University of Tehran

Journal of Forest and Wood Products

Online ISSN: 2383-0530

Home Page: https://jfwp.ut.ac.ir

Assessment of occupational risk factors in the manual loading workplace using biomechanical assessment methods (REBA and PLIBEL) in a poplar plantation

Niayesh Khajavi[1] | Meghdad Jourgholami[2*] | Baris Majnounian[3]

1. Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: khajavi1340@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: mjgholami@ut.ac.ir
3. Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: bmajnoni@ut.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 09 March 2025
Revised: 05 June 2025
Accepted: 05 July 2025
Published online: 10 June 2026

Keywords:
Body assessment (REBA),
Body map,
Musculoskeletal disorders,
Occupational risk factor,
Work assessment (PLEBIL).

ABSTRACT

Introduction: Manual loading of logs in poplar plantations chronically exposes workers to hazardous biomechanical factors such as awkward postures, heavy load lifting and carrying, and repetitive motions. A substantial body of evidence confirms the strong association between these factors and the development of work-related musculoskeletal disorders (WMSDs). However, a systematic ergonomic assessment of these occupational risk factors in this specific forestry sub-sector remains under-addressed. The primary objective of this study was to comprehensively analyze the work environment and working postures during manual loading operations using complementary ergonomic risk assessment tools, aiming to identify, prevent, and control biomechanical stresses imposed on workers, thereby reducing occupational injury rates and improving workforce health, safety, and productivity.

Method: This cross-sectional study was conducted in two compartments of the Tanian poplar plantation in Soumeh Sara, Guilan Province, Iran. The study population consisted of 40 male workers engaged in manual loading operations, with a mean age of 45 years, a mean height of 170 cm, and a mean work experience of 19 years. Workers manually handled logs with an average weight of 49.68 kg across three core tasks: lifting, carrying, and truck loading. Three complementary methods were employed: 1) The Body Map questionnaire was used to determine the 12-month prevalence and bodily distribution of musculoskeletal discomfort across nine body regions. 2) The PLIBEL ergonomic workplace assessment checklist identified primary ergonomic risk factors, including awkward postures, repetitive movements, and deficient workstation and tool design, linked to specific body areas. 3) The Rapid Entire Body Assessment (REBA) method was applied to biomechanically analyze postures during each of the three tasks. In REBA, scores for Group A segments (trunk, neck, legs) and Group B segments (upper arm, forearm, wrist) were computed for each task, followed by the integration of force/load scores (exceeding 10 N in all tasks), coupling quality, and activity type to determine the final REBA score and corresponding risk level. Joint angles were measured using a digital goniometer and video analysis. Statistical analyses were performed using Kolmogorov-Smirnov, Levene, and Kruskal-Wallis tests in SPSS version 23.

Results: Body Map data revealed that 43.33% of workers reported musculoskeletal symptoms in at least one body region. The highest prevalence was in the lower back (72.5%), spine (70%), and equally in the wrist, arm, and knee regions (47.5% each), whereas the thigh showed the lowest prevalence (12.5%). A significant difference in symptom prevalence across body regions was confirmed (P=0.02). The PLIBEL assessment identified the presence of "inappropriate workspace and tool design," "forward bending and twisting of the trunk," and "repetitive movements" as primary risk factors, predominantly affecting the neck, shoulder, trunk, wrist, forearm, and upper arm. Biomechanical analysis using REBA revealed a very high-risk profile for manual loading operations. The overall mean REBA score was 11.5, corresponding to a very high-risk level necessitating immediate corrective action (Action Level 4). Task-specific scores were 14 for lifting, 11 for carrying, and 9.5 for truck loading, classified as very high and high risk, respectively. The highest REBA scores per body part were assigned to the trunk during lifting, the neck and wrist during lifting and carrying, and the legs and upper arm during lifting.

Conclusion: The findings conclusively demonstrate that manual loading workers in this poplar plantation are exposed to an unacceptable level of biomechanical risk factors, making immediate ergonomic interventions imperative to prevent WMSDs. Corrective measures must be implemented across three domains: engineering controls (workstation redesign to eliminate floor-level loading and reduce load weight), administrative controls (job rotation, increased rest breaks, and systematic training in proper manual handling techniques), and personal protective equipment (e.g., knee pads). Ergonomically optimizing the loading process will not only safeguard worker health but also enhance productivity and contribute to sustainable development in forestry.

Cite this article: Khajavi, N., Jourgholami, M., Majnounian, B. (2026). Assessment of occupational risk factors in the manual loading workplace using biomechanical assessment methods (REBA and PLIBEL) in a poplar plantation. *Journal of Forest and Wood Products*, 79 (1), 95-107. DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2025.390050.1333

© The Author(s) **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfwp.2025.390050.1333

دانشگاه تهران

نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب

سایت نشریه: https://jfwp.ut.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۰۵۳۰-۲۳۸۳

ارزیابی ریسک فاکتورهای شغلی در محیط کار بارگیری دستی با استفاده از روش‌های ارزیابی بیومکانیکی (REBA و PLIBEL) در جنگلکاری صنوبر

نیایش خواجوی[۱] | مقداد جورغلامی[۲*] | باریس مجنونیان[۳]

۱. گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: khajavi1340@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: mjgholami@ut.ac.ir

۳. گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: bmajnoni@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۲۰

کلیدواژه:
اختلالات اسکلتی–عضلانی، ارزیابی بدن (REBA)، ارزیابی کار (PLIBEL)، ریسک فاکتور شغلی، نقشهٔ بدن.

چکیده

مقدمه: عملیات بارگیری دستی گرده‌بینه در جنگلکاری‌های صنوبر، کارگران را به‌طور مداوم در معرض عوامل مخاطره‌آمیز بیومکانیکی نظیر وضعیت‌های بدنی نامناسب، بلندکردن و حمل بارهای سنگین و حرکات تکراری قرار می‌دهد. شواهد علمی متعددی ارتباط این عوامل را با توسعه و شیوع اختلالات اسکلتی–عضلانی مرتبط با کار تأیید کرده‌اند. با این وجود، ارزیابی نظام‌مند این ریسک فاکتورها در این بخش از جنگلداری کمتر مورد توجه بوده است. بنابراین، هدف اصلی این مطالعه، تجزیه‌وتحلیل دقیق محیط کار و پوسچرهای کاری در فعالیت بارگیری دستی با استفاده از روش‌های ارگونومیک ارزیابی خطر به‌منظور شناسایی، پیشگیری و کنترل تنش‌های بیومکانیکی وارد بر کارگران، کاهش نرخ آسیب‌های شغلی و در نهایت بهبود سلامت، ایمنی و بهره‌وری نیروی کار است.

روش پژوهش: این پژوهش به‌صورت مقطعی در دو سری از اراضی جنگل‌کاری صنوبر تنیان واقع در شهرستان صومعه‌سرا، استان گیلان انجام شد. جامعهٔ مورد مطالعه را ۴۰ نفر از کارگران مرد شاغل در عملیات بارگیری دستی با میانگین سنی ۴۵ سال، میانگین قد ۱۷۰ سانتی‌متر و میانگین سابقه کار ۱۹ سال تشکیل دادند. این کارگران گرده‌بینه‌هایی با میانگین وزنی ۴۹/۶۸ کیلوگرم را طی سه وظیفهٔ اصلی «بلند کردن بار»، «حمل دستی بار» و «بارگیری روی کامیون» جابه‌جا می‌کردند. برای دستیابی به اهداف تحقیق، از سه روش مکمل استفاده شد: ۱) روش نقشهٔ بدن برای تعیین شیوع و محل احساس درد و ناراحتی در ۹ ناحیهٔ بدن طی یک سال گذشته. ۲) روش ارزیابی ارگونومیکی محیط کار PLIBEL برای شناسایی اولیهٔ عوامل خطر ارگونومیکی (طراحی نامناسب ایستگاه کار، حرکات تکراری و وضعیت‌های بدنی نامطلوب) در هر ناحیهٔ بدن. ۳) روش ارزیابی سریع کل بدن REBA برای تحلیل بیومکانیکی پوسچرهای کاری در هر یک از وظایف سه‌گانه. در روش REBA، وضعیت اندام‌های گروه A (تنه، گردن، پاها) و گروه B (بازو، ساعد، مچ دست) حین انجام هر وظیفه امتیازدهی شده و با اضافه‌کردن امتیاز نیروی وارده (بیش از ۱۰ نیوتن در تمام وظایف)، کیفیت چنگش و نوع فعالیت، نمرهٔ نهایی REBA محاسبه و سطح خطر تعیین شد. اندازه‌گیری زوایای بدن با زاویه‌سنج دیجیتال و پردازش تصاویر ویدئویی ثبت شده انجام شد. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون‌های کولموگروف–اسمیرنوف، لون و کروسکال–والیس در نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۳ انجام شد.

یافته‌ها: نتایج روش نقشهٔ بدن نشان داد که ۴۳/۳۳ درصد از کارگران حداقل در یک ناحیه از بدن دچار علائم اختلالات اسکلتی–عضلانی بوده‌اند. بیشترین شیوع به ترتیب در ناحیهٔ کمر (۷۲/۵ درصد)، ستون فقرات (۷۰ درصد) و به‌طور مشترک در نواحی مچ دست، بازو و زانو (۴۷/۵ درصد) مشاهده شد، در حالی‌که ران (۱۲/۵ درصد) کمترین میزان را داشت. آزمون کروسکال–والیس نیز وجود تفاوت معنی‌دار در شیوع اختلالات میان اندام‌های مختلف را تأیید کرد. براساس ارزیابی PLIBEL، وجود ریسک فاکتورهای «طراحی نامناسب محیط و ابزار کار»، «خمش و چرخش مکرر تنه» و «حرکات تکراری» تأیید شد که عمدتاً نواحی گردن، شانه، تنه، مچ دست، ساعد و بازو را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تحلیل‌های بیومکانیکی با روش REBA، سطح خطر بسیار بالایی را برای فعالیت بارگیری دستی نمایان ساخت. میانگین نمره نهایی REBA برای کل فرایند کاری ۱۱/۵ به دست آمد که در سطح اقدام اصلاحی فوری (سطح ۴) قرار می‌گیرد. تفکیک وظایف نشان داد نمرهٔ REBA برای بلند کردن بار ۱۴، برای حمل دستی بار ۱۱ و برای بارگیری روی کامیون ۹/۵ می‌باشد که همگی به‌ترتیب در سطوح خطر «بسیار بالا» و «بالا» طبقه‌بندی می‌شوند. بالاترین امتیازهای REBA به تفکیک اندام‌ها به تنه در وظیفهٔ بلند کردن، گردن و مچ دست در وظایف بلند کردن و حمل، و پاها و بازو در وظیفه بلند کردن تعلق گرفت.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه به‌طور قاطع نشان می‌دهد که کارگران بارگیری دستی در جنگلکاری صنوبر در معرض سطح غیرقابل قبولی از ریسک فاکتورهای بیومکانیکی قرار دارند و مداخلات ارگونومیک فوری برای پیشگیری از آسیب‌های اسکلتی–عضلانی ضروری است. اقدامات اصلاحی باید در سه سطح مهندسی (بازطراحی ایستگاه کار و کاهش وزن بار)، مدیریتی (گردش شغلی، افزایش زمان استراحت و آموزش تکنیک‌های صحیح حمل بار) و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی (نظیر زانوبند) برنامه‌ریزی و اجرا شوند. بهبود طراحی ارگونومیک فرایند بارگیری، ضمن حفظ سلامت شاغلین، به افزایش بهره‌وری و تحقق توسعه پایدار در بخش جنگل‌داری کمک خواهد کرد.

استناد: خواجوی؛ نیایش، جورغلامی؛ مقداد، مجنونیان؛ باریس (۱۴۰۵). ارزیابی ریسک فاکتورهای شغلی در محیط کار بارگیری دستی با استفاده از روش‌های ارزیابی بیومکانیکی (REBA و PLIBEL) در جنگلکاری صنوبر. *نشریهٔ جنگل و فرآورده‌های چوب*، ۷۹ (۱)، ۱۰۷-۹۵. DOI: https://10.22059/jfwp.2025.390050.1333

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

https://doi.org/10.22059/jfwp.2025.390050.1333

۱. مقدمه

عملیات حمل دستی بار در محیط‌های کاری سراسر دنیا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه به‌دلیل مکانیزه نبودن فرآیندها تقریباً اجتناب‌ناپذیر می‌باشد و فشارهای استرس‌زای قابل‌توجه و شرایط غیرارگونومیکی را برای کارگران به‌همراه دارد [۱]. عوامل استرس‌زای شغلی با عملکرد شغلی رابطهٔ معکوس دارند [۲]. این عوامل نیز نه تنها در بهره‌وری و تولید کار [۳]، بلکه در سلامت و ایمنی شغلی کارگران نیز مضر و تأثیرگذار هستند [۴]. به‌طوری که عدم آگاهی از اهمیت کنترل خطر، به‌طور بالقوه خطرات و حوادث کاری را افزایش می‌دهد [۵]. کار سنگین در صنعت جنگلداری، منجر به خستگی زیاد، قدرت فکری ضعیف [۶]، عملکرد حرکتی ضعیف [۷] و در نتیجه منجر به خطا و حوادث جبران‌ناپذیر در محیط‌های کار می‌شود [۸]. براساس برآورد سازمان بین‌المللی کار (ILO)[1] سالانه حدود ۳۱۷ میلیون حادثه در محل کار رخ می‌دهد [۹] که روزانه ۶۳۰۰ نفر و هر سال بیش از ۲ میلیون نفر در اثر حوادث و بیماری‌های مرتبط با کار جان خود را از دست می‌دهند [۱۰]. به‌دلیل عوامل زیادی از قبیل: کار در زمین‌های پرشیب و ناهموار، کار در آب‌وهوای نامساعد و متغیر، ضرورت کار روزانه، مصرف زیاد انرژی، شدت و سختی کار ایستا و بی‌حرکت، حمل دستی بارهای سنگین، خمش‌ها، زانوزدن‌ها و ایستادن‌های پرتکرار، فعالیت‌های جنگلداری به‌عنوان مقولهٔ کار سخت و به‌عنوان گروه پرخطر در رده‌بندی گروه‌های خطر ایمنی و بهداشت حرفه‌ای کار، توسط سازمان بین‌المللی کار طبقه‌بندی شده است [۱۱]. Yovi و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که کارگران حمل دستی بار در جنگل، ۶۰ کیلوگرم گرده‌بینه را بدون وسایل بالابر، به‌صورت دستی حمل می‌کنند که این امر سبب افزایش شیوع و بروز بیماری‌های اسکلتی–عضلانی به‌صورت چشمگیری در این کارگران می‌شود [۱۲]. وضعیت بدنی نامطلوب (خم‌شدن، چرخیدن)، اعمال نیروی زیاد (جابه‌جایی، بلند کردن بار) و تکرار حرکت (دسترسی مکرر بلند کردن و حمل کردن) از مهمترین عوامل بیومکانیکی مؤثر در وقوع آسیب‌های اسکلتی–عضلانی می‌باشد [۱۳]. مطالعات انجام شده نشان دادند که در بین عوامل مخاطره‌آمیز شیوع و بروز اختلالات اسکلتی–عضلانی مرتبط با کار، عوامل بیومکانیکی مهمترین عوامل خطر محسوب می‌شود [۱۴]. توجه دانش ارگونومی به ارزیابی بیومکانیکی کار، عمدتاً به‌علت یافته‌ها و نتایج مطالعاتی است که مکرراً نشان‌دهندهٔ مشکلات مربوط به بهداشت و سلامت کارگران جنگل، از نظر توسعهٔ اختلالات اسکلتی–عضلانی می‌باشد [۱۵]. روش ارزیابی ارگونومیکی (REBA) یکی از تکنیک‌های پیشرفته و مفید در ارزیابی ریسک‌های ارگونومیکی در محیط کار است که به افراد کمک می‌کند تا با استفاده از تجزیه‌وتحلیل دقیق وضعیت‌های بدنی کارگران مشکلات ارگونومیکی را شناسایی و تحلیل کنند و آسیب‌های اسکلتی–عضلانی ناشی از کارهای فیزیکی نامناسب را کاهش دهد. در نهایت استفاده از این روش می‌تواند منجر به ایجاد یک محیط کاری سالم‌تر و ایمن‌تر شود. Yovi و Pradjawati (۲۰۱۵) دریافتند؛ عملیات فشرده و نیمه‌مکانیزهٔ جنگل در اندونزی، تأثیر منفی بر سلامت و ایمنی کارگران داشته است. در یک کار نیم‌روزه، یک گروه از کارگران حمل بار (چهار کارگر)، تقریباً ۴/۵ مترمکعب از کنده‌های بزرگ را با استفاده از ابزارهای کمکی ساده مانند: میله، قلاب و اهرم روی یک کامیون حمل می‌کنند. این امر نشان‌دهندهٔ آن است که به‌طور متوسط، روزانه بیش از یک تن بار توسط یک کارگر حمل می‌شود و سبب بروز و شیوع بسیار بالا و نگران کنندهٔ اختلالات اسکلتی–عضلانی در کارگران می‌شود. طبق ارزیابی روش REBA، این فعالیت در سطح خطر بسیار بالا قرار دارد و نیاز به اعمال تغییرات فوری دارد [۱۴]. هدف از این پژوهش ارزیابی ارگونومیکی محیط کار جهت شناسایی ریسک فاکتورهای شغلی و ارزیابی بیومکانیکی فعالیت بارگیری دستی جهت کاهش و کنترل عوامل مخاطره‌آمیز بیومکانیکی در محیط کار و پیشگیری از بیماری‌های اسکلتی–عضلانی در کارگران این نوع فعالیت در بخش جنگلداری می‌باشد تا با استفاده از دانش تخصصی ارگونومی به بهبود وضعیت سلامتی و ایمنی کارگران کمک کنیم، همچنین پرورش نیروی سالم که محور توسعهٔ پایدار در هر کشوری به‌شمار می‌آید، پیشرفت و توسعهٔ همه‌جانبه‌ای را در محیط کار فراهم می کند. بر این اساس، کار باید انتظارات کارگران را برآورده سازد و هیچ گونه تأثیر منفی، بر سلامت آنها نداشته باشد و زندگی مساعدی را در دوران بازنشستگی از کار، برای آن‌ها فراهم سازد. بنابراین تعهد جامعهٔ ارگونومی شغلی، ارائهٔ دانش تخصصی و ابزار ارگونومیک به شکلی مفید، جهت ارائهٔ بازدهی کاری مناسب است به‌طوری که خطرات محیط کار، سختی‌ها، فشارها، مضرات، سطح بیماری‌ها و حوادث مرتبط با کار را کاهش دهد.

[1] International Labour Organization

۲. مواد و روش‌ها

۲–۱. منطقهٔ مورد پژوهش

این پژوهش در سری‌های ۱ و ۲ تنیان در حومهٔ شهرستان صومعه‌سرا در استان گیلان واقع در شمال کشور ایران انجام شد (شکل ۱). آب‌وهوای منطقهٔ مورد مطالعه مرطوب و معتدل با میانگین دمای ۱۵/۹۷ درجهٔ سانتی‌گراد، میانگین رطوبت نسبی ۸۲/۳ درصد، میانگین بارندگی سالیانه ۹۸۹/۷ میلی‌متر و ارتفاع از سطح دریا ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر است. بیشترین میزان بارندگی سالیانه در فصل پاییز و ماه مهر و کمترین میزان بارندگی سالیانه در فصل تابستان و تیر ماه رخ می‌دهد. منطقهٔ مورد پژوهش در اراضی کم شیب و یا فاقد شیب واقع شده و دارای مساحت کل ۵۴۰/۹۲ هکتار است [۱۳].

شکل ۱. نمایی از موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه در شهرستان صومعه‌سرای استان گیلان

۲–۲. روش پژوهش

جامعهٔ مورد مطالعه در این پژوهش شامل ۴۰ نفر از کارگران شاغل به فعالیت بارگیری دستی گرده‌بینه بود که گرده‌بینه‌هایی با میانگین قطر ۲۹/۱۲ سانتی‌متر، میانگین طول ۲/۱۵ سانتی‌متر و میانگین وزن ۴۹/۶۸ کیلوگرم را در طی وظایف کاری شامل بلند کردن بار، حمل بار به کنار کامیون و بارگیری گرده‌بینه با استفاده از دست به کامیون بنز مدل ۱۹۲۱ حمل می‌کردند (شکل ۲).

شکل ۲. مراحل فرآیند کاری کارگران شاغل در عملیات بارگیری دستی

کارگران مورد مطالعه در این تحقیق، دارای میانگین سن ۴۵ سال، میانگین قد ۱۷۰ سانتی‌متر، میانگین وزن ۷۵ کیلوگرم و میانگین سابقهٔ کاری ۱۹ سال بودند. به‌منظور تعیین محل بروز اختلالات اسکلتی–عضلانی در افراد مورد مطالعه، از آنان درخواست شد تا با استفاده از نقشهٔ بدن[1]، نواحی دارای درد یا ناراحتی را مشخص کنند. لازم به ذکر است در این مرحله، جهت درک آسان‌تر و پاسخ‌دهی بهتر شرکت‌کنندگان، راهنمایی‌های لازم به افراد داده شد. به‌منظور رعایت ملاحظات اخلاقی و احترام به حقوق

[1] Body Map

شرکت‌کنندگان، پژوهشگر اصلی محرمانه بودن اطلاعات جمع‌آوری‌شده را تضمین کرد و به افراد اطمینان داد که داده‌های حاصل صرفاً برای اهداف این پژوهش استفاده خواهد شد [۱۳]. جهت تجزیه‌وتحلیل بیومکانیکی افراد مورد مطالعه از مشاهدات مستقیم مشاهده‌گر (قلم–کاغذی)، مشاهدات غیرمستقیم (فیلم‌برداری و عکس‌برداری) با استفاده از دوربین دیجیتال مدل H264 با محدودهٔ بزرگنمایی ۱۵ تا ۲۰ برابر و فاصلهٔ کانونی ۹/۸ میلی‌متر، نرم‌افزارها، چک‌لیست‌ها، دیاگرام‌ها، پوسچر کدها و جداول امتیازبندی شده استفاده شد [۱۴]. جهت اندازه‌گیری مقدار دقیق نیرو از دستگاه نیروسنج مدل EH-101 با واحد اندازه‌گیری نیوتن استفاده شد. جهت اندازه‌گیری زمان از دستگاه زمان‌سنج مدل HS43 با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱ ثانیه استفاده شد. اندازه‌گیری زاویهٔ بدن با استفاده از دستگاه زاویه‌سنج مدل KWS15 با دقت اندازه‌گیری یک درجه انجام شد. جهت ارزیابی اولیه از عوامل خطر ارگونومیکی در محیط کار یا شناسایی ریسک فاکتورهای شغلی از روش PLIBEL استفاده شد. این روش با استفاده از تکمیل چک‌لیست بازرسی PLIBEL به‌همراه پرسش‌هایی در مورد نواحی نه‌گانهٔ بدن از کارگران انجام شد. ارزیابی‌های انجام شده اغلب بر وظایفی از شغل بارگیری که در بیشتر ساعات کاری انجام می‌شود و یا وظایفی که احتمال ایجاد حداکثر اختلالات اسکلتی–عضلانی در کارگران وجود دارد متمرکز بود [۱۰]. جهت ارزیابی خطرات اختلالات اسکلتی–عضلانی در کل بدن کارگران بارگیری دستی در جنگل، از روش بیومکانیکی REBA استفاده شد. در این روش، اندام‌های بدن در دو گروه طبقه‌بندی شدند: گروه A شامل تنه، گردن و پاها با ۶۰ وضعیت بدنی ترکیبی و گروه B شامل بازو، ساعد و مچ دست با ۳۶ وضعیت بدنی ترکیبی. در گروه A با ارزیابی وضعیت اندام‌های تنه، گردن و پاها امتیاز اعضا براساس جدول REBA تعیین و امتیاز مربوط به میزان نیروی وارده شده به بدن حین انجام وظایف (بلند کردن بار، حمل دستی و بارگیری) اضافه شد. در گروه B وضعیت اندام‌های (بازو، ساعد و مچ دست) با توجه به جداول REBA تعیین و امتیازبندی شد. سپس امتیاز مربوط به نحوهٔ جفت شدن دست‌ها و میزان چنگش دست‌ها به امتیاز گروه B اضافه شد. پس از مشخص شدن امتیازهای گروه‌های A و B و ترکیب امتیازات آنها جدول امتیاز C محاسبه شد. در مجموع با اضافه کردن امتیاز نوع فعالیت دسته‌بندی شده طبق جداول REBA به امتیاز جدول C، شاخص نهایی REBA محاسبه و به کمک آن سطح خطرات ارگونومیک و میزان ضرورت جهت انجام اصلاحات لازم تعیین شد. سطوح اولویت اقدامات اصلاحی پیشنهادی در این روش، ضرورت و اهمیت مداخلات ارگونومیکی را مشخص می‌کند.

۲–۳. تجزیه و تحلیل داده‌ها

نرمال بودن توزیع کلیهٔ داده‌ها با به‌کارگیری آزمون Kolmogorov-Smirnov انجام شد. جهت همگنی واریانس داده‌ها، از آزمون Levene استفاده شد. جهت بررسی میزان تفاوت شیوع اختلالات اسکلتی–عضلانی در اندام‌های مختلف بدن افراد مورد مطالعه با استفاده از روش نقشهٔ بدن از آزمون Kruskal-Wallis استفاده شد. کلیهٔ تحلیل‌های آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۳ انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

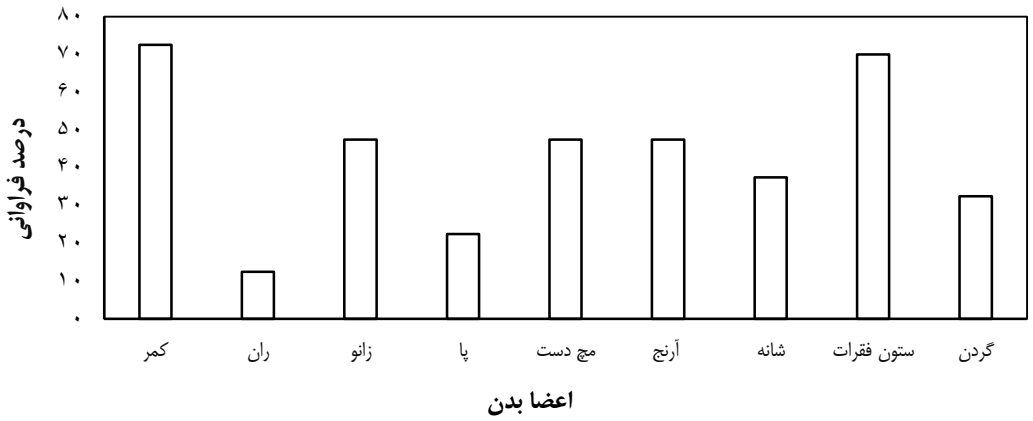
۳. نتایج و بحث

۱–۳. روش نقشهٔ بدن

نتایج به‌دست آمده پس از بررسی روش نقشهٔ بدن نشان داد در طی یک سال گذشته اختلالات اسکلتی–عضلانی در ۴۳/۳۳ درصد از کارگران فعالیت بارگیری دستی حداقل در یکی از اندام‌های نه‌گانهٔ بدن گزارش شد (جدول ۱). بیشترین میزان شیوع علائم اختلالات اسکلتی–عضلانی به‌ترتیب در نواحی کمر (۷۲/۵ درصد)، ستون‌فقرات (۷۰ درصد) و به‌میزان ۴۷/۵ درصد در نواحی مچ دست، بازو و زانو کارگران مشاهده شد و کمترین میزان اختلالات اسکلتی–عضلانی در نواحی ران (۵/۰ درصد) و پا–قوزک پا (۹/۰ درصد) گزارش شده است (شکل ۳). براساس نتایج جدول ۲، آزمون Kruskal-Wallis با مقدار آمارهٔ ۲۹/۰۱ و سطح معنی‌داری ۰/۰۲، اختلاف معنی‌داری را بین میزان شیوع اختلالات اسکلتی–عضلانی در نه ناحیهٔ مورد مطالعه از بدن کارگران جنگل نشان داد ($P<۰/۰۵$).

جدول ۱. میزان ناراحتی اختلالات اسکلتی–عضلانی در اندام‌های متفاوت بدن کارگران مورد مطالعه با استفاده از روش نقشهٔ بدن

اندام‌های بدن	تعداد	درصد فراوانی
گردن	۱۳	۳۲/۵
کمر	۲۹	۷۲/۵
شانه	۱۵	۳۷/۵
آرنج	۱۹	۴۷/۵
مچ دست	۱۹	۴۷/۵
پا	۹	۲۲/۵
زانو	۱۹	۴۷/۵
ران	۵	۱۲/۵
ستون‌فقرات	۲۸	۷۰
میانگین		۴۳/۳۳



شکل ۳. نمودار تفاوت شیوع اختلالات اسکلتی–عضلانی در اعضای مختلف بدن افراد مورد مطالعه با استفاده از روش نقشهٔ بدن

جدول ۲. تفاوت شیوع اختلالات اسکلتی–عضلانی در اندام‌های مختلف بدن افراد مورد مطالعه با استفاده از روش نقشهٔ بدن

اندام‌های بدن	تعداد	X^2	df	P-Value
ستون‌فقرات	۱۳			
گردن	۲۹			
شانه	۱۵			
آرنج	۱۹	۲۹/۰۱	۸	۰/۰۲*
دست – مچ دست	۱۹			
پا – مچ پا	۹			
زانو	۱۹			
ران	۵			
کمر	۲۸			

Safarzadeh و همکاران (۲۰۲۲) اذعان داشتند که بیشترین میزان شیوع اختلالات اسکلتی–عضلانی در ۷۵ درصد از کارگران بارگیری دستی، در ناحیهٔ مچ–دست و ۶۶/۷ درصد از کارگران، در ناحیهٔ شانه، آرنج، کمر و ستون‌فقرات از درد رنج می‌بردند [۶]. Dimou و همکاران (۲۰۲۰) بیشترین میزان شیوع و بروز اختلالات اسکلتی–عضلانی را در نواحی کمر، گردن و شانه گزارش کردند.

همچنین، Banibrata و همکاران (۲۰۱۵) بیشترین میزان اختلالات را در ناحیهٔ کمر و Minette و همکاران (۲۰۰۷) نواحی کمر و ستون فقرات را آسیب‌پذیرترین بخش‌های بدن در معرض بیماری‌های اسکلتی–عضلانی معرفی کردند [۱۶، ۱۷ و ۱۸]، که نتایج این مطالعات با یافته‌های پژوهش حاضر همسو است. درجهٔ مکانیزاسیون پایین و استفاده از روش‌های سنتی، فقدان دانش تخصصی ارگونومی، دستمزد پایین کارگران و اجبار به کار در شرایط محیطی نامناسب، از عوامل ایجاد اختلالات اسکلتی–عضلانی در کارگران می‌باشد. چرخش شغلی، کاهش ساعات کار، تغییر سیستم پرداخت دستمزد و آموزش تکنیک‌های اجرای صحیح کار به کارگران، می‌تواند به کاهش اختلالات اسکلتی–عضلانی در کارگران و همچنین کاهش تعداد حوادث مرتبط با کار کمک کند [۱۶].

۳–۲. روش ارزیابی ارگونومیکی محیط کار

جدول ۳ نتایج ارزیابی ارگونومیکی محیط کار کارگران مشغول به فعالیت بارگیری دستی در بخش جنگلداری را با استفاده از روش PLIBEL نشان می‌دهد.

جدول ۳. ارزیابی ارگونومیکی محیط کار با استفاده از روش (PLIBEL)

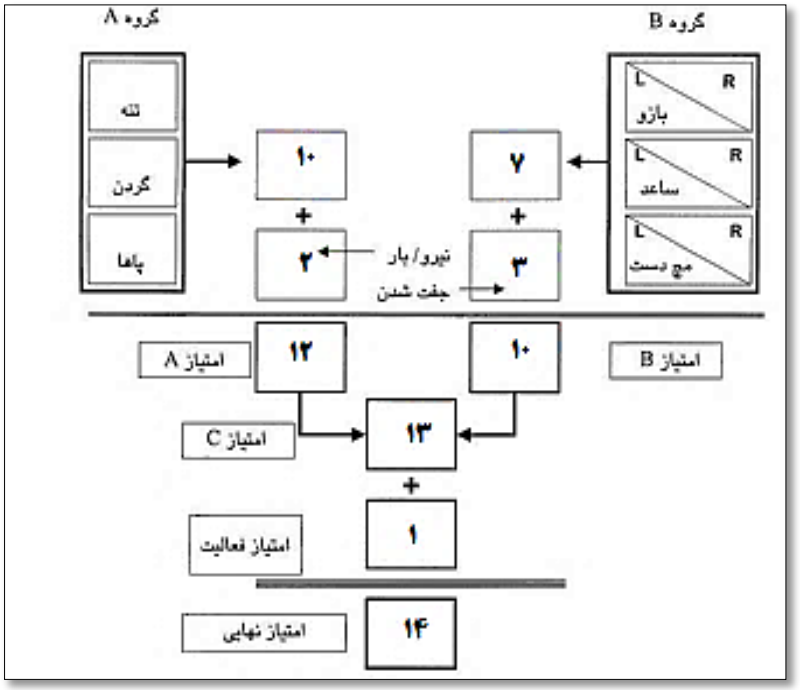
عوامل / اعضای بدن	محدودن بودن فضای کار	طراحی نامناسب کار	طراحی نامناسب ابزار	خمش به جلو	چرخش به اطراف	حرکات تکراری	حرکات چرخشی	وضعیت نامناسب است
گردن، شانه، بالا تنه	–	+	+	+	+	+	–	بله
مچ، ساعد، بازو	–	+	+	+	+	+	–	بله
پا–مچ پا	–	+	+	–	–	–	–	خیر
زانو، ران و لگن	–	+	+	+	–	–	–	خیر
نشیمنگاه	–	+	+	–	–	–	–	خیر

نتایج این روش نشان داد که عواملی مانند طراحی نامناسب و غیرارگونومیک محیط کار، وضعیت‌های بدنی نامناسب و حرکات تکراری در حین انجام فعالیت بارگیری دستی وجود دارد. وجود این عوامل موجب آسیب به سلامت نیروی کار، به‌ویژه سیستم اسکلتی–عضلانی، و کاهش بهره‌وری می‌شود. اندام‌هایی نظیر گردن، شانه، تنه، مچ دست، ساعد و بازو بیشتر در معرض مواجهه با ریسک فاکتورهای شغلی و ابتلا به بیماری‌های مرتبط با کار هستند. Roffey و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که محیط کار در فعالیت بارگیری دستی در بخش جنگلداری، کارگران را در معرض عوامل بیومکانیکی نامطلوب، از جمله وضعیت‌های بدنی نامناسب و حرکات تکراری، قرار می‌دهد. این امر موجب بروز کمردرد، شکستگی، ضرب‌دیدگی و سایر آسیب‌های اسکلتی–عضلانی شده و در نهایت باعث اتلاف زمان، افزایش غیبت از کار و کاهش بهره‌وری می‌شود. Yovi و همکاران (۲۰۰۶) و Boriboonsuksri و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند محیط‌های کاری غیرارگونومیک می‌توانند منجر به بروز اختلالات شدید اسکلتی–عضلانی در کارگران شوند و پیامدهایی مانند ناتوانی موقت یا دائم، غیبت از کار، مرخصی‌های طولانی‌مدت و کاهش بهره‌وری را به‌دنبال داشته باشند [۲، ۱۹ و ۲۰]. بنابراین، انجام مطالعات ارگونومیکی و اجرای مداخلات ارگونومیک در محیط کار، به‌منظور شناسایی و کاهش عوامل تهدیدکنندهٔ سلامت و ایمنی کارگران و نیز افزایش بهره‌وری، توصیه می‌شود.

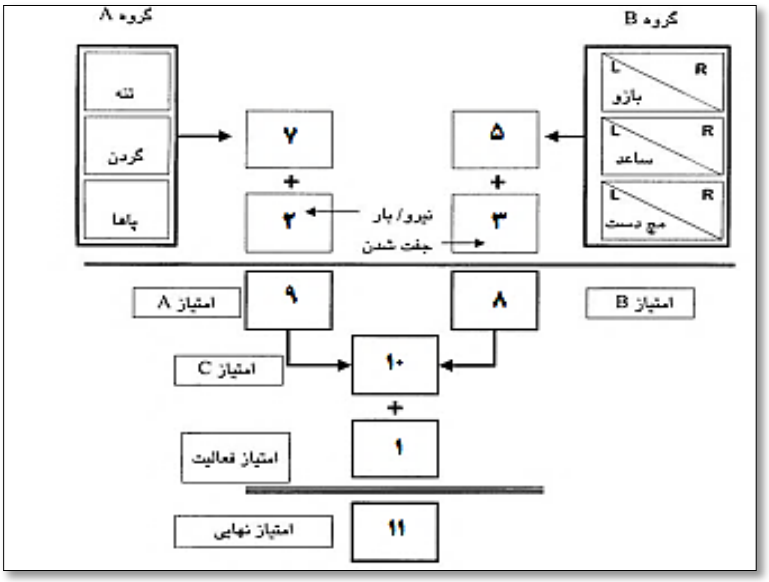
۳–۳. روش ارزیابی بیومکانیکی کل بدن (REBA)

نتایج حاصل از ارزیابی بیومکانیکی کل بدن (REBA) پس از تجزیه‌وتحلیل وظایف فعالیت بارگیری دستی بار (بلند کردن، حمل کردن و بارگیری) در کارگران نشان داد، در وظیفهٔ بلند کردن بار خمش بیشتر از ۶۰ درجه همراه با چرخش به طرفین، در وظیفهٔ حمل کردن بار خمش ۶۰–۲۰ درجه و انحراف به سمت عقب بیش از ۲۰ درجه و در وظیفهٔ بارگیری خمش ۲۰ درجه در وضعیت تنهٔ کارگران مورد مطالعه مشاهده شد. خمش بیش از ۲۰ درجهٔ گردن رو به جلو در وظیفهٔ بلند کردن، کشش بیش از ۲۰ درجه در وضعیت گردن رو به عقب در وظیفهٔ حمل دستی بار و خمش ۲۰–۰ درجه در وضعیت گردن در بارگیری مشاهده شد. وضعیت پاها در تمام وظایف بارگیری به گونه‌ای بود که وزن بر روی یکی از پاها منتقل می‌شد یا بدن در وضعیت نامتعادل قرار داشت. لازم به ذکر است که در

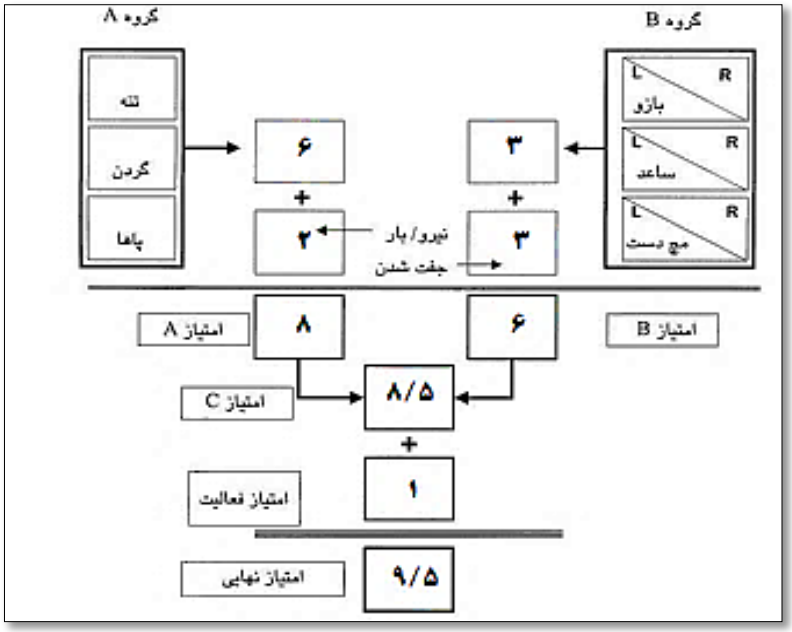
وظیفهٔ بلند کردن علاوه بر این حالت بدنی یک یا هر دو زانو بین ۳۰ تا ۶۰ درجه خمیده بود. اندازه‌گیری‌های انجام شده نشان داد که مقدار اعمال نیروی اعمال‌شده جهت انجام تمام وظایف بیش از ۱۰ نیوتن بود. وضعیت بازو در وظایف حمل کردن بار و بارگیری بار با انحراف ۴۵–۲۰ درجه به سمت جلو و در وظیفهٔ بلند کردن با انحراف ۹۰–۴۵ درجه به‌سمت جلو مشاهده گردید. وضعیت ساعد دست در تمام وظایف ارزیابی شده همراه با خمش کمتر از ۶۰ درجه به‌سمت جلو بود. در وظیفهٔ بلند کردن بار خمش یا کشش بیش از ۱۵ درجه در وضعیت مچ دست همراه با انحراف مچ دست به‌سمت زند زبرین یا زند زیرین با چرخش حول راستای ساعد، در حمل کردن بار خمش یا کشش بیش از ۱۵ درجه و در وظیفهٔ بارگیری دستی خمش یا کشش تا ۱۵ درجه در وضعیت مچ دست مشاهده شد. وضعیت جفت شدن دست‌ها در تمام وظایف بارگیری دستی با چنگش ناایمن همراه با پوسچر نامطلوب بود که این نوع جفت شدن دست‌ها طبق جدول روش ارزیابی بیومکانیکی (REBA) وضعیتی غیر قابل قبول محسوب می‌شود. ارزیابی نوع فعالیت بارگیری دستی نشان داد که حرکاتی که موجب تغییرات قابل‌توجه در وضعیت بدنی کارگران می‌شوند، در این وظایف مشاهده شد. وضعیت بدنی کارگران در هر وظیفه، مقدار اعمال نیروی وارد شده، نحوهٔ جفت شدن دست‌ها و نوع فعالیت بیانگر این مسئله است که امتیاز نهایی (REBA) در وظایف بلند کردن بار (۱۴)، حمل کردن بار (۱۱) و بارگیری بار (۹/۵) می‌باشد (شکل‌های ۴، ۵ و ۶). از این‌رو بیشترین امتیاز (REBA) مربوط به وظیفهٔ بلند کردن بار است (شکل ۷). با توجه به جدول ۴ سطح خطر در وظایف بلند کردن بار و حمل کردن بار در جنگل بسیار بالا بوده است و نیاز فوری برای انجام اقدامات اصلاحی شامل: (تغییرات در طراحی تجهیزات، تغییر در روش کار و آموزش کارگران) و مداخلات ارگونومی دارد و این تغییرات باید در کوتاه‌ترین زمان ممکن اجرا شوند. وظیفهٔ بارگیری دارای سطح خطر بالا بوده و نیاز به اقدامات اصلاحی ضروری (هر چه زودتر) دارد. در مجموع می‌توان اذعان داشت که میانگین امتیاز (REBA) به‌دست آمده در فعالیت بارگیری دستی دارای میانگین امتیاز ۱۱/۵ است که بیانگر سطح خطر بسیار بالای این فعالیت برای سلامتی و ایمنی کارگران در برابر ابتلا به بیماری‌های اسکلتی–عضلانی و مواجهه با حوادث شغلی فراوان در این نوع فعالیت در بخش جنگلداری است (جدول ۵). طبق ارزیابی‌های انجام شده در این روش اندام‌هایی از بدن مانند: تنه در وظیفهٔ بلند کردن بار، گردن و مچ دست در وظایف بلند کردن و حمل دستی بار و پا و بازو در وظیفهٔ بلند کردن بیشترین امتیاز (REBA) را از نظر مواجهه با آسیب‌های اسکلتی–عضلانی و بیماری‌های شغلی به‌خود اختصاص می‌دهند (شکل ۸). نتایج این پژوهش با یافته‌های مطالعات پیشین همسو است. در ادامه به برخی از مهم‌ترین پژوهش‌های مرتبط اشاره می‌شود.



شکل ٤. محاسبهٔ امتیازات اندام‌های مختلف بدن با استفاده از روش REBA در وظیفهٔ بلند کردن بار



شکل ۵. محاسبهٔ امتیازات اندام‌های مختلف بدن با استفاده از روش REBA در وظیفهٔ حمل کردن بار



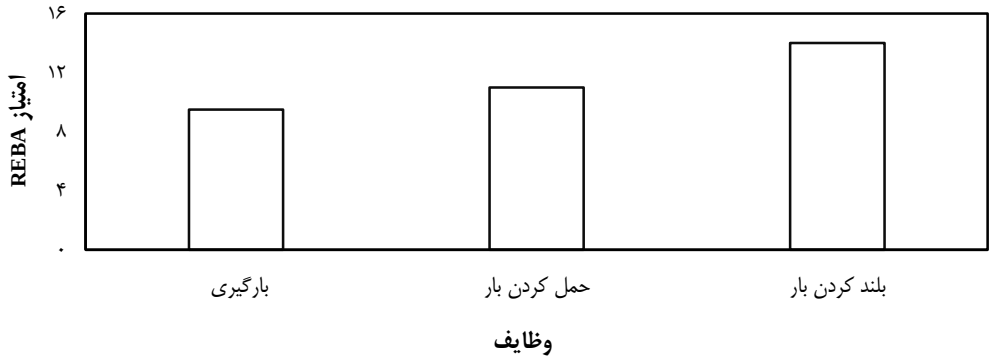
شکل ٦. محاسبهٔ امتیازات اندام‌های مختلف بدن با استفاده از روش REBA در وظیفهٔ بارگیری بار

Rahman و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که کارگران جنگلداری در بنگلادش به‌طور فزاینده‌ای در معرض خطر ابتلا به اختلالات اسکلتی–عضلانی مرتبط با کار قرار دارند و میانگین امتیاز ارزیابی سریع کل بدن (REBA) برای وظایف اصلی فعالیت بارگیری دستی ۹/۲۵ بود که نشان می‌دهد این فعالیت در سطح خطر بالا قرار دارد و اکثر کارگران در معرض اختلالات اسکلتی–عضلانی هستند [۲۱]. از دلایل اصلی اختلالات اسکلتی–عضلانی می‌توان به فقدان دانش ارگونومی شغلی، وضعیت بدنی نامناسب کارگران، عدم رعایت اصول ارگونومی و ایمنی در تنظیم محیط کار اشاره کرد. بنابراین نیاز اولیه برای طراحی مجدد ایستگاه کاری براساس اصول ارگونومی توصیه می‌شود. Yovi و Pradjawati (۲۰۱۵) دریافتند فعالیت بارگیری دستی تأثیر منفی بر سلامت و ایمنی کارگران دارد و سبب بروز و شیوع بسیار بالا و نگران کنندهٔ اختلالات اسکلتی–عضلانی در کارگران می‌شود و طبق ارزیابی

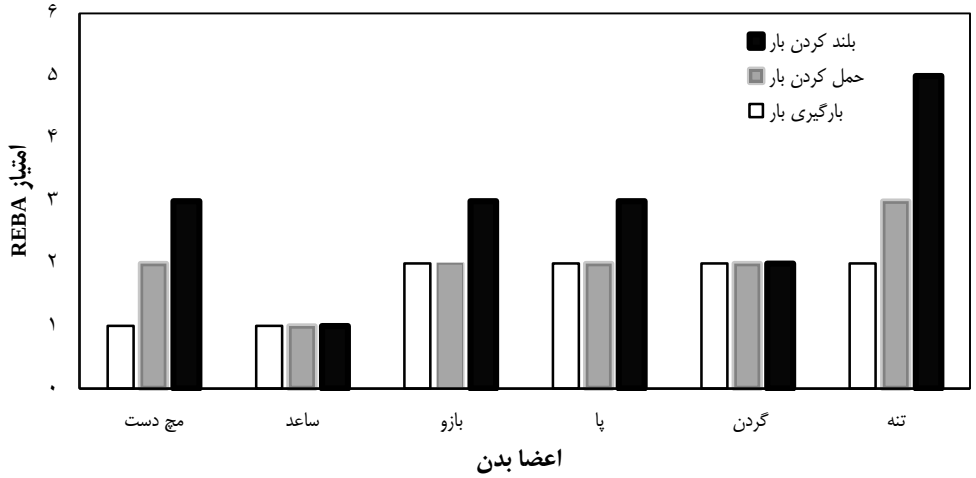
روش REBA، این فعالیت در سطح خطر بسیار بالا قرار دارد و نیاز به اعمال تغییرات فوری دارد [۲۲]. Wibowo و Mawadatit (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای با هدف ارزیابی وضعیت بدنی کارگران با استفاده از روش‌های ارزیابی سریع کل بدن دریافتند که وضعیت کاری کارگران جنگلداری در سطح ریسک بالا و خطرناک می‌باشد. بنابراین، انجام مداخلات ارگونومیکی برای اصلاح وضعیت کاری ضروری است. بلند کردن بار بدون استفاده از وضعیت چمباتمه، خطر جدی برای آسیب رساندن به کمر به‌شمار می‌آید و امکان ابتلا به اختلالات اسکلتی–عضلانی را در کارگران افزایش می‌دهد [۹]. توصیه می‌شود خطرات ناشی از وضعیت‌های بدنی نامناسب به‌طور دقیق ارزیابی و تحلیل شوند تا از بروز آسیب‌های ناشی از روش‌های کاری نادرست در کارگران جلوگیری شود.

جدول ٤. سطح خطر و اولویت اقدام‌های اصلاحی در روش REBA

امتیاز نهایی REBA	سطح خطر	سطح اولویت اقدام‌های اصلاحی	ضرورت اقدام
۱	قابل چشم پوشی	۰	ضروری نیست
۳-۲	پایین	۱	شاید ضروری باشد
۷-۴	متوسط	۲	ضروری
۱۰-۸	بالا	۳	ضروری (هر چه زودتر)
۱۵-۱۱	بسیار بالا	۴	ضروری (آنی)



شکل ۷. نمودار امتیاز نهایی REBA در وظایف مختلف فعالیت بارگیری دستی (بلند کردن بار، حمل دستی بار و بارگیری)



شکل ۸. نمودار تفاوت امتیاز REBA در اندام‌های مختلف بدن کارگران در وظایف متفاوت (بلند کردن بار، حمل دستی بار و بارگیری)

جدول ۵. امتیاز نهایی REBA در وظایف متفاوت (بلند کردن بار، حمل دستی بار و بارگیری) در فعالیت بارگیری دستی بار در جنگلداری

امتیاز REBA	وظایف
۱۴	بلند کردن بار
۱۱	حمل کردن بار
۹/۵	بارگیری با دست
۱۱/۵	میانگین

۴. نتیجه‌گیری

هدف اصلی ارزیابی ارگونومیکی محیط کار، ایجاد تناسب بین ویژگی‌های محیط کار (شرایط فیزیکی و روانی–اجتماعی)، وظایف، ابزار و تجهیزات با توانایی‌ها و ویژگی‌های کارگر است. در این فرآیند، عواملی که می‌توانند موجب آسیب به نیروی کار و کاهش بهره‌وری شوند شناسایی شده و راهکارهای مؤثری برای کنترل عوامل آسیب‌زای ارگونومیکی، پیشگیری از اختلالات اسکلتی–عضلانی و بهبود شرایط کار ارائه می‌شود. شاخص امتیاز مواجهه کارگران فعالیت بارگیری دستی با ریسک فاکتورهای شغلی و عوامل مخاطره‌آمیز بیومکانیکی در مطالعهٔ حاضر، سطح خطر بسیار بالا و شرایط پرخطر را در محیط کار کارگران این بخش از صنعت جنگلداری نشان می‌دهد (جدول ۵) که سبب بروز بسیاری از اختلالات اسکلتی–عضلانی در اثر تنش و آسیب به ماهیچه‌ها، لیگامان‌ها، دیسک‌های بین مهره‌ای و آسیب به بافت‌های نرم مانند: اعصاب و تاندون‌ها در مچ دست، بازو، شانه و گردن می‌شود. بر این اساس نیاز به اقدامات اصلاحی فوری برای کنترل و پیشگیری این مخاطرات الزامی و توصیه می‌شود. اقدامات اصلاحی و برنامه‌های مداخله‌ای ارگونومیک به‌صورت تدابیر مهندسی، مدیریتی، اجرایی و وسایل حفاظت فردی به‌منظور کنترل و یا کاهش عوامل مخاطره‌آمیز بیومکانیکی و ریسک فاکتورهای شغلی مؤثر بر کارگران فعالیت‌های حمل دستی بار به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین دغدغه‌های متخصصین ارگونومی در ایران و سراسر جهان شناخته شده است. اقدامات مهندسی شامل: تغییر ایستگاه کار، تجهیزات و ابزار می‌باشد که این روش‌ها بهترین روش کنترل به‌شمار می‌آیند زیرا باعث حذف عوامل زیان‌آور در منشأ تولید می‌شوند که شامل اقداماتی نظیر: تغییر شیوهٔ جابه‌جایی بار، تغییر چیدمان ایستگاه کار، تغییر طراحی ابزار و کاهش وزن بار می‌باشد. تدابیر مدیریتی و اجرایی در این زمینه نیز عموماً شامل شیوه‌هایی هستند که به‌وسیلهٔ مدیریت اعمال می‌شوند و در آنها مدت زمان، دفعات و شدت مواجهه با عوامل زیان‌آور کاهش می‌یابد. برخی از روش‌های مرسوم در این شیوه عبارت‌اند از: کاهش طول شیفت کار یا محدود کردن اضافه‌کاری، گردش شغلی، وقفه‌های استراحت بیشتر، غنی کردن شغل، کاهش سرعت انجام کار، آموزش روش‌های درست انجام کار و اطلاع‌رسانی و افزایش آگاهی از ریسک فاکتورهای شغلی و مسائل ارگونومیک کار، ورزش و تمرینات فیزیکی است. از تجهیزات کمکی ارگونومیکی، می‌توان به اگزواسکلتون‌ها به‌عنوان یک فناوری نوین برای افزایش توانایی انجام کارهای سنگین و کاهش بار بیومکانیکی وارد بر بدن اشاره کرد. استفاده از این تجهیزات معمولاً باعث کاهش بار بیومکانیکی وارد بر ستون فقرات و عضلات تنه در هنگام بلند کردن و قرار دادن بار می‌شود. همچنین، ساپورت مچ دست (اسپلینت)، کمربند، دستکش و زانوبند از جمله وسایل حفاظت فردی مورد استفاده در این زمینه هستند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی در قالب پژوهانهٔ رساله دانشجویی نویسنده اول و همچنین پژوهانهٔ برای سایر نویسندگان انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله مستخرج از رساله: نویسنده اول: دانشجو: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیشنویس مقاله؛ نویسنده دوم: استاد راهنمای پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله و نویسنده سوم: استاد مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

بیانیه دسترسی به داده‌ها

داده‌های پژوهش حاضر از طریق درخواست از نویسندگان قابل دسترسی است.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران به خاطر حمایت مالی در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

References

[1] Anas, A., Qutubuddin, S. M., Hebbal, S. S. & Kumar, A.C.S. (2012). An ergonomic study of work related musculoskeletal disorders among the workers working in typical Indian saw mills. *International Journal of Engineering Research and Development*, 3(9), 38-45.

[2] Raffler, N., Hermanns, I., Sayn, D., Gores, B., Ellegast, R. & Rissler, J. (2010). Assessing combined exposures of whole-body vibration and awkward posture – further results from application of a simultaneous field measurement methodology. *Industrial Health*, 48, 638-644.

[3] Shalini, R. T. (2009). Economic cost of occupational accidents: Evidence from a small island economy. *Safety Science*, 47, 973-979.

[4] Spinelli, R., Aminti, G., Magagnotti, N. & De Francesco, F. (2018). Postural risk assessment of small-scale debarkers for wooden post production. *Forests*, 9, 111.

[5] Silva, E.P., Souza, A.P., Minette, L.J., Baeta, F.C. & Vieira, H.A.N.F. (2008). Biomechanical evaluation of manual timber removal work in mountainous areas. *Scientia Forestalis*, 36(79), 231-235.

[6] Safarzadeh, B., Nikooy, M., Tsioras, P.A. & Arman, Z. (2022). Ergonomic study of manual loading of log in private poplar plantation in the east of Guilan province. *Journal of Forest and Wood Products*, 75(2), 119-130. (in Persian)

[7] Tsioras, P. A., Rottensteiner, C. & Stampfer, K. (2014). Wood harvesting accidents in the Austrian State Forest Enterprise 2000–2009. *Safety Science*, 62, 400-408.

[8] Takala, E.P., Pehkonen, I., Forsman, M., Hansson, G.A., Mathiassen, S.E. & Neumann, W.P. (2010). Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 1, 3-24.

[9] Wibowo, A. H. & Mawadati, A. (2021). The analysis of employees work posture by using Rapid Entire Body Assessment (REBA) and Rapid Upper Limb Assessment (RULA). *Earth and Environmental Science*, 1755-1315.

[10] Yayli, D. & Çaliskan, E. (2019). Comparison of ergonomic risk analysis methods for working postures of forest nursery workers. *European Journal of Forest Engineering*, 5(1), 18-24.

[11] Yovi, E.Y. & Yamada, Y. (2019). Addressing occupational ergonomics issues in Indonesian forestry: Laborers, operators, or equivalent workers. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 40(2), 351-363.

[12] Zhao, Y. S., Jaafar, M. H., Mohamed, A. S. A., Azraai, N. Z. & Amil, N. (2022). Ergonomics risk assessment for manual material handling of warehouse activities involving high shelf and low shelf binning processes: Application of marker-based motion capture. *Sustainability*, 14, 5767.

[13] Khodaei, M. B., Eraghi, M. K. & Eghtesadi, A. (2013). Evaluation of workrelated accidents in Sari forest exploitation workers. *Iranian Occupational Medicine Journal*, 5(2), 9-19. (in Persian)

[14] Khodaei, M. B., Eghtesadi, A. & Barrani, E. (2013). Investigation on human accidents caused by forest logging at Shafaroud Forest Corporation Company during 2006 till 2010. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2), 344-356. (in Persian)

[15] Pavlakis, A., Raftopoulos, V. & Theodorou, M. (2010). Burnout syndrome in Cypriot physiotherapists: A national survey. *BMC Health Services Research*, 10(1), 63.

[16] Dimou, V., Malesios, C. & Pispa, S. (2020). Assessing forestry-related musculoskeletal symptoms in specific body areas. *International Journal of Forest Engineering*, 31(3), 233-241.

[17] Banibrata, D. & Gangopadhyay, S. (2015). Prevalence of musculoskeletal disorders and physiological stress among adult, male potato cultivators of West Bengal, India. *Asia-Pacific Journal of Public Health*, 27(2), 1669-1682.

[18] Minette, L.J., Pimenta, A.S., Faria, M.M., Souza, A.P., Silva, E.P. & Fiedler, N.C. (2007). Evaluation of the physical work load and biomechanical analysis of workers at wood carbonization in hot tail charcoal kilns. *Revista Árvore*, 31(5), 853-858.

[19] Yovi, E.Y., Takimoto, Y., Ichihara, K. & Matsubara, C. (2006). A study of workload and work efficiency in timber harvesting by using chainsaw in pine plantation forest in Java Island (2): Thinning operation. *Applied Forest Science*, 15(1), 23-31.

[20] Boriboonsuksri, Ph., Taptagaporn, S. & Kaewdok, T. (2022). Ergonomic task analysis for prioritization of work-related musculoskeletal disorders among mango-harvesting farmers. *Safety*, 8(6), 8010006.

[21] Rahman, S., Hossain Khan, A., Rahman, S.H. & Biswas, B. (2019). Work-related musculoskeletal disorders: A case study of sawmill workers in Bangladesh. *Current World Environment*, 14(2), 336-345.

[22] Yovi, E.Y. & Pradjawati, W. (2015). High risk posture on motormanual short wood logging system in Acacia mangium plantation. In Addressing Occupational Ergonomics Issues in Indonesian Forestry, *Laborers*, 351-363.