فصلنامه سلامت کار ایران
دوره ۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰

ارزشیابی وضعیت انجام کار به روش RULA در یکی از صنایع خودرو– نیروی محرکه با هدف طراحی موثر سیستم کمک حرکتی اگزواسکلتال

فروغ دیانی[۱]، حسن صادقی نائینی[۲]، محسن بهرامی[۳]، وحید چوپانکاره[۴]

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۱/۲۸ تاریخ ویرایش: ۹۰/۰۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۴/۱۳

چکیده

زمینه و هدف: فعالیت‌های فیزیکی در مشاغل مختلف همانند جابه‌جایی دستی کالا، پوسچرهای استاتیک و دینامیک تکراری، حرکات سریع و غیره از ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی–عضلانی مهم به شمار می‌آیند. روش‌های متعددی برای ارزیابی ریسک فاکتورهای ارگونومیکی تعریف شده، که هر کدام برای بررسی فاکتور خاصی به کار می روند، ولیکن کاربرد این روش‌ها فقط برای کشف شرایط، نتایج کاملی را به همراه نخواهند داشت و درواقع آن چه مهم می باشد بکارگیری نتایج آنالیزها برای اعمال تغییراتی کاربردی و اصلاحی خواهدبود که این مهم دراین پژوهش کاربردی مدنظر بوده‌است. به بیان دیگر هدف از مطالعه حاضر تعیین سطح ریسک ارگونومیکی ناشی از استرس‌های پوسچرال با تاکید بر سه ریسک فاکتور پوسچرنامناسب، نیرو و تکرار و سپس کاربرد یافته‌ها در فرآیند طراحی وسیله‌ای کمک حرکتی، تحت عنوان اگزواسکلتال، برای تسهیل هر چه موثرتر فعالیت‌ها در صنعت می باشد.

روش بررسی: در این بررسی ضمن ارزیابی اولیه شرایط کار در یکی از صنایع وابسته به خودروسازی، وضعیت‌های مختلف بدنی در۱۷ایستگاه کار به روش-RULA به انجام رسید و تعداد ۶۰ کاربرگ تکمیل گردید. در پژوهش کارکردهای سیستم اگزواسکلتال اندام تحتانی کمپانی HONDA آنالیز و با توجه به اصول آن و با عنایت به نتایج ارزیابی‌های ارگونومیک به روش یاد شده، طراحی الگزواسکلت اندام فوقانی مورد توجه قرارگرفت. بررسی بیومکانیکال حرکت‌های اندام فوقانی مبتنی بر مشاهدات نیز بخش دیگری ازاین پژوهش را به خود اختصاص داده است.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که هیچ یک از پست‌های کاری در سطح ریسک قابل قبول قرار ندارند و اندام‌های گردن، تنه و پاها در سطح ریسک بالاتری نسبت به سایر اندام‌ها قرار دارند. تفاوت زیادی میان اطلاعات حاصل از آنالیز دست چپ و راست برای هر ایستگاه وجود نداشت و تقریباً توزیع بار کاری میان دو سمت بدن برابر بود. همچنین تاثیر چشمگیر دو ریسک فاکتور نیرو و تکرار بر پوسچرهای کاری، قابل مشاهده بود. بررسی عملکرد اگزواسکلتال هوندا، احتمال موفقیت طراحی اگزواسکلتال اندام فوقانی با رویکرد اصلاح حرکات حرفه‌ایی در بین کارگران صنعت مورد مطالعه را روشن ساخت.

نتیجه‌گیری: هرچند تقسیم کار در بین کارگران، آموزش‌های شغلی و یا اعمال نوبت کاری در کاهش صدمات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار می تواند نقش داشته و به نوعی شرایط ارگونومیک را در کار بهبود بخشد، لیکن بکارگیری تجهیزات کمک حرکتی اثربخشی بیشتری را از منظر اصول ارگونومیک و فیزیولوژی کار خواهد داشت. طراحی اگزواسکلتال اندام تحتانی توسط شرکت HONDA و شبیه سازی‌های مربوطه، مورد اخیر را به اثبات رسانده است.

کلیدواژه‌ها: سطح ریسک ارگونومیکی، اختلالات اسکلتی–عضلانی،آنالیز پوسچرال RULA

مقدمه

امروزه در صنایع کشورهای رو به رشد، به دلیل گسترش صنعت و در نتیجه افزایش جمعیت کاری، رسیدگی به مشکلات شغلی، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. اهمیت ارتقاء سطح سلامت و ایمنی شغلی به دلیل سالم سازی هر چه بیشتر محیط و دستیابی به درجات بالاتری از تولید امری مسلم است. بخشی از استرس‌های حرفه‌ای که سلامت جسمی و فکری کاربران را تهدید می‌کند مربوط به اختلالات اسکلتی عضلانی است که از وضعیت نامناسب بدن در حین کار ایجاد می‌شود. این اختلالات از دلایل عمده بروز ناراحتی و ناتوانی کارگران، افزایش غرامت‌های پرداختیو کاهش بهره‌وری نیروی کار در کشورهای صنعتی و در

۱- (نویسنده مسئول) کارشناس ارشد طراحی صنعتی، گروه مستقل طراحی صنعتی، دانشگاه امیرکبیر، تهران، ایران، ۰۹۱۲۴۸۴۵۷۳۷، (dayani.forough@aut.ac.ir)
۲- دکتری برنامه ریزی محیط زیست، استادیار گروه طراحی صنعتی، دانشکده معماری، دانشگاه علم وصنعت، تهران، ایران، ۰۹۱۲۲۷۷۳۳۷۱، (naeini@alumni.aut.ac.ir)
۳- دکتری مهندسی مکانیک، استاد دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، (mbahrami@aut.ac.ir)
۴- دکتری طراحی صنعتی، استادیار، گروه طراحی صنعتی، دانشگاه تهران، پردیس هنرهای زیبا، تهران، ایران، (choopankareh@ut.ac.ir)

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-29]

حال توسعه می‌باشند[۱]؛ طوری که هزینه مستقیم بیماری های اسکلتی عضلانی در آمریکا در سال ۱۹۹۷ بالغ بر ۲۰ میلیارد دلار گزارش شده است و بر اساس گزارش انستیتو ملی بهداشت و ایمنی شغلی آمریکا اختلالات اسکلتی عضلانی، دومین رتبه را از نظر اهمیت، فراوانی، شدت و احتمال پیشروی در میان بیماری های مرتبط با کار دارا است. همچنین در بریتانیا در سال ۲۰۰۵، حدود ۱۰۱۲۰۰۰ نفر از اختلالات اسکلتی عضلانی ناشی از کار رنج می برند که این رقم معادل ۲/۴ درصد کل نیروی کار می باشد[۲]. آسیب‌های اسکلتی عضلانی از شایع ترین بیماری های شغلی در تمام صنایع می باشند؛ به طوریکه یک سوم از غرامت های شغلی داده شده به کارگران در انگلستان و ایالات متحده آمریکا در نتیجه حرکات تکراری و اعمال نیروی بدنی زیاد توسط کارگران بوده است که این نسبت حتی در برخی صنایع افزایش می یابد[۳]. در کشور ایران نیز کم و بیش تحقیقاتی در این زمینه انجام شده اما آمار منسجمی از نظر هزینه، میزان شیوع و بروز ناراحتی‌های اسکلتی عضلانی در انواع مختلف مشاغل وجود ندارد. بر اساس گزارش کمیسیون پزشکی سازمان تامین اجتماعی استان تهران در سال ۱۳۷۷، ۱۴/۴ درصد شیوع بیماری های مختلف از کار افتادگی، به بیماری های اسکلتی عضلانی اختصاص دارد و کمر درد دومین علت غیبت ناشی از کار و سومین علت در مراجعین پزشکی بیماران و پنجمین علت بستری شدن در بیمارستان می‌باشد[۴].

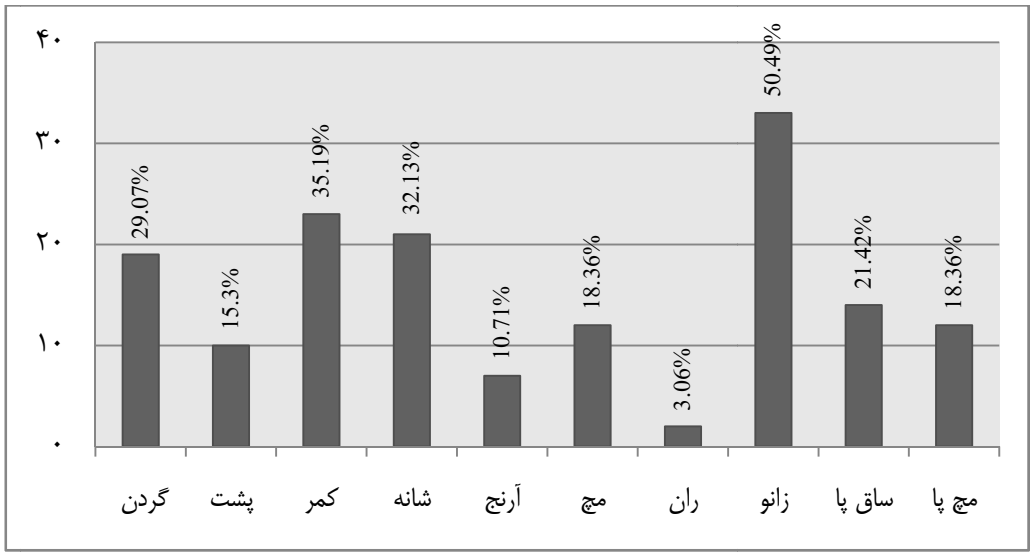
این آسیب‌ها دارای چند ویژگی از قبیل تجمع‌پذیری در طول زمان، ناشی بودن از استرس‌های فیزیکی و مکانیکی، وجود ناراحتی یا اختلال یا خارج شدن از حالت طبیعی، می‌باشند. اختلالات اسکلتی-عضلانی بر بخش هایی از بدن تاثیر می‌گذارند که درگیر انجام کار هستند. بالا تنه و به ویژه ستون فقرات و دست‌ها حساس‌ترین اندام‌ها در برابر ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی-عضلانی هستند. کارهایی مانند مونتاژ قطعات، بسته‌بندی و غیره دارای چرخه کار کوتاه و بسیار تکراری هستند و به وقوع و پیشرفت این اختلالات کمک می‌کنند[۳]؛ از این رو، در این بررسی تسهیل حرکات در اندام فوقانی مورد دقت قرار گرفته است.

برخلاف بسیاری از بیماری های ناشی از کار اغلب اختلالات اسکلتی-عضلانی چند عاملی هستند در صورتی که دو یا چند عامل خطر به طور همزمان حضور داشته باشند میزان آسیب بیشتر می‌گردد[۵]. از مهمترین ریسک فاکتورهای تاثیرگذار بر WMSD، پوسچر نامناسب، کارهای تکراری و اعمال نیرو می‌باشند. این پژوهش، در یکی از کارخانجات صنایع خودرو و نیروی محرکه با هدف تعیین سطح ریسک ارگونومیکی ناشی از استرس پوسچرال، میزان شیوع اختلالات اسکلتی-عضلانی و همچنین بررسی تاثیر میزان سه ریسک فاکتور پوسچر نامناسب، نیرو و تکرار بر سطح ریسک ارگونومیکی به دست آمده از آنالیز (Rapid Upper RULA:Assessment Limbs) و در نهایت ارائه پیشنهاد مناسب برای حذف و یا کاهش تاثیر این ریسک فاکتورها، برای پستهای کاری کارگران خط تولید و طراحی اولیه تجهیزات کمک حرکتی اگزواسکلتال، به انجام رسیده است.

روش بررسی

در این بررسی برای درک شرایط واقعی ارتباط ریسک فاکتورهای ارگونومیکی و سطح اقدامات لازم و همچنین به دلیل این که اغلب کارگران خطوط تولید نسبت به سایر پرسنل مدیریت و اداری، در وضعیت نامناسب‌تری به لحاظ وضعیت‌های بدنی در حین کار قرار دارند، به عنوان جامعه هدف انتخاب شدند تا وضعیت این افراد از جنبه‌های بیشتری مورد بررسی قرار گیرد.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-29]



نمودار ۱- درصد شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی در طی یکسال گذشته (حاصل از پرسشنامه نوردیک)

در جامعه مورد مطالعه ۲۰ نوع ایستگاه کاری با ۱۴۰ نفر کارگر مرد، مشغول به کار بودند. تعداد ۸ نوع ایستگاه که دارای حرکات مشترک با سایر ایستگاه ها بودند، و البته به دلیل دارابودن پوسچرهای کاری تکراری و دارا بودن ریسک فاکتورهای ارگونومیکی مختلف، انتخاب شدند؛ این ایستگاه ها شامل ۹ پست کاری ایستاده و ۸ پست کاری نشسته شامل ۳ ایستگاه جوشکاری، ۶ ایستگاه تست (رولینگ و میرایی یا گراف (Rolling & graph))، ۶ ایستگاه مدولار، یک ایستگاه از خط رنگ و یک ایستگاه از خط شستشو بودند. سپس با استفاده از روش مشاهده ای (فیلم برداری) آنالیز مشاغل صورت گرفت، هر شغل به وظایف، وظایف به فعالیت ها و هر فعالیت به حرکات تقسیم شد که در نهایت برای ۸ نوع ایستگاه انتخاب شده ۲۰۶ مرتبه آنالیز RULA، در۹۶ پوسچر ترکیبی با اعمال شاخص های بار و تکرار، به انجام رسید. معیار انجام تعداد دفعات آنالیز RULA بر حسب تکرار و تعداد تغییر پوسچرکارگر، در هر ایستگاه کاری بود. همچنین با استفاده از روش استاندارد پرسشنامه نوردیک(NMQ: Nordic Musculoskeletal Questionnaire) اطلاعات مربوط به خصوصیات فردی و ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی ۶۰ نفر از پرسنل (شامل کارگران ایستگاه های بررسی شده و ایستگاه های مشابه) گردآوری شد.

در این روش اندام های بازو، ساعد، مچ، گردن، تنه و پا، با توجه به حالات چرخش، خم شدن به طرفین و انحراف از حالت طبیعی با توجه به زوایای حرکتی مورد ارزیابی قرار می گیرند. این روش برای ارزیابی سریع وضعیت های انجام کار، در نواحی گردن، پاها و اعضای فوقانی، مبتنی بر یک سیستم امتیاز دهی، طراحی گردیده است، که در آن از نمودارهای وضعیت انجام کار و جداول امتیاز بندی شده به منظور ارزشیابی میزان تماس با ریسک فاکتورها استفاده می شود. اجرای روش

جدول۱- میانگین سنی، سابقه سنی، قد و وزن در جامعه مورد مطالعه

	وزن Kg	قد Cm	سابقه کار(سال)	سن(سال)
میانگین	۸۳	۱۷۶	۸	۳۲
حداقل	۶۲	۱۶۵	۱	۲۳
حداکثر	۱۲۰	۱۹۳	۲۲	۴۹
انحراف معیار	۱۳/۹۲	۶/۴۲	۶/۱۵	۶/۳۴

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-29]

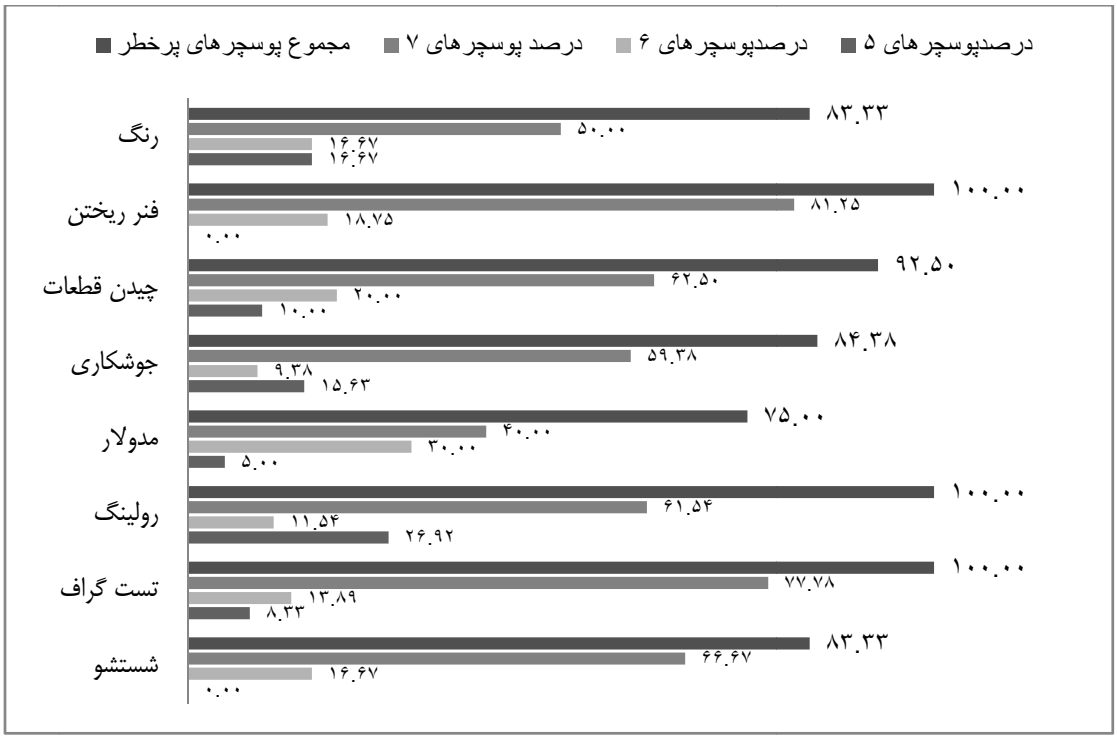
RULA دارای سه مرحله است که به ترتیب عبارتند از ثبت وضعیت انجام کار، سیستم امتیازدهی و مشخص کردن سطوح اقدامات. با توجه به اینکه امتیازات نوعی متغییر رتبه ای هستند، با بیشتر شدن امتیاز هر اندام یا گروه، نامناسب بودن وضعیت آن حین انجام کار نیز افزایش یافته و عضو در تراز خطری بالاتری قرار می‌گیرد[۶].

یافته‌ها

اطلاعات دموگرافیک کارگران و نتایج بررسی پرسشنامه نوردیک به ترتیب در جدول ۱ و نمودار ۱ ارائه شده است.

همان طور که قبلاً ذکر شد هدف از بررسی و ارزشیابی وضعیت انجام کار به روش RULA تحلیل دقیق ریسک فاکتورهایی است که در هنگام کار کردن یا به طور مستقیم باعث آسیب به دستگاه اسکلتی عضلانی هستند و یا باعث تشدید عوارض می‌شوند. در ارزیابی انجام شده، این نکته قابل ذکر است که امتیاز عضله در اکثر ایستگاه های کاری، "یک" بود که دلیل آن را می توان انجام وظایف بیش از چهار بار در دقیقه در ایستگاه های کار مورد بررسی دانست. در موارد احتساب نیرو به دلیل وزن قطعات که از۲ تا ۱۰ کیلوگرم بود، امتیاز "دو" اعمال شد که تاثیر به سزایی بر افزایش درجه ریسک پوسچرها داشت.

نتایج ارزیابی ۸ نوع ایستگاه کاری، با ۲۰۶مرتبه انجام آنالیز RULA در ادامه بیان شده است. میانگین شاخص RULA بدست آمده از آنالیز همه مشاغل در محدوده ۶/۲۵ تا ۶/۶۹ قرار داشت که گویای وضعیت خطرناک فعالیت مورد بررسی است بنابراین باید سریعاً تغییرات و اصلاحات به همراه تحقیقات دقیق تر صورت پذیرد. در نمودار۲ درصد پوسچرهای ۷،۶،۵ (یعنی خطرناک ترین سطوح اقدامی) و همچنین مجموع درصد این پوسچرها برای هر ایستگاه کاری ارائه شده است. ستون میله ای تیره رنگ در ردیف بالا مجموع پوسچرهای خطرناک در هر شغل و سه ستون زیر به ترتیب پس از ستون تیره رنگ، درصد پوسچرهای با

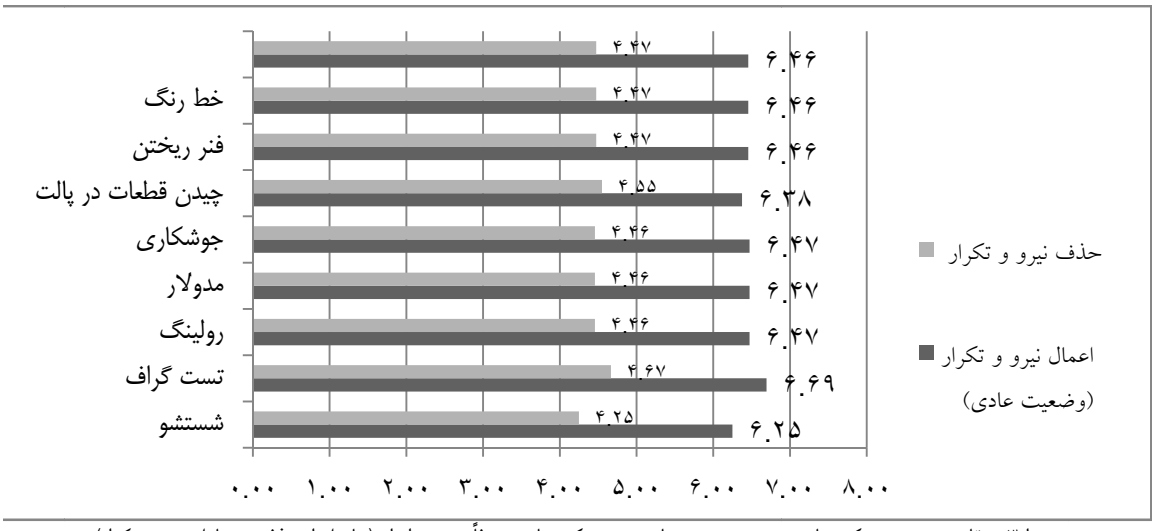


نمودار۲ – درصدتوزیع پوسچرهای پرخطر در مشاغل مورد بررسی

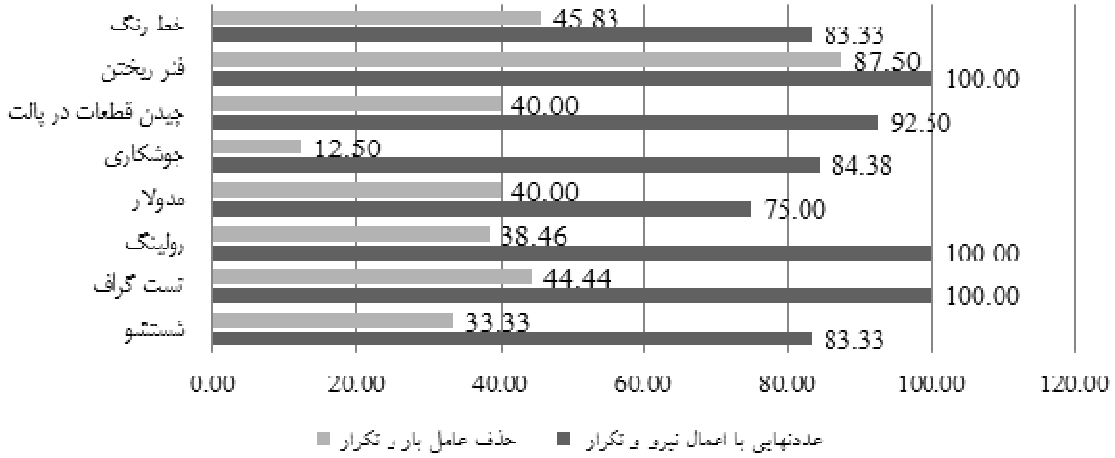
[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-29]

سطح ریسک ۷ (خطرناک‌ترین پوسچرها)، سطح ریسک ۶ (روشن‌ترین ستون) و سپس سطح ریسک ۵ (ستون آخر از سمت پایین) را نشان داده‌اند. به ترتیب ایستگاه‌های " فنر ریختن"، "تست گراف" و "رولینگ" صد درصد پوسچرها دارای امتیاز ۵ تا ۷ هستند یعنی تمام وضعیت های این ایستگاه ها در سطوح اقداماتی غیرقابل قبول و خطرناک قرار دارند و در ضمن این پست‌ها به ترتیب ۸۱٪، ۷۷٪ و ۶۱٪ ، دارای پوسچرهایی با سطح اقداماتی ۷ هستند. در ایستگاه انتقال قطعات از روی نقاله و چیدن آنها در پالت ۹۲٪ پوسچرها در وضعیت ۵، ۶ و ۷ و فقط ۸٪ حالات کارگر سطوح قابل قبول دارند. با توجه به نمودار، جوشکاری ۸۴٪، شستشو و رنگ ۸۳٪ و مدولار ۷۵٪ دارای پوسچرهای خطرناک هستند. این امتیازات گویای وضعیت موجود نامناسب، برای پست های کاری بررسی شده و تاکیدی بر الزام انجام فوری تغییرات ارگونومیک در آن‌ها است.

علاوه بر مورد یاد شده ، نتایجی که در ادامه ذکر

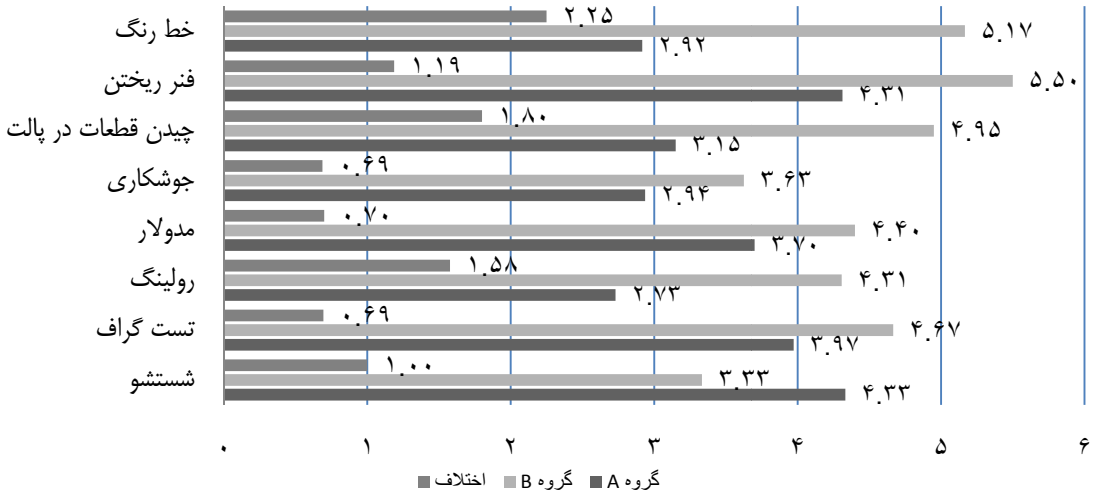


نمودار۳- مقایسه درجه ریسک نهایی وضعیت موجود، با درجه ریسک نهایی صرفاً پوسچر اندام (حاصل از حذف دو عامل نیرو و تکرار)



نمودار۴- بررسی اختلاف میزان پوسچرهای پرخطر در وضعیت با اعمال تکرار و بار(وضعیت موجود) و میزان پوسچرهای پرخطر در صورت حذف عامل بار و تکرار

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-29]



نمودار۵–مقایسه میانگین شاخص RULA اندام گروه A و گروه اندام B

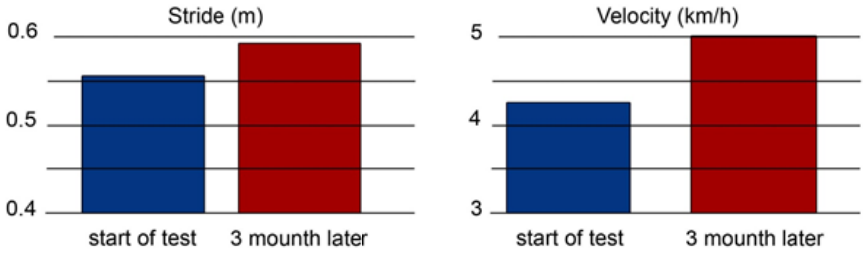
شده اند، حائز اهمیت می باشند:

الف. بررسی اختلاف میزان پوسچرهای پرخطر در وضعیت با اعمال تکرار و بار (وضعیت موجود) و میزان پوسچرهای پرخطر در وضعیت حذف عامل بار و تکرار: در نمودار ۳ مقایسه درجه ریسک نهایی وضعیت موجود، با درجه ریسک نهایی صرفاً پوسچر اندام (حاصل از حذف دو عامل نیرو و تکرار)، انجام شد و سپس به منظور درک بیشتر این تاثیر و دریافت جزئیات بیشتر، میزان پوسچرهای خطرناک هر شغل در سطح اقدامات ۵، ۶، ۷ در این دو وضعیت حذف و اعمال دو ریسک فاکتور نیرو و تکرار در نمودار ۴ با یکدیگر مقایسه شدند.

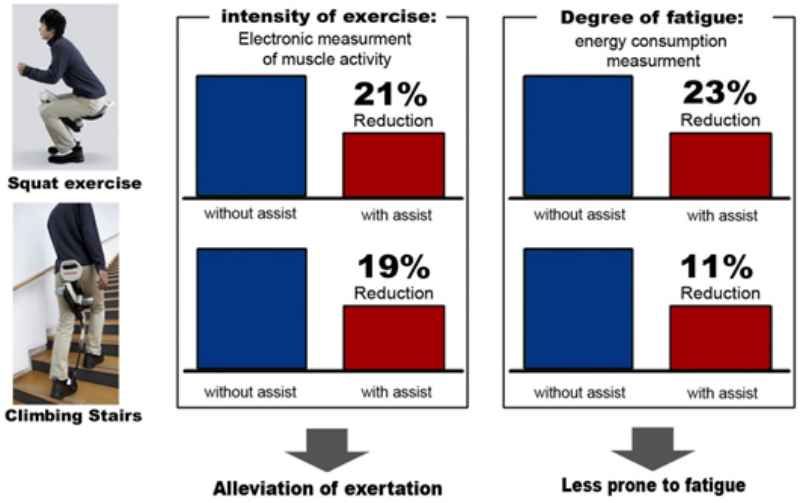
همان طور که ستون روشن در نمودار ۳ نشان می‌دهد، میانگین شاخص RULA برای همه پوسچرهای کاری با حذف نیرو و تکرار در سطح اقداماتی چهار قرار دارد که به سهولت با جانمایی و طراحی صحیح تجهیزات و تنظیم ارتفاع سطوح کار، در هر ایستگاه کاری به سطح اقداماتی اول خواهند رسید؛ اما در وضعیت عادی که اعمال تکرار و نیرو سبب حداقل افزایش ۲ امتیاز برای شاخص RULA در هر ایستگاه است، جز پیشنهادهای معمول که در همه شرایط نمی توانند قابل قبول کارآمد باشند، راه کار مفیدی موجود نیست. از جمله این راه کارها چرخش کاری و سیکل‌های کوتاه زمان کاری، استفاده از افراد بیشتر، انجام کار توسط اپراتور با سرعت خودش نه سرعت دستگاه، استراحت و ورزش‌های کششی در بین زمان های کار هستند، که بسته به مواردی مانند فشار کاری، عادت فرد، تصمیم های مدیریتی و غیره می‌توانند دستخوش تغییر شوند و در نتیجه تاثیر بسزایی بر کاهش مضرات این دو ریسک فاکتور ارگونومیکی بر پوسچر کاری ندارند. برای حل این مسئله بهتر است به دنبال راه کارهایی بود که حتی در صورت افزایش مدت زمان کار و اعمال عادات فردی کارگر، باز هم قادر به تاثیرگذاری بر کاهش اثرات این دو عامل باشند. موضوع بحث این پروژه، با طراحی مفهومی صحیح می تواند از موثرترین راه کارها در این رابطه به شمار آید.

در نمودار۴ مقایسه وضعیت زوایای حرکتی مشاغل مختلف با یکدیگر نیز قابل مشاهده است؛ به این معنی که ستون روشن در نمودار گویای وضعیت پوسچرکاری بدن کارگر، در هر ایستگاه است و همانطور که در نمودار مشاهده می شود، ایستگاه فنر ریختن بدترین زوایای حرکتی اندام را دارد و در سایر ایستگاه ها عامل نیرو و

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-29]



تصویر ۱- تاثیر اگزواسکلت بر آموزش عضلات در موارد افزایش سرعت و ریتم منظم در راه رفتن (تست بدون پوشیدن ربات انجام شده است) [۱۱]



تصویر ۲- نمایش تاثیر اگزواسکلت بر کاهش خستگی و فعالیت ماهیچه ای [۱۱]

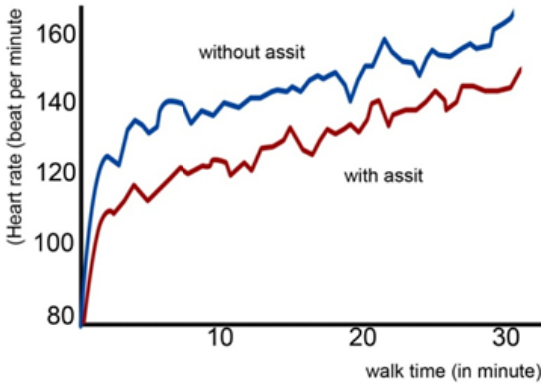
تکرار سهم عمده در ایجاد کل پوسچرهای خطرناک که در نمودار با ستون تیره نشان داده شده اند را دارند.

ب. مرحله دوم، مقایسه میان گروه اندام A و گروه اندام B: (گروه A: شامل بازو، ساعد، مچ و چرخش مچ – گروه B: شامل گردن، تنه، پاها) در نمودار۵ وضعیت گروه اندامA و گروه اندام B برای تمام ایستگاه‌های شغلی بدون اعمال امتیاز تکرار و نیرو، به منظور یافتن گروه اندامی که بیشتر در معرض حرکات با زوایای پرخطر هستند با یکدیگر مقایسه شده است.

در این نمودار ۳ ستون برای هر ایستگاه نشان داده شده است که ستون تیره رنگ ردیف پایین وضعیت گروه اندام A ، ستون روشن در ردیف وسط گروه اندام B و ستون تیره رنگ در ردیف بالاف اختلاف میان دو گروه اندام را نشان می‌دهد. وضعیت گروه اندام B در تمام ایستگاه ها به جز ایستگاه شستشو نسبت به گروه اندام A همان ایستگاه، از وضعیت خطرناک‌تری برخوردار است. بدترین وضعیت گروه اندام B و اختلاف بیشتر از یک امتیاز را در ایستگاه های رنگ، فنرریختن و چیدن قطعات در پالت می توان بین این دو گروه مشاهده کرد. نتایج به دست آمده از این آنالیز صحت مراتب شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی (به ترتیب در اندام‌های زانو، تنه، گردن)، به دست آمده از پرسشنامه نوردیک را در بین کارگران تائید می کنند.

علاوه بر موارد یاد شده باید گفت که در ۶۲٪ از کل پوسچرهای کاری ایستاده کارگران در حین اینکه مدت زیادی در حال انجام کار بودند، در انجام جابه جایی‌های سریع و تکراری نیز وزن بدن به روی دو پا منتقل نمی شد مطابق اطلاعات گردآوری شده از پرسشنامه

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-29]



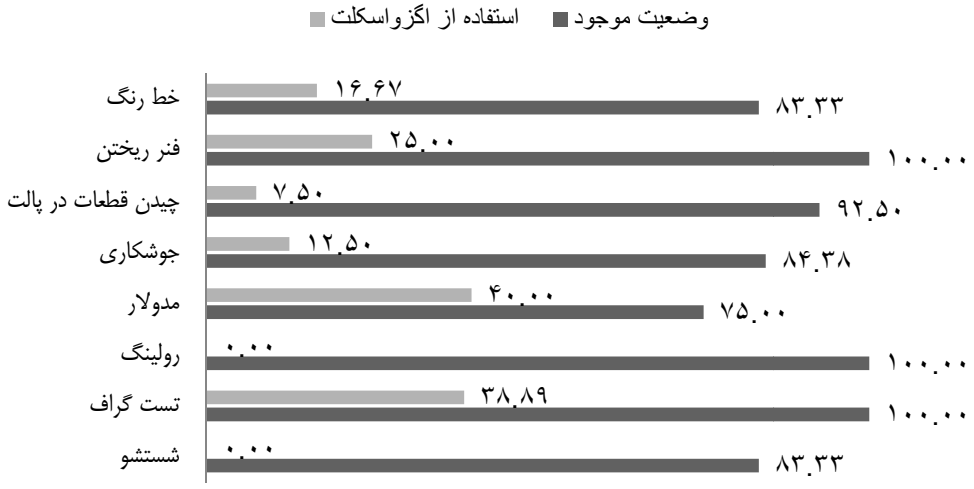
تصویر ۳- تاثیر اگزواسکلت بر کاهش ضربان قلب کاربر [۱۱]

نوردیک نیز، زانو بیشترین درصد آسیب را نسبت به سایر اندام، دارا بود. همچنین تفاوت زیادی میان اطلاعات دست چپ و راست برای هر ایستگاه وجود نداشت و تقریباً توزیع بار کاری میان دو دست برابر بود.

بحث و نتیجه‌گیری

نتیجه حاکی از آن است که هیچ یک از ایستگاه‌های کاری مورد بررسی، دارای سطح اقداماتی مورد قبول نبودند. مطابق یافته ها صد درصد فعالیت‌های مورد بررسی در سطح اقدامات سوم قرار دارند به طوری که بررسی‌های بیشتر، اقدامات و تدابیر کنترلی و پیشگیرانه جهت اصلاح پوسچرهای کاری خصوصاً در مورد حذف و یا کاهش تاثیر ریسک فاکتورهای "بار و تکرار" ضروری می باشد، چرا که کارگرانی که در این مشاغل مشغول انجام فعالیت هستند پتانسیل ابتلا به اختلالات اسکلتی-عضلانی را در صورت ادامه کار خواهند داشت. در تمام مشاغل به غیر از "ایستگاه فنر ریختن" اختلاف زیادی میان دو حالت اعمال و حذف ریسک فاکتورهای بار و تکرار مشاهده می شود که بیانگر این است که تاثیر این دو عامل بر پرخطر بودن این مشاغل نسبت به عامل وضعیت حرکتی اندام، اولویت دارد و لازم است که هر چه سریعتر برای کاهش و یا حذف تاثیر این دو عامل بر ایستگاه های کاری، اقدام شود. این فرضیه با یافته‌های تحقیقات مشابه مندرج در منابع[۷-۸] هماهنگ است.

همانطور که قبلاً هم اشاره شد، عوامل نیرو و تکرار دو ریسک فاکتور مهمی به شمار می آیند، که در حال حاضر راه کارهای مناسبی برای مقابله با عوارض و صدمات ناشی از آن‌ها وجود ندارد؛ یعنی راه کارهای موجود هیچگاه قادر به حذف کامل و یا کاهش چشمگیر تاثیر مخرب این دو عامل نخواهند بود چرا که این دو ریسک فاکتور در اغلب موارد از ویژگی های ذاتی و لاینفک کارهای فیزیکی هستند و بسته به شرایط



نمودار۶- مقایسه در صد ریسک در وضعیت موجود با حالت استفاده از اگزواسکلت

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-29]

معمول نیز برگشت پذیرند. شایان ذکر است که دراغلب توصیه‌های اصلاحی و کنترلی رایج برای اصلاح ایستگاه‌های کاری به جز در موارد طراحی ایستگاه‌ها و تجهیزات، موارد زیادی به اراده و کنترل خود کارگر بستگی دارد مانند پوسچرهای جابه‌جایی بار، حرکت و چرخش تنه و مواردی از این قبیل؛ اما چنین مواردی یا به دلیل مغایرت با رفتار فردی کارگر، هرگز انجام نخواهد شد و یا نوع کار و حوزه‌های دسترسی مختلف، اجرای حرکات در دامنه حرکتی طبیعی را مانع خواهند شد و حتی در مواردی هم که کارگر برای مدتی سعی در اجرای صحیح حرکات داشته باشد در موارد خستگی، فشار کاری و حتی فراموشی اغلب، احتمال برگشت حالت معمول فرد به وضعیت نادرست به تبعیت از عادت شخصی، بسیار زیاد است. در ادامه شیوه‌ای نوین و کارآمد برای مقابله با ریسک فاکتورهای ذکر شده، معرفی شده است.

پیشنهادات

ترکیبی از سنسورها، محرک‌ها و کنترلرها، در قالب ربات‌های قابل پوشیدن به کار گرفته می‌شوند، تا با برقراری تعامل مجموعه‌ای از رفتارها و حرکات به طور مستقیم با بدن انسان، ربات‌هایی را شکل دهند که برای رفع ناتوانی و نواقص بدن انسان به کار برده می‌شوند. به این گونه ربات‌ها، اگزواسکلتون و یا ربات های توان‌بخش گفته می‌شود. اگزواسکلت حالت آناتومی اندام را به خود می گیرد و یا پیرو حرکات طبیعی اندام می شود و در چند نقطه به بدن کاربر اتصال دارد[۹].

ربات توان‌بخش تکنولوژی است که در مراحل اولیه عمر خود به سر می برد و کاربردهای آن جز در مواردی معدود، صرفاً در حوزه های نظامی و پزشکی تعریف شده است و همچنین نمونه های موجود از دیدگاه برخی تخصص‌ها صرفاً جنبه قدرتی، استقامتی آن در بخش نظامی و قابلیت اصلاح حرکات و توان بخشی آن در پزشکی، مد نظر قرارگرفته است و جایگاه مناسب و موثر قابلیت های ویژه اگزواسکلت هنوز در زندگی روزمره افراد، شکل نگرفته است. این پروژه بر اساس طراحی مفهومی صحیح پس از بررسی نمونه ها و امکانات موجود، مناسب برای استفاده آسان کارگران خط تولید با هدف کنترل و کاهش اختلالات اسکلتی-عضلانی شکل گرفت. مسلماً درک صحیح مشکلات موجود در ایستگاه‌های کاری خط تولید از طریق رویکرد کاربر محور و ملاحظات طراحی ارگونومیک و در نتیجه به کارگیری صحیح قابلیت های اگزواسکلت برای رفع این موارد، نقش به سزایی در تامین سلامت جامعه شغلی کارگری و در نتیجه افزایش تولید و بهره‌وری جامعه صنعتی داشته باشد.

همانطور که در این مطالعه نیز بررسی شد در ایستگاه‌های کاری با فعالیت های فیزیکی ارتباط بسیاری میان بار فیزیکی و اختلالات اسکلتی عضلانی وجود دارد. بار فیزیکی شامل بار پوسچرال، بار بایومکانیک و بار فیزیولوژیکال است[۱۰] که ربات اگزواسکلت با قابلیت های خود با توجه به نوع طراحی و اندام هدف، به میزان زیادی بر آن تاثیر دارد. در طی تحقیقات کمپانی هوندا که موفقترین نمونه موجود اگزواسکلت اندام تحتانی را ارائه کرده است، تاثیر اگزواسکلت بر کاهش خستگی و فشار بر کاربر، تعلیم عضلات برای حرکت در دامنه حرکتی صحیح پس از چند ماه استفاده از دستگاه، کاهش ضربان قلب و فعالیت ماهیچه‌ها و همچنین افزایش سرعت انجام کار اثبات شده است[۱۱]. در ادامه به شرح مختصر این موارد پرداخته شده است.

همانطور که در تصویر۱ نشان داده شده است دو مورد ریتم قدم برداشتن در هنگام راه رفتن و سرعت راه رفتن در حالت بدون پوشیدن اگزواسکلت، در گروه افراد مورد آزمایش، در زمان قبل و بعد از دوره استفاده از دستگاه، توسط کمپانی هوندا مورد بررسی سنجش قرار گرفت که نتایج آن نمایانگر تاثیر چشمگیر اگزواسکلت بر افزایش سرعت کاربر در هنگام انجام عمل راه رفتن و همچنین تعلیم اندام برای حرکت در مسیر صحیح با ریتم مناسب می‌باشد[۱۱].

همچنین در کمپانی هوندا، دو نوع فعالیت تکراری و استاتیک حالت اسکات و بالا رفتن از پله در حین

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-29]

استفاده از اگزواسکلت مورد ارزیابی قرار گرفتند. در تصویر۲ تاثیر اگزواسکلت بر کاهش خستگی و فعالیت ماهیچه‌ای قابل مشاهده است.

در ادامه تحقیقات کمپانی هوندا در این زمینه، تاثیر اگزواسکلت بر کاهش ضربان قلب کاربر، در تصویر۳ با مقایسه دو حالت پوشیدن دستگاه و بدون آن، نشان داده شده است.

با توجه به وضعیت پوسچرهای ارزیابی شده در ایستگاه های کاری مورد بررسی، نیاز به اصلاح حرکات و همچنین تاثیر بسزای عامل نیرو و تکرار بر افزایش سطح ریسک ارگونومیکی و پوسچرهای فراوان جابه جایی قطعات ۲ تا ۱۰ کیلوگرم با چنگش قدرتی در حالیکه دست ها در اغلب موارد دور از تنه و یا در حالت ابداکشن قرار دارند (که همین نیز سبب آسیب به عضلات شانه است) باعث شد مبنای طراحی اگزواسکلت اندام فوقانی مورد استفاده برای کارگران خط تولید، توسط پژوهشگران این پروژه شکل گیرد، که با توجه به برآوردهای انجام شده تاثیر بسزایی در بهبود وضعیت کاری کارگران و مشاغل مشابه با مشاغل مورد بررسی مانند قصابی، آرایشگران و غیره نیز می تواند داشته باشد. از ویژگی های طرح جدید می توان به موارد زیر اشاره کرد.

خاصیت اصلاحی اگزواسکلت برای پوسچر حرکتی اندام (بدون ایجاد محدودیت در پروسه کاری کاربر)، کاهش تاثیر عوامل نیرو و بار، هم از طریق کمک به تسهیل عملکرد مفاصل، با ارائه نیروی کمکی و هم از طریق انتقال بار فیزیکی دست‌ها به تنه و عضلات قویتر(تراپزیس(Trapezius))، خاصیت یادآوری کننده به کاربر برای اصلاح پوسچر نادرست، افزایش زمان عکس‌العمل در عضلات (باز هم با توجه به خاصیت یادآوری‌کننده)[۱۲] ، تعلیم وضعیت صحیح حرکتی به عضلات پس از گذشت چند ماه استفاده دستگاه (حتی در مواقع بدون استفاده از اگزواسکلت).

با توجه به موارد ذکر شده و تحقیقات کمپانی هوندا، استفاده از اگزواسکلت می‌تواند سبب کاهش درجه ریسک بسیاری از مراحل آنالیز RULA شود که از مهمترین آنها می‌توان به نقش اصلاحی آن در مواردی مانند کنترل زاویه خمش و چرخش تنه و یا زوایای حرکتی بازو و آرنج و همچنین کاهش و حذف اثرات سوء تکرار و نیرو و پوسچر کاری اشاره کرد. تحت این شرایط استرس های اسکلتی عضلانی کاهش خواهد یافت. نمودار۶ مقایسه درصد ریسک در وضعیت موجود با حالت استفاده از اگزواسکلت را نشان داده است. برای ارزیابی حالت استفاده از اگزواسکلت، امتیاز مربوط به نیرو، تکرار و کنترل زاویه‌ای در بعضی اندام مورد پوشش اگزواسکلت هدف این پروژه، در مقایسه با حالت معمولی در تمام ۲۰۶ مرتبه آنالیز RULA حذف شده است و عدد نهایی برای مقایسه با وضعیت موجود، با نادیده گرفتن امتیاز مربوط به این موارد به دست آمده است.

منابع

1. Francesco V, Thomas A, Asa K. Work related Musculoskeletal disorders of the upper limb and back. USA : 56, 2001. p. 56.

2. Statistics Bureau of Labor Statistics. US. Department of Labor Lost Work Time Injuries And Illnesses: Characteristics And Resulting Time Away From Work. 2004, Available at: www.dol.gov

3. Choobineh A, Shivehaye arzyabiye posture dar ergonomiye shoghli. Hamedan, nashre Fan Avaran, 1383 [Persain].

4. Gozareshe Sazmane Tamine Ejtemaee. Tehran: Komisiyoune Pezeshki Sazmane Tamine Ejtemaee, 1377 [Persian].

5. Chooobineh A, Behzadi M. Musculoskeletal Problems among Workers of an Iranian Sugar Producing Factory, International J. of Occupational Safety & Ergonomics (JOSE) 15 (4), pp:419-424.

6. Nasl-seraji J, Fahol M.J, Golbabaei F, Lahmi M.A, Alimohammadi I. barrasi va arzeshyabiye vaziyate anjame kar be raveshe RULA dar yek karkhaneye tolidiye lavazeme electricy va electronicy dar sale 1381. Salamate kar. 1386 4, pp. 10-17 [Persian].

7. Habibi E, Karimi S, Hasanzade A. Arzyabiye

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-29]

riskhaye ergonomice nashi az kar az tarighe barrasiye shakhese faaliyathaye tekrariye shoghli (OCRA) dar sanate Montaje. Salamate Kar, 1387 1, pp. 70-76 [Persian].

8. Moosavi Najar_Kala A, Karimi S, Hokmabadi Rajab A. arzyabiye ekhtelalate skeleti-azolaniye bakhshhaye entehayiye andamhaye foghani (DUE) be raveshe shakhese tanesh(SI) dar yek sanate Ahankari. Salamate Kar, 1387 5, p. 61-69 [Persian].

9. Deneve A, Moughamir S, Afilal L, Zaytoon J. Control System Design of a 3-DOF upper Limbs rehabilitation Robot . Computer methods and programs in biomedicine. 2008 89, pp. 202-204.

10. Habibi E, Poorabdian S, Ahmadinejad P, Hasanzadeh A. arzyabiye riske ergonomici nashi az sterese postural be raveshe REBA. Salamate Kar, 1386 4, pp. 35-43 [Persian] .

11. Honda Worldwide. Honda Unveils Experimental Walking Assist Device With Bodyweight Support System 2008, November 7. Available at: http://world.honda.com.February 5 2011

12. Samadi V, Talebian S, Olyayi G.R, et al. barrasiye tasire hemayat konnandeye kamari-khaji bar ruye olgooye controle harekat dar hine anjame harekate tarkibiye tanen . Tavanbakhshiye Novin, 1388 3, pp. 54-69 [Persian].

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-29]

Assessment of body work condition by RULA method in a motor vehicle industry in order to design an effective exoskeleton system

Forough Dayani[1], Hasan Sadeghei-Naeenei[2], Mohsen Bahrami[3], Vahid Choopankareh[4]

Received: 2011/04/17 Revised: 2011/05/31 Accepted: 2011/07/04

Abstract

Background and aim: Physical activities in occupations like handling, static and dynamic postures, sudden movements, and repetitive postures are amongst most important risk factors of Work related Musculoskeletal Disorders (WMSDs). There are many ergonomic methods for assessing WMSDs which can be used in different cases, but these assessments and analyses can`t be beneficial by themselves and should be promoted with usable, practical suggestions to improve the work condition. This quality is brought to this research paper by first assessing ergonomic risks level, resulted by postural stresses, with special emphasis on improper postures, forces and repeating and then using these information to design assisting device called exoskeleton for improving work condition and industrial tasks.

Methods: For assessing and analyzing upper body work condition, postures in 17 different tasks were analyzed by RULA (Rapid upper limb assessment) method and a set of 60 worksheets were created out of them. Also biomechanical movement observation during normal tasks was done. Then HONDA company`s exoskeleton for lower body was analyzed and some design elements were extracted from it, to design an upper body exoskeleton based on the same design language.

Results: This Research shows that none of tasks were completely acceptable, and neck, trunk and legs were more affected by improper postures. There was no meaningful difference between right and left hand conditions in overall task and posture assessment. Research also shows dominant effect of force and repeat risk factors in tasks being harmful for upper body. Analyzing HONDA company`s exoskeleton shows the likelihood of success in upper body exoskeleton for improving work conditions and minimizing WMSDs.

Conclusion: Although redistribution or regular rotation of personnel, changing and optimizing work cycles and proper training might reduce WMSDs and improve work condition, but using an assisting device such as exoskeleton can minimize WMSDs and have a more desirable effect from ergonomic and physiological perspectives. Assisting devices like HONDA company`s lower body assisting exoskeleton have clearly shown the statement to be true.

Keywords: Ergonomic risk level, RULA, Postural analysis, WMSD.

1. (**Corresponding author**), MA in Industrial Design, Amir-Kabir University, Tehran, Iran, Tel: +98912 4845737, dayani.forough@aut.ac.ir,

2. Assist Professor, Iran University of Science & Technology(IUST), Tehran, Iran, naeini@iust.ac.ir, Tel:+98912 2773371

3. Professor, Amir-Kabir University, Tehran, Iran, mbahrami@aut.ac.ir

4. Assist Professor, University Of Tehran, Tehran, Iran, choopankareh@ut.ac.ir

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-29]