Journal of Military Medicine
2022, Volume 23, Issue 11
Pages: 864-874
10.30491/JMM.23.11.864

Investigating the Effect of Exposure to Whole Body Vibration on Mental Performances of 20-29 Years Old Male

Mohammad Javad Jafari [1], Saeid Ghaffari [2*], Elham Akhlaghi Pirposhteh [3], Soheila Khodakarim [4], Reza Khosrowabadi [5], Ashkan Khatabakhsh [2], Zahra Salehzadeh [6]

[1] *Safety Promotion and Injury Prevention Research Center (SPIPRC), Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[2] *Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[3] *Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran*
[4] *Department of Epidemiology, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[5] *Institute for Cognitive and Brain Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran*
[6] *Department of Computer, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran*

Received: 12 July 2021 **Accepted:** 15 February 2022

Abstract

Background and Aim: Vibration, especially whole body vibration, is one of the most important physical harmful factors in industrial environments as well as vehicles. Exposure to whole-body vibration can cause different mental and physiological reactions in humans. This study aimed to investigate the effect of exposure to whole body vibration on the mental performances of 20-29 years old males in laboratory conditions.

Methods: In this research, 32 male students of Shahid Beheshti University of Medical Sciences with an average age of 22.19 ± 2.6 years and a BMI of 20.23 ± 2.21 kg/m^2 participated. The acceleration of the whole body vibration was considered at three levels of low (0.53 m/s^2), moderate (0.81 m/s^2) and high (1.12 m/s^2) according to the ISO 2631 standard at a frequency of 3-7 Hz. The mental functions of each subject were examined first in the vibration-free state and then at different vibration acceleration levels using the IVA (Integrated Visual and Auditory Continues) tool. The heart rate of the subjects was also recorded by a digital heart rate monitor.

Results: The results of this study showed that with increasing whole body vibration acceleration, visual and auditory attention decreased significantly (P <0.001). In addition, the heart rate and response time of the subjects significantly increased (P <0.001).

Conclusion: The results showed that whole body vibration is an effective factor in reaction time, mental functions and physiological parameters, which can reduce the accuracy of the work.

Keywords: Whole body vibration, Mentally performances, Response time, Attention.

*Corresponding author: **Saeid Ghaffari,** Email: saeedghafary20@gmail.com

مجله طب نظامی
دوره ۲۳، شماره ۱۱، بهمن ۱۴۰۰
صفحات: ۸۷۴-۸۶۴
10.30491/JMM.23.11.864

بررسی اثر مواجهه با ارتعاش تمام بدن بر عملکردهای ذهنی مردان ۲۹-۲۰ سال

محمدجواد جعفری[۱]، سعید غفاری[۲*]، الهام اخلاقی پیرپشته[۳]، سهیلا خداکریم[۴]، رضا خسرو آبادی[۵]، اشکان خطابخش[۲]، زهرا صالح‌زاده[۶]

[۱] مرکز تحقیقات ارتقاء ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
[۲] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
[۳] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
[۴] گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
[۵] پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
[۶] گروه کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

چکیده

زمینه و هدف: ارتعاش به‌ویژه ارتعاش تمام بدن یکی از مهمترین عوامل زیان‌آور فیزیکی در محیط‌های صنعتی و همچنین وسایل نقلیه به شمار می‌رود. مواجهه با ارتعاش تمام بدن می‌تواند باعث ایجاد واکنش‌های ذهنی و فیزیولوژیکی متفاوت در انسان شود. از این‌رو پژوهش حاضر به بررسی اثر مواجهه با ارتعاش تمام بدن بر عملکردهای ذهنی مردان ۲۹-۲۰ سال در شرایط آزمایشگاهی پرداخته است.

روش‌ها: دراین پژوهش ۳۲ نفر از دانشجویان پسر دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی با میانگین سنی ۲/۵۶ ± ۲۲/۱۹ سال و شاخص توده بدنی ۲/۳۱ ± ۲۴/۲۰ کیلوگرم بر متر مربع شرکت داشتند. شتاب ارتعاش تمام بدن در سه تراز کم (۰/۵۳)، متوسط (۰/۸۱) و زیاد (۱/۱۲) متر بر مجذور ثانیه بر طبق استاندارد ISO 2631 در فرکانس ۷-۳ هرتز اعمال شد. عملکردهای ذهنی هر یک از آزمودنی‌ها ابتدا در حالت بدون ارتعاش و سپس در شتاب‌های متفاوت ارتعاش با استفاده از ابزار آزمون بررسی یکپارچه عملکرد دیداری شنیداری IVA (Integrated Visual and Auditory Continues) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین ضربان قلب افراد نیز به‌وسیله دستگاه ضربان‌سنج دیجیتال ثبت گردید.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش شتاب ارتعاش تمام بدن میزان توجه دیداری و شنیداری به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابند ($P <0.001$). علاوه‌بر این ضربان قلب و زمان واکنش افراد نیز به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابند ($P <0.001$).

نتیجه‌گیری: ارتعاش تمام بدن یک عامل موثر در زمان واکنش، عملکردهای ذهنی و پارامترهای فیزیولوژیک می‌باشد که می‌تواند باعث کاهش دقت در انجام کار شود.

کلیدواژه‌ها: ارتعاش تمام بدن، عملکردهای ذهنی، زمان واکنش، توجه.

*نویسنده مسئول: **سعید غفاری.** پست الکترونیک: saeedghafary20@gmail.com
دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۲۱ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۲۶

مقدمه

ارتعاش نوسان مکانیکی حول یک نقطه ثابت است. ارتعاش منتقل شده به انسان از محیط به دو صورت ارتعاش دست–بازو و ارتعاش تمام بدن مورد بررسی قرار می‌گیرد. ارتعاش در محیط‌های کاری در سه محور x (از جلو به عقب)، y (از چپ به راست) و z (از بالا به پایین) به تمام بدن منتقل می‌شود. پاسخ انسان به ارتعاش با توجه به فرکانس، شدت و مدت مواجهه متفاوت است (۱). امروزه با رشد و گسترش روزافزون فناوری‌های نوین و استفاده از انرژی در فرایندهای متنوع صنعتی، بخشی از انرژی منتشر شده به صورت ارتعاش درآمده که می‌تواند به بدن افراد منتقل شود. ارتعاشاتی که انسان با آن مواجهه پیدا می‌کند بیشتر از طریق وسایل دارای موتورهای الکتریکی یا احتراقی است. همچنین پیشرفت فناوری و نیاز به افزایش بازده ماشین آلات، منجربه افزایش سرعت و توان ماشین‌آلات صنعتی شده است. در واقع این افزایش در سرعت و توان باعث تولید حرکات زاید مکانیکی در اجزای دستگاه‌ها شده است که به صورت ارتعاش نمایان می‌گردد (۹–۱).

در میان روش‌های انتقال ارتعاش به بدن، یکی از معروف‌ترین روش‌ها که معمولا در فرکانس‌های پایین‌تر، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است ارتعاش منتقله به تمام بدن می‌باشد. این نوع ارتعاش هم به صورت ایستاده و هم به‌صورت نشسته می‌تواند به بدن افراد منتقل شود (۲). در خصوص مشاغلی که در معرض ارتعاش تمام بدن می‌باشند، می‌توان رانندگان وسایل نقلیه زمینی (جاده‌ای و ریلی)، هوایی، دریایی، معدنچیان و کارگرانی که نزدیک دستگاه‌های مرتعش به طور نشسته و یا ایستاده کار می‌کنند را نام برد. از نظر بهداشت حرفه‌ای، ارتعاشات مکانیکی می‌تواند به عنوان نیرو و حرکت مداومی تلقی گردد که این نیرو از طریق اندام و گیرنده‌های غیر از اندام شنوایی بر انسان در حال کار، تاثیر می‌گذارد. انتقال انرژی مکانیکی از یک منبع مرتعش به بدن کارگر می‌تواند به ترتیب باعث اختلال در راحتی یا آسایش فرد، کاهش بازدهی در اثر خستگی ناشی از ارتعاش، کاهش سطح ایمنی و دقت و همچنین ایجاد اختلال در اعمال فیزیولوژیکی مانند افزایش ضربان قلب، مشکلات اسکلتی عضلانی، عوارض گوارشی، مشکلات دستگاه تناسلی و غیره گردد (۳). همچنین رابطه مستقیم ارتعاش تمام بدن با ایجاد کمردرد به اثبات رسیده است (۴).

علاوه‌بر این ارتعاش دارای اثرات ذهنی و شناختی نیز می‌باشد که از جمله این اثرات می‌توان به ایجاد خستگی ذهنی، کاهش مهارت، افزایش بار کاری ذهنی، کاهش سطح توجه، افزایش سطح تحریک‌پذیری و ... اشاره نمود (۵). همچنین مطالعات پیشین نشان داده‌اند که مواجهه با ارتعاش باعث افزایش بار کاری ذهنی نیز می‌گردد (۶). نتایج یک مطالعه مروری نیز نشان داد که وجود ارتعاش در وسایل نقلیه می‌تواند سبب بروز خستگی، خواب آلودگی و همچنین کاهش دقت در رانندگان شود که با توجه به آمار بالای تصادفات جاده‌ای می‌توان بیان نمود که خستگی رانندگان به علت مواجهه با ارتعاش می‌تواند یک عامل بسیار مهم در کاهش ایمنی جاده‌ها باشد (۷). بر همین اساس استاندارد ISO 2631 (۱۹۸۵)، سازمان ACGIH و کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای ایران، مواجهه با ارتعاش تمام بدن برای مدت زمان حداکثر یک دقیقه در سه دامنه شتاب ارتعاشی ۰/۹، ۲/۸ و ۵/۶ متر بر مجذوز ثانیه را به ترتیب بیانگر مرز افت راحتی یا کاهش آسایش، مرز کاهش مهارت و خستگی و حداکثر مقدار مجاز مواجهه معرفی کرده است (۸).

فرآیندهایی که نیاز به پردازش ابتدایی اطلاعات توسط سیستم اعصاب مرکزی دارند، مانند زمان واکنش و الگوهای شناختی نسبت به نوسانات ارتعاشی بسیار حساس هستند. مطالعات نشان می‌دهند ارتعاش در محدوده فرکانسی ۳/۵ تا ۶ هرتز می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر عملکردهای ذهنی افراد در کارهایی که نیازمند هوشیاری هستند، داشته باشد (۹). Kubo و همکارانش در مطالعه خود نشان دادند که ارتعاش در محدوده ۵ هرتز باعث افزایش خستگی ذهنی و فیزیولوژیکی می‌شود (۱۰). خانی جزنی و همکارانش در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش شتاب ارتعاش تمام بدن زمان واکنش برای انجام یک آزمون رایانه‌ای کاهش یافته و همچنین خستگی فیزیولوژیک افزایش می‌یابد (۱۱).

مطالعات پیشین نشان دادند که ارتعاش بر میزان بارکاری ذهنی که فرد در حین انجام فعالیت احساس می‌کند موثر است (۱۲). بار کاری ذهنی براساس روش‌های فیزیولوژیک و خود گزارش‌دهی ارزیابی می‌گردد. همچنین با اندازه‌گیری ضربان قلب می‌توان بار کاری فیزیولوژیک فرد را نیز مشخص نمود. مطالعات متعددی نشان دادند که ارتعاش می‌تواند بر ضربان قلب افراد تاثیرگذار باشد. به عنوان مثال Holland و همکارانش در سال ۱۹۶۶ ضربان قلب افراد را در حین مواجهه با شتاب‌های متفاوت ارتعاش برحسب متر بر مجذور ثانیه در حین انجام آزمون‌های شناختی و ذهنی مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد مواجهه با ارتعاش و افزایش شتاب ارتعاش باعث افزایش میانگین ضربان قلب افراد می‌شود (۱۳). یکی از روش‌های ارزیابی بارکاری ذهنی روش خود گزارش‌دهی استفاده از پرسشنامه ناسا تی ال ایکس می‌باشد. Newell و همکاران در سال ۲۰۰۷ نشان دادند که مواجهه با ارتعاش باعث افزایش بار کاری ذهنی می‌گردد (۶).

یکی از متداول‌ترین عوامل زیان‌آور فیزیکی محیط‌های نظامی ارتعاش تمام بدن می‌باشد (۱۴). مطالعه حاجی امینی و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که استرس شغلی ایجاد شده در اثر مواجهه با استرسورها از جمله صدا و ارتعاش تمام بدن در برخی از رانندگان نظامی و غیرنظامی متوسط و شدید است اما نمره کلی استرس شغلی در دو گروه تفاوت معناداری ندارد (۱۵).

تاکنون مطالعات زیادی در ارتباط با ارتعاش تمام بدن صورت گرفته است که بیشتر هدف آن‌ها بررسی و پیشگیری از بیماری‌های اسکلتی عضلانی همچون کمردرد بوده است. در حالی‌که عملکرد ذهنی انسان و میزان دقت و توجه در هنگام فعالیت‌های مختلف

صنعتی، می‌تواند نقش مهمی در ایجاد حوادث کاری در محیط‌های صنعتی داشته باشد. لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی و اثر ارتعاش تمام بدن بر میزان توجه افراد در دو بُعد دیداری و شنیداری، زمان واکنش و ضربان قلب انجام شد.

روش‌ها

طراحی مطالعه

مطالعه حاضر از نوع تجربی بوده که در آن اثر ارتعاش تمام بدن در در سه تراز کم (۰/۵۳)، متوسط (۰/۸۱) و زیاد (۱/۱۲) متر بر مجذور ثانیه بر میزان توجه دیداری و شنیداری، زمان واکنش، ضربان قلب و بار کاری ذهنی مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه به صورت مداخله‌ای در یک محیط شبیه سازی شده در آزمایشگاه بر روی ۳۲ نفر از دانشجویان پسر مشغول به تحصیل در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام شد. با توجه به اینکه بر اساس مطالعات پیشین پاسخ افراد به ارتعاش در سنین مختلف متفاوت است، همه افراد حاضر در پژوهش در یک بازه سنی قرار داشتند. معیارهای ورود به مطالعه نیز قرار گرفتن در محدوده سنی ۲۰ تا ۲۹ سال، عدم معلولیت و نقص در دستان (منظور از نوک انگشتان تا مفصل شانه است)، عدم اعتیاد به مواد مخدر و الکل، عدم ابتلا به دیابت و فشار خون بالا و نداشتن سابقه بیماری‌های زمینه‌ای شامل مشکلات تنفسی، اختلالات خواب و سایر بیماری‌های تاثیرگذار بر سلامت ماهیچه‌ای و مغزی در نظر گرفته شد.

اجرای مطالعه

در پژوهش حاضر جهت بررسی عملکرد ذهنی افراد در مواجهه با ارتعاش تمام بدن از یک دستگاه شبیه ساز ارتعاش که به وسیله یک موتور ویبره، ارتعاش را در سه محور x,y,z در فرکانس‌ها و شدت‌های متفاوت به صورت امواج سینوسی یا تصادفی تولید می‌نمود استفاده گردید. شدت ارتعاش‌های مورد استفاده در این پژوهش با توجه به محدوده مطالعات سایر محققین و در دامنه فرکانسی ۷-۳ هرتز و شتاب‌های کم (۰/۵۳)، متوسط (۰/۸۱) و زیاد (۱/۱۲) متر بر ثانیه به وسیله موتور ویبره متصل به پایه صندلی شبیه ساز ارتعاش تمام بدن وارد می‌گردید. این صندلی دارای قابلیت تنظیم پشتی و جاپایی بود تا راحتی هرچه بیشتر افراد شرکت‌کننده در پژوهش را تامین نماید.

برای اطمینان از میزان ارتعاش تولید شده توسط دستگاه شبیه‌ساز، شتاب ارتعاش تولید شده برای حالت‌های مختلف آزمایش توسط دستگاه ارتعاش سنج تمام بدن Human-response vibration meter مدل ۴۴۴۷ ساخت شرکت Bruel & Kjar کشور دانمارک (با میانگین قابلیت اطمینان ۰/۰۲ ±) اندازه‌گیری شد. دستگاه فوق قبل از اندازه‌گیری کالیبره شده بود.

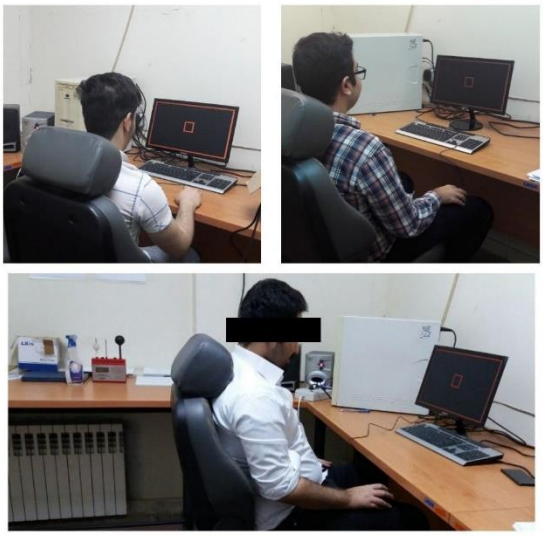
عملکردهای ذهنی مورد بررسی شامل میزان توجه در دو سطح دیداری و شنیداری و زمان واکنش بودند، که در شتاب‌های متفاوت ارتعاش تمام بدن از طریق مجموعه آزمون‌های نرم‌افزاری آزمون بررسی یکپارچه عملکرد دیداری شنیداری (Integrated Visual and Auditory Continues) معروف به IVA مورد سنجش قرارگرفتند. این ابزار یک آزمون پیوسته دیداری شنیداری است که دو عامل اصلی یعنی کنترل واکنش و توجه را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. همچنین آزمون IVA مدت زمان واکنش آزمودنی را به محرک دیداری یا شنیداری، تعیین می‌کند. به‌طور کلی ۲۲ زیرمقیاس IVA به تشخیص مشکلات بازداری پاسخ، بی دقتی، تحمل و توجه و به‌طور کلی مدت زمان واکنش کمک می‌کند.

نحوه انجام آزمون‌های عملکردهای ذهنی شرکت‌کنندگان قبل از انجام آزمون به مدت ۱۰ دقیقه توسط نرم‌افزار آموزش داده می‌شود. مدت زمان اجرای این آزمون (همراه با بخش آموزش) حدوداً ۲۵ دقیقه می‌باشد. تکلیف آزمون شامل پاسخ یا عدم پاسخ (بازداری پاسخ) به ۵۰۰ محرک آزمون بود. هر محرک فقط یک و نیم ثانیه ارائه می‌گردد. بنابراین، آزمون به حفظ توجه نیاز دارد. اعتبار آزمون در روش باز آزمون نشان می‌دهد که ۲۲ مقیاس IVA با یکدیگر رابطه مستقیم و مثبت (۸۸٪-۴۶٪) را دارد. به‌طور کلی یافته‌ها نشان می‌دهد که این آزمون از اعتبار و روایی مطلوب و بالایی در بررسی توجه و دقت و تشخیص ADHD برخوردار می‌باشد.

افراد حاضر در پژوهش هر یک از حالات آزمایش را در روزهای جداگانه انجام دادند تا از تاثیر منفی مواجهه با ارتعاش بر عملکردهای ذهنی و فیزیولوژیکی در آزمایش‌های بعدی جلوگیری شود. در این مطالعه جهت حذف توالی در انجام آزمون‌ها، شتاب‌های ۰/۵۳، ۰/۸۱ و ۱/۱۲ متر بر مجذور ثانیه به‌طور تصادفی برای افراد انتخاب گردید.

ضربان قلب افراد حاضر در این پژوهش با استفاده از دستگاه ضربان و فشار سنج دیجیتال BM58 ساخت کشور تایوان که دقتی در حدود یک میلی‌متر جیوه داشت اندازه‌گیری شد. در هر مرحله از آزمایش، در مدت مواجهه با ارتعاش میانگین ضربان قلب آزمودنی‌ها در دو مرحله قبل و بعد از مواجهه با ارتعاش تمام بدن مورد سنجش قرار گرفت. فشار سنج دیجیتالی بازویی بر روی بازوی شخص بسته می‌شد. بازوبند بر روی بازوی افراد بسته شده به‌طوری که لوله هوا و منطقه نشان‌دهنده عروق (رنگ قرمز) به سمت پایین بازو متمایل بود. خط قرمز در انتهای بازو بند باید حدود ۰/۸ تا ۱/۲ اینچ بالاتر از آرنج قرار بگیرد. سپس دکمه روشن فشار داده شده و بازوبند به‌طور خودکار پر از باد می‌گردد و بعد از اندازه-گیری، مانیتور فشار خون سیستولیک و دیاستولیک و میزان ضربان قلب را نشان می‌دهد.

جهت برقراری ارتباط آزمودنی‌ها با پژوهشگر، دستگاه ارتباط داخلی روی میز کار در فاصله ۱۰ سانتی‌متری از مانیتور قرار گرفته بود که آزمودنی‌ها می‌توانستند در موارد نیاز با فشردن یک دکمه با پژوهشگر ارتباط کلامی برقرار نمایند. همچنین دستگاه دوربین مدار بسته در محلی نصب گردیده بود که می‌توانست کلیه زوایا را تحت پوشش قرار داده و روی رایانه اتاق کنترل نمایش دهد (شکل ۱).



شکل-۱. نمایی از آزمایشگاه و نحوه انجام آزمایش توسط آزمودنی‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: ابتدا نرمال بودن داده‌های کمی توسط آزمون کلموگروف-اسمیرنوف تعیین شد. سپس از طریق نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ تجزیه و تحلیل داده‌ها انجام شد. داده‌های توصیفی به صورت (انحراف معیار ± میانگین) ارائه شدند. جهت تعیین اثر ارتعاش تمام بدن بر میزان توجه دیداری و شنیداری، زمان واکنش و ضربان قلب از آنالیز واریانس استفاده شد. سطح معنی‌داری در همه آزمون‌ها ۰/۰۵ لحاظ گردید.

ملاحظات اخلاقی: پیش از انجام آزمایش‌های مورد نظر رضایت‌نامه کتبی از تمامی شرکت‌کنندگان گرفته شد و همگی آنان با نحوه انجام آزمون‌های رایانه‌ای سنجش عملکرد ذهنی و محیط آزمایشگاه آشنا شدند. همچنین محرمانه ماندن اطلاعات از موازین اخلاقی رعایت شده بود. این مطالعه در قالب یک طرح پژوهشی مصوب دانشگاه در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی با کد اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1396.97 انجام شد.

نتایج

اطلاعات مربوط به ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها از طریق پرسشنامه‌های تکمیل‌شده گردآوری و تهیه شد. بر پایه نتایج بهدست آمده میانگین و انحراف معیار سن آزمودنی‌ها مساوی ۲/۵۶ ± ۲۲/۱۹ سال و شاخص توده بدنی ۲/۳۱ ± ۲۴/۲۰ کیلوگرم بر متر مربع بود. نتایج اندازه‌گیری متغیرهای دموگرافیک آزمودنی ها در جدول ۱ ارائه شد.

در جدول ۲ نتایج حاصل از بررسی اثر شتاب ارتعاش تمام بدن بر نمره توجه شنیداری آزمودنی‌ها آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که کمترین میانگین میزان توجه شنیداری (۱/۲۹ ± ۹۲/۹۰) در حالت مواجهه با بیشترین ارتعاش تمام بدن یعنی ۱/۱۲ متر بر مجذور ثانیه بوده است و بیشترین میانگین میزان توجه (۵/۹۸ ± ۱۰۵/۰۴) در حالت بدون ارتعاش تمام بدن بوده است. این بدین معنا می‌باشد که با افزایش شتاب مواجهه با ارتعاش تمام بدن میانگین میزان توجه شنیداری افراد کاهش یافته است. مقدار P-value نیز نشان می‌دهد که با فزایش شتاب ارتعاش تمام بدن، میزان توجه شنیداری آزمودنی‌ها از نظر آماری کاهش معنی‌داری پیدا کرده است ($P<0.001$).

در نمودار ۱ روند تغییرات میزان توجه شنیداری آزمودنی‌ها در شتاب‌های متفاوت ارتعاش تمام بدن آورده شده است به‌طوری‌که با افزایش شتاب ارتعاش، نمره توجه شنیداری به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

در جدول ۳ نتایج حاصل از بررسی اثر شتاب ارتعاش تمام بدن بر نمره توجه دیداری آزمودنی‌ها آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که کمترین میانگین میزان توجه دیداری (۱/۹۲ ± ۹۰/۲۰) در حالت مواجهه با بیشترین شتاب ارتعاش تمام بدن یعنی ۱/۱۲ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد و بیشترین میانگین میزان توجه دیداری (۶/۴۵ ± ۱۰۷/۳۲) در حالت بدون مواجهه با ارتعاش تمام بدن بوده است. این بدین معنا می‌باشد که با افزایش شتاب مواجهه با ارتعاش تمام بدن میانگین میزان توجه دیداری افراد کاهش یافته است. مقدار P-value نیز نشان می‌دهد که با فزایش شتاب ارتعاش تمام بدن، میزان توجه دیداری آزمودنی‌ها از نظر آماری کاهش معنی‌داری پیدا کرده است ($P<0.001$).

در نمودار ۲ روند تغییرات نمره توجه دیداری آزمودنی‌ها در شتاب‌های متفاوت ارتعاش تمام بدن آورده شده است به‌طوری‌که با افزایش شتاب ارتعاش ، نمره توجه دیداری به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

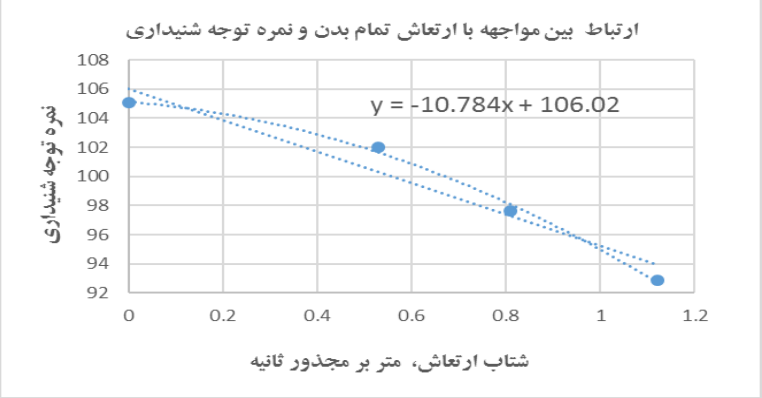
در جدول ۴ نتایج حاصل از بررسی اثر شتاب ارتعاش تمام بدن بر زمان واکنش (برحسب میلی‌ثانیه) افراد تحت مطالعه آورده شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده کمترین میانگین زمان واکنش (۱۷/۲۱ ± ۴۲۰/۲۰) در حالت بدون ارتعاش تمام بدن (زمینه) و

جدول-۱. نتایج اندازه‌گیری متغیرهای دموگرافیک آزمودنی‌ها

شاخص توده بدنی (Kg/m^2)	فراوانی		سن (سال)	فراوانی	
	تعداد	درصد		تعداد	درصد
۱۸-۲۲	۱۶	۵۰	۲۰-۲۳	۲۰	۶۲/۵
۲۲-۲۸	۱۲	۳۷/۵	۲۳-۲۶	۸	۲۵
۲۸-۳۲	۴	۱۲/۵	۲۳-۲۹	۴	۱۲/۵
مجموع	۳۲	۱۰۰	مجموع	۳۲	۱۰۰

جدول-۲. مقایسه میانگین میزان توجه شنیداری در مواجهه با شتاب‌های متفاوت ارتعاش تمام بدن

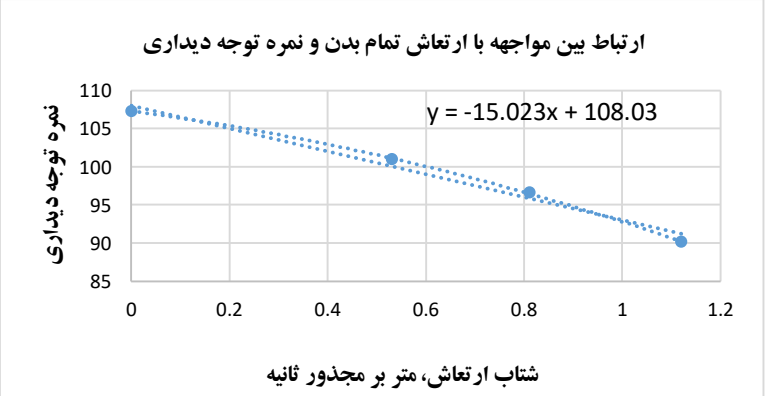
شتاب ارتعاش m/s^2	میانگین	انحراف معیار	بیشینه	کمینه	*P*-value
۰	۱۰۵/۰۴	۵/۹۸	۱۱۸	۹۳	۰/۰۰۱
۰/۵۳	۱۰۲	۱/۵۳	۱۰۴	۹۹	
۰/۸۱	۹۷/۶۳	۱/۱۹	۹۹	۹۶	
۱/۱۲	۹۲/۹۰	۱/۲۹	۹۴	۹۱	



نمودار-۱. روند تغییرات میزان توجه شنیداری آزمودنی‌ها در مواجهه با شتاب‌های متفاوت ارتعاش تمام بدن

جدول-۳. مقایسه یانگین میزان توجه دیداری در مواجهه با شتاب‌های متفاوت ارتعاش تمام بدن

شتاب ارتعاش m/s^2	میانگین	انحراف معیار	بیشینه	کمینه	*P*-value
۰	۱۰۷/۳۲	۶/۴۵	۱۱۶	۹۴	۰/۰۰۱
۰/۵۳	۱۰۱	۱/۷۵	۱۰۴	۹۹	
۰/۸۱	۹۶/۶۳	۱/۱۱	۹۹	۹۵	
۱/۱۲	۹۰/۲۰	۱/۹۲	۹۲	۸۷	



نمودار-۲. روند تغییرات میزان توجه دیداری آزمودنی‌ها در مواجهه با شتاب‌های متفاوت ارتعاش تمام بدن

بیشترین میانگین زمان واکنش (۴/۷۰ ± ۵۴۷/۴۰) در حالت مواجهه با بالاترین شتاب ارتعاش تمام بدن یعنی ۱/۱۲ متر بر مجذور ثانیه بوده است. این بدین معنا می‌باشد که با افزایش شتاب مواجهه با ارتعاش تمام بدن میانگین زمان واکنش افراد افزایش یافته است. مقدار P-value نیز نشان می‌دهد که با افزایش شتاب ارتعاش تمام بدن، زمان واکنش آزمودنی‌ها از نظر آماری افزایش معنی‌داری پیدا کرده است (P <0.001).

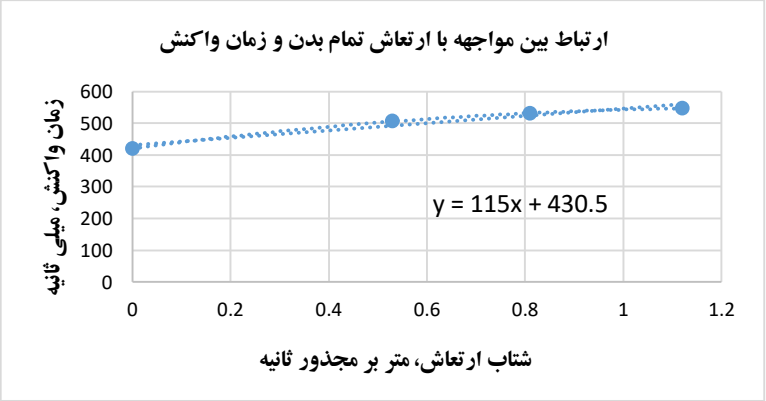
در نمودار ۳ روند تغییرات زمان واکنش آزمودنی‌ها برحسب میلی‌ثانیه در شتاب‌های متفاوت ارتعاش تمام بدن آورده شده است، به‌طوری‌که با افزایش شتاب ارتعاش، زمان واکنش به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

در جدول ۵ نتایج حاصل از بررسی اثر شتاب ارتعاش تمام بدن بر تعداد ضربان قلب افراد تحت مطالعه آورده شده است. نتایج جدول فوق نشان می‌دهد که کمترین میانگین ضربان قلب (۲/۴۴ ± ۶۷/۲۷) ضربه بر دقیقه ایجاد شده در حالت بدون ارتعاش تمام بدن یعنی حالت زمینه و بیشترین میانگین ضربان قلب (۴/۵۰ ± ۷۸/۲۳) ضربه بر دقیقه در حالت مواجهه با بالاترین شتاب ارتعاش تمام بدن یعنی ۱/۱۲ متر بر مجذور ثانیه بوده است. این بدین معنا می‌باشد که با افزایش شتاب مواجهه با ارتعاش تمام بدن میانگین ضربان قلب افراد حاضر در مطالعه افزایش یافته است. مقدار P-value نیز نشان می‌دهد که با افزایش شتاب ارتعاش تمام بدن، ضربان قلب آزمودنی‌ها از نظر آماری افزایش معنی‌داری پیدا کرده است (P <0.001).

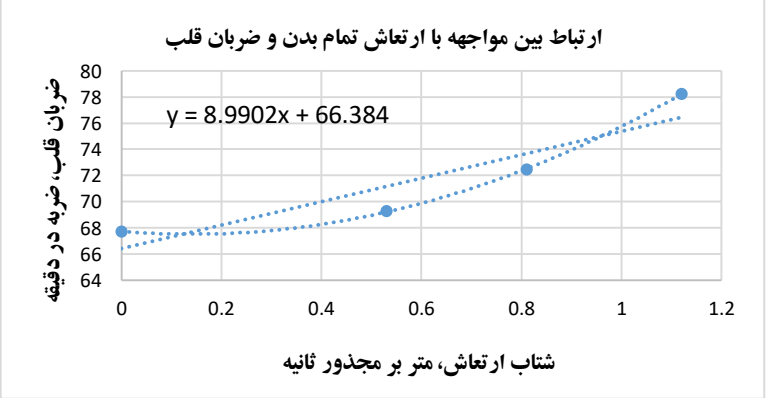
در نمودار ۴ روند تغییرات ضربان قلب آزمودنی‌ها در شتاب‌های متفاوت ارتعاش تمام بدن آورده شده است، به‌طوری‌که با افزایش شتاب ارتعاش، ضربان قلب به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

جدول-۴. مقایسه میانگین زمان واکنش (میلی‌ثانیه) در مواجهه با شتاب‌های متفاوت ارتعاش تمام بدن

شتاب ارتعاش m/s^2	میانگین	انحراف معیار	بیشینه	کمینه	*P*-value
۰	۴۲۰/۵۰	۱۷/۲۱	۴۵۳	۳۸۸	۰/۰۰۱
۰/۵۳	۵۰۷/۲۰	۱۲/۸۰	۵۳۴	۴۹۳	
۰/۸۱	۵۲۹/۸۰	۶/۵۹	۵۴۲	۵۱۹	
۱/۱۲	۵۴۷/۴۰	۴/۷۰	۵۵۵	۵۳۸	



نمودار-۳. روند تغییرات زمان واکنش آزمودنی‌ها در مواجهه با شتاب‌های متفاوت ارتعاش تمام بدن



نمودار-۴. روند تغییرات ضربان قلب آزمودنی‌ها در مواجهه با شتاب‌های متفاوت ارتعاش تمام بدن

جدول-۵. مقایسه میانگین ضربان قلب (ضربه بر دقیقه) در مواجهه با شتاب‌های متفاوت ارتعاش تمام بدن

شتاب ارتعاش m/s^2	میانگین	انحراف معیار	بیشینه	کمینه	*P*-value
۰	۶۷/۷۲	۲/۴۴	۷۳	۶۳	۰/۰۰۱
۰/۵۳	۶۹/۲۵	۳/۱۵	۷۵	۶۵	
۰/۸۱	۷۲/۴۵	۳/۶۵	۷۸	۶۸	
۱/۱۲	۷۸/۲۳	۴/۵۰	۸۲	۷۱	

بحث

اثر ارتعاش بر ضربان قلب

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ارتعاش تمام بدن اثر معناداری بر ضربان قلب افراد تحت مطالعه دارد ($P <0.001$). همچنین نتایج به‌دست آمده مشخص کرد که کمترین میانگین ضربان قلب در حالت مواجهه با شرایط زمینه و بیشترین میانگین ضربان قلب در حالت مواجهه با ارتعاش تمام بدن ۱/۱۲ متر بر مجذور ثانیه به وجود آمده است. در مطالعه‌ای که عابدی و همکارانش در سال ۲۰۱۱ بر روی اثر ترکیبی ارتعاش تمام بدن و زاویه پشت صندلی انجام دادند، نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که افزایش شتاب ارتعاش تمام بدن اثر معنی‌داری بر ضربان قلب داشته است و افزایش شتاب ارتعاش باعث افزایش میانگین ضربان قلب افراد شده است (۱۱). همچنین از آنجا که افزایش شتاب ارتعاش باعث افزایش میزان جذب ارتعاش شده در نتیجه میزان فعالیت عضلانی بیشتر می‌شود، در نتیجه افزایش فعالیت عضلانی، متابولیسم بدن افزایش یافته و این امر ممکن است باعث افزایش ضربان قلب افراد شده باشد (۱۶). مطالعه‌ای که Bhalchandra و همکارانش (۲۰۰۸) انجام دادند نشان داد که مواجهه با ارتعاش باعث افزایش استرس و بار کاری ذهنی می‌شود و افزایش استرس نیز باعث افزایش فعالیت اعصاب سمپاتیک و در نتیجه افزایش ضربان قلب می‌شود (۱۷). در سال ۱۹۸۸، Bobick و همکارانش بیان کردند که مواجهه با ارتعاش به‌طور معناداری باعث افزایش میانگین ضربان قلب می‌شود (۱۸). اما مطالعه‌ای که Hancock و همکاران (۲۰۰۸) برای بررسی اثر ارتعاش تمام بدن بر روی سرنشینان قطار انجام دادند نشان داد که ضربان قلب افراد در شتاب‌های پایین بیشتر از شتاب‌های بالا می‌باشد (۱۹). آن‌ها در مطالعه خود اثر شتاب زیاد ارتعاش را بلافاصله بعد از مواجهه افراد با شتاب پایین ارتعاش تمام بدن مورد بررسی قرار دادند و علت افزایش ضربان قلب را در ابتدای کار پاسخ فیزیولوژیک بدن برای حفظ عملکرد بهینه تحت شرایط مواجهه با ارتعاش تمام بدن بیان نمودند در صورتی که در این پژوهش ترتیب مواجهه آزمودنی‌ها با شتاب های متفاوت ارتعاش به صورت تصادفی انجام گردید.

اثر ارتعاش بر میزان توجه (دیداری و شنیداری)

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مواجهه با ارتعاش تمام بدن باعث کاهش میزان توجه دیداری و شنیداری افراد حاضر در پژوهش شده است به‌طوری‌که این کاهش توجه در هر دو بُعد دیداری و شنیداری معنادار بوده است ($P <0.001$). در مطالعه‌ای که Wilkinson و همکاران (۱۹۷۴) در ناسا در رابطه با تاثیر ارتعاش بر عملکرد خلبانان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ارتعاش تاثیر معنی‌داری در افزایش خطاهای عملکردی نشان داد. آن‌ها به این موضوع پی بردند که کاهش در عملکرد می‌تواند به علت دشوار شدن ادراک محرک‌ها در حضور ارتعاش رخ دهد (۲۰). در مطالعه‌ای که El Falou و همکاران (۲۰۰۳) تاثیر ارتعاش در رانندگی طولانی مدت بر روی رانندگان را مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که با افزایش زمان مواجهه با ارتعاش تعداد خطاها در عملکرد افراد که با استفاده از تست شناختی تعقیب کردن هدف؛ ارزیابی می‌شد افزایش یافت (۱). همچنین در مطالعه‌ای که خانی جزنی و همکاران (۲۰۱۲) انجام دادند به این نتیجه رسیدند که افزایش شتاب ارتعاش تمام بدن باعث کاهش تعداد پاسخ‌های درست ($P = 0.01$) و افزایش تعداد پاسخ‌های نادرست ($P = 0.01$) می‌گردد. به نظر می‌رسد با افزایش شتاب ارتعاش استرس ذهنی بیشتری در افراد ایجاد می‌گردد که باعث کاهش عملکرد بهینه در حین مواجهه با ارتعاش می‌شود (۱۱). در مطالعه‌ای که Khan و همکارن (۲۰۰۷) جهت بررسی تاثیر ارتعاش بر عمل خواندن توسط یک اپراتور در یک محیط رانندگی متحرک انجام دادند، نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که ارتعاش می‌تواند اثر منفی بر روی قابلیت خواندن افراد داشته باشد و عملکرد ذهنی را کاهش دهد (۲۱). علی‌رغم اطلاعات به‌دست آمده در این مطالعه Hancock و همکارانش در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که ارتعاش بر عملکرد ذهنی افراد در فرآیند خواندن تاثیری ندارد و تغییر قابل ملاحظه‌ای در بر تعداد پاسخ های صحیح آن‌ها دیده نمی‌شود (۱۹). اما در مطالعه دیگری که توسط این پژوهشگر که در آن به بررسی تاثیر مواجهه با ارتعاش بر عملکرد ذهنی در حین فرآیند خواندن و نوشتن پرداخته شد، نتایج نشان داد که مواجهه با ارتعاش می‌تواند بر هر دو عمل خواندن و نوشتن تاثیر منفی بگذارد. نتایج مطالعه‌ای که Bhalchandra و همکارانش انجام دادند نشان داد که مواجهه با ارتعاش به‌طور معناداری باعث افزایش ضربان قلب، استرس ذهنی و بار کاری ذهنی می‌گردد و به سبب آن باعث کاهش صحت در انجام کار می‌گردد (۱۷). این در حالی است که Landström و همکارانش به این نتیجه رسیدند که ارتعاش در طولانی مدت باعث کاهش ضربان قلب افراد می‌شود و از این طریق در طولانی مدت می‌تواند باعث کاهش سطح هوشیاری و کاهش سطح صحت انجام کارها گردد (۱۶).

Jessica و همکارانش (۲۰۰۷) ، مطالعه‌ای را بر روی اثرات

شناختی توام صدا و ارتعاش و نقش حساسیت فردی به صدا انجام دادند و نتایج این مطالعه نشان داد که پس از مواجهه با ارتعاش، در وظایف محوله از نظردقت و توجه به کار اختلال معنی‌داری ایجاد می‌گردد. این اختلال در هر دو صورت وجود یا عدم وجود صدا مشاهده گردید (۲۲). Newell و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که در اثر مواجهه با ارتعاش و پوسچر نامطلوب تمرکز افراد در انجام تست زمان عکس‌العمل دچار اختلال می‌شود (۶). همچنین زمانیان و همکاران (۲۰۱۴) نیز بیان کردند که ارتعاش تمام بدن ممکن است سبب اختلال در پایداری توجه افراد شده و همچنین در میزان سرعت و دقت پردازش اطلاعات توسط انسان موثر می‌باشد (۲۳).

مطالعه Rozali و همکاران (۲۰۰۹) با هدف بررسی ارتباط ارتعاش کل بدن با کمر درد در بین رانندگان خودروهای زرهی نظامی در مالزی نشان داد که، ارتعاش کل بدن تاثیر منفی بر روی بدن داشته اشت و باید اقدامات ارگونومیک مناسب برای بهبود وضعیت این افراد صورت گیرد (۲۴). مطالعه Park و همکاران (۲۰۱۹)، با هدف بررسی کاهش توجه رانندگان مواجهه یافته با ارتعاش وسایل نقلیه زمینی نظامی هنگام رانندگی از طریق یک سکوی ارتعاشی مصنوعی شبیه‌سازی شده بود نشان داد که میزان توجه در بین رانندگان وسایل نقلیه نظامی که در معرض ارتعاشات کل بدن قرار داشتند کاهش یافت (۲۵). یک مطالعه مروری با هدف بررسی ارتعاش تمام بدن در وسایل نقلیه نظامی نشان داد که پرسنل نظامی در معرض سطح بالایی از ارتعاش کل بدن در وسایل نقلیه زرهی قرار دارند. و بیان شد که ارتعاش می‌تواند بر عملکرد انجام وظایف ساده شناختی تأثیر بگذارد ، اما ممکن است عملکرد را در وظایف شناختی پیچیده تر کاهش دهد، به ویژه اگر مواجهه طولانی مدت باشد، و در نهایت عملکرد شناختی را تحت تاثیر قرار خواهد داد (۲۶).

از سویی دیگر چند دلیل می‌توان برای عدم افزایش امتیاز در ابعاد روانی ذکر کرد: به نظر می‌رسد که در زمان انجام تحقیق سایر عوامل ازجمله شاخصه‌های اقتصادی و اجتماعی موجب بروز این کاهش شده باشد. همچنین ممکن است عدم بهبود در ابعاد روانی به دلیل موثر نبودن جلسات آموزشی باشد که دلیل مهم آن می‌تواند عدم پایش دراز مدت‌تر افراد باشد؛ چرا که تغییر شرایط روانی و رصد آن در برنامه‌های مداخله‌ای این‌چنینی مستلزم صرف زمان بیشتری است. شاید افسرده بودن پرستاران و نداشتن نشاط در ایشان که ناشی از ماهیت کاری شغلشان می‌باشد و عدم بررسی پرستاران از این نظر در بدو مطالعه را بتوان از دلایل عدم بهبود وضعیت در این بعد ذکر کرد. در واقع به نظر می‌رسد انجام کارهای تکراری و یکنواخت سرپرستاران، سختی کار، شب‌کاری، شاید احساس همدردی با بیماران و موارد متعدد دیگر از عواملی باشد که موجب کاهش کیفیت زندگی، کاهش رضایت شغلی و در نتیجه عدم افزایش امتیاز در ابعاد محدودیت نقش به علت مشکلات روانی، سلامت روانی، عملکرد اجتماعی، و سرزندگی و انرژی تحقیق حاضر شده باشد.

اثر ارتعاش بر زمان واکنش

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مواجهه با ارتعاش تمام بدن باعث افزایش زمان واکنش افراد حاضر در پژوهش شده است به‌طوری‌که این افزایش زمان واکنش معنادار بوده است ($P<0.001$). افزایش زمان واکنش افراد تحت تاثیر ارتعاش تمام بدن می تواند به‌علت اثری باشد که ارتعاش بر روی بینایی فرد می‌گذارد، همچنین آزمودنی‌ها تحت تاثیر ارتعاش قابلیت تشخیص سریع پاسخ مناسب را از دست داده و برای اینکه تشخیص صحیحی داشته باشند زمان بیشتری را صرف می‌کنند. در مطالعه‌ای که Ljungberg و همکارانش (۲۰۰۷) تحت عنوان واکنش‌های شناختی و ذهنی انسان تحت تاثیر صدا و ارتعاش انجام دادند، به این نتیجه پی بردند که افزایش شتاب ارتعاش باعث افزایش معنی‌دار در زمان واکنش افراد می‌گردد (۲۲). همچنین در مطالعه‌ای که Marianne و همکارانش در سال ۲۰۰۶ انجام دادند به این نتیجه رسیدند که افزایش شتاب ارتعاش صندلی رانندگان در محورهای مختلف باعث افزایش زمان واکنش رانندگان شده است (۲۷). Newell و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که در اثر مواجهه با ارتعاش تمرکز فرد در انجام تست مختل شده از این‌رو زمان واکنش افزایش می‌یابد (۶). Mansfield و همکاران (۲۰۰۴) برای بررسی زمان واکنش و بار کاری ذهنی در مواجهه با ارتعاش به این نتیجه رسیدند که با افزایش شتاب ارتعاش، زمان واکنش نیز افزایش پیدا کرده و این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد (۲۸).

از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به کم بودن حجم نمونه اشاره کرد. برای مطالعات آینده، بررسی اثر دراز مدت (مزمن) مواجهه با ارتعاش تمام بدن، اجرای مطالعه حاضر در جمعیت زنان و استفاده از دستگاه الکتروکاردیوگراف و الکتروانسفالوگراف برای بررسی اثر ارتعاش بر تغییرات ضربان قلب و عملکردهای ذهنی با استفاده از امواج مغزی پیشنهاد می‌گردد.

نتیجه‌گیری

باتوجه به اطلاعات به‌دست آمده از این مطالعه، مشخص شد که مواجهه با ارتعاش تمام بدن باعث کاهش معن دار میزان توجه افراد در هر دو بُعد دیداری و شنیداری می‌شود. با افزایش شتاب ارتعاش تمام بدن میانگین توجه افراد نیز کاهش پیدا می‌کند. همچنین مواجهه با ارتعاش تمام بدن در مقایسه با حالت بدون ارتعاش (زمینه) باعث افزایش زمان واکنش افراد می‌گردد و شتاب ارتعاش باعث افزایش معنی‌دار زمان واکنش افراد شده است. از دیگر نتایج این پژوهش این بود که مواجهه با ارتعاش تمام بدن اثر معنی‌داری بر ضربان قلب آزمودنی‌ها دارد و با افزایش شتاب ارتعاش تعداد ضربان قلب نیز افزایش می‌یابد.

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- یکی از متداول‌ترین عوامل زیان‌آور فیزیکی محیط‌های نظامی ارتعاش تمام بدن می‌باشد، مخصوصا در افرادی که بر روی وسایل نقلیه کار می‌کنند می‌تواند بر عملکرد ذهنی افراد، زمان واکنش و پارامترهای فیزیولوژیک تاثیرگذار باشد که می‌تواند و موجب کاهش دقت در انجام کار و به تبع آن افزایش خطا و حادثه برای شاغلین نظامی شود. لذا نتایج این پژوهش می‌تواند برای جامعه نظامی جهت تامین سلامت افراد در حین کار از لحاظ کنترل عوامل زیان‌آور مانند ارتعاش تمام بدن و تامین محیط کار سالم و بی خطر حائز اهمیت باشد.
- مواجهه با ارتعاش تمام بدن در کارکنان نظامی می‌تواند به‌جز تاثیر بر روی عملکرد ذهنی بر عملکرد فیزیولوژیک نیز تاثیر گذاشته و سبب بروز عوارضی چون فشارخون بالا، اختلالات گوارشی و نارسایی عروق شود.

تشکر و قدردانی: این مقاله برگرفته از پایان‌نامه نویسنده مسئول به راهنمایی دکتر محمدجواد جعفری و با دریافت مجوز از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی در قالب یک طرح پژوهشی مصوب در دانشگاه با کد اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1396.97 انجام شد. نویسندگان از دانشکده بهداشت و ایمنی، معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم شهید بهشتی و تمامی شرکت‌کنندکان در مطالعه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

نقش نویسندگان

ارائه ایده و طرح اولیه: غفاری، جعفری. جمع‌آوری داده‌ها: غفاری، اخلاقی، خطابخش. تحلیل و تفسیر داده‌ها: غفاری، جعفری، خسرو آبادی، خداکریم و صالح‌زاده. همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می‌پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. El Falou W, Duchene J, Grabisch M, Hewson D, Langeron Y, Lino F. Evaluation of driver discomfort during long-duration car driving. Applied ergonomics. 2003;34(3):249-55. doi:10.1016/S0003-6870(03)00011-5
2. Ebrahimi H. Investigation of noise and vibration exposure of Tehran's bus drivers. Tehran: Tehran Univesity of Medical Sciences. 2009.
3. Nawayseh N. A mathematical model of the apparent mass of the human body under fore-and-aft whole-body vibration. International Journal of Automotive & Mechanical Engineering. 2016;13(3): 3613-27. doi:10.15282/ijame.13.3.2016.7.0297
4. Panel on Musculoskeletal Disorders a, Workplace t, Medicine Io. Musculoskeletal disorders and the workplace: Low back and upper extremities: National Academy Press; 2001.
5. Griffin M, Lewis C. A review of the effects of vibration on visual acuity and continuous manual control, part I: Visual acuity. Journal of sound and vibration. 1978;56(3):383-413. doi:10.1016/S0022-460X(78)80155-2
6. Newell GS, Mansfield NJ. Evaluation of reaction time performance and subjective workload during whole-body vibration exposure while seated in upright and twisted postures with and without armrests. International Journal of Industrial Ergonomics. 2008;38(5-6):499-508. doi:10.1016/j.ergon.2007.08.018
7. Troxel WM, Helmus TC, Tsang F, Price CC. Evaluating the Impact of Whole-body Vibration (wbv) on Fatigue and the Implications for Driver Safety. Rand health quarterly. 2016;5(4):6.
8. Standardization IOf. Mechanical vibration and shock-evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 1: General requirements: The Organization; 1997.
9. Ramamurti V. Computer aided mechanical design and analysis: McGraw-Hill School Education Group; 1998.
10. Kubo M, Terauchi F, Aoki H, Matsuoka Y. An investigation into a synthetic vibration model for humans: An investigation into a mechanical vibration human model constructed according to the relations between the physical, psychological and physiological reactions of humans exposed to vibration. International Journal of Industrial Ergonomics. 2001;27(4):219-32. doi:10.1016/S0169-8141(00)00052-4
11. Khani JR, Saremi M, Kavousi A, Monazam MR, Abedi M. The effect of whole-body vibration on vehicle driver's reaction time and mental and physiological workload. Annals of Military and Health Sciences Research. 2012;10(4):278-84.
12. Kantowitz BH, Bortolussi MR, Hart SG, editors. Measuring pilot workload in a motion base simulator: III. Synchronous secondary task. Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting; 1987: SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA. doi:10.1177/154193128703100733
13. Holland Jr C. Performance and physiological effects of long term vibration. Lockheed-Georgia Co Marietta Lockheed Georgia Research Lab; 1966.
14. Ising H, Braun C. Acute and chronic endocrine effects of noise: Review of the research conducted at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene. Noise and health. 2000;2(7):7-24.
15. Hajiamini Z, Cheraghalipour Z, Azad Marzabadi

E, Ebadi A, Norouzi Koushali A. Comparison of job stress in military and non-military drivers in Tehran. Journal of Military Medicine. 2011;13(1):25-30. [In Persian]
16. Landström U, Lundström R. Changes in wakefulness during exposure to whole body vibration. Electroencephalography and clinical neurophysiology. 1985;61(5):411-5. doi:10.1016/0013-4694(85)91032-6
17. Bhalchandra JA. Development of continuous subjective and physiological assessment techniques for the determination of discomfort and activity-interference in transportation system. Loughborough University, Loughborough. 2008.
18. Bobick TG, Unger RL, Gallagher S, Doyle-Coombs DM, editors. Physiological responses and subjective discomfort of simulated whole-body vibration from a mobile underground mining machine. Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting; 1988: SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA. doi:10.1518/107118188786762559
19. Hancock R, Jog A, Mansfield NJ, Loughborough L, editors. Effect of vibration on reading performance, subjective and hysiological workload. 43rd UK Conference on Human Responses to Vibration; 2008.
20. Wilkinson R, Gray R. Effects of duration of vertical vibration beyond the proposed ISO "fatigue decreased proficiency" time on the performance of various tasks. In Agard conference on vibration and combined stresses in advanced systems. Oslo, 1975.
21. Ahmed Khan I, Mallick Z, Khan ZA. A study on the combined effect of noise and vibration on operators' performance of a readability task in a mobile driving environment. International journal of occupational safety and ergonomics. 2007;13(2): 127-36. doi:10.1080/10803548.2007.11076716
22. Ljungberg JK, Neely G. Stress, subjective experience and cognitive performance during exposure to noise and vibration. Journal of Environmental Psychology. 2007;27(1):44-54. doi:10.1016/j.jenvp.2006.12.003
23. Zamanian Z, Nikravesh A, Monazzam MR, Hassanzadeh J, Fararouei M. Short-term exposure with vibration and its effect on attention. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2014;12(1):135. doi:10.1186/s40201-014-0135-1
24. Rozali A, Rampal K, MT SB, Sherina M, Khairuddin H, Sulaiman A. Low back pain and association with whole body vibration among military armoured vehicle drivers in Malaysia. The Medical Journal of Malaysia. 2009;64(3):197-204.
25. Park D, Choi M, Song J, Ahn S, Jeong W. Attention decrease of drivers exposed to vibration from military vehicles when driving in terrain conditions. International Journal of Industrial Ergonomics. 2019;72:363-71. doi:10.1016/j.ergon.2019.06.014
26. Nakashima AM. Whole-body vibration in military vehicles: a literature review. Canadian Acoustics. 2005;33(2):35-40
27. Schust M, Blüthner R, Seidel H. Examination of perceptions (intensity, seat comfort, effort) and reaction times (brake and accelerator) during low-frequency vibration in x-or y-direction and biaxial (xy-) vibration of driver seats with activated and deactivated suspension. Journal of Sound and Vibration. 2006;298(3):606-26. doi:10.1016/j.jsv.2006.06.029
28. Mansfield NJ, MacMull SJ, Singla G, Rimell AN, editors. Relative influence of sitting duration and vibration magnitude on sitting discomfort in a car seat. 42nd United Kingdom Conference on Human Responses to Vibration, held at ISVR, University of Southampton; 2007.