



## Original Article

# The Effectiveness of a Combined Ergonomic and Exercise Intervention in Optimizing Motor Performance among the Employees of Ilam Petrochemical Company

Maryam Momtaz-Bakhsh<sup>1</sup> , Saeed Ghasemi<sup>2</sup> , Nabi Omid<sup>3\*</sup> , Mohammadreza Omid<sup>4</sup> , Vahideh Manti<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Department of Sports Management, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Faculty of Management, Iranian Electronic Higher Education Institute, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Department of Management, Payame Noor University, Tehran, Iran

<sup>4</sup> Department of Industrial Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

<sup>5</sup> Malekshahi Office of the Ministry of Education, Ilam, Iran

## Abstract

### Article History:

**Received:** 16 May 2025

**Revised:** 21 August 2025

**Accepted:** 24 August 2025

**ePublished:** 22 September 2025

### \*Corresponding author:

Nabi Omid, Department of Management, Payame Noor University, Tehran, Iran

Email: [nabiomidi@gmail.com](mailto:nabiomidi@gmail.com)

**Objectives:** Musculoskeletal disorders (MSDs) are among the main occupational health challenges in industries with demanding working conditions, such as petrochemical plants. This study aimed to investigate the effect of a combined ergonomic and exercise intervention on pain reduction and motor performance improvement among the employees of Ilam Petrochemical Company.

**Methods:** This quasi-experimental study utilized a pre/posttest design with 40 male workers. Participants were randomly assigned to either an intervention group (receiving ergonomic training combined with exercise) or a control group. Data were collected using the Nordic Musculoskeletal Questionnaire and Motor Performance Questionnaire. Following that, the obtained data were analyzed using independent t-tests and repeated measures ANOVA.

**Results:** The combined intervention significantly reduced pain in the lower back (55%), shoulders (56%), and knees (57%), while improving the total motor performance score (43%;  $P < 0.001$ ). Cohen's d effect sizes ranged from 1.8 to 2.5, indicating high effectiveness.

**Conclusion:** The integration of ergonomic and exercise interventions led to a significant reduction in musculoskeletal pain and improvement in motor performance among petrochemical workers. These findings demonstrate the positive impact of the intervention on workers' motor performance indicators.

**Keywords:** Ergonomic intervention, Exercise therapy, Industrial workers, Motor performance



## Extended Abstract

### Background and Objective

Musculoskeletal disorders are among the most significant occupational health challenges in industrial environments, and many workers, particularly in the petrochemical sector, are affected by them. At Ilam Petrochemical Company in Ilam, Iran, physical factors, such as poor posture, heavy manual tasks, and continuous exposure to vibrating tools, place employees at high risk for serious musculoskeletal injuries. These issues not only reduce the quality of life but also impose substantial economic burdens on both the organization and the national healthcare system.

Ergonomic interventions aimed at optimizing working conditions, such as proper workstation design, assistive equipment, and modifications to the physical work environment, can reduce biomechanical strain. In parallel, exercise-based interventions focusing on muscle strengthening, improving flexibility, and proper movement and lifting techniques contribute to enhancing physical capacity and preventing recurrent injuries. Integration of these two approaches offers a comprehensive strategy for reducing risk factors and improving motor performance.

Motor performance, as an indicator of musculoskeletal health, includes abilities, such as joint range of motion, balance, endurance, and reactive responses, all of which play a critical role in employee safety and efficiency in industrial settings. Enhancing these functions can reduce the risk of falls, alleviate chronic pain, and increase workplace productivity.

Given the lack of indigenous studies in this field, the present research aimed to examine the effectiveness of a combined ergonomic and exercise intervention in optimizing motor performance and reducing musculoskeletal disorders among employees of Ilam Petrochemical Company in Ilam, Iran. The findings of this study may serve as a foundation for planning occupational health interventions in other industrial settings.

### Materials and Methods

This experimental study used a pretest–posttest design with a control group and a three-month follow-up. It was conducted in 2023 on 40 male operational staff members at the Ilam Petrochemical Company. Participants were randomly assigned to either an intervention group (ergonomic and exercise intervention) or a control group. Inclusion criteria were at least six months of employment, a history of chronic upper limb pain, and willingness to participate. Exclusion criteria were the presence of serious medical conditions or frequent absences from work. Data were collected using two instruments, namely the standardized Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) to assess the severity of musculoskeletal disorders, and the Motor Performance Questionnaire (MPQ) to evaluate motor function.

The ergonomic intervention was delivered over six in-person sessions and included content on body safety education, optimization of working conditions, and environmental risk management. The exercise

program consisted of 10 group sessions and included warm-up routines, stabilizing and resistance exercises, and cool-down activities. Assistive tools, such as manual hoists, footrests, and anti-vibration gloves, were used to reduce physical workload. Statistical analysis was conducted using independent *t*-tests, repeated measures analysis of variance, and least significant difference post hoc tests in SPSS 20 software. The control group participated only in the assessment phases and did not receive any intervention.

### Results

The demographic characteristics of the participants showed that the majority held a high school diploma, were married, and had an average work experience of approximately nine years. No statistically significant differences were found between the intervention and control groups in any of these variables. Pre-intervention statistical analyses also indicated no significant differences between the two groups in the levels of musculoskeletal disorders or motor performance.

Following the implementation of the combined intervention, analysis of covariance, controlling for pretest scores, revealed that the intervention group showed a statistically significant reduction in the prevalence and severity of musculoskeletal disorders, as well as a notable improvement in motor performance indicators, compared to the control group.

It must be mentioned that the levels of pain in the lower back, shoulders, and knees were reduced by approximately 55-57%, respectively. Additionally, the overall motor performance score improved by 43%. The greatest improvements were observed in muscular endurance and dynamic balance. Cohen's effect sizes for the various variables ranged from 1.7 to 2.6, indicating a large intervention effect. The control group showed no statistically significant improvement in any of the measured indicators. These results support the high efficacy of the combined ergonomic and exercise approach in enhancing the physical condition of industrial workers.

### Discussion

The findings demonstrated that the combined ergonomic and exercise intervention had a significant impact on improving musculoskeletal health and motor performance among employees of Ilam Petrochemical Company. The 55-57% reduction in pain intensity in the lower back, shoulders, and knees indicates that corrective measures in working postures and the use of assistive tools played a crucial role in reducing biomechanical stress.

Furthermore, a 630% increase in muscular endurance scores (from 49.0 to 75.3) and a 43% improvement in dynamic balance (from 5.51 to 8.73) reflect the effectiveness of resistance and stabilization exercises in enhancing motor performance.

Moreover, a 27% improvement in the daily activity index and a 43% increase in the overall motor performance score suggest that the intervention not only reduced pain but also significantly enhanced the ability of participants to perform occupational tasks.

These findings support the sustained effectiveness of combined interventions for up to six months, whereas single-dimensional approaches tend to have diminishing long-term effects. Additionally, the use of validated assessment tools, such as the NMQ and MPQ, enabled a more accurate evaluation of the intervention impact. However, the generalizability of the study is limited due to the sample consisting exclusively of male employees. Therefore, future research should be designed to include diverse populations, taking into account gender and varying occupational conditions.

## Conclusion

The findings revealed that the combination of ergonomic and physical training interventions significantly reduced pain intensity by 55-57% in the lumbar, shoulder, and knee regions, and improved motor performance by 43% among employees of Ilam Petrochemical Company. These results align with those of previous research in occupational health, emphasizing that integrated approaches, through reducing biomechanical load and enhancing physical capacity, can serve as effective strategies for managing musculoskeletal disorders in high-risk industrial environments.

**Please cite this article as follows:** Momtaz-Bakhsh M, Ghasemi S, Omid N, Omid M, Manti V. The Effectiveness of a Combined Ergonomic and Exercise Intervention in Optimizing Motor Performance among the Employees of Ilam Petrochemical Company. *Iran J Ergon.* 2025; 13(2): 94-103 DOI:10.53208/IJE.13.2.94

## اثربخشی مداخله ترکیبی ارگونومیک و ورزشی بر بهینه سازی عملکرد حرکتی کارکنان پتروشیمی ایلام

مریم ممتاز بخش<sup>۱</sup> ID، سعید قاسمی<sup>۲</sup> ID، نبی امید<sup>۳\*</sup> ID، محمدرضا امیدی<sup>۴</sup> ID، وحیده منتی<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> گروه مدیریت ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران

<sup>۲</sup> دانشکده مدیریت، موسسه آموزش عالی الکترونیکی ایرانیان، تهران، ایران

<sup>۳</sup> گروه مدیریت، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

<sup>۴</sup> گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

<sup>۵</sup> آموزش و پرورش شهرستان ملکشاهی، ایلام، ایران

### چکیده

**اهداف:** اختلالات اسکلتی-عضلانی از چالش‌های اصلی سلامت شغلی در صنایع با شرایط کاری چالش برانگیز مانند پتروشیمی هستند. این مطالعه با هدف بررسی تاثیر مداخله ترکیبی ارگونومیک و ورزشی بر کاهش درد و بهبود عملکرد حرکتی کارکنان پتروشیمی ایلام انجام شد.

**روش کار:** این پژوهش نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون بر روی ۴۰ کارگر مرد انجام شد. شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی به دو گروه مداخله (ترکیب آموزش ارگونومی و تمرینات ورزشی) و کنترل تقسیم شدند. داده‌ها با پرسش‌نامه‌های نوردیک (NMQ) و عملکرد حرکتی (MPQ) جمع‌آوری و با آزمون‌های t مستقل و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر تحلیل شدند.

**یافته‌ها:** مداخله ترکیبی منجر به کاهش معنادار درد کمر (۵۵ درصد)، شانه (۵۶ درصد) و زانو (۵۷ درصد) و بهبود نمره کل عملکرد حرکتی (۴۳ درصد) شد ( $P < 0.001$ ). اندازه اثر کوهن در محدوده ۱/۸ تا ۲/۵ نشان‌دهنده اثربخشی بالا بود.

**نتیجه‌گیری:** ترکیب مداخلات ارگونومیک و ورزشی منجر به کاهش معنادار دردهای اسکلتی-عضلانی و بهبود عملکرد حرکتی در کارکنان پتروشیمی شد. این یافته‌ها نشان‌دهنده تاثیر مثبت مداخله بر شاخص‌های عملکرد حرکتی کارکنان است.

**کلید واژه‌ها:** عملکرد حرکتی، مداخله ارگونومیک، ورزش درمانی، کارکنان صنعتی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۲۶

تاریخ داوری مقاله: ۱۴۰۴/۰۵/۳۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۰۲

تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

\* نویسنده مسئول: نبی امید، گروه مدیریت، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

ایمیل: nabiomidi@gmail.com

**استناد:** ممتازبخش، مریم؛ قاسمی، سعید؛ امیدی، نبی؛ امیدی، محمدرضا؛ منتی، وحیده. اثربخشی مداخله ترکیبی ارگونومیک و ورزشی بر بهینه سازی عملکرد حرکتی کارکنان پتروشیمی ایلام. مجله ارگونومی، تابستان ۱۴۰۴؛ ۱۳(۲): ۹۴-۱۰۳

### مقدمه

می‌رسد که نشان‌دهنده ضرورت توجه فوری به این مسئله است [۳]. کارکنان پتروشیمی ایلام به دلیل ماهیت فعالیت‌های فیزیکی سنگین، وضعیت‌های بدنی ثابت و استفاده مکرر از ابزارهای ارتعاشی، در معرض خطر بالایی برای ابتلا به این اختلالات هستند [۴]. مطالعات میدانی در این مجتمع نشان می‌دهد که ۵۸ درصد از کارکنان بخش‌های عملیاتی از دردهای مزمن در ناحیه کمر، شانه، و زانو رنج

اختلالات اسکلتی-عضلانی به‌عنوان یکی از شایع‌ترین چالش‌های سلامت شغلی در محیط‌های صنعتی، سالانه میلیون‌ها کارگر را در سراسر جهان تحت تاثیر قرار می‌دهند [۱]. بر اساس گزارش سازمان بین‌المللی کار، بیش از ۴۰ درصد از کارگران صنعتی حداقل یک نوع اختلال مرتبط با شغل را تجربه می‌کنند [۲]. در ایران، این آمار در صنایع با شرایط کاری چالش‌برانگیز مانند پتروشیمی به ۶۵ درصد

می‌برند [۵]، در حالی که تنها ۱۵ درصد به برنامه‌های پیشگیرانه دسترسی دارند [۶]. این شرایط نه تنها کیفیت زندگی فردی را کاهش می‌دهد، بلکه هزینه‌های اقتصادی سنگینی را بر سیستم‌های بهداشتی و تولیدی تحمیل می‌کند.

مداخلات ارگونومیک به عنوان راهکاری کلیدی برای کاهش بار بیومکانیکی بر بدن شناخته می‌شوند [۷]. این مداخلات شامل طراحی مجدد ایستگاه‌های کاری، تنظیم ارتفاع میزها و صندلی‌ها متناسب با ابعاد بدن، استفاده از تجهیزات کمکی مانند بالابرهای دستی و کاهش مواجهه با ارتعاش است [۸]. به عنوان مثال، نصب تکیه‌گاه‌های کمری روی صندلی‌های کنترل اتاق فرمان می‌تواند فشار بر مهره‌های کمری را تا ۳۰ درصد کاهش دهد [۹]. همچنین، اصلاح زاویه مانیتورها و ابزارهای کنترلی در کاهش خستگی عضلات گردن و چشم موثر است [۱۰]. با این حال، اجرای این تغییرات در محیط‌های پیچیده صنعتی مانند پتروشیمی، نیازمند در نظر گرفتن عوامل فنی، اقتصادی و فرهنگی است.

مداخلات ورزشی نیز با تمرکز بر تقویت عضلات، بهبود انعطاف‌پذیری و افزایش استقامت قلبی-عروقی طراحی می‌شوند [۱۱]. برنامه‌هایی مانند تمرینات ثبات‌دهنده هسته بدن، حرکات کششی پویا قبل از شیفت کاری و تمرینات مقاومتی با کش‌های التراباند می‌توانند ظرفیت جسمانی کارکنان را ارتقا دهند [۱۲]. مطالعات نشان می‌دهند که اجرای منظم تمرینات تقویتی شانه به مدت هشت هفته، خطر آسیب‌های روتاتور کاف را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد [۱۳]. علاوه بر این، آموزش تکنیک‌های صحیح بلند کردن بار و حفظ وضعیت بدنی خنثی در حین کار، نقش پیشگیرانه کلیدی دارد [۱۴]. ترکیب این برنامه‌ها با جلسات آموزشی آگاهی‌بخش درباره مکانیک بدن، اثربخشی مداخله را افزایش می‌دهد.

اختلالات اسکلتی-عضلانی در محیط‌های صنعتی اغلب ناشی از تعامل پیچیده عوامل فردی و سازمانی است [۱۵]. شایع‌ترین این اختلالات شامل کمردردهای مکانیکی، سندرم تونل کارپال، تاندونیت شانه و آرتروز زانو است [۱۶]. این شرایط نه تنها با درد و محدودیت حرکتی همراه است، بلکه می‌تواند به اختلالات ثانویه مانند بی‌خوابی، اضطراب و کاهش عملکرد شناختی منجر شود [۱۷]. در کارکنان پتروشیمی، قرارگیری طولانی‌مدت در وضعیت‌های خم شده به جلو و حمل بارهای بیش از ۲۰ کیلوگرم، فشار مضاعفی بر دیسک‌های بین مهره‌ای وارد می‌کند [۱۸]. تحقیقات نشان می‌دهد که افزایش ۱۰ درصد در فشار وارد بر دیسک کمری، خطر فتق دیسک را تا سه برابر افزایش می‌دهد [۱۹].

بهبود عملکرد حرکتی یکی از اهداف اصلی مداخلات تلفیقی است. عملکرد حرکتی به شاخص‌هایی مانند دامنه حرکتی مفاصل، تعادل پویا، سرعت واکنش و استقامت عضلانی اشاره دارد. به عنوان مثال، کاهش درد شانه پس از مداخله ارگونومیک می‌تواند دامنه حرکتی مفصل گلنوهومرال را افزایش دهد و انجام فعالیت‌هایی مانند بالابردن بازوها را تسهیل کند [۲۰]. از سوی دیگر، تمرینات تعادلی در برنامه ورزشی، خطر زمین خوردن در محیط‌های لغزنده پتروشیمی

را کاهش می‌دهد [۲۱]. بهبود این شاخص‌ها نه تنها ایمنی کارکنان را افزایش می‌دهد، بلکه بهره‌وری را از طریق کاهش زمان استراحت بین فعالیت‌ها ارتقا می‌بخشد.

علیرغم اهمیت ترکیب مداخلات ارگونومیک و ورزشی، مطالعات محدودی در ایران به بررسی این رویکرد در محیط‌های صنعتی پرداخته‌اند. این مطالعه با هدف ارزیابی تاثیر مداخله ترکیبی بر کاهش اختلالات اسکلتی-عضلانی و بهبود عملکرد حرکتی در کارکنان پتروشیمی ایلام انجام شده است و نتایج این پژوهش می‌تواند مبنایی برای طراحی پروتکل‌های بومی در صنایع کشور بوده و چارچوبی برای سیاست‌گذاری در حوزه سلامت شغلی فراهم نماید.

## روش کار

این پژوهش به روش تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل و پیگیری سه ماهه بر روی کارکنان مرد بخش‌های عملیاتی مجتمع پتروشیمی ایلام انجام شد. جامعه آماری شامل کلیه کارگران مرد شاغل در شیفت‌های روزانه این مجتمع در سال ۱۴۰۲ بود که از میان آن‌ها، ۴۰ نفر با استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه (۲۰ نفر مداخله ارگونومیک و تربیت بدنی، ۲۰ نفر گروه کنترل) تخصیص داده شدند. تعداد نمونه بر اساس محاسبه توان آماری با نرم‌افزار G\*Power نسخه ۳/۱ با پارامترهای اثرپذیری متوسط ۰/۸ و سطح معناداری ۰/۰۵، توان آماری ۹۵ درصد و طرح اندازه‌گیری مکرر تعیین شد. تخصیص تصادفی با روش بلوک‌بندی در بلوک‌های ۴ نفره و با استفاده از پاکت‌های مهر و موم شده انجام گردید: نخست فهرست شناسه‌های واحدها پس از غربالگری اولیه تهیه شد، سپس توالی تخصیص با نرم‌افزار R و در پاکت‌های کدر قرار داده شد که توسط پژوهشگر مستقل از تیم مداخله، پیش از شروع مطالعه بازگشایی شدند.

معیارهای ورود شامل سابقه حداقل شش ماه اشتغال در بخش‌های عملیاتی، تجربه درد مزمن در نواحی کمر، شانه یا اندام فوقانی بر اساس تشخیص پزشک کار و تمایل به مشارکت بود. معیارهای خروج نیز ابتلا به بیماری‌های حاد قلبی-عروقی یا عصبی-عضلانی، سابقه جراحی اخیر در ناحیه مبتلا و غیبت بیش از دو جلسه از مداخلات را دربرمی‌گرفت. داده‌ها با استفاده از دو ابزار جمع‌آوری شد: پرسش‌نامه NMQ برای سنجش شدت اختلالات اسکلتی-عضلانی و پرسش‌نامه استاندارد MPQ که پایایی آن با آلفای کرونباخ ۰/۸۷ تایید شد.

**پرسش‌نامه NMQ** به عنوان ابزاری معتبر و پرکاربرد در مطالعات اپیدمیولوژیک اختلالات اسکلتی-عضلانی، توسط Kuorinka و همکاران در سال ۱۹۸۷ طراحی شد [۲۲]. این پرسش‌نامه با تمرکز بر ۹ ناحیه بدن (گردن، شانه‌ها، آرنج، مچ/دست، کمر، ران/زانو، مچ/پا) شیوع، شدت و تاثیر اختلالات را در بازه زمانی ۱۲ ماهه ارزیابی می‌کند. هر بخش شامل سوالاتی درباره وجود درد، محدودیت عملکردی و نیاز به مراقبت پزشک است که با مقیاس‌های

با پویانمایی سه بعدی بیومکانیک ستون فقرات و فیلم‌های آموزشی استاندارد OSHA تکمیل شد. ابزارهای پشتیبانی شامل پوسته‌های مصور نصب شده در محیط کار، دفترچه راهنمای تصویری شخصی سازی شده و نرم افزار شبیه ساز پوسچر برای پایش لحظه‌ای وضعیت بدن بودند که با یک کارگاه دو ساعته افتتاحیه با حضور متخصصان ارگونومی و فیزیوتراپیست آغاز گردید.

تمرینات ورزشی در ۱۰ جلسه ۴۵ دقیقه‌ای گروهی (۶-۵ نفره)، سه بار در هفته در سالن ورزشی مجهز مجتمع پتروشیمی با تجهیزات تخصصی (کش‌های مقاومتی، توپ‌های سوئیسی، دوچرخه ثابت) تحت نظارت فیزیوتراپیست اجرا شد. هر جلسه با گرم کردن ۱۰ دقیقه‌ای (دوچرخه ثابت با شدت ۶۰-۵۰ درصد حداکثر ضربان قلب) آغاز گردید. سپس فاز اصلی ۳۰ دقیقه‌ای شامل تمرینات ثبات دهنده هسته سه ست ۳۰ ثانیه‌ای با ۶۰ ثانیه استراحت؛ کشش همسترینگ ایستاده: سه ست ۲۰ ثانیه‌ای؛ چرخش شانه‌ها با کش زرد (تمرینات مقاومتی پیشرونده) اسکات دیواری با توپ سوئیسی: سه ست ۱۵ تکراری؛ پرس شانه با کش قرمز سه ست ۱۲ تکراری انجام شد. در پایان، سرد کردن ۵ دقیقه‌ای با کشش ایستای عضلات هدف (نگهداری ۳۰ ثانیه‌ای) صورت گرفت. شدت تمرین بر اساس شاخص درک فشار بورگ (RPE 6-4/10) تنظیم و مقاومت کش‌ها با پیشرفت هفتگی از زرد به قرمز افزایش یافت.

مداخلات ارگونومی و ورزشی با استفاده از تجهیزات کمکی انجام گرفت. منظور از تجهیزات کمکی در این مطالعه، ابزارها و وسایلی بود که برای کاهش فشار فیزیکی و بهبود وضعیت بدن در حین کار طراحی شده‌اند. این تجهیزات شامل تکیه‌گاه‌های کمربندی برای صندلی‌ها، بالابرهای دستی برای حمل بارهای سنگین، تنظیم‌کننده‌های ارتفاع میز کار، ابزارهای ضد ارتعاش برای کاهش فشار ناشی از دستگاه‌های لرزان و وسایل کمکی برای حفظ وضعیت صحیح بدن (مانند زیرپایی‌های قابل تنظیم) می‌شود. هدف از استفاده از این تجهیزات، کاهش بار بیومکانیکی بر مفاصل و عضلات کارکنان و پیشگیری از اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار بود. این ابزارها در طول جلسات آموزشی به شرکت‌کنندگان معرفی و نحوه استفاده صحیح از آنها آموزش داده شد. گروه کنترل تنها در مراحل سنجش شرکت کردند. داده‌ها در دو مرحله پیش‌آزمون، پس‌آزمون و با استفاده از آزمون‌های t مستقل، تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی LSD در نرم‌افزار SPSS تحلیل شدند.

### یافته‌ها

ویژگی جمعیت شناختی (جدول ۱) نشان داد بیشتر شرکت‌کنندگان (۶۲/۵ درصد) دارای مدرک دیپلم، ۲۵ درصد فوق دیپلم و ۱۲/۵ درصد کارشناسی و بالاتر بودند. از نظر وضعیت تاهل، ۷۰ درصد متاهل، ۳۰ درصد مجرد بودند. میانگین سابقه کاری شرکت‌کنندگان  $2/8 \pm 8/9$  سال و بیشتر آنان (۵۵ درصد) در شیفت‌های چرخشی فعالیت می‌کردند. آزمون کای-دو و t مستقل

ترکیبی (دودویی و لیکرتی) پاسخ داده می‌شوند. به عنوان مثال، شدت درد در مقیاس ۰ (بدون درد) تا ۵ (غیرقابل تحمل) و تاثیر بر عملکرد شغلی از ۱ (هیچ تاثیری) تا ۳ (غیرقابل انجام کار) رتبه‌بندی می‌شود. نمره کل پرسش‌نامه استاندارد نوردیک (NMQ) بر اساس روش تلفیقی شیوع-شدت محاسبه گردید: ابتدا برای هر یک از ۹ ناحیه بدن (گردن، شانه‌ها، کمر، زانوها و...) وجود اختلال با کد دودویی (۰ = عدم درد، ۱ = وجود درد) ثبت شد. سپس شدت درد در نواحی مبتلا با مقیاس عددی ۱۰-۰ ارزیابی گردید. نمره نهایی هر شرکت‌کننده از فرمول زیر به دست آمد:

**شدت درد = (تعداد نواحی مبتلا × میانگین شدت درد در**

**نواحی مبتلا) × ۰/۸**

به طوری که ضریب ۰/۸ به منظور تعدیل تاثیر نواحی کم‌عارضه (مانند مچ پا) و جلوگیری از سوگیری محاسباتی اعمال شد. این نمره در دامنه ۰ (بهترین وضعیت) تا ۷۲ (بدترین وضعیت) قرار می‌گیرد و امکان تبدیل داده‌های کیفی به نمره کمی پیوسته را برای تحلیل‌های پارامتریک فراهم می‌کند [۲۲].

پایایی این ابزار در مطالعات متعدد با ضریب آلفای کرونباخ ۰/۸۵ تا ۰/۹۰ تایید شده و روایی آن از طریق همبستگی بالا با معاینه بالینی (ضریب همبستگی = ۰/۷۸) اثبات گردیده است.

**پرسش‌نامه MPQ** این پرسش‌نامه با هدف سنجش ابعاد مختلف عملکرد حرکتی کارکنان طراحی شده است [۲۳]. پرسش‌نامه عملکرد حرکتی (MPQ) با ۲۰ گویه در چهار خرده‌مقیاس (دامنه حرکتی مفاصل، تعادل پویا، استقامت عضلانی، فعالیت‌های روزمره) بر اساس مقیاس لیکرت پنج درجه‌ای (۱: کاملاً ناممکن تا ۵: کاملاً راحت) نمره‌دهی می‌شود که نمره کل آن از مجموع گویه‌ها (دامنه ۲۰ تا ۱۰۰) محاسبه و در سه سطح ضعیف (۵۰-)، متوسط (۵۱-۷۰) و مطلوب (۷۱-۱۰۰) تفسیر می‌گردد. این ابزار در مطالعات صنعتی مشابه با پایایی تایید شده است. روایی محتوایی این پرسش‌نامه با تایید ۱۰ متخصص حوزه ارگونومی و فیزیوتراپی و پایایی آن با ضریب آلفای کرونباخ ۰/۸۷ برای کل ابزار و بین ۰/۷۸ تا ۰/۸۴ برای خرده مقیاس‌ها اندازه‌گیری شد.

آموزش ارگونومی در قالب شش جلسه ۳۰ دقیقه‌ای حضوری (سه جلسه هفته اول، دو جلسه هفته دوم، یک جلسه هفته چهارم) به شیوه ترکیبی ۷۰ درصد عملی و ۳۰ درصد چندرسانه‌ای اجرا گردید. محتوای آموزشی شامل سه بخش اصلی اصول مکانیک بدن (تکنیک‌های ایمن بلند کردن بار با مکانیسم خم شدن زانوها و حفظ منحنی طبیعی کمر)، تنظیم تجهیزات کاری (بهینه‌سازی ارتفاع صندلی‌های قابل تنظیم، تنظیم زاویه ۲۰-۱۵ درجه‌ای مانیتورها و استقرار ابزار در محدوده دسترسی ۵۰ سانتی‌متری) و مدیریت ریسک‌های اختصاصی پتروشیمی (کاهش مواجهه با ارتعاش از طریق دستکش‌های ضداارتعاش و اصلاح پوسچر در فضاها محدود) بود. بخش عملی با شبیه‌سازی شرایط کاری شامل استفاده از مانکن آناتومیک و تنظیم زنده ایستگاه‌های کاری نمونه و بخش چندرسانه‌ای

نشان داد که بین دو گروه از نظر هیچ یک از متغیرهای دموگرافیک تفاوت آماری معناداری وجود ندارد ( $P > 0.05$ ) پیش از اجرای برنامه مداخله ترکیبی، ارزیابی جامعی از وضعیت اختلالات اسکلتی-عضلانی و عملکرد حرکتی شرکت کنندگان انجام

شد که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است. آزمون  $t$  مستقل، تفاوت معناداری بین گروه آزمایش و کنترل در هیچ یک از متغیرهای وابسته پیش از مداخله نشان نداد ( $P > 0.05$ ).

جدول ۱. توزیع ویژگی‌های جمعیت‌شناختی در گروه‌های آزمایش و کنترل

| متغیر                    | گروه آزمایش | گروه کنترل | p-value |
|--------------------------|-------------|------------|---------|
| میانگین سن (سال)         | ۳۸/۹ (۴/۱)  | ۳۹/۵ (۴/۹) | ۰/۶۵۲   |
| سطح تحصیلات              |             |            | ۰/۸۳۱   |
| دیپلم                    | ۱۳ (۶۵٪)    | ۱۲ (۶۰٪)   |         |
| فوق دیپلم                | ۵ (۲۵٪)     | ۵ (۲۵٪)    |         |
| کارشناسی و بالاتر        | ۲ (۱۰٪)     | ۳ (۱۵٪)    |         |
| وضعیت تأهل               |             |            | ۰/۹۲۴   |
| متأهل                    | ۱۴ (۷۰٪)    | ۱۴ (۷۰٪)   |         |
| مجرد                     | ۶ (۳۰٪)     | ۶ (۳۰٪)    |         |
| میانگین سابقه کاری (سال) | ۸/۷ (۲/۵)   | ۹/۱ (۰/۳)  | ۰/۵۸۹   |
| نوع شیفت کاری            |             |            | ۰/۷۳۶   |
| ثابت صبح                 | ۵ (۲۵٪)     | ۶ (۳۰٪)    |         |
| چرخشی                    | ۱۱ (۵۵٪)    | ۱۰ (۵۰٪)   |         |
| ثابت شب                  | ۴ (۲۰٪)     | ۴ (۲۰٪)    |         |

جدول ۲. مقایسه میانگین نمرات اختلالات اسکلتی-عضلانی و عملکرد حرکتی در دو گروه پیش از مداخله

| متغیر               | زیرمتغیر             | گروه آزمایش<br>میانگین (انحراف معیار) | گروه کنترل<br>میانگین (انحراف معیار) | p-value |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| شیوع اختلالات (NMQ) | کمر                  | ۷/۱ (۱/۷)                             | ۷/۳ (۱/۹)                            | ۰/۷۲۱   |
|                     | شانه‌ها              | ۶/۴ (۰/۲)                             | ۶/۶ (۲/۲)                            | ۰/۶۸۹   |
|                     | زانوها               | ۵/۸ (۳/۲)                             | ۶/۰ (۲/۵)                            | ۰/۵۸۳   |
| عملکرد حرکتی (MPQ)  | دامنه حرکتی مفاصل    | ۵۵/۶ (۹/۷)                            | ۵۴/۸ (۸/۲)                           | ۰/۷۵۴   |
|                     | تبادل پویا           | ۵۱/۵ (۵/۹)                            | ۵۰/۵ (۱۰/۱)                          | ۰/۶۹۸   |
|                     | استقامت عضلانی       | ۴۹/۰ (۸/۹)                            | ۴۸/۰ (۱۰/۶)                          | ۰/۶۳۲   |
|                     | فعالیت‌های روزمره    | ۵۷/۲ (۸/۱)                            | ۵۶/۵ (۷/۸)                           | ۰/۸۰۲   |
|                     | نمره کل عملکرد حرکتی | ۵۴/۸ (۸/۵)                            | ۵۳/۸ (۸/۹)                           | ۰/۶۵۷   |
|                     |                      |                                       |                                      |         |

به‌منظور کنترل اثر نمرات پیش‌آزمون، از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد. پیش‌فرض‌های این آزمون شامل همگنی واریانس‌ها (آزمون لون  $P > 0.05$ ) رابطه خطی بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون ( $r^2 > 0.7$ )، و نرمال بودن باقیمانده‌ها (آزمون شاپیرو-ویلک،  $P > 0.05$ ) بررسی و تایید گردید. نتایج نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین گروه‌ها پس از حذف اثر پیش‌آزمون بود.

نتایج پس از هشت هفته مداخله ترکیبی (جدول ۳) نشان‌دهنده بهبود معنادار در تمامی مولفه‌های مورد بررسی بود. در گروه آزمایش، میانگین شدت درد کمر از ۷/۱ به ۳/۲ (کاهش ۵۵ درصد)، درد شانه از ۶/۴ به ۲/۸ (کاهش ۵۶ درصد) و درد زانو از ۵/۸ به ۲/۵ (کاهش

۵۷ درصد) رسید. نمره کل عملکرد حرکتی نیز از ۵۴/۸ به ۷۸/۶ افزایش یافت که نشان‌دهنده بهبود ۴۳/۴ درصد است. بیشترین پیشرفت در مولفه‌های استقامت عضلانی ( $0.49 \rightarrow 0.75/3$ ) و تعادل پویا ( $51/5 \rightarrow 73/8$ ) مشاهده شد. تحلیل کوواریانس با کنترل اثر پیش‌آزمون، تفاوت معناداری بین دو گروه در تمامی متغیرها نشان داد. اثر کوهن در محدوده ۱/۸ تا ۲/۵، بیانگر اثرگذاری بزرگ مداخله است. در مقابل، گروه کنترل تغییر محسوسی در هیچ یک از متغیرها نداشت.

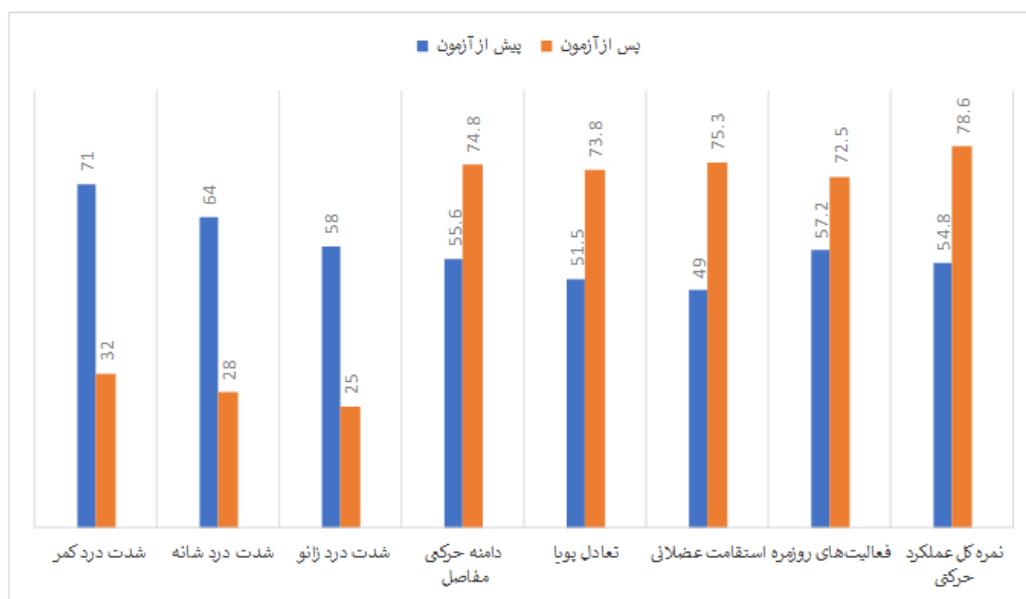
درصد اثرگذاری آموزشی بین گروه آزمایش و کنترل در نمودار ۱ نشان داده شده است.

جدول ۳. جدول نتایج ANCOVA

| متغیر وابسته  | اثر گروه (پس از کنترل پیش آزمون) | F      | p-value | $\eta^2$ |
|---------------|----------------------------------|--------|---------|----------|
| شیوع اختلالات | مداخله > کنترل                   | ۵۸/۵۱  | <۰/۰۰۱  | ۰/۶۳     |
| عملکرد حرکتی  | مداخله > کنترل                   | ۲۴/۱۰۰ | <۰/۰۰۱  | ۰/۷۴     |

جدول ۴. مقایسه اثرگذاری مداخله بر مولفه‌های اصلی و زیرمولفه‌ها (پیش آزمون و پس آزمون)

| متغیر                | گروه   | پیش آزمون میانگین (انحراف معیار) | پس آزمون میانگین (انحراف معیار) | وابسته t (df=۱۹) | p-value | d کوهن | $\eta^2$ | همبستگی درون گروهی |
|----------------------|--------|----------------------------------|---------------------------------|------------------|---------|--------|----------|--------------------|
| شدت درد کمر          | آزمایش | ۷/۱ (۱/۷)                        | ۲/۳ (۰/۵)                       | ۱۲/۸۴            | <۰/۰۰۱  | ۲/۵    | ۰/۸۶     | ۰/۷۹               |
| شدت درد شانه         | آزمایش | ۴/۶ (۰/۲)                        | ۲/۸ (۱/۱)                       | ۱۱/۹۲            | <۰/۰۰۱  | ۲/۳    | ۰/۸۲     | ۰/۷۵               |
| شدت درد زانو         | آزمایش | ۵/۸ (۳/۲)                        | ۵/۲ (۰/۱)                       | ۱۰/۳۷            | <۰/۰۰۱  | ۲/۱    | ۰/۷۸     | ۰/۷۱               |
| دامنه حرکتی مفاصل    | آزمایش | ۵۵/۶ (۹/۷)                       | ۷۸/۷ (۱/۶)                      | ۹/۶۵             | <۰/۰۰۱  | ۱/۸    | ۰/۷۲     | ۰/۶۸               |
| تبادل پویا           | آزمایش | ۵۱/۵ (۵/۹)                       | ۷۳/۸ (۳/۷)                      | ۱۰/۲۱            | <۰/۰۰۱  | ۲/۰    | ۰/۷۵     | ۰/۷۳               |
| استقامت عضلانی       | آزمایش | ۴۹/۰ (۸/۹)                       | ۷۵/۳ (۹/۶)                      | ۱۳/۵۵            | <۰/۰۰۱  | ۲/۴    | ۰/۸۴     | ۰/۸۱               |
| فعالیت‌های روزمره    | آزمایش | ۵۷/۲ (۸/۱)                       | ۷۲/۵ (۵/۶)                      | ۸/۹۴             | <۰/۰۰۱  | ۱/۷    | ۰/۶۹     | ۰/۶۵               |
| نمره کل عملکرد حرکتی | آزمایش | ۵۴/۸ (۸/۵)                       | ۷۸/۶ (۲/۶)                      | ۱۴/۱۲            | <۰/۰۰۱  | ۲/۶    | ۰/۸۸     | ۰/۸۵               |



نمودار ۱. نمودار درصد اثرگذاری آموزش

## بحث

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که ترکیب مداخلات ارگونومیک و تربیت بدنی تاثیر چشمگیری در کاهش اختلالات اسکلتی-عضلانی و بهبود عملکرد حرکتی کارکنان پتروشیمی ایلام داشته است. کاهش ۵۵ تا ۵۷ درصدی شدت درد در نواحی کمر، شانه و زانو در گروه آزمایش، با بهبودهای مشابهی که در مطالعات Matsuzaki و همکاران [۲۴] و Soria-Bastida و همکاران [۲۵] گزارش شده است، همسو می‌باشد. این بهبودها عمدتاً ناشی از

اصلاح پوسچرهای کاری، استفاده از تجهیزات کمکی و تمرینات تقویتی است که فشار بیومکانیکی بر مفاصل را کاهش می‌دهند. به عنوان مثال، مطالعه Dzulkafli و همکاران بر روی کانولاسیون ورید ژوگولار نشان داد که تنظیم ارتفاع میز کار و زاویه پروب، درد گردن و شانه را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد، که با مکانیسم‌های اثرگذاری مداخله حاضر همخوانی دارد [۲۶].

در حوزه عملکرد حرکتی، بهبود ۵۴ درصدی استقامت عضلانی (از ۰/۴۹ به ۵۷/۳) و ۴۳ درصدی تعادل پویا (از ۵۱/۵ به ۷۳/۸)،

## نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیب مداخلات ارگونومیک و تربیت بدنی به‌طور معناداری منجر به کاهش ۵۵ تا ۵۷ درصدی شدت درد در نواحی کمر، شانه و زانو و بهبود ۴۳ درصدی عملکرد حرکتی کارکنان پتروشیمی ایلام شد. این یافته‌ها با مطالعات پیشین در حوزه سلامت شغلی همسو است و تاکید می‌کند که رویکردهای ترکیبی، با کاهش فشار بیومکانیکی و تقویت ظرفیت جسمانی، می‌توانند به عنوان راهکاری موثر برای مدیریت اختلالات اسکلتی-عضلانی در محیط‌های صنعتی پرخطر به کار گرفته شوند.

## تشکر و قدردانی

در این تحقیق از همه کارکنان شرکت‌کننده در تحقیق تقدیر و تشکر می‌شود.

## تضاد منافع

در تحقیق حاضر هیچ تضاد منافی وجود ندارد.

## مشارکت‌های نویسندگان

مریم ممتازبخش و وحیده منتی در طراحی بخش‌های آموزشی و اجرای کارگاه‌های ارگونومیک نقش داشتند. سعید قاسمی و نبی امیدی مسئولیت تحلیل داده‌ها، پردازش نتایج و ارائه مدل‌های بهینه‌سازی عملکرد حرکتی را بر عهده داشتند. محمدرضا امیدی در طراحی چارچوب پژوهش، مدیریت جمع‌آوری داده‌ها و تدوین ساختار مقاله فعالیت کرد. تمامی نویسندگان در نگارش، بازبینی علمی، و تأیید نهایی نسخه ارسال شده برای چاپ به طور مساوی مشارکت کردند.

## ملاحظات اخلاقی

این مطالعه با رعایت اصول اخلاقی هلسینکی (۲۰۱۳) و دستورالعمل‌های ملی پژوهش در انسان انجام شد. ملاحظات اخلاقی؛ اخذ کد اخلاق (IR.MEDILAM.REC.1404.031)، اخذ رضایت آگاهانه، محرمانگی اطلاعات و ارائه مداخلات به گروه کنترل پس از اتمام پژوهش بود. به منظور رعایت عدالت پژوهشی، مداخله ترکیبی حداکثر چهار هفته پس از تحلیل داده‌های اصلی به گروه کنترل ارائه و کلیه هزینه‌های درمانی عوارض احتمالی توسط مجری طرح پوشش داده شد. نظارت مستمر تیم پزشکی بر علائم نامطلوب انجام و مداخله در صورت گزارش درد شدید متوقف می‌شد.

## حمایت مالی

منبع مالی حمایت‌کننده‌ای برای انجام این طرح وجود ندارد.

نشان‌دهنده تاثیر معنادار تمرینات مقاومتی و ثبات‌دهنده هسته بدن است. این نتایج با یافته‌های Hess و همکاران روی جراحان که افزایش ۳۰ درصد دامنه حرکتی شانه پس از تمرینات مشابه را گزارش کردند [۱۳]، همسو است. همچنین، مطالعه Weimer و همکاران تاکید می‌کند که ترکیب آموزش ارگونومی و تمرینات فیزیکی، نه تنها عملکرد حرکتی، بلکه کیفیت انجام فعالیت‌های روزمره را نیز بهبود می‌بخشد [۲۷]. در پژوهش حاضر، بهبود ۲۷ درصدی در فعالیت‌های روزمره (مانند حمل بار و بالا رفتن از پله‌ها) نشان می‌دهد که کاهش درد و افزایش استقامت عضلانی، به طور مستقیم بر توانایی انجام وظایف شغلی تاثیرگذار بوده است. این یافته‌ها با نظریه سلسله مراتب کنترل خطر که در مطالعه Matsuzaki و همکاران به عنوان چارچوبی برای کاهش خطرات شغلی پیشنهاد شده [۲۴] هماهنگی دارد. مقایسه با مطالعات تک‌بعدی نشان می‌دهد اثربخشی مداخلات ترکیبی حاضر تا شش ماه (به‌عنوان بازه نیمه‌طولی) در مقایسه با روش‌های منفرد پایدارتر است. به‌طور مشخص، مطالعاتی که صرفاً بر آموزش ارگونومیک تمرکز داشتند؛ مانند Lee و همکاران تنها تا سه ماه کاهش درد را حفظ کردند [۲]. همچنین، مداخلات صرفاً ورزشی در پژوهش Cerier و همکاران پس از هشت هفته به سطح پایه بازگشت [۱۷]. این الگوی افول کوتاه‌مدت در مطالعه Koshiy و همکاران روی جراحان نیز مشاهده شد که اثرات آموزش ارگونومیک مجزا پس از چهار ماه تا ۴۰ درصد کاهش یافت [۸]. به عنوان مثال، در مطالعه Coronado-Zarco و همکاران، ۷۵ درصد از اثرات مثبت مداخله ارگونومیک (کاهش درد و بهبود پوسچر) پس از شش ماه پایدار ماند [۲۵]. این ماندگاری بالا احتمالاً ناشی از تلفیق دو مولفه کلیدی مداخله آموزش عملی ارگونومی و تمرینات منظم ورزشی است که با ایجاد عادات حرکتی پایدار، به حفظ نتایج کمک می‌کند. یافته‌های مطالعه حاضر از نظر روش ارزیابی با چالش‌هایی که O'Reilly و همکاران درباره ناهماهنگی در شیوه‌های سنجش آسیب‌های گردن در جراحان مطرح کرده‌اند، تفاوت بنیادین دارد؛ چرا که پژوهش حاضر از پروتکل‌های استانداردشده (NMQ/MPQ) برای ارزیابی جامع اختلالات استفاده کرده است، در حالی که مطالعه مرجع به ناسازگاری روش‌های غیراستاندارد در ارزیابی‌های بالینی اشاره دارد [۲۸].

با وجود دستاوردهای چشمگیر، این پژوهش محدودیت‌هایی دارد. نمونه‌گیری محدود به کارکنان مرد، تعمیم‌پذیری نتایج به زنان شاغل در صنایع سنگین را زیر سوال می‌برد که دلیل آن عدم حضور زنان در فعالیت‌های عملیاتی پتروشیمی ایلام است. برای رفع این محدودیت‌ها، پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی با مشارکت زنان انجام شود.

## REFERENCES

- Külekçioglu S, Dilektaşlı E. The role of ergonomics training and posture exercises in surgeons' musculoskeletal system disorders. Turkish J Surg. 2024;40(3):204-211. [DOI: [10.47717/turkjsurg.2024.6413](https://doi.org/10.47717/turkjsurg.2024.6413)]
- Lee M-J, Wang C-J, Chang J-H. Effectiveness of an ergonomic training with exercise program for work-related musculoskeletal disorders among hemodialysis nurses: A pilot randomized control trial. J Safety Res. 2024;91:481-

491. [DOI: [10.1016/j.jsr.2024.09.007](https://doi.org/10.1016/j.jsr.2024.09.007)] [PMID]
3. Omid MR, Omid N, Meftahi H, Panahi M. Determining the effect of ergonomic principles of the work environment on the burnout of employees of Ilam petrochemical company with the role of safety culture moderator. Iran J Ergon. 2023;10(4):259-266. [DOI: [10.32592/IJE.10.4.259](https://doi.org/10.32592/IJE.10.4.259)]
4. Omid MR, Jafari Eskandari M, Omid N. The Safety Culture Among the Employees of the Operational Units of South Zagros Oil & Gas Production Company, Iran. HDQ. 2022;7(4):171-176. [DOI: [10.32598/hdq.7.4.222.12](https://doi.org/10.32598/hdq.7.4.222.12)]
5. Zayas-Cabán T, Rogers CC. The role of patient ergonomics in improving health research participation. Appl Ergon. 2025;125:104458. [DOI: [10.1016/j.apergo.2024.104458](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104458)] [PMID]
6. Omid MR, Omid N, Meftahi H, Panahi M. Determining the effect of ergonomic principles of the work environment on the burnout of employees of Ilam petrochemical company with the role of safety culture moderator. Iran J Ergon. 2023;10(4):259-266. [DOI: [10.32592/IJE.10.4.259](https://doi.org/10.32592/IJE.10.4.259)]
7. Omid MR, Meftahi H, Omid N. Investigate the mediating role of job burnout in the relationship between corona anxiety and occupational stress among employees of the engineering and construction company in the oil industry. Iran J Ergon. 2023;11(1):27. [DOI: [10.32592/IJE.11.1.27](https://doi.org/10.32592/IJE.11.1.27)]
8. Koshy K, Syed H, Luckiewicz A, Alsoof D, Koshy G, Harry L. Interventions to improve ergonomics in the operating theatre: A systematic review of ergonomics training and intra-operative microbreaks. Ann Med Surg (Lond). 2020;55:135-142. [DOI: [10.1016/j.amsu.2020.02.008](https://doi.org/10.1016/j.amsu.2020.02.008)] [PMID]
9. Gao S, Formeister EJ, Wei O, Yesantherao L, Joo HH, Pentikis J, et al. Integrating anthropometric accommodation testing and trainee feedback to evaluate sex-based differences in surgical ergonomics and musculoskeletal pain. Operative Techniq Otolaryngol Head Neck Surg. 2025;36(2):124-131. [DOI: [10.1016/j.otot.2025.05.007](https://doi.org/10.1016/j.otot.2025.05.007)]
10. Rathore B, Gupta R. Do green ergonomics practices have an impact on sustainable performance? Comput Ind Eng. 2025;201:110854. [DOI: [10.1016/j.cie.2024.110854](https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110854)]
11. Gjini M, Diesbourg TL. Evaluating the efficacy of an educational ergonomics training module on improving positioning during the performance of venipuncture in phlebotomists. Human Factors Healthcare. 2025;7(5):100096. [DOI: [10.1016/j.hfh.2025.100096](https://doi.org/10.1016/j.hfh.2025.100096)]
12. Remy VFM, Antoine B, Guseva Canu I. The bus-ergonomics matrix for comprehensive evaluation of buses and bus drivers' exposure. Appl Ergon. 2025;128:104550. [DOI: [10.1016/j.apergo.2025.104550](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2025.104550)] [PMID]
13. Hess P, Athanasiadis D, Lee NK, Monfared S, Cleveland PM, Stefanidis D. Preventing surgeon work-related musculoskeletal disorders: a pilot study of the comprehensive operating room ergonomics (CORE) program. Am J Occup Ther. 2024;78(5). [DOI: [10.5014/ajot.2024.050395](https://doi.org/10.5014/ajot.2024.050395)] [PMID]
14. Lavender SA, Sommerich CM, Kachlan A. Identifying ergonomics practices currently used by grocery distribution centers. Appl Ergonom. 2025;125:104440. [DOI: [10.1016/j.apergo.2024.104440](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104440)] [PMID]
15. Bentley H, Wu T, Russell M, Fitzgerald S, Chapman N, Kolof H, et al. Assessment of musculoskeletal discomfort and evaluation of radiology workstation ergonomics in a national radiology workforce. Acad Radiol. 2023;30(10):2101-2107. [DOI: [10.1016/j.acra.2022.12.007](https://doi.org/10.1016/j.acra.2022.12.007)]
16. Pistolesi F, Baldassini M, Lazzerini B. A human-centric system combining smartwatch and LiDAR data to assess the risk of musculoskeletal disorders and improve ergonomics of Industry 5.0 manufacturing workers. Computers Industry. 2024;155:104042. [DOI: [10.1016/j.compind.2023.104042](https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.104042)]
17. Cerier E, Hu A, Goldring A, Rho M, Kulkarni SA. Ergonomics workshop improves musculoskeletal symptoms in general surgery residents. J Surg Res. 2022;280:567-574. [DOI: [10.1016/j.jss.2022.06.014](https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.06.014)] [PMID]
18. Omid M, Omid N, Meftahi H, Panahi M. Determining the effect of ergonomic principles of the work environment on the burnout of employees of Ilam petrochemical company with the role of safety culture moderator. Iran J Ergon. 2023;10(4): 259-266. [DOI: [10.32592/IJE.10.4.259](https://doi.org/10.32592/IJE.10.4.259)]
19. Taifa IWR. A student-centred design approach for reducing musculoskeletal disorders in India through Six Sigma methodology with ergonomics concatenation. Safe Sci. 2022;147:105579. [DOI: [10.1016/j.ssci.2021.105579](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105579)]
20. Weadock WJ. Educating radiologists in ergonomics is a step to decreasing work-related musculoskeletal pain. Acad Radiol. 2023;30(10):2108-2109. [DOI: [10.1016/j.acra.2023.07.027](https://doi.org/10.1016/j.acra.2023.07.027)] [PMID]
21. Potter LA, Hou MY. 9485 high prevalence of occupational musculoskeletal injuries and interest in surgical ergonomics training among OB/GYN surgeons. JMIIG. 2023;30(11Suppl):S71. [DOI: [10.1016/j.jmiig.2023.08.233](https://doi.org/10.1016/j.jmiig.2023.08.233)]
22. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sørensen F, Andersson G, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. Appl Ergon. 1987;18(3):233-7. [DOI: [10.1016/0003-6870\(87\)90010-x](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-x)] [PMID]
23. Haley SM, Ludlow LH, Gans BM, Faas RM, Inacio CA. Tufts assessment of motor performance: an empirical approach to identifying motor performance categories. Arch Phys Med Rehabil. 1991;72(6):359-66. [PMID]
24. Matsuzaki I, Ebara T, Hori Y, Ono S, Nakai Y, Hayashi K, et al. Ergonomic endoscopy - Fundamentals of ergonomics and interventions for endoscopy-related musculoskeletal disorders. Dig Endosc. 2025;37(6):588-600. [DOI: [10.1111/den.14999](https://doi.org/10.1111/den.14999)] [PMID]
25. Soria-Bastida MA, Hernández-Díaz C, Olascoaga-Gómez de León A, Coronado-Zarco R. Ergonomics to perform thoracic limb musculoskeletal ultrasound. Acta ortopedica mexicana. 2025;39(2):93-98. [DOI: [10.35366/119390](https://doi.org/10.35366/119390)]
26. Dzulkaffi AH, Abdull Wahab SF, Othman R. Ergonomics Risk assessment of musculoskeletal disorder during ultrasound-guided internal jugular venous cannulation. Malays J Med Sci. 2024;31(5):196-204. [DOI: [10.21315/mjms2024.31.5.13](https://doi.org/10.21315/mjms2024.31.5.13)] [PMID]
27. Weimer JM, Dumancic B, Weinmann-Menke J, Rombusch J, Ernst B, Krambeck A, et al. A new approach for the implementation of ergonomics in sonography to prevent work-related musculoskeletal disorders (ErgoSon). J Occup Med Toxicol. 2025;20(1):11. [DOI: [10.1186/s12995-025-00457-6](https://doi.org/10.1186/s12995-025-00457-6)] [PMID]
28. O'Reilly K, McDonnell JM, Ibrahim S, Butler JS, Martin-Smith JD, O'Sullivan JB, et al. Biomechanical and ergonomic risks associated with cervical musculoskeletal dysfunction amongst surgeons: A systematic review. surgeon. 2024;22(3):143-149. [DOI: [10.1016/j.surge.2024.04.003](https://doi.org/10.1016/j.surge.2024.04.003)] [PMID]