JOHE
Journal of Occupational Hygiene Engineering
J Occup Hyg Eng, 2025; 12(2): 160-168 Doi: 10.53208/joohe.12.2.160
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

Original Aticle

Ergonomic Risk Assessment, Simulation, and Intervention Using Artificial Intelligence and CATIA Software: A Case Study in a Pathology Laboratory

Seyed Ali Hosseini[1], Mahsa Mashayekhi[2], Azar Shanbehzadeh[3*]

[1] Student Research Committee, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[2] Student Research Committee, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
[3] University of Rehabilitation and Social Welfare Sciences, Tehran, Iran

Article history:
Received: 12 November 2025
Revised: 25 November 2025
Accepted: 29 November 2025
ePublished: 24 February 2026

***Corresponding author:** Azar Shanbehzadeh, MSc in Ergonomics, University of Rehabilitation and Social Welfare Sciences, Tehran, Iran.

E-mail: azarshanbehzadeh59@gmail.com

Abstract

Background and Objective: Work-related musculoskeletal disorders are among the most common occupational health issues, with poor posture recognized as a major contributing factor. This study aimed to assess ergonomic risk at a workstation within a pathology laboratory, focusing on postural evaluation and intervention.
Materials and Methods: A microscopy workstation was selected for analysis. The initial posture was assessed using both the Copilot AI chatbot and CATIA V5 R21. Following an ergonomic intervention, the posture was re-simulated and re-evaluated using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) method. Then, pre- and post-intervention risk scores were compared.
Results: The initial RULA score was 7, indicating a high level of musculoskeletal risk. Forward trunk flexion and misalignment of the shoulders, arms, and thighs contributed to the high score. After implementing ergonomic improvements—specifically, redesigning the chair and correcting the sitting posture—the RULA score decreased to 3. Both tools (Copilot and CATIA) showed consistent agreement in posture evaluation before and after the intervention.
Conclusion: Integrating artificial intelligence chatbots with CATIA software proved effective in simulating and assessing workstation postures. These tools provide valuable support for evaluating ergonomic interventions before physical implementation.

Keywords: Artificial Intelligence, Ergonomics, Intervention, Pathology Laboratory, Posture Assessment

Please cite this article as follows: Hosseini SA, Mashayekhi M, Shanbehzadeh A. Ergonomic Risk Assessment, Simulation, and Intervention Using Artificial Intelligence and CATIA Software: A Case Study in a Pathology Laboratory. J Occup Hyg Eng. 2025; 12(2): 160-168 DOI: 10.53208/joohe.12.2.160

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-30]
[DOI: 10.53208/johe.12.2.160]

Copyright © 2025 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

Extended Abstract

Background and Objective

Ergonomics and proper workstation design play an important role in preventing musculoskeletal disorders and improving individual health, especially in environments where repetitive postures, prolonged sitting, and anthropometric mismatch between the individual and the workstation components can lead to increased biomechanical stresses. In recent years, the use of digital tools and new posture analysis methods, such as CATIA and Copilot artificial intelligence, has enabled a more accurate assessment of work situations. This study aimed to analyze the posture of a user at a workstation, identify risk factors, examine the fit of anthropometric dimensions with the station components, and evaluate the effect of simple interventions such as footrests on reducing biomechanical stresses. Also, by comparing the results with previous studies, an attempt has been made to highlight the role of digital tools and the importance of proper ergonomic design.

Materials and Methods

This study used a combination of digital analysis tools including CATIA software and Copilot artificial intelligence to accurately analyze posture and assess workstation conditions. The analysis process included observing sitting posture, examining hip angles, and screening for pressures on the back of the thigh and shin. The fit of the individual's height to the height of the chair and desk was assessed to determine potential mismatches and their biomechanical effects. The effect of using a fixed footrest on correcting hip angles and reducing pressure on the lower extremities was also examined, and simulations performed in CATIA were used to compare the pre- and post-intervention status. The findings were compared with the results of similar studies, including the study by Nikpei et al., to determine consistency and differences.

Results

The analysis results showed that the lack of fit between the individual's height and the height of the chair and desk led to a change in the angle of the thighs, creating more pressure on the back of the thigh and more tension in the shin area. This situation was clearly observed in the initial analysis and showed that the individual was at risk of musculoskeletal disorders due to non-compliance with anthropometric principles. The use of a fixed footrest corrected the angle of the thighs, and this correction was also fully visible in the simulations performed with CATIA (Figure 2). A study by Nikpei et al. on the analysis of 35 workstations using the RULA method showed that jobs such as engine chassis welding and mold making have the highest risk of musculoskeletal disorders, especially in the back, shoulder and leg areas. This study, like the present study, also emphasized the importance of the anthropometric fit of the individual with the workstation and showed that the mismatch of height, chair and desk height leads to a change in the angle of the thighs and increased pressure in the leg area; an issue that was also observed in the analyses of the present study and could be corrected by suggesting the use of a footrest.

Overall, the findings showed that the simultaneous use of digital analysis tools such as CATIA and Copilot AI provides a more accurate assessment of postural status and can clearly identify risk points, biomechanical pressures, and anthropometric imbalances. Interventions such as adding lumbar support, forearm support, adjusting chair height, and using an appropriate footrest are also among the measures that can be effective in improving postural status and reducing the risk of musculoskeletal disorders.

Discussion

The data analysis shows that the lack of anthropometric fit between the individual and the workstation components is one of the main factors causing undesirable biomechanical pressures. As observed in the analysis, the mismatch between the individual's height, chair height, and desk height caused a change in the angle of the thighs, resulting in increased pressure in the back of the thigh and calf area. This finding is consistent with the results of a study by Nikpei et al., who reported that anthropometric imbalances in different occupations are factors that increase the risk of musculoskeletal disorders.

The use of a fixed footrest in the present study led to correction of the hip angle and reduced pressure on the lower limbs, which was also observed in CATIA simulations. This result shows the importance of using digital tools in the accurate analysis of work situations and providing corrective solutions. Smart tools such as Copilot can also be a desirable complement to mechanical simulations by providing additional analyses and improving data interpretation.

Overall, the findings indicate that appropriate workstation design, training in proper sitting, and the use of adjustable equipment such as footrests and forearm rests play an important role in reducing the risk of musculoskeletal disorders. The alignment of the results of this study with previous research emphasizes that in order to improve user health, it is essential to pay attention to ergonomics in the early stages of workstation design.

Conclusion

This study showed that accurate assessment of work posture using digital tools such as CATIA and Copilot can help identify risk factors in work postures. The analyses indicated that improper workstation design and lack of anthropometric fit, especially mismatch between the height of the person and the height of the chair and desk, impose significant biomechanical stresses on sensitive areas of the body. The findings emphasize that modifications such as adjusting the height of the chair, adding forearm support, and using an adjustable footrest play a key role in reducing the risk of musculoskeletal disorders and can increase the health of the person,

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.53208/johe.12.2.160]

productivity, and accuracy of performance. The simultaneous use of digital simulation and intelligent analysis also offers a new approach to designing safe and efficient workstations. These results highlight the need to pay attention to ergonomics in the early stages of design and to periodically train ergonomic principles.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.53208/johe.12.2.160]

JOHE
مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دوره ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴، صفحات: ۱۶۸-۱۶۰
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

مقاله پژوهشی

ارزیابی ریسک، شبیه‌سازی و مداخلهٔ ارگونومیک به‌کمک هوش مصنوعی و نرم‌افزار CATIA: مطالعهٔ موردی در یک آزمایشگاه پاتولوژی

سیدعلی حسینی[۱]، مهسا مشایخی[۲]، آذر شنبه‌زاده[۳]*

[۱] کمیتهٔ تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۲] کمیتهٔ تحقیقات دانشجویی، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
[۳] دانشگاه علوم توان‌بخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۸/۲۱
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۴/۰۹/۰۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۹/۰۸
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۴/۱۲/۰۵

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* **نویسنده مسئول:** آذر شنبه‌زاده، دانشگاه علوم توان‌بخشی و سلامت اجتماعی، تهران، ایران

ایمیل:
azarshanbehzadeh59@gmail.com

چکیده

سابقه و هدف: اختلالات اسکلتی ـ عضلانی یکی از شایع‌ترین بیماری‌های شغلی بوده و نقش مهم پوسچر در بروز این اختلالات اثبات شده است. در این مطالعه یک ایستگاه کاری مربوط به یک آزمایشگاه پاتولوژی مورد مطالعه و ارزیابی ریسک قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: ایستگاه کار با میکروسکوپ انتخاب شد. پوسچر انتخابی ابتدا با چت‌بات هوش مصنوعی Copilot و نرم‌افزار CATIA ارزیابی و پس از انجام مداخله نیز شبیه‌سازی و ارزیابی مجدد به روش RULA صورت گرفته است. سپس نمرهٔ ریسک قبل و بعد از مداخله با هم مقایسه شده است.

یافته‌ها: نمرهٔ ریسک RULA قبل از مداخله ۷ بود. خمش رو به جلوی کمر و انحراف شانه‌ها، بازوها، و ران‌ها نسبت به حالت طبیعی منجر به بالارفتن نمرهٔ نهایی RULA شده بود. پس از مداخله، با بهبود صندلی و طرز نشستن فرد نمرهٔ RULA به عدد ۳ کاهش پیدا کرد. بین دو ابزار استفاده‌شده (Copilot و CATIA) در ارزیابی پوسچر برای شرایط قبل و بعد از مداخله توافق وجود داشت.

نتیجه‌گیری: استفادهٔ هم‌زمان از چت‌بات‌های هوش مصنوعی و نرم‌افزار CATIA برای شبیه‌سازی و ارزیابی پوسچر ایستگاه‌های کاری مفید بوده و به‌کمک این ابزارها می‌توان مداخلات ارگونومیک را قبل از پیاده سازی ارزیابی کرد.

واژگان کلیدی: ارزیابی پوسچر، هوش مصنوعی، آزمایشگاه پاتولوژی، مداخلهٔ ارگونومیک

استناد: حسینی، سید علی؛ مشایخی، مهسا؛ شنبه زاده، آذر. ارزیابی ریسک، شبیه‌سازی و مداخلهٔ ارگونومیک به‌کمک هوش مصنوعی و نرم‌افزار CATIA: مطالعهٔ موردی در یک آزمایشگاه پاتولوژی. مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، تابستان ۱۴۰۴؛۱۲(۲): ۱۶۸-۱۶۰

مقدمه

اختلالات اسکلتی ـ عضلانی مرتبط با کار (WMSDs) یکی از شایع‌ترین و پرهزینه‌ترین مشکلات سلامت شغلی در سراسر جهان به شمار می‌روند [۱، ۲]. این اختلالات که عمدتاً در نواحی گردن، شانه، کمر، اندام فوقانی و تحتانی بروز می‌کنند، نتیجهٔ مواجههٔ مزمن با عوامل خطر ارگونومیکی نظیر پوسچرهای نامناسب، حرکات تکراری، اِعمال نیروی زیاد، ارتعاش، و طراحی نامناسب ایستگاه‌های کاری هستند [۳، ۴]. براساس گزارش سازمان ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (NIOSH) اختلالات اسکلتی ـ عضلانی دومین علت شایع بیماری‌های شغلی پس از بیماری‌های تنفسی محسوب می‌شوند و بیش از ۶۰ درصد از مواردِ جدید بیماری‌های شغلی را تشکیل می‌دهند [۵]. در ایران نیز مطالعات متعددی شیوع این اختلالات را در صنایع مختلف گزارش کرده‌اند؛ برای مثال، در مطالعه‌ای روی کارگران یک شرکت تولیدی، بیشترین شیوع درد در ناحیهٔ کمر، ساق پا، و شانه‌ها گزارش شد [۶]. همچنین نتایج پژوهش دیگری نشان داد که ۴۸/۷ درصد از کارگران صنعتی از این اختلالات رنج می‌برند [۷].

در سال‌های اخیر، استفاده از روش‌های مشاهده‌ای و

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-30]
[DOI: 10.53208/johe.12.2.160]

نرم‌افزارهای شبیه‌سازی برای ارزیابی پوسچر و تحلیل بیومکانیکی بدن انسان در محیط کار، به‌عنوان رویکردی دقیق، اقتصادی، و غیرتهاجمی مورد توجه قرار گرفته است. نرم‌افزار CATIA به‌عنوان یکی از ابزارهای پیشرفته در حوزهٔ طراحی به‌کمک کامپیوتر (CAD) قابلیت مدل‌سازی دیجیتالی انسان (DHM) و تحلیل ارگونومیکی با استفاده از روش‌هایی نظیر RULA، OWAS، و تحلیل بیومکانیکی نیروها را فراهم می‌سازد [۸، ۹]. این نرم‌افزار با امکان تنظیم پارامترهای آنتروپومتریک، شرایط محیطی و وظایف کاری، به طراحان و متخصصان ارگونومی اجازه می‌دهد تا پیش از پیاده‌سازی فیزیکی، ایستگاه‌های کاری را بهینه‌سازی کنند و ریسک اختلالات اسکلتی ـ عضلانی را کاهش دهند [۱۰، ۱۱].

مروری بر مطالعات پیشین نشان می‌دهد CATIA به‌طور موفقیت‌آمیزی در ارزیابی ارگونومیکی مشاغل صنعتی و خدماتی به کار رفته است. در مطالعهٔ طهماسبی و همکاران، پوسچر جوشکاران در شرکت انتقال گاز ایران با استفاده از CATIA و روش RULA تحلیل شد و نتایج نشان داد که دو پوسچر نیازمند مداخلهٔ فوری و یک پوسچر نیازمند اصلاح در آیندهٔ نزدیک بود [۸]. همچنین بابامیری و همکاران با شبیه‌سازی ایستگاه پاشش رنگ در کارخانهٔ لوازم خانگی نشان دادند که طراحی مجدد صندلی و کاهش وزن تفنگ پاشش رنگ باعث کاهش امتیاز RULA از ۷ به ۳ شد [۹]. جاویدی و خجسته‌پور نیز در مطالعه‌ای روی چای‌کاران شمال کشور، با استفاده از سه روشِ OWAS، RULA، و REBA نشان دادند که درصد قابل توجهی از پوسچرها در وضعیت‌های پرخطر قرار دارند و نیاز به مداخلات ارگونومیکی فوری دارند [۱۲]. در مطالعهٔ نیک‌پی و همکاران نیز با استفاده از تکنیک‌های OWAS و RULA مشخص شد که مشاغلی نظیر جوشکاری و مونتاژکاری بیشترین شیوع اختلالات اسکلتی ـ عضلانی را دارند [۶].

باوجود گسترش مطالعات ارگونومیکی در صنایع مختلف، یکی از گروه‌های شغلی که کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند، کارکنان آزمایشگاه‌های پاتولوژی هستند. این افراد به‌دلیل ماهیت کاری خود، ازجمله کار طولانی‌مدت در وضعیت نشسته، استفادهٔ مکرر از میکروسکوپ، و حرکات تکراری دست و مچ، در معرض ریسک بالای اختلالات اسکلتی ـ عضلانی قرار دارند. بااین‌حال، بررسی‌ها نشان می‌دهد تاکنون مطالعات اندکی به ارزیابی ارگونومیکی این گروه شغلی پرداخته‌اند و شکاف قابل توجهی در ادبیات علمی در این زمینه وجود دارد.

نوآوری اصلی مطالعهٔ حاضر، بهره‌گیری همزمان از قابلیت‌های نرم‌افزار CATIA و ابزارهای هوش مصنوعی، به‌ویژه چت‌بات‌های تعاملی، برای شبیه‌سازی، ارزیابی، و پیشنهاد مداخلات ارگونومیکی است. درحالیکه CATIA امکان مدل‌سازی دقیق پوسچر و تحلیل بیومکانیکی را فراهم می‌سازد، استفاده از چت‌بات‌های هوشمند می‌تواند فرایند جمع‌آوری داده، تحلیل اولیه، و پیشنهاد مداخلات را تسهیل کرده و بهینه‌سازی کند. این رویکردِ ترکیبی، نه‌تنها دقت تحلیل را افزایش می‌دهد، بلکه قابلیت پیاده‌سازی آن در محیط‌های کاری واقعی را نیز ارتقا می‌بخشد.

با توجه به اهمیت پیشگیری از اختلالات اسکلتی ـ عضلانی، به‌ویژه در مشاغل حساس و کمتربررسی‌شده‌ای مانند کارکنان آزمایشگاه‌های پاتولوژی، و با درنظرگرفتن شکاف دانش موجود درزمینهٔ استفادهٔ هم‌زمان از هوش مصنوعی و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی در ارزیابی ارگونومیکی، مطالعهٔ حاضر با هدف «ارزیابی ریسک، شبیه‌سازی، و مداخلهٔ ارگونومیک به‌کمک هوش مصنوعی و نرم‌افزار CATIA در یک آزمایشگاه پاتولوژی» طراحی شده است. این مطالعه تلاش دارد تا با تحلیل دقیق پوسچرهای کاری، شناسایی عوامل خطر، و ارائهٔ مداخلات مبتنی‌بر شبیه‌سازی، گامی مؤثر در بهبود سلامت شغلی این گروه از کارکنان بردارد.

روش کار

مطالعهٔ حاضر روی کارکنان شاغل در یک آزمایشگاه پاتولوژی واقع در شهر همدان انجام شد. به‌منظور انجام مطالعه، وظایف شغلی این افراد بررسی و مشخص شد یکی از پرتکرارترین و ایستاترین وظایف آنها کار با میکروسکوپ است و بر این اساس، این وظیفه جهت تحلیل‌های ارگونومیک انتخاب شد. از فرد خواسته شد که یک نمونهٔ واقعی را با میکروسکوپ بررسی کند و هنگام انجام وظیفه، با کسب رضایت شخصی و حفظ محرمانگی، چند عکس و فیلم جهت تحلیل پوسچر تهیه شد. سپس یکی از عکس‌ها به‌عنوان نمونه برای تحلیل پوسچر انتخاب شد.

تحلیل پوسچر و شبیه‌سازی با چت‌بات هوش مصنوعی و نرم‌افزار CATIA

با توجه به اینکه وظیفهٔ انتخابی در حالت نشسته انجام می‌شود، از روش ارزیابی سریع اندام فوقانی موسوم به RULA برای تحلیل این پوسچر استفاده شد [۱۳]. تحلیل پوسچر قبل از مداخله به‌کمک چت‌بات هوش مصنوعی Copilot که متعلق به شرکت مایکروسافت است انجام شد. علاوه‌براین،

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.53208/johe.12.2.160]

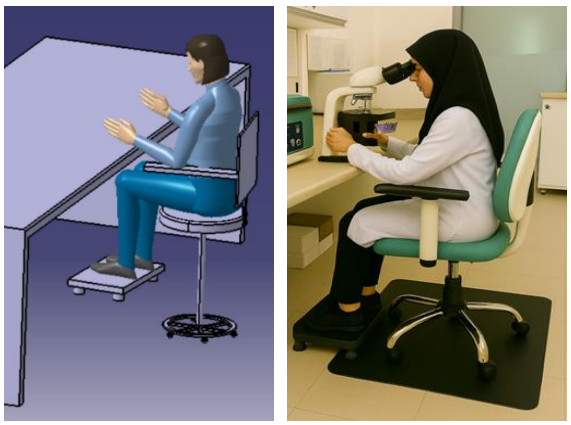
پوسچر فرد در محیط ارگونومی نرم‌افزار CATIA شبیه‌سازی شد (شکل ۱). سپس در همین نرم‌افزار از روش RULA برای ارزیابی پوسچر استفاده شد [۱۴].

تصویر واقعی قبل از مداخله — شبیه‌سازی در محیط CATIA قبل از مداخله

شکل ۱. تصویر واقعی و شبیه‌سازی‌شده در نرم‌افزار CATIA برای وظیفهٔ انتخابی

مداخلهٔ ارگونومیک

پس از تحلیل وظایف، به‌منظور بهبود وضعیت بدنی، به‌کمک چت‌بات Copilot مداخلهٔ اصلاحی در ایستگاه کاری فرد با تأکید بر تغییر صندلی (افزودن بخش پشتی جهت حمایت کمر و افزودن تکیه‌گاه ساعد جهت حمایت از شانه‌ها)، افزودن زیرپایی (جهت اصلاح زاویهٔ ران‌ها)، و آموزش طرز صحیح نشستن (اصلاح زاویهٔ کمر و شانه‌ها) انجام شد. سپس همین مداخله در محیط نرم‌افزار CATIA نیز به‌صورت تقریبی شبیه‌سازی شد (شکل ۲). درنهایت، تحلیل پوسچرِ اصلاح‌شده پس از مداخله به‌کمک روش RULA انجام شد.



شبیه‌سازی مداخله با چت‌بات Copilot — شبیه‌سازی مداخله با نرم‌افزار CATIA

شکل ۲. تصاویر شبیه‌سازی‌شده مداخله توسط Copilot و CATIA

نتایج

وظیفهٔ مورد بررسی در این مطالعه، کار با میکروسکوپ به‌صورت نشسته بود. ارزیابی پوسچر به‌کمک روش RULA هم با چت‌بات Copilot و هم در محیط نرم‌افزار CATIA صورت گرفت. در هر دو مورد (هم هوش مصنوعی و هم نرم‌افزار) نمرهٔ نهایی پوسچر قبل از مداخله، ۶ به دست آمد که به‌معنای سطح ریسک بالا و نیاز به اقدام اصلاحی در آیندهٔ نزدیک است. پس از انجام مداخله، نمرهٔ RULA طبق ارزیابی هر دو ابزار، ۳ به دست آمد که بیانگر سطح ریسک پایین، نیازنداشتن به مداخلهٔ بیشتر، و نیازمند پایش‌های دوره‌ای است. جدول ۱ امتیاز اندام‌ها برای ارزیابی پوسچر انجام‌شده توسط چت‌بات Copilot را قبل و بعد از مداخله نشان می‌دهد. نتیجهٔ ارزیابی پوسچر انجام‌شده در محیط نرم‌افزار CATIA نیز برای قبل و بعد از مداخله در شکل ۳ آورده شده است.

جدول ۱. امتیاز کسب‌شدهٔ اندام‌ها برای ارزیابی پوسچر به روش RULA توسط Copilot

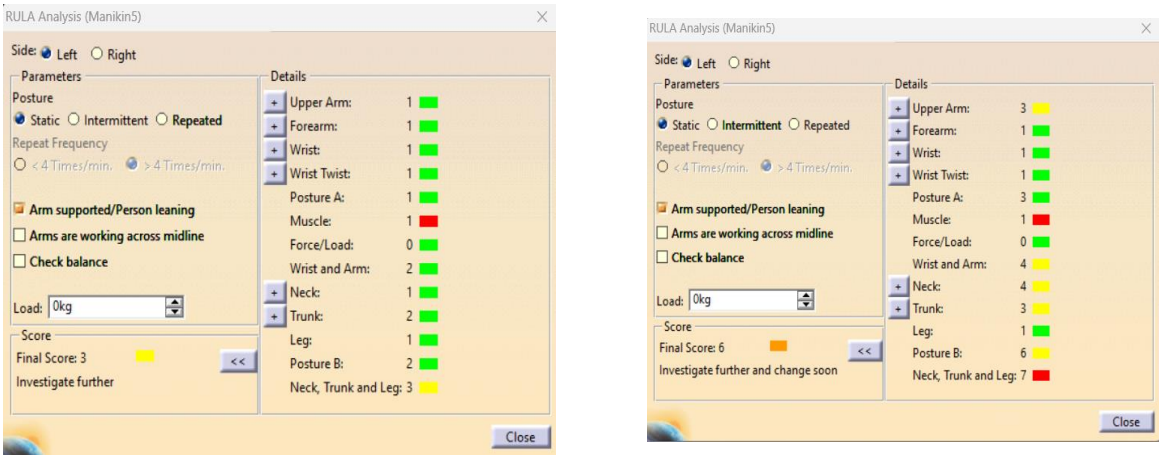
موقعیت	اندام	وضعیت	زاویهٔ تقریبی	امتیاز
قبل از مداخله	گردن	خم‌شده به جلو	~۳۵°	۳
	تنه	خم‌شده به جلو	~۲۰°	۲
	پاها	صاف روی زمین، بدون حمایت خاص	۱	
	شانهٔ چپ	بالا و جلو آمده	~۳۰°	۲
	آرنج چپ	زاویه بین ۹۰° تا ۱۰۰°	۲	
	مچ دست چپ	خم‌شده به جلو ~۲۵° + انحراف جانبی	۳	
	انگشتان	درگیر فعالیت	—	۱
	بار عضلانی/نیرو	فعالیت ظریف، بدون بار زیاد	—	۱
نمرهٔ نهایی RULA= ۶ (سطح ریسک بالا و نیاز به اقدام اصلاحی در آیندهٔ نزدیک)				
بعد از مداخله	گردن	در وضعیت خنثی، بدون خم‌شدن	~۰°-۱۰°	۱
	تنه	صاف، تکیه داده به پشتی	~۰°	۱
	پاها	روی زیرپایی، زاویه ران و زانو ۹۰ درجه	—	۱

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.53208/johe.12.2.160]

شانهٔ چپ	در وضعیت طبیعی، بدون بالا آمدن	~۰°-۱۰°	۱
آرنج چپ	زاویه دقیقاً ۹۰°، تکیه داده	۱	
مچ دست چپ	در وضعیت خنثی، بدون خم شدن یا چرخش	~۰°	۱
انگشتان	درگیر فعالیت دقیق	—	۱
بار عضلانی/نیرو	بدون اعمال فشار یا وزن	—	۱

نمرهٔ نهایی RULA= ۳ (سطح ریسک کم؛ نیازی به اقدام فوری نیست، اما پایش دوره‌ای توصیه می‌شود)



بعد از مداخله　　قبل از مداخله

شکل ۳. نتایج ارزیابی پوسچر به روش RULA برای موقعیت‌های قبل و بعد از مداخله در CATIA

بحث

شیوع ناراحتی‌های اسکلت ـ عضلانی به‌عنوان یک معضل شناخته‌شده و حائز اهمیت، هم برای کارفرما و مدیران سازمان‌ها و هم برای متخصصین بهداشت حرفه‌ای و ارگونومی، مطرح است و بر این اساس، قدمت مطالعات این حوزه بسیار بالاست. نتایج مطالعات پیشین به‌روشنی بیانگر نقش پوسچرهای بدنی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل خطر بروز این ناراحتی‌ها هستند [۶، ۷]. ازاین‌رو، مطالعات وسیعی را می‌توان یافت که ارزیابی ریسک بروز این اختلالات را براساس ارزیابی پوسچر به روش‌های مختلف انجام داده باشند. بااین‌حال، استفادهٔ هم‌زمان از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و ربات‌های هوش مصنوعی، کمتر مورد توجه قرار گرفته و در این مطالعه سعی شد، این شکاف پژوهشی مورد توجه قرار گیرد تا ضمن بررسی توانمندی و قابلیت‌های این دو ابزار (چت‌بات هوش مصنوعی و نرم‌افزار CATIA) چالش‌های این دو ابزار در استفاده‌های روزمرهٔ متخصصین بهداشت حرفه‌ای و ارگونومی نیز بحث شود.

نمرهٔ نهایی RULA برای پوسچر ارزیابی‌شده قبل و بعد از مداخله در چت‌بات Copilot و CATIA یکسان بود. هر دو ابزارِ استفاده‌شده نشان دادند که وضعیت فرد در حالت قبل از مداخله از نظر ابتلا به اختلالات اسکلتی عضلانی در وضعیت ریسک بالا قرار داشته و مستلزم مداخله در سریع‌ترین زمان ممکن است. انحراف تنه نسبت به حالت طبیعی (خمش رو به جلو) و تحت فشار بودن شانه‌ها و انحراف بازو و دورشدن آن از بدن می‌تواند دلیل بالارفتن نمرهٔ RULA باشد. با جلوآمدن و خمشِ رو به جلوی تنه، فشاری که ناشی از وزن بدن به مهره‌های کمری وارد می‌شود افزایش پیدا می‌کند و این موضوع می‌تواند منجر به آسیب دیسک‌های بین‌مهره‌ای و درنتیجه بروز دردهای شدید کمر شود. با جلورفتن صندلی، افزودن پشتی به صندلی، به‌گونه‌ای که بخش کمری را حمایت کند، همراه با آموزش طرز صحیح نشستن می‌تواند مداخلهٔ مؤثری درجهت کاهش ریسک ابتلا به کمردرد فراهم سازد.

پایین‌بودن ارتفاع صندلی نسبت به میزکار، باعث می‌شود فرد شانه‌های خود را بالاتر از حالت طبیعی قرار دهد. بالارفتن شانه‌ها نسبت به محدودهٔ طبیعی هنگام انجام وظایف کاری، به‌ویژه در حالت ایستایی یا تکراری، یکی از عوامل کلیدی در بروز اختلالات اسکلتی ـ عضلانی ناحیهٔ شانه محسوب می‌شود. از دیدگاه بیومکانیک، این وضعیت منجر به انقباض ایزومتریک عضلات بالابرندهٔ شانه مانند تراپزیوس فوقانی و levator scapulae می‌شود که در بلندمدت باعث کاهش جریان خون موضعی، تجمع متابولیت‌ها، و خستگی عضلانی خواهد شد [۱۵]. همچنین، بالابودن شانه‌ها موجب افزایش گشتاور مفصل گلنوهومرال و کاهش فضای ساب‌آکرومیال می‌شود که احتمال بروز سندرم گیرافتادگی شانه (Shoulder

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-30]
[DOI: 10.53208/johe.12.2.160]

Impingement Syndrome) را افزایش می‌دهد [۱۶]. از منظر پزشکی، این وضعیت با افزایش فشار بر تاندون‌های عضلات روتاتور کاف، التهاب بورس ساب‌آکرومیال، و بروز دردهای مزمن در ناحیهٔ گردن و شانه همراه است. مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده‌اند که بالابودن شانه‌ها در مشاغل صنعتی و آزمایشگاهی با شیوع بالای درد شانه و گردن مرتبط است و به‌عنوان یک عامل خطر مستقل در بروز اختلالات اسکلتی ـ عضلانی شناخته می‌شود [۱۷].

نداشتن بخش تکیه‌گاه آرنج نیز منجر به این می‌شود که وزن دست و بازو روی مفصل شانه باشد و این موضوع در مداخلهٔ انجام‌شده مورد توجه واقع شد. افزودن تکیه‌گاه ساعد باعث استراحت بیشتر مفصل شانه، دقت، و تمرکز بیشتر فرد برای انجام وظیفهٔ خود (استفاده از میکروسکوپ) می‌شود.

در مطالعهٔ بابامیری و همکاران وضعیت اپراتور ایستگاه پاشش رنگ نیز با نمرهٔ RULA برابر با ۷ در سطح خطر بالا ارزیابی شد و مداخلات پیشنهادی شامل طراحی صندلی با تکیه‌گاه مناسب و استفاده از بالانسر برای کاهش وزن تفنگ پاشش رنگ بود. مشابه با مطالعهٔ حاضر، فشار واردشده بر شانه‌ها و گردن ناشی از نبودِ تکیه‌گاه مناسب و ارتفاع نامناسب صندلی از عوامل اصلی خطر بودند [۹]. در هر دو مطالعه، اصلاحات ساده اما هدفمند در طراحی صندلی و تکیه‌گاه‌ها باعث بهبود وضعیت پوسچر و کاهش امتیاز ریسک شدند. در مطالعهٔ طهماسبی و همکاران نیز خمش تنه به جلو و دورشدن بازوها از بدن از عوامل اصلی افزایش ریسک بودند که با نتایج مطالعهٔ حاضر هم‌سو است.

همچنین نبودِ تناسب بین ابعاد آنتروپومتریک فرد و ایستگاه کاری (عدم تناسب بین قد فرد، ارتفاع صندلی، و میز کار) منجر به تغییر زاویهٔ ران‌ها شد و با تحمل فشار بیشتر در ناحیهٔ پشت ران و کشش بیشتر در ناحیهٔ ساق پا همراه خواهد بود. برای اصلاح این وضعیت، زیرپایی پیشنهاد شد که در این مطالعه یک زیرپایی ثابت قرار گرفته است و زیرپایی دارای قابلیت تنظیم زاویه و ارتفاع می‌تواند از نظر ارگونومیک مناسب تر باشد. باوجود زیرپایی، زاویهٔ ران‌ها اصلاح شده که این قضیه هم در شبیه‌سازی‌های انجام‌شده قابل مشاهده است (شکل ۲). در مطالعهٔ نیک‌پی و همکاران تحلیل ۳۵ ایستگاه کاری RULA نشان داد که مشاغلی مانند جوشکاری شاسی موتور و قالب‌سازی بیشترین ریسک اختلالات اسکلتی ـ عضلانی را دارند، به‌ویژه در نواحی کمر، شانه، و ساق پا [۶]. این مطالعه نیز بر اهمیت تناسب آنتروپومتریک فرد با ایستگاه کاری تأکید داشت و نشان داد که تطابق‌نداشتنِ قد، ارتفاع صندلی، و میز کار باعث تغییر زاویهٔ ران‌ها و افزایش فشار در ناحیهٔ ساق پا می‌شود؛ موضوعی که در مطالعهٔ حاضر نیز به‌وضوح مشاهده شد و با پیشنهاد استفاده از زیرپایی اصلاح شد.

یافته‌های این مطالعه با مطالعات پیشین هم‌سو بوده و بر نقش کلیدی طراحی ارگونومیک ایستگاه کاری، تناسب آنتروپومتریک، و آموزش نحوهٔ صحیح نشستن در کاهش ریسک اختلالات اسکلتی ـ عضلانی تأکید دارد. استفادهٔ هم‌زمان از ابزارهای تحلیل دیجیتال مانند CATIA و هوش مصنوعی Copilot نیز نشان داد که این ابزارها می‌توانند مکمل یکدیگر باشند و ارزیابی دقیق‌تری از وضعیت پوسچر فراهم کنند. پیشنهادهایی مانند افزودن پشتی کمری، تکیه‌گاه ساعد، تنظیم ارتفاع صندلی، و استفاده از زیرپایی قابل تنظیم می‌توانند به‌عنوان مداخلات مؤثر در طراحی ایستگاه‌های کاری مشابه استفاده شوند.

نتیجه گیری

این مطالعه نشان داد که ارزیابی دقیق وضعیت کاری با بهره‌گیری از ابزارهای دیجیتال مانند CATIA و Copilot می‌تواند به شناسایی مؤثر عوامل خطر در پوسچرهای کاری کمک کند. تحلیل‌های انجام‌شده بیانگر آن بود که طراحی نامناسب ایستگاه کاری، به‌ویژه در شرایطی که تناسب آنتروپومتریک فرد با اجزای محیط رعایت نشده باشد، می‌تواند فشارهای بیومکانیکی قابل‌توجهی بر نواحی حساس بدن وارد کند. یافته‌ها تأکید می‌کنند که اصلاحات ساده‌ای مانند تنظیم ارتفاع صندلی، افزودن تکیه‌گاه ساعد، و استفاده از زیرپایی قابل تنظیم نقش مهمی در کاهش ریسک اختلالات اسکلتی ـ عضلانی دارند. این مداخلات نه‌تنها به بهبود سلامت فردی کمک می‌کنند، بلکه می‌توانند بهره‌وری و دقت عملکرد را نیز افزایش دهند. استفادهٔ هم‌زمان از شبیه‌سازی دیجیتال و تحلیل هوشمند، رویکردی نوین و کاربردی در طراحی ایستگاه‌های کاری ایمن و کارآمد ارائه می‌دهد که می‌تواند در محیط‌های آزمایشگاهی، صنعتی، و آموزشی استفاده شود. این نتایج ضرورت توجه به ارگونومی در مراحل اولیهٔ طراحی و آموزش اصول ارگونومی به‌صورت دوره‌ای را برجسته می‌سازد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از همکاری پرسنل زحمتکش آزمایشگاه حکیم جهت مشارکت در انجام این مطالعه تقدیر و تشکر می کنند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می دارند که هیچگونه تضادی در منافع

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.53208/johe.12.2.160]

نداشته اند.

حمایت مالی

این مطالعه با بودجه شخصی نویسندگان انجام شده است.

سهم نویسندگان

نویسندگان سهم یکسانی در انجام این مطالعه داشته اند.

REFERENCES

1. Ghasemi S, Imani B, Rahmani R, Zandi S. Prevalence of musculoskeletal disorders and their association with the work ability index among staff working in operating rooms of governmental hospitals in Hamedan, Iran. *Iran J Ergon*. 2024;**11**(4):251–60. DOI: 10.32592/IJE.11.4.251
2. Bahrami F, Zandsalimi F, Rahmani R. Study of pain and disabilities in the musculoskeletal system among urban bus drivers with respect to body postures, job satisfaction, and individual factors. *J Occup Hyg Eng* .2024;**11**(1):74–83. DOI: 10.32592/joohe.11.1.74
3. Aliabadi M, Darvishi E, Farhadian M, Rahmani R, Shafiee Motlagh M, Mahdavi N. An investigation of musculoskeletal discomforts among mining truck drivers with respect to human vibration and awkward body posture using random forest algorithm. *Hum Factors Ergon Manuf Serv Ind*. 2022;**32**(6):482–93. DOI: 10.1002/hfm.20965
4. Ghasemi F, Gholamizadeh K, Rahmani R, Doosti-Irani A. Prevalence and severity of carpal tunnel syndrome symptoms among Iranian butchers and their association with occupational risk factors: implications for ergonomic interventions. *Work*. 2020;**66**(4):817–25. PMID: 32925141 DOI: 10.3233/wor-203227
5. Bernard BP, Putz-Anderson V. Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. Cincinnati (OH): National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH); 1997. (NIOSH Publication No. 97-141). Link
6. Nikpey A, Ghalenoei M, Safary Variani A, Gholi Z, Mosavi M. Musculoskeletal disorders and posture analysis at workstations using evaluation techniques. *Pars J Med Sci*. 2022;**11**(3):17–24. DOI: 10.29252/jmj.11.3.17
7. Rahmani R, Shahnavazi S, Fazli B, Ghasemi F. Ergonomic risk assessment of musculoskeletal disorders among cement factory workers using the QEC technique. *Pajouhan Sci J*. 2020;**18**(2):64–72. DOI: 10.52547/psj.18.2.64
8. Tahmasebi R, Anbarian M, Torkashvand S, Motamedzade M, Farhadian M. Ergonomic evaluation of welders' posture and biomechanical analysis of spinal loads using CATIA software in Iran Gas Transmission Company. *J Occup Hyg Eng*. 2017;**4**(3):17–25. DOI: 10.21859/johe.4.3.17
9. Babamiri M, Mahdavi N, Soury S, Yazdani M, Golhosseini M, Matamed M. Simulation of ergonomic interventions in a color spray station using CATIA software: a case study. *J Occup Hyg Eng*. 2020;**7**(3):64–70. DOI: 10.52547/johe.7.3.64
10. Nikhilkumar, Qutubuddin S, Pallavi R, Sambrani A, Padashetty D, et al. Analysis of working postures in a small-scale fastener industry by rapid upper limb assessment (RULA) using CATIA software. In: Proceedings of the International Conference of the Indian Society of Ergonomics; 2020. Springer. DOI: 10.1007/978-981-16-6982-8_8
11. Obeidat MS, Abbasi DB. An ergonomic evaluation of working posture among palletizing workers based on the digital human modeling using CATIA. In: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management; 2024 Jun; Washington, DC. DOI: 10.46254/NA09.20240082
12. Javidi Gharache M, Khojastehpour M. Ergonomic evaluation of tea farmers in northern Iran during plucking using body modeling. *J Agric Mach*. 2016;**6**(2):488–498. DOI: 10.22067/jam.v6i2.34201
13. McAtamney L, Corlett N. Rapid upper limb assessment (RULA). In: Stanton NA, Hedge A, Brookhuis K, Salas E, Hendrick HW, editors. Handbook of human factors and ergonomics methods. Boca Raton: CRC Press; 2004. p. 86–96. DOI: 10.1201/9780203489925
14. Agung N, Dahlan A, Ningrum S. Application of RULA and CATIA V5 in designing ergonomic tools for cleaning staff performance improvement. *J Riset Ilmu Tek*. 2024;**2**(1):38–48. DOI: 10.59976/jurit.v2i1.55
15. Briel S, Brandt C, Olivier B, Olivier FM. Modifiable musculoskeletal factors and their association with shoulder function in adults: a systematic review of etiology and risk. *Discov Med*. 2024;**1**(1):66. DOI: 10.21203/rs.3.rs-4555953/v1
16. Tola S, Riihimäki H, Videman T, Viikari-Juntura E, Hänninen K. Neck and shoulder symptoms among men in machine operating, dynamic physical work, and sedentary work. *Scand J Work Environ Health*. 1988;**14**(5):299–305. PMID: 3201189 DOI: 10.5271/sjweh.1916
17. Lucas J, van Doorn P, Hegedus E, Lewis J, van der Windt D. Global prevalence and incidence of shoulder pain: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;**23**(1):1073. PMID: 36476476 DOI: 10.1186/s12891-022-05973-8

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.53208/johe.12.2.160]