetry of the disorder.

Keywords: Caloric test, vestibular evoked myogenic potentials, VEMP vertigo, noise induced hearing loss, NIHL

Corresponding author: Department of Audiology, Faculty of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Nezam Alley, Shahid Shahnazari Street, Madar Square, Mirdamad Boulevard, Tehran, 15459134-87, Iran, Tel: (98)021-22228051-2, E-mail:takfarhad@gmail.com

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-30]

شنوایی شناسی ـ دوره ۱۸، شماره ۲ـ۱، ۱۳۸۸

مقاله پژوهشی

مقایسه یافته‌های دو آزمون پتانسیل‌های عضلانی برانگیخته دهلیزی و کالریک در مبتلایان به کم‌شنوایی ناشی از نویز و افراد هنجار

فرینوش فخارنیا[۱]، عبدالرضا شیبانی زاده[۱]، دکتر زهرا جعفری[۲]، فاطمه حسینی[۳]

[۱]ـ گروه شنوایی‌شناسی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

[۲]ـ مرکز تحقیقات مسائل اجتماعی روانی سالمندان، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران

[۳]ـ گروه آمار و ریاضی، دانشکده مدیریت و اطلاع رسانی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: اختلال تعادل، یکی از تأثیرات غیرشنیداری نویز ناشی از محیط‌های صنعتی است که کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعه، تأثیرات نویز بر دستگاه دهلیزی کارگران مبتلا به کم‌شنوایی ناشی از نویز با استفاده از دو آزمون پتانسیل‌های برانگیخته دهلیزی و کالریک مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: آزمون پتانسیل‌های عضلانی برانگیخته دهلیزی و آزمون کالریک روی ۳۰ مرد مبتلا به کم‌شنوایی ناشی از نویز به عنوان گروه مورد و ۳۰ مرد هنجار (شاهد) در محدوده سنی ۳۰ تا ۵۰ سال انجام شد. شاخص‌های مورد بررسی شامل درصد ضعف طرفی، زمان نهفتگی امواج p13 و n23 و دامنه n23ـ p13بود. آزمون کالریک روی ۲۰ فرد از گروه مورد انجام شد.

یافته‌ها: بین دو گروه، تفاوت معنی‌داری در درصد ضعف طرفی مشاهده نشد($p>۰/۰۵$). میانگین زمان نهفتگی موج p13 در گوش راست با $p=۰/۰۰۳$ و در گوش چپ با $p=۰/۰۱$، بین دو گروه تفاوت معنی‌داری را نشان داد، در حالی‌که تفاوت معنی‌دار زمان نهفتگی موج n23 تنها در گوش راست مشاهده گردید($p=۰/۰۳$). تفاوت بارزی بین دامنه p13ـn23 میان دو گروه، وجود نداشت($p>۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: احتمالاً در افراد مبتلا به کم شنوایی ناشی از نویز، بخش تحتانی گوش داخلی یکی از مناطق با آسیب‌پذیری بالا است. در کل در این افراد نتایج غیرطبیعی هر دو آزمون پتانسیل‌های عضلانی برانگیخته دهلیزی و کالریک بسیار بیشتر از علائم عملکردی (وقوع سرگیجه) است که می‌تواند از جبران مرکزی و قرینه بودن اختلال ناشی شده باشد.

واژگان کلیدی: آزمون کالریک، پتانسیل‌های عضلانی برانگیخته دهلیزی، کم شنوایی ناشی از نویز، سرگیجه

(وصول مقاله: ۸۸/۱۱/۱۴، پذیرش: ۸۸/۳/۳۰)

مقدمه

کم شنوایی ناشی از نویز (Noise Induced Hearing Loss: NIHL) یکی از شایع‌ترین آسیب‌های شغلی می‌باشد و دومین اختلالی است که افراد در معرض نویز شغلی از آن شکایت می‌کنند(۱). این نوع کم شنوایی از نوع حسی‌ـ عصبی و دوطرفه بوده و به‌تدریج در طی سال‌ها قرارگیری در معرض نویز پیوسته یا متناوب ایجاد می‌شود(۲). براساس اطلاعات و آمار سازمان جهانی بهداشت ۱۶ درصد از جمعیت جهان، دچار NIHL می‌باشند(۳). علاوه بر کم شنوایی، نویز باعث تأثیرات غیر شنیداری نیز می‌گردد که می‌توان به مواردی چون، مشکلات قلبی‌ـ عروقی، اختلالات خواب، آزردگی خاطر، اختلالات روانی و مشکلات اجتماعی و ارتباطات گفتاری اشاره نمود(۴).

از دیگر تأثیرات غیر شنیداری نویز ناشی از محیط‌های

نویسنده مسئول: تهران، بلوار میرداماد، میدان مادر، خیابان شاه نظری، کوچه نظام، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، گروه شنوایی‌شناسی
کد پستی: ۸۷ـ۱۵۴۵۹۱۳۴ ، تلفن: ۲- ۲۲۲۲۸۰۵۱ ، E-mail:takfarhad@gmail.com

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-30]

صنعتی که کمتر مورد توجه قرار گرفته است، بروز اختلال تعادلی است. مطالعات نشان می‌دهد که برخی از کارگران محیط‌های صنعتی مبتلا به NIHL، دچار مشکلات تعادلی می‌باشند(۷-۵). Tullio در سال ۱۹۲۹ میلادی بیان داشت که اصوات با شدت بالا می‌توانند باعث بروز علائم دهلیزی از جمله سرگیجه شوند (پدیده تولیو). علاوه بر پدیده تولیو، مجاورت آناتومیک لابیرنت دهلیزی به صفحه پایه استخوانچه رکابی که انرژی صوتی را به حلزون منتقل می‌کند، شباهت زیاد ریزساختارهای سلول‌های مویی دهلیزی و حلزونی، تغذیه خونی مشترک ارگان‌های انتهایی دهلیز و حلزون از طریق یک شریان انتهایی، لابیرنت غشایی مشترک دهلیز و حلزون و ارتباط اندولنف این دو قسمت با یکدیگر، احتمال آسیب دستگاه دهلیزی علاوه بر کم شنوایی در مواجهه با نویز شغلی را تأیید می‌کند(۷).

مطالعه روی حیوانات نیز تأثیرات آسیب‌زای ناشی از قرار گرفتن در معرض نویز شدید، نه تنها در حلزون بلکه در ارگان‌های انتهایی دهلیزی را نشان داده است. چنانچه به نظر می‌رسد حتی بین الگوهای آسیب در این دو بخش، شباهت‌هایی وجود دارد. McCabe (۱۹۵۸) در مطالعه روی خوکچه‌های هندی بیان داشت که آسیب تنها به بخش ماکولای ساکول محدود است، در حالی‌که در مطالعات Ylikoski(۱۹۸۷) و Mangabeira(۱۹۵۹) ذکر شد که نویز بر کلیه ارگان‌های انتهایی دهلیزی تأثیرگذار است(۶و۸).

پتانسیل عضلانی برانگیخته دهلیزی (Vestibular Evoked Myogenic Potentials:VEMP)، پاسخی است که از ساکول و عصب دهلیزی تحتانی منشأ می‌گیرد و از طریق آن می‌توان تأثیر نویز بر ساکول را بررسی نمود. از سوی دیگر، آزمایش کالریک، مجرای نیم‌دایره افقی و عصب دهلیزی فوقانی را بررسی می‌کند(۹) و تنها آزمایشی است که از مجموعه آزمون‌های تعادلی ویدئونیستاگموگرافی (Videonystagmography:VNG) امکان بررسی جداگانه هر یک از گوش‌ها را فراهم می‌کند. با انجام این آزمایش می‌توان تأثیر نویز بر مجرای نیم‌دایره افقی را بررسی نمود(۱۰).

قابل ذکر است که در معدود مطالعات بالینی انجام شده، عملکرد دهلیزی افراد دچار NIHL مورد بررسی قرار گرفته، و ارتباط احتمالی بین اختلالات دهلیزی و قرارگیری در معرض نویز شغلی بررسی شده است. در اغلب این مطالعات به بررسی تأثیرات نویز با استفاده از مجموعه آزمون‌های الکترونیستاگموگرافی (Electronystagmography: ENG) پرداخته شده است. نتایج اکثر این پژوهش‌ها نیز حاکی از نتایج غیرطبیعی جزئی است که در این آزمون مشاهده شده است(۱۳ـ۱۱). بنابراین ارتباط بین قرار گرفتن در معرض نویز و اختلالات تعادلی با استفاده از این مجموعه از آزمایش‌ها به‌روشنی تعیین نمی‌شود. در برخی مطالعات دیگر، رفلکس دهلیزی- چشمی نیز مورد بررسی قرار گرفته است و یافته‌ها نشان‌دهنده نتایج غیرطبیعی بارزی است که در افراد مبتلا به کم شنوایی ناشی از نویز مشاهده می‌شود(۶و۱۳). با این حال، این آزمون‌ها تنها به ارزیابی بخشی از دستگاه دهلیزی یعنی مجاری نیم‌دایره می‌پردازند. تنها در یک مطالعه، بخش دیگری از دستگاه دهلیزی یعنی ساکول با انجام آزمون VEMP ارزیابی شده است. نتایج غیرطبیعی قابل توجه این مطالعه، احتمال تأثیر بیشتر نویز بر ساکول و مسیر ساکولوکولیک را مطرح نمود(۵).

در مطالعه حاضر، به‌منظور بررسی بیشتر، تأثیرات نویز ناشی از محیط‌های صنعتی بر دستگاه دهلیزی گروهی از کارگران دچار NIHL، با استفاده از دو آزمایش VEMP و کالریک مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی

مطالعه حاضر به‌صورت مقایسه‌ای روی ۳۰ مرد مبتلا به NIHL و ۳۰ مرد هنجار در محدوده سنی ۳۰ تا ۵۰ سال به‌روش نمونه‌گیری غیر احتمالی و مستمر انجام شد. افراد مبتلا به NIHL از کارگران کارخانه فولاد با حداقل ۱۰ سال سابقه کار و متوسط ۸ ساعت کار روزانه در معرض نویز انتخاب شدند، و آزمایش‌های VEMP و کالریک در کلینیک شنوایی‌شناسی دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران برای آن‌ها انجام شد. معیارهای ورود به مطالعه در افراد دچار NIHL شامل کم‌شنوایی ۲۵ دسی‌بل HL یا بدتر در فرکانس ۴ کیلوهرتز، حداقل سابقه

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-30]

کاری ۱۰ سال در کارخانه محل تحقیق، عدم وجود سابقه ابتلا به مشکلات گردنی نظیر آرتروز، اختلال در گوش خارجی و میانی، هرگونه کم شنوایی قبل از آغاز به‌کار، مصرف داروهای مسمومیت‌زای گوش، ضربه به سر، دیابت، فشارخون و چربی‌خون بالا بود. در افراد هنجار نیز معیارهای ورود به مطالعه، برخورداری از شنوایی هنجار (آستانه‌های شنوایی کمتر از ۲۵ دسی‌بل HL) در فرکانس‌های اکتاوی ۲۵۰ تا ۸۰۰۰ هرتز، نداشتن سابقه کار در محیط‌های پر سر و صدا، نداشتن سابقه اختلالات تعادلی و دیگر موارد ذکر شده در بالا، رعایت گردید.

برای نمونه‌های مورد مطالعه پس از تکمیل پرسش‌نامه، آزمایش‌های شنوایی‌ـدهلیزی شامل ادیومتری تن خالص، ادیومتری ایمیتانس، آزمایش کالریک با استفاده از ثبت VNG و آزمایش VEMP توسط پژوهشگر در مرکز تحقیقات توانبخشی و کلینیک شنوایی‌شناسی دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران انجام شد. لازم به ذکر است که به‌دلیل عدم همکاری برخی مسئولان کارخانه مورد نظر، آزمون کالریک فقط روی ۲۰ فرد از گروه مورد مطالعه انجام شد.

این بررسی توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ایران مورد تأیید قرار گرفت و کلیه افراد شرکت‌کننده در مطالعه، رضایت خود را به‌طور کتبی اعلام نمودند.

آستانه‌های شنوایی از ۲۵۰ تا ۸۰۰۰ هرتز در دو گوش در اتاقک ضد صوت با استفاده از دستگاه ادیومتر دو کاناله Interacoustic مدل AC40 (ساخت کشور دانمارک)، از دو مسیر هوایی و استخوانی به‌روش استاندارد اندازه‌گیری شد. همچنین ادیومتری ایمیتانس با استفاده از دستگاه Interacoustic مدل AZ26 (ساخت کشور دانمارک)، به‌منظور اطمینان از سلامت گوش میانی انجام گرفت.

آزمایش کالریک با استفاده از دستگاه VNG Eye Dynamic ۴ کاناله مدل ۹۱۶۰ـ۳۹ ساخت کشور امریکا انجام شد. قبل از انجام، آزمون نیستاگموس خودبه‌خودی از بیمار به‌عمل می‌آمد تا در صورت بروز این نیستاگموس، در هنگام محاسبه نتایج کالریک مورد استفاده واقع شود. آزمایش کالریک از طریق تحریک با آب انجام شد، به‌طوری‌که ابتدا تحریک آب گرم در دمای ۴۴ درجه سانتیگراد به‌مدت ۴۰ ثانیه به گوش راست و بعد به گوش چپ و سپس تحریک آب سرد در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به‌مدت ۴۰ ثانیه به گوش راست و بعد به گوش چپ ارائه گردید. مابین هر تحریک ۵ دقیقه به بیمار استراحت داده شد تا در صورت بروز علائم سرگیجه، علائم از بین برود. شایان ذکر است که در طی تحریک به‌منظور حفظ سطح هوشیاری فرد، اعمال ذهنی مختلف نظیر شمردن، گفتن حروف الفبا و غیره از وی درخواست می‌شد(۱۰). اگر مقدار درصد ضعف طرفی بزرگتر از ۲۲ درصد بود در محدوده غیرطبیعی قرار می‌گرفت(۱۴).

جهت ثبت آزمون VEMP با استفاده از دستگاه NeuroAudio ساخت کشور روسیه عضله جناغی‌ـ چنبری‌ـ ماستوئیدی (Sternoclidomasoid: SCM) به‌عنوان عضله هدف استفاده شد. برای فعال کردن عضله SCM از افراد گروه مطالعه درخواست می‌شد تا روی یک صندلی نشسته و سر خود را ۳۰ درجه به سمت جلو و ۳۰ درجه به سمت مخالف عضله مورد نظر بچرخانند. برای کنترل انقباض عضلانی یکسان در طول آزمایش از روش فیدبک استفاده شد(۱۵). در این روش کیسه هوای یک دستگاه فشارخون تا ۲۰ میلی‌متر جیوه باد شد و سپس فرد آزمایش‌شونده کیسه را بین چانه و دست خود قرار داد و با وارد کردن فشار روی کیسه هوا عقربه فشارسنج را روی ۵۰ میلی‌متر جیوه ثابت نگه داشت. در این مطالعه از بین سطوح فشار ۴۰، ۵۰ و ۶۰ میلی‌متر جیوه به‌دلیل مورفولوژی بهتر و پاسخ‌گویی مناسب‌تر امواج در نمونه‌ها، از سطح فشار ۵۰ میلی‌متر جیوه استفاده شد. الکترود ناوارونگر بر روی یک سوم فوقانی عضلات SCM دو طرف و الکترود وارونگر روی جناغ قرار داده شد(۹). امپدانس الکترودها کمتر از ۵ اهم و پاسخ‌ها ۵۰۰۰ برابر تقویت شدند. به‌منظور تعیین مقادیر زمان نهفتگی پاسخ VEMP از محرک صوتی کلیک (۱۰۰ µ) در سطح شدت ۱۲۵ دسی‌بل peSPL استفاده گردید. تعداد محرک در هر ثانیه (rate) ۳/۱

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-30]

جدول ۱ـ میانگین و انحراف معیار زمان نهفتگی قله‌های p13 و n23 و دامنه پاسخ n23 ـp13 در دو گروه مورد مطالعه

پارامترهای VEMP	افراد هنجار		مبتلا به NIHL		p
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
زمان نهفتگی (ms)					
p13 گوش راست	۱۱/۷۴	۰/۶۶	۱۲/۹۰	۱/۹۲	۰/۰۱
p13 گوش چپ	۱۱/۶۴	۱/۷۰	۱۳/۲۰	۱/۹۳	۰/۰۰۳
n23 گوش راست	۱۹/۴۴	۲/۲۰	۲۰/۷۹	۱/۹۴	۰/۰۳
n23 گوش چپ	۱۹/۵۱	۱/۵۲	۲۰/۰۹	۱/۷۹	۰/۲۰
p13 دو گوش	۱۱/۵۴	۰/۵۳	۱۳/۱۲	۱/۹۱	۰/۰۰۱
n23 دو گوش	۱۹/۶۳	۱/۳۸	۲۰/۵۷	۱/۷۳	۰/۰۳
دامنه (µv)					
گوش راست	۱۰۲/۶۶	۴۲/۷۶	۹۱/۰۹	۴۹/۵۴	۰/۳۶
گوش چپ	۹۱/۹۵	۴۲/۶۶	۸۲/۰۲	۴۳/۶۸	۰/۴۰
دو گوش	۹۷/۳۱	۴۰/۱۹	۸۸/۳۵	۴۵/۳۰	۰/۴۵

هرتز، پنجره زمانی ۶۰ میلی ثانیه و تعداد تکرار تحریک (sweep) ۱۵۰ مورد بود. در شدت ذکر شده، دو موج برای اطمینان از تکرارپذیری مناسب ثبت می‌گردید. همچنین به‌منظور جلوگیری از مخدوش شدن نتایج در اثر خستگی عضلات گردن، پس از ثبت هر موج، یک دقیقه استراحت در نظر گرفته می‌شد.

در بررسی نتایج این پژوهش برای بررسی توزیع نرمال داده‌ها از آزمون آماری کولموگروف‌ـ اسمیرنوف و جهت مقایسه متغیرهای برخوردار از توزیع نرمال نیز از آزمون تی مستقل و تی زوجی و از آزمون پارامتری من‌ویتنی به‌منظور مقایسه داده‌ها با توزیع غیر نرمال استفاده شد. در نهایت، برای بررسی همبستگی متغیرها از آزمون‌های فیشر، کای اسکوئر و ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ۱۴ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها

میانگین سنی افراد مبتلا به NIHL و هنجار به‌ترتیب ۷/۱۸±۳۸/۶۰ سال (محدوده ۳۰ تا ۵۰ سال) و ۵/۴۰±۴۱/۹۰ سال (محدوده ۳۰ تا ۵۰ سال) بود. در افراد دچار NIHL، ۲۰ درصد (۶ نفر) دچار وزوز، ۱۶/۷ درصد (۵ نفر) دچار سرگیجه چرخشی (vertigo) و ۳۳/۳ درصد (۱۰ نفر) دچار گیجی (dizzinness) بودند. میانگین آستانه شنوایی در فرکانس ۴ کیلوهرتز، معادل ۳/۲۵±۳/۹۴ دسی‌بل در افراد هنجار و ۷/۶۴±۳۷/۴۱ دسی‌بل در افراد دچار NIHL بود.

در هیچ یک از افراد، نیستاگموس خودبه‌خودی مشاهده نگردید. میانگین درصد ضعف طرفی در افراد هنجار، ۴/۹۵±۷/۸۰ و در افرادNIHL، ۱۱/۰۸±۱۰/۲۰ به‌دست آمد که از نظر آماری تفاوت بین آن‌ها معنی‌دار نبود($p>0/05$).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-30]

جدول۲ـ بررسی ارتباط بین نتایج آزمون‌های VEMP و کالریک با سرگیجه در افراد مبتلا به کم شنوایی ناشی از نویز

	پاسخ VEMP				پاسخ کالریک				p
	هنجار		ناهنجار		هنجار		ناهنجار		
سرگیجه	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
بلی	۳	۶۰	۲	۴۰	۳	۷۵	۱	۲۵	۰/۵
خیر	۱۲	۴۸	۱۳	۵۲	۱۳	۸۱/۳	۳	۱۸/۸	۰/۶۲

پاسخ VEMP در تمام افراد گروه شاهد، قابل ثبت بود اما در گروه NIHL، ۷ مورد در گوش راست و ۶ مورد در گوش چپ پاسخی به‌دست نیامد. تجزیه و تحلیل نتایج زمان نهفتگی قله‌های p13 و n23 و دامنه پاسخ p13–n23 به تفکیک گوش‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

مقایسه میانگین زمان نهفتگی امواج p13 و n23 در دو گروه هنجار و NIHL انجام شد. با توجه به سطوح معنی‌داری مشاهده شده، بین دو گروه در زمان نهفتگی موج p13 در دو گوش، گوش راست(p=۰/۰۰۳) و گوش چپ(p=۰/۰۱)، تفاوت معنی‌داری وجود داشت. با این حال زمان نهفتگی n23 تنها در گوش راست تفاوت معنی‌داری دیده شد(p=۰/۰۳) و در کل نیز بین زمان نهفتگی موج n23 در گروه هنجار و NIHL تفاوت معنی‌داری وجود داشت(p=۰/۰۳). با این حال با توجه به سطح معنی‌داری بین دو گروه در دامنه پاسخ p13_n23 در هر گوش، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد(p>۰/۰۵). در کل نیز بین دو گروه از لحاظ دامنه پاسخ p13_n23 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت(p>۰/۰۵).

با در نظر گرفتن معیار ضعف طرفی یعنی کوچکتر از ۲۲ درصد در محدوده طبیعی و بزرگ‌تر از ۲۲ درصد در محدوده غیرطبیعی(۱۴)، در ۴ نفر معادل ۲۰ درصد افراد دچار NIHL، ضعف طرفی در محدوده غیرطبیعی قرار داشت.

برای تعیین نتایج غیرطبیعی در آزمون VEMP، از معیار بیش از دو انحراف استاندارد مقادیر گروه هنجار، استفاده شد. بر این اساس، در ۵۸/۳ درصد از گوش‌های افراد دچار NIHL، نتیجه آزمون VEMP در وضعیت غیرطبیعی قرار داشت. در ۴ نفر از افراد NIHL نتیجه هر دو آزمون غیرطبیعی بود. با در نظر گرفتن نتایج دو آزمایش VEMP و کالریک، در کل در ۷۵ درصد افراد دچار NIHL (۱۵ نفر از ۲۰ مورد)، حداقل در یکی از این دو آزمایش، پاسخ غیرطبیعی مشاهده شد.

در مطالعه حاضر، ارتباط بین آستانه فرکانس ۴ کیلوهرتز با نتایج پاسخ VEMP و کالریک در افراد مبتلا به کم شنوایی ناشی از نویز نیز مورد بررسی قرار گرفت. بین آستانه شنوایی در فرکانس ۴ کیلوهرتز در گوش راست و چپ با هر یک از موارد زمان نهفتگی موج p13، زمان نهفتگی موج n23، دامنه پاسخ p13_n23 و همچنین درصد ضعف طرفی در همان گوش، ارتباط معنی‌داری وجود نداشت(p>۰/۰۵). هم‌چنین، بین سرگیجه و نتایج آزمون‌ها نیز ارتباط معنی‌داری مشاهده نگردید(p>۰/۰۵)(جدول۲).

بحث

مطالعات فیزیولوژیک انسانی و پژوهش‌های نوروفیزیولوژیک حیوانی نشان داده است که اصوات می‌توانند باعث تحریک دستگاه دهلیزی شوند که این امر به شدت صوت، نوع تحریک، نحوه ارائه صوت و باز شدن یا نشدن لابیرنت بستگی دارد(۱۶). براساس ثبت پاسخ نورون‌های بخش‌های

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-30]

مختلف دستگاه دهلیزی، شواهد حاکی بر این است که شلیک عصبی نورون‌های دهلیزی در پاسخ به صدا افزایش می‌یابد، اما در این میان، کمترین آستانه تحریک در نورون‌های ساکول به‌دست آمده است. همچنین تقریباً تمام رشته‌های عصبی ساکول به صوت پاسخ می‌دهند در حالی‌که کمتر از نیمی از نورون‌های آوران مجاری نیم‌دایره به اصوات پاسخ می‌دهند(۱۷). به‌عبارت دیگر، ماکولای ساکول در حالت طبیعی به صدا پاسخ می‌دهد در حالی‌که مجاری نیم‌دایره به‌ندرت به محرک صوتی در ارسال راه هوایی حتی در بالاترین سطوح شدت ارائه شده پاسخ می‌دهند مگر آن‌که یکی از مجراها سوراخ شود (مثل پارگی مجرای نیم‌دایره فوقانی)، در نتیجه ساکول، حساس‌ترین ارگان دهلیزی به صوت است(۱۶و۱۸).

در این مطالعه، در نزدیک به یک پنجم افراد مبتلا به کم شنوایی ناشی از نویز، پاسخ VEMP مشاهده نگردید. در حالی‌که، در تمام افراد گروه هنجار، پاسخ VEMP وجود داشت. از سوی دیگر، زمان نهفتگی در دو قله p13 و n23 در باقی بیماران مبتلا به کم شنوایی ناشی از نویز نسبت به گروه هنجار افزایش نشان داد، و بین میانگین زمان نهفتگی قله‌های p13 در گوش راست و چپ، بین دو گروه تفاوت قابل توجهی وجود داشت، در حالی‌که تفاوت بارز زمان نهفتگی n23 بین دو گروه تنها در گوش راست دیده شد. اما در کل، بین میانگین زمان نهفتگی قلل p13 و n23 دو گروه تفاوت چشم‌گیری وجود داشت. تفاوت قابل توجه زمان نهفتگی قله n23 در دو گوش می‌تواند به این دلیل باشد که این متغیر بین گوش راست دو گروه متفاوت بوده است. همچنین، به نظر می‌رسد که زمان نهفتگی قله n23 دیرتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. از سوی دیگر، دامنه p13_n23 در افراد مبتلا به کم شنوایی ناشی از نویز نسبت به گروه هنجار، پایین‌تر بود اما این اختلاف از لحاظ آماری، قابل ملاحظه نبود. به‌طور کلی، در بیش از نیمی از افراد مبتلا به کم شنوایی ناشی از نویز، نتیجه آزمون VEMP در وضعیت غیرطبیعی قرار داشت. با توجه به این‌که VEMP، پاسخی است که از ساکول و عصب دهلیزی تحتانی نشأت می‌گیرد، به نظر می‌رسد در افراد دچار NIHL، ساکول و مسیر ساکولوکولیک در اثر قرار گرفتن در معرض نویز شغلی آسیب دیده است. تا زمان انتشار این مقاله، تنها در یک مطالعه نتایج آزمون VEMP در افراد مبتلا به کم شنوایی ناشی از نویز مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه، Wang و همکاران(۲۰۰۷)، آزمون VEMP را با استفاده از محرک تن‌برست روی ۲۰ فرد مبتلا به NIHL با سن کمتر از ۶۵ سال انجام دادند(۵). یافته‌های این مطالعه به نتایج بررسی حاضر نزدیک بود، با این حال در مورد مغایرت‌ها و حتی شباهت‌های نتایج دو مطالعه، به بررسی‌های بیشتری نیاز است و تنها براساس یافته‌های دو مطالعه نمی‌توان اظهار نظر قطعی نمود. در مطالعه Wang و همکاران، مقادیر زمان نهفتگی و دامنه در افراد دچار NIHL ذکر نگردیده و از گروه شاهد نیز استفاده نشده بود. در این مطالعه، فراوانی نتایج غیرطبیعی در آزمون VEMP، ۴۵ درصد گزارش شده است که در مقایسه با نتیجه ۵۸/۳ درصد در بررسی حاضر، اندکی کمتر است. این تفاوت ناچیز می‌تواند از اختلاف در مشخصات محرک شامل تفاوت در نوع محرک و یا تعداد افراد مورد بررسی ناشی شده باشد. در مطالعه حیوانی Hsu و همکاران(۲۰۰۸) نیز نتایج غیرطبیعی VEMP به‌دنبال قرار گرفتن در معرض نویز مداوم، گزارش شد(۱۹). وی و همکارانش برای ایجاد کم شنوایی دائمی، خوکچه‌های هندی را به‌مدت ۴۰ ساعت در معرض نویز با سطح شدت ۱۱۵ دسی‌بل peSPL قرار دادند. در این مطالعه، پاسخ VEMP در ۸۳ درصد از گوش‌ها در ۱۰ روز بعد از قرارگیری در معرض نویز، مشاهده نگردید. یک ماه بعد از قرار گرفتن در معرض نویز، در ارزیابی مورفولوژیک، گسیختگی یا آتروفی اجسام سلولی سلول‌های مویی ماکولای ساکول؛ برای مثال به‌صورت جدایی یا فاصله افتادن سلول‌های مویی از نورواپی‌تلیوم، گزارش گردید. از بُعد زیرساختاری نیز به کاهش واکوئل‌ها یا از بین رفتن هسته در بسیاری از سلول‌های مویی نوع I اشاره شد(۱۹). با توجه به مطالبی که ذکر شد به نظر می‌رسد قرار گرفتن در معرض نویزهای با شدت بالا، به بخش تحتانی گوش داخلی (Pars Inferior) که شامل ساکول و حلزون است، آسیب می‌رساند و با ثبت پتانسیل‌های عضلانی برانگیخته دهلیزی که از ساکول نشأت می‌گیرد، می‌توان این نتایج غیرطبیعی را مشاهده

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-30]

نمود.

در پژوهش حاضر، با انجام آزمون کالریک تفاوت درصد ضعف طرفی بین گروه هنجار و افراد مبتلا به NIHL قابل توجه نبود. تحلیل این یافته به این معنا نیست که قرار گرفتن در معرض نویز با شدت بالا نمی‌تواند بر مجرای نیم‌دایره افقی که توسط آزمون کالریک بررسی می‌شود، بی‌تأثیر باشد. زیرا در کم شنوایی ناشی از نویز، آسیب وارده به‌صورت تدریجی و معمولاً دوطرفه اتفاق می‌افتد. بنابراین اختلال تعادلی هم به‌همین ترتیب ایجاد می‌شود. علاوه بر این فرمول ضعف طرفی در ارزیابی بیماران با اختلالات دهلیزی محیطی دوطرفه کمتر قابل استفاده است. زیرا پاسخ‌های کالریک در دو طرف کاهش می‌یابد. از آنجاکه محدوده مقادیر حداکثر فاز کند وسیع است، بنابراین، ممکن است مقدار حداکثر فاز کند بیمار آن‌قدر کاهش نیابد که در محدوده غیرطبیعی قرار گیرد(۲۰). نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعه Shupak(۶) هم‌خوانی دارد. وی در مطالعه خود، ۲۲ نفر از کارمندان نیروی دریایی ۱۸ تا ۴۰ سال دچار NIHL و ۲۱ نفر از گروه شاهد را با آزمایش‌های ENG و شتاب هماهنگ یکنواخت (Smooth Harmonic Acceleration: SHA) مورد بررسی قرار داد. ضعف طرفی و برتری جهتی بین دو گروه تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، اما سرعت فاز کند هر کدام از ۴ تحریک کالریک در گروه مورد مطالعه نسبت به افراد شاهد، پایین‌تر بود. اما این اختلاف از جنبه آماری، معنی‌دار نبود. با این حال با در نظر گرفتن معیار ضعف طرفی(۱۴)، در حدود یک پنجم افراد دچار NIHL، ضعف طرفی در محدوده غیرطبیعی قرار داشت. این یافته با نتایج بررسی‌های مشابه هم‌سویی دارد. به‌طوری‌که در مطالعه Wang و همکاران(۲۰۰۱)، تأثیر نویز کارخانه پتروشیمی "Yansan" بر دستگاه شنوایی و دهلیزی ۵۱ نفر از کارگران مورد بررسی قرار گرفت و کم شنوایی در ۵۹ درصد از کارگران گزارش گردید. در ارزیابی دستگاه دهلیزی با انجام آزمایش کالریک، در بیش از ۱۷/۴ درصد از افراد دچار کم شنوایی، ضعف طرفی و کاهش سرعت فاز کند مشاهده گردید(۱۱). به‌همین ترتیب Oosterveld و همکاران(۱۹۸۲)، ۲۹ نفر از تکنسین‌های هواپیمایی دچار کم شنوایی ناشی از نویز را با آزمایش ENG بررسی نمودند. در کل، در ۲۸ درصد از افراد، پاسخ کالریک کاهش یافته مشاهده شد(۱۲). Xu و همکاران(۲۰۰۸) نیز در مطالعه خود، میزان ضعف طرفی را در ۲۰ درصد افراد مبتلا به کم شنوایی ناشی از نویز به‌دست آوردند(۱۳). در بررسی Wang و همکاران(۲۰۰۷)، در ۴۵ درصد از افراد، درصد ضعف طرفی در محدوده غیرطبیعی قرار داشت(۵). مغایرت این مطالعه با بررسی حاضر می‌تواند به‌دلیل محاسبه یک‌طرفه ضعف طرفی در مطالعه Wang باشد که روشی غیرمرسوم است و مقادیر استاندارد را نمی‌توان برای افتراق موارد هنجار از ناهنجار استفاده کرد، و از این رو لزوماً به هنجاریابی نیاز دارد که در این مطالعه مد نظر نبوده است. بنابراین در مجموع به نظر می‌رسد احتمال این‌که درصد ضعف طرفی در افراد مبتلا به کم شنوایی ناشی از نویز در محدوده غیرطبیعی قرار گیرد، پایین است، و این امر می‌تواند به‌دلیل آسیب دوطرفه‌ای باشد که در این افراد به‌دنبال قرارگیری در معرض نویز در دستگاه دهلیزی ایجاد می‌شود.

در مطالعه حاضر، بین شدت کم شنوایی با درصد ضعف طرفی، زمان نهفتگی امواج p13 و n23 و دامنه p13_n23، ارتباط چشم‌گیری به‌دست نیامد. در مطالعه Wang و همکاران(۵)، ارتباط میزان کم شنوایی در فرکانس ۴ کیلوهرتز به تفکیک با زمان‌های نهفتگی و دامنه، مورد بررسی قرار نگرفت، و تنها به ارتباط معنی‌دار بین نتایج کلی آزمون VEMP با شدت کم شنوایی در فرکانس ۴ کیلوهرتز اشاره شد. این مغایرت ممکن است به‌علت تفاوت‌هایی نظیر حجم نمونه، همگن نبودن افراد نمونه و شرایط مختلف انجام مطالعه باشد.

از سوی دیگر در این مطالعه، بین درصد ضعف طرفی با شدت کم شنوایی در فرکانس ۴ کیلوهرتز ارتباطی مشاهده نشد. این نتیجه به یافته‌های مطالعات دیگر(۵،۱۳ـ۱۱) نزدیک است. البته قابل ذکر است که در این مطالعات، نتیجه به‌صورت کلی‌تری بیان شده بود به‌طوری‌که ارتباط شدت کم شنوایی با نتایج آزمون‌های الکترونیستاگموگرافی مورد بررسی قرار گرفته بود. با این حال، در مطالعه Shupak(۶) در زیر مجموعه‌ای از گروه NIHL

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-30]

که شامل ۱۲ نفر با کم شنوایی بیش از ۴۰ دسی‌بل در یکی از فرکانس‌های ۳ تا ۶ کیلوهرتز در حداقل یکی از گوش‌ها بودند، بین میزان کم شنوایی فرکانس‌های بالا (۴،۳و۶ کیلوهرتز) در هر گوش با درصد ضعف طرفی ارتباط معنی‌داری مشاهده شد. به نظر می‌رسد آن‌چه بیشتر از شدت کم شنوایی بر روی نتایج کالریک و درصد ضعف طرفی اثر می‌گذارد، عدم تقارن کم شنوایی بین دو گوش است. با این حال، این موضوع به مطالعات بیشتری نیازمند است.

در مطالعه حاضر سرگیجه چرخشی و عدم تعادل در نزدیک به یک پنجم افراد گروه NIHL مشاهده شد. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های مطالعات مشابه در این رابطه هم‌خوانی دارد(۲۱). شیوع پایین علائم بالینی در افراد مبتلا به کم شنوایی ناشی از نویز می‌تواند به‌دلیل پدیده جبران مرکزی و قرینه بودن اختلالات تعادلی در این افراد باشد. این امر باعث می‌شود تا سرگیجه و عدم تعادل در آنان به‌صورت علامت تحت بالینی در آید. شدت علائم سرگیجه به‌دنبال آسیب به دستگاه دهلیزی به چند عامل از جمله وسعت آسیب، یک‌طرفه یا دوطرفه بودن و سرعت آسیب عملکردی بستگی دارد. بیمارانی که عملکرد دهلیزی خود را به‌صورت دوطرفه و به‌تدریج از دست می‌دهند، معمولاً شکایتی از سرگیجه و گیجی ندارند، بلکه این افراد در هنگام حرکت سر، اجسام ثابت را به‌صورت شناور می‌بینند (Oscillopsia) و در حین راه رفتن ثبات ندارند (این حالت‌ها به‌ترتیب ناشی از کم شدن رفلکس‌های دهلیزی- چشمی و دهلیزی- نخاعی می‌باشد)، مگر این‌که آسیب وارده غیرقرینه باشد یا یک گوش را درگیر کند و سپس به گوش دیگر آسیب وارد شود که در این حالت فرد دچار سرگیجه می‌گردد(۲۲). در کم شنوایی ناشی از نویز، آسیب وارده به‌صورت تدریجی و معمولاً دوطرفه است. بنابراین، در صورت ایجاد اختلال تعادلی انتظار می‌رود که آن نیز به‌همین ترتیب ایجاد شود و اینکه اغلب این افراد دچار سرگیجه نباشند. با این حال، بنابر شواهد موجود، این احتمال وجود دارد که با افزایش سن، با وجود نبود علایم عینی، به مرور آسیب دستگاه دهلیزی در این افراد پیشرفت کرده و سرگیجه‌ای آشکار را باعث شود. این امر، از جمله تأثیرات مواجهه طولانی مدت با نویز ناشی از محیط‌های صنعتی است که کم‌تر به آن پرداخته شده است(۱۲).

در این مطالعه بین سرگیجه با نتایج آزمون کالریک ارتباط بارزی دیده نشد. این موضوع تنها در مطالعه‌ی Xu و همکاران، مورد بررسی قرار گرفته بود و بین علائم دستگاه دهلیزی با نتایج آزمون‌های دهلیزی ارتباط بارزی دیده شد(۱۳). قابل ذکر است که در این مطالعه، به‌طور جداگانه رابطه بین نتیجه آزمون کالریک با سرگیجه بررسی نشده بود و این ارتباط به‌صورت کلی بیان گردید. همچنین، بین نتایج آزمون VEMP با سرگیجه، ارتباط قابل توجهی به‌دست نیامد. قابل ذکر است که تاکنون، در این زمینه مطالعه‌ای صورت نگرفته است. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که نتایج آزمون‌های VEMP و کالریک در کم شنوایی ناشی از نویز حتی بدون وجود علائم سرگیجه می‌تواند ناهنجار باشد.

همان‌طور که بیان شد در این مطالعه در بیش از نیمی از گوش‌های افراد دچار NIHL، آزمون VEMP نتایج ناهنجار نشان داد. در حالی‌که در آزمون کالریک که مجرای نیم‌دایره افقی و عصب دهلیزی فوقانی را بررسی می‌کند تنها در یک پنجم افراد، نتیجه ناهنجار به‌دست آمد. این تفاوت می‌تواند از عواملی چون مجاورت آناتومیکی ساکول به صفحه پایه استخوان رکابی(۱۸)، سدهای غشایی(۲۳)، حساسیت بالای ساکول به صوت(۱۶و۱۸)، تغذیه مشترک ارگان‌های انتهایی حلزون و بخش اعظمی از ساکول از طریق شریان مشترک حلزونی(۲۴) باشد.

در مجموع، با در نظر گرفتن نتایج ناهنجار آزمون‌های کالریک و VEMP با یکدیگر در افراد مبتلا به NIHL، در حدود ۷۵ درصد افراد، نتایج ناهنجار مشاهده می‌شود. بنابراین، با استفاده از دو آزمایش VEMP و کالریک می‌توان اطلاعات جامع‌تری از تمامیت ساختارهای دهلیزی در ارتباط با نویز به‌دست آورد، به‌طوری که تحلیل توأم یافته‌های این دو آزمایش، حساسیت آزمون در شناسایی افراد دچار اختلالات تعادلی را افزایش می‌دهد(۹و۲۵).

در بررسی حاضر، با توجه به شرایط مطالعه و نیاز به سوابق کاری افراد نمونه، برخی محدودیت‌ها و مشکلات پیش روی بود که از آن جمله می‌توان به دشواری هماهنگی‌های متعدد برای

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-30]

یافتن کارگران واجد شرایط مطالعه، عدم حضور بعضی از کارگران در محل آزمایشگاه، و هماهنگی رفت و آمد گروه‌های مختلف کارگران از محل کارخانه تا محل دانشگاه اشاره نمود.

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان می‌دهد که در کم شنوایی ناشی از نویز علاوه بر آسیب به بخش شنوایی، احتمال آسیب به بخش دهلیزی نیز وجود دارد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر به نظر می‌رسد که بخش تحتانی از احتمال آسیب‌پذیری بیش‌تری برخوردار است. اما از آن‌جاکه آسیب وارده به‌صورت دوطرفه و تدریجی است، کم‌تر از سرگیجه شکایت می‌شود. این امر نشان‌دهنده توانایی دستگاه عصبی مرکزی در جبران اختلالات دهلیزی محیطی و قرینه بودن اختلالات تعادلی در این افراد است.

یافته‌های این مطالعه می‌تواند در توسعه کاربرد ارزیابی های دهلیزی در افراد مبتلا به کم شنوایی ناشی از نویز و مشاوره در زمینه استفاده از وسایل حفاظت شنوایی در محیط‌های صنعتی و نظامی با سطوح بالای نویز با هدف پیشگیری از بروز اختلالات شنوایی و دهلیزی مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی، مطالعات مشابهی با حجم نمونه بیشتر و همگن‌تر و همچنین با استفاده از دیگر آزمون‌های دهلیزی صورت گیرد تا بتوان از نتایج مجموع آزمون‌ها، برای تفسیر بالینی دقیق‌تر استفاده نمود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از جناب آقای بنایی، جناب آقای تاجیک و آقای داننده به جهت مساعدت‌هایشان در انجام این مطالعه تقدیر و تشکرمی‌گردد.

REFERENCES

1. El Dib RP, Atallah AN, Andriolo RB, Soares BG, Verbeek J. A systematic review of the interventions to promote the wearing of hearing protection. Sao Paulo Med J. 2007;125(6):362-9.
2. Krishnamurti S. Sensorineural hearing loss associated with occupational noise exposure: effects of age-corrections. Int J Environ Res Public Health. 2009;6(3):889-99.
3. Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, Fingerhut M. The global burden of occupational noise-induced hearing loss. Am J Ind Med. 2005;48(6):446-58.
4. Goines L, Hagler L. Noise pollution: a modem plague. South Med J. 2007;100(3):287-94.
5. Wang YP, Young YH. Vestibular-evoked myogenic potentials in chronic noise-induced hearing loss. Otolaryngol Head Neck Surg. 2007;137(4):607-11.
6. Shupak A, Bar-El E, Podoshin L, Spitzer O, Gordon CR, Ben-David J. Vestibular findings associated with chronic noise induced hearing impairment. Acta Otolaryngol. 1994;114(6):579-85.
7. Golz A, Westerman ST, Westerman LM, Goldenberg D, Netzer A, Wiedmyer T, et al. The effects of noise on the vestibular system. Am J Otolaryngol. 2001;22(3):190-6.
8. Ylikoski J. Impulse noise induced damage in the vestibular end organs of guinea pig. A light microscopic study. Acta Otolaryngol. 1987;103(5-6):415-21.
9. Hall JW. New handbook of auditory evoked responses. Boston: Allyn and Bacon; 2007.
10. Desmonds A. Vestibular function: Evaluation and treatment. 1st ed. New York: Thieme Medical Publishers Inc.; 2004.
11. Wang H, Jiang Z, Duan C, Wang Z, Jiang Z, Feng B, et al. [Study on the working noise in BYPC and the effects caused by working noise on the workers' vestibular and auditory function]. Lin Chuang Er Bi Yan Hou Ke Za Zhi. 2001;15(4):176-8 [Chinese].

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-30]

12. Oosterveld WJ, Polman AR, Schoonheyt J. Vestibular implications of noise-induced hearing loss. Br J Audiol. 1982;16(4):227-32.
13. Xu J, Huang WN, Gao B, Zhou JM. [Vestibular pathology associated with noise-induced inner ear impairment]. Zhongguo Yi Xue Ke Xue Yuan Xue Bao. 2008;30(6):639-42 [Chinese].
14. Vanspauwen R, Wuyts FL, Van de Heyning PH. Improving vestibular evoked myogenic potential reliability by using a blood pressure manometer. Laryngoscope. 2006;116(1):131-5.
15. Wuyts FL, Furman J, Vanspauwen R, Van de Heyning P. Vestibular function testing. Curr Opin Neurol. 2007;20(1):19-24.
16. Halmagyi GM, Curthoys IS, Colebatch JG, Aw ST. Vestibular responses to sound. Ann N Y Acad Sci. 2005;1039:54-67.
17. Sohmer H, Elidan J, Plotnik M, Freeman S, Sockalingam R, Berkowitz Z, et al. Effect of noise on the vestibular system - Vestibular evoked potential studies in rats. Noise Health. 1999;2(5):41-52.
18. Jacobson GP, McCaslin DL. The vestibular evoked myogenic potentials and other sonomotor evoked potentials. In: Burkard FB, Eggermont JJ, Don M, editors. Auditory evoked potentials: basic principles and clinical application. 1st ed. Baltimore: Lippincott Wiliams & Wilkins; 2006.p. 572-98.
19. Hsu WC, Wang JD, Lue JH, Day AS, Young YH. Physiological and morphological assessment of the saccule in Guinea pigs after noise exposure. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 2008;134(10):1099-106.
20. Baloh RW, Honrubia V. Clinical neurophysiology of the vestibular system. 3rd ed. New York: Oxford University Press. 2001.
21. Ogido R, Costa EA, Machado Hda C. [Prevalence of auditory and vestibular symptoms among workers exposed to occupational noise]. Rev Saude Publica. 2009;43(2):377-80 [Portuguese].
22. Baloh RW. Normal and abnormal balance, In: Luxon L. Textbook of audiological medicine: clinical aspects of hearing and balance. 1st ed. London: Martin Donitz; 2003. p. 773-81.
23. Hara M, Kimura RS. Morphology of the membrana limitans. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1993;102(8 Pt 1):625-30.
24. Kopke RD, Coleman JKM, Lio J. Mechanism of noise-induced hearing loss and otoprotective strategies. In: Van De Water T, Staecker H, editors. Otolaryngology, Basic science and clinical review. 1st ed. New York: Thieme Medical Publishers; 2006. p. 395-408.
25. Zapala DA, Brey RH. Clinical experience with the vestibular evoked myogenic potential. J Am Acad audiol. 2004;15(3):198-215.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-30]