Occupational Medicine Quarterly Journal
Vol. 9, No 4, Winter 2017
Pages: 40-51

فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶
صفحه:۵۱-۴۰

# تجزیه و تحلیل فشارهای فیزیکی (اسکلتی– عضلانی) محیط کار و مداخله ارگونومی با استفاده از روش طراحی آزمایش‌های تاگوچی (مطالعه موردی شرکت پشتیبانی نرم افزار)

میثم جعفری اسکندری*[۱]، مهسا جعفریان[۲]، حامد سلمان‌زاده[۳]، محسن درّی[۴]

**چکیده**

**مقدمه:** بیماری‌های شغلی و حرفه‌ای سبب درد و زیان‌های بزرگ به کارگران، کسب و کارها، صندوق‌های تأمین اجتماعی و به طورکلی جوامع می‌شوند. بر اساس برآوردهای سازمان بین‌المللی کار، بیماری‌های ناشی از کار کارگران، شش برابر بیشتر از حوادث مربوط به کار سبب مرگ آنان می‌شود. هدف از مطالعه حاضر، بررسی و بهبود میزان اختلالات اسکلتی ـعضلانی یک شرکت پشتیبانی نرم‌افزار در شهر تهران می‌باشد.

**روش بررسی:** در این مطالعه توصیفی تحلیلی، ۷۰ اپراتور به روش تصادفی انتخاب شدند. اطلاعات با استفاده از پرسشنامه ناراحتی‌های اسکلتی ـعضلانی کرنل و روش ارزیابی سریع تنش اداری (ROSA5) جمع‌آوری گردید. داده‌ها با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون و آنالیز واریانس تجزیه و تحلیل شد.

**نتایج:** نتایج حاصل از ROSA نشان داد که ۱۱/۴۳ درصد از اپراتورها در ناحیه هشدار و ۸۸/۵۷ درصد از آن‌ها در ناحیه ضرورت انجام مداخله ارگونومیک قرار دارند. با استفاده از روش¬ طراحی آزمایش‌های تاگوچی، ایستگاه‌های کاری برای تغییر، انتخاب شده و تغییرات لازم اعمال گردیدد. نتایج حاصل، کاهش میانگین امتیاز نهایی به ۵/۷۴ و بهبود آن و کاهش ۷ درصدی سطح مداخله ارگونومیکی و بهبود نسبی به سطح هشدار را نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** این پژوهش، ارزیابی اولیه‌ای از نظارت روی قابلیت اطمینان با استفاده از روش ارزیابی سریع تنش اداری و همبستگی بین ناراحتی کل بدن و نمرات نهایی روش ارزیابی سریع تنش اداری نشان داده است که نهایت با بکارگیری روش طراحی آزمایشات تاگوچی بهبود حاصل گردید.

**واژه های کلیدی:** ارگونومی، ارزیابی تنش‌های محیط کار، پرسشنامه کرنل، طراحی آزمایشات تاگوچی

[۱] استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور مرکز تهران، تهران، ایران؛
[۲] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور تهران، تهران، ایران.
[۳] استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی، دانشکده مهندسی صنایع، تهران، ایران.
[۴] دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، مرکز تحصیلات تکمیلی، تهران، ایران.
* (نویسنده مسئول)؛ تلفن تماس: ۰۹۱۲۶۸۰۸۵۳۷، پست الکترونیک: meisam_jafari@pnu.ac.ir
تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۱/۱۹

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

**مقدمه**

در جهان صنعتی امروز، بسیاری از افراد ناچارند با شرایط نامناسب پیرامون خود که محیط کار و ابزار مورد استفاده بر آنها تحمیل میکند، انطباق و تناسب داشته و با محدودیت‌های ایجاد شده به گونه‌ای کنار آیند. اما امروزه ارگونومی یا همان مهندسی انسانی به عنوان یک قانون تلاش دارد با طراحی و تغییر مناسب کار و ملزومات آن، بیشترین بهره‌وری را براساس فیزیولوژی انسان بدست آورد(۱). ارگونومی از دو کلمه یونانی Ergon به معنای کار و Nomos به معنای قاعده و قانون مشتق شده است. اما در اصطلاح کاربردی، علم ارگونومی مجموعه دانشی است که از تلفیق علوم زیستی، فیزیولوژی انسانی، سیستم‌ها و روش‌ها، طراحی مشاغل و محیط کار به وجود آمده است که سعی دارد ابزارها، دستگاه‌ها و محیط کار را با در نظر گرفتن توانایی های جسمانی، فکری و محدودیت‌ها و علایق انسان‌ها طراحی کند(۲). ارگونومی به مطالعاتی اطلاق میشود که در آن ساخت، ترکیب و سازمان کار، طراحی تجهیزات، شغل و محل کار در رابطه با عامل انسانی مورد بررسی قرار می‌گیرد و در این روش‌ها به مسائل فیزیولوژیکی، ادراکی و تا حدی رفتاری انسان توجه می‌گردد(۳). ارگونومی علم اصلاح و بهسازی محیط کار، شغل و تجهیزات و تطابق آن با قابلیت‌ها و محدودیت‌های انسان است. بدون شک بکارگیری ملاحظات ارگونومیک و آموزش در این زمینه در هر سازمانی نقش به سزایی در مدیریت بهره‌وری آن سازمان دارد. عدم رعایت این ملاحظات منجر به کاهش انگیزه و بازده نیروی انسانی، افزایش میزان جابجایی و غیبت کارکنان و در نهایت کاهش اثربخشی، کارآیی و بهره‌وری سازمان می‌گردد. اگر محیط کار به گونه‌ای باشد که فرد در آن احساس ناراحتی، خستگی و کسالت نماید و به او آسیب نیز وارد شود، در نهایت نارضایتی و بیماری را برای او به دنبال خواهد داشت(۴). این موضوع منجر به اختلال در کار، کاهش بهره‌وری و بازده کار نیز خواهد شد.

صدمات اسکلتی ـ عضلانی مرتبط با کار ( WMSDs: Work-related Musculoskeletal disorders)، بخش عمده و مهمی از صدمات را تشکیل می‌دهد و شامل عوارض ناشی از فعالیت‌های حرفه‌ای است که عمدتاً در اثر تکرار کارهای عضلانی و تحمل فشارهای مکانیکی مکرر رخ می‌دهد(۵). یامد بروز این دسته از عوارض به اشکال متنوعی بروز می‌کند ازجمله احساس درد، سفتی عضلات، ناتوانی عضلانی، کاهش دامنه طبیعی حرکات، تورم مفاصل و کاهش راندمان شغلی است(۶). اختلالات اسکلتی ـ عضلانی ازجمله عوامل شایع آسیب‌های شغلی و ناتوانی در کشورهای صنعتی و درحال‌توسعه هستند. اختلالات اسکلتی ـ عضلانی در بین کاربران رایانه عموماً در ناحیه اندام فوقانی، سر و گردن و کمر ایجاد می‌شود. عوامل اصلی ایجادکننده آن حرکات تکراری انگشتان، دست‌ها و مچ‌ها، وضعیت استاتیک و نامناسب بدن، و فشار تماسی بر روی مچ‌ها شناخته‌شده است. یکی از علل اصلی غیبت‌ها در محیط کار آسیب‌های اسکلتی ـ عضلانی می‌باشند و بر اساس گزارش‌ها حدود ۴۰ درصد از غرامت‌های پرداخت‌شده به کارگران مربوط به اختلالات اسکلتی ـ عضلانی است(۷) .این اختلالات با احساس خستگی و درد آغازشده و به‌سوی بیماری پیش می‌رود که در آن محدود شدن حرکت اندام‌ها و یا کاهش قدرت و توان ماهیچه‌ها مشاهده می‌شود(۸). به‌طورکلی هنگامی‌که محیط کار و انجام وظیفه در شغل خاصی به وقوع اختلالات اسکلتی ـ عضلانی کمک کنند، این اختلالات، مرتبط با کار خوانده می‌شوند. مطالعات نشان داده‌اند که در بین عوامل و ریسک فاکتورهای WMSDs ، وضعیت بدن نامناسب ازجمله مهم‌ترین عوامل خطر محسوب می‌شود(۹). مطالعات حاکی از آن است که بهبود وضعیت بدن علاوه بر کاهش ریسک ابتلا به اختلالات اسکلتی ـ عضلانی، باعث ارتقاء سطح سلامت، کاهش استرس و کم شدن ناراحتی هنگام کار می‌شود که این عوامل افزایش راندمان و عملکرد شغلی را به دنبال دارد.

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

در دهه‌های اخیر، پیشگیری از این اختلالات اهمیت ویژه‌ای پیداکرده است به‌طوری‌که هدف ارگونومی شغلی، پیشگیری از این اختلالات بیان‌شده است و سازمان بهداشت جهانی دهه ۲۰۰۰ میلادی را دهه پیشگیری از این اختلالات نام‌گذاری کرده است(۱۱،۱۰). فرسودگی شغلی ناشی از سطوح بالای استرس‌های طولانی مدت در زندگی شغلی می‌باشد(۱۲،۱۳). همچنین بدلیل فشردگی کار، نیاز مداوم پاسخگویی به مشتریان، کنترل مداوم پاسخگویی توسط مدیریت و کارشناسان کنترل کیفیت و استرس کاری، اختلالات اسکلتی- عضلانی به مراتب بیشتر می باشد.

در این پژوهش، ابتدا به شناسایی اختلالات موجود پرداخته و سپس با استفاده از طراحی آزمایشات به روش تاگوچی سعی در به حداقل رسانی اختلالات اسکلتی- عضلانی ناشی از عوامل تحت کنترل و غیر قابل کنترل شده است.

## روش بررسی

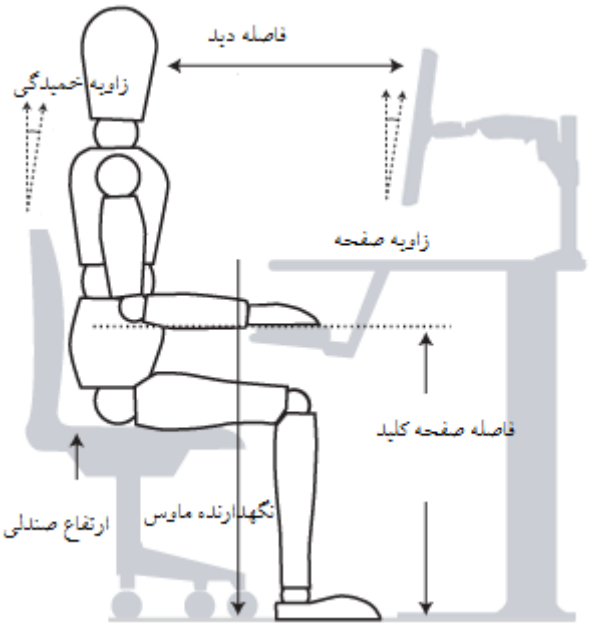
از جمله محیط‌های اداری که در آن کارمندان به دلیل شرایط ویژه کاری دچار اختلالات اسکلتی-عضلانی می‌شوند و به صورت مداوم از کامپیوتر و تلفن (میکروفن) بطور همزمان استفاده می‌نمایند، می‌توان به کار در ادارات مراکز تلفن اشاره کرد که شرکت‌های پشتیبانی نرم‌افزار نیز از جمله این ادارات می‌باشند.

کارمندان بخش پشتیبانی یک شرکت نرم‌افزاری به عنوان جامعه‌ی مورد مطالعه انتخاب شدند. برای ارزیابی ابتدا کارشناس ارگونومی در محل کار تمامی شرکت‌کنندگان، مصاحبه‌ای در خصوص آشنایی با محیط کار و جمع‌آوری اطلاعات دموگرافیک (شامل: سن، جنسیت، وزن، قد، میزان تحصیلات و سابقه کار اداری) انجام داده و سپس فرم پرسشنامه فارسی ناراحتی‌های اسکلتی ـ عضلانی کرنل (CMDQ: Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire (CMDQ)) را در اختیار آنان قرار می‌داده تا بر مبنای احساس درد و ناراحتی آن را تکمیل نمایند. فرم تکمیل شده در روش ارزیابی سریع تنش اداری (ROSA) بر مبنای حالت بدنی شرکت‌کنندگان در محل ایستگاه کار رایانه‌ای آنان طبق دستورالعمل روش ارزیابی سریع تنش اداری تکمیل و داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۹) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مشخص نمودن رابطه بین متغیرهای دموگرافیک با امتیاز نهایی ROSA، از آزمون آنالیز واریانس و برای تعیین رابطه بین نتایج ناراحتی‌های اسکلتی ـ عضلانی کرنل و امتیاز نهایی ROSA از روش تاگوچی استفاده شد. ROSA دارای روایی و پایایی بالایی در سنجش ریسک فاکتورهای ارگونومیکی در محیط اداری کار با رایانه است(۱۴،۱۵). مراحل ارزیابی در این روش شامل سه بخش اصلی است که پس از تکمیل هر بخش و مشخص نمودن امتیازها در بخش‌های صندلی، صفحه نمایشگر و تلفن، امتیاز موشواره و صفحه‌کلید در جداول، امتیاز نهایی مشخص خواهد شد. نمره نهایی این روش بین ۱۰ – ۰ مشخص‌شده که مقدار امتیاز ۳ تا ۵ را سطح هشدار می‌نامند و امتیاز بیش از ۵ انجام اقدام مداخله‌ای را ایجاب می‌کند(۱۶). پرسشنامه فارسی ناراحتی‌های اسکلتی ـ عضلانی کرنل (CMDQ) نیز ابزاری کارا در بررسی میزان ناراحتی‌های اسکلتی ـ عضلانی است که اطلاعاتی در خصوص وجود و شدت احساس درد و ناراحتی را در اندام‌های گردن، شانه، قسمت فوقانی پشت، قسمت فوقانی بازو، قسمت تحتانی پشت، ساعد، مچ، باسن، ران، زانو و قسمت تحتانی پشت به‌صورت خود گزارش‌دهی فراهم می‌کند. نحوه محاسبه مقدار ناراحتی در هر اندام بدین‌صورت است که امتیاز تکرار (هرگز=۱،۰ تا ۲ بار در هفته =۳، ۲ تا ۴ بار در هفته =۳.۵، هرروز=۵ و چند بار در روز=۱۰)، امتیاز ناراحتی (۱،۳،۲) و امتیاز تداخل با کار (۱،۳،۲) را در همدیگر ضرب می‌کنیم(۱۷). به‌منظور تعیین پایایی پرسشنامه از روش ثبات داخلی ابزار استفاده شد. مطابق این روش ابزار موردنظر تنها زمانی از پایایی مناسب

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

برخوردار خواهد بود که ضریب آلفای کرونباخ بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۷ باشد. در بررسی اعتمادیابی پرسشنامه با استفاده از روش ثبات داخلی ابزار، ضریب آلفای کرونباخ ۰/۹۸۶ محاسبه شد. در تحلیل روایی پرسشنامه برای قسمت شدت درد و ناراحتی از ضریب همبستگی کاپا و برای قسمت فراوانی درد و ناراحتی از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده گردید. ضریب آلفای کرونباخ در هر سه بخش فراوانی ناراحتی، شدت ناراحتی و تأثیر ناراحتی در توان کاری به ترتیب ۰/۹۵۵، ۰/۹۶۱ و ۰/۹۶۹ بدست آمد. نسخه فارسی پرسشنامه CMDQ ابزاری کارا در بررسی میزان ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی کارگران ایرانی است که می‌تواند به عنوان قسمتی از برنامه معمول تحقیقات ارگونومیک و مراقبت‌های بهداشتی جهت پیشگیری از اختلالات و ناراحتی‌های اسکلتی ـ عضلانی مورد استفاده قرار گیرد(۱۸). در این مطالعه توصیفی - تحلیلی حجم نمونه همانند مطالعه سون و همکاران(۱۸) سطح اطمینان ۹۵٪، توان آزمون ۸۰٪ و مقدار خطای مطلق آزمون ۲۵٪ تعیین گردیدند.

شرکت‌کنندگان شامل ۷۰ نفر (۴۰ زن و ۳۰ مرد) بودند که به‌طور تصادفی از بین افراد واجد شرایط کارکنان بخش اداری یک شرکت پشتیبانی نرم‌افزار اعم از رسمی و پیمانی که بصورت تمام وقت مشغول بکار بوده(۸ ساعت کاری) انتخاب شدند. تمامی آن‌ها برای انجام وظایف خود از رایانه در محیط کار استفاده می‌کنند. اندازه جامعه مورد مطالعه به‌منظور نشان دادن ویژگی‌های کل جامعه مناسب است از اینرو در این مطالعه به انتخاب نمونه‌ای از اعضای جامعه که معرف و نماینده واقعی آن باشند اکتفا شده است. برای مقایسه بین نتایج ارزیابی روش سریع اداری و ناراحتی اسکلتی ـ عضلانی کرنل امتیاز درد و ناراحتی بر مبنای شماره‌دهی استاندارد و توصیه برای ارزیابی روش سریع اداری، امتیاز ناراحتی اسکلتی ـ عضلانی به‌صورت تجمعی در چهار ناحیه: ۱) پشت و اندام فوقانی (قسمت فوقانی پشت + شانه‌ها + قسمت تحتانی پشت + ران‌ها + باسن)، ۲) گردن و قسمت فوقانی پشت، ۳) دست‌ها (شانه+ بازوها + ساعدها + مچ‌ها) و ۴) تمام بدن محاسبه شد(۱۹).

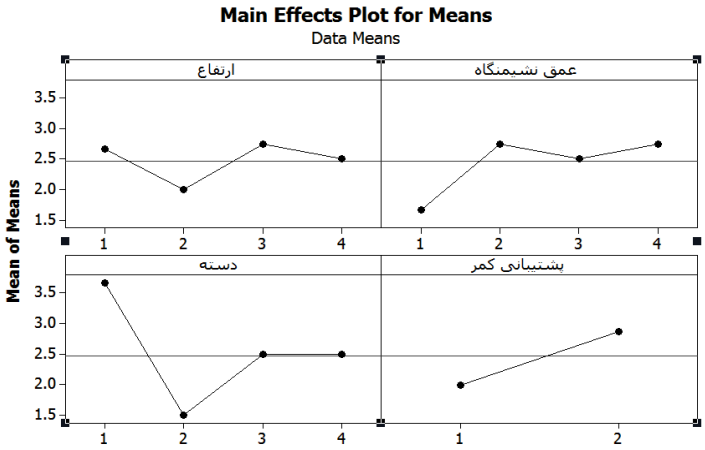



شکل ۱. پارامترها و سطوح انتخابی در روش تاگوچی.

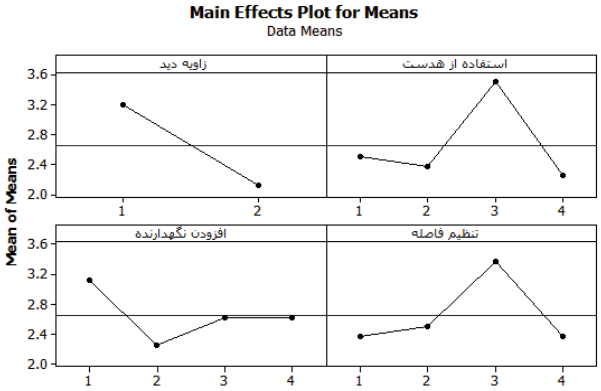
[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

## نتایج

میانگین و انحراف معیار اطلاعات بدست آمده از پرسشنامه کرنل در جدول (۱) ذکر شده است. میانگین (± انحراف معیار) نمره پشت و اندام فوقانی ۱۰ (±۷)، گردن و قسمت فوقانی پشت ۱۹ (±۵)، و برای دست‌ها ۲۷ (±۹) بدست آمد. جدول شماره (۲) امتیازات حاصل از چک‌لیست ROSA بر اساس ابزارهای کاری اپراتورها و جدول (۳) نتایج ارزیابی این روش را نشان می‌دهد. یافته‌ها نشان داد که صفر درصد از شرکت‌کنندگان امتیاز کمتر از ۳، ۱۱/۴۳ درصد امتیاز بین ۳ تا ۵ (سطح هشدار) و ۸۸/۵۷ درصد امتیاز بیش از ۵ (ضرورت انجام اقدام مداخله‌ای) را دارا بودند. نتایج نشان داد که بین ناراحتی اسکلتی ـ عضلانی شرکت‌کنندگان و امتیازهای نتایج ROSA همبستگی معناداری وجود دارد که نتایج آن در جدول (۴) آمده است. پارامترها و سطوح انتخابی جهت انجام تغییرات در روش تاگوچی در جدول ۵ نشان داده شده‌اند. در مطالعه حاضر جهت اعمال تغییرات از پیشنهادات پژوهشگران استفاده شد. در شکل‌های ۲ و ۳، تغییرات با توجه به سطوح انتخابی در جدول شماره (۵) نمایش داده شده است. پس از اعمال تغییرات و ارزیابی مجدد محیط کار، کاهش میانگین امتیاز نهایی به میزان ۵/۷۴ و کاهش ۷ درصدی سطح مداخله ارگونومیک و بهبود نسبی آن به سطح هشدار مشاهده شد. نتایج این بررسی در جدول (۶) آورده شده است.




شکل ۲. استفاده از روش طراحی آزمایش‌های تاگوچی برای انتخاب صندلی.




شکل ۳. استفاده از روش طراحی آزمایش‌های تاگوچی برای انتخاب سایر تجهیزات.

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

جدول ۱. اطلاعات داده‌های حاصل از پرسشنامه کرنل.

| ناحیه بدن | تعداد نمونه | میانگین | انحراف‌معیار |
|---|---|---|---|
| پشت و اندام فوقانی | ۷۰ | ۷/۱۰ | ۲/۰۴۴ |
| گردن و قسمت فوقانی پشت | ۷۰ | ۵/۱۹ | ۱/۵۱۶ |
| دست‌ها | ۷۰ | ۹/۲۷ | ۳/۲۶۶ |
| تمام بدن | ۷۰ | ۱۶/۷۰ | ۱/۶۱۸ |

جدول ۲. اطلاعات امتیازات چک‌لیست روش ارزیابی سریع تـنش اداری

| آیتم مورد بررسی | تعداد نمونه | میانگین | انحراف از معیار |
|---|---|---|---|
| امتیاز صندلی | ۷۰ | ۶/۴۴ | ۱/۶۴۷ |
| امتیاز صفحه نمایشگر و تلفن | ۷۰ | ۶/۲۳ | ۱/۸۱۹ |
| امتیاز صفحه‌کلید و موشواره | ۷۰ | ۶/۸ | ۱/۶۵۶ |
| امتیاز نهایی | ۷۰ | ۶/۸۳ | ۱/۶۰۶ |

جدول ۳. نتایج ارزیابی روش ارزیابی سریع تـنش اداری شرکت‌کنندگان

| تعداد نمونه | درصد امتیاز کمتر از ۳ | درصد امتیاز ۳ تا ۵ | درصد امتیاز بیش از ۵ |
|---|---|---|---|
| ۷۰ | ۰ | ۱۱/۴۳ | ۸۸/۵۷ |

جدول ۴. رابطه ناراحتی اسکلتی ـ عضلانی شرکت‌کنندگان با امتیازهای نتایج روش ارزیابی سریع تـنش اداری.

| ناحیه بدن | صندلی | نمایشگر و تلفن | کلید و موشواره | نهایی |
|---|---|---|---|---|
| پشت و اندام فوقانی | r=۰/۱۵۵ | - | - | - |
| گردن و قسمت فوقانی پشت | - | r=۰/۰۶۳ | - | - |
| دست‌ها | - | - | r=۰/۲۵۷ | - |
| تمام بدن | - | - | - | r=۰/۱۴۲ |

جدول ۵. پارامترها و سطوح انتخابی در روش تاگوچی

| ابزار کار | پارامتر | راهکارهای پیشنهادی جهت بهبود | تعداد سطح |
|---|---|---|---|
| صندلی | ارتفاع | تغییر ارتفاع و زاویه زانوها | ۴ |
| | عمق نشیمنگاه | تنظیم عمق‌های مختلف | ۴ |
| | دسته | تغییر در ارتفاع و کیفیت سطح | ۴ |
| | پشتیبانی کمر | تغییر زاویه خمیدگی | ۲ |
| ابزار کار | | راهکارهای پیشنهادی جهت بهبود | تعداد سطح |
| نمایشگر | | تنظیم زاویه دید و فاصله | ۲ |
| تلفن | | دسترسی و استفاده از هدست یا نگهدارنده | ۴ |
| ماوس | | تنظیم دسترسی یا افزودن نگهدارنده | ۴ |
| صفحه‌کلید | | تنظیم فاصله یا پلتفرم | ۴ |

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

جدول ۶. نتایج امتیازهای ارزیابی روش ارزیابی سریع تـنش اداری پس از اعمال تغییرات انتخابی با روش تاگوچی

| تعداد نمونه | درصد امتیاز کمتر از ۳ | درصد امتیاز ۳ تا ۵ | درصد امتیاز بیش از ۵ | میانگین | انحراف معیار |
|---|---|---|---|---|---|
| **۷۰** | ۰ | ۱۸/۲ | ۸۱/۸ | ۵/۷۴ | ۱/۳۰۴ |

**بحث**

در این مطالعه رابطـه بـین امتیازهـای صندلی، صفحه نمایشگر و تلفـن، موشـواره و صفحه‌کلید و امتیـاز نهایی روش سریع اداری با ناراحتی‌های اسـکلتی - عضـلانی گزارش‌شده دارای رابطه معنی‌دار مثبت و مستقیم می‌باشند. میـزان ایـن رابطه بین مجموع تمام ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی بدن با امتیـاز نهایی ارزیابی سریع اداری r=۰/۱۴۲ به دست آمد. میانگین امتیـاز نهـایی روش ارزیابی سریع تـنش اداری (۱/۶۰۶ ± ۶/۸۳) است کـه ازنظر تحلیـل ریسـک ارگونـومی در ناحیه مداخله قرار دارد و نیازمند دخالت و تغییر ارگونومیکی است. ازآنجایی‌که ۱۱/۴۳ درصد از نتایج حاصل از امتیازدهی روش ارزیابی سریع تـنش اداری در ناحیه هشدار و ۸۸/۵۷ درصد از آن در ناحیه ضرورت انجام مداخله قرار دارند، تغییر در ساختار ارگونومیکی جامعه مورد مطالعه ضروری به نظر می‌رسد. ازاین‌رو با استفاده از روش طراحی آزمایش‌های تاگوچی، ایستگاه-های کاری برای تغییر انتخاب و تغییرات لازم اعمال شد. به‌طورکلی دو نوع از معروف‌ترین طرح‌های آزمایش عبارت‌اند از: (۱) طرح‌های فاکتوری و (۲) طرح‌های تاگوچی. با توجه به تعداد پارامترها و سطوح در نظر گرفته‌شده برای هر یک از ایستگاه‌های کاری، استفاده از طرح فاکتوری کامل به ۱۶۳۸۴ ( ۴×۴×۴×۲×۲×۴×۴×۴) آزمایش نیاز دارد. با در نظر گرفتن هزینه، زمان و همچنین تئوری آمار، اجرای این تعداد آزمایش غیر لازم و فاقد صرفه اقتصادی است. ازاین‌رو، استفاده از یک طرح آزمایش تاگوچی پیشنهاد می‌شود. دکتر جنیچی تاگوچی به کمک تحقیقهای خود در سالهای ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ اصول طراحی اثرزدا را توسعه داد و اساس کار خود را با به کار بستن نظریه هایش در توسعه محصولهای مختلف اعتبار بخشید(۹). روش تاگوچی انحراف‌های ممکن از مقدار هدف را همراه با تابع زیان مدل‌بندی می‌کند .دکتر تاگوچی از کاربرد طرحهای آرایه‌های متعامد برای اختصاص فاکتورهای انتخاب شده، جانبداری می‌کند، متداول‌ترین طرح‌های آرایه‌های متعامد $L8$ ، $L18$ ، $L16$ است. این روش، متدهای آماری را در فرآیندهای مهندسی به‌کار می‌گیرد. مراحل اجرای روش طراحی آزمایش‌ها به روش تاگوچی با در نظر گرفتن جزئیات و به ترتیب اهمیت به این قرار است: ۱- تشکیل تیم؛ ۲- مشخص کردن اهداف مورد مطالعه؛ ۳- فرموله سازی مسئله؛ ۴- شناسایی کاراکترهای عملکرد که با مسئله بیشترین ارتباط را دارد؛ و ۵- شناسایی فاکتورهای آزمایش تاگوچی. به‌منظور شناسایی آزمایش تاگوچی مناسب، ابتدا باید حداقل تعداد درجات آزادی مورد نیاز محاسبه گردد. با فرض یک درجه آزادی برای میانگین کل، یک درجه آزادی برای پارامترهای دوسطحی و دو درجه آزادی برای هر یک از سایر پارامترها، حداقل به ۱۷= (۲×۸ +۱) نیاز است. توابع هدف برای مقایسه نتایج همان امتیازات روش ارزیابی سریع تـنش اداری و هزینه تغییرات به‌طور تخمینی در نظر گرفته‌شده است. نتایج امتیازهای ارزیابی روش روش ارزیابی سریع تـنش اداری پس از اعمال تغییرات انتخابی با روش تاگوچی حکایت از کاهش میانگین امتیاز نهایی به ۵/۷۴ و بهبود آن را دارد. همچنین کاهش ۷ درصدی سطح مداخله ارگونومیکی و بهبود نسبی آن به سطح هشدار مشاهده شد. لازم بذکر است که در اعمال تغییرات ارگونومیکی از یافته‌های پژوهشگران بهره برده شد. به‌عنوان مثال در رابطه با

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

استفاده از کامپیوتر و مناسب‌ترین حالت استفاده از آن تورویل و همکاران نشان دادند که تغییر زاویه مانیتور از ۱۵° به ۴۰° سلامت و ایمنی اپراتور را بهبود می‌بخشد و فشارهای عضلانی وارده بر گردن و کمر را کاهش می‌دهد(۲۰). در مورد تأثیر استفاده از موس بر فعالیت عضلانی گردن، شانه و بازو، کوک و همکاران با استفاده از بکارگیری روش RULA استراتژی‌هایی جهت تغییر موقعیت موس و نزدیک شدن آن به محور بدن را ارائه داده‌اند(۲۱). میکائیل روبرسون و همکاران صندلی‌های قابل تنظیم و آموزش اپراتورها در طریقه استفاده از آن‌ها برحسب نیازهای فیزیکی‌شان را پیشنهاد دادند(۲۲).

## نتیجه گیری

روش ارزیابی سریع اداری روش مؤثر برای ارزیابی ایستگاه‌های کاری اداری است که ریسک برگ خریدهای مرتبط با ناراحتی در محیط کار را می‌سنجد. با توجه به هدفمندی این روش برای سنجش ریسک برگ خریدهای کار با رایانه در محیط‌های اداری و نتایج به‌دست‌آمده می‌توان به‌عنوان ابزاری برای شناسایی و درجه‌بندی ریسک ارگونومی در محیط‌های اداری امروزه از آن بهره برد. با بررسی ضعف‌های ارگونومیک موجود در محیط مورد بررسی، پیشنهادهای زیر جهت اصلاح ارائه داده می‌شود:

۱- انجام برنامه‌های عملکردی ماوس به کمک صفحه‌کلید.

۲- انتقال برنامه دابل کلیک ماوس به حلقه گردان وسط ماوس.

۳- تغییر اندازه ماوس متناسب با اندازه دست کاربر.

۴- استانداردسازی کلیه کیبوردها به کیبوردهای ارگونومیک.

۵- استفاده از مانیتورهای با فناوری جدید جهت کاهش آسیب‌های چشمی.

۶- توجه به حدود دامنه دسترسی روی میز و کاهش بی‌نظمی وسایل و فشار و چرخش روی بدن.

۷- سازمان‌دهی میز کار به‌طوری‌که اشیاء مورد استفاده تکراری در منطقه اولیه دسترسی، و اقلامی که کمتر استفاده می‌شوند در منطقه کاری ثانویه باشند.

۸- در موارد لازم فضای زیر میز بایستی همیشه تمیز باشد و به گونه‌ای باشد که پای کاربر برای دراز کردن مشکلی نداشته باشد. وقتی کار در وضعیت نشسته ـ ایستاده است، حرکت مهم است و به هنگام تغییرات مکرر موقعیت نظیر نشستن - ایستادن و پیاده‌روی، از کفش راحت و یا از چهارپایه استفاده شود.

۹- در موارد کاربرد فراوان تلفن به‌عنوان یک جزء کاری لازم است با یک هدست (گوشی سر) تلفن مورد استفاده قرار گیرد؛ در غیر این صورت تلفن روی یک قسمت از دستی که برجسته نیست قرار داده شود.

۱۰- استفاده از پشتی‌های ارگونومیک جهت پر کردن گودی کمر و نیز تغییر نوع صندلی در صورت داشتن دستی خشک و نامناسب. آموزش نرمش‌های حین کار به کارکنان در جهت کاهش خستگی آن‌ها.

نتایج حاصل از ROSA نشان داد که ۱۱/۴۳ درصد از اپراتورها در ناحیه هشدار و ۸۸/۵۷ درصد از آن‌ها در ناحیه ضرورت انجام مداخله ارگونومیک قرار دارند. با استفاده از روش طراحی آزمایش‌های تاگوچی ایستگاه‌های کاری برای تغییر، انتخاب و تغییرات لازم اعمال شد. نتایج نشان‌دهنده کاهش شیوع اختلالات اسکلتی ـ عضلانی در این شرکت است. برای چهار نفر از کارکنان این شرکت که مشکلت اسکلتی عضلانی داشتند تغییرشغل در نظر گرفته شد و به جای این نفرات، نیروهای جدید استخدام شده و مباحث آموزشی برای آنها گوشزد شده است. با حذف هر پوسچر نامناسب، وضعیت رو به بهبود مشاهده شده و خطر ابتلا تا حد مقبولی کاهش پیدا کرده است. میزان شکایات واصله از کارکنان در خصوص شرایط نامناسب کاری نیز به شدت بر اثر مداخله ارگونومی و ایمنی کاهش می‌یابد (۲۴،۲۳) و در شرکت مورد مطالعه ما نیز به وضوح این مورد مشاهده شده است.

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

محدودیت‌هایی نیز در تحقیق حاضر وجود داشت که اغلب بر روی آزمایش‌ها و نتایج حاصله تأثیر گذاشته است که به شرح ذیل می باشد:

۱. مدت زمان لازم برای اجرای آزمایشات نسبتاً بالا بوده و زمان زیادی صرف اثربخشی آزمایشات در طول زمان شده است.
۲. افراد ناراحتی‌های اسکلتی ـ عضلانی را از قبل داشته و یا مستعد آن بوده‌اند و برخی نیز آن را پنهان نموده‌اند.
۳. شرایط محیطی و سایر عوامل از جمله عوامل بیرونی بر روی نتایج و آزمایش ها تأثیرگذار بوده است .
۴. مقاومت برای تغییر در سبک نشستن و تغییر دادن زوایا و حرکات دلخواه نیز باعث ایجاد محدودیت در آزمایشات گردیده است.
۵. برخی از پرسنل علاوه بر این شرکت در جای دیگر نیز مشغول کار بوده‌اند و شرایط در محیط کار دوم متفاوت بوده که خود تأثیرگذار است.

این پژوهش، ارزیابی اولیه‌ای از نظارت روی قابلیت اطمینان با استفاده از روش ارزیابی سریع تـنش اداری و همبستگی بین ناراحتی کل بدن و نمرات نهایی روش ارزیابی سریع تـنش اداری نشان داده است. تحقیقات بیشتری با طیف وسیع‌تری از نمرات نهایی روش ارزیابی سریع تـنش اداری نیاز است تا مشخص شود که آیا به سطوح عملکردی دقیق‌تری می‌توان دست‌یافت یا خیر. با این‌حال موارد زیر برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد:

۱. تعیین رابطه بین نمرات روش ارزیابی سریع تـنش اداری و دیگر اقدامات مانند بروز آسیب‌دیدگی و غیره.
۲. دخالت دادن عوامل دموگرافیک گسترده و ویژگی‌های فردی نظیر سن، جنسیت، سابقه کار، تحصیلات و غیره و بررسی روابط و تأثیرات آن‌ها.
۳. در نظرگیری سیاست‌های مختلف مدیریتی و ارگونومیکی در جهت افزایش انگیزه و تأثیرات آن در کاهش ناراحتی‌های اسکلتی ـ عضلانی.
۴. اندازه‌گیری ناراحتی‌های روحی ـ روانی در محیط مورد بررسی و رابطه آن با ناراحتی‌های اسکلتی ـ عضلانی و بهبود به‌وسیله روش‌های گوناگون.
۵. تعریف توابع هدف چندگانه با در نظرگیری همزمان افزایش راندمان و کاهش ناراحتی‌ها و مدل‌سازی روابط آن‌ها.
۶. تبیین رابطه بین نتـایج روش ارزیابی سریع تـنش اداری بـا سـایر روش‌های ارزیابی ارگونومی و بررسی نقاط ضعف و قوت آن‌ها نسبت به هم.

## *Refrences*


1- Wenzhou Yu , Ignatius TSYu, Zhimin Li, Xiaorong Wang, Trevor Sun, Hui Lin, Sabrina Wan, Hong Qiu, Shaohua Xie. ***Work-related injuries and musculoskeletal disorders among factory workers in a major city of China***. Accident Analysis and Prevention 2012; 48: 457-63.

2- Dohyung Kee, Min 2-K Chung, JH Kim. ***Legal system and its effect for prevention of work-related musculoskeletal disorders in Korea***. International Journal of Industrial Ergonomics 2011;41(3): 224-32 .

3- Khandan M, Mosaferchi S, Koohpaei A. ***Assessing Exposure to Risk Factors for Workrelated Musculoskeletal Disorders Using ART method in a Manufacturing Company***. Arch Hyg Sci 2017; 6(3):259- 267.

4- Salvendy G. ***Handbook of human factors and ergonomics***. John Wiley & Sons, 2012.


[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

5- Sonne M, Villalta D L, Andrews DM. ***Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist: ROSA–Rapid office strain assessment***. Appl. Ergon 2012; 43 (1): 98–108.

6- Hadjicostas E. ***ISO 9000 Quality Management System: in Quality Assurance in Analytical Chemistry***. Springer 2010: 45–71.

7- Yazdani A, Wells R. ***Prevention of MSD within OHSMS/IMS: a systematic review of risk assessment strategies.*** Work A J. Prev. Assess. Rehabil 2012; 41: 2765–2767.

8- Stubbs DA. ***Work Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs).*** Occup. Environ. Med 1995; 52(7): 496.

9- Tittiranonda P. Burastero S. Rempel D***. Risk factors for musculoskeletal disorders among computer users***. Occup. Med. 1998; 14(1); 17–38.

10- Kooranian F, Khosravi AR, Esmaeeli H. ***The relationship between hardiness/ locus of control and burnout in nurses***. J.Ofogh-e-Danesh 2008;14(10):58-67. [Persian]

11- Moghimian M, Bahri-binabaj N, Bahribinabaj N. ***Study of burnout and its relationship with demographic and job features of nurses and midwiferies***, Journal of Raze Behzistan 2004;12(29):21-26. [Persian]

12- Grunfeld E, Whelan TJ, Zitzelsberger L, Willan AR,Montesanto B, Evans Kl. ***Cancer care workers in Ontario:Prevalence of burnout job stress and job satisfaction.*** Canadian Medical Association Journal2000;163(2):166-169.

13- Gharagozlou F., Nazari Z. and et al. ***Prevalence and risk factors of occupational burnout among nurses of a hospital in Kermanshah in 2013***. Journal of Ergonomics 2014; 2(2): 67-74. [Persian]

14- Lee H., Wilbur J., Kim M. J., and Miller A. M. ***Psychosocial risk factors for work related musculoskeletal disorders of the lower back among long haul international female flight attendants***. J. Adv. Nurs 2008; 61(5): 492–502.

15- Palmer K. T., Cooper C., Walker Bone K., Syddall H., Coggon D. ***Use of keyboards and symptoms in the neck and arm: evidence from a national survey.*** Occup. Med. (Chic. Ill) 2001; 51(6): 392–395.

16- Yip V. Y. B. ***New low back pain in nurses: work activities, work stress and sedentary lifestyle***. J. Adv. Nurs 2004; 46(4): 430–440.

17- Afifehzadeh-Kashani H., Choobineh A., Bakand S. H., Gohari M. R., Abbastabar H., Moshtaghi P. ***Validity and Reliability Farsi Version Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire (CMDQ).*** Iran Occup. Heal 2011; 7(4): 69-75. [Persian]

18- Sonne M. and Andrews D. M.***The Rapid Office Strain Assessment (ROSA): Validity of online worker self-assessments and the relationship to worker discomfort.*** Occup. Ergon 2011; 10(3): 83–101.

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

19- Ferasati F., Sohrabi M. S., Jalilian M. ***Evaluation of muskoloskeletal disorders in VDT users with rapid office strain assessment (ROSA) method***. J Ergon 2014, 1(3): 65-74. [Persian]

20- Kristine L. Turville, Jennie P. Psihogios, Tom R. Ulmer and Gary A. Mirka. ***The effects of video display terminal height on the operator: a comparison of the 15° and 40° recommendations***. Applied Ergonomics 1998; 29(4): 239-246.

21- Catherine J. Cook and Kamal Kothiyal. ***Influence of mouse position on muscular activity in the neck,shoulder and arm in computer users***. Appl Ergon 1998;29(6):439-43.

22- Robertson M, , Amick BC, DeRango K, Rooney T, Bazzani L, Harrist R, Moore A.. ***The effects of an office ergonomics training and chair intervention on worker knowledge, behavior and musculoskeletal risk***. Appl Ergon 2009 ;40(1):124-35

23- Boschman JS, Frings-Dresen MH, van der Molen HF. ***Use of ergonomic measures related to musculoskeletal complaints among construction workers: a 2-year follow-up study.*** Saf Health Work 2015;6:90–6.

24- Visser S, van der Molen HF, Sluiter JK, Frings-Dresen MH. ***Guidance strategies for a participatory ergonomic intervention to increase the use of ergonomic measures of workers in construction companies: a study design of a randomised trial.*** BMC Musculoskelet Disord 2014;15:132.

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

# *Improving physical strain (musculoskeletal) environment and ergonomic intervention using the Taguchi method (case study software support firm)*

***Jafari-Eskandari M(PhD)[1], Jafarian M(MSc)[2], Salmanzadegan H(PhD)[3], Dori M(PhD)[4]***

[1]. *Department of Industrial Engineering, Payamnoor University, Tehran, Iran*
[2]. *Department of Industrial Engineering, Khajeh Nasir University, Tehran, Iran*

***Received:*** *2016.12.11* ***Accepted:*** *2017.04.08*

## *Abstract*

***Introduction:*** Professional and occupational diseases, impose large losses to workers, enterprises, social security funds and their communities. According to International Labor Organization estimates, work-related diseases are six times more likely to cause death compared to work-related accidents. The aim of this study was to assess and improve musculoskeletal disorders in a support union of a software company in Tehran.

***Method:*** In this cross-sectional study, 70 randomly selected operators were enrolled. Data from the Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire (CMDQ) and Rapid Office Strain Assessment (ROSA) methods were collected. Data were then analyzed using Pearson correlation test and analysis of variance and the improvement was evaluated using the Taguchi method.

***Results:*** ROSA results showed that 11.43 percent and 88.57 percent of operators were in the notification area and need for ergonomic interventions in the area, respectively.

***Conclusion***: Using Taguchi method, designed to change workstations needed to be changed were selected and appropriate changes were applied. The results revealed improvements as a decrease in the average final score to 74.5, and a reduction of 7% in the ergonomic intervention at the alert level.

***Keywords:*** Rapid Office Strain Assessment, Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire

***This paper should be cited as:***
Jafari-Eskandari M, Jafarian, Salmanzadegan H, Dori M. ***Improving physical strain (musculoskeletal) environment and ergonomic intervention using the Taguchi method (case study software support firm***. Occupational Medicine Quarterly Journal 2017; 9(4):40-51.

**** Corresponding Author: Tel: 09126808537, Email: meisam_jafari@pnu.ac.ir***

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]