UMSHA Press

JOHE
Journal of Occupational Hygiene Engineering

J Occup Hyg Eng, 2025; 12(1): 45-57 Doi: 10.53208/joohe.12.1.45
https://johe.umsha.ac.ir

Original Article

Investigation of the Association between Whole-Body Vibration Exposure and Musculoskeletal Discomfort in Construction Machinery Operators

Ahmad Mehri[1], Seyed Hojat Mousavi Kordmiri[2*], Ali Ansari Moghadam[2], Fatemeh Sadat Dolatabadi[3], Donya Mostaghimi[4]

1. Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran
2. Department of Occupational Health and Safety Engineering, Esfarayen Faculty of Medical Sciences, Esfarayen, Iran
3. Department of Occupational Health and Safety Engineering, Student Research Committee, Esfarayen Faculty of Medical Sciences, Esfarayen, Iran
4. Department of Health, Safety, and Environment Management, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

Article history:
Received: 15 July 2025
Revised: 17 August 2025
Accepted: 18 August 2025
ePublished: 25 August 2025

*Corresponding author: Seyed Hojat Mousavi Kordmiri, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Esfarayen Faculty of Medical Sciences, Esfarayen, Iran.

E-mail: hojatmk66@yahoo.com

Abstract

Background and Objective: Musculoskeletal disorders (MSDs) are among the most common occupational health problems, with whole-body vibration (WBV) recognized as a significant contributing factor. This study aimed to investigate the relationship between WBV exposure and musculoskeletal discomfort among operators of construction machinery.

Materials and Methods: In this cross-sectional study, 150 construction machinery operators were evaluated. The Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire (CMDQ) was used to assess discomfort levels, and WBV was measured using the SV106D device in accordance with ISO 2631 standards. The collected data were analyzed using descriptive statistics, Pearson correlation, and multiple regression tests.

Results: The mean vibration acceleration was measured at 0.54 ± 0.37 m/s , which was below the national 8-hour exposure limit. Nevertheless, 65.3% of the participants reported moderate discomfort and 2% reported severe discomfort. The neck, lower back, and shoulders showed the highest levels of discomfort. A positive and significant correlation was observed between musculoskeletal discomfort scores and WBV (r=0.521, P<0.001), work experience (r=0.410, P<0.001), and age (r=0.271, P=0.001). In the multiple regression model, WBV alone predicted 27.8% of the variance in musculoskeletal discomfort scores, which increased to 42% after adding work experience and age.

Conclusion: Even exposure to WBV below permissible limits, if prolonged and under poor ergonomic conditions, can lead to considerable musculoskeletal discomfort.

Keywords: Construction Industries, Musculoskeletal Diseases, Occupational Exposure, Vibration

Please cite this article as follows: Mehri A, Mousavi Kordmiri SH, Ansari Moghadam A, Dolatabadi FS, Mostaghimi D. Investigation of the Association between Whole-Body Vibration Exposure and Musculoskeletal Discomfort in Construction Machinery Operators. J Occup Hyg Eng. 2025; 12(1): 45-57 DOI: 10.53208/joohe.12.1.45

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-12-17]

Copyright © 2024 Journal of Occupational Hygiene Engineering. 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

Musculoskeletal disorders are among the most common work-related health problems worldwide and have a significant impact on workers' health and organizational productivity. These disorders are particularly prevalent in environments characterized by poor postural conditions, repetitive movements, and exposure to physical factors such as vibration. Hand-arm vibration and whole-body vibration are recognized as the two primary types of vibration exposure, both of which can lead to a variety of musculoskeletal and neurological impairments. In the construction industry, where vibrating machinery and tools are extensively used, exposure to whole-body vibration is of particular concern. The present study was conducted to assess the level of exposure to whole-body vibration and its association with musculoskeletal discomfort among operators of mobile construction machinery.

Materials and Methods

In this descriptive-analytical study, a total of 150 active operators working on construction projects in Tehran were selected as the study population. All participants had at least one year of continuous experience operating mobile construction machinery that generates vibration, ensuring that the long-term effects of exposure could be adequately assessed. Individuals with a history of musculoskeletal disorders due to non-occupational causes or unrelated health conditions, as well as those unable to complete the questionnaire, were excluded from the study. To evaluate musculoskeletal discomfort, the validated Persian version of the Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire (CMDQ) was used. This self-report tool assesses three dimensions—frequency, severity, and interference with work activity—across 20 different body regions. The score for each region was calculated by multiplying these three factors. To compute an overall musculoskeletal discomfort index, the total score of all responded body regions was divided by the number of regions answered. Based on the final scores, participants were classified into four categories: no discomfort, mild discomfort, moderate discomfort, and severe discomfort. Exposure to whole-body vibration was measured using the SVANTEK SV106D triaxial vibration meter, in accordance with ISO 2631 standards. The sensor was mounted on the driver's seat, and vibration acceleration was recorded along the X, Y, and Z axes. The resultant acceleration was then calculated, and to assess long-term exposure, the equivalent 8-hour daily vibration acceleration was also determined.

Results

In this study, 150 operators of construction machinery participated, with a mean age of 39.04 ± 7.34 years and an average work experience of 8.61 ± 4.02 years. The mean resultant whole-body vibration acceleration was 0.54 ± 0.37 m/s , which is below the national permissible limit of 0.87 m/s . The results of the CMDQ indicated that the highest average discomfort scores were reported in the neck (9.65 ± 10.73) and lower back (10.28 ± 12.52). In contrast, the arms, forearms, wrists, and lower limbs (knees, calves, and feet) showed lower levels of discomfort, mainly classified as mild. Among all participants, 65.3% reported moderate to severe discomfort, with only 2% experiencing severe discomfort. A positive and significant correlation was observed between musculoskeletal discomfort scores and whole-body vibration ($r = 0.521$, $P < 0.001$), work experience ($r = 0.410$, $P < 0.001$), and age ($r = 0.271$, $P = 0.001$). In the multiple regression model, whole-body vibration alone predicted 27.8% of the variance in musculoskeletal discomfort scores, which increased to 42% after adding work experience and age. Whole-body vibration remained the strongest predictor.

Discussion

The findings of this study indicate a high burden of musculoskeletal discomfort among operators of mobile construction machinery. Moreover, a direct and significant association was observed between the intensity of whole-body vibration and the severity of musculoskeletal symptoms. These results are consistent with those reported by Zare et al., who also identified a significant relationship between exposure level to whole-body vibration and the occurrence of musculoskeletal disorders among construction equipment operators. Although the average vibration acceleration measured in this study was below the permissible limit, the results highlight that prolonged exposure at such levels can increase the risk of developing musculoskeletal disorders. Similarly, the study by Neghab et al. reported a positive association between the duration of vibration exposure and the severity of musculoskeletal disorders, emphasizing the critical role of exposure duration and work experience in the development of these conditions. The pattern of discomfort distribution in this study indicates that the trunk regions—including the neck, back, and shoulders—as well as the seating areas, such as the buttocks and thighs, are the most vulnerable anatomical sites. This pattern suggests that chronic exposure to whole-body vibration can lead to persistent pain and structural disorders in the spine and joints of these regions. In line with this, a study by Podlaha et al. on heavy equipment operators in the construction industry reported that the most

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-12-17]

common pain areas were the lower back (53%), mid-back (42%), followed by the neck, shoulders, and buttocks (37%), which is consistent with the findings of the present study. Although the correlation between age and musculoskeletal discomfort was weaker compared to the associations with vibration intensity and work experience, it remained statistically significant. This suggests a cumulative effect of vibration-induced damage combined with the aging process on musculoskeletal health. This finding aligns with previous studies, including those conducted by Kashif et al. and Afshari et al. However, the present study faced several limitations. The cross-sectional design prevented causal inferences, and reliance on self-reported questionnaires introduced the possibility of response bias. Additionally, vibration exposure was measured only once, without accounting for the diversity of machinery or environmental conditions. Future research should employ longitudinal designs, utilize more objective assessment tools, and incorporate multifactorial analyses of ecological and occupational variables. This approach will provide a clearer understanding of the relationship between vibration exposure and musculoskeletal disorders, thereby facilitating the development of more effective interventions.

Conclusion

The results of this study indicate that whole-body vibration, even at levels below the permissible exposure limit, can be a significant risk factor for the health of construction machinery operators. Given the high prevalence of musculoskeletal discomfort and the influence of ergonomic factors, preventive measures, such as improving seat and equipment design, reducing exposure duration, providing ergonomic training, and conducting regular screening, can play an effective role in mitigating these issues.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-12-17]

JOHE
مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دوره ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صفحات: ۵۷-۴۵
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

مقاله اصلی

بررسی ارتباط مواجهه با ارتعاش تمام بدن بر ناراحتی‌های اسکلتی–عضلانی در اپراتورهای ماشین‌آلات عمرانی

احمد مهری[۱]، سید حجت موسوی کردمیری[۲*]، علی انصاری مقدم[۲]، فاطمه سادات دولت آبادی[۳]، دنیا مستقیمی[۴]

۱. گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران
۲. گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده علوم پزشکی اسفراین، اسفراین، ایران
۳. گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده علوم پزشکی اسفراین، اسفراین، ایران
۴. گروه مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۲۲
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۲۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۲۱
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۱۱

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* نویسنده مسئول: سید حجت موسوی کردمیری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اسفراین، اسفراین، ایران

ایمیل: hojatmk66@yahoo.com

چکیده

سابقه و هدف: اختلالات اسکلتی-عضلانی یکی از شایع‌ترین مشکلات شغلی به شمار می‌روند. ارتعاش تمام بدن می‌تواند در بروز این اختلالات، نقش مؤثری داشته باشد. این مطالعه با هدف بررسی ارتباط بین مواجهه با ارتعاش تمام بدن و ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی در اپراتورهای ماشین‌آلات ساختمانی انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مقطعی، ۱۵۰ اپراتور ماشین‌آلات عمرانی بررسی شدند. برای سنجش میزان ناراحتی‌ها از پرسش‌نامه کرنل (CMDQ) و برای اندازه‌گیری ارتعاش از دستگاه SV106D مطابق استاندارد ISO ۲۶۳۱ استفاده شد. داده‌ها با آزمون‌های توصیفی، همبستگی پیرسون و رگرسیون چندگانه تحلیل شدند.

یافته‌ها: میانگین شتاب ارتعاش برابر ۰/۵۴±۰/۳۷ متر بر مجذور ثانیه بود که کمتر از حد مجاز هشت ساعته قرار داشت. با این حال، ۶۵/۳ درصد از افراد دچار ناراحتی در سطح متوسط و ۲ درصد در سطح شدید بودند. نواحی گردن، کمر و شانه‌ها، بیشترین ناراحتی را نشان دادند. بین امتیاز ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی با ارتعاش تمام بدن ($p<۰/۰۰۱$ ، $r=۰/۵۲۱$)، سابقه کار ($p<۰/۰۰۱$ ، $r=۰/۴۱۰$) و سن ($p<۰/۰۰۱$ ، $r=۰/۲۷۱$)، ارتباط مثبت و معنادار مشاهده شد. در مدل رگرسیون چندگانه، ارتعاش تمام بدن به‌تنهایی ۲۷/۸ درصد از واریانس امتیاز ناراحتی‌های اسکلتی–عضلانی را پیش‌بینی کرد که با افزودن سابقه کار و سن، این مقدار به ۴۲ درصد افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: حتی مواجهه با سطوح زیر حد مجاز ارتعاش، در صورت تداوم و شرایط نامناسب ارگونومیکی، می‌تواند موجب بروز ناراحتی‌های قابل‌توجه اسکلتی-عضلانی شود.

واژگان کلیدی: ارتعاش، مواجهه شغلی، بیماری‌های اسکلتی–عضلانی، صنایع ساختمانی

استناد: مهری، احمد؛ موسوی کردمیری، سیدحجت؛ انصاری مقدم، علی؛ دولت آبادی، فاطمه سادات؛ مستقیمی، دنیا. بررسی ارتباط مواجهه با ارتعاش تمام بدن بر ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی در اپراتورهای ماشین‌آلات عمرانی. مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، بهار ۱۴۰۴؛۱۲(۱): ۵۷-۴۵

مقدمه

اختلالات اسکلتی-عضلانی یکی از شایع‌ترین مشکلات شغلی در سراسر جهان به‌شمار می‌روند و تأثیرات قابل‌توجهی بر سلامت کارگران، بهره‌وری سازمان‌ها و اقتصاد ملی دارند. این اختلالات که در نواحی مختلف اندام‌های حرکتی بروز می‌کنند، موجب بروز درد، محدودیت در دامنه حرکات، احساس خستگی مزمن و کاهش عملکرد جسمی افراد می‌شوند. پیامدهای ناشی از اختلالات اسکلتی-عضلانی شامل افزایش روزهای غیبت از کار، کاهش بهره‌وری، افزایش هزینه‌های درمانی و حتی از کارافتادگی دائمی در برخی موارد است [۱-۳]. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی، این

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-12-17]

اختلالات یکی از مهم‌ترین دلایل ناتوانی و محدودیت فعالیت در زندگی روزمره و حرفه‌ای محسوب می‌شوند، که می‌توانند تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل فردی، فیزیکی، محیطی و ارگونومیک ایجاد یا تشدید شوند [۴]. این اختلالات در محیط‌های کاری با شرایط بدنی استاتیک، حرکات تکراری، وضعیت‌های نامناسب بدنی، حمل بارهای سنگین و مواجهه با ارتعاش، شیوع بالاتری دارند [۵ ، ۶].

ارتعاش یکی از عوامل فیزیکی مهم در محیط‌های کاری است که می‌تواند اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان داشته و با ایجاد تنش‌های عضلانی، زمینه‌ساز بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی گردد [۷]. مواجهه با ارتعاش به‌طور کلی به دو دسته اصلی؛ ارتعاش دست–بازو و ارتعاش تمام بدن تقسیم می‌شود [۸]. ارتعاش دست–بازو، معمولاً در افرادی رخ می‌دهد که از ابزارهای دستی مرتعش استفاده می‌کنند و می‌تواند منجر به آسیب‌های عروقی، عصبی و اسکلتی-عضلانی در اندام فوقانی شود که به‌طور کلی تحت عنوان «سندرم ارتعاش دست–بازو» شناخته می‌شود [۹]. در مقابل، ارتعاش تمام بدن؛ اغلب ناشی از نشستن، ایستادن یا درازکشیدن بر سطوحی است که به‌وسیله تجهیزات سنگین مانند ماشین‌آلات ساختمانی، کامیون‌ها یا وسایل نقلیه صنعتی در حال لرزش هستند. این نوع ارتعاش از طریق پاها، ناحیه کمری یا پشتی صندلی به کل بدن منتقل می‌شود و در بسیاری از مشاغل صنعتی از جمله رانندگان ماشین‌آلات سنگین، اپراتورهای جرثقیل و شاغلان بخش معدن و ساخت‌وساز مشاهده می‌شود [۱۰-۱۲].

شواهد جهانی نشان می‌دهد که مواجهه با ارتعاش در حال افزایش است و ارتعاش تمام بدن، به‌عنوان یکی از عوامل خطر مهم در بروز اختلالات اسکلتی–عضلانی، به‌ویژه در اپراتورهای ماشین‌آلات سنگین مطرح است. در بریتانیا، برآورد شده است که حدود ۹ میلیون نفر (۷٫۲ میلیون مرد و ۱٫۸ میلیون زن) به‌طور هفتگی در معرض ارتعاش قرار دارند [۱۳] و بیش از ۵۳۰ هزار مورد کمردرد شغلی (۴۴۴ هزار مورد در مردان و ۹۵ هزار مورد در زنان) با این مواجهه مرتبط دانسته شده‌اند [۱۴]. در مطالعه‌ای موردی در معادن هند، مشخص شد که اپراتورهای دامپتراک در مواجهه همزمان با ارتعاش و وضعیت بدنی نامطلوب، تا ۹٫۷ برابر بیشتر در معرض ابتلا به اختلالات اسکلتی–عضلانی قرار دارند [۱۵]. همچنین، مرور سیستماتیکی بر مطالعات انجام‌شده از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۲۲، ارتباط معنادار بین افزایش میزان مواجهه روزانه با ارتعاش تمام بدن و افزایش خطر کمردرد را تأیید کرده است [۱۱].

این موضوع به‌ویژه در صنایع ساخت‌وساز برجسته‌تر است، به‌طوری که طبق گزارش بررسی شرایط کار در اروپا، بخش ساخت‌وساز بیشترین میزان مواجهه با ارتعاش ناشی از ابزارها و تجهیزات مختلف را در بین بخش‌های اقتصادی دارا است [۱۶]. همچنین آمارها نشان می‌دهد که اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار یکی از عوامل اصلی کاهش بهره‌وری در صنعت ساخت‌وساز هستند [۱۷-۱۹]. استفاده گسترده از ماشین‌آلات عمرانی و ابزارهای ارتعاشی دستی با نیروی محرکه هیدرولیکی، پنوماتیکی یا برقی در فعالیت‌های ساختمانی، کارگران این حوزه را در معرض ارتعاش دست–بازو و ارتعاش تمام بدن قرار می‌دهد؛ عاملی که می‌تواند بسته به ماهیت ارتعاش و شرایط شغلی، منجر به آسیب‌های متنوع اسکلتی-عضلانی گردد [۷، ۹].

با توجه به اهمیت بالای این موضوع و خلأهای پژوهشی موجود در زمینه ارزیابی مواجهه با ارتعاش تمام بدن در جمعیت‌های خاص، مطالعه حاضر با هدف بررسی میزان مواجهه با ارتعاش تمام بدن و ارتباط آن با بروز ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی در اپراتورهای ماشین‌آلات عمرانی طراحی و اجرا شده است.

روش کار

در این مطالعه، جامعه مورد بررسی شامل ۱۵۰ نفر از اپراتورهای فعال در پروژه‌های ساختمانی شهر تهران بود که به‌طور روزانه و مستمر با ماشین‌آلات ساختمانی متحرک تولیدکننده ارتعاش کار می‌کردند و در معرض ارتعاش تمام بدن قرار داشتند.

معیار ورود به مطالعه، داشتن حداقل یک سال سابقه فعالیت پیوسته با این تجهیزات بود تا اثرات بلندمدت مواجهه با ارتعاش بر سیستم اسکلتی-عضلانی به‌طور دقیق ارزیابی شود. افرادی که دارای اختلالات اسکلتی-عضلانی ناشی از حوادث شغلی یا غیرشغلی بودند یا منشأ مشکلات آن‌ها عوامل غیرمرتبط با ارتعاشات شغلی تشخیص داده شد، از مطالعه کنار گذاشته شدند. همچنین، افراد ناتوان در تکمیل پرسش‌نامه‌ها یا شرکت در ارزیابی‌ها نیز از نمونه حذف شدند. این معیارهای ورود و خروج با هدف افزایش همگنی نمونه، حذف عوامل مداخله‌گر و ارتقای اعتبار نتایج پژوهش در نظر گرفته شدند.

در این مطالعه، به‌منظور ارزیابی میزان ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی شاغلین، از پرسش‌نامه فارسی ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی کرنل (Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire: CMDQ) استفاده شد.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-12-17]

این ابزار که توسط دکتر آلن پرچ و همکاران در دانشگاه کرنل توسعه یافته و توسط عفیفه‌زاده کاشانی و همکاران در ایران ترجمه و هنجاریابی شده، از روایی و پایایی مناسبی برای ارزیابی‌های ارگونومیکی برخوردار است [۲۰]. پرسش‌نامه CMDQ اطلاعات مربوط به وجود و شدت احساس ناراحتی را در ۲۰ ناحیه از بدن از جمله گردن، شانه‌ها، پشت فوقانی و تحتانی، بازوها، ساعدها، مچ‌ها، باسن، ران‌ها، زانوها، ساق‌ها و کف پاها جمع‌آوری می‌کند. داده‌ها به صورت خودگزارشی توسط پاسخ‌دهنده ارائه می‌شود. برای هر ناحیه از بدن، سه بُعد اصلی مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۱- تکرار ناراحتی (با مقیاس ۰ تا ۱۰): هرگز =۰، یک تا دو بار در هفته= ۱/۵، سه تا چهار بار در هفته = ۳/۵، هر روز = ۵ و چند بار در روز = ۱۰

۲- شدت ناراحتی (در مقیاس ۱ تا ۳): کمی ناراحت‌کننده = ۱، ناراحتی متوسط = ۲ و ناراحتی شدید = ۳

۳- تداخل با کار (در مقیاس ۱ تا ۳): کمترین تداخل = ۱، تداخل متوسط = ۲ و بیشترین تداخل = ۳

امتیاز نهایی برای هر ناحیه از بدن حاصل ضرب این سه مؤلفه به‌دست می‌آید (رابطه شماره ۱):

امتیاز نهایی برای هر ناحیه = (تکرار ناراحتی)×(شدت ناراحتی)×(تداخل با کار) رابطه (۱)

سطوح ناراحتی اسکلتی-عضلانی بر اساس نرخ ناراحتی اسکلتی-عضلانی مطابق جدول شماره ۱ در یکی از چهار سطح تعریف‌شده، طبقه‌بندی می‌شود.

جدول ۱. طبقه‌بندی سطوح ناراحتی اسکلتی-عضلانی بر اساس نرخ به‌دست‌آمده از پرسش‌نامه CMDQ

نرخ ناراحتی اسکلتی-عضلانی	سطح ناراحتی
۰	بدون ناراحتی
بزرگ‌تر از ۰ تا حداکثر ۱/۵	ناراحتی خفیف
مقادیر بیشتر از ۱/۵ تا ۱۰/۵	ناراحتی متوسط
مقادیر بالاتر از ۱۰/۵	ناراحتی شدید

امتیاز کلی هر فرد از جمع امتیازات نهایی همه نواحی بدن محاسبه می‌شود(رابطه شماره ۲) :

$$\text{امتیاز نهایی کلی} = \frac{\text{مجموع امتیازات بدست آمده برای تمامی نواحی بدن}}{\text{تعداد نواحی پاسخ داده شده}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این فرمول، صورت کسر؛ نشان‌دهنده مجموع امتیازات به‌دست‌آمده از پرسش‌نامه CMDQ برای تمامی نواحی بدن و مخرج آن تعداد نواحی است که توسط فرد، پاسخ داده شده است. این شاخص میانگینی از شدت ناراحتی گزارش‌شده در هر ناحیه بدن را ارائه می‌دهد و امکان طبقه‌بندی افراد به چهار سطح ذکرشده در جدول بالا را فراهم می‌سازد.

برای سنجش مواجهه شاغلین با ارتعاش، دستگاه ارتعاش سنج انسانی کالیبره‌شده مدل SV106D به همراه سنسورهای سه محوره ارتعاش تمام بدن ساخت شرکت SVANTEK، کشور لهستان، خریداری و جهت اندازه‌گیری مورد استفاده قرار گرفته است. جهت اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن نیز مطابق با استاندارد ISO ۲۶۳۱، سنسور دستگاه روی صندلی خودرو بین نشیمنگاه راننده و کف صندلی قرار گرفت و در سه محور X، Y و Z اندازه‌گیری صورت گرفت. ماشین‌آلات بررسی‌شده شامل؛ تراک میکسر (برای حمل و اختلاط بتن)، لودر (جهت جابه‌جایی و بارگیری مصالح)، بیل مکانیکی (برای حفاری و خاک‌برداری)، دستگاه پمپ بتن (برای انتقال بتن به ارتفاعات و نقاط غیرقابل‌دسترس)، جرثقیل (به منظور حمل و جابه‌جایی بارهای سنگین در سطوح مختلف) و تراکتور و کامیون (برای جابه‌جایی و حمل مصالح و تجهیزات) بودند.

برای ارزیابی مواجهه با ارتعاش بدن، شتاب ارتعاش در سه محور X، Y و Z به صورت RMS وزن‌دارشده مطابق با استاندارد ISO ۲۶۳۱-۱ اندازه‌گیری شد. سپس شتاب برآیند ارتعاش از طریق رابطه ۳ محاسبه گردید[۲۱].

$$a_{WBV} = \sqrt{(1.4a_x)^2+(1.4a_y)^2+(a_z)^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

a_{WBV} شتاب برآیند ارتعاش تمام بدن بوده و a_x، a_y و a_z نیز به ترتیب میزان شتاب موثر ارتعاش تمام بدن برای محورهای X ، Y و Z می‌باشند.

همچنین، مواجهه معادل هشت ساعته با استفاده از رابطه ۴ تعیین گردید.

$$A(8) = a_{WBV}\sqrt{\frac{T}{8}} \quad \text{رابطه (۴)}$$

a_{WBV} شتاب برآیند ارتعاش بوده و T میزان کل مدت مواجهه روزانه بر حسب ساعت می‌باشد.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-12-17]

تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. پس از بررسی نرمال‌بودن توزیع داده‌ها، برای داده‌های دارای توزیع نرمال، از آزمون مقایسه میانگین‌ها و ضریب همبستگی پیرسون بهره گرفته شد. به منظور تعیین عوامل مرتبط با امتیاز ناراحتی‌های اسکلتی–عضلانی بر مبنای پرسش‌نامه CMDQ، مدل رگرسیون خطی چندگانه به کار گرفته شد. سطح معناداری آماری در تمامی آزمون‌ها کمتر از ۰/۰۵ لحاظ گردید.

نتایج

در این مطالعه، ۱۵۰ نفر از افراد با میانگین سنی و سابقه کار ۷/۳۴±۳۹/۰۴ و ۴/۰۲±۸/۶۱ مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

مقادیر شتاب ارتعاش اندازه‌گیری‌شده برای ماشین‌آلات مختلف، طی یک چرخه کامل کاری روزانه، در جدول ۲ ارائه شده است. بیشترین میزان ارتعاش مربوط به اپراتور تراکتور و کمترین میزان مربوط به اپراتور جرثقیل بود. همچنین، اختلاف معناداری بین میانگین شتاب ارتعاش ماشین‌آلات مختلف مشاهده شد (P<۰/۰۵).

جدول ۲. نتایج اندازه‌گیری شتاب ارتعاش ماشین آلات مختلف مورد استفاده در عملیات عمرانی

نام تجهیز	میانگین	انحراف معیار	حداقل مقدار	حداکثر مقدار
تراک میکسر	۰/۷۶	۰/۱۳	۰/۵۹	۰/۹۵
لودر	۰/۹۹	۰/۱۱	۰/۷۸	۱/۱۵
بیل مکانیکی	۰/۵۶	۰/۳۰	۰/۱۷	۱/۱۸
دستگاه پمپ بتن	۰/۶۶	۰/۱۲	۰/۵۱	۰/۸۲
جرثقیل	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۵۴
کامیون	۰/۶۱	۰/۳۱	۱/۰۷	۰/۱۵
تراکتور	۱/۴۵	۰/۵۷	۰/۴۵	۲/۵۴

میانگین و انحراف معیار شتاب ارتعاش تمام بدن معادل در بازه هشت ساعته برابر با m/s^2 ۰/۳۷ ± ۰/۵۴ بود که در محدوده‌ای بین ۱/۳۷-۰/۰۴ متر بر مجذور ثانیه اندازه‌گیری شد. اگرچه میانگین به‌دست‌آمده کمتر از حد مجاز مواجهه هشت ساعته کشوری (m/s^2 ۰/۸۷) بود، اما در محدوده احتیاط بهداشتی (حد مراقبت) قرار گرفت.

در جدول شماره ۳، مقادیر میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر امتیاز ناراحتی اسکلتی-عضلانی در ۲۰ ناحیه مختلف بدن شرکت‌کنندگان ارائه شده است. بر اساس یافته‌های این جدول، نواحی فوقانی تنه، به ویژه گردن، شانه‌ها و ناحیه کمر، بیشترین میانگین ناراحتی را نشان داده‌اند که بیانگر درگیری بالای این نواحی در اثر مواجهه با ارتعاش تمام بدن است. در مقابل، نواحی مانند بازوها، ساعدها، مچ‌ها، ساق‌ها و کف پاها دارای میانگین امتیاز پایین‌تری بوده و شدت ناراحتی در آن‌ها نسبتاً کمتر و در محدوده ناراحتی خفیف قرار داشته است.

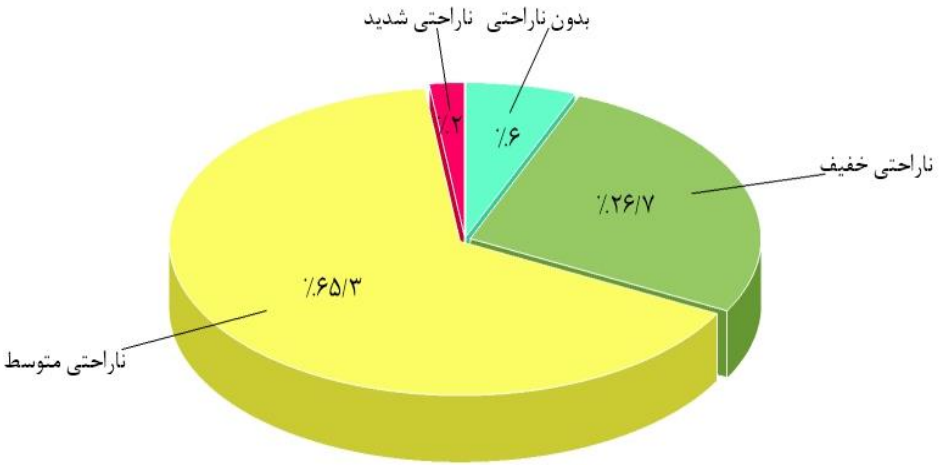
از مجموع ۱۵۰ نفر شرکت‌کننده در مطالعه، ۹ نفر بدون ناراحتی، ۴۰ نفر با ناراحتی خفیف، ۹۸ نفر با ناراحتی متوسط و ۳ نفر با ناراحتی شدید گزارش شده‌اند. شکل شماره ۱، توزیع درصدی سطوح مختلف ناراحتی کلی اسکلتی-عضلانی را به‌صورت بصری در میان نمونه مورد بررسی نمایش می‌دهد.

جدول ۳. امتیاز ناراحتی اسکلتی-عضلانی به تفکیک نواحی بدن (n =۱۵۰)

نواحی بدن	میانگین امتیاز	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
گردن	۹/۶۵	۱۰/۷۳	۰	۶۰
شانه راست	۷/۷۱	۸/۳۴	۰	۴۵
شانه چپ	۵/۹۵	۹/۷۷	۰	۴۵
قسمت فوقانی پشت	۷/۳۶	۹/۴۱	۰	۶۰
بازوی راست	۱/۴۵	۲/۰۹	۰	۱۰/۵
بازوی چپ	۱/۴۰	۲/۷۴	۰	۲۱
قسمت تحتانی پشت	۱۰/۲۸	۱۲/۵۲	۰	۶۰
ساعد راست	۱/۳۷	۲/۲۷	۰	۱۰/۵
ساعد چپ	۱/۳۴	۲/۳۸	۰	۱۰/۵

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-12-17]

مچ دست راست	۱/۳۵	۲/۲۶	۰	۱۵
مچ دست چپ	۱/۲۹	۲/۱۳	۰	۱۰/۵
باسن	۵/۶۴	۷/۸۲	۰	۴۵
ران راست	۳/۹۸	۵/۲۵	۰	۲۱
ران چپ	۲/۹۷	۳/۸۵	۰	۲۱
زانوی راست	۱/۴۷	۲/۶۸	۰	۱۵
زانوی چپ	۱/۴۴	۲/۳۴	۰	۱۰/۵
ساق پای راست	۱/۴۷	۲/۳۴	۰	۱۵
ساق پای چپ	۱/۴۰	۲/۲۰	۰	۱۰/۵
کف پای راست	۱/۴۶	۱/۸۹	۰	۱۰/۵
کف پای چپ	۱/۳۰	۱/۸۴	۰	۱۰/۵



شکل ۱. نمودار دایره‌ای توزیع درصدی سطوح ناراحتی کلی اسکلتی-عضلانی در بین شرکت‌کنندگان مطالعه

جدول شماره ۴ توزیع فراوانی و درصد سطوح مختلف ناراحتی اسکلتی-عضلانی را در بیست ناحیه بدن، بر اساس نرخ ناراحتی به‌دست‌آمده از پرسش‌نامه CMDQ، نمایش می‌دهد. در این جدول، شرکت‌کنندگان بر اساس شدت ناراحتی در هر ناحیه، در یکی از چهار سطح «بدون ناراحتی»، «ناراحتی خفیف»، «ناراحتی متوسط» و «ناراحتی شدید» طبقه‌بندی شده‌اند. همان‌طور که نتایج جدول نشان می‌دهد، نواحی گردن، پشت و شانه‌ها، دارای بیشترین درصد ناراحتی شدید بوده‌اند. همچنین، گردن، نواحی پشت، شانه‌ها، باسن و ران‌ها بیشترین فراوانی ناراحتی در سطح متوسط را نیز به خود اختصاص داده‌اند. در مقابل، نواحی ساعد، بازو، مچ، ساق پا و کف پا عمدتاً در سطوح بدون ناراحتی یا ناراحتی خفیف قرار داشته‌اند.

نتایج حاصل از آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین میزان مواجهه با ارتعاش تمام بدن و نمره کلی ناراحتی اسکلتی-عضلانی به‌دست‌آمده از پرسش‌نامه CMDQ، همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد ($P<۰/۰۰۱$، $r=۰/۵۲۱$)، همچنین، بین سابقه کار و امتیاز پرسش‌نامه کرنل نیز رابطه مثبت و معناداری مشاهده شده است ($P<۰/۰۰۱$ ، $r=۰/۴۱۰$). در مورد سن نیز رابطه‌ای مثبت و معنادار با امتیاز ناراحتی‌ها گزارش شد ($P<۰/۰۰۱$ ، $r=۰/۲۷۱$)، اگرچه این ارتباط نسبت به دو متغیر دیگر ضعیف‌تر بوده است.

بر اساس نتایج مدل رگرسیون چندگانه، در مدل خام، ارتعاش تمام بدن به‌تنهایی توانست ۲۷/۸ درصد از واریانس امتیاز ناراحتی‌های اسکلتی–عضلانی را پیش‌بینی کند ($R^2=۰/۲۷۸$). در مدل تعدیل‌شده که متغیرهای سابقه کار و سن نیز وارد شدند، توان پیش‌بینی مدل به ۴۲ درصد افزایش یافت ($R^2=۰/۴۲۰$). در این مدل، ارتعاش تمام بدن همچنان قوی‌ترین پیش‌بینی‌کننده بود ($\beta=۰/۵۱۹$، $P<۰/۰۰۱$) و پس از آن سابقه کار ($\beta=۰/۲۱۶$، $P<۰/۰۱۰$) و سن ($\beta=۰/۲۰۴$، $P=۰/۰۱۵$) به‌ترتیب بیشترین سهم را در پیش‌بینی امتیاز ناراحتی‌ها داشتند. این نتایج در جدول ۵ ارائه شده است.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-12-17]

جدول ۴. توزیع فراوانی و درصد سطوح ناراحتی اسکلتی-عضلانی در نواحی مختلف بدن بر اساس نرخ ناراحتی

نواحی بدن	بدون ناراحتی		ناراحتی خفیف		ناراحتی متوسط		ناراحتی شدید	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
گردن	۲۹	۱۹/۳۳	۱۰	۴/۷	۸۰	۵۳/۳۳	۳۱	۲۰/۶۶
شانه راست	۳۲	۲۱/۳۳	۱۹	۱۲/۶۶	۷۱	۴۷/۳	۲۸	۱۸/۶۶
شانه چپ	۵۱	۳۴	۲۸	۱۸/۷	۴۹	۳۲/۷	۲۲	۱۴/۷
قسمت فوقانی پشت	۳۴	۲۲/۶۶	۱۱	۷/۳۳	۷۸	۵۲	۲۶	۱۷/۳۳
بازوی راست	۸۲	۵۴/۷	۲۳	۱۵/۳	۴۵	۳۰	۰	۰
بازوی چپ	۹۱	۶۰/۷	۲۶	۱۷/۳	۳۲	۲۱/۳	۱	۰/۷
قسمت تحتانی پشت	۲۱	۱۴	۱۰	۶/۷	۸۴	۵۶	۳۵	۲۳/۳۳
ساعد راست	۸۹	۵۹/۳	۲۶	۱۷/۳	۳۵	۲۳/۳	۰	۰
ساعد چپ	۹۵	۶۳/۳	۱۷	۱۱/۳	۳۸	۲۵/۳	۰	۰
مچ دست راست	۸۶	۵۷/۳	۲۸	۱۸/۷	۳۵	۲۳/۳	۱	۰/۷
مچ دست چپ	۹۱	۶۰/۷	۲۶	۱۷/۳	۳۳	۲۲	۰	۰
باسن	۴۴	۲۹/۳	۱۷	۱۱/۳	۷۲	۴۸	۱۷	۱۱/۳
ران راست	۶۴	۴۲/۷	۱۰	۶/۷	۶۷	۴۴/۷	۹	۶
ران چپ	۶۴	۴۲/۷	۱۵	۱۰	۶۹	۴۶	۲	۱/۳
زانوی راست	۸۹	۵۹/۳	۲۸	۱۸/۷	۳۱	۲۰/۷	۲	۱/۳
زانوی چپ	۸۲	۵۴/۷	۴۱	۲۷/۳	۲۷	۱۸	۰	۰
ساق پای راست	۸۴	۵۶	۲۷	۱۸	۳۸	۲۵/۳	۱	۰/۷
ساق پای چپ	۹۲	۶۱/۳	۱۴	۹/۳	۴۴	۲۹/۳	۰	۰
کف پای راست	۷۸	۵۲	۳۷	۲۴/۷	۳۵	۲۳/۳	۰	۰
کف پای چپ	۷۳	۴۸/۷	۳۳	۲۲	۴۴	۲۹/۳	۰	۰

جدول ۵. مدل رگرسیون چندگانه برای پیش‌بینی امتیاز ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی در رانندگان ماشین‌آلات عمرانی

متغیر	B	SE	β	p
مدل خام:				
ارتعاش تمام بدن	۳/۸۳۵	۰/۵۰۹	۰/۵۲۷	<۰/۰۰۱
مدل تعدیل شده:				
ارتعاش تمام بدن	۳/۷۸۲	۰/۴۸۳	۰/۵۱۹	<۰/۰۰۱
سابقه کار	۰/۱۴۶	۰/۰۵۶	۰/۲۱۶	۰/۰۱
سن	۰/۰۷۶	۰/۰۳۱	۰/۲۰۴	۰/۰۱۵

بحث

یافته‌های این مطالعه نشان داد که اپراتورهای ماشین‌آلات ساختمانی متحرک، به‌طور قابل‌توجهی در معرض ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی قرار دارند، به‌گونه‌ای که ۶۵/۳ درصد از شرکت‌کنندگان، ناراحتی کلی بدن را در سطح متوسط گزارش کردند. علاوه بر این، بین میزان مواجهه با ارتعاش تمام بدن و امتیاز کلی حاصل از پرسش‌نامه ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی، رابطه مثبت و معناداری مشاهده شد که بیانگر وجود یک ارتباط مستقیم بین شدت ارتعاش و شدت علائم اسکلتی-عضلانی است. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های گزارش‌شده توسط زارع و همکاران هم‌سو است. آن‌ها نیز در پژوهش خود به وجود ارتباطی معنادار بین سطح مواجهه با ارتعاش تمام بدن در اپراتورهای ماشین‌آلات عمرانی و بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی اشاره کردند [۲۲].

همان‌گونه که در نتایج مطالعه حاضر مشاهده شد، میانگین شتاب ارتعاشی مواجهه‌یافته شرکت‌کنندگان برابر با ۰/۵۴ ± ۰/۳۷ m/s^2 که در محدوده احتیاط بهداشتی (حد مراقبت) قرار داشت. اما با این حال، ناراحتی اسکلتی-عضلانی در سطح متوسط در بخش قابل‌توجهی از شرکت‌کنندگان گزارش شد. این موضوع نشان می‌دهد که حتی در سطوح پایین‌تر از حدود مجاز رسمی، در صورت تداوم زمان مواجهه و قرارگیری مکرر در معرض ارتعاش، بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی همچنان محتمل و قابل توجه است. این یافته با نتایج مطالعه نقاب و همکاران هم‌راستا است؛ آن‌ها در بررسی خود

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-12-17]

بر روی رانندگان وسایل نقلیه سنگین نیز گزارش کردند که مواجهه شغلی طولانی‌مدت با ارتعاش تمام بدن به‌عنوان یک عامل خطر جدی برای بروز ناراحتی‌ها و اختلالات اسکلتی-عضلانی شناخته می‌شود [۲۳].

یکی از یافته‌های قابل توجه این مطالعه، شیوع بالای ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی در سطوح متوسط تا شدید در بیش از ۶۷ درصد از شرکت‌کنندگان بود. این ناراحتی‌ها عمدتاً در نواحی فوقانی بدن از جمله گردن، ناحیه پشت و شانه‌ها گزارش شدند. در رتبه بعد، نواحی باسن و ران‌ها نیز از نواحی درگیر محسوب می‌شدند. این الگوی بروز ناراحتی را می‌توان ناشی از عواملی همچون نشستن طولانی‌مدت در وضعیت‌های ثابت، نبود پشتیبانی ارگونومیک کافی در ناحیه کمری، طراحی نامناسب صندلی ماشین‌آلات و همچنین مواجهه مداوم با ارتعاشات نوسانی در محورهای مختلف دانست. در مقابل، ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی در نواحی انتهایی اندام‌ها مانند مچ، ساعد، بازو، زانو، ساق و کف پا عمدتاً در سطوح بدون ناراحتی یا خفیف گزارش شدند که این یافته با توجه به تحرک محدود این نواحی در حین رانندگی و نقش ایستا یا غیرفعال آن‌ها قابل تبیین است. یافته‌های این پژوهش با نتایج مطالعات پیشین نیز هم‌راستا بوده‌اند. مطالعات مختلفی نشان داده‌اند که مواجهه مزمن با ارتعاش تمام بدن در رانندگان ماشین‌آلات سنگین یکی از عوامل خطر اصلی در بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی، به‌ویژه در ناحیه ستون فقرات کمری است [۱۲، ۲۴، ۲۵]. به‌طور خاص، مطالعه Podlaha و همکاران نیز در اپراتورهای تجهیزات سنگین صنعت ساخت‌وساز نشان داد که شایع‌ترین نواحی درد، شامل ناحیه کمر (۵۳ درصد در قسمت تحتانی و ۴۲ درصد در قسمت میانی)، و سپس گردن، شانه‌ها و باسن (۳۷ درصد) بود [۷]، که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. در همین راستا، مطالعه‌ای در چین بر روی کارگران ساختمانی گزارش داد که شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار (WMSDs) در میان این گروه شغلی بالا بوده است. نتایج آن پژوهش نشان داد که شیوع کلی علائم WMSDs در نواحی مختلف بدن طی ۱۲ ماه گذشته، برابر با ۵۷٫۹ درصد بوده است. بیشترین شیوع این اختلالات نیز در نواحی گردن، شانه‌ها، قسمت فوقانی پشت و قسمت تحتانی پشت گزارش شد [۱۷]، که این الگو با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌راستا است. این نتایج نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بالای بخش فوقانی بدن در مواجهه با شرایط کاری فیزیکی سنگین و ارتعاشات مداوم در محیط کار ساخت‌وساز می‌باشد.یافته دیگر این مطالعه، وجود ارتباط معنادار بین سابقه کاری و شدت ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی گزارش‌شده بود ($P<۰/۰۰۱$ ، $r=۰/۴۱۰$). این رابطه بیانگر آن است که افزایش مدت زمان مواجهه با ارتعاش تمام بدن در طول سال‌های کاری، می‌تواند به تجمع اثرات بیومکانیکی منجر شده و درنهایت، بروز اختلالات مزمن اسکلتی-عضلانی را تسهیل کند. این نتیجه با یافته‌های مطالعه امکانی و همکاران هم‌راستا است؛ به‌طوری که آن‌ها نیز گزارش کردند با افزایش سال‌های کار با وسایل نقلیه سنگین، احتمال بروز مشکلات اسکلتی-عضلانی به‌طور معناداری افزایش می‌یابد [۲۶].

از دیگر یافته‌های قابل توجه این مطالعه، وجود یک ارتباط معنادار اما نسبتاً ضعیف بین سن و امتیاز کل ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی بود ($P=۰/۰۰۱$ ، $r=۰/۲۷۱$). این یافته می‌تواند بیانگر افزایش تدریجی آسیب‌پذیری سیستم اسکلتی-عضلانی با افزایش سن باشد؛ به‌گونه‌ای که مواجهه با ارتعاش تمام بدن در افراد مسن‌تر، احتمال بروز یا تشدید ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی را افزایش می‌دهد. با افزایش سن، پدیده‌هایی مانند کاهش توده و قدرت عضلانی (سارکوپنی)، کاهش بازسازی بافت‌های عضلانی، و افزایش التهاب مزمن سیستمیک موجب می‌شود تا افراد مسن در برابر عوامل فیزیکی محیط کار از جمله ارتعاشات تمام بدن، آسیب‌پذیرتر شوند. در همین راستا، مطالعه‌ی Grosman و همکاران به رابطه‌ی دوطرفه میان سارکوپنی و دردهای اسکلتی–عضلانی پرداخته و بر این مسئله در میان افراد مسن تر نسبت به افراد جوان تأکید کرده است [۲۷]. این نتایج نشان می‌دهد که اگرچه سن به تنهایی یک عامل تعیین‌کننده نیرومند نیست، اما در تعامل با سایر عوامل خطر مانند شدت مواجهه و سابقه شغلی، می‌تواند نقش مهمی در بروز یا تشدید ناراحتی‌های اسکلتی–عضلانی ایفا کند. با این حال، همان‌گونه که نتایج رگرسیون نشان داه است؛ به نظر می‌رسد تأثیر سن در مقایسه با متغیرهایی مانند میزان مواجهه با ارتعاش یا سابقه کاری از قدرت پیش‌بینی کمتری برخوردار باشد. این نتیجه با یافته‌های مطالعه Kashif و همکاران نیز هم‌راستا است؛ آن‌ها نیز گزارش کردند که بین سن، سابقه شغلی و میزان غیبت از کار، با بروز اختلالات اسکلتی–عضلانی در کارگران ساختمانی رابطه معناداری وجود دارد [۲۸]. در مدل‌سازی صورت‌گرفته در مطالعه علی‌آبادی و همکاران مشخص گردید ارتعاش و سن از عوامل مهم تاثیرگذار در ایجاد ناراحتی های اسکلتی-عضلانی هستند [۲۹]. همچنین، مطالعه افشاری و همکاران نیز نشان داد که با افزایش سابقه کار و ساعات کار روزانه، میزان ناتوانی ناشی از درد افزایش می‌یابد و سن، سابقه شغلی و الزامات فیزیکی شغل از عوامل تعیین‌کننده در بروز اختلالات اسکلتی–

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-12-17]

عضلانی محسوب می‌شوند [۱۹].

مجموع شواهد به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که حتی مواجهه‌های زیر حد مجاز ارتعاش تمام بدن، در صورت تداوم زمانی و شرایط نامناسب ارگونومیکی، می‌توانند به بروز سطوح قابل‌توجهی از ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی منجر شوند. این امر به‌ویژه در گروه‌های شغلی مانند اپراتورهای ماشین‌آلات عمرانی که اغلب در معرض ارتعاشات چندمحوره و وضعیت‌های کاری محدودکننده قرار دارند، اهمیت بیشتری می‌یابد. از آن‌جا که اختلالات اسکلتی-عضلانی ناشی از ارتعاش، عمدتاً به‌صورت تدریجی و انباشته ظاهر می‌شوند، شناسایی به‌موقع فاکتورهای خطر، پایش مستمر مواجهه و اعمال اصلاحات ارگونومیکی در محیط کار، می‌تواند از بروز مشکلات جدی‌تر در بلندمدت جلوگیری نماید.

با وجود یافته‌های ارزشمند این مطالعه، برخی محدودیت‌ها باید در تفسیر نتایج مورد توجه قرار گیرند. نخست آن‌که، این تحقیق به روش مقطعی انجام شده است؛ بنابراین، امکان بررسی روابط علی و معلولی بین مواجهه با ارتعاش و بروز ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی وجود ندارد. دوم، ارزیابی ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی صرفاً مبتنی بر داده‌های خوداظهاری از طریق پرسش‌نامه CMDQ انجام شد که احتمال سوگیری پاسخ‌دهی را افزایش می‌دهد. همچنین، ارزیابی ارتعاش تمام بدن فقط در یک نوبت انجام گرفت و نوسانات زمانی یا شرایط عملیاتی مختلف ماشین‌آلات لحاظ نشد. با توجه به محدودیت‌های فوق، انجام مطالعات طولی برای بررسی رابطه علّی بین ارتعاش و بروز اختلالات اسکلتی-عضلانی در اپراتورهای ماشین‌آلات عمرانی توصیه می‌شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، ارزیابی چندمرحله‌ای از ارتعاش در بازه‌های زمانی مختلف و در شرایط کاری متنوع صورت گیرد تا نمای دقیق‌تری از الگوی مواجهه فراهم گردد. استفاده از ابزارهای عینی‌تر مانند اسکن‌های ارتوپدی، تصویربرداری یا اندازه‌گیری‌های بیومکانیکی نیز می‌تواند اعتبار نتایج را افزایش دهد. علاوه بر این، بررسی تأثیر طراحی صندلی، وجود سیستم‌های تعلیق صندلی و آموزش‌های ارگونومیکی به‌عنوان مداخلات پیشگیرانه می‌تواند محور مطالعات آینده قرار گیرد.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که اپراتورهای ماشین‌آلات عمرانی به‌طور معناداری در معرض ابتلا به ناراحتی‌ها و اختلالات اسکلتی-عضلانی قرار دارند. با وجود این‌که میانگین شتاب ارتعاشی ثبت‌شده کمتر از حدود مجاز مواجهه اعلام‌شده در استانداردهای ملی بود، اما درصد قابل‌توجهی از شرکت‌کنندگان، ناراحتی‌هایی در سطح متوسط تا شدید را تجربه کرده‌اند. بیشترین شیوع ناراحتی در نواحی گردن، پشت و شانه‌ها مشاهده شد. رابطه مثبت و معنادار بین شدت ارتعاش و امتیاز کلی ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی، همچنین ارتباط بین سابقه کاری و میزان ناراحتی، اهمیت تأثیر تجمعی این عوامل را نشان می‌دهد. هرچند ارتباط بین سن و ناراحتی نیز معنادار بود، اما شدت این ارتباط در مقایسه با عوامل دیگر ضعیف‌تر بود. یافته‌های این مطالعه بر ضرورت طراحی و اجرای اقدامات کنترلی و پیشگیرانه از جمله ارتقای طراحی صندلی‌ها، استفاده از سیستم‌های کاهنده ارتعاش، کاهش زمان مواجهه، آموزش‌های ارگونومی برای اپراتورها و انجام پایش‌های دوره‌ای سلامت تأکید دارد. این اقدامات می‌توانند نقش مؤثری در کاهش بار اختلالات اسکلتی-عضلانی در این گروه شغلی ایفا نمایند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از معاونت آموزش، تحقیقات و دانشجویی-فرهنگی دانشکده علوم پزشکی اسفراین به‌منظور حمایت مالی از این پژوهش اعلام می‌داریم. همچنین از تمامی شاغلان محترم پروژه‌های ساخت‌وساز ساختمانی که با مشارکت فعال خود ما را در انجام این مطالعه یاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نماییم.

تضاد منافع

هیچگونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

ملاحظات اخلاقی

در این پژوهش کلیه ملاحضات اخلاقی در انجام پژوهش رعایت شده است و با شناسه اختصاصی کمیته اخلاق (IR.ESFARAYENUMS.REC.1403.017) انجام شده است.

سهم نویسندگان

مطالعه حاضر حاصل طراحی سید حجت موسوی کردمیری و فاطمه سادات دولت آبادی بوده است. کمک در جمع آوری داده ها توسط دنیا مستقیمی انجام شده است. تجزیه و تحلیل داده ها و تفسیر نهایی نتایج توسط سید حجت موسوی کردمیری صورت گرفته و نگارش مقاله توسط احمد

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-12-17]

مهری و علی انصاری مقدم انجام شده است.

حمایت مالی

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب در دانشکده علوم پزشکی اسفراین با شماره ۱۸۶/p9/1403 می‌باشد که با حمایت مالی معاونت آموزش، تحقیقات و دانشجویی-فرهنگی آن دانشکده به انجام رسیده است.

REFERENCES

1. SheikhMozafari MJ, Mirnajafi Zadeh FS, Sasani Nasab N, Alizadeh PM,Biganeh J, Zakerian SA. Investigating the prevalence of musculoskeletal disorders and its relationship with physical and psychosocial risk factors among an automotive industry employees: Validating the MDRF questionnaire. *J Health Saf Work*. 2024;**13**(4):714-35. Link
2. Greggi C, Visconti VV, Albanese M, et al. Work-related musculoskeletal disorders: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Med*. 2024;**13**(13):3964. PMID: 38999528 DOI: 10.3390/jcm13133964
3. Rosado AS, Baptista JS, Guilherme MNH, Guedes JC. Economic impact of work-related musculoskeletal disorders: a systematic review. In: Arezes PM, Baptista JS, Barroso MP, Carneiro P, Cordeiro P, Costa N, et al., editors. *Occupational and Environmental Safety and Health IV*. Cham: Springer; 2022. p. 599–61. DOI: 10.1007/978-3-031-12547-8_48
4. Briggs AM, Woolf AD, Dreinhöfer K, et al. Reducing the global burden of musculoskeletal conditions. *Bull World Health Organ*. 2018;**96**(5):366-68.PMID: 29875522 DOI: 10.2471/blt.17.204891
5. Kamijantono H, Sebayang MM, Lesmana A. Risk factors and ergonomic influence on musculoskeletal disorders in the work environment. *J La Medihealtico*. 2024;**5**(3):660–70. DOI: 10.37899/journallamedihealtico.v5i3.1413
6. Tang KHD. The prevalence, causes and prevention of occupational musculoskeletal disorders. *Glob Acad J Med Sci*. 2022;**4**(2):56-68. DOI: 10.36348/gajms.2022.v04i02.004
7. Podlaha J, Field M, Amit LM and Keene B. Whole-Body vibration exposure , musculoskeletal disorders of heavy equipment operators in construction. *Shift Glob EHS Res Pract*. 2023;**2**(2):10-12. Link
8. Krajnak K. Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole-body vibration. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2018;**21**(5):320–34. PMID: 30583715 DOI: 10.1080/10937404.2018.1557576
9. Su TA, Hoe VCW, Masilamani R and Mahmud ABA. Hand-arm vibration syndrome among a group of construction workers in Malaysia. *Occup Environ Med* . 2011;**68**(1):58-63. PMID: 20935287 DOI: doi.org/10.1136/oem.2009.052373
10. Akinnuli B, Dahunsi O, Ayodeji S, Bodunde O. Whole-body vibration exposure on earthmoving equipment operators in construction industries. *Cogent Eng*. 2018;**5**(1):1507266. DOI: 10.1080/23311916.2018.1507266
11. Bainbridge A, Moutsos I, Johnson A, McMenemy L, Ramasamy A, Masouros SD . Whole body vibrations and lower back pain: a systematic review of the current literature. *BMJ Mil Health*. 2025;**11**:e002801. PMID: 39800428 DOI: 10.1136/military-2024-002801
12. Kumar V, Palei SK, Karmakar NC ,Chaudhary DK. Whole-body vibration exposure vis-à-vis musculoskeletal health risk of dumper operators compared to a control group in coal mines. *Saf Health Work*. 2022;**13**(1):73-77. PMID: 35936203 DOI: 10.1016/j.shaw.2021.10.007
13. Palmer KT, Griffin MJ, Bendall H, Pannett B, Coggon D. Prevalence and pattern of occupational exposure to whole-body vibration in Great Britain: findings from a national survey. *Occup Environ Med*. 2000;**57**(4):229-36. PMID: 10810108 DOI: 10.1136/oem.57.4.229
14. Palmer K, Griffin M, Syddall H, Pannett B, Coggon D . The relative importance of whole body vibration and occupational lifting as risk factors for low-back pain. *Occup Environ Med*. 2003;**60**(10):715-21. DOI: 10.1136/oem.60.10.715
15. Upadhyay R, Jaiswal V, Bhattacherjee A, Patra A. Role of whole-body vibration exposure and posture of dumper operators in musculoskeletal disorders: a case study in metalliferous mines. *Int J Occup Saf Ergon*. 2022;**28**(3):1711-21. PMID: 34042562 DOI: 10.1080/10803548.2021.1932111
16. Donati P, Schust M, Szopa J. Workplace exposure to vibration in Europe: An expert review. Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work; 2008. DOI: 10.2802/65564
17. Lee Y-C, Hong X, Man SS. Prevalence and associated factors of work-related musculoskeletal disorders symptoms among construction workers: a cross-sectional study in South China. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;**20**(5):4653. PMID: 36901662 DOI: 10.3390/ijerph20054653
18. Alghadir A, Anwer S. Prevalence of musculoskeletal pain in construction workers in Saudi Arabia. *Sci World J*. 2015;2015:529873. PMID: 25811043 DOI: 10.1155/2015/529873
19. Afshari D, Pourerfan P, Nourollahi-darabad M. Occupational and demographics predictors of musculoskeletal disorders and pain disabilities in construction workers. *Occup Med (Lond)*. 2022;**14**(1):29-39. DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9852
20. Afifehzadeh-Kashani H, Choobineh A, Bakand S, Gohari M.R, Abbastabar H, Moshtaghi P. Validity and reliability farsi version cornell musculoskeletal discomfort questionnaire (CMDQ). *Iran Occup Health*. 2011;**7**(4):0-10.Link
21. Aliabadi M, Rahmani R, Darvishi E, Farhadian F, 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. DOI: 10.0.4.56/00140139.2017.1314554
22. Jamalizadeh Z, Asivandzadeh E, Zare K, Nazifipour M, Yari P. Can exposure to whole-body vibration affect the prevalence of musculoskeletal disorders in operators of construction vehicles? A study in Construction Projects. *J Occup Hyg Eng*. 2020;**6**(4):41-9. DOI: 10.52547/johe.6.4.41
23. Neghab M, Kasaeinasab A, Yousefi Y,Hassanzadeh J, Sarrashtedar H, Alighanbari N. Health effects of long-term occupational exposure to whole body vibration: a study on drivers of heavy motor vehicles in Iran. *Iran J Ergon* . 2016;**4**(2):76-82. Link
24. Citra K, Malaka T, Novrikasari R. Relationship analysis of whole-body vibration (WBV) with musculoskeletal disorder (MSDs) complaints on heavy equipment operators at the Trans-Sumatra Toll Road construction project at PT Adhi Karya Tbk. Biovalentia. 2019;**5**(1):5. DOI: 10.24233/BIOV.5.1.2019.134
25. Nejad NH, Emkani M, Moghadam SR, Sadeghi N, Chahak AF. Exposure to vibration and its relationship with low-back pain in the drivers of mining heavy vehicles. *Int J Occup Hyg*. 2017;**9**(2):93–8. Link
26. Emkani M, Hashemi Nejad N, Jalilian H, Gholami M, Sadeghi N, Rahimimoghadam S. Exposure to whole body vibration in heavy mine vehicle drivers and its association with upper limbs musculoskeletal disorders. *J Occup Health Epidemiol*. 2016;**5**(4):226-34. DOI: 10.18869/acadpub.johe.5.4.226
27. Grosman Y, Kalichman L. The intersection of sarcopenia and musculoskeletal pain: addressing interconnected challenges in aging care. *Int J Environ Res Public Health*. 2025;**22**(4):547. PMID: 40283772 DOI: 10.3390/ijerph22040547
28. Kashif M, Albalwi A, Raqib A, et al. Work-related musculoskeletal disorders among Pakistani construction workers: Prevalence ,characteristics, and associated risk

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-12-17]

factors. *Work* 2022;**72**(1):119-126. PMID: 35431192 DOI: 10.3233/wor-205009
29. Aliabadi M, Darvishi E, Farhadian M, Rahmani R, Shafiee Mothagh 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):482-493. DOI: 10.1002/hfm.20965

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2025-12-17]