



Original Article

Effect of Tonal Noise and Irrelevant Background Speech on Neurophysiological Based on Personality Traits: An Experimental Study

Ali Sobhani Dargah¹ , Mohsen Aliabadi^{2*} , Rostam Golmohamadi² , Maryam Farhadian³ , Mohamad Babamiri⁴ , Shiva Mohammadjani Kumeleh⁵ 

¹ Department of Occupational Health Engineering, Student Research Committee, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

² Center of Excellence for Occupational Health, School of Public Health, Occupational Health and Safety Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

³ Department of Biostatistics, School of Public Health and Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

⁴ Department of Ergonomics, School of Public Health and Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

⁵ Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Article History:

Received: 24 December 2024

Revised: 09 February 2025

Accepted: 13 February 2025

ePublished: 20 March 2025

***Corresponding author:** Mohsen Aliabadi, Center of Excellence for Occupational Health, School of Public Health, Occupational Health and Safety Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Email: Mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir

Objectives: The present study aimed to investigate the effect of tonal noise and background speech on neurophysiological parameters and noise annoyance based on personality characteristics.

Methods: In this experimental study, 25 male students were exposed to four scenarios of tonal noise, irrelevant speech, and broadband noise as a reference in a simulated laboratory environment. The LF/HF index and galvanic skin response were recorded before and during exposure to the noise. The level of noise annoyance was determined at the end of each test session using the noise annoyance questionnaire according to ISO 15666.

Results: Repeated measures analysis of variance (RMANOVA) indicated that the difference between the values of neurophysiological indices and noise annoyance in different noise exposure scenarios was significant ($P < 0.05$). The effect of different tonal sound levels on galvanic skin response and noise annoyance was significant ($P < 0.05$). In addition, the effect of 65 dB tonal sound level and 55 dB speech sound level on the LF/HF index was reported to be significant ($P < 0.05$). Also, the effect size of 1.919 in exposure to 65 dB tonal sound level had the highest value compared to other noise exposure scenarios for the noise annoyance variable.

Conclusion: Exposure to different levels of tonal noise and irrelevant speech leads to disruption of individuals' neurophysiological parameters and noise annoyance in individuals regarding some of their characteristics and personality traits.

Keywords: Irrelevant speech, Neurophysiological parameters, Noise annoyance, Personality trait, Tonal noise



Extended Abstract

Background and Objective

Chronic exposure to low-level sound pressure levels in indoor environments increases the risk of cardiovascular diseases. Background noise from equipment, such as air conditioning systems, and noise from conversations disrupt individuals' neurophysiological parameters. Building technical equipment, such as air conditioning systems, can emit low-frequency tonal noise that causes acoustic annoyance to individuals, especially those sensitive to sound. Some individual differences and personality traits when exposed to sound are also effective factors in the degree to which individuals are affected by sound. So far, no comparative study has been conducted to simultaneously examine the effects of tonal noise and speech on individuals' neurophysiological parameters, considering their personality traits. Therefore, the present study aims to investigate the effects of tonal background noise and speech on individuals' neurophysiological parameters, considering their personality types.

Materials and Methods

The present study was experimental, and 25 male students of Hamadan University of Medical Sciences (Iran), aged 20 to 30, were selected. The research location was the Work Physiology Laboratory, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Iran. The inclusion criteria for participants in the experiment were physical and mental health, no use of specific medications, and adequate hearing status, which were determined using the General Health Questionnaire (GHQ) and a self-report form designed by the researcher. In the present study, four sound exposure scenarios were designed, including exposure to broadband sound with a pressure level of 55 dB as the reference scenario, tonal sound at two pressure levels of 55 and 65 dB, and intelligible speech sound unrelated to the pressure level of 55 dB. Before entering the experimental sessions, participants were asked to fill out the Weinstein Sound Sensitivity Questionnaire (WNSS), the GHQ questionnaire, and the 10-item NEO personality type questionnaire. Moreover, before the start of each session, the participants were asked to settle in the experimental environment for 10 min to adapt to the environmental conditions. After a 10-minute rest, the subjects' neurophysiological parameters, including electrical skin response signals and LF/HF index, were recorded and stored by the Nexus-4 device on a laptop connected to the device. This process continued for 1 min in silence. After recording the desired signals, the subjects were exposed to tonal sounds and speech broadcast from a spherical loudspeaker at 1 m from them for 10 min. After about 10 min, while the sound was still being played, the electrical skin response and LF/HF index were measured again by the Nexus device and the relevant signals were stored. At the end of each session, the subjects' level of noise annoyance was determined by the Noise Annoyance Questionnaire. The values of the neurophysiological indices before and during noise

exposure were compared with each other, and their differences were reported in the findings section. Finally, data analysis was performed using the SPSS (version 24) software.

Results

The results indicated that the average difference of the LF/HF index increased only when exposed to a sound level of 65 dB tonal compared to the reference conditions. Moreover, the effect size for the LF/HF index was the highest when exposed to a sound level of 65 dB tonal. The electrical skin response rate increased significantly when exposed to tonal sounds at different levels and unrelated intelligible speech compared to the reference conditions. Additionally, the effect size of 0.717 was the highest when exposed to a sound level of 65 dB tonal compared to other sounds for the electrical skin response variable. The highest level of perceived sound annoyance by individuals was observed when exposed to tonal sound with a sound pressure level of 65 dB. It was also indicated that with an increase in the neuroticism score of individuals, the level of sound annoyance of individuals increased when exposed to 55 dB broadband and tonal sound levels. Moreover, as individuals' extraversion scores increased, their average noise annoyance decreased when exposed to sound levels of 65 dB tonal and 55 dB speech.

Discussion

An increase in the tonal sound pressure level leads to an increase in the amount of noise perceived by individuals. In fact, there is a significant correlation between the amount of perceived noise and the tonal sound's loudness. Various studies have also demonstrated that irrelevant speech sounds cause more noise annoyance to individuals than sounds, such as the sound of the ventilation system, telephone rings, or traffic noise outside the bank, which is contrary to the results of the present study. This finding shows that irrelevant speech can increase noise annoyance to individuals depending on the type of office environment (open-plan offices and shared offices) and the loudness of the sound. In addition, with increasing the tonal sound pressure level, the changes in the LF/HF index and the difference in the galvanic skin response (GSR) have significantly increased. However, when exposed to speech sounds compared to the baseline (exposure to 55 dB broadband sound), the LF/HF index changes have experienced a significant decrease, while the difference in the GSR index has significantly increased compared to the baseline. This finding could indicate the effect of psychoacoustic parameters, such as loudness, roughness, and tonality at certain frequencies with specific resolutions.

Conclusion

Exposure to different levels of tonal and speech sounds leads to disruption of individuals' neurophysiological parameters and can cause noise annoyance in individuals, taking into account some of their characteristics and personality traits.

تأثیر صدای زمینه تونال و گفتار بر روی پارامترهای نوروفیزیولوژیک افراد با در نظر گرفتن تیپ شخصیتی آنان: یک مطالعه آزمایشگاهی

علی سبحانی درگاه^۱ ID، محسن علی آبادی^{۲*} ID، رستم گل محمدی^۲ ID، مریم فرهادیان^۲ ID، محمد بابامیری^۴ ID، شیوا محمدجانی کومله^۵ ID

^۱ گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز پژوهش دانشجویان، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

^۲ قطب علمی آموزشی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

^۳ گروه آمار زیستی، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

^۴ گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

^۵ گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی، تهران، ایران

چکیده

اهداف: هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر صدای زمینه تونال و گفتار بر روی پارامترهای نوروفیزیولوژیک و آزار صوتی درک‌شده از سوی افراد با توجه به ویژگی‌های شخصیتی آنان است.

روش کار: در این مطالعه تجربی ۲۵ نفر از دانشجویان مرد در یک محیط آزمایشگاهی شبیه‌سازی شده در ۴ سناریوی مواجهه با صدای تونال، گفتار و صدای باند پهن به‌عنوان سناریوی مرجع قرار گرفتند. میزان شاخص LF/HF و پاسخ الکتریکی پوست قبل و حین مواجهه با صدا ثبت شد. میزان آزار صوتی افراد در آخر هر جلسه آزمایش توسط پرسش‌نامه آزار صوتی طبق استاندارد ISO 15666 تعیین گردید.

یافته‌ها: نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اختلاف بین مقادیر شاخص‌های نوروفیزیولوژیک و آزار صوتی در سناریوهای مختلف مواجهه با صدا معنادار بوده است ($P < 0.05$). تأثیر سطوح مختلف صدای تونال بر روی پاسخ الکتریکی پوست و آزار صوتی معنادار بوده است ($P < 0.05$). همچنین، تأثیر تراز صدای ۶۵ دسی‌بل تونال و ۵۵ دسی‌بل گفتار بر روی شاخص LF/HF معنادار گزارش شده است ($P < 0.05$). اندازه اثر ۱/۹۱۹ در مواجهه با تراز صدای ۶۵ دسی‌بل تونال نیز نسبت به دیگر سناریوهای مواجهه با صدا برای متغیر آزار صوتی بیشترین مقدار را دارا بوده است.

نتیجه‌گیری: مواجهه با سطوح مختلف صدای تونال و گفتار به اختلال در پارامترهای نوروفیزیولوژیک افراد منجر می‌شود و می‌تواند باعث آزار صوتی افراد با در نظر گرفتن برخی خصوصیات فردی و ویژگی‌های شخصیتی آنان شود.

کلید واژه‌ها: صدای تونال، صدای گفتار، شاخص‌های نوروفیزیولوژیک، آزار صوتی، تیپ شخصیتی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۰۴

تاریخ داوری مقاله: ۱۴۰۳/۱۱/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۱/۲۵

تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۳۰

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* نویسنده مسئول: محسن علی‌آبادی، قطب علمی آموزشی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

ایمیل: Mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir

استناد: سبحانی درگاه، علی؛ علی آبادی، محسن؛ گل محمدی، رستم؛ فرهادیان، مریم؛ بابامیری، محمد؛ محمدجانی کومله، شیوا. تأثیر صدای زمینه تونال و گفتار بر روی پارامترهای نوروفیزیولوژیک افراد با در نظر گرفتن تیپ شخصیتی آنان: یک مطالعه آزمایشگاهی. مجله ارگونومی، زمستان ۱۴۰۳ (۴): ۳۰۳-۳۱۲

مقدمه

مختلف در محیط‌های داخلی ازجمله ریسک‌فاکتورهای بروز اختلالات قلبی-عروقی، اختلالات روانی و بروز استرس اکسیداتیو در محیط‌های داخلی ازجمله محیط‌های اداری است [۴]. باوجود اثبات اثرات منفی

در مطالعات چند سال اخیر به کیفیت محیط‌های داخلی و اثرات آن بر روی سلامت افراد، اعم از جسمی و روحی، توجه بسیاری شده است [۱-۳]. عوامل مختلفی از قبیل وجود صدای ناشی از منابع

و همکاران نیز مشاهده شد که سطوح پایین‌تر از فشار صوت در فرکانس‌های بالاتر از ۱۰۰۰ هرتز، افراد درون‌گرا را بیشتر تحت‌تأثیر خود قرار می‌دهد [۱۷]. تاکنون مطالعاتی مقایسه‌ای مبنی بر بررسی هم‌زمان تأثیرات صدای تونال و گفتار بر روی پارامترهای نوروفیزیولوژیک افراد با در نظر گرفتن ویژگی‌های شخصیتی آنان انجام نشده است. باوجوداین، لزوم مطالعه در این حیطه با توجه به کمبود مطالعات حاضر و بررسی پارامترهای مؤثر بر این موضوع ضروری به نظر می‌رسد. هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر صدای زمینه تونال و گفتار بر روی پارامترهای نوروفیزیولوژیک افراد با توجه به تیپ شخصیتی آنان است.

روش کار

جامعه مورد پژوهش

مطالعه حاضر از نوع تجربی است و ۲۵ نفر از دانشجویان مرد دانشگاه علوم پزشکی همدان با محدوده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال انتخاب شدند. حجم نمونه مورد نیاز مطالعه با استفاده از فرمول زیر تعیین شده است:

$$N = \frac{(Z_{1-\frac{\alpha}{2}} + Z_{1-\rho})^2 * \sigma^2 * 2 * [1 + (T - 1)\rho]}{\gamma^2 T}$$

که در آن T تعداد سناریوهای انجام آزمایش، σ انحراف معیار متغیر پاسخ، γ^2 حداقل اختلاف مورد انتظار بین دو سناریوی اصلی و ρ متوسط هم‌بستگی بین پاسخ در سناریوهای مختلف است. میزان اطمینان آزمون ۹۵ درصد و توان آزمون ۸۰ درصد در نظر گرفته شد. با جایگذاری مقادیر مربوط، حجم نمونه ۲۵ نفر برآورد شد.

مکان انجام پژوهش، آزمایشگاه فیزیولوژی کار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان بود. برای رعایت مسائل اخلاقی از تمامی شرکت‌کنندگان قبل از مطالعه رضایت‌نامه کتبی اخذ گردید و به محرمانه بودن اطلاعات به شرکت‌کنندگان اطمینان داده شد. همچنین بعد از دریافت کد اخلاق مطالعه حاضر به شماره IR.UMSHA.REC.۱۴۰۲.۵۹۵ به نمونه‌گیری اقدام گردید. معیار ورود شرکت‌کنندگان در آزمایش، دارا بودن سلامت جسمانی و روانی (عدم مصرف مواد مخدر و سیگار، نداشتن سابقه بیماری‌های قلبی-عروقی، مشکلات تنفسی و اختلالات خواب، عدم ابتلا به کوررنگی، عدم مصرف داروهای خاص و وضعیت بینایی و شنوایی مناسب) بوده است. بنابراین از پرسش‌نامه‌های GHQ و فرم غربالگری خودگزارشی طراحی شده از سوی پژوهشگر جهت غربالگری افراد و ورود آنان به مطالعه حاضر استفاده شد. دست غالب افراد (راست‌دست بودن یا چپ‌دست بودن جهت انجام فعالیت شبیه‌سازی شده اداری حین مواجهه با صدا مانند جست‌وجو در اینترنت و تایپ کردن و اندازه‌گیری سیگنال پاسخ گالوانیکی پوست) در فرم غربالگری مربوط قید شد. معیار خروج افراد از مطالعه مصرف داروهای خاص، ابتلا به یک بیماری زمینه‌ای و نداشتن شنوایی مناسب بوده است. قابل ذکر است که از افراد شرکت‌کننده درخواست شد تا روز قبل از اجرای هر سناریو، خواب کافی داشته باشند و نوشیدنی‌های حاوی کافئین

صدا (صداها پس‌زمینه و محیطی) بر روی عملکرد شناختی افراد، اغلب ویژگی‌های آکوستیکی محیط‌های داخلی (اعم از اداری یا استراحت) نادیده گرفته می‌شود [۵]. تولید صدای پس‌زمینه از تجهیزاتی مانند سیستم‌های تهویه مطبوع و همچنین صدای ناشی از مکالمات افراد از عوامل اصلی ایجاد حواس‌پرتی و اختلال در پارامترهای فیزیولوژیک افراد است [۶، ۷]. اجزای تجهیزات فنی ساختمان مانند سیستم‌های تهویه مطبوع، برآثر گردش قطعاتی مانند فن، پمپ و... می‌توانند صدای تونال با فرکانس پایینی را منتشر کنند که باعث آزار صوتی افراد، به‌ویژه افراد حساس به صدا، خواهد شد [۸]. صدا حتی کمتر از سطوح مجاز مواجهه شغلی نیز می‌تواند در مدت‌زمان کوتاهی تمرکز افراد را کاهش دهد و اغلب باعث بروز استرس شغلی در آنان شود [۹]. مواجهه مزمن با صدای دارای سطوح پایین‌تر از فشار صوت که برای اکثر منابع محیطی داخلی معمول است، باعث ایجاد اثرات غیرشنوایی یا غیرمستقیم می‌شود و در نهایت ریسک ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی را افزایش خواهد داد [۱۰]. در مطالعه Sim و همکاران که با هدف تعیین تأثیر صدا بر میزان شاخص تغییرپذیری ضربان قلب HRV در مواجهه با صدای ترافیک و گفتار انجام شده است، نشان داده شد که نسبت LF/HF که یکی از شاخص‌های توصیف HRV و منعکس‌کننده فعالیت سیستم عصبی خودمختار (ANS) است، پس از مواجهه با صدا پایدار شد و از میزان ۵/۲۱ به ۱/۳۷ کاهش یافت [۱۱]. همچنین در مطالعه شفیع و همکاران که بر روی کارکنان شاغل در دفاتر بانکی انجام شده است، مشخص شد که با افزایش تراز فشار صوت، میزان هدایت الکتریکی پوست (SCL) که تحت‌تأثیر سیستم عصبی خودمختار قرار دارد، افزایش می‌یابد [۱۲]. در مطالعه دیگری که توسط Ellermeier و همکاران با هدف ارزیابی میزان مزاحمت ناشی از مواجهه کوتاه‌مدت با صدا و هدایت الکتریکی پوست با توجه به تراز فشار صوت انجام شده است، مشخص شد که در حالتی که افراد در مواجهه با صدا در حال انجام یک فعالیت ذهنی مشخص هستند، میزان ناراحتی ناشی از صوت کاهش و میزان هدایت الکتریکی پوست در طی ۱ الی ۴ ثانیه اول پس از شروع مواجهه به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد [۱۳]. آزار صوتی (احساس ناراحتی ناشی از شنیدن صدا) نیز یکی دیگر از اثرات رایج ناشی از مواجهه با صداست که طبق استاندارد ISO/TS 15666 یک واکنش نامطلوب فردی نسبت به مواجهه با صداست و باعث ناراضی، اضطراب، تحریک و اختلال در عملکرد افراد خواهد شد [۱۴]. بسته به نوع صدای محیطی، تفاوت و ویژگی‌های فردی و شخصیتی در افراد، این احساس آزرده‌گی و ناراحتی می‌تواند تغییر یابد. برخی از تفاوت‌های فردی مانند تیپ شخصیتی، دست برتری، روان‌رنجوری و حساسیت فردی از عوامل مؤثر در تأثیر صدا بر روی افراد هستند [۱۵]. ویژگی‌های شخصیتی در هنگام مواجهه با صدا نیز یک عامل مؤثر در میزان تأثیرپذیری افراد از صداست. در مطالعه Rossi و همکاران مشاهده شد که صداها کم‌فرکانس باعث افزایش سطح استرس در افراد درون‌گرا می‌شوند، حال آنکه این اثر در افراد دارای تیپ شخصیتی برون‌گرا مشاهده نشد [۱۶]. در مطالعه بهشتی

تکنولوژی بلوتوث به صورت بی سیم با کامپیوتر ارتباط برقرار می کند. تحلیل سیگنال های استخراج شده توسط دستگاه با استفاده از نرم افزار Bio Trace که تحت عامل ویندوز است، انجام می شود.

مواد صوتی مورد استفاده در آزمایش

در این مطالعه، از صدای ضبط شده یک محیط اداری که حاوی اجزای مهمه افراد، صدای پرینتر، ماوس، کیبورد و سیستم تهویه است، استفاده شده است. صدای مذکور تحت عنوان صدای اداری یا باند پهن نام گذاری شده و به عنوان سناریوی زمینه (Baseline) جهت مواجهه افراد با صدا به کار رفته است. به منظور تولید صدای تونال استفاده شده در پژوهش مذکور، از یک تُن خالص با فرکانس ۲۵۰ هرتز استفاده شد که با استفاده از نرم افزار Goldwave، تُن مربوط با صدای اداری (باند پهن) ترکیب گردید و تحت عنوان صدای تونال در مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. به منظور برآورد میزان تونالیتیه صدای مذکور، از استاندارد ISO 1996-2 استفاده شد. در استاندارد حاضر به منظور تعیین تونالیتیه صدای انتشار یافته در محیط، آنالیز فرکانس ۱/۳ اکتاواندی انجام گرفت و اختلاف تراز فشار صوت در باند فرکانسی معین نسبت به باندهای مجاور تعیین (اختلاف بین ۵ تا ۱۵ دسی بل نسبت به باندهای فرکانسی مجاور) و میزان تونالیتیه محاسبه شد. حداقل میزان شنود تونال در فرکانس های کمتر از ۱۲۵ هرتز ۱۵ دسی بل، بین ۱۲۵ تا ۴۰۰ هرتز ۸ دسی بل و بیشتر از ۴۰۰ هرتز ۵ دسی بل است. در مطالعه حاضر، فرکانس ۲۵۰ هرتز به عنوان فرکانسی تونال انتخاب گردید و اختلاف تراز فشار صوت در این باند فرکانسی نسبت به ۲ باند مجاور حدود ۸/۳ دسی بل تخمین زده شد. به منظور تولید صدای گفتار قابل فهم نامربوط، از یک پادکست ضبط شده و موجود در اینترنت بهره گرفته شد. بازه زمانی پادکست ضبط شده ۴۷ دقیقه است.

روش اجرای سناریوهای مطالعه

در مطالعه حاضر، چهار سناریوی مواجهه با صدا طراحی شده که شامل مواجهه با صدای باند پهن با تراز فشار ۵۵ دسی بل به عنوان سناریوی مرجع، صدای تونال در دو سطح تراز فشار ۵۵ و ۶۵ دسی بل و صدای گفتار قابل فهم نامربوط با تراز فشار ۵۵ دسی بل بوده است. شرکت کنندگان از روند شرایط انجام آزمایش مطلع شدند و رضایت لازم از آنان کسب گردید. جهت شبیه سازی بیشتر محیط آزمایش به محیط اداری، میزان لباس افراد در حد ۰/۷۵ کلو (به منظور جلوگیری از تأثیر بار گرمایی لباس بر روی عملکرد شناختی افراد هنگام انجام آزمایش) تعیین شد و براساس استاندارد ISO 8996 میزان متابولیسم کاری افراد در حد کارهای سبک (شبیه سازی شده نزدیک به محیط اداری) به میزان ۷۰ w/m² کنترل گردید. قبل از ورود به جلسات آزمایش، از شرکت کنندگان خواسته شد تا پرسش نامه حساسیت به صدای واینشتاین (WNSS)، پرسش نامه GHQ و پرسش نامه تیپ شخصیتی ۱۰ سؤالی نئو را پر کنند. همچنین، قبل از شروع هر جلسه از

مصرف نکنند تا بدین ترتیب از دیگر عامل مخدوش کننده جهت تأثیر منفی بر نتایج مطالعه جلوگیری شود.

ابزارهای گردآوری داده

الف. پرسش نامه سلامت عمومی (GHQ): سؤالات پرسش نامه دربرگیرنده چهار خرده مقیاس و هریک از آن ها خود شامل ۷ سؤال است. سؤالات ۷-۱ مربوط به مقیاس علائم جسمانی و وضعیت سلامت عمومی است. از سؤال ۸-۱۴ مربوط به مقیاس اضطراب، از سؤال ۱۵ تا ۲۱ مربوط به مقیاس اختلالات عملکرد اجتماعی و سؤالات ۲۲-۲۸ نیز مربوط به مقیاس افسردگی هستند. شیوه نمره گذاری برای این آزمون به صورت لیکرتی و از «صفر» تا «سه» است. حداکثر نمره کسب شده در این پرسش نامه ۸۴ خواهد بود. پرسش نامه مذکور استاندارد بوده و در جمعیت های مختلفی در ایران و کشورهای دیگر مورد تأیید قرار گرفته است [۱۸].

ب. پرسش نامه تیپ شخصیتی نئو ۱۰ سؤالی: در پژوهش مورد نظر از نوع ۱۰ سؤالی پرسش نامه نئو استفاده شده که نسبت به نسخه های دیگر پرسش نامه به زمان کمتری برای پاسخ دهی نیاز دارد. اعتبار پرسش نامه از سوی Rammstedt و همکاران تأیید شده است [۱۹].

پ. پرسش نامه حساسیت به صدای واینشتاین (WNSS): جهت تعیین میزان حساسیت افراد نسبت به صدا از پرسش نامه حساسیت به صدای واینشتاین استفاده شد. این پرسش نامه دارای ۲۱ سؤال ۶ گزینه ای بوده که با مقیاس لیکرت از کاملاً موافق (صفر) تا کاملاً مخالف (۵) نمره گذاری می شود. کسب نمره زیر ۷۵ در پرسش نامه مذکور نشان دهنده حساسیت نرمال افراد به صدا بوده و در بالاتر از این مقدار، میزان حساسیت افراد به صدا افزایش می یابد [۲۰]. روایی و پایایی پرسش نامه از سوی دکتر علی محمدی و همکاران تأیید شده است و ضریب آلفای کرونباخ این پرسش نامه ۰/۷۸ به دست آمد [۲۱].

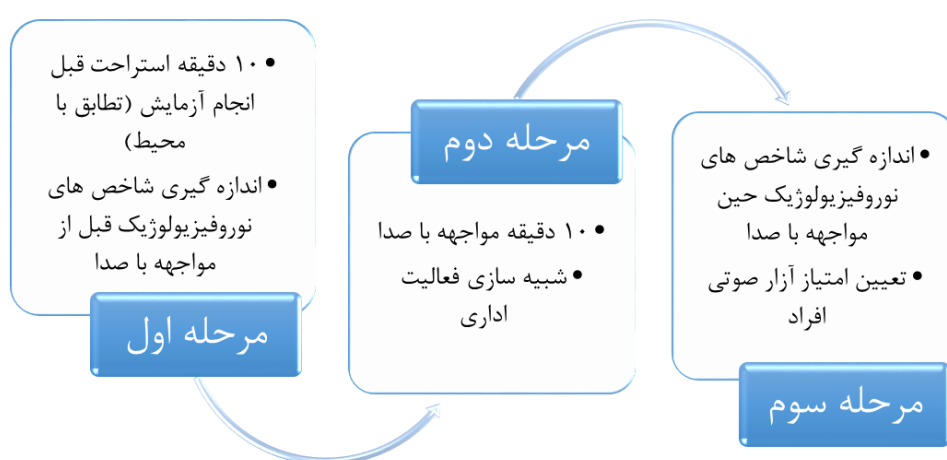
ت. پرسش نامه احساس آزار صوتی: میزان آزردهی افراد در مواجهه با صدا با استفاده از مقیاس آزار صوتی ISO-15666 تعیین شده که به صورت یک مقیاس صفر تا صد امتیازی است.

ث. بلندگوی همه جهته مدل OS003-BSWA TechnologyCo: از بلندگوی مذکور جهت پخش صداهای مورد نظر استفاده شد.

ج. سنجش پاسخ الکتریکی سطح پوست (GSR) و شاخص تغییرپذیری ضربان قلب (HRV): به منظور ثبت سیگنال های قلبی یا الکتروکاردیوگرام (ECG)، از Chest Electrode متصل شده بر روی ناحیه قفسه سینه آزمودنی ها استفاده شد. همچنین سنسورهای پاسخ الکتریکی پوست با جنس Ag-AgCl بر روی انگشتان دست غیر غالب افراد نصب گردید. به منظور تحلیل سیگنال های دریافتی از ۲ سنسور مذکور، از دستگاه نکسوس-۴ ساخت کشور هلند استفاده شد. دستگاه نکسوس-۴ با استفاده از

۱۰ دقیقه به مجموعه فعالیت‌های ذهنی مشخص شامل جست‌وجو در اینترنت، خواندن مطالب و محتوای علمی مرتبط با رشته‌های علوم پزشکی پرداختند. پس از حدود ۱۰ دقیقه، درحالی‌که صدا همچنان در حال پخش بود، پاسخ الکتریکی پوست و شاخص LF/HF مجدداً توسط دستگاه نکسوس اندازه‌گیری شد و سیگنال‌های مربوط ذخیره شدند. در آخر هر جلسه نیز میزان آزار صوتی افراد توسط پرسش‌نامه احساس آزار صوتی تعیین شد. مقادیر شاخص‌های نوروفیزیولوژیک قبل و حین مواجهه با صدا با یکدیگر مقایسه شدند و تفاوت آن‌ها در بخش یافته‌ها گزارش شد. همچنین روند انجام سناریوهای آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است.

شرکت‌کنندگان خواسته شد به مدت ۱۰ دقیقه در محیط آزمایش جهت تطابق با شرایط محیط ساکن شوند. بعد از ۱۰ دقیقه استراحت، پارامترهای نوروفیزیولوژیک افراد شامل سیگنال‌های پاسخ الکتریکی پوست و شاخص LF/HF که یکی از زیرمجموعه‌های شاخص HRV است، توسط دستگاه نکسوس-۴ در لپ‌تاپ متصل به دستگاه، ثبت و ذخیره شد. این فرایند به مدت ۱ دقیقه در شرایط سکوت ادامه دارد. بعد از ثبت سیگنال‌های موردنظر، افراد به مدت ۱۰ دقیقه در مواجهه با صداهای تونال و گفتار که هرکدام در جلسات جداگانه از طریق بلندگوی همه‌جهته در فاصله ۱ متری از افراد پخش می‌شوند، قرار گرفتند. افراد به مدت



شکل ۱. فرایند انجام آزمایش در هر چهار سناریوی مواجهه با صدا

انحراف معیار شاخص‌های نوروفیزیولوژیک قبل و حین مواجهه با صداهای پخش‌شده و همچنین آزار صوتی افراد آورده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، میانگین تفاوت شاخص LF/HF تنها در مواجهه با تراز صدای ۶۵ دسی‌بل تونال نسبت به شرایط مرجع افزایش پیدا کرده است. همچنین، میزان اندازه اثر در مواجهه با تراز صدای ۶۵ دسی‌بل تونال برای شاخص LF/HF بیشترین مقدار بوده است. میزان پاسخ الکتریکی پوست در مواجهه با صداهای تونال در سطوح مختلف و صدای گفتار قابل‌فهم نامربوط نسبت به شرایط مرجع افزایش معناداری داشته است ($P < 0.05$). همچنین، میزان اندازه اثر ۰/۷۱۷ در مواجهه با تراز صدای ۶۵ دسی‌بل تونال نسبت به مواجهه با صداهای دیگر برای متغیر پاسخ الکتریکی پوست بیشترین مقدار بوده است. در شکل ۲، میانگین آزار صوتی گزارش‌شده توسط افراد در سناریوهای مختلف مواجهه با صدای تونال و گفتار آورده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، بیشترین میزان آزار صوتی درک‌شده از سوی افراد در مواجهه با صدای تونال با تراز فشار صوت ۶۵ دسی‌بل مشاهده شده است.

تحلیل‌های آماری

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ صورت گرفت. برای آنالیز داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی و آزمون‌های آماری از قبیل آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر به منظور مقایسه اختلاف مقادیر بین سناریوهای مختلف آزمایش و از مدل‌های خطی آمیخته (Linear mixed model) به منظور تحلیل تأثیر پارامترهای مختلف از قبیل ویژگی‌های شخصیتی افراد و حساسیت افراد به صدا در میزان تأثیرپذیری آنان از صداهای پخش‌شده استفاده گردید. سطح معناداری در تمامی آزمون‌ها برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. منظور از اندازه اثر، اختلاف بین پاسخ‌های فیزیولوژیک در هر سناریو نسبت به سناریوی پایه یا مرجع است.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار سن شرکت‌کنندگان در مطالعه ۲۴/۹۲±۱/۹۹ سال بوده است. در جدول ۱، اختلاف میانگین و

جدول ۱. اختلاف میانگین و انحراف معیار شاخص‌های نوروفیزیولوژیک در مواجهه با صدای تونال و گفتار

متغیر	سناریوهای مواجهه با صدا	اختلاف میانگین $\pm$ انحراف معیار	P-Value	اندازه اثر
اختلاف نسبت Diff (LF/HF) قبل و حین مواجهه با صدا	صدای باند پهن ۵۵	0.62 ± 0.34	<0.001	-
	صدای تونال ۵۵	0.56 ± 0.31		0.008
	صدای تونال ۶۵	1.11 ± 0.39		0.726
	صدای گفتار ۵۵	0.2 ± 0.49		0.418
اختلاف پاسخ الکتریکی پوست (Diff (GSR) قبل و حین مواجهه با صدا	صدای باند پهن ۵۵	0.92 ± 0.19	0.007	-
	صدای تونال ۵۵	0.25 ± 0.24		0.572
	صدای تونال ۶۵	0.26 ± 0.17		0.717
	صدای گفتار ۵۵	0.18 ± 0.18		0.287



شکل ۲. میانگین آزار صوتی گزارش شده از سوی افراد در سناریوهای مختلف مواجهه با صدای تونال و گفتار

برون‌گرایی بر روی تأثیرپذیری افراد از مواجهه با صداهای تونال و گفتار معنادار گزارش شده است.

در شکل ۳، نمودار مربوط به میانگین آزار صوتی افراد در چهار سناریوی مواجهه با صدا با توجه به ابعاد شخصیتی آنان شامل برون‌گرایی و روان‌رنجوری نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با افزایش امتیاز روان‌رنجوری افراد، میزان آزار صوتی افراد در مواجهه با ترازهای صدای ۵۵ دسی‌بل باند پهن و تونال افزایش پیدا کرده است. همچنین با افزایش امتیاز برون‌گرایی افراد، میانگین آزار صوتی آنان در مواجهه با ترازهای صدای ۶۵ دسی‌بل تونال و ۵۵ دسی‌بل گفتار کاهش پیدا کرده است.

در جدول ۲، نتایج مربوط به مدل خطی آمیخته به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف صدا بر روی تفاوت شاخص‌های LF/HF و پاسخ هدایت الکتریکی پوست و همچنین آزار صوتی با در نظر گرفتن متغیرهایی مانند سن، حساسیت به صدا و برخی از ابعاد تیپ شخصیتی نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تأثیر سطوح مختلف صدای تونال بر روی پاسخ الکتریکی پوست و آزار صوتی معنادار بوده است ($P < 0.05$). همچنین، تأثیر تراز صدای ۶۵ دسی‌بل تونال و ۵۵ دسی‌بل گفتار بر روی شاخص LF/HF معنادار گزارش شده است ($P < 0.05$). همچنین، نشان داده شده است که با افزایش سن، میزان آزار صوتی افراد افزایش پیدا کرده و اثر بُعد

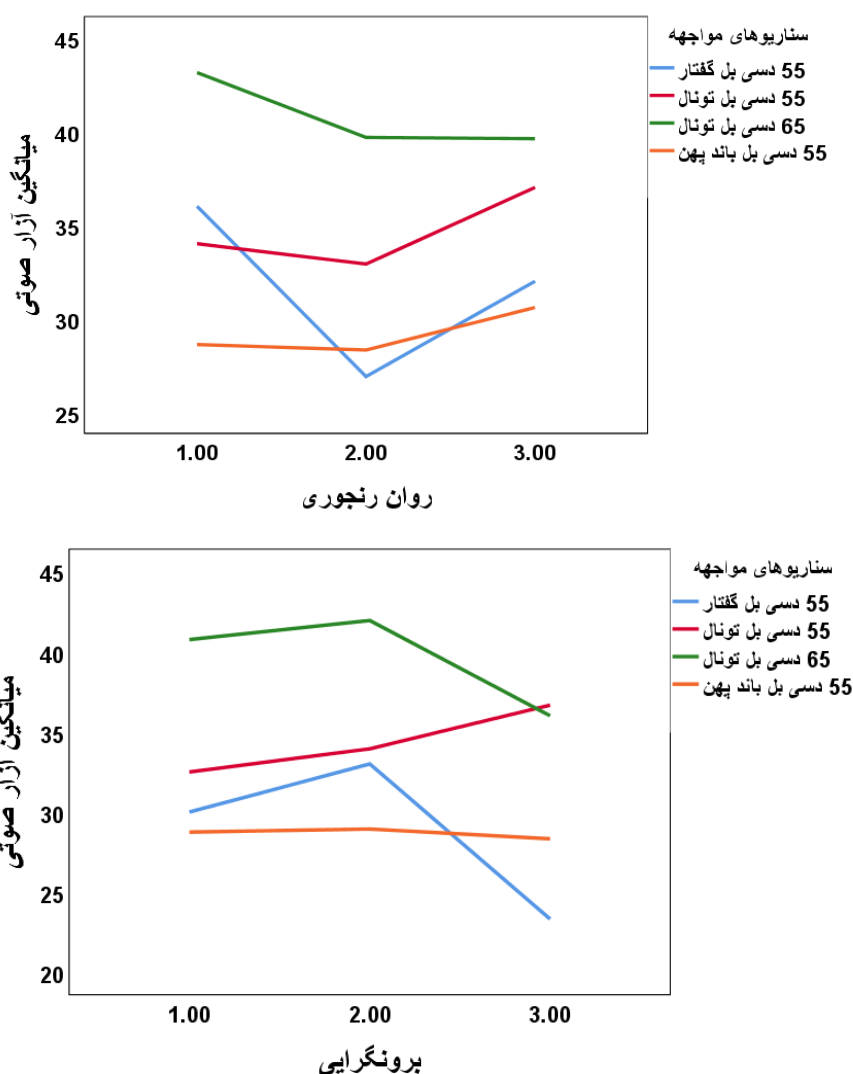
جدول ۲. نتایج مربوط به مدل خطی آمیخته (LMM) با اثرات ثابت به منظور تجزیه و تحلیل اثر سطوح صدا بر روی تفاوت شاخص‌های نوروفیزیولوژیک و آزار صوتی

مقادیر شاخص‌های نوروفیزیولوژیک و آزار صوتی						متغیرهای آکوستیکی، فردی و شخصیتی		
تفاوت شاخص پاسخ الکتریکی پوست			تفاوت شاخص LF/HF					
آزار صوتی	تفاوت شاخص پاسخ الکتریکی پوست		تفاوت شاخص LF/HF					
P-Value	خطای استاندارد	میانگین حاشیه	P-Value	خطای استاندارد	میانگین حاشیه	P-Value	خطای استاندارد	میانگین حاشیه
0.802	13.19	3.34	0.544	0.34	0.21	0.333	0.52	-0.51
-	-	رفرنس	-	-	رفرنس	-	-	رفرنس

Intercept

تراز صدای ۵۵ دسی‌بل باند پهن

تراز صدای ۵۵ دسی بل تونال	-۰/۶۳	۰/۱	۰/۵۵۲	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۰۰۲	۵	۱/۸۸	۰/۰۱
تراز صدای ۶۵ دسی بل تونال	۰/۴۹	۰/۱	<۰/۰۰۱	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۱۶/۴۴	۱/۸۸	<۰/۰۰۱
تراز صدای ۵۵ دسی بل گفتار	-۰/۴۲	۰/۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۸۷	۰/۰۵	۰/۰۸۹	۰/۶۴	۱/۸۸	۰/۷۳۵
سن	۰/۰۱۶	۰/۰۲۱	۰/۴۵۴	-۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۹۹۳	۱/۳۵	۰/۵۲	۰/۰۱۶
حساسیت به صدا	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۴۱	۰/۱۱۱	-۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۲۷	۰/۶۱۳	-۰/۱۵	۰/۹۸	۰/۱۲
برون‌گرایی	۰/۰۴۴	۰/۰۲۶	۰/۰۹۳	-۰/۰۰۶۸	۰/۰۱۷	۰/۶۹۷	-۱/۰۳	۰/۴۹	۰/۰۴۶
روان‌رنجوری	-۰/۰۲۶	۰/۰۵۲	۰/۶۱۷	-۰/۰۲۲	۰/۰۳۴	۰/۵۱۶	-۰/۶۹	۰/۹۸	۰/۴۸۸



شکل ۳. نمودار میانگین آزار صوتی افراد در چهار سناریوی مواجهه با صدا با توجه به ابعاد شخصیتی آنان

بحث

است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد [۲۲]. همچنین در مطالعه Lee و همکاران مشاهده شد که هم‌بستگی معنی‌داری بین میزان آزار صوتی درک‌شده با میزان بلندی صدای تونال وجود دارد [۲۳]. در مطالعات اخیر نیز مطالعاتی در زمینه اثر صدای گفتار نامربوط بر روی میزان آزار صوتی افراد انجام شده است. به‌عنوان نمونه، در طی مطالعه‌ای که توسط گل‌محمدی و همکاران با هدف اندازه‌گیری و ارزیابی آزار صوتی افراد در یک محیط بانکی در مواجهه با منابع صوتی مختلف انجام شده است، نشان داده شد که صدای گفتار نامربوط بیشتر از صداهایی مانند صدای سیستم تهویه، زنگ تلفن و یا صدای ترافیک در محیط بیرون بانک باعث آزار صوتی افراد

یافته‌های حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش سطح تراز فشار صوت تونال نسبت به حالت ۵۵ دسی بل باند پهن (حالت پایه)، میانگین امتیاز آزار صوتی افراد افزایش معناداری داشته، اما این نتیجه در مواجهه افراد با صدای گفتار نسبت به حالت پایه به میزان کمتری مشاهده شد. در یافته‌های مطالعه Qing Di و همکاران نیز که با هدف تعیین آزار صوتی افراد مواجه‌یافته با صدای ترانسفورماتور حاوی اجزای تونال انجام شد، مشاهده شد که با افزایش تراز فشار صوت تونال، میزان آزار صوتی درک‌شده از سوی افراد افزایش یافته

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که صدای تونال تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر روی پارامترهای نوروفیزیولوژیک افراد داشته است. این تأثیر به‌صورت افزایش در مقادیر شاخص هدایت الکتریکی پوست مشاهده شد. همچنین با افزایش بلندی صدای تونال، میزان شاخص LF/HF نیز افزایش معناداری پیدا کرد. نتایج تأیید کرد که مواجهه با صدای گفتار نیز می‌تواند به افزایش شاخص هدایت الکتریکی پوست در افراد منجر شود. این موضوع در ارتباط با شاخص LF/HF صادق نیست و مواجهه افراد با صدای گفتار می‌تواند به کاهش مقدار شاخص LF/HF منجر شود. مواجهه با صدای تونال و گفتار با در نظر گرفتن برخی از ویژگی‌های فردی مانند برون‌گرایی می‌تواند باعث افزایش آزار صوتی در افراد شود. همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ویژگی‌های شخصیتی افراد مانند برون‌گرایی و روان‌رنجوری تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر روی تغییرات شاخص‌های نوروفیزیولوژیک افراد در مواجهه با صدای تونال و گفتار ندارد. درواقع، مواجهه با صدای تونال و گفتار فارغ از در نظر گرفتن ویژگی‌های فردی و شخصیتی می‌تواند باعث افزایش تغییرات در شاخص‌های نوروفیزیولوژیک شود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه بخشی از پایان‌نامه تحقیقاتی مقطع کارشناسی‌ارشد به شماره ۱۴۰۲۰۹۰۷۷۹۱۸ بوده که ازسوی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان حمایت مالی شده است.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

مشارکت‌های نویسندگان

کلیه نویسندگان در اجرای مطالعه حاضر در گام‌های مختلف مشارکت داشته‌اند.

ملاحظات اخلاقی

پژوهش حاضر دارای کد اخلاق به شماره ۱۴۰۲۰۵۹۵ IR.UMSHA.REC. بوده و پس از اخذ رضایت‌نامه کتبی از شرکت‌کنندگان، به انجام آزمایش اقدام شد.

حمایت مالی

معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان حامی مالی طرح حاضر بوده است.

شده است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی ندارد. این موضوع به‌دلیل محیط انجام مطالعه (در یک بانک شلوغ) بوده است [۲۴]. این موضوع نشان می‌دهد که گفتار نامربوط می‌تواند با توجه به نوع محیط اداری (دفاتر پلان باز و دفاتر اشتراکی) با توجه به میزان بلندی صدا باعث افزایش آزار صوتی افراد شود [۲۵].

یافته‌های حاصل از مطالعه حاضر نشان دادند که با افزایش سطح تراز فشار صدای تونال، میزان تغییرات شاخص LF/HF و میزان تفاوت شاخص هدایت الکتریکی پوست (GSR) افزایش معناداری داشته است. هرچند که در مواجهه با صدای گفتار نسبت به حالت پایه (مواجهه با صدای ۵۵ دسی‌بل باند پهن)، میزان تغییرات شاخص LF/HF کاهش معناداری را تجربه کرده، درحالی‌که میزان تفاوت شاخص GSR نسبت به حالت پایه افزایش معناداری داشته است. در مطالعه Radun و همکاران در مواجهه با صدای گفتار نسبت به شرایط سکوت، میزان شاخص LF/HF افزایش داشته است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی ندارد [۷]. این موضوع نشان‌دهنده تأثیر پارامترهای سایکواکوستیک مانند بلندی صدا، زبری و تونالیتیه در فرکانس‌های معین با وضوح مشخص است [۲۶]. همچنین در مطالعه‌ای که توسط گل‌محمدی و همکاران با هدف تأثیر صدای گفتار نامربوط پس‌زمینه به همراه بار کاری ذهنی بر روی پارامترهای فیزیولوژیک افراد در یک محیط اداری در بانک انجام شده است، مشخص شد که مواجهه افراد با صدای گفتار در اواسط و پایان ساعات کاری بیشتر بوده و با افزایش بار کاری ذهنی آنان، میزان شاخص LF/HF تحت مواجهه با صدای گفتار افزایش یافته است [۲۷]. در مطالعه Love و همکاران نیز تأثیر صدای ناشی از سیستم‌های تهویه مطبوع (HVAC) حاوی اجزای تونال بر روی پارامترهای فیزیولوژیک آنان سنجیده و مشخص شد که به تناسب میزان حساسیت افراد نسبت به صدای پخش‌شده، تغییرات معناداری در میزان افزایش روند شاخص تغییرپذیری ضربان قلب وجود داشته است و این روند در میزان تغییرات هدایت الکتریکی پوست سیر کاهشی داشته است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی ندارد [۲۸].

در مطالعه حاضر از دانشجویان رشته‌های مختلف علوم پزشکی در بازه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال دعوت به عمل آمده که مشابهت زیادی با شاغلان اداری ندارد و ازجمله محدودیت‌های مطالعه محسوب می‌شود. همچنین از دیگر محدودیت‌های انجام این مطالعه عدم در نظر گرفتن پارامتر جنسیت در مطالعه است. عدم بررسی دیگر سناریوهای مواجهه با صدای تونال و گفتار در فرکانس‌ها و ترازهای فشار صوت معین و تأثیر آن بر روی افراد به‌دلیل ریزش نمونه صورت گرفته که از دیگر محدودیت‌های مطالعه است.

REFERENCES

- Mujan I, Anđelković AS, Munćan V, Kljajić M, Ružić D. Influence of indoor environmental quality on human health and productivity - A review. J Clean Prod. 2019;217:646-57.[DOI: [10.1016/j.jclepro.2019.01.307](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.307)]
- Park SH, Lee PJ, Jeong JH. Effects of noise sensitivity on psychophysiological responses to building noise Building and Environment. 2018;136:302-11. [DOI: [10.1016/j.buildenv.2018.03.061](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.061)]
- Yang W. Effects of Noise on Indoor Thermal Sensation and Comfort. KIEAE Journal. 2017;17(1):83-9. [DOI: [10.12813/kieae.2017.17.1.083](https://doi.org/10.12813/kieae.2017.17.1.083)]
- Sheikhmozaferi MJ, Alizadeh PM, Ahmadi O, Mazloomi B.

- Assessment of noise effect on employee comfort in an open-plan office: validation of an assessment questionnaire. *J Occup Heal Epidemiol*. 2021;10(3):193-203. [DOI: [10.52547/johe.10.3.193](https://doi.org/10.52547/johe.10.3.193)]
5. Doggett R, Sander EJ, Birt J, Ottley M, Baumann O. Using Virtual Reality to Evaluate the Impact of Room Acoustics on Cognitive Performance and Well-Being. *Frontiers in Virtual Reality*. 2021;2:620503. [DOI: [10.3389/frvir.2021.620503](https://doi.org/10.3389/frvir.2021.620503)]
 6. Meng Q, An Y, Yang D. Effects of acoustic environment on design work performance based on multitask visual cognitive performance in office space. *Build Environ*. 2021;205:108296. [DOI: [10.1016/j.buildenv.2021.108296](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108296)]
 7. Radun J, Maula H, Tervahartiala IK, Rajala V, Schlittmeier S, Hongisto V. The effects of irrelevant speech on physiological stress, cognitive performance, and subjective experience – Focus on heart rate variability. *Int J Psychophysiol*. 2024;200:112352. [DOI: [10.1016/j.ijpsycho.2024.112352](https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2024.112352)] [PMID]
 8. Radosz J. Pilot study on the influence of tonal noise annoyance on work performance. In *Proceedings of 25th International Congress on Sound and Vibration 2018, ICSV 2018: Hiroshima Calling*. 2018. p. 2520-7. [Link]
 9. Grenzebach J, Romanus E. Quantifying the Effect of Noise on Cognitive Processes: A Review of Psychophysiological Correlates of Workload. *Noise Health*. 2022;24(115):199-214. [DOI: [10.4103/nah.nah_34_22](https://doi.org/10.4103/nah.nah_34_22)] [PMID]
 10. Bączalska J, Wojciechowska W, Rojek M, Hahad O, Daiber A, Münzel T, et al. Cardiovascular consequences of aircraft noise exposure. *Front Public Heal*. 2022;10:1058423. [DOI: [10.3389/fpubh.2022.1058423](https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1058423)] [PMID]
 11. 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 Med J*. 2015;56(1):235-43. [DOI: [10.3349/ymj.2015.56.1.235](https://doi.org/10.3349/ymj.2015.56.1.235)] [PMID]
 12. Shafiee Motlagh M, Golmohammadi R, Aliabadi M, Faradmal J, Ranjbar A. Empirical Study of Room Acoustic Conditions and Neurophysiologic Strain in Staff Working in Special Open-Plan Bank Offices. *Acoust Aust*. 2018;46(3):329-38. [Link]
 13. Ellermeier W, Kattner F, Klippenstein E, Kreis M, Marquis-Favre C. Short-term noise annoyance and electrodermal response as a function of sound-pressure level, cognitive task load, and noise sensitivity. *Noise and Health*. 2020;22(105):46-55. [DOI: [10.4103/nah.NAH_47_19](https://doi.org/10.4103/nah.NAH_47_19)] [PMID]
 14. ISO (International Organization for Standardization). Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys (ISO/TS Standard 15666:2003). *Int Organ Stand*. 2003;3.
 15. 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. [Link]
 16. Rossi L, Prato A, Lesina L, Schiavi A. Effects of low-frequency noise on human cognitive performances in laboratory. *Building Acoustics*. 2018;25(1):17-33. [Link]
 17. Beheshti MH, Taban E, Samaei SE, Faridan M, Khajehnasiri F, Khavesh LT, et al. The influence of personality traits and gender on noise annoyance in laboratory studies. *Personality and Individual Differences*. 2019;148:95-100. [DOI: [10.1016/j.paid.2019.05.027](https://doi.org/10.1016/j.paid.2019.05.027)]
 18. Montazeri A, Harirchi AM, Shariati M, Garmaroudi G, Ebadi M, Fateh A. The 12-item General Health Questionnaire (GHQ-12): Translation and validation study of the Iranian version. *Health Qual Life Outcomes*. 2003;1:1-4. [DOI: [10.1186/1477-7525-1-66](https://doi.org/10.1186/1477-7525-1-66)] [PMID]
 19. Rammstedt B, Kemper CJ, Klein MC, Beierlein C, Kovaleva, A. A short scale for measuring the five dimensions of personality: Big Five Inventory-10 (BFI-10). *Methods, Data, Analyses (mda)*. 2013;7(2):233-49. [Link]
 20. Kishikawa H, Matsui T, Uchiyama I, Miyakawa M, Hiramatsu K, Stansfeld SA. The development of Weinstein's noise sensitivity scale. *Noise and Health*. 2006 Oct 1;8(33):154-60. [DOI: [10.4103/1463-1741.34703](https://doi.org/10.4103/1463-1741.34703)] [PMID]
 21. Alimohammadi I, Nassiri P, Azkhash M, Sabet M, Hosseini M. Reliability and Validity of the Persian Translation of the Weinstein Noise Sensitivity Scale. *Psychological research*. 2006;9(2):74-87. [Link]
 22. Di GQ, Zhou XX, Chen XW. Annoyance response to low frequency noise with tonal components: A case study on transformer noise. *Applied Acoustics*. 2015;91:40-6. [DOI: [10.1016/j.apacoust.2014.12.003](https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.12.003)]
 23. Lee J, Francis JM, Wang LM. How tonality and loudness of noise relate to annoyance and task performance. *Noise Control Eng J*. 2017;65(2):71-82. [DOI: [10.3397/1/376427](https://doi.org/10.3397/1/376427)]
 24. Golmohammadi R, Aliabadi M, Nezami T. An experimental study of acoustic comfort in open space banks based on speech intelligibility and noise annoyance measures. *Archives of Acoustics*. 2017;42(2):333-45. [Link]
 25. Di Blasio S, Shtrepi L, Puglisi GE, Astolfi A. A cross-sectional survey on the impact of irrelevant speech noise on annoyance, mental health and well-being, performance and occupants' behavior in shared and open-plan offices. *International journal of environmental research and public health*. 2019;16(2):280. [DOI: [10.3390/ijerph16020280](https://doi.org/10.3390/ijerph16020280)] [PMID]
 26. Jafari MJ, Sadeghian M, Khavanin A, Khodakaram S, Jafarpisheh AS. Erratum: Effects of noise on mental performance and annoyance considering task difficulty level and tone components of noise. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2019;17(1): 353-365. [DOI: [10.1007/s40201-019-00353-2](https://doi.org/10.1007/s40201-019-00353-2)] [PMID]
 27. Golmohammadi R, Motlagh MS, Aliabadi M, Faradmal J, Ranjbar A. Staffs' physiological responses to irrelevant background speech and mental workload in open-plan bank office workspaces. *Work*. 2023;76(2):623-36. [DOI: [10.3233/WOR-220502](https://doi.org/10.3233/WOR-220502)] [PMID]
 28. Love J, Sung W, Francis AL. Psychophysiological responses to potentially annoying heating, ventilation, and air conditioning noise during mentally demanding work. *J Acoust Soc Am*. 2021;150(4):3149-63. [DOI: [10.1121/10.0006383](https://doi.org/10.1121/10.0006383)] [PMID]