Iranian Journal of Ergonomics

Iran J Ergon, 2025; 13(2): 135-145 DOI:10.53208/IJE.13.2.135

https://journal.iehfs.ir/

Original Article

Investigating Occupational Exposure Levels and Health Effects Associated with Hand-Arm Vibration during Work with Vibrating Equipment in Furniture Carpentry Workshops

Mohsen Aliabadi[1], Ramin Rahmani[1*], Maryam Farhadian[2], Seyed Ghavameddin Attari[3], Hadi Aeini[4]

[1] Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health, Occupational Health and Safety Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[2] Department of Biostatistics, School of Public Health, Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[3] Department of Occupational Health and Safety Engineering, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran
[4] Department of Environment, Electronic Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Article History:
Received: 21 July 2025
Revised: 01 September 2025
Accepted: 02 September 2025
ePublished: 22 September 2025

***Corresponding author:**
Ramin Rahmani, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health, Occupational Health and Safety Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Email: rahmaniohs2014@gmail.com

Abstract

Objectives: In the furniture industry, workers operating woodworking machinery are exposed to hand-arm vibration. The present study aims to assess the occupational exposure levels and associated health effects of vibration transmitted to the hand during the operation of vibrating equipment in furniture carpentry workshops.

Methods: This case-control study was conducted on 59 carpenters (case group) and 39 painters (control group) in Malayer city, Iran. Hand-arm vibration exposure was measured in accordance with ISO 5349. Symptoms related to hand-arm vibration were assessed via questionnaire. Vascular disorders were evaluated through the hand temperature recovery test, according to ISO 14835. Sensory function was examined using the monofilament test kit, and grip strength of the hand and fingers, as well as hand dexterity, were measured for both groups. The collected data were analyzed using SPSS (version 26).

Results: Based on the findings of the present research, the 8-hour equivalent acceleration of hand-arm vibration among carpentry workers was 2.74 ± 0.85 m/s . The most frequently reported symptoms among carpenters were hand pain, tingling, and finger pruritus, while Raynaud's phenomenon (finger blanching) was the least frequently reported. Grip strength, finger strength, hand dexterity, and motor skills were significantly lower in the exposed group compared to the controls ($P<0.05$). Around 10 percent of carpenters exhibited reduced superficial tactile sensitivity. However, no significant difference was observed between the exposed and control groups in terms of vascular impairments.

Conclusion: Chronic exposure to hand-arm vibration in furniture carpentry workshops, even at levels below the permissible limit, can lead to a range of sensory-neurological, vascular, and musculoskeletal symptoms in the hand and arm region, and can adversely affect motor function in these workers.

Keywords: Furniture carpentry workshop, Hand-arm vibration, Health effects, Occupational exposure

Copyright © 2025 Iranian Journal of Ergonomics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (*http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/*) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

Extended Abstract

Background and Objective

Hand-arm vibrations are among the most essential occupational hazards in industrial environments in Iran, affecting approximately 10% of workers. This vibration is usually caused by working with vibrating tools, such as drills, angle grinders, electric sandpapers, and electric hacksaws. Repeated and prolonged exposure to vibration can lead to vascular complications (e.g., Raynaud syndrome), neurological complications (e.g., tingling and decreased tactile sensation), and musculoskeletal disorders (e.g., reduced grip strength and muscle weakness). Various studies have reported a high prevalence of complications caused by hand-arm vibration in related occupations. Furniture and woodworking workshops are among the main centers of this exposure due to the widespread use of vibrating tools. In Malayer City in Iran, the presence of thousands of workshops and active artists highlights the importance of the issue in this industry. The lack of sufficient studies in the field of furniture fabrication has made it necessary to conduct research aimed at measuring vibration and related complications.

Materials and Methods

Study Design and Population

The present case-control study was conducted in carpentry workshops in Malayer (Iran) in 2024. The exposure group consisted of 59 carpenters with at least five years of experience and no non-occupational hand and arm diseases, who were selected by the census method. There was no significant difference between the two groups in terms of individual characteristics.

Measurement Method For Hand-arm Vibration

In the present work, hand-arm vibration was measured using a Svantek 106 device according to the ISO 5349 standard in three axes and over a frequency octave band. The sum of the weighted accelerations of the three axes was calculated and then converted to exposure acceleration during an 8-hour shift using Equations 1 and 2.

$$a_{hw} = \sqrt{{a^2}_{hwx} + {a^2}_{hwy} + {a^2}_{hwz}} \quad (1)$$

$$A_{(8hr)} = a_{hw}\sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (2)$$

Equation 1 is the resultant of the vibration acceleration, where a_{hwx}, a_{hwy}, a_{hwz} denote the effective accelerations for the individual axes, and Equation 2 is the vibration acceleration for 8 hours of exposure, where T implies the total exposure time (h) and T_0 denote the limited time of interest (8 h).

Evaluation of the Effects of Hand-arm Vibration

In the present research, sensory-neurological symptoms were determined using a monofilament test, which uses standard filaments to examine the sensory function of the fingers and palm. Symptoms due to exposure to hand-arm vibration were determined using a questionnaire including sections on personal information, job exposure, complications, and medical history, which has been localized and validated. Hand grip strength was measured with a hydraulic dynamometer at 90° elbow, and finger strength was recorded with a pinch gauge. A hand dexterity test was performed with a Purdue Pegboard, which evaluates the ability to move small objects quickly and accurately with the fingers. To measure vascular disorders and response to cold, according to the ISO14835-1 standard, the temperature of the fingertips and palms was recorded with a laser thermometer, and after immersing the hands in hot and then cold water, the time for the skin temperature to return to the initial state was examined, which was longer in patients with Raynaud syndrome. These tools and tests were employed to identify the symptoms and effects of hand-arm vibration in a relatively simple and efficient way. Afterward, the data were analyzed using the SPSS (version 26) software.

Results

The highest vibration of wood cutting tools was related to the wood planer and the lowest to the bandsaw. The vibration acceleration of woodworking tools was highest at frequencies of 40 and 50 Hz. The 8-hour equivalent acceleration of woodworking workers exposed to hand-arm vibration was 2.74±0.85 m/s^2 (with a range of 1.92 and 3.98), which is lower compared to the national limit of 5 m/s^2.

In terms of clinical symptoms, hand pain, tingling, and itching of the fingers were the most commonly reported, while Raynaud syndrome was the least prevalent. Only 10% of workers showed mild symptoms of Raynaud syndrome, and 15% experienced numbness in some finger joints. The average grip strength of the hand and fingers in the exposure group was lower than that in the control group. Moreover, the dexterity as well as dominant and non-dominant hands in the exposure group were significantly reduced compared to those in the control group. A significant difference was observed between healthy and unhealthy individuals in the exposure group in terms of hand symptoms (pain, tingling, numbness, trigger finger, and weakness in grasping objects) and dexterity and agility scores. Individuals with pain symptoms had lower grip strength in the t-test compared to those without pain ($P<0.05$). In the vascular assessment, the time for the surface temperature of the hands in the exposure group to return was slightly longer, but there was no significant difference ($p>0.05$). There was no significant relationship between mild symptoms of Raynaud syndrome and the results of the hand temperature recovery test ($P>0.05$). According to the monofilament test, most workers had normal tactile sensation, and only 10% reported a reduction in superficial tactile sensation.

Discussion

The present study investigated the effects of job exposure and hand-arm vibration on the health of furniture carpentry workers. The results demonstrated that the amount of vibration exposure during 8 hours of work was less than the permissible limit; however, musculoskeletal, vascular, and neurological symptoms were still observed in some individuals. Skin temperature recovery test indicated blood circulatory impairment in the exposed group; however, the difference was not statistically significant. In addition to decreased grip strength and hand dexterity, nerve damage, such as decreased tactile sensation, was also reported. In addition, hand strength and dexterity decreased with age, which is consistent with the results

reported in the literature. Monofilament test showed decreased superficial sensation in 10% of subjects, which is consistent with previous findings.

Conclusion

Despite the level of exposure to vibration lower than the permissible limit during eight hours of work, musculoskeletal, vascular, and neurological symptoms were observed. In addition, age was a determining factor in hand strength and agility. The present study is one of the first to investigate the exposure and effects of vibration in furniture workshops in the country; however, it involves several limitations, including a small sample size, a lack of measurement records, and the absence of advanced methods. The results emphasize the need for conducting more extensive studies and using more accurate technologies to assess the effects of vibration better.

Please cite this article as follows: Aliabadi M, Rahmani R, Farhadian M, Attari SGh, Aeini H. Investigating Occupational Exposure Levels and Health Effects Associated with Hand-Arm Vibration during Work with Vibrating Equipment in Furniture Carpentry Workshops. *Iran J Ergon*. 2025; 13(2): 135-145 DOI:10.53208/IJE.13.2.135

مجله ارگونومی
دوره ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴، صفحات: ۱۴۵-۱۳۵
DOI: 10.53208/IJE.13.2.135
https://journal.iehfs.ir/
UMSHA Press

مقاله پژوهشی

بررسی سطح مواجهه شغلی و اثرات سلامتی مرتبط با ارتعاش منتقل شده به دست در کار با تجهیزات مرتعش در کارگاه‌های نجاری مبلمان

محسن علی آبادی[۱]، رامین رحمانی[۱*]، مریم فرهادیان[۲]، قوام الدین عطاری[۳]، هادی آئینی[۴]

[۱] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۲] گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۳] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران
[۴] گروه محیط زیست، واحد الکترونیک، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰
تاریخ داوری مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۱۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۱۱
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* **نویسنده مسئول:** رامین رحمانی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

ایمیل: rahmaniohs2014@gmail.com

چکیده

اهداف: در صنعت مبلمان کارگرانی که با دستگاه های نجاری کار می‌کنند در معرض ارتعاش دست-بازو می‌باشند. هدف مطالعه حاضر، تعیین سطح مواجهه شغلی و اثرات سلامتی مرتبط با ارتعاش منتقل شده به دست در کار با تجهیزات مرتعش درکارگاه‌های نجاری مبلمان بود.

روش کار: این مطالعه مورد شاهدی با حضور ۵۹ نجار (گروه مورد) و ۳۹ رنگ‌کار (گروه شاهد) در شهر ملایر انجام شد. اندازه‌گیری مواجهه با ارتعاش دست-بازو طبق ISO۵۳۴۹ سنجش شد. علایم ناشی از ارتعاش دست بازو با پرسش‌نامه، سطح اختلالات عروقی با آزمون احیاء دمای دست طبق ISO۱۴۸۳۵، آزمون حسی توسط کیت مونوفیلامانت، قدرت چنگش دست و انگشتان و میزان چابکی نیز برای هر دو گروه ثبت شد. داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: شتاب معادل ۸ ساعت ارتعاش دست-بازو در کارگران نجاری، ۰/۸۵±۲/۷۴ متر بر مجذور ثانیه بود. درد دست، سوزن سوزن شدن و خارش انگشتان، بیشترین علائم و سپیدانگشتی کمترین علامت گزارش شده در بین کارگران نجاری بود. قدرت چنگش دست و انگشتان و چابکی و مهارت دست در گروه مواجهه در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری داشت (P<۰/۰۵). در ۱۰ درصد نجاران کاهش حس لمس سطحی گزارش شد. اما بین اختلالات عروقی در گروه مورد مبلمان و گروه کنترل تفاوتی مشاهده نگردید.

نتیجه‌گیری: مواجهه مزمن شاغلین کارگاه‌های نجاری مبلمان با ارتعاش دست-بازو حتی در مقادیر پایین‌تر از حد مجاز، می‌تواند منجر به بروز علائم متعدد حسی-عصبی، عروقی و اسکلتی-عضلانی در ناحیه دست و بازو شود و عملکرد حرکتی این افراد را تحت تاثیر قرار دهد.

کلید واژه‌ها: ارتعاش دست-بازو، کارگاه نجاری مبلمان، اثرات بهداشتی، مواجهه شغلی

استناد: علی آبادی، محسن؛ رحمانی، رامین؛ فرهادیان، مریم؛ عطاری، قوام الدین؛ آئینی، هادی. بررسی سطح مواجهه شغلی و اثرات سلامتی مرتبط با ارتعاش منتقل شده به دست در کار با تجهیزات مرتعش در کارگاه‌های نجاری مبلمان. مجله ارگونومی، تابستان ۱۴۰۴؛۱۳(۲): ۱۴۵-۱۳۵

مقدمه

مواجهه شغلی با ارتعاش دست-بازو در میان کارگران در محیط‌های صنعتی کشور به‌دلیل استفاده از ابزارهای مرتعش در حین کار شایع است و ۱۰ درصد از شاغلین کشور در معرض ارتعاش دست-بازوقرار دارند [۱]. مشخصه‌های اصلی امواج ارتعاش شامل دامنه‌ی موج، فرکانس زاویه‌ای، زمان تناوب و نیرو می‌باشد [۲]. ارتعاش انسانی (شامل ارتعاش منتقله به دست یا ارتعاش دست-بازو و ارتعاش تمام بدن) به‌عنوان یکی از عوامل زیان‌آور فیزیکی مطرح است که طیف وسیعی از شاغلین با آن مواجهه دارند [۳-۵]. تماس‌های مکرر و طولانی‌مدت با ترازهای بالایی از ارتعاش می‌تواند اثرات بدی روی سلامتی اندام‌های بدن بگذارد. اگرچه هر کدام از این دو نوع ارتعاش

می‌توانند اثرات متفاوتی به همراه داشته باشند اما ممکن است فرد به طور همزمان باهر دوی آن‌ها مواجهه داشته باشد [۶]. عوارض ناشی از ارتعاش دست-بازو به سه دسته‌ی عروقی، عصبی و اسکلتی-عضلانی تقسیم می‌شود که در مجموع سندرم ارتعاش دست-بازو نام دارد [۷]. عوارض اسکلتی عضلانی، استخوان‌ها و مفاصل را در برمی‌گیرد [۸]. این عوارض به ترتیب مربوط به عوارض عروقی، استخوانی، مفصلی و عصب-ماهیچه‌ای و دیگر عوارض است [۹]. کاهش قدرت چنگش، ضعف عضلانی و چنگش قفل شونده از عوارض ماهیچه‌ای مواجهه با ارتعاش است [۱۰]. پدیده رینود یا سپیدانگشتی ناشی از ارتعاش از جمله تظاهرات عروقی ارتعاش است و عوارض عصبی آن شامل سوزن سوزن شدن انگشتان دست و کاهش حس لامسه و اختلال خواب می‌باشد [۱۱].

در طول ۲۵ سال گذشته، طرح‌های پژوهشی متعددی در مورد اثرات بهداشتی ارتعاش دست-بازو در کارگرانی که با ابزارهای دستی مرتعش (مانند دریل) کار می‌کنند، وجود داشته است [۱۲]. ضعف عضلانی به ویژه در انگشت وسط و کاهش قدرت گرفتن در کارگران به‌دلیل مواجهه با ارتعاش دست بازو دیده شده است [۱۳]. در یک مطالعه مروری برآورد شده است که حدود ۵۲/۴ درصد از کارگران در مواجهه با مقادیر بالای شتاب ارتعاش در فرکانس پایین با ابزارهایی مثل مته، سنگ فرز، دریل و چکش دچار سپید انگشتی شده‌اند [۱۴]. بر اساس نتایج یک مطالعه دیگر، ۲۰ درصد از کارکنان کشتی‌سازی که با ابزارهای بادی و سنگ سمباده کار می‌کنند دچارسپیدانگشتی ناشی از ارتعاش شده‌اند [۱۵]. مطالعه‌ای که علی آبادی و همکاران بر روی گروهی از رانندگان ماشین‌آلات معدنی انجام دادند؛ نشان داد مواجهه با ارتعاش دست-بازو با کاهش مهارت و چابکی دست و قدرت چنگش همراه است [۱۰]. مطالعه‌ای که Kordmiri و همکاران انجام دادند نشان داد مواجهه همزمان با ارتعاش دست-بازو و صدا می‌تواند منجر به افزایش سطح خستگی در افراد شود که نقش ارتعاش دست-بازو، در ایجاد خستگی نسبت به صدا برجسته‌تر بود [۹].

حد مجاز مواجهه شغلی برای ارتعاش دست-بازو برابر با ۵ m/s^2 برای یک شیفت کاری معمول ۸ ساعته است [۱۰]. با توجه به حساسیت این موضوع، سازمان‌های مختلف در سطح جهانی جهت کاهش تماس بار ارتعاش و مدیریت این جنبه از عوامل فیزیکی، استانداردها و خط مشی‌هایی را تدوین کرده‌اند[۱۶].

در شهر ملایر واقع در استان همدان، بیشتر از پنج هزار کارگاه برای تولید مبلمان و منبت دارد که باعث شده نه هزار استاد کار و بیست هزار هنرمند فعال در این رشته مشغول کار باشند [۱۷]. در شغل نجاری، یکی از عوامل فیزیکی زیان‌آور، ارتعاش است که بیشتر به علت استفاده از ابزارهایی مانند سمباده برقی، دریل و اره برقی، ماشین رنده چوب و... ایجاد می‌شود و عوارض آن شامل اختلالاتی شبیه سندروم سپید انگشتی است که ابتدا به صورت اختلالات عروقی خود را نشان می‌دهد. با توجه به بررسی انجام شده در خصوص بررسی سطح مواجهه شغلی با ارتعاش دست-بازو و همچنین شیوع علائم و عوارض مرتبط با آن در شغل نجاری و منبت مبلمان، مطالعه‌ای در سطح کشور یافت نگردید. بر این اساس، در این مطالعه سطح مواجهه شغلی با ارتعاش دست-بازو در نجاران استفاده کننده از ابزارهای مرتعش و با استفاده از روش‌های غربالگری و ساده اختلالات اسکلتی عضلانی، حسی و عروقی مرتبط با آن مورد بررسی قرار گرفت. در نتیجه این مطالعه با اندازه‌گیری ارتعاش مطابق با روش استاندارد توصیه شده سازمان بین المللی استاندارد و بررسی اثرات عروقی و عصبی و اسکلتی-عضلانی می‌توان در خصوص امکان حفاظت‌دهی حد مجاز کشوری مواجهه با ارتعاش قضاوت علمی نمود.

روش کار

طراحی مطالعه و جامعه پژوهش

این پژوهش به صورت مورد-شاهدی در سال ۱۴۰۳ در کارگاه‌های نجاری شهرستان ملایر، با حضور نجاران (به‌عنوان گروه مواجهه) و رنگ‌کارها (به عنوان گروه کنترل) انجام شد. معیارهای ورود افراد به مطالعه، حداقل سابقه کار پنج سال، عدم اشتغال پاره‌وقت در شغل دوم و نیز عدم وجود سابقه بیماری اسکلتی-عضلانی، عصبی و عروقی در ناحیه دست و بازو به علل مختلف غیر شغلی بود. بر این اساس، تعداد افراد واجد شرایط برای شرکت در مطالعه به‌عنوان گروه مواجهه، ۶۵ نفر بود که به صورت سرشماری دعوت به شرکت در مطالعه شدند. از این میان، ۵۹ نفر با رضایت شخصی وارد مطالعه شدند. شایان ذکر است گروه کنترل از بین افراد رنگ کار شاغل در همان کارگاه‌ها، به گونه‌ای انتخاب شد که از نظر عوامل فردی نظیر سن و سابقه کار با افراد گروه مواجهه، همسان باشند. تعداد ۳۹ نفر از رنگ کارهای واجد شرایط پذیرفتند که در این مطالعه شرکت کنند. سن کارگران در گروه مواجهه و گروه کنترل به ترتیب ۹/۶±۳۴/۳ و ۸/۸±۳۴/۶ سال بود. سابقه کار کارگران گروه مواجهه و کنترل نیز به ترتیب ۹/۵±۱۴/۳ و ۱۱/۴۵±۱۴/۶ سال بود. علاوه براین، ۸۵ درصد کارگران گروه مواجهه راست دست، ۶۴ درصد غیرسیگاری و همچنین ۳۶ درصد متاهل بودند. گروه مواجهه و کنترل اختلاف معناداری از نظر هیچکدام از ویژگی‌های فردی نداشتند (P>۰/۰۵).

روش اندازه گیری ارتعاش دست-بازو:

در این مطالعه ارتعاش دست-بازو با توجه به ساعات مواجهه با ارتعاش توسط دستگاه ارتعاش‌سنج Svantek ۱۰۶ مطابق با استاندارد ISO۵۳۴۹ و درسه محور y،x و z اندازه‌گیری شد. با توجه به قابلیت آنالیز فرکانسی دستگاه، میزان ارتعاش دست-بازو در پهنای فرکانسی یک اکتاوباند بررسی شد. مجموع شتاب وزنی حاصل ترکیب این سه محور می‌باشد و از طریق رابطه ۱ به دست می‌آید. نهایتا مقادیر به دست آمده توسط رابطه ۱ به شتاب ارتعاش مواجهه ۸ ساعته توسط رابطه ۲ تبدیل می‌شود [۵].

رابطه ۱:
$$a_{hw} = \sqrt{a^2{}_{hwx} + a^2{}_{hwy} + a^2{}_{hwz}}$$

رابطه ۲:
$$A_{(8hr)} = a_{hw}\sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

رابطه ۱، برآیند شتاب ارتعاش است که در آن a_{hwx} ، a_{hwy} ، a_{hwz} میزان شتاب موثر برای محورهای مجزا می‌باشد و رابطه ۲ شتاب ارتعاش مواجهه ۸ ساعته می‌باشد که Tمجموع زمان مواجهه (hr) و T_0 زمان محدود شده مورد نظر ($8hr$) می باشد.

از جمله منابع مهم ارتعاش در کارگاه‌های نجاری شامل ابزارهایی از جمله ماشین اره نواری یا اره فلکه، ماشین رنده، ماشین گندگی، ماشین اره میزی، دستگاه میخ‌کوب و رویه‌کوبی می‌باشد

که سطح مواجهه شاغلین با این نوع دستگاه‌ها و همچنین سطح مواجهه ۸ ساعته آن‌ها اندازه‌گیری گردید.

تعیین علایم حسی-عصبی با استفاده از روش آزمون مونوفیلامانت

آزمون حسی عصبی توسط کیت مونوفیلامانت، یک ماهیت عصب شناختی دارد و پاسخ حسی برای تعیین این‌که آیا سیستم حسی-عصبی در اثر ارتعاش دست-بازو مختل شده است یا خیر. درآزمون مونوفیلامانت، فیلامانت‌های استاندارد از شماره ۱/۶۵ تا ۶/۶۵ (قطر نخ مانند سرفیلامانت مطابق با سطح پوست انگشتان و کف دست است) استفاده می‌شود. فیلامانت‌ها ازشماره ۱/۶۵روی سطح پوست انگشتان و کف دست غالب افراد آزمون می‌شود و فرد با حس شماره‌ی مونوفیلامانت جواب بله یا خیر می‌دهد. با انجام این آزمون منطقه‌ای که بیشترین تغییرات را در آزمون حسی دارد، داده مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد [۱۰].

تعیین علائم ناشی از مواجهه با ارتعاش دست-بازو در ناحیه دست

از یک پرسش‌نامه که شامل چهار بخش بود (اطلاعات فردی و سوابق شغلی، مواجهه شغلی، عوارض ارتعاش دست بازو و سوابق پزشکی) برای تعیین علائم ناشی از مواجهه با ارتعاش دست-بازو استفاده شد. این پرسش‌نامه برگرفته از موسسه تحقیقات صدا و ارتعاش دانشگاهی در انگلیس و موسسه طب کار دانشگاهی در ایتالیا می‌باشد که توسط بیات و همکاران ترجمه و روایی و پایایی آن تایید شده است (روایی محتوا برابر با ۰/۷۵ و پایایی برابر با ۰/۸۳). علاوه بر این، پرسش‌نامه مذکور قبلا در تحقیقی توسط بیات و همکاران بر روی گروهی از کارگران شاغل در سنگ‌بری‌های شهر همدان مورد استفاده قرار گرفته و نشان می دهد که این پرسش‌نامه برای جمعیت ایرانی، بومی‌سازی شده است [۱].

اندازه‌گیری قدرت چنگش و چنگش انگشتان

حداکثر قدرت گرفتن دست‌ها توسط نیروسنج هیدرولیکی دست در حالتی که آرنج در زاویه ۹۰ درجه است (بیشترین توان برای اعمال نیرو) سنجیده شد. سپس با هر دست در فواصل ۱۰ ثانیه‌ای با گرفتن دسته‌ی نیروسنج، مقدار نیرو با واحد کیلوگرم اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری قدرت انگشتان هم با دستگاه pinch gage با انگشتان در فواصل ۱۰ ثانیه‌ای، سه بار دکمه روی دستگاه فشار داده و اعداد ثبت شد (شکل ۱). در نهایت، برای قدرت چنگش و هم چنگش انگشتان میانگین سه اندازه‌گیری به‌عنوان عدد نهایی در نظر گرفته شد [۱۰].

شکل ۱. اندازه‌گیری ارتعاش دست-بازو در کارگاه‌های نجاری تولید مبلمان (بالا) و آزمون‌های مرتبط با عوارض ناشی از ارتعاش دست-بازو (پایین)؛ سمت راست: آزمون Purdue Pegboard برای چابکی دست؛ وسط: قدرت چنگش دست؛ سمت چپ: قدرت چنگش انگشتان

اندازه گیری میزان چابکی دست

آزمون چابکی مربوط می‌شود به توانایی حرکت انگشتان دست یا مهارت به جابه‌جایی اشیای کوچک با انگشت با سرعت و دقت زیاد. در این آزمون از Purdue Pegboard استفاده می‌شود که از افراد خواسته می‌شود گیره‌ها را در تعدادی صفحات در یک ردیف عمودی، ابتدا با دست غالب و بعد دست دیگر و در انتها با هر دو دست در روی حفره‌های صفحه بچیند (شکل ۱). هر مرحله از آزمون در مدت ۳۰ ثانیه انجام می‌شود [۱۰].

اندازه‌گیری اختلالات عروقی و تحریک سرد انگشتان

برای اختلالات عروقی با توجه به استاندارد ISO۱۴۸۳۵-۱ ابتدا در گروه مورد، درجه حرارت نوک انگشتان و کف دست هر دو دست توسط دماسنج لیزری اندازه‌گیری شد و به‌عنوان شاخص یادداشت گردید. سپس فرد دو دست خود را به مدت سه دقیقه در آب گرم ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار داد به‌طوری‌که مچ دست درون آب گرم قرار گیرد و در طی این سه دقیقه درجه حرارت آب کنترل شد. بعد از مدت مذکور، بلافاصله دست‌ها در آب سرد ۱۲ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان سه دقیقه فرو برده شد (دمای آب پس از هر بار آزمون به وسیله دماسنج کنترل می‌شود). پس از طی سه دقیقه، دو دست از آب خارج شده و بلافاصله پس از بیرون آوردن با پارچه خشک گردید. پس از این عمل، سیر برگشت حرارت پوست دست به حرارت قبل از آزمون سرما بررسی شد. مدت زمانی که طول کشید تا درجه حرارت پوست به حدود درجه حرارت قبل از آزمون برسد مهم بود. در افراد مبتلا به سپید انگشتی این زمان بسته به مقدار صدمه و بیماری دست طولانی‌تر بود [۱۸].

تجزیه و تحیل داده‌ها

پس از انتقال اطلاعات به رایانه، تجزیه و تحلیل با استفاده از آمار توصیفی و آزمون‌های آماری مقایسه میانگین‌ها و ضریب همبستگی در نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ صورت گرفت.

یافته‌ها

مقادیر شتاب ارتعاش اندازه‌گیری شده ابزارهای نجاری مورد بررسی در این مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. بیشترین میزان ارتعاش ابزارهای مورد استفاده مربوط به دستگاه دریل بود. بیشترین میزان ارتعاش ابزار برش چوب مربوط به دستگاه رنده و کمترین مربوط به اره فلکه بود. بیشترین شتاب ارتعاشی در دستگاه‌های نجاری در فرکانس‌های ۴۰ و ۵۰ هرتز بود. بین میانگین شتاب ارتعاش دستگاه‌های مختلف اختلاف معناداری مشاهده گردید (P<۰/۰۵).

جدول ۱. نتایج اندازه‌گیری شتاب ارتعاش (m/s^2) دستگاه‌های مختلف در کارگاه‌های مبلمان

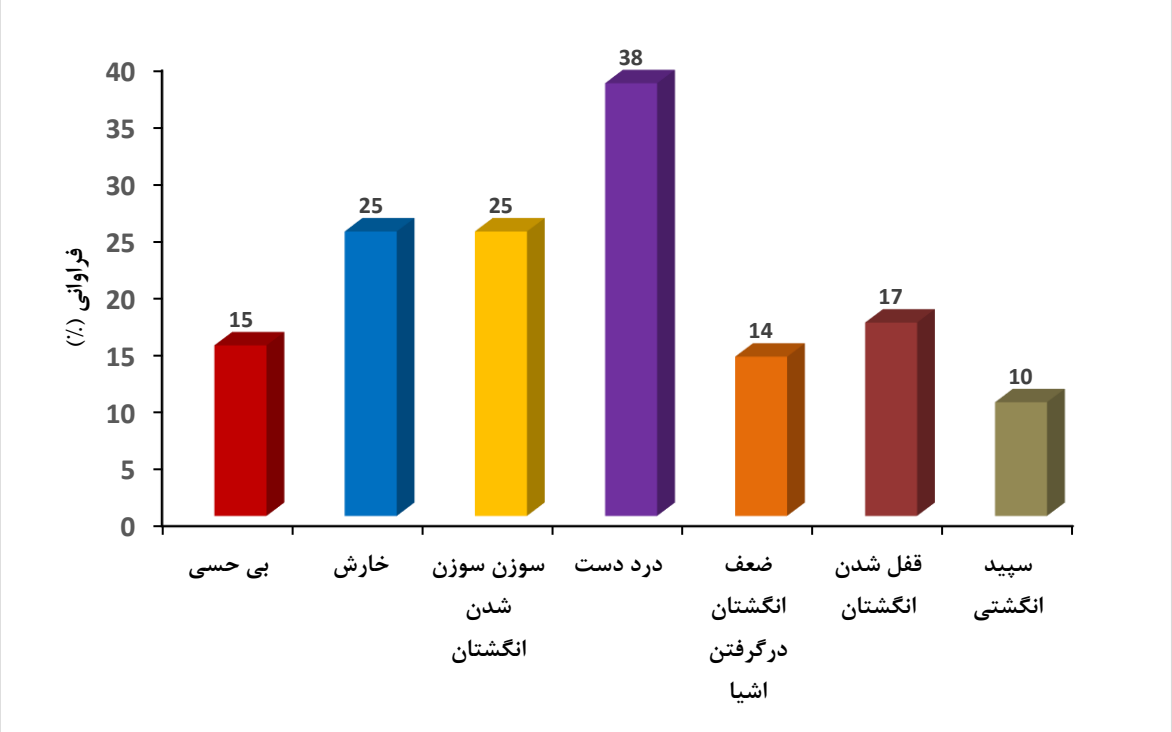
نام دستگاه نجاری	انحراف معیار± میانگین	حداقل مقدار	حداکثر مقدار
اره فلکه	۱/۱۷±۰/۴۵	۰/۷۲	۲/۱۵
فارسی‌بر	۱/۸۸±۰/۸۵	۱/۱۶	۳/۳۴
میخ‌کوب	۱/۸۷±۰/۹۲	۱/۳	۲/۸
رویه‌کوب	۱/۸۸±۰/۸۵	۱/۱	۲/۹۲
رنده	۲/۸±۰/۴۵	۲/۵	۳/۱
فرز	۲/۱±۰/۸	۱/۴	۳/۱
دریل	۴/۹۶±۰/۹	۳/۲	۵/۶
گنده گیر	۱/۲۵±۰/۳۵	۰/۸۵	۱/۹۵
تخته پوست	۲/۰۵±۰/۴۵	۱/۵	۳/۱۵
اره صفحه‌ای	۲/۱۵±۰/۳۵	۱/۹۵	۲/۴۵

شتاب معادل بر اساس الگوی مواجهه کارگران (مصاحبه شفاهی) و با توجه به شتاب ارتعاش دستگاه‌های مختلف و مدت زمان کار با هر یک از دستگاه‌ها (طبق الگوی مواجهه کارگران) با استفاده از رابطه شتاب معادل محاسبه گردید. میانگین شتاب معادل ۸ ساعته مواجهه با ارتعاش دست-بازوی کارگران نجاری برابر با ۲/۷۴±۰/۸۵ (با دامنه ۱/۹۲ و ۳/۹۸) متر بر مجذور ثانیه بوده که پایین‌تر از حد مجاز مواجهه کشوری (۵ متر برمجذورثانیه) قرار داشت.

درصد فراوانی علائم مرتبط با ارتعاش دست و بازو در کارگران شاغل کارگاه‌های نجاری در شکل ۲ ارائه شده است. درد دست، سوزن سوزن شدن و خارش انگشتان، بیشترین علائم و سپیدانگشتی کمترین علامت گزارش شده در بین کارگران نجاری مورد مواجهه با ارتعاش دست-بازو می‌باشد. علائم عروقی شامل سپید انگشتی خفیف در برخی انگشتان تنها در ۱۰ درصد شاغلین مشاهده گردید. علاوه براین ۱۵ درصد شاغلین در برخی بندهای انگشتان دست احساس بی‌حسی داشتند.

با توجه به جدول ۲، میانگین قدرت چنگش دست و نیز انگشتان در هر دو دست در گروه مورد نسبت به گروه شاهد کمتر بود (P<۰/۰۵). چابکی و مهارت هر دو دست غالب و غیر غالب نیز در گروه مورد کمتر از گروه شاهد بود (P<۰/۰۵). بین افراد سالم و ناسالم در گروه مواجهه در خصوص انواع علائم دست شامل سوزن سوزن

شدن، بی حسی، قفل شدن انگشتان، درد و ضعف انگشتان در گرفتن اشیا یا محدودیت در حرکت دادن دست‌ها، تفاوت معناداری از نظر امتیاز مربوط به مهارت و چابکی دست‌ها (آزمون Pegboard) دیده شد (P<۰/۰۵). همچنین مقایسه میانگین قدرت گرفتن دست و انگشتان افراد دارای علامت درد و افراد بدون این علامت در آزمون آماری T-Test نشان داد که افراد دارای علامت درد قدرت چنگش کمتری در مقایسه با افراد بدون علامت درد دارند (P<۰/۰۵).



شکل ۲. فراوانی علائم مرتبط با ارتعاش دست-بازو در کارگران شاغل در کارگاه‌های نجاری مبلمان

جدول ۲. مقایسه میانگین آزمون‌های مرتبط با اثرات ارتعاش دست-بازو در دو گروه

متغیر	گروه مورد	گروه شاهد	P_{value}
قدرت چنگش دست چپ (Kg)	۵۹/۲±۱۲/۰۰	۶۶/۳±۱۰/۵۶	۰/۰۰۱
قدرت چنگش دست راست (Kg)	۶۲/۲±۹/۸	۶۹/۸±۸/۹	۰/۰۰۳
قدرت چنگش انگشتان دست چپ (Kg)	۲۴/۲±۴/۰۵	۲۵/۶±۴/۰۷	۰/۱
قدرت چنگش انگشتان دست راست (Kg)	۲۵/۳±۳/۹	۲۷/۹±۳/۹	۰/۰۰۶
چابکی دست چپ	۱۴/۹±۲/۲	۱۴/۶±۱/۷۵	۰/۳
چابکی دست راست	۱۵/۲±۲/۱	۱۶/۱±۱/۷۷	۰/۰۵۶
چابکی هر دو دست به طور همزمان	۱۱/۸۷±۱/۷۱	۱۲/۴۷±۱/۲	۰/۰۴
مونتاژکردن	۳/۹۴±۰/۸۳	۴/۷±۰/۸۳	۰/۰۰۱
زمان برگشت دمای پوست دست راست (دقیقه)	۱۰±۳/۳	۸/۷±۱/۹	۰/۰۶
زمان برگشت دمای پوست دست چپ (دقیقه)	۹/۱±۳/۴	۸/۲±۱/۷	۰/۱

همچنین نتایج نشان داد زمان احیای دمای سطحی پوست دست راست و چپ در گروه مورد، مقداری طولانی‌تر از گروه شاهد می‌باشد که از لحاظ آماری معنادار نیست (P>۰/۰۵). در گروه مورد بین افراد دارای علائم خفیف سپید انگشتی با نتایج حاصل از تست احیای دمای دستان ارتباط معناداری مشاهده نگردید (P>۰/۰۵).

نتایج حاصل از تست مونوفیلامانت ارائه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که به طور میانگین عمده شاغلین در گروه مورد از نظر حس لامسه در محدوده طبیعی بودند و تنها ۱۰ درصد کاهش حس لمس سطحی را گزارش نمودند. آزمون‌های آماری انجام شده جهت مقایسه بین افراد دارای علائم و بدون علائم بی‌حسی در انگشتان (بر اساس پرسش‌نامه) نشان داد که افراد دارای علائم بی‌حسی مونوفیلامانت شماره بالاتری را احساس کردند که البته از لحاظ آماری معنادار نبود (P>۰/۰۵).

جدول ۳. نتایج آزمون حسی عصبی انگشتان دست در گروه مورد (نجاران مبلمان)

شماره مونوفیلامانت	مفهوم از نظر درک حس لامسه	فراوانی پاسخ دهندگان
۱/۶۵	طبیعی	۸۵
۲/۸۳	کمی کاهش حس	۵
۳/۶۱	کاهش حس لمس سطحی	۱۰
۴/۳۱	کاهش حس محافظتی	۰
۴/۵۶	فقدان حس محافظتی	۰
۶/۶۵	غیر قابل آزمایش	۰

بحث

هدف از انجام این مطالعه، بررسی سطح مواجهه شغلی و اثرات سلامتی مرتبط با ارتعاش دست-بازو در کارگران نجاری مبلمان استفاده کننده از ابزارهای مرتعش بود. نتایج نشان داد میزان مواجهه شاغلین با ارتعاش دست-بازو ناشی از دستگاه نجاری، در طول ۸ ساعت کاری پایین‌تر از حد مجاز کشوری می‌باشد. با این حال عوارض ارتعاش دست-بازو به صورت علائم اسکلتی-عضلانی (درد و کاهش قدرت چنگ)، علائم عروقی و عصبی (سوزن سوزن شدن، کاهش لمس سطحی و سپید انگشتی) در تعدادی از شاغلین دیده شد. مطالعه Forouharmajd و همکاران [۱۹] نیز نشان داد که ۱۰ درصد ازکارگران درحال کار با مته و اره گرد بعد از ۷ تا ۱۲ سال سابقه دچار سپید انگشتی ناشی از مواجهه با ارتعاش دست-بازو شده‌اند که همسو با نتایج مطالعه حاضر است.

نتایج این مطالعه تایید نمود که زمان احیای دمای سطحی پوست دست راست و چپ در گروه مورد مقداری طولانی‌تر از گروه شاهد می‌باشد که از لحاظ آماری معنادار نبود. در گروه مورد، بین افراد دارای علائم خفیف سپید انگشتی با نتایج حاصل از تست احیای دمای دستان ارتباط معناداری مشاهده نگردید. این در حالی است که در مطالعه‌ی Bovenzi و همکاران بیان شده که از بین افرادی که به مدت ۳/۵ سال با ارتعاش دست-بازو مواجهه داشته‌اند، ۷۴ درصد در تست سرما نتایج مثبت معناداری را از خود نشان داده‌اند [۱۱]. در مطالعه Yan و همکاران نیز تاثیر ارتعاش روی عروق انگشتان و نیز جریان خون و سرعت آن مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده است که انسداد عروقی در مواجهه با ارتعاش در مدت ۶/۵-۶ سال دیده می‌شود و حداقل زمان برای بروز اولین علائم سپید انگشتی در حدود ۶ سال می‌باشد که تا حدودی با مطالعه حاضر مطابقت دارد [۲۰].

این مطالعه در دو گروه مورد و شاهد انجام شده است و نتایج ارزیابی عروقی نشان داد که برگشت دمای دست در گروه مورد بیشتر از گروه شاهد است و این نتیجه بیانگر اختلال گردش خون در اثر مواجهه با ارتعاش دست-بازو می‌باشد، مطالعه Cherniack و همکاران همین نتایج را در افراد استفاده کننده از ابزار مرتعش نسبت به گروه شاهد نشان می‌دهد [۲۱]. نتایج ارزیابی عروقی در مطالعه‌ی جعفری و همکاران روی ۸ نفر از افراد در معرض ارتعاش دست-بازو نشان داد که زمان بازگشت دمای پوست دست پس از تست سرما به حالت اولیه در افراد در معرض مواجهه، ۱۱دقیقه و در گروه شاهد ۷ دقیقه می‌باشد [۲۲] که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. در خصوص اثرات عروقی ارتعاش، باید گفت مواجهه مزمن با ارتعاش می‌تواند منجر به اسپاسم، تنگی یا حتی انسداد عروق کوچک دست گردد (پدیده رینود). این وضعیت سبب کاهش خون‌رسانی به عضلات دست و بروز ضعف و کاهش قدرت عضلانی می‌شود [۲۳]. همچنین کاهش دمای پوست ناشی از اختلالات عروقی می‌تواند رشد این آسیب‌ها را تشدید کند [۷].

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، میانگین قدرت چنگش دست و نیز انگشتان در هر دو دست در گروه مورد نسبت به گروه شاهد کمتر بود. علاوه بر این، چابکی و مهارت هر دو دست غالب و غیر غالب در گروه مورد نسبت به گروه شاهد کمتر بود. به صورت مشابه، مطالعه‌ای که Griffin انجام داده است حاکی از این بود که میزان قدرت چنگش دست در بین کارگران مواجهه با ارتعاش دست-بازو کاهش یافته است [۲۰]. در خصوص مکانیسم اثر ارتعاش منتقله به دست بر قدرت چنگش و مهارت کارگران مواجهه یافته، می‌توان گفت ارتعاش باعث آسیب تدریجی به اعصاب محیطی دست و انگشتان می‌شود. این آسیب می‌تواند به صورت کاهش حس، بی‌حسی، گزگز یا سوزن سوزن شدن و اختلال در هدایت عصب‌ها ظاهر شده و نهایتا در مهارت و قدرت چنگش اثر منفی داشته باشد. مطالعات پیشین گزارش کرده‌اند که در کارگران مواجهه یافته با ارتعاش دست-بازو، حساسیت لمسی و دقت در حرکت‌های ظریف کاهش می‌یابد که این وضعیت مستقیما بر قدرت چنگش و مهارت دست موثر است [۳, ۲۴]. به صورت مشابه با مطالعات پیشین، این نتایج در مطالعه حاضر نیز دیده شد.

طبق آزمون همبستگی در مورد اثرات ارتعاش در این مطالعه همبستگی بین میزان شدت ارتعاش و بروز علائم وجود نداشت و این به دلیل این است که شدت ارتعاش در مقطع زمانی سنجیده شده است. طبق مطالعه Wahlström و همکاران، در بین افرادی که در معرض ارتعاش بالاتر از ۱/۷ متر بر مجذورثانیه در مقایسه با کسانی که در معرض ارتعاش کمتر از ۰/۵متر بر مجذور ثانیه می‌باشند، اختلالات اسکلتی-عضلانی شایع‌تر می‌باشد [۲۵].

با توجه به آزمون همبستگی پیرسون، ارتباط معناداری بین سن و کاهش قدرت چنگش و مهارت دستی در مطالعه‌ی حاضر نشان داده شده است. در مطالعه Azmir و همکاران در سال ۲۰۱۵ در کارگران تعمیر و نگه‌داری نتایج نشان داد که قدرت دست افراد در اثر مواجهه با ارتعاش کاهش یافته است [۲۶]. مطالعه Buhaug و همکاران در سال

۲۰۱۴ در کارگران شاغل با ابزار مرتعش در نروژ نشان داد که با افزایش سن قدرت گرفتن دست کاهش یافته است [۲۷] که طبق مطالعه حاضر و آزمون‌های آماری انجام شده با نتایج مطابقت دارد. با توجه به مطالعه‌ی Bovenzi و همکاران، بین مهارت دستی و سن و سیگار کشیدن ارتباط معناداری وجود دارد و با افزایش سن و مدت زمان مواجهه با ارتعاش، چابکی هر دو دست کاهش می‌یابد [۲۸]. در مطالعه‌ی حاضر نیز نتایج نشان داد که با افزایش سن در کارگران مواجهه با ارتعاش دست-بازو، چابکی هر دو دست کاهش می‌یابد. با افزایش سن، سیستم عصبی، عروقی و اسکلتی عضلانی دچار فرسایش طبیعی شده و توانایی عمومی بدن برای انجام کارهای فیزیکی کاهش می‌یابد. مواجهه با ارتعاش این فرآیند را تسریع می‌کند و ریسک آسیب اعصاب محیطی، خون‌رسانی نامطلوب به عضلات و اختلالات مفصلی را افزایش می‌دهد [۲۹] که مجموعه این عوامل باعث تضعیف بیشتر قدرت چنگش و مهارت دستی افراد مواجهه یافته با ارتعاش با افزایش سن می‌شوند.

نتایج مطالعه حاضر تایید نمود که افراد دارای علائم بی‌حسی مونوفیلامانت شماره بالاتری را احساس کردند که البته از لحاظ آماری معنادار نیست. همچنین مشخص شد نتایج تست مونوفیلامانت بین افراد دارای علامت بی‌حسی و افراد بدون علائم، اختلاف معناداری وجود ندارد و نتیجه‌گیری می‌شود نتایج پرسش‌نامه و اظهار نظر افراد نمی‌تواند مبنای قضاوت باشد و دارای خطا است. در مطالعه حاضر با استفاده از تست مونوفیلامانت اثرات حسی-عصبی سنجیده شد و نتایج نشان داد که ۱۰ درصد افراد دچار کاهش حس لمس سطحی در دست شده‌اند و با نتایج مطالعه Bovenzi و همکاران که با استفاده از این آزمون نشان داد درک حسی در دست راست در اثر مواجهه با ارتعاش دست-بازوکاهش یافته است، مطابقت دارد [۲۸]. در مطالعه‌ی دیگری که توسط Yan و همکاران با استفاده از تست مونوفیلامانت روی کارگران استفاده کننده از ابزار مرتعش انجام شد، نتایج نشان داد که سه نفر از کارگران در رنج نرمال بودند و بین سه تا پنج سال سابقه کار داشتند و افراد بالای پنج سال سابقه دچار درک حسی در انگشتان شده‌اند [۲۰] که این نتایج با مطالعه حاضر مطابقت دارد.

مطالعه حاضر جزو اولین مطالعاتی است که در خصوص مواجهه با ارتعاش و اثرات آن در کارگران شاغل در کارگاه‌های تولید مبلمان در داخل کشور انجام شده و زمینه مناسبی برای مطالعات آینده فراهم کرده است. با این حال، این مطالعه نیز با محدودیت‌هایی مواجهه بوده است. از جمله محدودیت‌های مطالعه عدم وجود سوابق اندازه‌گیری شتاب ارتعاش در مواجهه با کارگران نجاری در سنوات گذشته بود. علاوه بر این، غربالگری تا به‌اکنون در خصوص علائم و عوارض ارتعاش دست بازو در این شاغلین انجام نگرفته بود. حجم نمونه کم نیز می‌تواند یکی دیگر از محدودیت‌های این مطالعه باشد. علاوه بر این، استفاده از روش‌ها و آزمون‌های پیشرفته از جمله اندازه‌گیری جریان خون در عروق انگشتان می‌تواند بروز اختلالات عروقی احتمالی را صحیح‌تر نشان دهد.

نتیجه‌گیری

سطح مواجهه شاغلان کارگاه‌های تولید مبلمان با ارتعاش دست-بازو، کمتر از حد مجاز تعیین شده در استانداردهای ملی و بین المللی بود. با این وجود، عوارض قابل توجهی در این افراد مشاهده شد. بیشترین و کمترین شیوع عوارض گزارش شده به ترتیب مربوط به درد دست و سپیدانگشتی بود. تفاوت معناداری بین گروه مواجهه و گروه کنترل از نظر قدرت چنگش و مهارت و چابکی دست دیده شد. این نتایج همراه با کاهش دمای سطح پوست، بیانگر تاثیرات بهداشتی ارتعاش دست-بازو حتی در سطوح مواجهه کمتر از حد مجاز است. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که مواجهه مزمن شاغلین کارگاه‌های نجاری مبلمان با ارتعاش دست-بازو حتی در مقادیر پایین‌تر از حد مجاز، می‌تواند منجر به بروز علائم متعدد حسی-عصبی، عروقی و اسکلتی-عضلانی در ناحیه دست و بازو شود و عملکرد حرکتی این افراد را تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین، توجه ویژه به پیشگیری و کنترل مواجهه در این گروه شغلی ضروری است. شایان ذکر است با توجه به طبیعت پویا و زمان بر بروز این عوارض، پیشنهاد می‌شود در آینده مطالعات طولی با پیگیری‌های بلندمدت طراحی و اجرا شود تا روند پیشرفت آسیب‌ها به صورت دقیق‌تر مورد بررسی قرار گیرد و استراتژی‌های موثر برای کاهش این آسیب‌ها شناسایی شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از همکاری و مشارکت کارگران و کارفرمایان کارگاه‌های نجاری مبلمان شهرستان ملایر در این پژوهش صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند. این مطالعه بخشی از طرح تحقیقاتی به شماره طرح ۱۴۰۳۰۳۲۹۲۶۹۹ می‌باشد که توسط معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان حمایت شده است.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند هیچگونه تضاد منافعی در این مطالعه وجود ندارد.

مشارکت‌های نویسندگان

کلیه نویسندگان در مراحل مختلف انجام تحقیق مشارکت داشته‌اند.

ملاحظات اخلاقی

پژوهش حاضر دارای کد اخلاق به شماره IR.UMSHA.REC.1403.190 بوده و پس از کسب رضایت‌نامه کتبی از شرکت‌کنندگان مطالعه انجام شده است.

حمایت مالی

معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان

REFERENCES

1. Bayat R, Aliabadi M, Golmohamadi R, Shafiee Motlagh M. Assessment of exposure to hand-arm vibration and its related health effects in workers employed in stone cutting workshops of Hamadan city.*Johe*. 2016;3(1):25-32. [DOI: 10.21859/johe-03014]
2. Griffin MJ. Handbook of human vibration. Academic press; 2012. [Link]
3. Aliabadi M, Kordmiri SH. Investigation of hand dexterity changes in response to different frequencies of hand-transmitted vibration. *Int J Environ Health Eng*. 2025;14(4):29.[Link]
4. Aliabadi M, Darvishi E, Farhadian M, Rahmani R, Shafiee Motlagh M, Mahdavi N. An investigation of musculoskeletal discomforts among mining truck drivers with respect to human vibration and awkward body posture using random forest algorithm. *Hum Factors Ergon Manuf Serv Ind*. 2022;32(6):482-93. [DOI: 10.1002/hfm.20965]
5. Rahmani R, Aliabadi M, Golmohammadi R, Babamiri M, Farhadian M. Evaluation of cognitive performance of city bus drivers with respect to noise and vibration exposure. *Acoustics Australia*. 2021;49(3):529-39. [Link]
6. Rahmani R, Aliabadi M, Golmohammadi R, Babamiri M, Farhadian M. Body physiological responses of city bus drivers subjected to noise and vibration exposure in working environment. *Heliyon*. 2022;8(8): e10329. [DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e10329] [PMID]
7. Aliabadi M, Mousavi Kordmiri SH, Golmohammadi R, Bovenzi M, Farhadian M. Investigating the effect of different scenarios of hand-arm vibration on the vascular response of the hand. *JIMS*. 2024;42(763):280-7. [DOI: 10.48305/JIMS.V42.I763.0280]
8. Bahrami F, Zandsalimi F, Rahmani R, Moradian Haft Cheshmeh Z. Study of pain and disabilities in musculoskeletal system among urban bus drivers with respect to body postures, job satisfaction, and individual factors. *JOHE*. 2024;11(1):74-83. [DOI: 10.32592/joohe.11.1.74]
9. Kordmiri SHM, Aliabadi M, Golmohammadi R, Bovenzi M, Farhadian M. Combined effects of noise and hand-transmitted vibration on workers' muscle and mental fatigues in a simulated construction operation. *Med Lav*. 2023;114(2):e2023021. [DOI: 10.23749/mdl.v114i2.13903] [PMID]
10. Aliabadi M, Rahmani R, Darvishi E, Farhadian M, Shafiee Motlagh M, Mahdavi N. Experimental study of exposure to human vibration and its relationship with physical performance in mining equipment operators. *Iran J Ergon* . 2021;9(3):39-54. [Link]
11. Bovenzi M, Della Vedova A, Negro C. A follow up study of vibration induced white finger in compensation claimants. *Occup Environ Med*. 2005;62(4):237-42. [DOI: 10.1136/oem.2004.014704] [PMID]
12. Mirbod SM, Iwata H. Proposal for hand-arm vibration exposure limits adopted for Japanese workers operating hand-held vibrating tools. *Int Arch Occup Environ Health*. 1997;69(6):418-22. [DOI: 10.1007/s004200050169] [PMID]
13. Guild R, Ehrlich R, Johnston J, Ross M. Noise and vibration. Handbook of occupational health practice in the South African mining industry braamfontein: safety in mines research advisory committee (SIMRAC). 2001. [Link]
14. Bovenzi M. Epidemiological evidence for new frequency weightings of hand-transmitted vibration. *Ind Health*. 2012;50(5):377-87. [DOI: 10.2486/indhealth.ms1382] [PMID]
15. Pourabdian S, Habibi E, Sadegi M, Rismanchian M. Effects of anti-vibration handle use on hand grinding machine vibration. *J Health Syst Res*. 2011;6(1).[Link]
16. Pelmear PL, Leong D. Review of occupational standards and guidelines for hand-arm (segmental) vibration syndrome (HAVS). *Appl Occup Environ Hyg*. 2000;15(3):291-302. [DOI: 10.1080/104732200301610] [PMID]
17. ISNA. Shahr Jahani Malayer andar Kham Moshkelat. 2024. [Link]
18. Harada N, Mahbub M. Diagnosis of vascular injuries caused by hand-transmitted vibration. *Int Arch Occup Environ Health*. 2008;81(5):507-18. [DOI: 10.1007/s00420-007-0246-4] [PMID]
19. Forouharmajd F, Azmoon H, Akbari J, Soury S. Evaluating the transmitted vibration to operator' s hands hand and effect of protective gloves in real condition, based on International Standard Organization 5349 standard. *Int J Environ Health Eng* . 2016;5(1):4. [DOI: 10.4103/2277-9183.179197]
20. Lifchez S. Measuring physiological and biochemical changes in work-related vibration. 2006. [Link]
21. Cherniack M, Brammer A, Meyer J, Morse T, Peterson D, Fu R. Skin temperature recovery from cold provocation in workers exposed to vibration: a longitudinal study. *Occup Environ Med*. 2003;60(12):962-8. [DOI: 10.1136/oem.60.12.962] [PMID]
22. Jafari M, Kazemi Poor M. Examine the relationship between hand and arm rynvdvartash worker of industrial unit. Several National Conference on Occupational Health and Safety. 2011; Qazvin.[Link]
23. Pan D, Xu XS, Welcome DE, McDowell TW, Warren C, Wu J, et al. The relationships between hand coupling force and vibration biodynamic responses of the hand-arm system. *Ergonomics*. 2018;61(6):818-30. [DOI: 10.1080/00140139.2017.1398843] [PMID]
24. Radwin RG, Armstrong TJ, Chaffin DB. Power hand tool vibration effects on grip exertions. *Ergonomics*. 1987;30(5):833-55. [DOI: 10.1080/00140138708969772]
25. Wahlström J, Burström L, Hagberg M, Lundström R, Nilsson T. Musculoskeletal symptoms among young male workers and associations with exposure to hand–arm vibration and ergonomic stressors. *Int Arch Occup Environ Health*. 2008;81(5):595-602.[DOI: 10.1007/s00420-007-0250-8] [PMID]
26. Azmir N, Ghazali M, Yahya M, Ali M, Song J. Effect of hand arm vibration on the development of vibration induce disorder among grass cutter workers. *Procedia Manuf* . 2015;2:87-91. [DOI: 10.1016/j.promfg.2015.07.015]
27. Buhaug K, Moen BE, Irgens Å. Upper limb disability in Norwegian workers with hand-arm vibration syndrome. *J Occup Med Toxicol*. 2014;9(1):5. [DOI: 10.1186/1745-6673-9-5] [PMID]
28. Bovenzi M, Griffin M, Hagberg M. Diagnosis of injuries caused by hand-transmitted vibration–2nd International workshop. *Report Occupational Environ Med*.2006;10(114). [Link]
29. Sharma AS, Mandal BB, Prakash A, Mandal SK. Impact of hand-arm vibration on grip and pinch strength of jackhammer operators: a cross-sectional study. *J Occup Environ Med*. 2025;67(7):e501-e510. [DOI: 10.1097/JOM.0000000000003400] [PMID]