

Original article

Investigating the Effect of Low-frequency Noise on Cognitive Performance and Physiological Responses: An Experimental Study

Siavash Etemadinezhad¹
Jamshid Yazdani-Charati²
Seyed Ehsan Samaei¹
Sedighe Jafarimanesh¹
Solale Ramezani^{3*}

1. Department of Occupational Health, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
2. Department of Biostatistics, Health Sciences Research Center, Addiction Institute, Mazandaran University of Medical
3. MSc in Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

*Corresponding author: Solale Ramezani, MSc in Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

Email: solale.ramzany@gmail.com

Received: 03 February 2024

Accepted: 07 April 2024

ABSTRACT

Introduction and purpose: Noise is one of the most harmful physical factors in workplaces in both developed and developing countries. Still, low-frequency noise has not received enough attention, and the current regulations on its control are inadequate. To address this issue, the present study was conducted to examine the physiological response and cognitive functions of individuals before and after exposure to low-frequency noise.

Methods: This study was conducted in the solar year 1401 and involved 40 students from Mazandaran University of Medical Sciences. Low-frequency noise with a level of 65 dB A was played for one hour. The patients' heart rates, blood pressure, and core temperatures were collected before and after exposure to low-frequency noise. Moreover, the continuous performance test was used to examine their cognitive performance. The data was analyzed using the Friedman and Voilcoxon tests in SPSS 25 software.

Results: Low-frequency noise adversely impacted individual cognitive performance, increasing response error, omission error, and reaction time. However, according to the Wilcoxon test, only the increase in reaction time was statistically significant ($P < 0.05$). Additionally, there was no significant difference in the individual's physiological indicators before and after exposure ($P > 0.05$).

Conclusion: Exposure to low-frequency noise generates greater discomfort than background noise with the same intensity level and has adverse effects on the individual's performance. Thus, the adverse effects of low-frequency noise are particularly significant in workstations that require mental processing of information and specific attention, such as control rooms and offices.

Keywords: Cognitive performance, CPT test, Blood pressure, Low-frequency noise

► **Citation:** Etemadinezhad S, Yazdani-Charati J, Samaei SE, Jafarimanesh S, Ramezani S. Investigating the Effect of Low-frequency Noise on Cognitive Performance and Physiological Responses: An Experimental Study. Journal of Health Research in Community. Summer 2024;10(2): 1-11.

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر صدا با فرکانس پایین بر عملکرد شناختی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی: یک مطالعه‌ی شبیه‌سازی شده

چکیده

سیاوش اعتمادی نژاد^۱
جمشید یزدانی چراتی^۲
سید احسان سمایی^۱
صدیقه جعفری منش^۱
سلاله رمضانی^{۳*}

مقدمه و هدف: صدا یکی از مهم‌ترین عوامل فیزیکی زیان‌آور در محیط‌های کاری در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه محسوب می‌شود. این در حالی است که به صدای کم‌فرکانس توجه کمتری شده است و قوانین موجود درباره‌ی کنترل آن نیز رضایت‌بخش نیست؛ لذا مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی عملکردهای شناختی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی دانشجویان قبل و بعد از مواجهه با صدای کم‌فرکانس انجام شد.

روش کار: این پژوهش درباره‌ی ۴۰ نفر از دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی مازندران در سال ۱۴۰۱ انجام شد. صدایی با طیف فرکانسی پایین با تراز ۶۵ (dB A) به مدت یک ساعت برای داوطلبان پخش شد. عملکرد شناختی افراد با استفاده از آزمون عملکرد پیوسته بررسی شد. همچنین، پاسخ فیزیولوژیک افراد شامل ضربان قلب، فشارخون و دمای عمقی بدن قبل و بعد از مواجهه با صدای کم‌فرکانس ثبت شد. داده‌ها با استفاده از آزمون فریدمن و ویلکا کسون در نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۵ تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: مواجهه با صدای کم‌فرکانس به‌طور منفی بر عملکردهای شناختی افراد تأثیرگذار بوده است؛ به‌گونه‌ای که خطای ارائه‌ی پاسخ، خطای حذف و زمان واکنش سیر صعودی داشته‌اند. این در حالی است که بر اساس آزمون ویلکا کسون، تنها بیشتر شدن زمان واکنش از نظر آماری معنادار است. همچنین، تفاوت معناداری میان شاخص‌های فیزیولوژیک افراد قبل و بعد از مواجهه مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: مواجهه با صدای کم‌فرکانس موجبات ناراحتی بیشتری را نسبت به صدای زمینه با تراز شدت یکسان فراهم می‌آورد و تأثیرات منفی روی کارایی انسان می‌گذارد؛ بنابراین، تأثیرات منفی صدای کم‌فرکانس در پست‌های کاری که به پردازش ذهنی اطلاعات و توجه خاص نیاز دارند، به‌ویژه در اتاق‌های کنترل و دفاتر، از اهمیت بسزایی برخوردار است.

کلمات کلیدی: عملکرد شناختی، آزمون عملکرد پیوسته، فشارخون، صدای کم‌فرکانس

۱- گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲- گروه آمار زیستی، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، پژوهشکده‌ی اعتیاد، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۳- کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری ایران

* نویسنده مسئول: سلاله رمضانی، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری ایران

Email: solale.ramzany@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۹

مقدمه

صدا یکی از اصلی‌ترین عوامل زیان‌آور فیزیکی در محیط‌های کاری در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه شناخته می‌شود

[۱]. تماس بیش از اندازه با صدا به ایجاد اختلالات فیزیولوژیک، استرس، افزایش خطر ابتلا به افسردگی و اختلالات رفتاری، تغییر در میزان هورمون‌ها و نقص سیستم ایمنی منجر می‌شود [۲]. مطالعات زیادی درباره‌ی اثرات صدا صورت گرفته است که اغلب آن‌ها حاکی از اثرات منفی صدا بر سلامت‌اند [۳، ۴]. به‌طور کلی، اثرات نامطلوب صدا به سه دسته‌ی اثرات ذهنی، تداخل با فعالیت‌ها و اثرات فیزیولوژیکی تقسیم می‌شود [۵]. در بیشتر تحقیقات اثر تراز صدا مطرح شده و درباره‌ی نوع فرکانس صدا یا صدای کم‌فرکانس تحقیقات اندکی صورت پذیرفته است. سازمان جهانی بهداشت یکی از سازمان‌هایی است که از صدای کم‌فرکانس به‌عنوان یکی از معضلات محیطی یاد کرده است. تراز این گونه اصوات، عموماً خیلی بالا نیست و معمولاً در محدوده‌ی آستانه‌ی شنوایی افراد قرار دارد، بااین حال شکایات فراوانی از وجود این گونه اصوات در محیط‌های گوناگون شده است [۶]. بسیاری از پژوهشگران صدای کم‌فرکانس را به‌صورت صدایی با باند پهن و در محدوده‌ی فرکانسی ۲۰ الی ۲۰۰ هرتز یا ۱۰ الی ۲۵۰ هرتز تعریف کرده‌اند [۷، ۸]. تفاوت ویژه‌ی این صدا با صداهای معمول در این است که مواجهه با صدای کم‌فرکانس، علاوه بر محیط‌های صنعتی، در محیط‌های عمومی نیز وجود دارد. این صدا معمولاً توسط منابعی نظیر دستگاه‌های تهویه، پمپ‌ها، کمپرسورها، موتورهای دیزلی، توربین‌های گازی و وسایل ترابری تولید می‌شود. به همین دلیل، این صدا علاوه بر محیط‌های صنعتی، نظیر اتاق‌های کنترل، در مناطق مسکونی، اداری و... نیز وجود دارد [۹، ۱۰].

مطالعات نشان می‌دهند که در بسیاری از اماکن شغلی که از صدای محیط کار خود شکایت دارند، می‌توان شاهد تأثیر صدا بر عملکرد ذهنی بود. صدا یکی از مهم‌ترین مسائل محیط‌های کاری و از جمله دفاتر اداری است که صدای آن‌ها به‌ندرت از ۷۰ دسی‌بل تجاوز می‌کند [۷، ۱۱]. این در حالی است که در مقایسه با اصوات با فرکانس بالا، به صدای کم‌فرکانس توجه کمتری

شده است و قوانین موجود درباره‌ی کنترل آن نیز رضایت‌بخش نیست [۱۰]. شرایط جدید شغلی کارکنان در اتاق‌های کنترل و دفاتر سبب ایجاد تغییراتی در نیازمندی‌های شغلی، شامل کار در محدوده‌ی وسیع با رایانه، پردازش مقادیر فراوانی از اطلاعات و نیاز به دقت ویژه شده است. بااین حال، تحقیقات بسیار کمی درباره‌ی تأثیر صدای کم‌فرکانس بر عملکرد ذهنی در این گونه از مشاغل صورت گرفته است [۱۲].

از مهم‌ترین تأثیرات صدای کم‌فرکانس بر انسان می‌توان به خستگی، مشکل در تمرکز و احساس فشار در سر و پلک‌ها اشاره کرد. در بسیاری از مشاغل جدید، فرد ضمن پردازش بالای اطلاعات، به دقت ویژه‌ی نیاز دارد و ممکن است با وضعیت پیش‌بینی‌ناپذیر مواجه شود. در چنین مشاغلی، عملکرد صحیح ذهنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که صدای کم‌فرکانس می‌تواند بیشترین تأثیر را بر آن داشته باشد [۶]. صدا یک عامل استرس‌زای محیطی است و در ترکیب با سایر عوامل استرس‌زا می‌تواند باعث ایجاد یا تشدید اختلالات روانی شود و حتی تحت شرایط خاص می‌تواند کارایی را تحت تأثیر قرار دهد، تا جایی که who حوادث را یکی از شاخص‌های کاهش عملکرد ناشی از صدا می‌داند و صدای کم‌فرکانس محیط را عامل مستقیم اختلالات ذهنی می‌شناسد و چنین فرض می‌کند که صدا یکی از عوامل تسریع‌کننده و تشدیدکننده‌ی اختلالات ذهنی نهفته است [۱۳، ۱۴].

اثر صدا بر عملکرد شغلی یکی از موضوعات بحث‌برانگیز در میان پژوهشگران بوده است [۱۵، ۱۶]. علی‌رغم مطالعات فراوانی که درباره‌ی تأثیر صدای کم‌فرکانس بر عملکرد شناختی انجام شده است، نتایج ضدونقیض است و هنوز نتایج قطعی و ثابتی مشاهده نشده است [۷]. نتایج برخی از مطالعات نشان داده‌اند که صدای کم‌فرکانس، علاوه بر اینکه تأثیر منفی بر عملکرد افراد ندارد، می‌تواند سرعت عملکرد را هم بهبود بخشد [۱۷]. همچنین، نتایج برخی از مطالعات نشان می‌دهد که صدا با فرکانس پایین ممکن

است تأثیر منفی بر عملکرد شناختی افراد داشته باشد [۱۸]. مطالعات متعددی در زمینه تأثیر صدای کم فرکانس بر عملکردهای فیزیولوژیک انجام شده است [۲۰، ۱۹]. نتایج مطالعات نشان داده است که افزایش ضربان قلب در حالت استراحت ارتباط مستقیمی با افزایش تراز صوت دارد. همچنین، اختلاف در تغییرات ضربان قلب در قبل و بعد از مواجهه با صدا معنی دار گزارش شده است [۲۱]. این در حالی است که در گزارشی دیگر، ارتباط مستقیم و معنی داری بین مواجهه با صدا و تغییرات فشارخون سیستمیک و دیاستولیک به همراه ضربان قلب گزارش نشده است [۱۹].

با توجه پراکندگی و نتایج متناقض گزارش شده در این زمینه و نقش تأثیرگذار عوامل مداخله گر در این ارتباط و تأثیرات متفاوت فیزیولوژیکی و روانی صدا بر انسان، مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی تغییرات پارامترهای فیزیولوژیکی (دمای عمقی بدن، ضربان قلب، فشار دیاستولیک، فشار سیستمیک) و عملکردهای شناختی قبل و بعد از مواجهه با صدای کم فرکانس با شبیه سازی محیط واقعی در آزمایشگاه انجام شد.

روش کار

این پژوهش نیمه تجربی و مداخله‌ای در مقطع زمانی نیم سال اول سال ۱۴۰۱ درباره‌ی دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی مازندران انجام شد. جلسات به صورت تصادفی در ۵ روز متوالی در ساعت ۹ الی ۱۱ صبح برگزار شد. تمام آزمایش‌ها در آزمایشگاه ارگونومی محیطی و در یک اتاق با شرایط آکوستیکی و جوی کنترل شده صورت گرفت. حجم نمونه با استفاده از نتایج مطالعات قبلی و با در نظر گرفتن سطح معناداری ۵ درصد، توان آزمون ۸۰ درصد و دقت ۳/۵ واحدی، برابر با ۳۸ نمونه برآورد شد که به منظور افزایش اطمینان، تعداد کل ۴۰ نفر در نظر گرفته شد [۲۲، ۱۸]. جامعه‌ی آماری مطالعه‌ی حاضر دانشجویان دانشکده‌ی بهداشت دانشگاه علوم پزشکی مازندران بودند که به روش نمونه گیری دردسترس

انتخاب شدند. شرایط ورود افراد به مطالعه به منظور حذف عوامل مخدوش کننده تا حد امکان، شامل قرار داشتن در محدوده‌ی سنی ۲۰ تا ۳۰ سال، برخورداری از سلامت شنوایی (داشتن افت شنوایی کمتر از ۲۵ دسی بل) و نداشتن سابقه‌ی مصرف داروهای خاص بود. سپس، هدف از مطالعه برای افراد توضیح داده شد و افراد، داوطلبانه برای شرکت در مطالعه حاضر شدند. به منظور حذف عوامل مداخله گر، قبل از انتخاب نمونه‌ها، از آنان تست ادیومتری صورت گرفت. در هر مرحله از شرکت کنندگان خواسته شد تا یک ساعت قبل از آزمون از نوشیدن چای، قهوه، شکلات و نوشیدنی‌های کافئین دار خودداری کنند. همچنین، افرادی که از داروهای خاص، محرک و استروئیدی استفاده می کردند، از مطالعه کنار گذاشته شدند. اطلاعات فردی و سوابق بیماری به وسیله‌ی مصاحبه جمع آوری شد و در صورت نداشتن معیار ورود به مطالعه، فرد مدنظر از جامعه‌ی تحت بررسی خارج شد. همچنین، از داوطلبان خواسته شد که در شب قبل، خواب کامل ۸ ساعته داشته باشند.

محیط آزمایش

به منظور طراحی مواجهه با صوت مطابق با شرایط کاری، تمامی آزمایش‌ها در اتاقک آکوستیک با ابعاد ۳×۲ متر با دمای ۲۳ درجه‌ی سانتی گراد، رطوبت ۵۰ درصد و روشنایی ۴۰۰ لوکس صورت گرفت. محیط آزمایش شامل یک ایستگاه کاری متشکل از میز، صندلی و رایانه بود. همچنین، جنس سطوح داخلی محیط آزمایش، دیوارها و سقف از پنل SX-۸ بود. به منظور بررسی شرایط آکوستیکی آزمایشگاه و جلوگیری از تداخل صداها، محیطی بیرون آزمایشگاه با صداها تولید شده، در حالت صدای زمینه آنالیز فرکانسی انجام شد و نتایج مشخص کرد که تراز فشار صدا در شبکه A در محدوده‌ی شرایط آسایش آکوستیک قرار دارد. به منظور سنجش شرایط محیطی از نظر شرایط گرمایی، از دستگاه سنجش دمای تر گوی سان

اتاقک، بلندگو به گونه‌ای تنظیم شد که در یک ساعت پخش صدا، تراز معادل صدا برابر با 65 ± 1 در شبکه‌ی A باشد. به‌منظور حصول اطمینان از این مقدار، تراز معادل صدا با دستگاه صداسنج ۴۵۰-Casella CEL اندازه‌گیری شد [۲۵].

پس از ورود فرد به آزمایشگاه، ۱۵ دقیقه به فرد استراحت داده شد تا بدن وی به سیکل طبیعی بازگردد. سپس فرد به مدت یک ساعت در محیط آزمایش در معرض مواجهه با صدای کم‌فرکانس قرار گرفت. آزمون‌های عملکرد شناختی ۱۰ دقیقه به طول انجامید که آزمودنی از دقیقه‌ی ۴۵ تا ۵۰ به آن‌ها پاسخ داد.

آزمون عملکرد پیوسته (Continuous Performance Test)

قبل از انجام مطالعه، همه‌ی افراد در چندین جلسه برای آشنایی با روش کار و نحوه‌ی انجام آزمون‌های شناختی شرکت کردند. آموزش انجام تست‌های شناختی تا زمانی ادامه یافت که افراد، بدون کمک آزمایشگر، به‌تنهایی می‌توانستند آزمون‌های ذکر شده را انجام دهند. پس از ۴۵ دقیقه مواجهه با صدای کم‌فرکانس در اتاقک مواجهه، از افراد آزمون شناختی عملکرد پیوسته گرفته شد. هدف اصلی این آزمون سنجش توجه پایدار، سنجش کنترل تکانه یا تکانشگری است. تاکنون فرم‌های مختلفی از آزمون عملکرد پیوسته برای اهداف درمانی و پژوهشی تهیه شده است و در تمام فرم‌ها، آزمودنی باید برای مدتی توجه خود را به یک مجموعه‌ی محرک نسبتاً ساده‌ی دیداری یا شنیداری معطوف کند و هنگام ظهور محرک هدف، با فشار یک کلید، پاسخ خود را ارائه دهد [۲۶]. در فرم فارسی آزمون، ۱۵۰ عدد یا تصویر فارسی به‌عنوان محرک وجود دارد و از این تعداد، ۳۰ محرک (۲۰ درصد) به‌عنوان محرک هدف و ۸۰ درصد باقی‌مانده به‌عنوان محرک غیرهدف در نظر گرفته می‌شود. مدت‌زمان ارائه‌ی هر محرک دو‌یست‌هزارم ثانیه و فاصله‌ی بین دو محرک یک ثانیه است. در این آزمون، برنامه‌ی رایانه‌ای این دو نوع خطا را می‌شمارد و علاوه

دیجیتال (مارک REED، مدل R۶۲۰۰) استفاده شد که دقتی در حدود یک‌دهم درجه‌ی سلسیوس داشت. شرایط محیطی در شرایط آسایش حرارتی و معادل با دمای تر گوی سان ۱۸ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ درصد بدون وجود جریان هوای مزاحم ثابت نگه داشته شد [۲۳].

اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیکی

قبل از ورود شرکت‌کنندگان به اتاقک و مواجهه با عوامل مداخله‌گر، پس از استراحت ۱۰ الی ۱۵ دقیقه‌ای به‌منظور انطباق با محیط، پاسخ‌های فیزیولوژیکی شامل دمای مرکزی بدن، ضربان قلب و فشارخون به مدت ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری و به‌عنوان پارامترهای پایه ثبت شد. سنجش دمای مرکزی بدن با استفاده از دستگاه ترمومتر دیجیتال (مارک beurer، مدل FTV۸، ساخت کشور آلمان) انجام شد. نحوه‌ی استفاده این گونه بود که قسمت اندازه‌گیری وارد کانال گوش شد و چند ثانیه پس از دریافت سیگنالی که دستگاه ارسال کرده بود، میزان دمای داخلی اندازه‌گیری شد. همچنین، برای هر فرد پد جداگانه گذاشته شد تا از نظر بهداشتی برای افراد مشکلی به وجود نیاید [۲۴].

سنجش میزان فشارخون و ضربان قلب با استفاده از دستگاه فشارسنج دیجیتالی (مارک beurer، مدل BM۱۶) انجام شد. اندازه‌گیری فشارخون، ضربان قلب و دمای مرکزی بدن در زمان استراحت و ۱۰ دقیقه‌ی پایانی مواجهه (دقیقه‌ی ۵۰ تا ۶۰) انجام شد.

پخش صدای کم‌فرکانس

صدای به‌کاررفته در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Cool edit Program و در باند فرکانسی ۱۰ الی ۲۵۰ هرتز تولید شد. این برنامه نرم‌افزاری قدرتمند برای تولید صدا در فرکانس‌های مختلف، به‌ویژه صدا با طیف فرکانسی پایین است. در هنگام پخش صدا، تراز معادل فشار صوت در کنار گوش افراد آزمایش و در جایگاه نشستن آن‌ها اندازه‌گیری شد. پیش از مراجعه‌ی افراد به

بر آن، تعداد پاسخهای صحیح و زمان واکنش آزمودنی به محرک را نیز محاسبه می‌کند. در این مطالعه، با اندازه‌گیری زمان واکنش و محاسبه‌ی تعداد خطاهای فرد در حین انجام آزمایش، درصد توجه تعیین شد. همچنین، زمان واکنش افراد در هر مرحله به‌وسیله‌ی خروجی نرم‌افزار استفاده‌شده گزارش شد. در این مطالعه، از نرم‌افزار آزمون عملکرد پیوسته استفاده شد که مؤسسه‌ی علوم شناختی سینا آن را تهیه و روایی و پایایی آن را تأیید کرده است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌ها مطابق با دستورالعمل هر آزمون، کدگذاری شد و به‌منظور آنالیزهای آماری وارد نرم‌افزار SPSS25 شد. در ابتدا به‌منظور بررسی نرمال و غیرنرمال بودن داده‌ها، از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. با استفاده از شاخص‌های آمار توصیفی، فراوانی (درصد) و میانگین (انحراف معیار)، متغیرها بررسی شدند. همچنین، از آزمون‌های آماری فریدمن و ویلکاکسون به همراه مدل خطی تعمیم‌یافته برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. سطح معناداری آماری $P < 0/05$ بود.

یافته‌ها

توزیع آزمودنی‌ها از نظر جنس، یکنواخت بوده است. ۷۶/۳ درصد از شرکت‌کنندگان مجرد و ۲۳/۷ درصد از آن‌ها متأهل بودند. بیشتر شرکت‌کنندگان این مطالعه از رشته‌های علوم بهداشتی بودند و مقطع تحصیلی اکثر شرکت‌کنندگان (۸۶ درصد) کارشناسی بود. جدول ۱ میانگین پارامترهای فیزیولوژیکی افراد را قبل و

بعد از مواجهه با صدای کم‌فرکانس نشان می‌دهد. نتایج حاصل از آزمون فریدمن نشان داد که تغییرات فشارخون سیستولیک افراد قبل و بعد از مواجهه از نظر آماری معنادار نیست. همچنین، نتایج مدل خطی تعمیم‌یافته نشان داد که میانگین پارامترهای فیزیولوژیک افراد (فشارخون دیاستولیک، ضربان قلب و دمای عمقی بدن) پس از مواجهه با صدای کم‌فرکانس تغییر معناداری نداشته است ($P > 0/05$).

شاخص‌های توصیفی مربوط به نمره‌ی عملکرد شناختی افراد، به تفکیک مراحل اجرای آزمون، در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین خطای ارائه‌ی پاسخ افراد قبل از مواجهه ($0/63 \pm 0/42$) و بعد از مواجهه ($0/88 \pm 0/63$) با صدای کم‌فرکانس و میانگین پاسخ حذف افراد قبل از مواجهه ($0/27 \pm 0/80$) و بعد از مواجهه ($0/31 \pm 0/11$) افزایش داشته است. میانگین شاخص زمان واکنش نیز از $44/39 \pm 432/55$ ثانیه به $49/44 \pm 450/08$ ثانیه افزایش یافت.

نتایج آزمون ویلکاکسون نشان داد که مواجهه‌ی افراد با صدای کم‌فرکانس به‌طور کلی تأثیرات مثبت و منفی معناداری بر شاخص‌های آزمون عملکرد شناختی نداشته است و از میان متغیرهای مربوط به آزمون عملکرد پیوسته، تنها میانگین شاخص زمان واکنش افراد بعد از مواجهه با صدای کم‌فرکانس افزایش معناداری داشته است. به عبارت دیگر، مدت زمان واکنش افراد به محرک‌های هدف پس از مواجهه با صدای کم‌فرکانس افزایش یافت. این در حالی است که ارتباط معناداری میان میانگین خطای ارائه‌ی پاسخ، پاسخ حذف و تعداد پاسخ صحیح افراد قبل و بعد از مواجهه مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۱: پروتکل زمان‌بندی آزمایش

مرحله‌ی پنجم	مرحله‌ی چهارم	مرحله‌ی سوم	مرحله‌ی دوم	مرحله‌ی اول
اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیک بعد از مواجهه	ارزیابی‌های شناختی	صدای کم‌فرکانس مواجهه با	پارامترهای فیزیولوژیک اندازه‌گیری قبل از مواجهه	استراحت به‌منظور انطباق با محیط
۱۰ دقیقه	۵ دقیقه	۴۵ دقیقه	۱۰ دقیقه	۱۵ دقیقه

جدول ۲: میانگین پارامترهای فیزیولوژیکی افراد قبل و بعد از مواجهه با صدای کم فرکانس

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار	حداکثر - حداقل	Skewness	P-value
فشارخون سیستولیک	قبل از مواجهه	۱۱۲/۵۳	۰/۴۶۶	* ۰/۷۳۱
	بعد از مواجهه	۱۱۳/۱۳	۰/۰۵۳	
فشارخون دیاستولیک	قبل از مواجهه	۷۰/۸۹	-۲/۲۹۱	*** ۰/۳۷۹
	بعد از مواجهه	۷۰/۹۷	۰/۱۷۱	
ضربان قلب	قبل از مواجهه	۸۳/۵۸	۰/۳۷۷	*** ۰/۷۵۰
	بعد از مواجهه	۸۲/۴۵	-۰/۱۸۲	
دمای عمقی	قبل از مواجهه	۳۵/۱۸	۰/۰۴۲	*** ۰/۱۶۲
	بعد از مواجهه	۳۵/۳۴	-۰/۳۷۸	

* = Friedman test

** = General liner model

بحث و نتیجه گیری

عمقی بدن، ضربان قلب، فشار دیاستولیک و فشار سیستولیک)

و عملکردهای شناختی قبل و بعد از مواجهه با صدای کم فرکانس

با شبیه سازی محیط واقعی درباره ی دانشجویان دانشگاه علوم

مطالعه ی حاضر با هدف بررسی پاسخ فیزیولوژیکی (دمای

جدول ۳: میانگین و انحراف معیار متغیرهای آزمون عملکرد پیوسته قبل و بعد از مواجهه با صدای کم فرکانس

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار	حداکثر - حداقل
خطای ارائه ی پاسخ	قبل از مواجهه	۰/۴۲ $\pm$ ۰/۶۳
	بعد از مواجهه	۰/۶۳ $\pm$ ۰/۸۸
پاسخ حذف	قبل از مواجهه	۰/۰۸ $\pm$ ۰/۲۷
	بعد از مواجهه	۰/۱۱ $\pm$ ۰/۳۱
تعداد پاسخ صحیح	قبل از مواجهه	۱۴۹/۵۰ $\pm$ ۰/۷۹
	بعد از مواجهه	۱۴۹/۵۰ $\pm$ ۱/۸۵
شاخص زمان واکنش	قبل از مواجهه	۴۳۲/۵۵ $\pm$ ۴۴/۳۹
	بعد از مواجهه	۴۵۰/۰۸ $\pm$ ۴۹/۴۴

جدول ۴: آزمون ویلکاکسون به منظور مقایسه ی تأثیرات مثبت و منفی صدای کم فرکانس بر شاخص های عملکرد شناختی

متغیر	P	Z	تأثیرات مثبت		تأثیرات منفی	
			مجموع رتبه ها	میانگین رتبه ها	مجموع رتبه ها	میانگین رتبه ها
خطای ارائه ی پاسخ قبل و بعد از مواجهه	۰/۳۰۹	-۱/۰۱ b	۱۶۹/۵۰	۱۲/۱۱	۱۰۶/۵۰	۱۱/۸۳
پاسخ حذف قبل و بعد از مواجهه	۰/۶۵۵	-۰/۴۴۷ b	۹/۰۰	۳/۰۰	۶/۰۰	۳/۰۰
تعداد پاسخ صحیح قبل و بعد از مواجهه	۰/۵۰۸	-۰/۶۶۱ a	۱۱۷/۰۰	۱۳/۰۰	۱۵۹/۰۰	۱۱/۳۶
شاخص زمان واکنش قبل و بعد از مواجهه	۰/۰۰۲	-۳/۰۸۲ b	۵۸۳/۰۰	۱۹/۴۳	۱۵۸/۰۰	۱۹/۷۵

B= based on negative rank

A= based on positive rank

پزشکی مازندران انجام شد. نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که پاسخ‌های فیزیولوژیک افراد در مواجهه با صدای کم‌فرکانس تغییرات معناداری نداشته است. walker و همکاران مطالعه‌ای با هدف بررسی تغییرات پاسخ‌های فیزیولوژیک افراد در مواجهه‌ی کوتاه‌مدت با صدا انجام دادند. در این مطالعه، افراد در معرض صدای کم‌فرکانس با شدت ۷۵ دسی‌بل قرار گرفتند. نتایج این مطالعه بیانگر آن بود که فشارخون سیستولیک و دیاستولیک افراد، پس از مواجهه با صدای کم‌فرکانس، تغییرات معناداری نداشته است. همچنین، ضربان قلب افراد پس از مواجهه با صدای کم‌فرکانس کاهش یافت [۲۷]. Sim و همکاران در مطالعه‌ی دیگری به بررسی تغییرات فشارخون افراد در مواجهه با انواع مختلفی از صدا (صدای زمینه، صدای ترافیک، صدای گفت‌وگو و ترکیبی از صدای ترافیک و گفت‌وگو) با شدت ۴۵ دسی‌بل پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که فشارخون سیستولیک و دیاستولیک افراد پس از مواجهه با انواع مختلف صدا تا حدودی افزایش یافته است؛ با این حال، این تغییرات از نظر آماری معنادار نبود [۲۸].

Liu و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی تغییرات فشارخون افراد در مواجهه با صدا با فرکانس بالا و پایین پرداختند. نتایج نشان داد که ریسک ابتلا به فشارخون بالا در افرادی که در معرض صدا با شدت بیش از ۸۵ دسی‌بل به مدت ۸ سال بودند، بیش از افرادی است که در همان مدت در مواجهه با صدایی با شدت کمتر از ۷۵ دسی‌بل بودند [۲۹]. همت‌جو و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی تأثیرات صدا با فرکانس بالا و پایین بر پاسخ‌های فیزیولوژیک در صنایع حفاری پرداختند. نتایج بیانگر آن بود که هنگام مواجهه با صدا با فرکانس بالا و پایین، پاسخ‌های فیزیولوژیکی شامل ضربان قلب، فشارخون سیستولیک، دیاستولیک و دمای عمقی بدن افزایش می‌یابد و این افزایش از نظر آماری معنادار است.

با توجه به تفاوت نتایج مطالعات به نظر می‌رسد که تعیین

تغییرات در پارامترهای فیزیولوژیک در مواجهه با صدای کم‌فرکانس امری دشوار است. این در حالی است که تفاوت‌های فردی نیز می‌تواند نقش تأثیرگذاری بر پاسخ فیزیولوژیک افراد در مواجهه با صدای کم‌فرکانس داشته باشد؛ به گونه‌ای که پاسخ‌های فیزیولوژیک افراد دارای حساسیت بالا در مقابل افراد دارای حساسیت پایین به صدای کم‌فرکانس بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد [۳۰]. در مجموع، با توجه به کنترل عوامل مداخله‌گر در این مطالعه و از طرفی، پراکندگی نتایج اخذشده در مطالعات مختلف، به نظر می‌رسد که عوامل مداخله‌گر شامل خصوصیات فیزیکی صوت (شامل مدت مواجهه، فرکانس و تغییرات میزان صوت) و کار (شامل بار کاری و نوع کار) می‌تواند اثر مضاعفی در مواجهه با صدا و پارامترهای فیزیولوژیک داشته باشد [۳۱].

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که عملکردهای شناختی افراد بعد از مواجهه با صدای کم‌فرکانس کاهش می‌یابد که در این میان، افزایش زمان واکنش افراد بعد از مواجهه با صدا از لحاظ آماری معنادار است. لوسزنکا و همکاران مطالعه‌ای درباره‌ی تأثیر صدای کم‌فرکانس با شدت ۵۰ دسی‌بل بر عملکردهای شناختی انجام دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که زمان واکنش افراد پس از مواجهه با صدای کم‌فرکانس افزایش پیدا کرده است. نتایج این مطالعه بیانگر آن بود که مواجهه با صدای کم‌فرکانس، حتی در سطوح متوسط، می‌تواند تأثیر منفی بر عملکرد شناختی افراد بگذارد [۳۲]. نتایج مطالعه‌ی درخشان و همکاران که با هدف بررسی صدای کم‌فرکانس بر عملکردهای شناختی انجام شد، نشان داد که صدای کم‌فرکانس مؤلفه‌های عملکرد شناختی را به صورت منفی تحت تأثیر قرار می‌دهد [۳۳]. نتایج مطالعه‌ی کاظم‌پور و همکاران نیز که به بررسی اثر صدا بر عملکرد ذهنی پرداخته بودند، نشان‌دهنده‌ی افزایش زمان واکنش افراد در مواجهه با صدای کم‌فرکانس بود [۳۴]. نتایج حاصل از این مطالعات با نتایج حاصل از مطالعه‌ی حاضر هم‌راستاست. مطالعه‌ی همت‌جو و همکاران که با هدف بررسی تأثیر صدا با فرکانس بالا و پایین

صدای کم‌فرکانس بررسی کرد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، مشاهده شد که پاسخ‌های فیزیولوژیک افراد در مواجهه با صدای کم‌فرکانس تغییرات معناداری نداشته است. همچنین، مواجهه با صدای کم‌فرکانس به‌طور منفی بر عملکردهای شناختی افراد تأثیرگذار بوده است. به نظر می‌رسد که مواجهه با صدای کم‌فرکانس موجبات ناراحتی بیشتری را نسبت به صدای زمینه با تراز شدت یکسان فراهم می‌آورد و همچنین، ریسک بیشتری در آسیب‌رسانی دارد و باید در مواجهات شغلی به آن توجه کرد؛ بنابراین، تأثیرات بالقوه منفی صدای کم‌فرکانس در پست‌های کاری که به پردازش ذهنی اطلاعات و توجه خاص نیاز دارند، به‌ویژه در اتاق‌های کنترل و دفاتر، از اهمیت بسزایی برخوردار است.

قدردانی

این مطالعه در قالب طرح پژوهشی با شناسه‌ی اخلاق IR.MAZUMS.REC.1401.042 در دانشکده‌ی بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ساری انجام شد؛ از این‌رو، از دانشجویان دانشکده‌ی بهداشت که در این مطالعه شرکت کردند و همچنین، معاون تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران به‌منظور تأمین منابع مالی این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود.

تضاد در منافع

بین نویسندگان هیچ‌گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و عملکردهای شناختی انجام شد، نشان داد که مواجهه با صدای کم‌فرکانس تأثیر بیشتری بر پاسخ‌های فیزیولوژیک و عملکرد شناختی افراد در مقایسه با صدا با فرکانس بالا می‌گذارد [۲۴] این در حالی است که مطالعه‌ی علی‌محمدی و همکاران که با هدف بررسی تأثیر صدا با فرکانس بالا و پایین بر عملکرد ذهنی انجام شد، نشان داد که صدا با فرکانس بالا و پایین سرعت عملکرد ذهنی افراد را بهبود بخشیده است [۱۷]. علت تفاوت در نتایج تحقیقات را می‌توان به تأثیرگذاری عوامل مختلف دیگر بر عملکرد افراد گزارش کرد. تفاوت‌های فردی و شخصیتی شرکت‌کنندگان، خصوصیات فیزیکی صدا و سطح سختی آزمون در مطالعات از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد افراد گزارش شده است [۱۷، ۳۴، ۳۵]. همچنین، کاهش زمان واکنش افراد در مواجهه با صدا در برخی مطالعات را می‌توان به علت تفاوت در حساسیت افراد به صدا دانست؛ به‌گونه‌ای که افراد حساس به صدا تمایل بیشتری به رهاسازی خود از شرایط ناراحت‌کننده‌ی مواجهه با صدا دارند؛ بنابراین، با سرعت بیشتری به محرک‌ها پاسخ می‌دهند [۳۶]. از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به استفاده از یک نوع صدا با تراز شدت معین اشاره کرد. همچنین، تأثیر انواع صدا با فرکانس‌های متعدد بررسی در این مطالعه بررسی نشد. با توجه به نتایج این پژوهش و محدودیت ذکرشده، پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آینده تأثیر انواع صدا با فرکانس‌های متفاوت بر عملکردهای شناختی بررسی شود. همچنین، برای بررسی پارامترهای فیزیولوژیک می‌توان شاخص‌های مرتبط با تغییرپذیری ضربان قلب، از جمله LF، HF و LF/HF را مدنظر قرار داد و نقش عوامل فردی را به‌عنوان یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر پارامترهای فیزیولوژیک و عملکردهای شناختی در مواجهه با

References

1. Fiedler PEK, Zannin PHT. Evaluation of noise pollution in urban traffic hubs—Noise maps and measurements. *Environmental Impact Assessment Review* 2015; 51: 1-9.

2. Leventhall HG. Low frequency noise and annoyance. *Noise and Health* 2004; 6(23): 59-72.
3. Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health 2014; 383(9925): 1325-32.
4. Abbasi M, Nassiri P, Taghavi SM, Aarabi S, Fallah Madvari R, Ebrahimi MH, et al. Investigation the relationship between occupational noise exposure and noise annoyance with blood pressure, serum cholesterol and triglyceride levels among workers of a textile industry 2018; 8(3): 223-36 (Persian).
5. Pedersen E, Waye KPJO, medicine e. Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments 2007; 64(7): 480-6.
6. Jafari M, Kazempour M. Review of Low Frequency Noise Effects on Mental Performance. *Journal of Health* 2013; 3(4): 52-62 (Persian).
7. Jafari M, Kazempour M, Alimohammadi E, Mehrabi Y, Hatami J. The influences of low frequency noise on mental performance. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2008; 18(63): 55-65 (Persian).
8. Gawron VJ. Performance effects of noise intensity, psychological set, and task type and complexity. *Human factors* 1982; 24(2): 225-43.
9. Pawlaczuk-Łuszczynska M, Dudarewicz A, Waszkowska M, Szymczak W, Śliwińska-Kowalska M. The impact of low frequency noise on human mental performance. *Int J Occup Med Environ Health* 2005; 18(2): 181-185.
10. Waye KP, Bengtsson J, Kjellberg A, Benton S. Low frequency noise" pollution" interferes with performance. *Noise and health* 2001; 4(13): 33-49.
11. Derakhshan J, Motamedzadeh M, Golmohammadi R, Babamiri M, Farhadian M, Heydari P. Comparative study of cognitive functions of introverts and extroverts in three situations before, during and after exposure to low frequency sound. *Iran Occup Health* 2021; 18(1): 24 (Persian).
12. Waye KP, Rylander R. The prevalence of annoyance and effects after long-term exposure to low-frequency noise. *Journal of sound and vibration* 2001; 240(3): 483-97.
13. Derakhshan J, Moatamedzadeh M, Taherpour E, Golmohammadi R, Babamiri M, Farhadian M. Role of handedness in the effects of low frequency noise on cognitive performance of students of Hamedan University of Medical Sciences. *Iran Occupational Health* 2020; 16(5): 62-74 (Persian).
14. Babmiri M, Derakhshan J, Motamedzade M, Golmohammadi R, Farhadyan M, Karimi M, et al. The Influences of Individual Sensitivity, Sound Frequency, and Sound Pressure Level on Cognitive Performances of Students. *International Journal of Occupational Hygiene* 2018; 10(1): 39-45.
15. Broadbent DE. The current state of noise research: Reply to Poulton 1978.
16. Kryter KD, Poza F. Autonomic system activity and performance on a psychomotor task in noise. *The Journal of the Acoustical Society of America* 1980; 67(6): 2096-8.
17. Alimohammadi I, Ebrahimi H. Comparison between effects of low and high frequency noise on mental performance. *Applied Acoustics* 2017; 126: 131-5.
18. Abbasi AM, Motamedzade M, Aliabadi M, Golmohammadi R, Tapak L. Study of the physiological and mental health effects caused by exposure to low-frequency noise in a simulated control room. *Building Acoustics* 2018; 25(3): 233-48.
19. Milloy M, Wood E. Withdrawal from methadone in US prisons: cruel and unusual? *The Lancet* 2015; 386(9991): 316-8.
20. Skogstad M, Johannessen H, Tynes T, Mehlum I, Nordby KC, Lie A. Systematic review of the cardiovascular effects of occupational noise. *Occupational medicine* 2016; 66(1): 10-6.
21. Andren L, Lindstedt G, Björkman M, Borg K, Hansson L. Effect of noise on blood pressure and 'stress' hormones. *Clinical Science (London, England: 1979)* 1982; 62(2): 137-41.
22. EtemadiNezhad S, Taban E, Naghavi Konjin Z, Yazdani-Charati J, Samaei SE. Investigating the Effect of Urban Traffic Noise Pollution on University Students' Cognitive Performance: A Simulated Study. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2022; 31(204): 133-45 (Persian).
23. SafeWork N. Maintaining thermal comfort in indoor work environments. *Safework NSW: Lisarow, NSW, Australia*.
24. Hemmatjo R, Rostami R, Hajaghazadeh M, Allahyari T. Investigation of the Effects of High-and Low-Frequency Noise on Physiological Responses and Cognitive Functions in the Oil and Gas Industry: A Field Study. *johe* 2021; 8(3): 27-39 (Persian).
25. Abbasi M, Tokhi MO, Falahati M, Yazdanirad S, Ghaljahi M, Etemadinezhad S, et al. Effect of personality traits on sensitivity, annoyance and loudness perception of low-and high-frequency noise. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control* 2021; 40(2): 643-55.

26. Baker DB, Taylor CJ, Leyva C. Continuous performance tests: A comparison of modalities. *Journal of Clinical Psychology* 1995; 51(4): 548-51.
27. Walker ED, Brammer A, Cherniack MG, Laden F, Cavallari JM. Cardiovascular and stress responses to short-term noise exposures—A panel study in healthy males. *Environmental research* 2016; 150: 391-7.
28. Sim CS, Sung JH, Cheon SH, Lee JM, Lee JW, Lee J. The effects of different noise types on heart rate variability in men. *Yonsei medical journal* 2015; 56(1): 235-43.
29. Liu C-S, Young L-H, Yu T-Y, Bao B-Y, Chang T-Y. Occupational noise frequencies and the incidence of hypertension in a retrospective cohort study. *American journal of epidemiology* 2016; 184(2): 120-8.
30. Derakhshan J, Abdi A, Yazdani S, Babamiri M, Saiedi S, Khaledi Y. Investigating the Role of Individual Sensitivity in the Effects of Low-Frequency Noise(LFN) on Physiological Parameters of the Students of Hamedan University of Medical Sciences. *J Ilam Uni Med Sci* 2019; 26(6): 10-22 (Persian).
31. Pourabdiyan S, Ghotbi M, Yousefi HA, Habibi E, Zare M. The epidemiologic study on hearing standard threshold shift using audiometric data and noise level among workers of Isfahan metal industry. *Koomesh* 2009; 10(4): 253-60 (Persian).
32. Pawlaczyk-Łuszczynska M, Dudarewicz A, Waszkowska M, Szymczak W, Śliwińska-Kowalska M. Influence of low frequency noise on cognitive performance tasks. *Archives of Acoustics* 2004; 29(2).
33. Derakhshan J, Babamiri M, Golmohammadi R, Motamedzadeh M, Farhadyan M. Investigating the role of personality type in the effects of low frequency noise on students' cognitive performances. *johe* 2017; 4(2): 59-66 (Persian).
34. Kazempour M, Jafari M, Mehrabi Y, Alimohammadi I, Hatami J. The impact of low frequency noise on mental performance during math calculations. *Iran Occupational Health* 2011; 8(2): 16 (Persian).
35. Staal MA. Stress, cognition, and human performance: A literature review and conceptual framework 2004.
36. Smith MG, Croy I, Ögren M, Persson Waye K. On the influence of freight trains on humans: a laboratory investigation of the impact of nocturnal low frequency vibration and noise on sleep and heart rate. *PloS one* 2013; 8(2): e55829.