مطالعه ارگونومیکی بدن چای کاران شمال کشور حین برداشت دستی و مکانیزه

مجتبی جاویدی قراچه[۱]، مهدی خجسته پور[۲*] و طاهره جاویدی قراچه[۳]

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، mkhpour@um.ac.ir
۳- مهندس کامپیوتر، اداره آموزش و پرورش ناحیه ۲ شیراز

چکیده

به دلیل نامناسب بودن شرایط کار و لوازم مورد استفاده در هر شغلی کارگران همواره ندانسته با قرار گرفتن در شرایط بدنی نامناسب باعث بروز مشکلات اسکلتی در بدن خود می شوند که در بسیاری از نواحی بدن باعث آسیب های جدی می شود. چای کاری یکی از جمله شغل هایی است که نه تنها باعث ضرر مالی و جانی به کارگران می شود بلکه با از دست رفتن نیروی کارآمد به صاحبان حرفه چای کاری نیز آسیب می رساند. لذا برای بررسی چای کاران شمال کشور حین فعالیت، بدن آنان به وسیله ی فیلم برداری و شبیه سازی با استفاده از نرم افزار CATIA مورد مطالعه قرار گرفته و سپس با استفاده از روش تحلیل رولا (RULA) حالات بدنی نامناسب شناسایی شدند. حالت بدن چای کاران در تحلیل رولا، هیچ پوسچری در سطح امن ۱ قرار نداشت و فقط ۲٪ پوسچر کارگران در سطح ۲ قرار داشتند. با استفاده از این روش تحلیل ۱۶٪ از پوسچر کارگران در وضعیت ۵، ۴۴٪ در وضعیت ۶ و ۳۸٪ در وضعیت ۷ یعنی در بحرانی ترین سطح قرار گرفتند.

کلمات کلیدی: مشکلات اسکلتی- عضلانی، تحلیل پوسچر، چای کاران، رولا

مقدمه

اهمیت موضوعات ارگونومیکی در مشاغل خارج از شهر در سال ۲۰۰۰ بررسی شد (Jafry *et al.*, 2000). روی ۷۲ بافنده فرش با طرح پرسشنامه در مورد اختلالات اسکلتی – عضلانی بدن آن ها در سال ۲۰۰۴ تحقیقی انجام شد. در این تحقیق سعی در بهبود محیط کاری بود که در ۵۷٪ موارد محیط کار اصلاح شده خوب و خیلی خوب ارزیابی شد (Choobineh *et al.*, 2004). در این تحقیقات از فضای مجازی و روش های مدل کردن بدن به منظور تسهیل در کار پیش رو استفاده نشده و فقط به پاسخ های داده شده به سوالات موجود در پرسشنامه طرح شده اکتفا شده است. در تحقیقی که در سال ۲۰۰۹ انجام شد، اعتبار بررسی های پوسچر بالاتنه کارگران کارخانه های تولیدی را تخمین زده اند. این تحقیق نشان داد که روش MVTA[۱] روش مناسبی برای تخمین پوسچر در کارگران خط تولید است (Dartt *et al.*, 2009). بیشتر تحقیقات گذشته، از تسهیلات ارگونومیکی برای استفاده در مشاغل غیر کشاورزی بهره گرفته شده است و اغلب محققان به تحقیق روی کارگران کارخانه ها و مشاغل صنعتی می

1 Multi-media Video Task Analysis

پرداختند. اطلاعات حاصل از مطالعات سازمان جهانی بهداشت (NHIS[1]) نشان داد که حرفه کشاورزی در بیشتر زنان و در مرتبه دوم در اغلب مردان، با ناتوانی آن ها در ارتباط است. درد در قسمت پایینی کمر[2] روی ۱۱۵۵ راننده تراکتور در معرض ارتعاش کل بدن و تنش مقطعی و همچنین روی یک گروه کنترل شده ۲۲۰ نفری از کارمندان اداره مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد شیوع درد ناحیه پایین کمر در رانندگان تراکتور شدیدتر از کارمندان اداره بود، درد پایین کمر به طور قابل توجهی ناشی از هم شدت ارتعاش و هم درد موضعی شناخته شد. سن افراد نیز تأثیر قابل توجهی روی درد در قسمت پایین کمر داشت. آنالیز رگرسیون کمی نشان داد که ارتعاش و بار موضعی عواملی مستقل برای افزایش ریسک برای درد پایین کمر بودند (Bovenzi and Betta, 1994). مطالعات بر روی کارگران کشاورزی در کالیفرنیا، آهنگ بروز اختلالات اسکلتی عضلانی (MSD[3]) را، بر اساس رتبه بندی در میان صنایع دارای بالاترین ریسک گزارش می‌کند و این میزان ۱۰۰ مرتبه بیش تر از نرخ پیشنهاد شده به عنوان اهداف صنعتی است (Meyers *et al.*, 1998). این محققان نرخ بروز را، ۴۰ در ۱۰۰۰ کارگر در بخش نهالستان و پرورش گل و ۸۰ در ۱۰۰۰ کارگر در بخش عملیات تاکستان گزارش کردند. در سال ۲۰۰۴ در پژوهشی به دنبال یافتن مدلی برای انسان نشسته روی صندلی تراکتور، مدل بیومکانیکی از بدن انسان روی صندلی با تکیه گاه برای بررسی کیفیت رانندگی انجام گرفت. در پارامترهای مورد مطالعه اثر خصوصیات جنس کوسن صندلی، موقعیت های مفصل های بدن انسان و موقعیت نقاط برخورد بدن انسان با صندلی بررسی شد و مقایسه داده های آزمایشی با داده های شبیه سازی شده با استفاده از مدل های با درجه آزادی بالا بهترین توصیف نتایج آزمایشی را نشان داد (Cho and Yoon, 2004). در تحقیقی، به منظور شناسایی بهتر حرکت های بدن انسان از نشانه های مناسب تنظیم شده در موقعیت های مختلف بدن استفاده شد. این نشانه ها به عنوان پایه انتقال داده می باشند که برای توصیف حالت های خاص بدن استفاده و به وسیله آن نتایج تبدیل تمام بدن و تبدیل نشانه های گرد آوری شده با هم مقایسه و برآورد می شوند (Zhang *et al.*, 2010). در تحقیقی دیدگاه کلی از اختلالات اسکلتی – عضلانی در کشاورزی ارائه داده است (Fathallah, 2010). ارتعاش کل بدن و شوک مکانیکی روی رانندگان تراکتور بررسی و درد ناحیه پایینی کمر رایج ترین شکایت رانندگان می باشد (Milosavljevic *et al.*, 2010). در کاربردهای ارگونومیکی اخیراً استفاده از روش های مجازی روند رو به رشدی داشته و داده های بدست آمده در دنیای مجازی قابل تعمیم و استفاده در دنیای واقعی هستند (Hu *et al.*, 2011).

هدف از این تحقیق یافتن شرایط نامناسب کاری در چای کاران و بهبود این شرایط می باشد. در تحقیق های گذشته از مدل کردن بدن و بهبود حالت آن در فضای مجازی استفاده نشده است. گزارش روش های کاری مناسب تر یا پیشنهاد استفاده از ابزاری برای بهبود شرایط کاری به کارگران در کاهش صدمات اسکلتی – عضلانی تأثیر چشمگیری خواهد داشت.

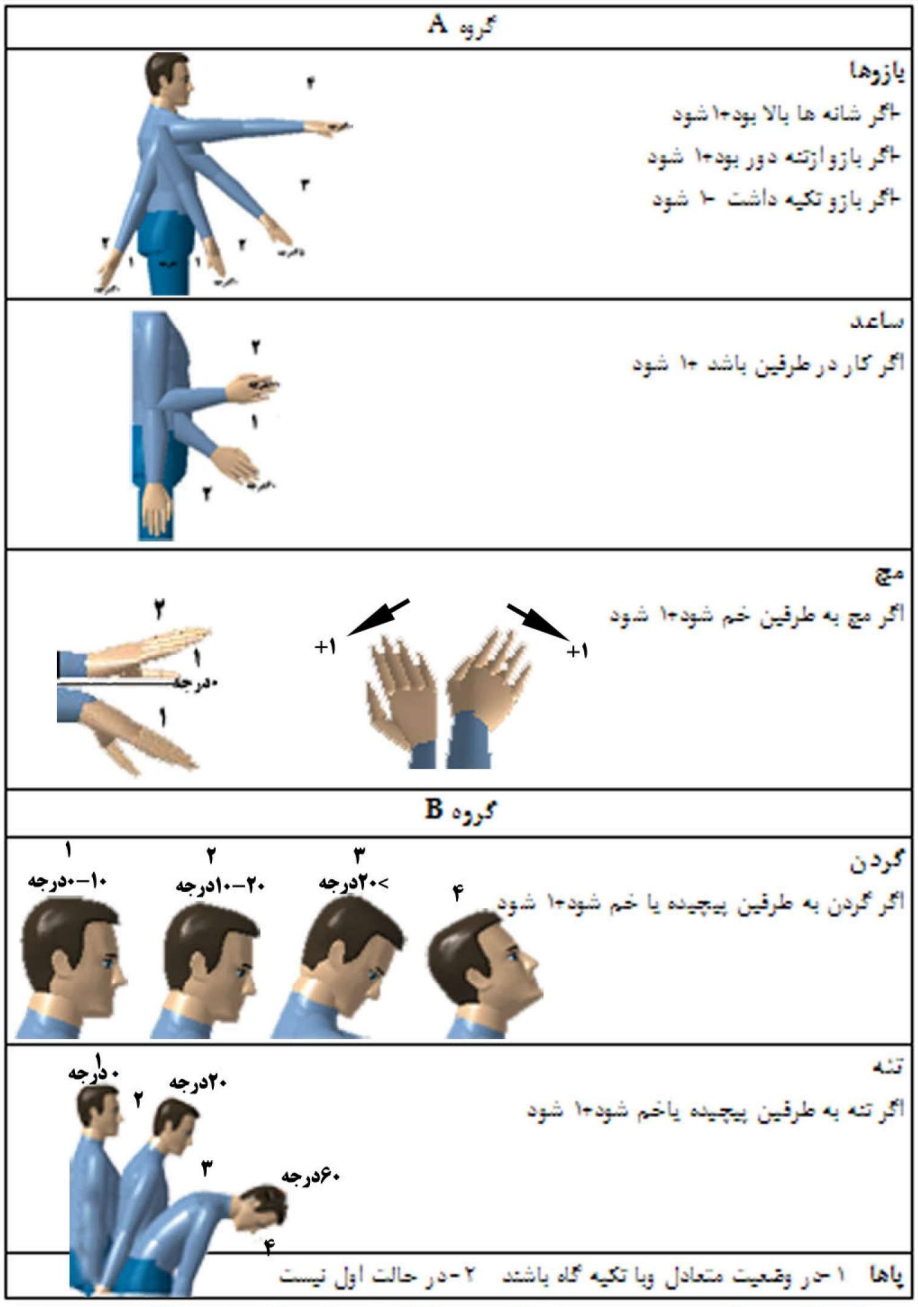
1 National Health Interview Survey
2 Lower Back Pain
3 Musculoskeletal Disorders

مواد و روش ها

با فیلم برداری از مزارع چای در شمال کشور، مشاهده دقیق فیلم ها و با بررسی پوسچرهای مختلف به وجود آمده از ۳۰ کارگر مزارع چای مورد مطالعه، ۵۲ پوسچر پرتکرار بدست آمد. برای گرفتن فیلم های مورد نیاز از دوربین SAMSUNG مدل GT-M8910، ۱۲ مگاپیکسل و نیز دوربین CANON مدل IXUS 980IS ، ۱۴/۷ مگاپیکسل در طول یک روز کاری استفاده شد. برای مدل کردن و مطالعه ارگونومیکی این حالات از نرم افزار CATIA V5R18 استفاده شد. بعد از مدل کردن در حالات مختلف نوبت به تحلیل ارگونومیکی این پوسچرهای بدن کارگران از روش رولا (RULA)[1] استفاده شد. رولا روشی است که برای ارزیابی پوسچر بدن کارگران از آن استفاده می شود. در روش رولا پوسچر اندام های گوناگون بدن مشاهده و امتیازگذاری می شود. امتیازهای بالاتر نشان دهنده فشارهای اسکلتی–عضلانی بیش تر است. امتیاز پوسچر اندام های گوناگون با یکدیگر ادغام می شود و سرانجام با در نظر گرفتن فعالیت ماهیچه ای و نیروی اعمال شده امتیاز نهایی که گویای خطر بروز آسیب است مشخص می گردد. برای یک ارزیابی فراگیر و منطقی باید تمام عوامل مؤثر در بروز آسیب های اسکلتی–عضلانی شامل تکرار حرکت، اعمال نیرو و امکان تغییر در چرخه کار در نظر گرفته شوند. افزون بر آن، منظور از پوسچر، تنها پوسچر مچ دست و بازو نمی باشد، بلکه پوسچر کل بدن می تواند در بروز اختلال های اسکلتی–عضلانی اندام فوقانی تأثیر داشته باشد و تصویری از مناسب یا نامناسب بودن شرایط کار ارائه دهد.

در روش رولا با استفاده از مشاهده، از پوسچر اندام ها در بخشی از کار که بیش ترین فشار بر دستگاه اسکلتی–عضلانی وارد می شود (بیش ترین کاربرد مفاصل و یا بیش ترین انحراف مفاصل از حالت طبیعی) نمونه برداری می شود. در روش رولا بدترین پوسچرها برای ارزیابی انتخاب شده و نمونه گیری می شوند و یا پرتعدادترین پوسچرها مورد ارزیابی قرار می گیرند. پس از انتخاب پوسچر مورد نظر و مشاهده، وضعیت بازوها، ساعد و مچ دست (شکل ۱) ارزیابی شده و امتیاز A با استفاده از جدول ۱ تعیین گردید. لازم به توضیح است که امتیاز A برای هر دست به طور جداگانه تعیین شد. وضعیت گردن، تنه و پاها نیز با استفاده از شکل ۱ گروه B ارزیابی شدند و امتیاز B با استفاده از جدول ۲ گردید. جدول تعیین امتیاز A و امتیاز B اثر ترکیبی پوسچر اندام های مورد نظر (بازو، ساعد و مچ دست از گروه A و گردن، تنه و پاها از گروه B) و برآورد اولیه از میزان خطر بروز اختلال های اسکلتی–عضلانی اندام های فوقانی را مشخص می نماید(Choobineh, 2008).

1 Rapid Upper Limb Assessment, RULA



شکل ۱. چگونگی امتیازگذاری گروه A و B در رولا.

برای در نظر گرفتن اثر تکرار حرکت و نیرو، به ترتیب از جدول های ۳ و ۴ استفاده می شود.

جدول۱. جدول A برای ارزیابی اثر ترکیبی پوسچر بازو، ساعد و مچ دست.

امتیاز پوسچر بازو	امتیاز پوسچر ساعد	امتیاز پوسچر مچ							
		۱		۲		۳		۴	
		پیچش		پیچش		پیچش		پیچش	
		۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲
۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳
	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۳
	۳	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۴	۴
۲	۱	۲	۳	۳	۳	۳	۴	۴	۴
	۲	۳	۳	۳	۳	۴	۴	۴	۴
	۳	۳	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵
۳	۱	۳	۳	۴	۴	۴	۴	۵	۵
	۲	۳	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵
	۳	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵
۴	۱	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵
	۲	۴	۴	۴	۴	۴	۵	۵	۵
	۳	۴	۴	۴	۵	۵	۵	۶	۶
۵	۱	۵	۵	۵	۵	۵	۶	۶	۷
	۲	۵	۶	۶	۶	۶	۶	۷	۷
	۳	۶	۶	۶	۷	۷	۷	۷	۸
۶	۱	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۸	۹
	۲	۸	۸	۸	۸	۸	۹	۹	۹
	۳	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹

جدول۲. جدول B برای ارزیابی اثر تر کیبی پوسچر گردن، تنه و بازوها.

امتیاز پوسچر گردن	امتیاز پوسچر تنه											
	۱		۲		۳		۴		۵		۶	
	پاها		پاها		پاها		پاها		پاها		پاها	
	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲
۱	۱	۳	۲	۳	۳	۴	۵	۵	۶	۶	۷	۷
۲	۲	۳	۲	۳	۴	۵	۵	۵	۶	۷	۷	۷
۳	۳	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۶	۶	۷	۷	۷
۴	۵	۵	۵	۶	۶	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۸
۵	۷	۷	۷	۷	۷	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
۶	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۹	۹	۹	۹	۹

جدول۳. امتیاز مربوط به فعالیت ماهیچه ای و تکرار حرکت.

اگر پوسچر :	**امتیاز**
اغلب ثابت باشد (نیرو برای بیش از ۱ دقیقه حفظ و ثابت نگه داشته شود). برداشتن نیرو به شدت تکراری است یا بیش از ۴ بار در دقیقه تکرار شود،	**۱**
حالت برداشتن نیرو و حمل بار نه ثابت است و نه به شدت تکراری می باشد.	**۰**

جدول ۴. امتیاز مربوط به نیروی اعمال شده.

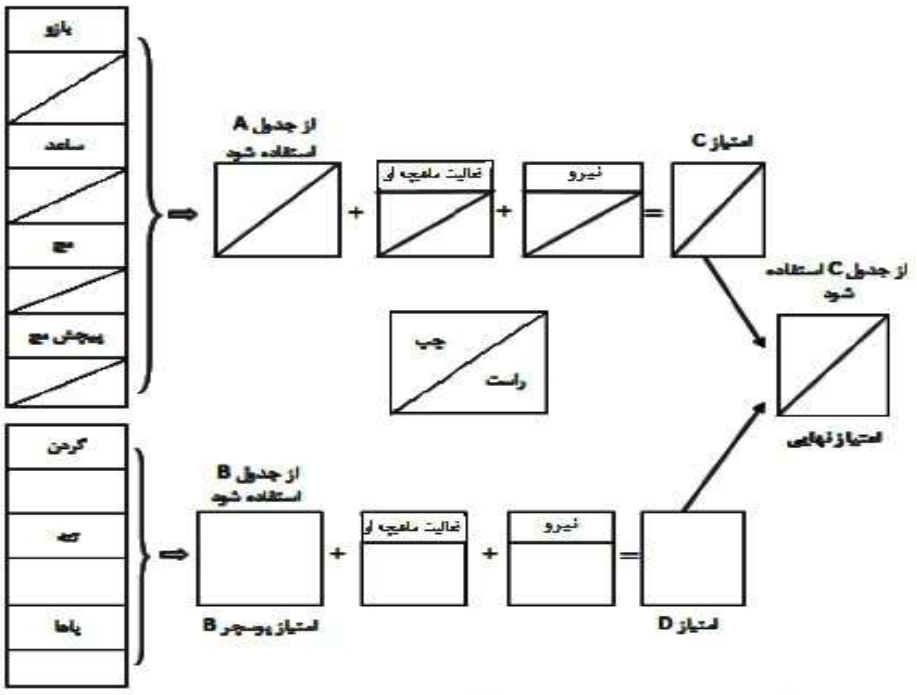
۰	۱	۲	۳
مقاومتی در برابر حرکت وجود ندارد نیروی اعمال شده کم تر از ۲kg و به صورت منقطع است	نیروی اعمال شده ۲kg تا ۱۰kg به صورت منقطع است	نیروی ثابت ۲kg تا ۱۰kg نیروی تکراری ۲ kg تا ۱۰kg نیروی منقطع ۱۰ kg یا بیش تر	نیروی ثابت ۱۰kg یا بیش تر - نیروی تکراری ۱۰kg یا بیش تر - نیروی ناگهانی که به سرعت تجمع می یابند

اضافه کردن دو عامل فعالیت ماهیچه ای و نیرو به امتیاز A و امتیاز B به ترتیب امتیازهای C و D را مشخص می سازد:

امتیاز C =امتیاز نیرو + امتیاز فعالیت های ماهیچه ای + امتیاز A

امتیاز D= امتیاز نیرو + امتیاز فعالیت های ماهیچه ای + امتیاز B

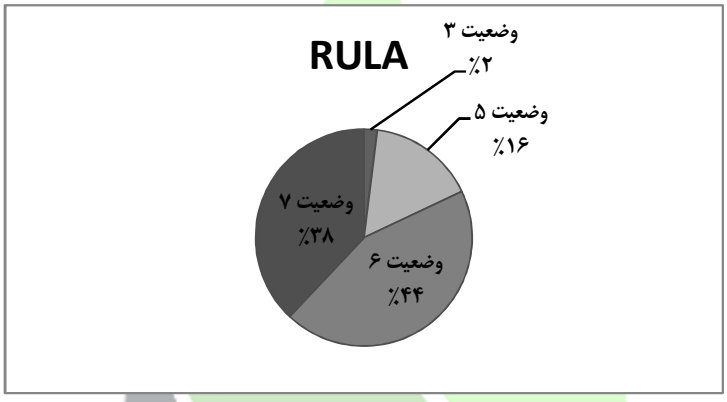
پس از محاسبه امتیازهای مربوط به گردن، تنه و پاها و نیز اندام های فوقانی این دو امتیاز با یکدیگر ترکیب می شوند تا امتیاز نهایی به دست آید. امتیاز نهایی برآوردی از خطر بروز اختلال های اسکلتی–عضلانی اندام های فوقانی را تعیین می کند. هر چه امتیاز نهایی عدد بزرگتری باشد، خطر بروز این اختلال های بیش تر خواهد بود. لازم به ذکر است که امتیاز نهایی برای دست راست و چپ به طور جداگانه تعیین می شود (شکل۲) (Choobineh, 2008).



شکل ۲. نحوه بدست آوردن امتیاز نهایی برای دست چپ و راست.

نتایج و بحث

طبق تحلیل های به دست آمده از روش رولا هیچ موقعیت امنی مشاهده نشد. همان طور که در نمودار شکل ۳ مشخص شده است طبق این تحلیل ۲ درصد از پوسچر کارگران در وضعیت ۳ قرار گرفتند که شامل سطح ۲ می شود. مفهوم آن این است که مطالعه بیشتری در این زمینه لازم است و ایجاد تغییرات و مداخله ارگونومیک می تواند مفید باشد. ۱۶ درصد از حالت بدن کارگران در وضعیت ۵ یعنی سطح ۳ قرار داشتند. در این مورد مطالعه بیشتر، ایجاد تغییرات و مداخله ارگونومیک در آینده نزدیک ضروری است. ۴۴ درصد مشاهدات را در وضعیت ۶ بود که مشابه وضعیت ۵ است. ۳۸ درصد از پوسچر کارگران نیز در وضعیت ۷ جای گرفتند. در این صورت مطالعه بیش تر، ایجاد تغییرات و مداخله ارگونومیک فوراً ضروری است.



شکل۳. نمودار وضعیت های مختلف در روش تحلیل رولا برای برداشت دستی و مکانیزه.

نبودن هیچ حالتی در سطح ۱ که نیاز به مداخلات ارگونومیک ندارد و فقط ۲٪ از پوسچر کارگران مزارع چای در سطح ۲ نشان از سختی کار یا به زبان بهتر بدی شرایط کاری آنان دارد که با توجه به نیاز مبرم به حضورشان حتی در بخش مکانیزه باید به جد به فکر ایجاد تغییر در شرایط کاری این کارگران باشیم. در ایجاد این تغییرات نه تنها باید حالات بدن را بهبود بخشید بلکه باید دسترسی به کار را در حالت جدید در نظر داشت. برای این منظور مدل های ایجاد شده را به نحوی تغییر داده که توانایی کار در حالت جدید وجود داشته باشد و پوسچر را دوباره تحلیل شود. این کار را تا حدی ادامه می یابد که در صورت امکان در انجام هر وظیفه به سطوح ۱ یا ۲ برسیم. برای انجام هر چه بهتر کار در مزارع چای پیشنهادات زیر ارائه می شود:

۱- پس از ایجاد تغییرات اندکی در بدن مدل شده و بهبود شرایط گردن در اکثر پوسچرها و انجام تحلیل مجدد روی مدل ایجاد شده جدید مشاهده شد که عدد نهایی برای آن ها به عدد کوچک تر یعنی حالت امن تری کاهش یافت.

۲- در برداشت با استفاده از دستگاه استفاده از چرخ هایی در اطراف بوته های چای به نحوی که وزن ماشین را تحمل کند و برخوردی با بوته ها نداشته باشد در بهبود وضعیت کارگران می تواند مؤثر باشد.

۳- در هر وضعیت چه نشسته و چه ایستاده می توان با بررسی اعضایی که بیش تر در معرض خطر هستند و گزارش آن ها به کارگران در هوشیارانه تر و امن تر کردن کار به آن ها کمک کرد.

۴- کارگران باید بدانند که چرخاندن تمام بدن به جای پیچش کمر بسیار در بهبود وضعیت کمر تأثیر دارد و عوارض بعدی در کمر را کاهش می دهد.

نتیجه گیری

در تحلیل به روش RULA عموماً سه رویکرد پیشنهاد می شود که اصول پایه تمام آن ها یکی است. ابتدایی ترین آن ها استفاده از جداول ذکر شده در بالا است که هر چند دقیقا مراحل روش RULA را می بینیم، این طریق زمان بر است. راه دیگر استفاده از نرم افزار RULA است که نیاز ما را به استفاده از تعدادی از این جداول (مثلاً جدول نهایی) برطرف می سازد. یک مشکل این راه این است که این نرم افزار به صورت تجاری در بازار در دسترس همگان وجود ندارد و مشکل دیگر این که باز هم نیاز به استفاده از تعدادی از جداول قبل احساس می شود. آسان ترین و به صرفه ترین راه استفاده از قسمت تحلیل RULA موجود در نرم افزار CATIA می باشد. برای انجام این کار پس از مدل کردن حالت بدن درCATIA با انتخاب گزینه تحلیل RULA و یک بار کلیک کردن بر روی مدل ایجاد شده این تحلیل انجام شده و نتایج آن با جزئیات برای هر عضو قابل دسترسی است.

منابع

1. Bovenzi, M. and A. Betta. 1994. Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress Applied Ergonomics 25: 231-241 .
2. Meyers, J., J. Miles., J. Faucett, I. Janowitz, D. Tejeda, V. Duraj, J. Kabashima and R, W. E.Smith. 1998. High risk tasks for musculoskeletal disorders in agricultural field work. Paper presented at the American Public Health Association, Washington, DC.
3. Jafry, T. and D.H. O'Neill. 2000. The application of ergonomics in rural development: a review. Applied Ergonomics 31: 263–268.
4. Cho, Y. and Y. Yoon. 2004. Biomechanical model of human on seat with backrest for evaluating ride quality. International Journal of Industrial Ergonomics 27: 1-15.
5. Choobineh, A., R. Tosian, Z. Alhamdi and M.H. Zavarzani. 2004. Ergonomic intervention in carpet mending operation. Applied Ergonomics 35:493–496.
6. Choobineh, A. 2008. Posture assessment methods in occupational ergonomics. Fanavaran Publishing.
7. Dartt, A., J. Rosecrance, F. Gerr, P. Chen, D. Anton and L. Merlino. 2009. Reliability of assessing upper limb postures among workers performing manufacturing tasks. Applied Ergonomics 40: 371-378.
8. Zhang, B., I. Horvth, J.F.M. Molenbroek and C. Snijders. 2010. Using artificial neural networks for human body posture prediction. International Journal of Industrial Ergonomics 40: 414–424.
9. Fathallah, F.A. 2010. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture, Applied Ergonomics 41: 738-743.
10. Milosavljevic, S., F. Bergman, B. Rehn and A.B. Carman. 2010. All-terrain vehicle use in agriculture: Exposure to whole body vibration and mechanical shock, Applied Ergonomics 41: 530-535.
11. Hu, B., L. Ma, W. Zhang, G. Salvendy, D. Chablat and F. Bennis. 2011. Predicting real-world ergonomic measurements by simulation in a virtual. International Journal of Industrial Ergonomics 41: 64-71.

Ergonomic Stud of Tea Farmer's Body during Manual an Mechanized Tea Harvesting in North Iran

Mojtaba Javidi Gharacheh[1], Mehdi Khojastehpour[2*] and Tahereh Javidi Gharacheh[3]

1- PhD Student, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
2- Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
mkhpour@um.ac.ir
3- Computer Engineering, Office of Education, Shiraz

Abstract

Due to the inappropriate working conditions and the equipments used in any job, the workers make the skeletal problems in their body with being in improper physical conditions that may cause the serious injuries in many areas of body. One of tough work is the tea planting that not only causes the physical damage to workers but also the tea business may lose the professional workers with losing the effective forces. Therefore, for studying the tea growers during activity in northern areas of Iran, the bodies of workers were filmed and simulated by CATIA software and then the improper physical postures were identified by RULA. The results showed that no workers' posture was at safe level 1 and only 2% were at level 2 in RULA analysis. Based on this analysis, 16% of workers' postures were at situation 5, 44 % at situation 6, and 38% in the most critical condition.

Keywords: Musculoskeletal problems, posture analysis, tea grower, RULA.