DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1676 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 22, No. 2, Summer

Received: 23.06.2025 Accepted: 15.12.2025 Published: 06.07.2026

Participatory Ergonomics-Based Intervention to Improve Musculoskeletal Condition in Mining Machinery Operators

Asma Zare[1], Mohadeseh Shojaeifar[2], Mahmoud Reza Masoudi[3], Mahdi Malakoutikhah[4]

Original Article

Abstract

Background: This study aimed to identify ergonomic risk factors and implement participatory ergonomic interventions to reduce musculoskeletal disorders in mining machinery operators.

Methods: This intervention study was conducted on 90 male operators in a mining company in Sirjan City, Iran. Data were collected using a demographic questionnaire and the Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ). Then, a participatory ergonomics approach was used to identify problems and implement corrective strategies. Ergonomic assessments were performed before and after the intervention in two positions: sitting and climbing the machinery ladder using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) method via 3DSSPP software.

Findings: The overall prevalence of musculoskeletal disorders was 79%, and the most common areas involved were the back (60%), neck (44%), and knees (38%). Following the interventions, the prevalence of disorders decreased to 51% and 37% after one and six months, respectively. The RULA score before the intervention was 4 or higher for 80% of the operators, which decreased to 38% after one month and to 12% after 6 months; for half of the operators, the score decreased to 2. The results of the 3DSSPP analysis showed that the interventions had no significant effect on reducing the compressive force of the L5/S1 intervertebral disc (P = 0.12).

Conclusion: Participatory ergonomics is an effective approach to reduce musculoskeletal disorders in dump truck operators. Modifying the seat and cabin space, improving accessibility, and implementing regular training and exercise programs can promote occupational health, reduce fatigue, and improve operators' productivity.

Keywords: Ergonomic intervention; Musculoskeletal disorders; Dump truck operators

Citation: Zare A, Shojaeifar M, Masoudi MR, Malakoutikhah M. **Participatory Ergonomics-Based Intervention to Improve Musculoskeletal Condition in Mining Machinery Operators.** J Health Syst Res 2026; 22(2): 329-37.

1- Assistant Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Sirjan School of Medical Sciences, Sirjan, Iran
2- Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
3- Assistant Professor, Department of Clinical Sciences, Sirjan School of Medical Sciences, Sirjan, Iran
4- Assistant Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran
Corresponding Author: Asma Zare; Assistant Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Sirjan School of Medical Sciences, Sirjan, Iran; Email: a.zare@sirums.ac.ir

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1676]

DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1676 Published by Vesnu Publications

مداخله مبتنی بر ارگونومی مشارکتی برای بهبود وضعیت اسکلتی– عضلانی در رانندگان ماشین‌آلات معدنی

اسماء زارع[1]، محدثه شجاعی‌فر[2]، محمودرضا مسعودی[3]، مهدی ملکوتی‌خواه[4]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: پژوهش حاضر با هدف شناسایی عوامل خطر ارگونومیک و اجرای مداخلات ارگونومی مشارکتی برای کاهش اختلالات اسکلتی- عضلانی در رانندگان ماشین‌آلات معدنی انجام شد.

روش‌ها: این مطالعه مداخله‌ای بر روی ۹۰ راننده مرد در یک شرکت معدنی در شهر سیرجان انجام گرفت. داده‌ها با استفاده از پرسش‌نامه جمعیت‌شناختی و پرسش‌نامه اختلالات اسکلتی- عضلانی Nordic (Nordic Musculoskeletal Questionnaire یا NMQ) جمع‌آوری گردید. سپس از رویکرد ارگونومی مشارکتی به منظور شناسایی مشکلات و اجرای راهکارهای اصلاحی استفاده شد. ارزیابی‌های ارگونومیک قبل و بعد از مداخله در دو وضعیت نشستن و بالا رفتن از پلکان ماشین‌آلات با استفاده از روش Rapid Upper Limb Assessment (RULA) در نرم‌افزار 3DSSPP صورت گرفت.

یافته‌ها: شیوع کلی اختلالات اسکلتی- عضلانی، ۷۹ درصد و شایع‌ترین نواحی درگیر شامل کمر (۶۰ درصد)، گردن (۴۴ درصد) و زانو (۳۸ درصد) بود. پس از مداخلات، شیوع اختلالات به ترتیب پس از یک و شش ماه به ۵۱ و ۳۷ درصد کاهش یافت. امتیاز RULA قبل از مداخله برای ۸۰ درصد رانندگان، ۴ و بالاتر گزارش گردید که پس از یک ماه، به ۳۸ درصد و پس از شش ماه به ۱۲ درصد کاهش پیدا کرد؛ به طوری که برای نیمی از رانندگان امتیاز به ۲ کاهش یافت. نتایج تحلیل 3DSSPP نشان داد که مداخلات تأثیر معنی‌داری بر کاهش نیروی فشاری دیسک بین مهره‌ای L5/S1 نداشت (P = ۰/۱۲۰).

نتیجه‌گیری: ارگونومی مشارکتی، رویکرد مؤثری به منظور کاهش اختلالات اسکلتی- عضلانی رانندگان دامپ‌تراک می‌باشد. اصلاح صندلی و فضای کابین، بهبود شرایط دسترسی و اجرای برنامه‌های آموزشی و تمرینی منظم، می‌تواند سلامت شغلی، کاهش خستگی و بهره‌وری رانندگان را ارتقا دهد.

واژه‌های کلیدی: مداخله ارگونومی؛ اختلالات اسکلتی- عضلانی؛ رانندگان دامپ‌تراک

ارجاع: زارع اسماء، شجاعی‌فر محدثه، مسعودی محمودرضا، ملکوتی‌خواه مهدی. **مداخله مبتنی بر ارگونومی مشارکتی برای بهبود وضعیت اسکلتی- عضلانی در رانندگان ماشین‌آلات معدنی.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۴۰۵؛ ۲۲ (۲): ۳۳۷-۳۲۹

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۴/۲ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۹/۲۴ تاریخ چاپ: ۱۴۰۵/۴/۱۵

مقدمه

امروزه حوادث و بیماری‌های ناشی از کار، به یکی از نگرانی‌های جامعه کارگری و متصدیان ایمنی و بهداشت حرفه‌ای تبدیل شده است (۱). بررسی‌های آماری نشان می‌دهد که تنها در سال ۲۰۱۵، حدود ۲ میلیون نفر به علت حوادث و بیماری‌های ناشی از کار فوت کردند. همچنین، در همین سال، تعداد آسیب‌های کاری غیر مرگ‌آور که منجر به استراحت و مداوای کارگر به مدت حداقل ۴ روز می‌شود، حدود ۳۷۴ میلیون نفر تخمین زده شده است (۲). بر اساس دستورالعمل مدیریت سلامت و ایمنی شغلی، بهره‌برداری از معادن یکی از سخت‌ترین مشاغل دنیا تلقی می‌شود. ماشین‌آلات معدنی از منابع اصلی حوادث و بیماری‌های شغلی به شمار می‌روند (۳). مطابق آمار سازمان جهانی کار (ILO یا International Labour Organization)، با وجود اشتغال حدود ۱ درصد از نیروی کار جهان در بخش معدن، حدود ۸ درصد از آسیب‌های منجر به مرگ ناشی از کار در این بخش اتفاق می‌افتد که این به معنی ۸ برابر بودن پتانسیل آسیب‌رسانی این صنعت است (۴).

امروزه افزایش تناژ استخراجی معادن، پیشرفت فن‌آوری و نیاز به افزایش بازدهی ماشین‌آلات، ایجاب می‌کند که با افزایش توان، ابعاد، ظرفیت و سرعت ماشین‌آلات، زمینه تولید بیشتر فراهم گردد. این موضوع باعث می‌شود که دسترسی به ماشین سخت‌تر شود؛ چرا که ابعاد بزرگ آن نسبت به فرد وجود دارد. همچنین، حرکات مکانیکی اضافی در اجزای دستگاه، باعث ایجاد ارتعاش می‌شود و سطح صدای بالا در داخل و خارج کابین نیز مشکل‌آفرین است (۵). افرادی که به عنوان اپراتور ماشین فعالیت می‌کنند، تحت تأثیر مستقیم خطرات و حوادث این ماشین‌آلات قرار دارند و این موضوع باعث افزایش احتمال

۱- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده علوم پزشکی سیرجان، سیرجان، ایران
۲- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران
۳- استادیار، گروه علوم بالینی، دانشکده علوم پزشکی سیرجان، سیرجان، ایران
۴- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران
نویسنده مسؤول: اسماء زارع؛ استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده علوم پزشکی سیرجان، سیرجان، ایران
Email: a.zare@sirums.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]
[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1676]

آسیب‌دیدگی و بروز بیماری‌های خاص شامل مشکلات شنوایی ناشی از صداهای زیاد، مشکلات تنفسی ناشی از آلودگی هوای کابین، آسیب‌های ستون فقرات و مفاصل، بیماری‌های اسکلتی- عضلانی و بیماری‌های روحی و روانی در آن‌ها می‌شود (۶). تحلیل‌های آماری نشان می‌دهد که عوامل انسانی مبنای بیشتر تصادفات رخ داده در معادن هستند و بی‌توجهی به آن‌ها تأثیر منفی بر عملکرد مؤثر و مفید ماشین‌آلات معدنی و سیستم‌های ترابری دارد (۷). انواع تصادفات و حوادث در نهایت یک عامل مشترک دارند که آن عامل انسانی است؛ یعنی عملکرد، تصمیم، اندیشه و احساس یک یا چند نفر در حوادث دخالت دارد (۸).

از طرف دیگر، شرایط نامناسب محیطی و انواع وضعیت‌های بدنی که بیشتر افراد هنگام کار دارند نیز منجر به بروز درد و آسیب در قسمت‌های خاصی از بدن می‌شود (۹). نتایج مطالعات جهانی نشان داده است که در معدنکاری، ۵۰ تا ۸۵ درصد از صدمات بدنی به عوامل و خطای انسانی برمی‌گردد (۱۰). طراحی ضعیف تجهیزات، محیط کار نامناسب و دوره‌های آموزشی ناکارامد، دلیلی بر این صدمات هستند. بررسی توزیع فراوانی عوارض اسکلتی- عضلانی در گروه‌های مختلف کاری معادن نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی عوارض اسکلتی- عضلانی در رانندگان ماشین‌آلات معدنی مشاهده می‌شود (۹). با توجه به این که رانندگان مدت زیادی از عمر خود را به این حرفه مشغول هستند، این صدمات و ناراحتی‌ها در درازمدت در آن‌ها مزمن و پس از تجمع، باعث اختلالات حرکتی می‌گردد که اثرات زیادی در زندگی فردی و اجتماعی آنان می‌گذارد (۱۱). رانندگی یکی از عوامل خطر فتق دیسک بین مهره‌ای می‌باشد و طبق تحقیقات اپیدمیولوژیک، کمردرد با مدت زمان و طول مسافت رانندگی ارتباط دارد (۱۲). اختلالات اسکلتی- عضلانی نه تنها باعث کاهش عملکرد رانندگان می‌شود، بلکه ممکن است در اثر عدم درمان، منجر به بازنشستگی زودرس یا ترک خدمت نیروهای مجرب گردد (۱۳). نشستن به تنهایی با خطر افزایش کمردرد ارتباط ندارد، اما زمانی که شاخص‌های ارتعاش و پوسچر نامطلوب با هم وجود داشته باشند، خطر کمردرد چهار برابر افزایش می‌یابد (۱۴). عوامل متعدد فیزیکی می‌توانند در افزایش بار فیزیکی در سیستم اسکلتی- عضلانی رانندگان نقش داشته باشند که نتیجه آن، ناراحتی و درد است. مهم‌ترین عوامل خطر فیزیکی شناسایی شده شامل نشستن طولانی‌مدت، عدم تناسب ارگونومیک صندلی با ابعاد آنتروپومتریک بدن، ارتعاش تمام بدن راننده، نوع خودرو و مکانیزم رانندگی می‌باشد (۱۵).

با وجود مشهود بودن فرسودگی در ناوگان ماشین‌آلات معدنی و عمرانی در بسیاری از پروژه‌ها، تاکنون پژوهش‌های محدودی به بررسی وضعیت ارگونومیک ماشین‌آلات معدنی و عمرانی در داخل کشور پرداخته‌اند (۱۶). مطالعات چهره‌قانی و همکاران (۱۶) و لیمائی (۱) به بررسی شاخص‌های ارگونومیک محیط کاری رانندگان ماشین‌آلات پرداختند، اما در هیچ تحقیقی در ایران از ارگونومی مشارکتی برای شناسایی عوامل خطر ارگونومیک در ماشین‌آلات معدنی استفاده نشده است. بسیاری از پژوهش‌ها بر مباحث ارتعاش، سطح صدای کابین و عوارض آن‌ها بر سلامتی اپراتور متمرکز بوده‌اند و عوامل خطر ارگونومیکی در آن‌ها لحاظ نشده است. با توجه به این که دامپ تراک‌ها به عنوان بخش اعظمی از ماشین‌آلات معدنی در زمینه حمل مواد معدنی در معادن کشور مورد استفاده قرار می‌گیرند، هدف از انجام مطالعه حاضر، تعیین عوامل خطر ارگونومیک این ماشین‌آلات و انجام مداخلات ارگونومیک به منظور کاهش شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی در رانندگان بود.

روش‌ها

طراحی: این تحقیق مداخله‌ای در دو مرحله انجام شد. در فاز اول به ارزیابی شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی و شناسایی عوامل خطر ارگونومیکی موجود در ایستگاه کاری رانندگان پرداخته شد. در فاز دوم با پیاده‌سازی روش ارگونومی مشارکتی، مداخلات ارگونومی برای کاهش اختلالات اسکلتی- عضلانی در جمعیت مورد بررسی صورت گرفت و میزان تأثیر آن بر کاهش شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی بررسی گردید. پژوهش به صورت بررسی تغییرات در گروه مورد بررسی قبل و بعد از انجام مداخلات انجام شد. پروتکل مطالعه حاضر با کد اخلاق IR.SIRUMS.REC.1401.019 در کمیته اخلاق دانشکده علوم پزشکی سیرجان تأیید و تصویب گردید.

مشارکت‌کنندگان: در فاز اول، تمامی ۹۰ راننده مرد دامپ‌تراک در یک شرکت بهره‌برداری معدنی شهر سیرجان به صورت سرشماری به منظور بررسی شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی مورد بررسی قرار گرفتند. رانندگان به صورت دو شیفت ۱۲ ساعته (شیفت روز از ۵ صبح تا ۵ عصر و شیفت شب از ۵ عصر تا ۵ صبح) مشغول به کار بودند. محققان در زمان‌هایی که هر راننده در شیفت روز حضور داشت، به بررسی آن فرد پرداختند. معیارهای ورود شامل داشتن حداقل ۱ سال سابقه کار و رضایت برای مشارکت در پژوهش بود. افراد دارای بیماری‌های زمینه‌ای یا حوادث مؤثر بر سیستم اسکلتی- عضلانی از مطالعه خارج شدند. افراد به صورت داوطلب وارد طرح شدند و قبل از شرکت در تحقیق رضایت‌نامه کتبی را تکمیل نمودند. در این مرحله، پرسش‌نامه دموگرافیک اطلاعاتی شامل سن، قد، وزن، میزان سابقه کار، راست دست یا چپ دست بودن، ورزش کردن و... تکمیل و پرسش‌نامه اختلالات اسکلتی- عضلانی Nordic Musculoskeletal Questionnaire (یا NMQ) جهت بررسی میزان شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی استفاده گردید (۱۷). روایی و پایایی نسخه فارسی این پرسش‌نامه در پژوهش‌های گذشته بررسی و تأیید شده است. در مطالعه مختاری‌نیا و همکاران، ضریب همبستگی درون‌گروهی و شاخص خطای معیار اندازه‌گیری نسخه فارسی NMQ در سطح قابل قبول [Intra-class correlation (ICC) > ۰/۷۰]، ۰/۵۶-۱/۷۶ = Standard error of the mean (SEM)] به دست آمد. دامنه ضریب توافق Kappa بین ۱-۰/۷۸ محاسبه شد (۱۸). پرسش‌نامه‌های فوق در حضور محققان به شیوه سنتی (قلم- کاغذی) توسط رانندگان تکمیل گردید. محققان قبل از تکمیل پرسش‌نامه‌ها، نحوه تکمیل آن‌ها را آموزش دادند.

مداخله در تحقیق حاضر به این صورت انجام شد که ابتدا ارزیابی‌های ارگونومیک (ارزیابی پوسچر، بررسی اختلالات اسکلتی- عضلانی و نیروهای وارده بر بدن) صورت گرفت و سپس به وسیله برنامه ارگونومی مشارکتی، مشکلات ارگونومی رانندگان شناسایی و راه‌حل‌هایی به عنوان مداخلات انتخاب و اجرا گردید و سپس در فاصله ۱ و ۶ ماه پس از انجام این مداخلات، دوباره ارزیابی‌های ارگونومیک صورت گرفت و نتایج مقایسه شد.

ار همین‌رو، تمامی ۹۰ راننده برای همکاری در برنامه ارگونومی مشارکتی دعوت شدند. برنامه ارگونومی مشارکتی با توجه به دفترچه راهنمای ارگونومی مشارکتی منتشر شده از سوی کلینیک بهداشت شغلی انتاریو کانادا (۱۹) انتخاب و اجرا گردید. برنامه ارگونومی مشارکتی در پژوهش حاضر شامل ۷ مرحله بود که در ادامه به تفصیل آمده است.

مرحله اول: در این مرحله، مدیریت شرکت متعهد به اجرای پروژه ارگونومی

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1676]

مشارکتی شد.

مرحله دوم: تیم ارگونومی به عنوان هسته رویکرد ارگونومی مشارکتی انتخاب گردید. وظایف اصلی این تیم، حفظ ارتباطات با سایر نیروی کار، شناسایی نقاط بهبود و نظارت بر تغییرات در نقاط بهبود می‌باشد. اعضای تیم نیز شامل مدیریت، مسؤول منابع انسانی، متخصص ایمنی و بهداشت، رانندگان علاقمند و تسهیلگر ارگونومی بود.

مرحله سوم: آموزش تیم ارگونومی شامل چارچوب برنامه ارگونومی مشارکتی، اصول ارگونومی، شناسایی و تحلیل عوامل خطر ارگونومی، ابزار ارزیابی ارگونومی و مستندسازی بود.

مرحله چهارم: مشکلات سازمانی به کمک ارزیابی محیط کار و ملاقات مستقیم با رانندگان مشخص شد. همچنین، میزان ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی با استفاده از ابزار مطالعه بررسی گردید.

مرحله پنجم: با برگزاری دو جلسه بارش ذهنی تیم ارگونومی، راه‌حل‌های ممکن ارایه و مستند شد.

مرحله ششم: تیم ارگونومی مهم‌ترین مشکلات و اقدامات پیشنهادی را با توجه به منافع کارکنان و کارفرما برای اجرا انتخاب کرد. شرح مختصری از اقدامات پیشنهادی پیش از اجرا در دسترس کارکنان تأثیرگذار قرار گرفت. در این مرحله، چندین بار به مرحله پنجم رجوع شد.

مرحله هفتم: پس از اجرای آزمایشی راه‌حل‌ها، بازخوردهای کارکنان و مدیریت مشخص گردید و برای اصلاح راه‌حل‌ها به مرحله پنجم بازگشت داده شد. در پایان، بار دیگر ارزیابی پوسچر و بررسی مشکلات اسکلتی- عضلانی برای رانندگان صورت گرفت (۲۰).

جهت ارزیابی پوسچر رانندگان حین رانندگی و نشستن روی صندلی، از روش Rapid Upper Limb Assessment (RULA) قبل و بعد از اجرای مداخله استفاده گردید (۲۱). در این روش، اعضای بدن به دو گروه A (شامل بازو، ساعد، مچ) و گروه B (شامل گردن، تنه و پا) تقسیم می‌شوند. برای تحلیل وضعیت‌های کاری، هر بخش اصلی بدن بر اساس میزان جابه‌جایی از وضعیت طبیعی آن ارزیابی می‌گردد. بدین ترتیب که مطابق با افزایش میزان انحراف آن بخش از وضعیت طبیعی و مقایسه آن با دیاگرام روش، عددی به عنوان کد پوسچر به آن اختصاص می‌یابد (امتیاز A و B). پس از ترکیب کدهای به دست آمده برای بخش‌های مختلف بدن و برآورد نیروهای خارجی و ماهیچه‌ای از طریق جداول مربوطه، امتیاز C و D ارایه می‌شود و با استفاده از آن‌ها کد نهایی که بیان‌کننده شدت مخاطره وضعیت و سطح اضطراری بودن اصلاحات می‌باشد، تعیین می‌گردد (جدول ۱) . در تحقیق حاضر، قبل از انجام مداخلات، ۱ و ۶ ماه پس از انجام مداخلات، از روش RULA استفاده شد.

به منظور ارزیابی نیروی اعمالی به بدن و کمر رانندگان در حین استفاده از پلکان ورودی دامپ‌تراک‌ها، عکسبرداری و فیلم‌برداری انجام شد؛ بدین صورت که نحوه بالا رفتن از پلکان ماشین‌آلات قبل از اجرای مداخلات، ۱ و ۶ ماه پس از اجرای مداخلات تصویربرداری و میزان نیروی اعمالی به قسمت‌های مختلف بدن افراد با استفاده از نرم‌افزار 3DSSPP بررسی گردید. برنامه نرم‌افزاری 3DSSPP توسط دانشگاه میشیگان به منظور بررسی نیروی استاتیکی و بیومکانیکی کارگران مرتبط با نیازهای فیزیکی محیط کار طراحی شده است (۲۲). این نرم‌افزار می‌تواند طیف گسترده‌ای از اطلاعات و تحلیل‌ها را از نیروهای فشاری پیش‌بینی شده کمر گرفته تا اطلاعات مربوط به توانایی قدرت جمعیت ارایه دهد. در پژوهش حاضر، تحلیل کمر به صورت سه بعدی (تحلیل عمیق‌تر کمر که اثر عملکرد عضلات اضافی در تنه را در نظر می‌گیرد) انجام شد؛ بدین صورت که پس از شبیه‌سازی تصاویر، میزان نیروهای فشاری و برشی وارد آمده به دیسک بین مهره‌ای L5/S1 با استفاده از نرم‌افزار 3DSSPP محاسبه گردید تا بر اساس مقادیر به دست آمده، خطر ابتلا به آسیب‌های کمری مشخص گردد (۲۲). مقدار نیروی فشاری کمتر یا مساوی ۷۶۴ پوند، بیانگر خطر پایین آسیب کمر، بین ۷۶۴ تا ۱۴۳۸ پوند، خطر کمردرد متوسط و مقدار بالاتر از ۱۴۳۸ پوند خطر آسیب کمری زیاد خواهد بود. همچنین، درصد قابلیت‌های قدرتی (برای هر مفصل گشتاور برایند تولید شده توسط بار و وزن بدن، اثر عضله، میانگین قدرت جمعیت، انحراف معیار و درصد جمعیت با توانایی قدرت برای ایجاد گشتاوری بزرگ‌تر از گشتاور برایند) بررسی شد؛ بدین صورت که نرم‌افزار درصد افراد جامعه را که می‌توانند بدون آسیب در پوسچر مورد بررسی کار کنند، نشان می‌دهد (۲۲).

جهت توصیف متغیرهای کمی و طبقه‌ای، از آمار توصیفی استفاده شد. متغیرهای پیوسته به صورت میانگین ± انحراف استاندارد گزارش گردید. به منظور مقایسه تفاوت بین گروه‌ها، از آن‌جایی که دو گروه مشابه به یکدیگر بودند و از هم مستقل نیستند (قبل و بعد مداخله بررسی شده) از آزمون Repeated measures ANOVA استفاده شد. مقایسه صورت گرفته هر فرد با خودش قبل و بعد مداخله بود و این عمل نه تنها عوامل مخدوش‌کننده را کنترل کرد، بلکه گروه مورد و شاهد از یک نوع می‌توانند باشند. بنابراین، در مطالعه حاضر قبل از انجام مداخله با بعد آن مقایسه گردید. در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ (version 22, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. $P < ۰/۰۵$ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در پژوهش حاضر، ۹۰ راننده مرد با میانگین سنی ۴/۱۲ ± ۳۶/۷ سال و میانگین سابقه کاری ۲/۸۴ ± ۱۳/۴ سال شرکت نمودند. همگی راست دست بودند و ۴۳ نفر (۴۷/۷ درصد) سیگار مصرف می‌کردند.

جدول ۱. امتیاز نهایی و سطوح اولویت بندی روش Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

امتیاز نهایی RULA	سطح خطر	اولویت اقدامات اصلاحی
۱-۲	۱	اگر پوسچر برای مدت زمان طولانی ثابت حفظ نشود یا به شدت تکرار نگردد، قابل قبول است.
۳-٤	۲	مطالعه بیشتری در این زمینه لازم است و ایجاد تغییرات و مداخله ارگونومیک ممکن است ضروری باشد.
٥-٦	۳	مطالعه بیشتر، ایجاد تغییرات و مداخله ارگونومی در آینده نزدیک ضروری است.
۷ یا بیشتر	٤	مطالعه بیشتر، ایجاد تغییرات و مداخله ارگونومی فوراً ضروری است.

RULA: Rapid Upper Limb Assessment

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1676]

میزان شیوع کلی اختلالات اسکلتی- عضلانی در بین ۹۰ نفر (کل جمعیت مورد بررسی)، ۷۹ درصد به دست آمد؛ به این معنی که ۷۱ نفر از ۹۰ نفر حداقل در یکی از نواحی بدن خود احساس درد، ناراحتی و کوفتگی آزاردهنده داشتند. طبق نتایج جدول ۲، به ترتیب بیشترین درصد فراوانی درد مربوط به ناحیه تحتانی پشت (کمر) (۶۰ درصد، ۵۴ نفر)، گردن (۴۴ درصد، ۴۰ نفر) و زانو (۳۸ درصد، ۳۵ نفر) بود.

جدول ۲. وضعیت درد در نواحی نه‌گانه شرکت‌کنندگان در ارزیابی طی یک سال گذشته (۹۰ نفر)

ناحیه	دارد	ندارد
	تعداد (درصد)	
گردن	٤٠ (٤٤/٠)	٥٠(٥٦/٠)
شانه	١١ (١٢/٠)	٧٩ (٨٨/٠)
آرنج	٢ (٢/٠)	٨٨ (٩٨/٠)
مچ دست	٤ (٤/٥)	٨٦ (٩٥/٥)
فوقانی پشت	١٣ (١٤/٥)	٧٨ (٨٥/٥)
تحتانی پشت	٥٤ (٦٠/٠)	٣٦ (٤٠/٠)
ران	٤ (٤/٥)	٨٦ (٩٥/٥)
زانو	٣٥ (٣٨/٠)	٥٥ (٦٢/٠)
مچ پا	٢ (٢/٠)	٨٨ (٩٨/٠)

در جدول ۳ مهم‌ترین مشکلات رانندگان که تیم ارگونومی مشارکتی مشخص کرد و همچنین، راه‌حل‌های اولیه و راه‌حل‌های اصلاحی ارایه شده است. پیشنهاد افزایش وقفه کاری برای صرف ناهار رانندگان مورد پذیرش مدیریت قرار گرفت و به خوبی اجرا شد. همچنین، پیشنهاد رانندگان به منظور چرخشی کردن مرخصی‌ها در گروه های ۳ نفره به خوبی اجرا گردید و قابلیت تکرار داشت.

نتایج بررسی‌های ارگونومیک قبل و بعد از انجام مداخلات حاصل از ارگونومی مشارکتی در ادامه آمده است.

میانگین حداکثر زمان حفظ یک پوسچر نشسته و حداکثر مدت زمان قرار گرفتن در پوسچرهای کاری نشسته به ترتیب ۷/۴ و ۱۱۲ دقیقه بود. نتایج بررسی سطح خطر ابتلا به اختلالات اسکلتی- عضلانی به روش RULA در دو گروه مورد و شاهد در جدول ۴ ارایه شده است. بر این اساس، نمره RULA در رانندگان مورد بررسی قبل از مداخله نسبت به بعد از مداخله تفاوت معنی‌داری داشت ($P < ۰/۰۵$). قبل از انجام مداخلات، امتیاز روش RULA برای ۸۰ درصد رانندگان اعداد ۴ و بیشتر بود. یک ماه پس از انجام مداخلات، درصد افراد دارای نمره ۴ و بیشتر به ۳۸ درصد و پس از ۶ ماه از انجام مداخلات، به ۱۲ درصد کاهش یافت. شش ماه پس از انجام مداخلات، امتیاز RULA برای ۵۰ درصد رانندگان به ۲ کاهش یافت.

نتایج حاصل از نرم‌افزار3DSSPP در جدول ۵ ارایه شده است. توزیع فراوانی نیروی فشاری وارد شده بر دیسک بین مهره‌ای L5/S1 نشان داد که بیش از ۶۷ درصد رانندگان در معرض خطر بالایی از آسیب‌های کمر حین بالا رفتن از پلکان ماشین‌آلات می‌باشند، اما با توجه به محدودیت‌های مدیریتی برای انجام مداخلات در این موقعیت و تنها آموزش اصول بالا رفتن، مداخلات تأثیر زیادی در کاهش نیروهای فشاری وارد شده بر دیسک بین مهره‌ای L5/S1 نداشت ($P = ۰/۱۲۰$). با این حال، تعداد افراد در معرض خطر متوسط و بالا کاهش اندکی را نشان داد.

همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، در زمان بالا رفتن از پله ها فشار بسیار زیادی به قسمت‌های مختلف بدن شامل مچ دست، بازو، شانه، کمر، زانو و لگن افراد وارد می‌شود. این نیروی اعمالی در تمامی قسمت‌های بدن در مرز پرخطر و غیر قابل قبول مشاهده شد. به عنوان نمونه در شکل ۱ مشخص شده است که پوسچر راننده مورد بررسی حین بالا رفتن از پلکان دستگاه در وضعیتی است که فشار واره به مچ دست را صفر درصد، آرنج را صفر درصد، شانه را صفر درصد، بالاتنه را ۲ درصد، لگن را ۶ درصد، زانو را صفر درصد و مچ پا را صفر درصد جمعیت عمومی می‌توانند تحمل کنند و آسیب نبینند. برای تمامی رانندگان وضعیت به همین‌گونه بود.

جدول ۳. مشکلات ارگونومی رانندگان و راه‌حل‌های تیم مداخلات ارگونومی مشارکتی

مشکلات	راه‌حل اولیه	بازخوردها	راه‌حل نهایی
بالارفتن از پلکان ورودی تراک باعث فشار مضاعف به نواحی زانو، کمر و مچ پا می‌شد.	۱- طراحی مجدد پلکان ورودی به صورت نردبان جمع شونده ۲- آموزش اصول ارگونومی حین بالا و پایین رفتن (۳ نقطه اتکا)	۱- درآینده اجرا شود. ۲- آزمایشی اجرا شد.	۱- به دلیل تصمیم‌گیری مدیریت حذف شد. ۲- به صورت پایدار اجرا شد.
صندلی‌های تراک قابلیت تنظیم نداشت و باعث افزایش درد گردن و کمر می‌شد.	۱- طراحی مجدد صندلی بر اساس ابعاد آنتروپومتری هر فرد ۲- استفاده از وسایل کمکی مانند پشتی طبی	۱- درآینده اجرا شود. ۲- آزمایشی اجرا شد.	۱- به دلیل تصمیم‌گیری مدیریت حذف شد. ۲- به صورت پایدار اجرا شد.
نشستن طولانی‌مدت در حین شیفت کاری و عدم تحرک و تغییر وضعیت، باعث اعمال نیروهای استاتیک به تمام سیستم اسکلتی- عضلانی می‌شد.	۱- تعیین چرخه کار استراحت برای هر فرد ۲- ارایه حرکات نرمشی و اصلاحی بسته به مشکل اسکلتی- عضلانی هر فرد	۱- آزمایشی اجرا شد. ۲- آزمایشی اجرا شد.	۱- به صورت پایدار اجرا شد. ۲- به صورت پایدار اجرا شد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1676]

جدول ۴. مقایسه نمرات حاصل از روش Rapid Upper Limb Assessment (RULA) قبل و بعد از انجام مداخلات

نمره RULA	قبل از مداخله	۱ ماه پس از مداخله	۶ ماه پس از مداخله	مقدار P*
	تعداد (درصد)			
۲	۳ (۳/۳)	۲۸ (۳۱/۱)	٤٥ (٥٠/٠)	۰/۰۵
۳	۱٥ (۱٦/٦)	۲۷ (۳۰/۰)	۳٤ (۳۷/۷)	
٤	۳۱ (۳٤/٤)	۲٥ (۲۷/۷)	۱۱ (۱۲/۲)	
٥	۲۷ (۳۰/۰)	۱۰ (۱۱/۱)	–	
٦	۸ (۸/۸)	–	–	
۷	٦ (٦/٦)	–	–	

*آزمون Repeated measures ANOVA

شکل ۱. ارزیابی نیروهای وارد بر بدن در حین مراحل مختلف بالا رفتن از پله‌ها با استفاده از نرم‌افزار 3DSSPP

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پس از انجام مداخلات، میزان شیوع آسیب‌های اسکلتی- عضلانی در شرکت‌کنندگان به طور معنی‌داری کاهش یافت. طبق نتاج جدول ۶، شیوع درد و ناراحتی در اغلب نواحی پس از شش ماه به طور معنی‌داری کاهش یافت. میزان شیوع کلی اختلالات اسکلتی- عضلانی پس از گذشت ۱ و ۶ ماه به ترتیب به ۵۱ و ۳۷ درصد بود.

بحث

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی وضعیت ارگونومیک ایستگاه کاری رانندگان دامپتراک و ارایه راهکارهایی جهت بهبود وضعیت اسکلتی- عضلانی این افراد به شیوه ارگونومی مشارکتی انجام شد. نتایج نشان داد که ارگونومی مشارکتی می‌تواند راهکارهای کاربردی، مؤثر و کم‌هزینه‌ای را برای رفع مشکلات ارگونومیکی رانندگان ارایه دهد. مهم‌ترین تغییری که در اثر مداخلات ایجاد شد، بهبود وضعیت پوسچر رانندگان حین رانندگی بود که این بهبود از طریق اصلاح ارتفاع نشستگاه صندلی و تنظیم فاصله دست‌ها تا فرمان و کلیدها به دست آمد. این تغییرات کوچک، اما مؤثر باعث شد رانندگان تمرکز بیشتری بر نحوه نشستن و انجام وظایف خود داشته باشند. نتایج ارزیابی به روش RULA نیز بیان‌کننده تغییرات قابل توجهی بود و کاهش نمرات RULA مؤید بهبود وضعیت ارگونومیک بود. همچنین، استفاده از وسایل کمکی مانند پشتی‌های حمایتی در افرادی که گودی کمرشان به وسیله صندلی به خوبی پوشش داده نمی‌شد، بسیار مورد توجه قرار گرفت.

جدول ۶. شیوع درد در نواحی نه‌گانه افراد شرکت‌کننده در ارزیابی پس از انجام مداخلات (۹۰ نفر)

نمره RULA	قبل از مداخله	۱ ماه پس از مداخله	۶ ماه پس از مداخله	مقدار P*
	شیوع (درصد)			
گردن	٤٤	۳۹	۲۷	۰/۰۱۰
شانه	۱۲	۱۰	۷	۰/۰٤۳
آرنج	۲	۳	۲	۰/۳۷۰
مچ دست	٤/٥	٥	٤	۰/٥۹۰
فوقانی پشت	۱٤/٥	۱۲	۸	۰/۰۳۰
تحتانی پشت	٦۰	٤۷	۳۱	۰/۰۰۳
ران	٤/٥	٤/٥	۳	۰/٦۰۰
زانو	۳۸	۲۷	۲۰	۰/۰٥۰
مچ پا	۲	۲	۱	۰/۰٦۰

*آزمون Repeated measures ANOVA

https://hsr.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1676]

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که نواحی کمر و گردن بیشترین میزان شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی را دارند و با یافته‌های تحقیق یارمحمدی و همکاران که شیوع بالای دردهای کمری، گردنی و شانه‌ای را در رانندگان گزارش کردند (۲۳)، هم‌راستا می‌باشد. این همخوانی می‌تواند به علت مشابهت شرایط کاری رانندگان، نوع وسیله نقلیه (دامپ‌تراک و کامیون سنگین) و نبود طراحی ارگونومیک بومی برای رانندگان ایرانی در هر دو پژوهش باشد. در هر دو مطالعه، رانندگان مدت طولانی در وضعیت نشسته ثابت قرار داشتند و با ارتعاشات ناشی از حرکت وسایل نقلیه سنگین مواجه بودند. علاوه بر این، طراحی نامناسب صندلی‌ها و کمبود حمایت کمری، از جمله عوامل مشترکی هستند که می‌توانند بروز اختلالات مشابه را توضیح دهند. بر اساس نتایج بررسی حاضر، وضعیت‌های بدنی نامناسب و قرارگیری طولانی مدت در وضعیت نشسته بدون استراحت کافی، همراه با فشارهای مکانیکی و ارتعاشات مکرر، از عوامل اصلی بروز این اختلالات به شمار می‌رود. تحقیق Eger و همکاران به طور خاص تأکید می‌کند که رانندگان ماشین‌های حمل و نقل معدن با وضعیت‌های رانندگی ثابت و فشارهای ناشی از پوسچر نامناسب مواجه می‌باشند که می‌تواند منجر به خستگی عضلات و آسیب‌های مزمن در نواحی کمر و گردن شود (۲۴) که با یافته‌های پژوهش حاضر همسو بود و احتمالاً به دلیل مشابه بودن نوع وسیله نقلیه (دامپ‌تراک‌ها و ماشین‌های معدنی) و محیط کاری سخت و پرارتعاش است. در هر دو مطالعه، تمرکز بر رانندگان ماشین‌های سنگین بود که در شرایط مشابه ارتعاشی و پوسچر فعالیت می‌کنند. اختلالات اسکلتی- عضلانی نه تنها سلامت جسمی رانندگان را تهدید می‌کند، بلکه منجر به کاهش کارایی شغلی و افزایش هزینه‌های درمانی و غیبت‌های کاری می‌شود (۲۵). بنابراین، توجه ویژه به بهبود شرایط ارگونومیک به خصوص در طراحی صندلی‌های مناسب با پشتیبانی کافی از ناحیه کمری و گردن و کاهش ارتعاشات کابین از اهمیت حیاتی برخوردار است (۲۶). علاوه بر این، بهره‌گیری از فن‌آوری‌های پایش مستمر وضعیت بدنی رانندگان و اجرای برنامه‌های آموزشی هدفمند در جهت ارتقای آگاهی و بهبود الگوهای حرکتی، می‌تواند به کاهش چشمگیر بروز این اختلالات کمک کند و سلامت شغلی و کیفیت زندگی آنان را بهبود بخشد (۲۷).

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که طراحی صندلی راننده در دامپ‌تراک‌ها یکی از مشکلات اصلی در ایجاد اختلالات اسکلتی- عضلانی است. عدم وجود تنظیمات متناسب با بدن راننده، فقدان پشتیبانی مناسب از کمر و عدم امکان تنظیم زاویه نشستن، فشارهای مکانیکی را افزایش می‌دهد و منجر به ناراحتی و آسیب می‌شود. نتایج پژوهش چهره‌قانی و همکاران نیز نشان داد که با افزایش عمر ماشین‌آلات، نارضایتی رانندگان از طراحی فضای کابین، کیفیت صندلی و تهویه کابین افزایش می‌یابد (۱۶) و با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی داشت و نشان می‌دهد که توجه به بهبود تجهیزات و امکانات کابین از جمله صندلی‌های مجهز به سیستم‌های کاهش لرزش، ضروری می‌باشد. این شباهت می‌تواند به دلیل استفاده از ماشین‌آلات مشابه و شرایط نگهداری یکسان در معادن ایران باشد که در هر دو مورد منجر به کاهش عملکرد سیستم‌های تعلیق و تشدید ارتعاشات می‌گردد. تحقیقات Eger و همکاران (۲۴) و چهره‌قانی و همکاران (۱۶) به تأثیر طراحی ناکافی صندلی بر افزایش فشارهای مکانیکی اشاره کردند و پیشنهاد دادند که استفاده از صندلی‌های مدرن با قابلیت کاهش لرزش، می‌تواند به کاهش بارهای وارد آمده و آسیب‌های عضلانی کمک کند. پژوهش Spasojević و همکاران تأیید کرد که عوامل کلیدی مؤثر بر کاهش کیفیت شرایط کاری اپراتورها در ماشین‌آلات معدنی مربوط به چرخش صندلی و دسته‌های غیر قابل تنظیم یا عدم وجود دسته‌ها یا دسته‌هایی است که در ارتفاع مناسب تنظیم نشده‌اند (۲۸). مطالعه آنان بر ارزیابی دیدگاه اپراتورها درباره راحتی صندلی تمرکز داشت (۲۸) و نتایج مشابه با بررسی حاضر احتمالاً ناشی از اهمیت بالای تنظیم‌پذیری تجهیزات کنترلی در کاهش فشارهای مکانیکی است. در نتیجه طراحی نامناسب صندلی‌ها و فضای کابین به دلیل عدم تطابق ارگونومیک با ویژگی‌های فردی رانندگان و فقدان قابلیت تنظیمات لازم، فشارهای مکانیکی وارد آمده به ستون فقرات و عضلات اطراف افزایش می‌یابد و منجر به بروز اختلالات مزمن اسکلتی- عضلانی می‌شود. استفاده از صندلی‌های مجهز به سیستم‌های پیشرفته کاهش لرزش و طراحی متناسب با استانداردهای ارگونومیک، می‌تواند نقش مهمی در کاهش این فشارها و پیشگیری از آسیب‌ها داشته باشد (۲۹). همچنین، بهبود فضای کابین و تهویه مناسب، می‌تواند به افزایش راحتی و کاهش تنش‌های فیزیکی و روانی رانندگان کمک کند. بنابراین، سرمایه‌گذاری در ارتقای طراحی تجهیزات و محیط کاری رانندگان ماشین‌آلات معدنی، نه تنها سلامت آن‌ها را تضمین می‌نماید، بلکه موجب افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های ناشی از آسیب‌های شغلی خواهد شد (۱).

از دیگر یافته‌های تحقیق حاضر، مشکل دسترسی به کابین از طریق پله‌های دامپ‌تراک بود که موجب افزایش فشار بر زانوها و کمر رانندگان می‌شود. فقدان دستگیره‌های مناسب و طراحی نامناسب پله‌ها، باعث افزایش خطرات حرکتی و بروز آسیب‌های اسکلتی- عضلانی می‌شود. پژوهش‌های چهره‌قانی و همکاران (۱۶) و لیمائی و همکاران (۱) نیز به این موضوع اشاره و تأکید کردند که افزایش تعداد و بهبود طراحی پله‌ها، نصب دستگیره‌های مناسب و بهینه‌سازی شرایط ورود و خروج به کابین، می‌تواند به کاهش آسیب‌ها و افزایش ایمنی رانندگان کمک کند. همچنین، نتایج مطالعه Mayton و همکاران نشان داد که ارتعاشات کل بدن و طراحی نامناسب پله‌ها و دستگیره‌ها، می‌تواند منجر به افزایش خطر ابتلا به اختلالات اسکلتی- عضلانی در رانندگان تجهیزات سنگین شود (۳۰). این یافته‌ها با نتایج به دست آمده از بررسی حاضر که رانندگان از این مشکلات شکایت داشتند، کاملاً هماهنگ است و بر ضرورت توجه ویژه به این بخش از ماشین‌های سنگین تأکید می‌کند. تطابق یافته‌ها با نتایج تحقیقات لیمائی و همکاران (۱) و Mayton و همکاران (۳۰) می‌تواند به دلیل شباهت در طراحی غیر استاندارد پله‌ها و دستگیره‌ها در ماشین‌آلات مورد بررسی باشد. همچنین، هر دو پژوهش بر اهمیت طراحی ایمن مسیر ورود و خروج به کابین تأکید داشتند (۳۰، ۱). مشکل دسترسی به کابین دامپ‌تراک از طریق پله‌های نامناسب و نبود دستگیره‌های استاندارد، باعث افزایش فشارهای مکانیکی بر نواحی زانو و کمر و همچنین، افزایش خطرات حرکتی و حوادث می‌شود. بهبود طراحی پله‌ها با رعایت اصول ارگونومیک، افزایش تعداد آن‌ها و نصب دستگیره‌های مطمئن و مناسب، از جمله راهکارهای مهم در جهت کاهش این مشکلات است. علاوه بر این، آموزش رانندگان در خصوص روش‌های صحیح ورود و خروج از کابین و نظارت مستمر بر شرایط دسترسی، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش آسیب‌ها و بهبود ایمنی شغلی داشته باشد. توجه ویژه به این بخش از ماشین‌آلات سنگین، باید به عنوان یکی از اولویت‌های اصلی در برنامه‌های بهبود شرایط کاری لحاظ گردد.

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، آموزش‌های ارگونومی و تمرینات فیزیکی منظم می‌تواند به کاهش میزان درد و اختلالات اسکلتی- عضلانی در رانندگان کمک کند. رانندگانی که تحت برنامه‌های آموزشی و ورزشی قرار گرفتند، تجربه

https://hsr.mui.ac.ir
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]
[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1676]

درد کمتری داشتند و کیفیت زندگی بهتری دارند. نتایج مطالعه Hoe و همکاران نشان داد که آموزش‌های ارگونومی می‌تواند نقش مهمی در پیشگیری از اختلالات اسکلتی- عضلانی در کارکنان اداری ایفا کند (۳۱) که با یافته‌های تحقیق حاضر همخوانی داشت و این مطابقت می‌تواند ناشی از تأثیر جهانی آموزش‌های ارگونومی بر بهبود پوسچر و کاهش فشارهای عضلانی باشد؛ هرچند جامعه هدف متفاوت بوده است (کارکنان اداری در مقابل رانندگان صنعتی). این امر نشان می‌دهد که اصول آموزش ارگونومی قابلیت تعمیم بالایی دارند. این نتایج بر ضرورت طراحی برنامه‌های جامع آموزشی و تمرینی برای رانندگان تأکید دارد که می‌تواند بخشی از راهکارهای کنترل اختلالات در حوزه کاری آن‌ها باشد. آموزش‌های ارگونومی و انجام تمرینات ورزشی منظم به عنوان راهکارهای پیشگیرانه مؤثر، می‌توانند شیوع و شدت اختلالات اسکلتی- عضلانی را در رانندگان به طور چشمگیری کاهش دهند. آموزش رانندگان درباره وضعیت‌های صحیح نشستن، حرکات مناسب و روش‌های کاهش فشارهای مکانیکی همراه با تقویت عضلات پشتیبان ستون فقرات از طریق ورزش‌های تخصصی، می‌تواند به بهبود عملکرد و کاهش دردهای مزمن کمک کند. طراحی برنامه‌های آموزشی و تمرینی جامع با حمایت سازمانی و استفاده از فن‌آوری‌های نوین، راهکاری کلیدی در حفظ سلامت نیروی کار و افزایش بهره‌وری محسوب می‌شود.

در مجموع، همخوانی نتایج پژوهش حاضر با بخش قابل توجهی از یافته‌های مطالعات پیشین نشان می‌دهد که مشکلات ارگونومیک رانندگان ماشین‌آلات سنگین پدیده‌ای جهانی است و به طور عمده از طراحی ناکارامد صندلی و و تجهیزات ماشین‌آلات ناشی می‌شود. تفاوت‌های مشاهده شده نیز احتمالاً ناشی از تفاوت در نوع ماشین‌آلات، شرایط کاری و میزان آموزش ارگونومی در بین کشورها است.

مطالعه حاضر با وجود ارایه نتایج ارزشمند، با چندین محدودیت مواجه بود که باید در تفسیر یافته‌ها به آن‌ها توجه شود. یکی از اصلی‌ترین محدودیت‌ها، عدم همکاری کامل برخی رانندگان در تکمیل پرسش‌نامه‌ها و شرکت در مراحل ارزیابی بود. این مسأله ممکن است باعث ایجاد سوگیری نمونه‌گیری و کاهش دقت نتایج شود. با وجود تلاش برای آگاهی‌بخشی به رانندگان درباره اهمیت تحقیق و پیامدهای آن، برخی از آن‌ها به دلایل مختلف از جمله نگرانی‌های شخصی، زمان محدود یا بی‌اعتمادی به هدف پژوهش، همکاری لازم را نداشتند. علاوه بر این، مطالعه به صورت مقطعی انجام شد که امکان بررسی روابط علت و معلولی بین عوامل ارگونومیک و اختلالات اسکلتی- عضلانی را محدود می‌کند. به منظور درک بهتر دینامیک بروز مشکلات و تأثیر متقابل عوامل مختلف، انجام تحقیقات طولی با پیگیری بلندمدت توصیه می‌شود. در نهایت، ویژگی‌های خاص محیط کاری معادن و نوع دامپ‌تراک‌های مورد استفاده ممکن است محدودیت‌هایی در تعمیم نتایج به سایر صنایع و کشورها ایجاد کند. بنابراین، توصیه می‌شود پژوهش‌های مشابه در شرایط و محیط‌های کاری متفاوت انجام شود تا قابلیت تعمیم نتایج افزایش یابد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ارگونومی مشارکتی می‌تواند به عنوان رویکرد مؤثری در جهت کاهش شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی در رانندگان دامپ‌تراک مورد استفاده قرارگیرد. اجرای مداخلات ارگونومیک از جمله آموزش وضعیت‌های صحیح بدنی و به کارگیری وسایل کمک حمایتی، موجب بهبود قابل توجه وضعیت پوسچر رانندگان و کاهش نمرات RULA گردید. همچنین، میزان شیوع درد در نواحی مختلف بدن به ویژه کمر و گردن، پس از مداخلات به طور معنی‌داری کاهش یافت. یافته‌ها نشان داد که توجه به طراحی ارگونومیک تجهیزات، بهبود شرایط دسترسی به کابین و اجرای برنامه‌های آموزشی و تمرینی منظم، نقش کلیدی در ارتقای سلامت شغلی، کاهش خستگی و افزایش بهره‌وری رانندگان دارد. در مجموع، اتخاذ رویکردهای پیشگیرانه مبتنی بر اصول ارگونومی مشارکتی، می‌تواند گام مؤثری در جهت بهبود شرایط کاری و کاهش آسیب‌های اسکلتی- عضلانی در صنایع معدنی محسوب شود.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از طرح تحقیقاتی با شماره ۴۰۱۰۰۰۰۲۳، مصوب دانشکده علوم پزشکی سیرجان می‌باشد. بدین وسیله از شرکت‌کنندگانی که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Limaei SM. Evaluation of some ergonomic indicators of primary wood transportation machines in Hyrcanian forests logging. 2019.
2. Hämäläinen P, Takala J, Kiat TB. Global estimates of occupational accidents and work-related illnesses 2017. World. 2017; 2017: 3-4.
3. Duarte J, Baptista JS, Marques AT. Evidence of occupational accidents with equipment in mining–a systematic review protocol. International Journal of Occupational and Environmental Safety. 2018; 2(2): 84-8.
4. de Arruda AFV, Gontijo LM. Application of ergonomics principles in underground mines through the Occupational Safety and Health Management System–OSHMS OHSAS 18.001: 2007. Work. 2012; 41(S1): 4460-7.
5. Jamalizadeh Z, Asivandzadeh E, Zare K, Nazifipour M, Yari P. Can exposure to whole body vibration in operators of construction vehicles affect the prevalence of musculoskeletal disorders? A research study in construction projects. J Occup Hyg Eng. 2020; 6(4): 41-9.
6. Häggström C, Lindroos O. Human, technology, organization and environment–a human factors perspective on performance in forest harvesting. International Journal of Forest Engineering. 2016; 27(2): 67-78.
7. Horberry T, Burgess-Limerick R, Steiner LJ. Human factors for the design, operation, and maintenance of mining equipment: CRC Press; 2016.
8. Schettino S, Campos JCC, Minette LJ, Souza APd. Precarização do trabalho: riscos ergonômicos aos operadores

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1676]

de máquinas adaptadas para colheita florestal. Revista Árvore. 2017; 41: e410109.
9. Mathesan K, Mohan A, Visagavel K, Deepakraja V, Balaji P, Selvakumar A. Study and Analysis of Body Postures Using Ergonomic Assessment Tools in Drilling Operations. J Saf Eng. 2015; 2(1): 28-42.
10. Keyserling WM, Brouwer M, Silverstein BA. A checklist for evaluating ergonomic risk factors resulting from awkward postures of the legs, trunk and neck. International Journal of Industrial Ergonomics. 1992; 9(4): 283-301.
11. Nguyen Thu Ha NTH. The need to consider and improve occupational health and safety for drivers. 2013.
12. Abere G, Yenealem DG, Worede EA. Prevalence and associated factors of low back pain among taxi drivers in Gondar City, Northwest Ethiopia: a community-based cross-sectional study. BMJ open. 2023; 13(5): e069631.
13. Khandan M, Koohpaei A, Kohansal Aghchay M, Ebrahimi MH, Khammar A, Arsang Jang S, et al. Assessing the factors predicting work-related musculoskeletal disorders among Iranian port's personnel using regression model. Iranian Rehabilitation Journal. 2017; 15(4): 309-16.
14. Lis AM, Black KM, Korn H, Nordin M. Association between sitting and occupational LBP. European spine journal. 2007; 16(2): 283-98.
15. Pickard O, Burton P, Yamada H, Schram B, Canetti EF, Orr R. Musculoskeletal disorders associated with occupational driving: a systematic review spanning 2006–2021. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022; 19(11): 6837.
16. Chehreghani S, Gheybi MJ, Musazadeh S, Taghavi B. Evaluation of Human Factors of Mining and Construction Transportation Machines Using a Checklist of Ergonomic Indicators. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2022; 9(1): 1-11.
17. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sørensen F, Andersson G, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. Applied ergonomics. 1987; 18(3): 233-7.
18. Mokhtarinia H, Shafiee A, Pashmdarfard M. Translation and localization of the Extended Nordic Musculoskeletal Questionnaire and the evaluation of the face validity and test-retest reliability of its Persian version. Iranian Journal of Ergonomics. 2015; 3(3): 21-9.
19. Mijatovic D. Handbook on participatory ergonomics. Ontario, Canada: Occupational Health Clinics for Ontario Workers Inc. 2005.
20. Niku SB. Creative design of products and systems. Globalization. 2009; 6: 3-10.
21. McAtamney L, Corlett N. Rapid upper limb assessment (RULA). Handbook of human factors and ergonomics methods: CRC Press; 2004. p. 86-96.
22. Asadi N, Choobineh A, Keshavarzi S, Daneshmandi H. Estimation of forces exerted on the lower back in manual load lifting using 3DSSPP software. Iranian Journal of Ergonomics. 2015; 2(4): 25-31.
23. Yarmohammadi H, Niksima SH, Yarmohammadi S, Khammar A, Marioryad H, Poursadeqiyan M. Evaluating the prevalence of musculoskeletal disorders in drivers systematic review and meta-analysis. J Heal Saf Work. 2019; 9(3).
24. Eger T, Stevenson J, Callaghan JP, Grenier S, VibRg. Predictions of health risks associated with the operation of load-haul-dump mining vehicles: Part 2—Evaluation of operator driving postures and associated postural loading. International Journal of Industrial Ergonomics. 2008; 38(9): 801-15.
25. MASIH TM, Yahyaei R. Reduction of fore-aft vibration to truck's driver by tunning the seat backrest. 2017.
26. Zhang X. Measurement and modelling of seating dynamics to predict seat transmissibility: University of Southampton; 2014.
27. Allahyari T, Semsar B, Khalkhali H, Azghani MR. Impact of car seat on erector spinae muscles activity, fatigue and discomfort. Iran Occupational Health Journal. 2017;14(4):141–32.
28. Spasojević Brkić V, Misita M, Papić N, Brkić A, Perišić M. Ergonomic Adjustment Needs of Transport and Mining Machines: A Preliminary Study of Operators' Attitudes in Serbia. Human Factors and Systems Interaction. 2024; 154: 1-11.
29. Sharifi Z, Osqueizadeh R, Tabatabai Ghomshe SF. Ergonomic Redesign of Industrial Chair. Iranian Journal of Ergonomics. 2015; 3(1): 1-9.
30. Mayton AG, Porter WL, Xu XS, Weston EB, Rubenstein EN. Investigation of human body vibration exposures on haul trucks operating at U.S. surface mines/quarries relative to haul truck activity. Int J Ind Ergon. 2018; 64: 188-98.
31. Hoe V, Urquhart D, Kelsall H, Zamri EN, Sim M. Ergonomic interventions for preventing work-related musculoskeletal disorders of the upper limb and neck among office workers. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2018; 10.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1676]