

Investigation of combined effects of noise and low air temperature on human-environmental comfort and physiological responses- An experimental study

Shiva Sepehri¹, Mohsen Aliabadi^{2*}, Rostam Golmohammadi³, Mohammad Babamiri⁴

¹ Department of Occupational Health, School of Public Health and Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

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

³ Center of Excellence for Occupational Health, 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

Received: 18 May 2019 Accepted: 21 October 2019

Abstract

Background and Aim: Combined exposure to noise and temperature can affect the neurophysiological responses of the office staff. The present study was done to investigate the impacts of combined exposure to noise and low air temperature on physiological responses and environmental comfort.

Methods: In this experimental study, the studied population included the students who were randomly selected from Hamadan University of Medical Sciences in June 2018. This study was conducted on 24 students who were exposed to ten different conditions set by a combination of low air temperatures of 14, 18, and 22°C and noise levels of 55, 65 and 75 dB in a climate chamber. The duration of each session was 55 minutes. Physiological parameters such as blood pressure, heart rate, body temperature, finger skin temperature, galvanic skin response, and respiration rate were measured before and after exposure. Thermal sensation and thermal comfort votes were measured using ISO 10551 standard. Sensitivity to noise was also measured using ISO15666 standard scales for noise annoyance.

Results: Within the range of the studied temperature and noise, the effect size of reducing air temperature on physiological responses was higher than the effect size of increasing noise ($P < 0.05$). By reducing air temperature, noise annoyance reported worse and also the thermal perceptions were affected by increasing noise at cold air temperature ($P < 0.05$). The mean changes of galvanic skin response, respiration rate, heart rate, and noise annoyance when exposed to irrelevant speech have increased as compared with the fan noise and these changes were statistically significant ($P < 0.05$).

Conclusion: The finding of this study showed that the decrease in air temperature compared with the increase of noise led to a more increasing in subjects' physiological responses. Moreover, temperature affected the score of noise annoyance and thermal perceptions were influenced by noise. Also, exposure to irrelevant speech in offices is very effective for employees' comfort.

Keywords: Noise, Physiological Responses, Environmental Comfort, Air Temperature, Combined Exposure.

بررسی اثرات مواجهه همزمان صدا و شرایط دمایی پایین بر آسایش محیطی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی انسان-یک مطالعه تجربی

شیوا سپهری^۱، محسن علی آبادی^{۲*}، رستم گلمحمدی^۳، محمد بابا میری^۴

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

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

^۳ قطب علمی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

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

چکیده

زمینه و هدف: مواجهه همزمان با صدا و شرایط دمایی می‌تواند بر پاسخ‌های نوروفیزیولوژیکی بدن شاغیلین بخش اداری موثر باشد. مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر مواجهه توأم صدا و دماهای پایین بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی و آسایش محیطی افراد انجام شد.

روش‌ها: در این مطالعه تجربی جامعه مورد مطالعه از دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی همدان در خرداد ماه ۱۳۹۷ به صورت تصادفی ساده انتخاب شد. در این پژوهش، ۲۴ نفر از دانشجویان در یک اتاقک شرایط سازی با ۱۰ شرایط ترکیبی دماهای پایین هوا ۱۴، ۱۸ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد و ترازهای صدا ۶۵، ۷۵ و ۸۵ دسی‌بل مواجهه داده شدند. مدت زمان هر جلسه آزمایشی ۵۵ دقیقه بود. پارامترهای فیزیولوژیکی از قبیل فشار خون، ضربان قلب، دمای سطحی بدن، دمای پوست انگشت، پاسخ گالوانیکی پوست و نرخ تنفس قبل و بعد از مواجهه اندازه‌گیری شدند. احساس حرارتی و آسایش حرارتی افراد بر اساس استاندارد ISO 10551 تعیین گردید. میزان حساسیت به صدا نیز با استفاده از مقیاس استاندارد آزار صوتی ISO 15666 تعیین گردید.

یافته‌ها: در محدوده شرایط ترکیبی دمایی و صدای مورد مطالعه، اندازه اثر تغییرات کاهش دمای هوای بیش از اندازه اثر تغییرات افزایش صدا بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی بود ($P < 0.05$). با کاهش دمای هوای در مواجهه، افراد احساس آزار صوتی را بدتر گزارش کردند و همچنین افزایش تراز صدا در شرایط هوای سرد، درک حرارتی افراد را تحت تاثیر قرار داد ($P < 0.05$). در مواجهه با صدای گفتار نامربوط در مقایسه با صدای فن، میانگین تغییرات پاسخ گالوانیکی پوست، نرخ تنفس و ضربان قلب و احساس آزار صوتی افزایش یافت ($P < 0.05$).
نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که کاهش دمای محیط نسبت به افزایش صدا منجر به تغییرات بیشتری در پاسخ‌های فیزیولوژیکی افراد شد. علاوه بر این دما احساس آزار صوتی و صدا درک حرارتی افراد را تحت تاثیر قرار داد. همچنین مواجهه با صدای گفتار در محیط‌های اداری در آسایش محیطی افراد بسیار تاثیرگذار است.

کلیدواژه‌ها: صدا، پاسخ‌های فیزیولوژیکی، آسایش محیطی، دمای هوا، مواجهه همزمان.

مقدمه

آسایش محیطی افراد در محیط‌های شغلی دارای اهمیت است، زیرا که بر بهره‌وری و سلامت اثر می‌گذارد. عوامل محیطی متعددی در محیط کار وجود دارند که شاغلین را بطور همزمان در مواجهه قرار می‌دهند (۱) که از مهم‌ترین این عوامل می‌توان به تراز صدا و دمای هوای محیط اشاره نمود (۲). در ساختمان‌ها و محیط‌های کاری صدا به عنوان یکی از معمول‌ترین استرسورهای فیزیکی محیط کار محسوب می‌شود. اثرات نامطلوب صدا می‌تواند شامل اختلالات خواب، اختلال در عملکرد دستگاه قلبی - عروقی، استرس، بیماری‌های گوارشی، آزار و اذیت، کاهش شنوایی، اختلالات شناختی، اختلالات ذهنی و فیزیولوژیکی باشد (۳). Smith و همکاران پاسخ‌های فیزیولوژیک بدن هنگام مواجهه با تراز صدای بالا را مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که مواجهه با صدای تکراری و مداوم به طور مزمن موجب بروز اختلالات فیزیولوژیکی و روانی در انسان شده و موجب تغییر ضربان قلب و فشار خون می‌گردد (۴). به نظر می‌رسد که سطوح بالای صدا باعث ترشح آدرنالین و انقباض عروق محیطی و در نتیجه افزایش فشار خون به دلیل افزایش استرس می‌شود. از سوی دیگر صدا باعث تغییر ضربان قلب، کاهش خروجی قلب و افزایش تعداد تنفس می‌شود (۵). در دفاتر باز اداری بعد از صدا مهم‌ترین عاملی که کارکنان محیط کار از آن شکایت دارند، شرایط جوی سرد یا گرم است (۶). مواجهه با سرما یک مخاطره مهم در محیط‌های کاری به شمار می‌رود و آسیب‌هایی را در پی دارد به نحوی که سرد شدن بافت‌ها موجب ناراحتی، کاهش عملکرد و افزایش خطاها می‌شود و می‌تواند در اندام‌های مختلف بدن تاثیر بگذارد (۷). بر اساس نتایج حاصل از مطالعات آزمایشگاهی، مواجهه با سرما سبب افزایش فشار خون سیستمیک و دیاستولیک به اندازه ۷-۶ میلی‌متر جیوه در افراد سالم می‌شود (۸).

در سال‌های اخیر مطالعاتی در رابطه با بررسی اثر مواجهه توام عوامل فیزیکی از جمله صدا و دمای هوا بر پاسخ‌های بدن افراد انجام شده است. در یک مطالعه میدانی که برای بررسی اثرات صدا و صدای بر عملکرد کاری در یک دفتر اداری باز انجام شده بود، هیچ گونه تعاملی بین صدا و اثرات حرارتی بر روی ادراکات ذهنی یافت نشد (۹). از طرف دیگر، یک سری از مطالعات آزمایشگاهی شواهدی درباره اثرات ترکیبی صدا و دما بر پاسخ‌های ذهنی یافته اند. از جمله Schust و همکاران نتیجه گرفتند که صدا احساس حرارتی افراد را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اما هیچ شواهدی از اثرات

دما بر روی ادراک صدا نیافتند (۱۰). Borsky و همکاران همچنین اثرات صدا بر احساس حرارتی را معنادار گزارش نمودند، اگر چه اثرات صدا جزئی بوده است (۱۱). Tiller و همکاران در بررسی اثرات ترکیبی صدا و دما بر آسایش و عملکرد نشان دادند که راحتی حرارتی تحت تاثیر صدا است، در حالی که ادراک صدا تحت تاثیر دماهای محیط قرار نمی‌گیرد (۱۲). در مطالعه‌ای که توسط Huang و همکاران در بررسی اثر صدا، دما و روشنایی انجام شد دریافتند که صدا و دما در تامین آسایش افراد در محیط از یک حق و تو برخوردار بودند اما روشنایی تاثیر کمتری داشت (۱۳). Pellerin و Candas همچنین گزارش کردند که صدا ممکن است آسایش حرارتی افراد را در شرایط دمایی گرم تحت تاثیر قرار دهد (۱۴).

راهنمای انجمن مهندسين تهويه مطبوع آمریکا تحت عنوان ASHRAE 10P بر تعامل بین عوامل محیطی در محیط داخلی تاکید می‌کند و اشاره می‌کند که عوامل محیطی مختلف ممکن است بر یکدیگر تاثیر بگذارند و توصیه می‌کند که تحقیقات دقیق‌تر در زمینه بررسی اثرات توام عوامل فیزیکی در مواجهه افراد در محیط‌های بسته انجام شود (۱۵). ماهیت کاری شاغلین بخش‌های ستادی وابسته به ارگان‌های نظامی از جمله صنایع نظامی و بیمارستان‌ها که جمعیت عمده ای را شامل می‌شوند بصورت فعالیت‌های ذهنی است که بطور قابل ملاحظه ای می‌تواند تحت تاثیر شرایط آسایش محیطی در محیط‌های بسته اداری قرار گیرد. اثرات منفی عدم تامین آسایش محیطی می‌تواند منجر به کاهش راندمان کاری و بهره‌وری نیروی انسانی گردد. لذا با توجه به اینکه در مطالعات محدودی به بررسی اثرات مواجهه انسانی با صدا و دماهای هوای پایین در سطح کشور پرداخته شده است، مطالعه حاضر به منظور بررسی اثرات مواجهه همزمان صدا و دمای پایین با در نظر گرفتن سطوح مختلف صدا و دما بر آسایش محیطی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی شاغلین در محیط‌های کاری انجام گرفت.

روش‌ها

جامعه مورد مطالعه: این مطالعه تجربی از خرداد ماه سال ۹۷ شروع شده و تا پایان شهریور ماه سال ۹۷ ادامه یافت. محل انجام این پژوهش، اتاقک شرایط‌سازی آزمایشگاه تنش حرارتی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان بود. در این مطالعه تجربی، ۲۴ نفر (۱۲ نفر مرد و ۱۲ نفر زن) از دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی همدان با محدوده سنی ۳۰-۱۸ سال به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند. حجم نمونه مورد نیاز، طبق برآورد آماری و بر مبنای پژوهش‌های مشابه گذشته ۲۴ نفر تعیین گردید

روند انجام آزمایش: در این مطالعه ۱۰ سناریو طراحی گردید که ۹ سناریوی ترکیبی شامل مواجهه با دو پارامتر فیزیکی صدای فن در سه سطح تراز فشار صوتی ۵۵، ۶۵ و ۷۵ دسی‌بل و دما در سه سطح دمای تر گویسان ۱۸، ۲۲ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد و یک سناریو هم شامل منبع صوتی صدای گفتار نامربوط در تراز صدای ۷۵ دسی‌بل و دمای تر گویسان ۲۲ درجه سانتی‌گراد بود. الگوی شبیه‌سازی سناریوهای مواجهه در این مطالعه در (جدول-۱) ارائه شده است. لازم به ذکر است که صداهای فرکانس پایین ناشی از منابعی همچون فن‌ها آزاردهنده و از عمومی‌ترین شکایات هستند و علاوه بر محیط‌های صنعتی در محیط‌هایی نظیر محیط‌های اداری، تجاری و دفاتر نیز یافت می‌شوند.

جدول-۱. سناریوهای طراحی شده مواجهه با عوامل محیطی صدا و دما

سناریوها	نوع صدا	تراز فشار صوت dBA	دمای هوا °C
۱	فن	۵۵	۲۲
۲	فن	۶۵	۲۲
۳	فن	۷۵	۲۲
۴	فن	۵۵	۱۸
۵	فن	۶۵	۱۸
۶	فن	۷۵	۱۸
۷	فن	۵۵	۱۴
۸	فن	۶۵	۱۴
۹	فن	۷۵	۱۴
۱۰	گفتار نامربوط	۷۵	۲۲

با توجه به توصیه انجمن مهندسين تهويه مطبوع آمريكا در سال ۱۹۹۲ که شرایط آسایش حرارتی بهینه در فصل زمستان و تابستان را ارائه کرد (۲۲)، در این پژوهش قبل از ورود افراد به اتاقک شرایط‌سازی و با توجه به اینکه پژوهش در فصل تابستان انجام شده است، شرایط سازش دمایی ۲۴ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. داوطلبان بایستی جهت انجام آزمایشات ۱۰ بار و هر بار به مدت ۵۵ دقیقه در اتاقک حاضر شدند. طراحی آزمایشات از نوع Within-Participants بود بدین مفهوم که هر فرد بعنوان کنترل خودش محسوب می‌گردید. هریک از شرکت‌کننده‌ها در ساعت مشخصی از روز مراجعه می‌کردند و هربار یک شرکت‌کننده به تنهایی در اتاقک جهت آزمون‌ها حضور داشت. مواجهه با شرایط ترکیبی صدا و دما برای افراد بصورت تصادفی انجام شد. به منظور سنجش صدا از دستگاه صداسنج دیجیتال (CASSELA CEL 450) استفاده شد. رطوبت نسبی اتاقک ۵۰ درصد و سرعت جریان هوا ۰/۲ متر بر ثانیه تنظیم شد. در این مطالعه افراد کار نشسته سبک انجام می‌دادند. بر اساس استاندارد ISO 8996 نرخ

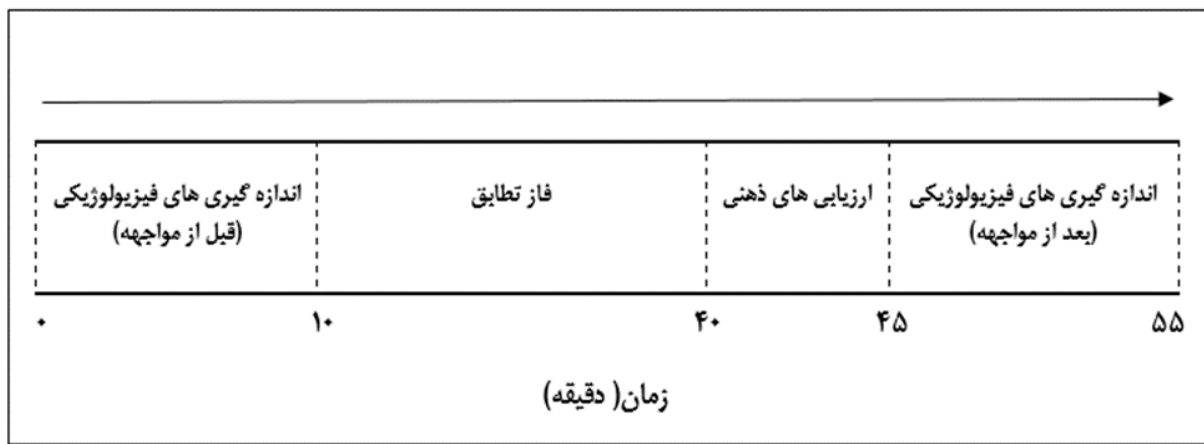
(۱۶-۲۱). شرایط ورود به مطالعه افراد شامل عدم پیشینه مصرف مواد مخدر و سیگار، عدم سابقه مصرف داروهای قلبی، ضدافسردگی و آرامبخش و سایر داروها، عدم ابتلا به کوررنگی، برخورداري از شنوایی و بینایی طبیعی، نداشتن سابقه بیماری‌های قلبی عروقی، مشکلات تنفسی و اختلالات خواب و داشتن شاخص توده بدنی نرمال (بین ۱۸/۵ تا ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع) بود. ملاک خروج از مطالعه بروز بیماری یا عدم تمایل برای ادامه مشارکت در مطالعه بود. پس از انتخاب نهایی افراد واجد شرایط، در روز آزمون پرسشنامه اطلاعات دموگرافیک بین افراد توزیع و توسط آنها تکمیل و جمع‌آوری شد. برای جلوگیری از تورش در مطالعه و حذف تا حد امکان عوامل مخدوش‌کننده، افراد سالم و دارای خصوصیات مشترک در مطالعه حاضر شرکت نمودند. در روز قبل از آزمایشات به افراد تاکید شد که خواب و استراحت کافی داشته باشند، رژیم غذایی معمولی را رعایت نموده و از مصرف دارو، قهوه و مواد کافئین‌دار پرهیز نمایند. جهت یکسان‌سازی تاثیر لباس بر پاسخ‌های افراد، میزان مقاومت لباس برای همه افراد یکسان در نظر گرفته شد. مطالعه حاضر در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی همدان با شناسه اختصاصی IR.UMSHA.REC.1396.773 مورد تایید قرار گرفت و از داوطلبان شرکت‌کننده در پژوهش، رضایت‌نامه کتبی اخذ و مستندسازی شد. به تمام شرکت‌کنندگان اطمینان داده شد که مشخصات آنها کاملاً محرمانه خواهد بود. همچنین اطمینان داده شد که داده‌های جمع‌آوری صرفاً برای اهداف پژوهشی مورد استفاده قرار گرفته و به صورت جواب کلی گروه مطالعه منتشر می‌گردد.

محیط آزمایشگاهی: کلیه آزمایشات در اتاقک شرایط‌سازی موجود در آزمایشگاه تنش حرارتی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان با شرایط جوی کنترل شده صورت گرفت. محیط آزمایشی، اتاقکی با ابعاد ۳/۷، ۲/۴ و ۲/۷ متر با یک ایستگاه کاری متشکل از میز، صندلی و رایانه بود. جهت پخش صدا از دو اسپیکر ۱۰ وات و یک عدد ساب‌وووفر (subwoofer) ۸ وات قرار گرفته در دو طرف مانیتور در فواصل نیم‌متری استفاده شد. این اتاقک قابلیت ایجاد شرایط دمایی از ۱۰- الی ۵۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی از حداقل تا ۹۰٪ را دارد و همچنین مجهز به سیستم اتوماتیک تنظیم اکسیژن هوا می‌باشد. اتاقک دارای دو چراغ LED می‌باشد که روشنایی ۳۰۰ لوکس را تامین می‌کند. دیواره این اتاقک از جنس پانل‌های از پیش ساخته تزریق شده پلی‌یورتان می‌باشد.

ورود داوطلبان شرایط ترکیبی صدا و دما تنظیم شده بود. افراد به مدت ۳۰ دقیقه در محیط در مواجهه با یکی از سناریوهای صدا و دما قرار گرفتند و در این مدت زمان کتاب، مجله، جدول جهت سرگرم شدن در اختیارشان قرار گرفت. سپس پرسشنامه‌های احساس حرارتی، آسایش حرارتی و احساس آزار صوتی را به مدت ۵ دقیقه نمره‌گذاری کردند و در نهایت پارامترهای فیزیولوژیکی مجدد به مدت زمان ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری شد. شکل-۱ روند انجام آزمایش در این مطالعه را نشان می‌دهد.

متابولیسم شغلی برای کار اداری (سبک، نشسته مانند تایپ کردن) ۷۰ وات بر مترمربع، معادل ۱/۲ مت می‌باشد (۲۳). در تمامی آزمایش‌ها بر طبق استاندارد ISO 9920 میزان مقاومت لباس ۰/۷۵ کلو در نظر گرفته شد (۲۴).

قبل از ورود فرد به اتاق شرایط‌سازی، پارامترهای فیزیولوژیکی نظیر فشار خون، ضربان قلب، دمای سطحی بدن، دمای پوست، پاسخ گالوانیکی پوست و نرخ تنفس قبل از مواجهه به مدت زمان ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری و به عنوان پارامترهای پایه ثبت شدند. سپس افراد وارد اتاق شرایط‌سازی می‌شدند، قبل از



شکل-۱. پروتکل زمان بندی انجام آزمایش

روش‌های اندازه‌گیری پاسخ‌ها

اساس استاندارد ISO 10551 احساس حرارتی و آسایش حرارتی از طریق مقیاس‌های ۷ امتیازی احساس حرارتی و ۴ امتیازی آسایش حرارتی بدست آمدند (۲۶). شکل-۲ مقیاس نمره‌گذاری آسایش محیطی را نشان می‌دهد.

اندازه‌گیری پاسخ‌های ذهنی: میزان حساسیت به صدا در افراد با استفاده از مقیاس آزار صوتی ۱۰۰ امتیازی برگرفته از استاندارد ISO 15666 ارزیابی کمی شد. پاسخ به سوالات به صورت درجه بندی عددی از ۰ تا ۱۰۰ در نظر گرفته شد (۲۵). بر

[Thermal comfort]						
Comfortable		Slightly uncomfortable		Uncomfortable		Very uncomfortable
0		1		2		3
[Thermal sensation]						
Cold	Cool	Slightly cool	Neutral	Slightly warm	Warm	Hot
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
[Noise annoyance]						
Not annoyed		Slightly annoyed		Rather annoyed		Very annoyed
0		25		50		75
						100

شکل-۲. مقیاس‌های ذهنی احساس حرارتی و صوتی

اندازه‌گیری پاسخ‌های فیزیولوژیکی: در این پژوهش پارامترهای فیزیولوژیکی شامل فشار خون سیستولیک و دیاستولیک، میزان ضربان قلب، دمای سطحی بدن، دمای پوست انگشت، نرخ تنفس و میزان پاسخ گالوانیکی پوست افراد، قبل و بعد از مواجهه به مدت زمان ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فشارخون و ضربان قلب از دستگاه فشارسنج بازویی (Omron M6 Comfort) استفاده شد. جهت اندازه‌گیری دمای سطحی بدن از دستگاه ترموپوژن (FLIR TG165) با رنج تصویربرداری ۲۵- تا ۳۸۰ درجه سانتی‌گراد استفاده و دمای پیشانی فرد اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری دمای پوست، پاسخ گالوانیکی پوست و نرخ تنفس از دستگاه نکسوس-۴ (Nexus-4) ساخت کشور هلند استفاده شد. این ابزار دارای ۴ کانال برای شاخص‌های روانی- فیزیولوژیکی با فن‌آوری بلوتوث است و قادر به اندازه‌گیری انواع مختلفی از سیگنال‌ها مانند تنش عضلانی، امواج مغزی، ضربان قلب، جریان خون نسبی، هدایت پوست، نرخ تنفس، درجه حرارت و پارامترهای دیگر است. دستگاه نکسوس با استفاده از تکنولوژی بلوتوث به صورت بی‌سیم با کامپیوتر ارتباط برقرار می‌کند. این دستگاه با نرم افزار BioTrace مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش از سه سنسور دمای پوست، سنسور پاسخ گالوانیکی پوست و سنسور تنفسی استفاده شد. سنسور دمای پوست برای پایش تغییرات بسیار کوچک دما در اندام‌های خارجی طراحی شده است. یک رویداد استرس‌زا، تحریک و یا به عبارت دیگر، فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک، می‌تواند منجر به تحریک عروقی و باعث کاهش دما می‌شود. دما بر حسب درجه سانتی‌گراد بیان می‌شود. سنسور دمای پوست روی یکی از انگشتان دست (اغلب دست غیر غالب) قرار می‌گیرد. برای بیشتر افراد در طول استرس، به دلیل تغییرات جریان خون دمای دست کاهش می‌یابد. سنسور پاسخ گالوانیکی پوست، اطلاعات در مورد فعالیت غدد عرق بر روی دست را ارائه می‌دهد. فعالیت غدد عرق با فعالیت سیستم اعصاب سمپاتیک، انگیختگی و استرس مرتبط است. هدایت پوست با واحد میکروزیمنز بیان می‌شود و با افزایش سطح انگیختگی افزایش می‌یابد. سنسور پاسخ گالوانیکی پوست شامل الکترودهای Ag-AgCL می‌باشد. الکترودها معمولاً به دو انگشت در دست غیر غالب یا دو محل در کف دست متصل می‌شوند. دمای پوست انگشت و پاسخ گالوانیکی پوست قبل و بعد از مواجهه به صورت همزمان به مدت سه دقیقه اندازه‌گیری شدند. سنسور تنفسی جهت اندازه‌گیری نرخ تنفس در ناحیه شکم و قسمت مرکزی سنسور بالای ناف قرار

می‌گیرد و به مدت پنج دقیقه نرخ تنفس فرد اندازه‌گیری شد. **تحلیل‌های آماری:** داده‌ها پس از جمع‌آوری با نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف تست شد. جهت بررسی داده‌ها در این مطالعه، در مواردی که توزیع متغیرها نرمال بوده از آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تی زوجی برای نمونه‌های وابسته استفاده شد. در مواردی که توزیع داده‌ها غیر نرمال بوده از آزمون ناپارامتری فریدمن و آزمون ناپارامتری ویلکاکسون استفاده شد. سطح معناداری برای همه آزمون‌ها کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج پاسخ‌های فیزیولوژیکی: طبق یافته‌های بدست آمده، میانگین و انحراف معیار سن افراد شرکت‌کننده $22/25 \pm 2/38$ سال، قد $169/87 \pm 8/29$ سانتی‌متر، وزن $65/70 \pm 8/64$ کیلوگرم و شاخص توده بدنی $22/68 \pm 1/76$ کیلوگرم بر مترمربع بود. مطابق با جداول ۲، ۳، و ۴ آزمون ANOVA با اندازه‌گیری مکرر، در میانگین تغییرات فشار خون سیستولیک و دیاستولیک و نرخ ضربان قلب در سطوح مختلف صدا (۶۵،۵۵ و ۷۵ دسی‌بل) در شرایط دمایی سرد (۱۴ درجه سانتی‌گراد) و نرمال (۲۲ درجه سانتی‌گراد) با افزایش تراز صدا تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0/05$). بر اساس جداول ۵، ۶ و ۷ آزمون ANOVA با اندازه‌گیری مکرر، در میانگین تغییرات پاسخ گالوانیکی پوست و نرخ تنفس در سطوح مختلف صدا (۶۵،۵۵ و ۷۵ دسی‌بل) در شرایط دمایی سرد (۱۴ درجه سانتی‌گراد) و نرمال (۲۲ درجه سانتی‌گراد) با افزایش تراز صدا تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($P < 0/05$). به عبارتی با افزایش تراز صدا، میانگین تغییرات پاسخ گالوانیکی پوست و نرخ تنفس بطور معنی‌داری افزایش یافته است.

از طرف دیگر با توجه به جداول ۲، ۳ و ۴ آزمون ANOVA با اندازه‌گیری مکرر، در میانگین تغییرات فشار خون سیستولیک در سطوح مختلف دما (۱۴، ۱۸ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد) در مواجهه با صدای زمینه (۵۵ دسی‌بل) و صدای آزاردهنده (۷۵ دسی‌بل) تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($P < 0/05$). اما در میانگین تغییرات فشار خون دیاستولیک و نرخ ضربان قلب به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($P > 0/05$). بر اساس جداول ۵- و ۶- آزمون ANOVA با اندازه‌گیری مکرر، در میانگین تغییرات پاسخ گالوانیکی پوست، نرخ تنفس، دمای سطحی بدن و دمای پوست انگشت در سطوح مختلف دما (۱۴، ۱۸ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد) در

فیزیولوژیکی داشته است. تحلیل‌های آماری در میانگین تغییرات فشارخون سیستولیک و دیاستولیک در شرایط صدای گفتار نامربوط در مقایسه با صدای فن اختلاف معنی‌داری را نشان نداده است ($P > 0.05$)، ولی در میانگین تغییرات نرخ ضربان قلب، پاسخ گالوانیکی پوست و نرخ تنفس تفاوت‌ها به لحاظ آماری معنی‌دار است ($P < 0.05$). به عبارتی در شرایط صدای گفتار نامربوط میانگین تغییرات ضربان قلب، پاسخ گالوانیکی پوست و نرخ تنفس در مقایسه با صدای فن بیشتر شده است.

مواجهه با صدای زمینه (۵۵ دسی‌بل) و صدای آزاردهنده (۷۵ دسی‌بل) تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). به عبارتی با کاهش دما، تغییرات پاسخ گالوانیکی پوست و نرخ تنفس افزایش و دمای سطحی بدن و دمای پوست انگشت نیز کاهش یافته است. نتایج نشان داد اندازه اثر تغییرات دما (کاهش دما) بر پاسخ گالوانیکی پوست و نرخ تنفس در صداهای مختلف بیشتر از اندازه اثر تغییرات صدا (افزایش صدا) بر متغیرهای مذکور در دماهای مختلف در شرایط ترکیبی مورد مطالعه است. به عبارتی تغییرات دما در مقایسه با تغییرات صدا اثر منفی بیشتری بر پاسخ‌های

جدول-۲. میانگین و انحراف معیار تغییرات فشار خون سیستولیک در مواجهه با شرایط ترکیبی صدا و دما

فشار خون سیستولیک (mmHg)					دمای هوا (°C)
P-value	اندازه اثر	تراز فشار صوت (dBA)			
		۷۵	۶۵	۵۵	
		انحراف معیار \pm میانگین	انحراف معیار \pm میانگین	انحراف معیار \pm میانگین	
۰/۱۲۰	۰/۰۹۵	۶/۹۱ \pm ۸/۳۰	۳/۷۵ \pm ۶/۲۹	۳ \pm ۷/۲۷	۱۴
۰/۵۴۶	۰/۰۲۶	۰/۵۰ \pm ۹/۰۵	-۰/۵۴ \pm ۷/۹۲	-۲/۰۴ \pm ۹/۵۵	۱۸
۰/۲۲۸	۰/۰۶۲	-۳/۰۸ \pm ۸/۸۶	-۵/۴۵ \pm ۷/۴۰	-۵/۷۹ \pm ۵/۲۰	۲۲
		۰/۳۱۵	۰/۳۶۳	۰/۳۰۸	اندازه اثر
		< ۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۱	P-value

جدول-۳. میانگین و انحراف معیار تغییرات فشار خون دیاستولیک در مواجهه با شرایط ترکیبی صدا و دما

فشار خون دیاستولیک (mmHg)					دمای هوا (°C)
P-value	اندازه اثر	تراز فشار صوت (dBA)			
		۷۵	۶۵	۵۵	
		انحراف معیار \pm میانگین	انحراف معیار \pm میانگین	انحراف معیار \pm میانگین	
۰/۸۲۸	۰/۰۰۸	۱/۷۰ \pm ۶/۷۲	۰/۵۴ \pm ۴/۱۹	۰/۵۰ \pm ۱۰/۴۸	۱۴
۰/۲۵۵	۰/۰۵۸	-۰/۷۹ \pm ۱۰/۵۷	۰/۲۹ \pm ۴/۹۹	-۳/۵۴ \pm ۷/۲۲	۱۸
۰/۸۷۸	۰/۰۰۶	-۳/۰۸ \pm ۱۱/۴۹	-۲ \pm ۴/۱۵	-۳/۰۴ \pm ۷/۱۷	۲۲
		۰/۰۷۳	۰/۱۳۱	۰/۰۷۷	اندازه اثر
		۰/۱۷۵	۰/۰۳۹	۰/۱۵۸	P-value

جدول-۴. میانگین و انحراف معیار تغییرات نرخ ضربان قلب در مواجهه با شرایط ترکیبی صدا و دما

نرخ ضربان قلب (bpm)					دمای هوا (°C)
P-value	اندازه اثر	تراز فشار صوت (dBA)			
		۷۵	۶۵	۵۵	
		انحراف معیار \pm میانگین	انحراف معیار \pm میانگین	انحراف معیار \pm میانگین	
۰/۱۵۱	۰/۰۷۹	-۴/۳۳ \pm ۱۰/۵۷	-۰/۱۲ \pm ۱۱/۱۷	-۵/۰۴ \pm ۹/۱۴	۱۴
۰/۹۱۷	۰/۰۰۲	-۵ \pm ۱۲/۲۸	-۴/۷۹ \pm ۸/۴۶	-۵/۵۸ \pm ۷/۵۹	۱۸
۰/۲۳۸	۰/۰۶۱	-۴/۹۵ \pm ۷/۸۸	-۱/۶۲ \pm ۷/۹۸	-۴/۹۱ \pm ۹/۲۱	۲۲
		۰/۰۰۱	۰/۰۶۵	۰/۰۰۳	اندازه اثر
		۰/۹۶۸	۰/۲۱۲	۰/۹۴۳	P-value

جدول-۵. میانگین و انحراف معیار تغییرات پاسخ گالوانیکی پوست در مواجهه با شرایط ترکیبی صدا و دما

پاسخ گالوانیکی پوست (μS)					دمای هوا (°C)
P-value	اندازه اثر	تراز فشار صوت (dBA)			
		۷۵	۶۵	۵۵	
		انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین	
<۰/۰۰۱	۰/۶۷۲	۲/۹۳ ± ۰/۸۸	۲/۱۳ ± ۰/۷۵	۱/۵۶ ± ۰/۶۶	۱۴
۰/۰۰۱	۰/۲۷۹	۱/۳۱ ± ۰/۸۶	۱/۰۴ ± ۰/۶۳	۰/۶۹ ± ۰/۴۹	۱۸
۰/۰۰۲	۰/۲۶۸	۰/۵۰ ± ۰/۵۵	۰/۲۷ ± ۰/۵۹	۰/۲۰ ± ۰/۴۵	۲۲
		۰/۸۲۹	۰/۷۲۲	۰/۷۱۱	اندازه اثر
		<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	P-value

جدول-۶. میانگین و انحراف معیار تغییرات نرخ تنفس در مواجهه با شرایط ترکیبی صدا و دما

نرخ تنفس (bpm)					دمای هوا (°C)
P-value	اندازه اثر	تراز فشار صوت (dBA)			
		۷۵	۶۵	۵۵	
		انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین	
<۰/۰۰۱	۰/۵۷۵	۴/۷۰ ± ۱/۴۵	۴/۰۹ ± ۱/۲۷	۲/۹۶ ± ۱/۲۷	۱۴
<۰/۰۰۱	۰/۴۲۸	۲/۷۹ ± ۱/۱۹	۲/۱۴ ± ۰/۸۴	۱/۷۷ ± ۱/۰۴	۱۸
<۰/۰۰۱	۰/۴۸۱	۱/۴۹ ± ۰/۸۵	۰/۹۶ ± ۰/۸۷	۰/۵۷ ± ۰/۶۱	۲۲
		۰/۷۳۵	۰/۷۸۷	۰/۶۴۸	اندازه اثر
		<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	P-value

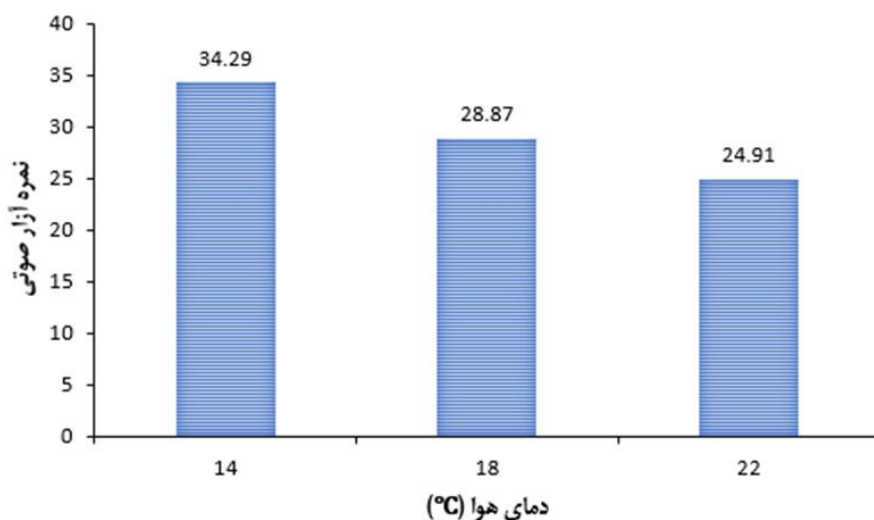
جدول-۷. میانگین و انحراف معیار تغییرات دمای سطحی بدن و دمای پوست انگشت

P-value	اندازه اثر	دمای هوا (°C)			تراز فشار صوت (dBA)	متغیر
		۲۲	۱۸	۱۴		
		انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین		
<۰/۰۰۱	۰/۸۸۱	۰/۸۹ ± ۰/۵۳	۰/۸۷ ± ۰/۲۸	۱/۴۵ ± ۰/۵۷	۵۵	دمای بدن (°C)
<۰/۰۰۱	۰/۷۰۸	۰/۹۸ ± ۱/۳۷	۰/۹۹ ± ۲/۱۳	۰/۵۴ ± ۳/۵۸	۶۵	دمای پوست انگشت (°C)
<۰/۰۰۱	۰/۹۲۷	۰/۹۴ ± ۰/۵۳	۱/۱۰ ± ۰/۳۷	۱/۷۶ ± ۰/۲۹	۷۵	دمای بدن (°C)
<۰/۰۰۱	۰/۶۹۷	۰/۹۹ ± ۱/۵۲	۰/۷۱ ± ۲/۰۵	۰/۷۸ ± ۳/۸۷	۵۵	دمای پوست انگشت (°C)
<۰/۰۰۱	۰/۹۰۰	۰/۸۳ ± ۰/۴۱	۰/۸۶ ± ۰/۳۹	۱/۷۳ ± ۰/۴۴	۷۵	دمای بدن (°C)
<۰/۰۰۱	۰/۷۲۴	۰/۸۳ ± ۱/۳۶	۰/۵۷ ± ۲/۴۵	۰/۷۱ ± ۳/۳۶	۵۵	دمای پوست انگشت (°C)

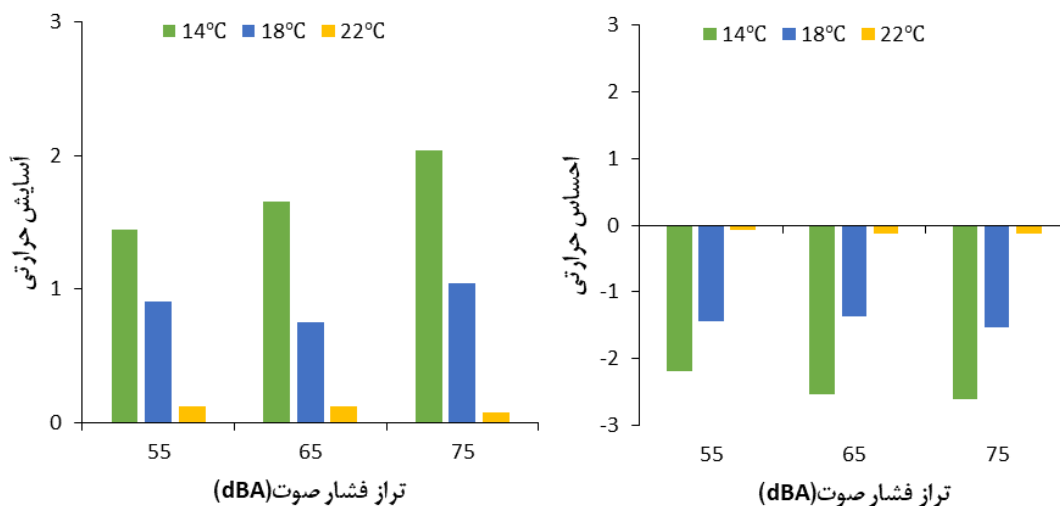
سانتی‌گراد، در تراز صداهای ۶۵، ۵۵ و ۷۵ دسی‌بل، بالاترین نمره احساس حرارتی به ترتیب ۵۸/۳، ۷۰/۸ و ۴۵/۸ درصد مربوط به احساس حرارتی خنثی (۰) و بیشترین نمره آسایش حرارتی به ترتیب ۸۷/۵، ۸۷/۵ و ۹۱/۷ درصد مربوط به آسایش دمایی راحت (۰) بود. در دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد، در تراز صدای ۵۵، ۶۵ و ۷۵ دسی‌بل بیشترین درصد افراد به ترتیب ۴۱/۷ و ۴۵/۸ و ۴۱/۷ درصد به احساس دمایی خنک (۲-) نمره دادند. همچنین بیشترین درصد افراد به ترتیب ۵۸/۳، ۴۱/۷ و ۵۰ درصد به آسایش حرارتی کمی ناراحت کننده (۱) نمره دادند. در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد در تراز صدای ۶۵، ۵۵ و ۷۵ دسی‌بل بیشترین درصد افراد به ترتیب ۴۵/۸ درصد به احساس دمایی خنک (۲-)، ۶۲/۵ و ۵۶/۹ درصد

نتایج پاسخ‌های ذهنی: مطابق با شکل-۳، آزمون ANOVA با اندازه‌گیری مکرر، تفاوت معنی‌داری را در میانگین پاسخ‌های احساس آزار صوتی افراد در سطوح مختلف دما (۱۴، ۱۸ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد) در مواجهه با صدای ثابت ۶۵ دسی‌بل نشان داد (P < ۰/۰۵). به این معنا که در تراز صدای ثابت با کاهش دما، افراد احساس آزار صوتی بیشتری داشتند و نمره صدا را بدتر گزارش کرده‌اند. بنابراین کاهش دمای هوا روی پاسخ ذهنی افراد به صدا تاثیر گذاشته است. درصد نمره‌گذاری احساس حرارتی و آسایش حرارتی افراد تحت تاثیر ترازهای مختلف صدا در دماهای ۱۴، ۱۸ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد تعیین شد و نتایج نشان داد در دمای ۲۲ درجه

نمرات احساس حرارتی و آسایش حرارتی افراد تغییرات معنی‌داری داشته است ($P < 0.05$)، به عبارتی افزایش تراز صدا در شرایط هوای سرد، پاسخ‌های حرارتی را تحت تاثیر قرار داده است. میانگین نمره گذاری احساس حرارتی آزار صوتی افراد تحت تاثیر صدای فن ۳۷/۶۶ و گفتار نامربوط ۴۸/۹۱ بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). گفتنی است افراد در مواجهه با صدای گفتار نامربوط احساس آزار صوتی بیشتری در مقایسه با مواجهه با صدای فن تجربه کردند.



شکل-۳. مقایسه میانگین پاسخ احساس آزار صوتی افراد در صدای ثابت ۶۵ دسی بل تحت تاثیر شرایط دمایی مختلف



شکل-۴. میانگین نمره گذاری احساس حرارتی و آسایش حرارتی افراد تحت تاثیر سطوح مختلف صدا

آسایش محیطی افراد مشخص نماید. پاسخ گالوانیکی پوست به عنوان یک شاخص در بررسی سطح استرس فرد در پاسخ به انواع مختلف محرک مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۷)، همچنین مطالعات نشان داده است که شاخص نرخ تنفس ارتباط مستقیمی با استرس دارد (۲۸). داده‌های این مطالعه تایید کرد با بدتر شدن شرایط ترکیبی صدا و دما (افزایش صدا و کاهش دما) میانگین تغییرات

به احساس دمایی سرد (۳-) نمره دادند. همچنین بیشترین درصد افراد به ترتیب ۵۰، ۵۰ و ۴۱/۷ درصد به آسایش حرارتی ناراحت‌کننده (۲) نمره دادند.

مطابق با شکل-۴ نتایج آزمون ناپارامتری فریدمن نشان می‌دهد که میانگین نمرات احساس حرارتی و آسایش حرارتی افراد با افزایش تراز صدا در دماهای ۱۸ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد به لحاظ آماری تغییر معنی‌داری نداشته است ($P > 0.05$). به عبارتی تغییرات تراز صدا بر احساس دمایی و راحتی دمایی افراد تاثیری نداشت. با این حال در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد، با افزایش تراز صدا میانگین

بحث

همانطور که اشاره گردید پاسخ‌های ذهنی و فیزیولوژیکی شاغلین در محیط کار می‌تواند تحت تاثیر عوامل محیطی از جمله صدا و دمای هوا قرار گیرد. بررسی تک بعدی اثر هر یک از این عوامل بر شاغلین قابلیت تعمیم به شرایط واقعی محیط را ندارد. لذا بررسی اثر مواجهه توأم این عوامل می‌تواند سهم هر کدام را بر

Makinen در مواجهه سرمای فشار خون سیستولیک، دیاستولیک افزایش و نرخ ضربان قلب کاهش یافت (۱۶) اما در مطالعه ما تغییرات فشار خون و نرخ ضربان قلب در شرایط ترکیبی صدا و دما معنی دار نبود، این حالت در مطالعه حاضر می‌تواند به دلیل مواجهه کوتاه مدت افراد با صدا و دما باشد و اینکه افراد کار نشسته سبک انجام میدادند. در مطالعه Makinen مدت زمان مواجهه سرمای (دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد) ۱۲۰ دقیقه بود (۱۶) و در مطالعه ما مدت زمان مواجهه با شرایط ترکیبی صدا و دما ۴۵ دقیقه بود. تفاوت در یافته‌ها شاید به دلیل جمعیت با گروه سنی پایین‌تر (میانگین سنی ۲۲/۲۵) در مطالعه ما باشد. از طرفی تفاوت در نتایج مطالعات می‌تواند به دلیل تفاوت در دقت و صحت روش‌های سنجش فشار خون و ضربان قلب باشد. به دلیل اینکه عوامل مختلفی ممکن است بر روی فشار خون و ضربان قلب تاثیر داشته باشند، بنابراین تفسیر نتایج مربوط به اثرگذاری مواجهه با صدا و دما بر روی تغییر این پارامترها باید با احتیاط صورت پذیرد.

نتایج حاصل از اندازه‌های اثر نشان داد به طور کلی در مواجهه با شرایط ترکیبی صدا و دما، تغییرات دمایی در مقایسه با تغییرات صدا اثر منفی بیشتری بر میانگین تغییرات پاسخ گالوانیکی پوست و نرخ تنفس داشتند، این یافته با نتایج عباسی و همکاران در بررسی اثر مواجهه توام صدا و گرما بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی همخوانی دارد که نشان داد اندازه اثر تغییرات دما بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی (نرخ تنفس و ضربان قلب) بزرگتر از اندازه اثر تغییرات تراز صدا بود (۳۰).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در شرایط مواجهه با صدای گفتار نامربوط در مقایسه با صدای فن میانگین تغییرات پاسخ گالوانیکی پوست، نرخ تنفس و ضربان قلب افزایش پیدا کردند. در مطالعه Sim و همکاران در بررسی اثرات انواع صدا بر ضربان قلب گزارش شد که فقط صدای گفتار نرخ تغییرات ضربان قلب را تحت تاثیر قرار داد (۳۹). همچنین در پژوهش حاضر، افراد صدای گفتار نامربوط را آزاردهنده‌تر از صدای فن گزارش کردند. در مطالعه Yang و همکاران نیز صدای همهمه در مقایسه با صدای فن در مردان آزاردهنده‌تر و بلندتر درک شد (۱۷). نتایج مطالعه گلمحمدی و همکاران نشان داد که بیشترین نمره احساس آزار صوتی در میان منابع صوتی مختلف، مربوط به گفتار نامربوط بود (۴۰).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که دمای هوا بر درک آکوستیکی افراد تاثیر می‌گذارد و افراد احساس آزار صوتی را در شرایط سردتر بدتر گزارش کرده‌اند. به عبارتی صدای فن در تراز صدای ثابت ۶۵

پاسخ گالوانیکی پوست و نرخ تنفس بیشتر شده است و به عبارتی مواجهه توام با صدا و دماهای پایین اثر منفی بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی مذکور داشته‌اند. در مطالعه شفیع و همکاران نیز با افزایش مواجهه با صدا، پاسخ گالوانیکی پوست و نرخ تنفس افراد در محیط کاری بانک‌ها افزایش یافت (۲۹). عباسی و همکاران نیز دریافتند که با دور شدن از شرایط دمایی خنثی و افزایش تراز صدا، نرخ تنفس افزایش پیدا کرد که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشت (۳۰). Edmonds و همکاران در مطالعه‌ای گزارش کردند که با افزایش سطح استرس در افراد، پاسخ گالوانیکی پوست نیز افزایش می‌یابد (۳۱). همچنین Timmons نشان داد وقتی که افراد از استرس رنج می‌برند، تغییرات مهمی در ریتم تنفسی رخ می‌دهد که منجر به افزایش نرخ تنفس می‌شود (۳۲). در مطالعه Lan و همکاران نیز نرخ تنفس در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت (۳۳). با کاهش دما میانگین تغییرات دمای سطحی بدن و دمای پوست انگشت به طور معنی‌دار کاهش پیدا کردند، یعنی هرچه دمای هوا کاهش یابد به دنبال آن دمای سطحی و دمای پوست انگشت نیز کاهش می‌یابد. در مطالعه‌ای که توسط Makinen و همکاران انجام شد، دمای سطحی بدن و دمای پوست انگشت نیز در مواجهه با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دمای کنترل ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش قابل توجهی یافت (۱۶). با افزایش تراز صدا میانگین تغییرات فشار خون سیستولیک، دیاستولیک و نرخ ضربان قلب به لحاظ آماری تغییرات معنی‌داری نداشت، همچنین با کاهش دما فقط میانگین تغییرات فشار خون سیستولیک از نظر آماری معنی‌دار شد و در میانگین تغییرات فشار خون دیاستولیک و نرخ ضربان قلب تفاوت معنی‌داری یافت نشد. در مطالعه Xiong و همکاران، نتایج حاکی از آن بود که فشار خون سیستولیک در مقایسه با فشار خون دیاستولیک حساسیت بیشتری به دمای خنک دارد (۳۴). در مطالعه‌ای که توسط Pellerin و همکاران انجام شد، اثرات ترکیبی صدا و دما پاسخ‌های فیزیولوژیکی بدن افراد در مواجهه را تحت تاثیر قرار نداد (۳۵). در بررسی یوسفی ریزی و همکاران در بررسی مواجهه با صدا در کارگران صنایع اصفهان اختلاف معنی‌داری بین صدا و فشار خون یافت نشد (۳۶). در مطالعه زمانیان و همکاران نیز میزان تغییرات فشار خون و ضربان قلب، در مواجهه حاد با صدا تغییرات قابل ملاحظه‌ای نداشتند (۳۷). در مطالعه Chang و همکارانش، افزایش قابل توجهی در فشار خون افراد در مواجهه با تراز صدای بالا مشاهده کردند (۳۸). از سوی دیگر در مطالعه

پژوهش‌های آتی مدت زمان طولانی‌تری برای مواجهه در نظر گرفته شود. همچنین می‌توان تعداد شرایط دمایی و تراز صدا را اضافه و پاسخ‌ها را بررسی کرد. بطور کلی از نتایج این مطالعه می‌توان جهت طراحی بهینه شرایط دمایی و آکوستیکی محیط‌های کاری اداری جهت تامین آسایش محیطی و افزایش بهره‌وری و عملکرد نیروی انسانی استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه تایید نمود که کاهش دمای محیط نسبت به افزایش صدا منجر به تغییرات بیشتری در پاسخ‌های فیزیولوژیکی افراد شد. لذا توجه به تامین آسایش حرارتی کارکنان در مقایسه با آسایش صوتی در محیط‌های اداری جهت حفظ و یا بهبود عملکرد ذهنی و فیزیکی دارای اهمیت زیاد است. علاوه بر این با کاهش دمای هوای در مواجهه، افراد احساس آزار صوتی را بدتر گزارش کردند. بدین مفهوم که عدم تامین آسایش حرارتی می‌تواند قدرت تحمل صدا افراد را نیز کاهش دهد. با این حال افزایش تراز صدا نیز در شرایط هوای سرد، درک حرارتی افراد را تحت تاثیر قرار داد. بدین مفهوم که در شرایط دمایی نامناسب، آلودگی صدای محیط هم می‌تواند قدرت تحمل سرمای افراد را کاهش دهد. همچنین مواجهه با صدای گفتار در محیط‌های اداری در مقایسه با صدای تجهیزات اداری در آسایش محیطی افراد بسیار تاثیرگذار است.

دسی‌بل در شرایط سردتر آزاردهنده‌تر گزارش شد. این نتایج با برخی مطالعات همخوانی دارد از جمله در مطالعه‌ای که توسط Pellerin و همکاران انجام شد، نتایج نشان داد که وقتی شرایط دمایی از حالت خنثی دور می‌شود، درک آکوستیکی افراد کاهش می‌یابد (۳۵). همچنین در مطالعه‌ای دیگر Nagano و همکاران دریافتند که شرایط حرارتی نیز به طور قابل ملاحظه‌ای احساسات صوتی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۴۱). Yang و همکاران دریافتند که شرایط حرارتی درک صدای داخلی را بسته به نوع صدا و رطوبت نسبی تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۷).

در این مطالعه تغییرات معنی‌داری در ارزیابی‌های پاسخ‌های ذهنی حرارتی با افزایش تراز صدا از ۵۵ دسی‌بل تا ۷۵ دسی‌بل در دماهای ۱۸ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد یافت نشد، اما در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد تغییرات معنی‌دار بود. نتایج حاکی از آن بود که احساس حرارتی و آسایش حرارتی افراد در شرایط سرد تحت تاثیر تغییرات صدا قرار گرفته است. نتایج مطالعه حاضر با برخی مطالعات سازگار است، از جمله Piasecki و همکاران نشان دادند که ادراکات حرارتی در مواجهه کوتاه‌مدت با ترازهای مختلف صدا تغییر نکردند، با این حال شرایط حرارتی بر ادراکات صوتی افراد بسته به نوع صدا و رطوبت نسبی موجود تاثیر گذاشت (۴۲). در مطالعه Nagano و همکاران در بررسی محیط‌هایی با صدای خفیف و سطوح دمایی مختلف، دریافتند که صدا بر احساس سرمای تاثیر نمی‌گذارد ولی آسایش دمایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۴۳). Yang و همکاران در ارزیابی پاسخ‌های ذهنی حرارتی در محدوده تراز صدای ۴۵ تا ۶۵ دسی‌بل تغییراتی نیافتند و گزارش نمودند که درک محیط حرارتی از طریق تماس کوتاه‌مدت با تراز صدای داخلی تغییر نمی‌کند (۱۷). Witterseh و همکاران نیز در مطالعه خود با تغییر سطوح صدا در پاسخ‌های ذهنی حرارتی اختلافی نیافتند (۹).

از جمله محدودیت‌های این مطالعه عدم بررسی اثر جنس بر روی پاسخ‌های افراد در مواجهه با صدا و شرایط دمایی بود که توصیه می‌شود در مطالعات آینده مورد بررسی قرار گیرد. ثبت پاسخ‌های فیزیولوژیک امروزه با استفاده از روش‌های پیشرفته همچون الکتروکاردیوگرافی صورت می‌گیرد که در این مطالعه در دسترس نبود و برای مطالعات آینده در این زمینه توصیه می‌گردد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده در بررسی اثر استرسورهای فیزیکی صدا و دما بر مکانیسم‌های پاسخ‌های ذهنی از روش‌های پیشرفته‌تر همچون الکتروانسفالوگرافی و غیره استفاده شود. در این مطالعه مواجهه از نوع کوتاه‌مدت بود که پیشنهاد می‌شود در

نکات کاربردی بالینی برای جوامع نظامی

- بسیاری از مشاغل ستادی نظامی که دارای بار کاری ذهنی می‌باشند نیازمند فراهم نمودن شرایط محیطی بهینه کار از دیدگاه آسایش صوتی و حرارتی هستند.
- مواجهه با استرسورهای فیزیکی (دما و صدا) می‌تواند بر عملکرد ذهنی و فیزیولوژیکی شاغلین نظامی تاثیرات منفی بگذارد، لذا نتایج این پژوهش می‌تواند برای جامعه نظامی جهت تامین آسایش محیطی و بهبود سطح فعالیت‌های ذهنی حائز اهمیت باشد.
- نتایج این مطالعه ضرورت استفاده از اقدامات کنترلی مهندسی و مدیریتی را در راستای کاستن عوامل مخاطره‌زای محیطی (تراز صدا و دمای هوا) و همچنین ایجاد محیطی ایمن در محیط‌های نظامی را در جهت بهبود کارایی و بهره‌وری کارکنان نظامی و کاهش خطا و بروز حوادث را به مدیران و فرماندهان نظامی پیشنهاد می‌نماید.

توسط معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان تصویب و مورد حمایت قرار گرفته است.

تضاد منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند هیچگونه تضاد منافی در این مطالعه وجود ندارد.

منابع:

- Vatanpour S, Hrudehy SE, Dinu I. Can public health risk assessment using risk matrices be misleading? *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(8):9575-88.
- Bohgard M, Akselsson R, Holmer I, Johansson G, Rassner F, Swensson L. Physical factors in work and technology on human terms. Stockholm, Sweden. *Prevent*. 2009;193-303.
- Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The lancet*. 2014;383(9925):1325-32.
- Smith A. A review of the non-auditory effects of noise on health. *Work Stress*. 1991;5(1):49-62.
- Pourabdiyan S, Ghotbi M, Yousefi H, 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.
- Maula H, Hongisto V, Östman L, Haapakangas A, Koskela H, Hyönä J. The effect of slightly warm temperature on work performance and comfort in open-plan offices—a laboratory study. *Indoor Air*. 2016;26(2):286-97.
- Holmer I. Evaluation of cold workplaces: an overview of standards for assessment of cold stress. *Ind Health*. 2009;47(3):228-34.
- Korhonen I. Blood pressure and heart rate responses in men exposed to arm and leg cold pressor tests and whole-body cold exposure. *Int J Circumpolar Health*. 2006;65(2):178-84.
- Witterseh T, Wyon DP, Clausen G. The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performance of office work. *Indoor Air*. 2004;14:30-40.
- Schust M, Gaebelein H, Meister A, Rothe R. The effect of combined noise and heat exposure upon thermal regulation, hearing and subjective state. *Arch Complex Environ Stud*. 1991;3(1-2):25-30.
- Borsky I, Hubacova L, Hatjar K. Combined effect of physical strain, noise and hot environmental conditions on man. *Arch Complex Environ Stud*. 1993;5(1):75-83.
- Tiller DK, Wang LM, Musser A, Radik MJ. Combined effects of noise and temperature on human comfort and performance. *Build Eng*. 2010;116:552.
- Huang L, Zhu Y, Ouyang Q, Cao B. A study on the effects of thermal, luminous, and acoustic environments on indoor environmental comfort in offices. *Build Environ*. 2012;49:304-9.
- Pellerin N, Candau V. Combined effects of temperature and noise on human discomfort. *Physiol Behav*. 2003;78(1):99-106.

تشکر و قدردانی: نویسندگان مقاله از همکاری و مشارکت فعال دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی همدان در این پژوهش صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند. این مطالعه بخشی از پایان نامه تحقیقاتی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای به شماره ثبت ۹۶۱۲۰۸۷۸۹۳ بوده است که در تاریخ ۱۳۹۶/۱۲/۰۸

- ASHRAE Guideline 10P. Interactions affecting the achievement of acceptable indoor environments; 2010.
- Mäkinen TM, Palinkas LA, Reeves DL, Pääkkönen T, Rintamäki H, Leppäluoto J, et al. Effect of repeated exposures to cold on cognitive performance in humans. *Physiol Behav*. 2006;87(1):166-76.
- Yang W, Moon HJ, Kim M-J. Combined effects of short-term noise exposure and hygrothermal conditions on indoor environmental perceptions. *Indoor Built Environ*. 2018;27(8):1119-1133.
- Liu T, Lin C-C, Huang K-C, Chen Y-C. Effects of noise type, noise intensity, and illumination intensity on reading performance. *APPL ACOUST*. 2017;120:70-4.
- Martellotta F, Della Crociata S and Simone A. Laboratory study on the effects of office noise on mental performance. *Proc Forum Acust*. 2011;1637-42.
- Lan L, Lian Z, Pan L and Ye Q. Neurobehavioral approach for evaluation of office workers' productivity: The effects of room temperature. *Build Environ*. 2009;44(8):1578-88.
- Lan L, Lian Z. Use of neurobehavioral tests to evaluate the effects of indoor environment quality on productivity. *Build Environ*. 2009;44(11):2208-17.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human occupancy; 1992.
- ISO8996. Ergonomics of the thermal environment-Determination of metabolic heat production; 2001.
- ISO9920. Ergonomics of the thermal environment - Estimation of thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble; 1995.
- ISO15666. Acoustics- Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys; 2003.
- ISO10551. Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales; 2001.
- Storm H, Myre K, Rostrup M, Stokland O, Lien M, Raeder J. Skin conductance correlates with perioperative stress. *Acta Anaesthesiol. Scand*. 2002;46(7):887-95.
- Sokhadze EM. Effects of music on the recovery of autonomic and electrocortical activity after stress induced by aversive visual stimuli. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2007;32(1):31-50.

29. Shafiee 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.
30. Abbasi AM, Motamedzade M, Aliabadi M, Golmohammadi R, Tapak L. The impact of indoor air temperature on the executive functions of human brain and the physiological responses of body. *Health Promot Perspect* 2019; 9(1): 55-64.
31. Edmonds WA, Tenenbaum G. Case studies in applied psychophysiology: Neurofeedback and biofeedback treatments for advances in human performance. Wiley, New York. 2012.
32. Ley R, Timmons BH. Behavioral and psychological approaches to breathing disorders: Springer Science & Business Media; 2013.
33. Lan L, Wargoeki P, Wyon DP, Lian Z. Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance. *Indoor Air*. 2011;21(5):376-90.
34. Xiong J, Lian Z and Zhang H. Physiological response to typical temperature step-changes in winter of China. *Energ Buildings*. 2017;138: 687-94.
35. Pellerin N, Candas V. Effects of steady-state noise and temperature conditions on environmental perception and acceptability. *Indoor Air*. 2004;14(2): 129-136.
36. Yousefi Rizi HA, Hassanzadeh A. Noise exposure as a risk factor of cardiovascular diseases in workers. *J Educ Health Promot*. 2013;2.
37. Zamanian Z, Rostami R, Hasanzadeh J, Hashemi H. Investigation of the effect of occupational noise exposure on blood pressure and heart rate of steel industry workers. *J Environ Public Health*. 2013;12: 22-8.
38. Chang T-Y, Hwang B-F, Liu C-S, Chen R-Y, Wang V-S, Bao B-Y, et al. Occupational noise exposure and incident hypertension in men: a prospective cohort study. *Am J Epidemiol*. 2013;177 (8): 818-25.
39. 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.
40. Golmohammadi R, Aliabadi M, Nezami T. An Experimental Study of Acoustic Comfort in Open Space Banks Based on Speech Intelligibility and Noise Annoyance Measures. *ARCH ACOUST*. 2017;42(2):333-345.
41. Nagano K, Horikoshi T. New comfort index during combined conditions of moderate low ambient temperature and traffic noise. *Energy Build*. 2005;37(3):287-94.
42. Piasecki M, Kostyrko K, Pykacz S. Indoor environmental quality assessment: Part 1: Choice of the indoor environmental quality sub-component models. *J Build Phys*. 2017;41(3):264-89.
43. Nagano K, Horikoshi T. New index of combined effect of temperature and noise on human comfort: summer experiments on hot ambient temperature and traffic noise. *Arch Complex Environ Stud*. 2001; 13(3).