Postural Ergonomic Risk Assessment (Pera) in the Workers of the Automobile Parts Assembly Line: A New Observational Method for the Cube Model

Ehsan Mohammadi[1], Payam Heydari[2], Sakineh Varmazyar[3]

1. MSc student of Occupational Health Engineering, Student Research Committee, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran. ORCID ID: 0000-0002-6997-9857
2. PhD Student Ergonomics, Department of Ergonomics, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. ORCID ID: 0000-0001-6987-6957
3. Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, Social Determinants Health Research Center and Research Institute for Prevention of Non-Communicable Diseases, Faculty of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran., (Corresponding author), Tel: +982833359501 (Int.3737), E-mail: svarmazyar@qums.ac.ir, ORCID ID: 0000-0002-6096-072X

ABSTRACT

Background and Aim: Assembly lines are associated with health risk and musculoskeletal disorders, particularly in the upper limbs. The aim of this study was to analyze three risk factors of posture, duration and force by using the postural ergonomic risk assessment (PERA) method in the workers of the assembly unit of automobile parts.

Materials and Methods: This descriptive cross-sectional study was conducted in the assembly unit of one of the auto parts manufacturing industries. Using the occupational task analysis method, task identified in one hierarchical task analysis (HTA) was divided into a set of sub-tasks. Risk factors of posture, duration and force were assessed by PERA method for each task.

Results: Based on hierarchical task analysis, the vehicle assembly task included four sub-tasks of deburring, washing, vacuum testing and packaging which consisted of a total of 15 operations. Based on the risk factor analysis, we found the greatest risk of force in loading operations and the most awkward posture in sub-task of deburring and packaging. The risk level was estimated high and unacceptable in all three sub-tasks of washing, vacuum testing, and packaging.

Conclusion: Factors of force, posture and duration of work contributed to unacceptable risk in the loading operations of the cylinder head on the pallet and placing it inside the carton. Using tables with adjustable height (reducing the vertical distance between origin and destination) and rotating plates at all angles, together with reducing the exposure time to risk factors by rotation programs for workforces can prevent forward and lateral trunk and neck bending and reduce unacceptable risk levels.

Keywords: Ergonomics, Risk assessment, PERA, Assembly line, Automotive

Received: Feb 16, 2019 **Accepted:** Oct 26, 2019

How to cite the article: Ehsan Mohammadi, Payam Heydari, Sakineh Varmazyar. Postural ergonomic risk assessment (PERA) in the workers of the automobile parts assembly line: A new observational method for the cube model. SJKU. 2020; 25 (3): 118-130

Copyright © 2018 the Author (s). Published by Kurdistan University of Medical Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBYNC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-05-15]

[DOI: 10.52547/sjku.25.3.118]

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان / دوره بیست و پنجم / مرداد و شهریور ۱۳۹۹/۱۳۰-۱۱۸

ارزیابی ریسک ارگونومیک وضعیتی (PERA) در بین کارگران خط مونتاژ قطعات خودرو: یک روش مشاهده‌ای جدید مدل مکعب

احسان محمدی[۱]، پیام حیدری[۲]، سکینه ورمزیار[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران. کد ارکید: ۹۸۵۷-۶۹۹۷-۰۰۰۲-۰۰۰۰

۲. دانشجوی دکتری ارگونومی، گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. کد ارکید: ۶۹۵۷-۶۹۸۷-۰۰۰۱-۰۰۰۰

۳. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت و پژوهشکده پیشگیری از بیماری‌های غیرواگیر، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران (نویسنده مسئول)، تلفن: ۰۲۸۳۳۳۵۹۵۰۱- داخلی۳۷۳۷، پست الکترونیک: Svarmazyar@qums.ac.ir، کد ارکید: ۰۷۲x-۶۰۹۶-۰۰۰۲-۰۰۰۰

چکیده

زمینه و هدف: خطوط مونتاژ با ریسک سلامتی و اختلالات اسکلتی – عضلانی به‌ویژه در اندام‌های فوقانی مرتبط است. لذا هدف مطالعه حاضر آنالیز ریسک فاکتورهای پوسچر، مدت زمان انجام کار و نیرو در یکی از واحدهای مونتاژ قطعات خودرو به روش ارزیابی ریسک ارگونومیک وضعیتی (PERA) است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی- مقطعی در میان کارکنان واحد مونتاژ یکی از صنایع تولید قطعات خودرو انجام شد. با استفاده از روش آنالیز وظایف شغلی، وظیفه شناسایی شده در یک فرآیند سلسله مراتبی(HTA)، به مجموعه‌ای از زیر اهداف و متعاقب آن عملیات تقسیم شدند. ریسک فاکتورهای پوسچر، مدت زمان و نیرو برای هر وظیفه با استفاده از روش PERA ارزیابی شد.

یافته‌ها: بر اساس آنالیز سلسله مراتبی، وظیفه مونتاژ خودرو شامل ۴ زیر وظیفه پلیسه‌گیری، شستشو، تست وکیوم و بسته‌بندی است که در مجموع شامل ۱۵ عملیات است. بر اساس آنالیز ریسک فاکتورها، بیشترین ریسک اعمال نیرو در عملیات بارگیری و نامناسب‌ترین پوسچر در زیر وظیفه پلیسه‌گیری و بسته‌بندی به دست آمد. سطح ریسک هر سه زیر وظیفه شستشو، تست وکیوم و بسته‌بندی، غیرقابل قبول برآورد گردید.

نتیجه‌گیری: نیرو، پوسچر و مدت زمان انجام کار عوامل مؤثر بر ریسک غیرقابل قبول در عملیات بارگیری قطعات بر روی پالت و گذاشتن آن‌ها در داخل کارتن می‌باشند. استفاده از میزهای با ارتفاع قابل تنظیم (کاهش فاصله عمودی بین مبدأ و مقصد)، به‌کارگیری صفحات چرخنده قطعات در تمامی زوایا و کاهش مدت زمان مواجهه با ریسک فاکتورها به‌وسیله چرخش نیروی کار می‌تواند از خمش تنه و گردن به سمت جلو و طرفین جلوگیری و سطح ریسک غیرقابل قبول را کاهش دهد.

کلمات کلیدی: ارگونومی، ارزیابی ریسک، مدل مکعب، PERA، خط مونتاژ، خودرو

وصول مقاله: ۹۷/۱۱/۲۷ اصلاحیه نهایی: ۹۸/۷/۱۸ پذیرش:۹۸/۸/۴

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-05-15]

[DOI: 10.52547/sjku.25.3.118]

مقدمه

از جمله مشکلات رایج در صنایع تولید خودرو که با صرف هزینه‌های زیاد همراه است، می‌توان به اختلالات اسکلتی-عضلانی اشاره کرد که به علت سیستم مونتاژ نامناسب منجر به میزان زیادی غیبت و عدم رضایت ناشی از کار می‌شود(۲, ۱). مونتاژ خودرو یکی از صنایع مهم در کشورهای خاص است، کارگران این صنعت خاص با توجه به ماهیت وظایفشان، در معرض شرایط کاری مختلفی قرار می‌گیرند که این شرایط می‌توانند منجر به اختلالات اسکلتی-عضلانی در کارگران شود(۵-۳). اختلالات اسکلتی-عضلانی (MSDs: Musculoskeletal Disorders) یکی از شایع‌ترین آسیب‌های شغلی محسوب می‌شوند(۸-۶)، که می‌تواند منجر به کاهش بهره‌وری و تحمیل هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم در جامعه شوند(۱۰, ۹). همچنین این اختلالات، علت اکثر ناتوانی و غیبت‌های ناشی از کار در کشورهای صنعتی است(۱۱). سازمان بهداشت جهانی (WHO)، اختلالات اسکلتی-عضلانی را به‌عنوان یکی از مشکلات سلامت دستگاه حرکتی بدن از جمله بیماری‌های بدخیم تا خفیف، اختلالات گذرا تا جراحات غیرقابل برگشت و ناتوان‌کننده تعریف می‌کند(۱۲-۱۱). تأثیر اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار بر سلامت کارگران بسیار قابل توجه است. بر اساس گزارش منتشر شده توسط آژانس اروپایی ایمنی و بهداشت کار در سال ۲۰۱۰، اختلالات اسکلتی-عضلانی، شایع‌ترین بیماری در میان بیماری‌های شغلی بوده که ۵۹٪ از کل آن‌ها را به خود اختصاص می‌دهد(۱۲). بر اساس نتایج مطالعات، صنعت اتومبیل نیز یکی از چند صنعتی است که شیوع MSDs بالایی دارد(۱۴, ۱۳, ۳, ۱). شیوع کلی MSDs در میان کارگران شرکت‌های ساخت اتومبیل ۷۶/۹۷٪ گزارش شده است(۱۵). مطالعات گذشته نشان دادند که پوسچرهای نامناسب، تکرار، مدت زمان انجام کار و نیروی اعمال شده، ریسک MSDs را افزایش می‌دهند(۱۷-۱۴, ۳, ۱). داده‌های دفتر کار و آمار ایالات متحده نشان می‌دهد که اختلالات-اسکلتی عضلانی در کارگران مونتاژ در مقایسه با سایر مشاغل در حال افزایش است. شرکت‌های مونتاژ در ایالات متحده، به دلیل اختلالات اسکلتی-عضلانی کارگران، هزینه‌های میلیونی بسیار زیادی را از دست می‌دهند(۵-۳).

صنعت قطعات خودرو اساساً به‌وسیله توسعه وظایف تکراری، چرخه‌ای، سریع، استاتیک، یکنواخت و تحمیلی توسط ماشین مشخص می‌شود که پوسچرهای نامناسب، به‌کارگیری نیرو، فشار مداوم و عدم استراحت کافی بر روی بافت‌ها را به‌دنبال دارد و سبب قرارگیری کارگران در معرض خطرات مرتبط با ریسک فاکتورهای شغلی می‌شود(۱۸, ۲). کار دستی در وظایف صنعت مونتاژ شامل بلندکردن، حمل‌کردن، هل‌دادن، کشیدن اشیاء و کنترل کیفیت است. گاهی اوقات چنین کارهایی با بارهای سنگین و تکرار بالا همراه است. به‌طور کلی فعالیت مونتاژ پوسچرهای نامناسبی همچون انقباض مستمر عضلات در نواحی گردن، شانه، ساعد، مچ دست و انقباض عضلات تنه به علت ایستادن طولانی‌مدت را شامل می‌شود که این امر سبب افزایش خستگی و در نتیجه ناراحتی در سیستم اسکلتی-عضلانی می‌شود(۱۹, ۳). در اغلب شرکت‌های صنعتی، وظایفی که در آن مونتاژ قطعات با دست صورت می‌گیرد، بسیار تکراری، سریع، یکنواخت، دارای تنوع کم و همچنین توانایی کنترل وضعیت توسط کارگر بسیار پایین است. علاوه بر این، با رضایت شغلی پایین، غیبت زیاد، استرس بیش از حد روانی و فیزیکی، درد، ناتوانی، کاهش کیفیت زندگی و از دست رفتن آسایش ذهنی همراه است(۲۲-۲۰, ۱۴, ۳).

روش‌های مستقیم، مشاهده‌ای و فهرستی (Check list) از جمله روش‌های ارزیابی ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی-عضلانی هستند. در میان متخصصان ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، بیش‌ترین توجه و استفاده، به تکنیک‌های

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-05-15]

[DOI: 10.52547/sjku.25.3.118]

مشاهده‌ای ارزیابی ریسک اختلالات اسکلتی-عضلانی (از طریق فرم‌ها یا برنامه‌های کامپیوتری) شده است(۲۳).
سه روش OWAS، PLIBEL و REBA فاقد توانایی ترکیب ریسک‌ها می‌باشند، علاوه بر این با در نظر نگرفتن مدت زمان در آنالیزها، استفاده از آن‌ها برای ارزیابی کارهای چرخه‌ای دشوار است. یکی از روش‌های مشاهده‌ای که مدت زمان چرخه کار را در نظر گرفته و برای کارهای چرخه‌ای مناسب است، روش مدل مکعبی (Cube Model) PERA است(۱۲).
PERA (Postural Ergonomic Risk Assessment) برای ارزیابی ریسک ارگونومیک پوسچر در وظایف کاری مونتاژ با چرخه‌ی کاری کوتاه مدت مناسب است(۱۲). ویژگی‌های کلیدی آن سادگی و همچنین در نظرگرفتن استانداردهای ISO 11226(۲۴) و EN 1005-4(۲۵) است. برتری این روش آنالیز هر وظیفه در چرخه‌ی کاری است که این مسئله منابع با ریسک بالا برای اپراتور را به سهولت شناسایی می‌کند. PERA به‌وسیله Chander در سال ۲۰۱۷ بر روی ۹ چرخه کاری در ۸۸ وظیفه کاری تأیید شده است. اعتبارسنجی این روش در مقایسه با روش EAWS (European Assembly Worksheet) (یکی از جامع‌ترین ابزارها برای ارزیابی ریسک ارگونومیک) انجام شده است، و در نهایت دریافتند که توافق و همبستگی زیادی بین نتایج این دو روش وجود دارد(۲۶, ۱۲)؛ بنابراین با توجه به اینکه در صنعت خودروسازی، مونتاژ قطعات یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های این صنعت است، هرگونه وظایفی که با چرخه کاری کوتاه مدت انجام شود با این روش قابل بررسی و ارزیابی است. لذا هدف مطالعه‌ی حاضر، ارزیابی ریسک فاکتورهای ارگونومیک به روش مدل مکعبی PERA در یکی از واحدهای مونتاژ قطعات خودرو بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه توصیفی- مقطعی در واحد مونتاژ یکی از صنایع تولید قطعات خودرو انجام شد. روش کار در این مطالعه شامل آنالیزی سلسله مراتبی وظیفه (HTA: Hierarchical Task Analysis) و ارزیابی ریسک ارگونومیک به روش PERA است. نحوه گردآوری اطلاعات با استفاده از روش مشاهده مستقیم، فیلمبرداری و واکاوی فیلم است. کلیه عملیات مونتاژ در این صنعت مورد آنالیز قرار گرفت.

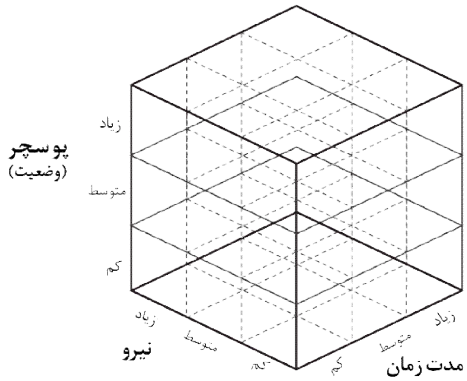
الف- آنالیز سلسله مراتبی وظیفه: HTA محبوب‌ترین روش آنالیز وظیفه است و در بین همه روش‌های فاکتورهای انسانی در دسترس جهت آنالیز وظیفه بیش‌ترین استفاده را دارد. هدف از آنالیز وظایف شغلی، بررسی و تجزیه و تحلیل کلیه مراحل و فعالیت‌هایی است که جهت رسیدن به هدف اصلی یک وظیفه شغلی انجام می‌شود(۲۷). از آنالیز وظایف شغلی برای دستیابی به اطلاعاتی مثل تقسیم کار بین انسان و ماشین، نیازهای آموزشی و شناسایی خطاهای انسانی استفاده می‌شود. به عبارت دیگر آنالیز وظایف شغلی، تصویر جزء به جزء فعالیت‌های اپراتور در یک سیستم و آنالیز آن‌ها به منظور اطمینان از عملکرد صحیح اپراتور در اجرای وظایف را ارائه می‌دهد(۲۸). روش‌های مختلفی برای آنالیز وظایف شغلی وجود دارد، از جمله روش آنالیز سلسله مراتبی شغلی(HTA) که توسط آنت و همکاران در سال ۱۹۷۱ مطرح گردید(۲۷). در این روش کلیه وظایف شغلی تجزیه و تحلیل و در قالب چارت ارائه می‌گردند. هر وظیفه از چندین زیر وظیفه تشکیل می‌شود که روش HTA برای زیر وظایف اجرا می‌شود. HTA شامل شرح فعالیت تحت آنالیز از نظر سلسله مراتب اهداف، زیر اهداف، عملیات و برنامه‌هاست (Goals, sub-goals, operations and plans). مراحل آنالیز وظیفه سلسله مراتبی شامل تعریف وظیفه تحت آنالیز، فرآیند جمع‌آوری داده‌ها، (مصاحبه، مشاهده و قدم زدن در محیط کار و ...)، تعیین هدف کلی

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-05-15]

[DOI: 10.52547/sjku.25.3.118]

وظیفه (بالاترین وظیفه سلسله مراتبی)، تعیین زیر اهداف وظیفه (شکستن هدف کلی به زیر اهداف مهم) و تجزیه زیر اهداف (شکستن زیر اهداف وظیفه به زیر اهداف بیش‌تر و عملیاتی‌تر) است(۳۰, ۲۹) ؛ بنابراین در این مرحله از مطالعه با استفاده از روش آنالیز سلسله مراتبی وظیفه، وظیفه شناسایی شده به مجموعه‌ای از زیر وظایف تقسیم شده و در قالب چارت HTA (شکل ۲) ارائه شد(۲۹). به کمک روش آنالیز سلسله مراتبی وظیفه (HTA)، چرخه کاری به ۴ زیر وظیفه شامل: پلیسه‌گیری، شستشو، تست وکیوم و بسته‌بندی قطعات تقسیم شد که هر یک از زیر وظایف به ترتیب به ۴، ۴، ۳ و ۴ عملیات تقسیم شدند(شکل ۲). لازم به ذکر است در این مطالعه با توجه به اینکه زیر اهداف قابل شکستن نبودند، زیر اهداف و عملیات یکی می‌باشند.

ب- ارزیابی ریسک ارگونومیک به روش PERA: در این روش سه فاکتور پوسچر، نیرو و مدت زمان انجام کار (تقسیم‌بندی به سه سطح کم، متوسط و زیاد) طبق شکل شماره یک مورد ارزیابی قرار می‌گیرند(۳۲, ۳۱). ارزیابی با روش PERA در کلیه عملیات مونتاژ قطعات طی مراحل زیر انجام شد(۱۲):



شکل ۱. نمایش گرافیکی مفهوم روش مدل مکعب(۱۲)

سه فاکتور پوسچر (وضعیت)، نیرو و مدت زمان انجام کار در روش مدل مکعبی PERA

۱.تقسیم چرخه کار به وظایف مختلف بر اساس پوسچرهای مجزا و محتوی کار

۲.محاسبه‌ی مدت (درصدی از کل چرخه) وظیفه با توجه به زمان چرخه

۳.مشاهده‌ی هر عملیات برای بررسی پوسچر اپراتور و نیروی به‌کار برده شده توسط اپراتور

۴.طبقه‌بندی کردن ریسک فاکتورهای پوسچر (P)، مدت زمان (T) و نیرو (F) برای هر یک از عملیات مرتبط با زیر وظایف به یکی از سه سطح (ریسک کم، ریسک متوسط و ریسک بالا) (جدول۱).

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-05-15]

[DOI: 10.52547/sjku.25.3.118]

جدول ۱. معیار طبقه‌بندی ریسک فاکتورهای پوسچر، مدت و نیرو توسط روش PERA(۱۲)

	نام اندام	ریسک پایین (۱)	ریسک متوسط (۲)	ریسک بالا (۳)
تنه	خمش به سمت جلو	۰-۲۰ درجه ۲۰-۶۰ درجه با حمایت تنه	۲۰-۶۰ درجه	بیش‌تر از ۶۰ درجه
	خمش به سمت عقب	با حمایت تنه	-	بدون حمایت تنه
	پوسچرهای نامتقارن	-	چرخش یا خمش ۰-۱۰ درجه به طرفین	چرخش یا خمش بیش‌تر از ۱۰ درجه به طرفین
	سایر موارد	-	-	حالت تحدب ستون فقرات هنگام نشستن
شانه	خمش یا نزدیک شدن	۰-۲۰ درجه ۲۰-۶۰ درجه با حمایت کامل بازو	۲۰-۶۰ درجه	بیش‌تر از ۶۰ درجه
	بازشدگی یا دور شدن	-	-	بیش‌تر از صفر درجه
سرو گردن	خمش به سمت جلو	۰-۲۵ درجه	۲۰-۴۰ درجه	بیش‌تر از ۴۰ درجه
	خمش به سمت عقب	-	با حمایت تنه	بدون حمایت تنه
	پوسچرهای نامتقارن	- -	خمش به طرفین از ۰-۱۰ درجه پیچش (چرخش) از ۰-۴۵ درجه	خمش به طرفین بیش‌تر از ۱۰ درجه پیچش(چرخش) بیش‌تر از ۴۵-۰ درجه
سایر موارد	*خمش / باز شدگی آرنج	۰-۲۰ درجه	۲۰-۶۰ درجه	بیش‌تر از ۶۰ درجه
	زاویه زانو در حین نشستن	۹۰-۱۳۵ درجه	-	کم‌تر از ۹۰ درجه یا بیش‌تر از ۱۳۵ درجه
مدت	درصد زمان چرخه	۰-۱۰ درصد	۱۰-۲۰ درصد	بیش‌تر از ۲۰ درصد
نیرو	اعمال نیرو تلاش فیزیکی	محسوس نیست. برای مثال حمل کردن اشیاء سبک	محسوس. برای مثال حرکات آرام و کنترل شده، استفاده از هر دو دست هنگامی که وظیفه خیلی سنگین به نظر نمی-رسد.	کاملاً محسوس. برای مثال کنترل کم بر روی حرکات، برآمده شدن عضلات، حالات چهره، حرکات ارتعاش ناشی از ابزار دستی قدرتی شوک یا ضربه (برای مثال ناشی از چکش سنگین)

*آرنج ها فقط زمانی که دستان در حال انجام کار هستند، مشاهده می‌شوند. در این مورد، پوسچر طبیعی در زاویه ۹۰ درجه از مفصل آرنج در نظر گرفته می‌شوند.

نمره هر عملیات (T) با ضرب نمودن نمرات سه پارامتر (پوسچر، مدت زمان و نیرو) برای وظیفه‌ی محوله به دست می‌آید.

$$T_i = p_i \times f_i \times d_i$$

T_i: نمره هر عملیات

p_i: پوسچر فرد

f_i: نیرو

d_i: مدت زمان هر عملیات از کل

۱. محاسبه‌ی نمره‌ی کل (A) برای چرخه‌ی کار به‌عنوان میانگین نمرات به دست آمده از کل عملیات کار

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-05-15]

[DOI: 10.52547/sjku.25.3.118]

N: تعداد عملیات

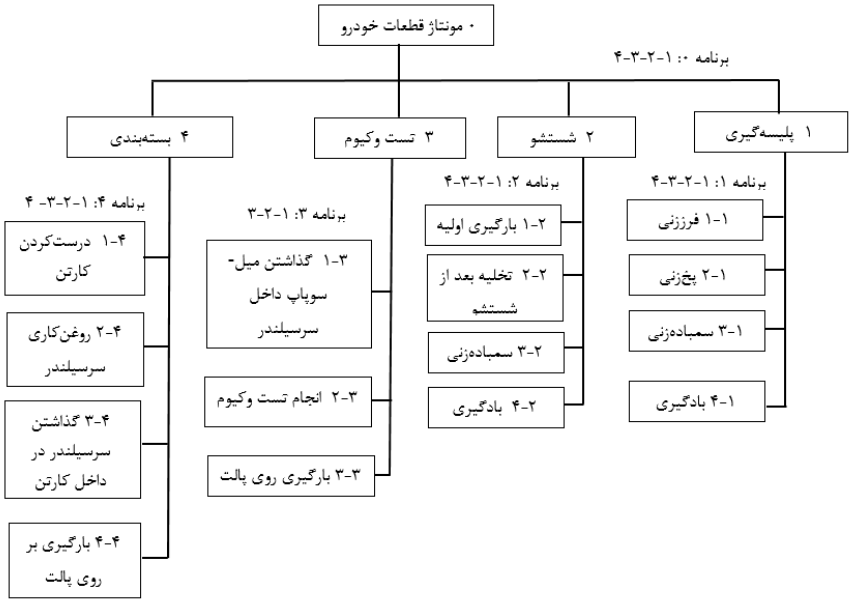
طبقه‌بندی سطوح ریسک توسط روش PERA بر اساس نمره‌ی کل در جدول ۲ ارائه شده است(۱۲).

جدول ۲. طبقه‌بندی سطوح ریسک توسط روش PERA

امتیاز نهایی (A)	توصیف	اقدامات پیشنهادی
$A < ۴$	سطح ریسک پائین	**قابل قبول:** اقدامی لازم نیست.
$۴ \leq A < ۷$	سطح ریسک ممکن	**قابل قبول و مشروط:** بررسی بیش‌تر لازم است.
$A \geq ۷$	سطح ریسک بالا	**غیر قابل قبول:** اقدامات اصلاحی لازم است.

یافته‌ها

نتایج حاصل از آنالیز سلسله مراتبی وظیفه در یکی از صنایع مونتاژ قطعات خودرو در شکل شماره ۲ ارائه شده است.



شکل ۲. آنالیز سلسله مراتبی وظیفه در یکی از واحدهای مونتاژ قطعات خودرو

نمونه‌ای از وضعیت بدن کارگران در ایستگاه کار در تصاویر ۱ تا ۴ ارائه شده است.

تصویر ۱. عملیات فرزنی در زیروظیفه پلیسه‌گیری

تصویر ۲. تخلیه بعد از شستشو در زیروظیفه شستشو

تصویر ۳. گذاشتن میل سوپاپ در داخل سرسیلندر در زیر وظیفه تست وکیوم

تصویر ۴. بارگیری بر روی پالت در زیر وظیفه بسته بندی

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-05-15]

[DOI: 10.52547/sjku.25.3.118]

نتایج آنالیز تمام زیر وظایف واحد مونتاژ به روش PERA در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول۳. نتایج ارزیابی کلیه زیر وظایف و عملیات شناسایی شده در واحد مونتاژ توسط روش PERA

شماره	زیر وظایف	عملیات	مدت (از کل چرخه)		نیرو	پوسچر	مدت	نمره وظیفه (Ti)	نمره کل (A)	سطح ریسک
			ثانیه	درصد	نمره (F)	نمره (P)	نمره (D)	(F× P× D)		
۱	پلیسه گیری	فرز زنی	۲۲۶	۵۱	۱	۳	۳	۹	۶	ممکن-قابل قبول و مشروط
		پخ زنی	۲۳	۵	۲	۳	۱	۶		
		سمباده زنی	۴۱	۱۰	۱	۳	۱	۳		
		بادگیری	۱۴۰	۳۱	۱	۲	۳	۶		
۲	شستشو	بارگیری اولیه	۴	۸	۳	۳	۱	۹	۷/۲۵	بالا – غیر قابل قبول
		تخلیه بعد از شستشو	۵	۱۱	۲	۲	۲	۸		
		سمباده زنی	۱۰	۲۵	۱	۲	۳	۶		
		بادگیری	۲۰	۵۰	۱	۲	۳	۶		
۳	تست وکیوم	گذاشتن میل‌سوپاپ داخل سرسیلندر	۱۰	۲۵	۱	۱	۳	۳	۹	بالا – غیر قابل قبول
		انجام تست وکیوم	۱۸	۴۵	۱	۲	۳	۶		
		بارگیری روی پالت	۷	۱۸	۳	۳	۲	۱۸		
۴	بسته‌بندی	درست‌کردن کارتن	۳۳	۳۶	۱	۱	۳	۳	۸/۲۵	بالا – غیر قابل قبول
		روغن کاری سرسیلندر	۱۲	۱۳	۱	۳	۲	۶		
		گذاشتن سرسیلندر در داخل کارتن	۳۵	۳۹	۲	۳	۳	۱۸		
		بارگیری بر روی پالت	۱۰	۱۰	۲	۳	۱	۶		

بحث

کارگرانی که وظایف تکراری صنعتی را در شرکت‌های تولید و مونتاژ انجام می‌دهند در معرض خطر اختلالات اسکلتی-عضلانی به‌ویژه در ناحیه اندام فوقانی هستند(۱۵)، نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین ریسک فاکتور مربوط به پوسچرهای نامناسب تنه، گردن، شانه و مچ دست در بخش پلیسه‌گیری است که در ناحیه تنه و گردن خمش‌های تکراری به سمت جلو هنگام فرز زنی، پخ‌زنی و سمباده زنی و انحراف بیش از ۱۰ درجه تنه و گردن به طرفین و دور شدن بازو هنگام بادگیری و جابجایی قطعه و حرکات تکراری شدید در ناحیه مچ دست است. در مطالعه Nur و همکاران (۲۰۱۴) در شرکت‌های ساخت اتومبیل، بیشترین شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی به ترتیب در نواحی گردن، دست/مچ دست و شانه گزارش شد که می‌تواند بیانگر ریسک فاکتورهای مؤثر بر این نواحی از بدن باشد(۱۵). در مطالعه احمدی و همکاران (۱۳۹۷) نیز که به روش PERA در یک شرکت خودروسازی انجام شد، نتایج نشان داد که مدت زمان پوسچرهای پرخطر برای نواحی شانه‌ها، آرنج‌ها و سر وگردن گزارش شده است(۲۶). حرکات تکراری دست یا بازوها و خستگی و موقعیت‌های دردناک (پوسچرهای نامناسب) نیز در بررسی-

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-05-15]

[DOI: 10.52547/sjku.25.3.118]

های شرایط کاری اروپا، شایع‌ترین خطرات فیزیکی در محل کار شناخته شدند که به ترتیب حدود ۶۳٪ (به علت حرکات تکراری) و ۴۶٪ (به علت پوسچر نامناسب) کارگران حداقل یک چهارم از زمان را در معرض این ریسک فاکتورها قرار دارند(۱۲)؛ بنابراین با توجه به خمش در ناحیه تنه، تنظیم ایستگاه کار در حد ارتفاع آرنج در وضعیت ایستاده یا میزهای با ارتفاع قابل تنظیم و استفاده از صفحات چرخنده قطعات در زوایای مختلف در طی فرآیند مونتاژ از جمله راهکارهایی است که از خمش سر و گردن، تنه و بازشدگی بیش از حد بازوها جلوگیری می‌نماید. چنانچه شواهد نیز نشان داده‌اند، کاهش مواجهه کارگران در ایستگاه‌های کاری با ریسک فاکتورهایی همچون پوسچرهای نامناسب می‌تواند منجر به کاهش شیوع MSDs شود. همچنین بر اساس مطالعه Ferguson و همکاران (۲۰۱۱) چرخش قطعه به سمت کارگر به دلیل جلوگیری از خمش‌های بیش از حد می‌تواند منجر به کاهش مواجهه با ریسک فاکتورهای به وجود آورنده ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی کارگران در طی وظایف مونتاژ اتومبیل شود(۱).

ایستادن‌های طولانی‌مدت بر روی زمین سفت و سخت در حین انجام زیر وظیفه پلیسه‌گیری نیز از فعالیت‌های با استاتیک بالا است که از جمله عوامل خستگی در اندام‌های تحتانی است که جریان خون‌رسانی را کاهش و در نتیجه خستگی و متعاقب آن میزان ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی را افزایش می‌دهد. لذا استفاده از کفپوش‌های ضد خستگی در محل قرارگیری کارگران، نقش مؤثر در کاهش خستگی و اختلالات سیستم اسکلتی-عضلانی خواهد داشت(۳۳).

پوسچرهای نامتقارن در ناحیه تنه به خصوص خمش بیش از ۱۰ درجه به طرفین هنگام بلند کردن قطعات (وزن ۸ کیلوگرم به تعداد ۲۰ قطعه در ساعت) از روی پالت و قرار دادن در دستگاه شستشو در عملیات بارگیری اولیه، خمش شدید گردن، خمش و حرکات تکراری در ناحیه مچ دست در عملیات سمباده زنی و حرکات تکراری دست در عملیات بادگیری از جمله ریسک فاکتورهای مهم پوسچر در زیر وظیفه شستشو می‌باشند. سطح ریسک زیر وظیفه شستشو بالا (غیرقابل قبول) برآورد گردید که این نتایج با مطالعه Anita و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی پوسچر کارکنان با استفاده از روش RULA در یک صنعت اتومبیل که در سطح اقدام اصلاحی بالا ارزیابی شد هم‌راستا است(۴). همچنین نتایج مطالعه احمدی و همکاران (۱۳۹۷) که در یک صنعت مونتاژ خودرو انجام شد، نشان داد که اغلب چرخه‌های کاری پر ریسک می‌باشند، که با نتایج مطالعه حاضر همسو است(۲۶). در مطالعه‌ای که Nasuto و همکاران (۲۰۱۸) به روش PERA بر روی کارگران سرویس چاه نفت و گاز انجام دادند به این نتیجه رسیدند که کارگرانی که نصب آداپتور Tree و نصب آداپتور BOP (Blow Out Preventer) (پیشگیری‌کننده از فوران چاه نفت) را انجام می‌دهند، در معرض ریسک‌های بالقوه زیادی قرار دارند(۳۴). استفاده از میزهای پدالی یا دکمه‌ای با ارتفاع قابل تنظیم نقش مؤثری در کاهش عامل زیان‌آور فوق دارد. آموزش و استفاده از تمرینات مرتبط با ناحیه مچ دست می‌تواند از عوارض و صدمات حرکات تکراری در این ناحیه نیز بکاهد. با توجه به اینکه عملیات سمباده زنی و بادگیری در بخش شستشو، مدت زمان زیادی را به خود اختصاص می‌دهند، تعویض و جابجایی کارکنان می‌تواند از اثر تجمعی ریسک فاکتورها و در نتیجه اختلالات بکاهد. چرخش شغل علاوه حفظ سلامتی، میزان رضایت شغلی را نیز افزایش می‌دهد، چنانچه در مطالعات نیز همبستگی مثبت بین چرخش شغل و رضایت بالای شغلی مطرح شده است(۳۵). بر اساس پژوهش‌های انجام شده در بین کاربران خطوط مونتاژ به صورت مدل ریاضی، جداول چرخش کار اثرات بار کاری روزانه را به حداقل رسانده و به پتانسیل کاهش اختلالات اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار کمک نموده است(۳۶).

بارگیری سر سیلندرهای تست وکیوم شده و چیدن آن‌ها بر روی پالت با خمش بیش از ۶۰ درجه کارگر در ناحیه تنه همراه است که علت آن اختلاف سطح میز تست وکیوم و چرخ دستی است که علاوه بر پوسچر نامناسب، نیروی

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-05-15]

[DOI: 10.52547/sjku.25.3.118]

محسوس بلند کردن دو قطعه هم زمان برای جابجایی با وزن ۱۶ کیلوگرم را نیز به همراه دارد. نتایج ارزیابی ریسک فاکتورهای فوق، سطح ریسک بالا (غیرقابل قبول) را در زیر وظیفه تست وکیوم نشان دادند که این نتیجه با مطالعه خان محمدی و همکاران (۱۳۹۶) که سطح ارگونومیک محاسبه شده به روش QEC در بین کارگران سالن مونتاژ کامیون را بسیار بالا گزارش کردند، هم راستا است(۱۱). به منظور کاهش مواجهه ریسک فاکتورها در این ایستگاه کاری، کاهش اختلاف سطح مبدأ و مقصد جابجایی قطعات و در نتیجه کاهش فاصله عمودی جابجایی می‌تواند میزان مواجهه با دو ریسک فاکتور پوسچر و نیرو را کاهش دهد. با توجه به اینکه در کارهای تکراری، خستگی بافت اسکلتی-عضلانی وجود دارد، همبستگی درونی نیرو و تکرار از جمله عوامل تأثیرگذار بر ریسک اختلالات اسکلتی – عضلانی می‌باشند، چنانچه در مطالعات اپیدمیولوژی، تکرار در وظایف با نیروی پایین، با افزایش متوسط اختلالات و در وظایف با نیروی بالا، با افزایش سریع در اختلالات همراه است(۳۷).

دو عامل پوسچر (خمش بیش از ۶۰ درجه در ناحیه تنه و گردن) و مدت زمان انجام کار (۸ ساعت) به همراه اعمال نیرو (جابجایی ۶۴ قطعه ۸ کیلوگرمی در روز معادل ۵۱۲ کیلوگرم) در عملیات گذاشتن قطعات در داخل کارتن در زیر وظیفه بسته‌بندی، ریسک فاکتورهای مهمی در سطح ریسک غیرقابل‌قبول بودند که می‌توان با استفاده از راهکارهای ذکرشده، اقدامات کنترلی و اصلاحی در این خصوص را انجام داد.

استفاده از میزهای با ارتفاع قابل تنظیم در حد ارتفاع آرنج‌ها (میز بالابر هیدرولیکی)، استفاده از صفحات چرخنده قطعات در تمام جهات به منظور کاهش حد دسترسی برداشتن/ بلند کردن قطعات، استفاده از ابزار یا ماشین‌آلات مکانیکی و پنوماتیکی چنگشی برای بلند کردن بارهای سنگین، استفاده از کفپوش‌های ضد خستگی در ایستادن‌های طولانی‌مدت، آموزش در خصوص نحوه صحیح بلند کردن بار، استفاده از تمرینات حرکات اصلاحی برای نواحی گردن، تنه، شانه‌ها و مچ دست و چرخشی کردن کارکنان در عملیات‌های مختلف کاری می‌تواند ضمن کاهش زمان مواجهه با ریسک فاکتورهای مختلف از طریق تنوع وظایف، میزان رضایت را افزایش و از شیوع اختلالات اسکلتی –عضلانی بکاهد.

در روش مذکور فقط ریسک فاکتورهای پوسچر، نیرو و زمان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که این ریسک فاکتورها تعداد محدودی از عوامل تأثیرگذار بر اختلالات اسکلتی – عضلانی هستند. در ارگونومی روش جامعی وجود ندارد که کلیه ریسک فاکتورهای ایجادکننده اختلالات را شناسایی کند. پس برای شناسایی کلیه ریسک فاکتورها می‌توان از ترکیبی از روش‌ها استفاده کرد؛ بنابراین از جمله محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به عدم استفاده از سایر روش‌های ارزیابی ارگونومیک جهت شناسایی کامل‌تر ریسک فاکتورها در جهت ارائه راهکارهای کنترلی مؤثرتر اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

سطح ریسک هر سه زیر وظیفه شستشو، تست وکیوم و بسته‌بندی، بالا یا غیرقابل قبول توصیف گردید که نیازمند اقدامات اصلاحی می‌باشند و با اولویت قرار دادن این سه زیر وظیفه برای مداخلات می‌توان ریسک صدمه اختلالات اسکلتی عضلانی را کاهش داد. سه ریسک فاکتور پوسچر نامناسب، مدت زمان انجام کار و نیرو به ترتیب ۶۰، ۴۶/۶ و ۴۰ درصد در عملیات واحد مونتاژ نامناسب و بالا برآورد شدند که می‌توان نتیجه گرفت که با اصلاح ایستگاه کاری، کاهش مدت زمان مواجهه به‌وسیله چرخش نیروی کار و هم‌سطح کردن سطوح جابجایی قطعات، حدود دو سوم ریسک فاکتورهای مهم حذف خواهند شد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله بدینوسیله تشکر و سپاس خود را از کمیته تحقیقات دانشجویی، پژوهشکده پیشگیری از

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-05-15]

[DOI: 10.52547/sjku.25.3.118]

بیماری‌های غیرواگیر و مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت دانشگاه علوم پزشکی قزوین بخاطر حمایت‌های مالی اعلام می‌دارند. لازم به ذکر است که این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی قزوین می‌باشد.

منابع

1. Ferguson SA, Marras WS, Gary Allread W, Knapik GG, Vandlen KA, Splittstoesser RE, et al. Musculoskeletal disorder risk as a function of vehicle rotation angle during assembly tasks. Appl Ergon. 2011;42(5):699-709.
2. Mohd Fazi HB, B Nik Mohamed NMZ, Bin Basri AQ. Risks assessment at automotive manufacturing company and ergonomic working condition. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019;469:012106.
3. Alzuheri A, Luong L, Xing K. Ergonomics design measures in manual assembly work. 2010 Second International Conference on Engineering Systems Management and Its Applications (ICESMA). 2010;(pp. 1-6).IEEE.
4. Anita A, Yazdani A, Hayati K, Adon M. Association between awkward posture and musculoskeletal disorders (MSD) among assembly line workers in an automotive industry. Malaysian J Med and Health Sci. 2014;10(1):23-28
5. Chakravarthy SP, KM S, GL S. Ergonomics Study of Automobile Assembly Line. IJRMEE.2015;2(5):110-114
6. Ansari S, Bakhtiari T, Varmazyar S, Norozpoor Z, Hadipoor F. Investigation of the effective factors on musculoskeletal disorders and its consequents in Qazvin woman hairdressers in 2016. The Journal of Qazvin University of Medical Sciences. 2017;21(5):46-36.
7. Ataei S, Kian S, Heydari P, Varmazyar S. Quantitative Risk Assessment of Patient Manual Handling in Wards of One of the Hospitals of Tehran using MAPO Method, Iran. Qom Univ Med Sci J. 2017;11(3):32-42.
8. Kakaei H, Poornajaf A, Farasaty F, Mohammadi E. Epidemiological study of the occupational accidents in the industries and plants covered by the Social Security Organization in Ilam city during 2010-2012. IJBMPH. 2018;1(3):148-54.
9. Ataei SS, Heydari P, Varmazyar S. Investigation of Correlation of Musculoskeletal Disorders With Work Ability Index and Allowable Load Lifting Limit. Iran J Ergon. 2017;4(4):14-23.
10. Gholami A, Soltanzadeh A, Abedini R, Sahranavard M. Ergonomic Assessment of Musculoskeletal Disorders Risk by Rapid Upper Limb Assessment (RULA) Technique in a PorcelainManufacturing Factory. jrh. 2014;4(1):608-12.
11. Khanmohammadi E, Tabatabai Ghomsheh F, Osqueizadeh R. Review the Effectiveness of Ergonomic Interventions in Reducing the Incidence of Musculoskeletal Problems of Workers in Fatal Truck Assembly Hall. Iran J Ergon. 2017;5(2):1-8.
12. Chander DS, Cavatorta MP. An observational method for Postural Ergonomic Risk Assessment (PERA). Int J Ind Ergon. 2017;57:32-41.
13. Deros BM, Daruis DD, Ismail AR, Sawal NA, Ghani JA. Work-related musculoskeletal disorders among workers' performing manual material handling work in an automotive manufacturing company. Am J Appl Sci. 2010;7(8):1087.
14. Guerreiro M, Serranheira F, Cruz E, Sousa-Uva A. An analysis on neck and upper limb musculoskeletal symptoms in Portuguese automotive assembly line workers. IJOOES. 2017;1(1):59-68.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-05-15]

[DOI: 10.52547/sjku.25.3.118]

15. Nur NM, Dawal SZ, Dahari M. The prevalence of work related musculoskeletal disorders among workers performing industrial repetitive tasks in the automotive manufacturing companies. Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bali, Indonesia. 2014; (pp: 1-8).
16. Aublet-Cuvelier A, Aptel M, Weber H. The dynamic course of musculoskeletal disorders in an assembly line factory. Int Arch Occup Environ Health. 2006;79(7):578-584.
17. Varmazyar S, Safari Varyani A, Zeidi IM, Hashemi HJ. Evaluation Working Posture and Musculoskeletal Disorders Prevalence in Pharmacy Packaging Workers. Europ J Sci Res. 2009;29(1):82-88.
18. Rodrigues M, Loureiro I, Leão CP. An Experimental Analysis of Ergonomics in an Assembly Line in a Portuguese Automotive Industry. In: Arezes P. et al.Occupational and Environmental Safety and Health. Studies in Systems, Decision and Control. 2019;vol 202:pp(485-491). Springer, Cham.
19. Lutz TJ, Starr H, Smith CA, Stewart AM, Monroe MJ, Joines SM, et al. The use of mirrors during an assembly task: a study of ergonomics and productivity. Ergonomics. 2001;44(2):215-528.
20. Ansari S, Ataei S, Varmazyar S, Heydari P. The effect of mental workload and work posture on musculoskeletal disorders of Qazvin hospitals, in 2016. JOHE. 2016;5(4):202-210.
21. Heydari P, Varmazyar S, Hakimi C. Investigation of occupation risk factors on the absence from work and medical appointment due to musculoskeletal disorders among rescue groups employees. J Qazvin Univ Med Sci. 2017;21(4):83-88.
22. Melin B, Lundberg U, Söderlund J, Granqvist M. Psychological and physiological stress reactions of male and female assembly workers: a comparison between two different forms of work organization. J Organ Behav. 1999;20(1):47-61.
23. David G. Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. Occup Med. 2005;55(3):190-199.
24. ISO 11226:2000. Ergonomics – Evaluation of static working postures.
25. EN 1005-4:2005. Safety of machinery—Human physical performance. Part 4: Evaluation of working postures and movements in relation to machinery.
26. Ahmadi M, Salmanzadeh H. Application of PERA method to analyze and redesign the cyclic tasks in an automotive industry. IOH. 2018;15(5):38-47.
27. Jahani F, Alizadeh A, Nasrabadi M. Using CREAM to identify and assess Human Errors in Control Rooms of Arya Sasol Polymer Company. J Occup Hyg Eng. 2017;4(1):35-44.
28. Annett J, Stanton NA. Research and developments in task analysis. Task analysis .First ed .USA: CRC Press; 2014:1-14.
29. Mahdavi S, Heydari Farsani E, Tajvar A. Identification and Assessment of Human Error Due to design in damagingto the Sour Water Equipment and SRP Unit of Control Room in A Refinery Plant using SHERPA Technique. JHSW. 2013;2(4):61-70.
30. Stanton N, Salmon PM, Rafferty LA. Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering and Design: Ashgate Publishing, Ltd.; 2013.
31. Kadefors R, Kilbom Å, Sperling L .An ergonomic model for workplace assessment. Proceedings of the IEA; 1994:94;(pp. 210-212)
32. Sperling L, Dahlman S, Wikström L, Kilbom Å, Kadefors R. A cube model for the classification of work with hand tools and the formulation of functional requirements. Appl Ergon. 1993;24(3):212-20.
33. Speed G, Harris K, Keegel T. The effect of cushioning materials on musculoskeletal discomfort and fatigue during prolonged standing at work: A systematic review. Appl Ergon . 2018;70:300-314.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-05-15]

[DOI: 10.52547/sjku.25.3.118]

34. Smaz N, Yudistira J, Gustiyana T, Roni Sahroni T. Ergonomic Analysis of Rig up Wireline Pressure Control Equipment (Pce) in Well Service Activities. IJMET. 2018;9(9):441-459.
35. Padula RS, Comper MLC, Sparer EH, Dennerlein JT. Job rotation designed to prevent musculoskeletal disorders and control risk in manufacturing industries: a systematic review. Appl Ergon. 2017;58:386-397.
36. Yoon SY, Ko J, Jung MC. A model for developing job rotation schedules that eliminate sequential high workloads and minimize between-worker variability in cumulative daily workloads: Application to automotive assembly lines. Appl Ergon. 2016;55:8-15.
37. Gallagher S, Heberger JR. Examining the interaction of force and repetition on musculoskeletal disorder risk: a systematic literature review. Hum Factors. 2013;55(1):108-124.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-05-15]

[DOI: 10.52547/sjku.25.3.118]