نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۵، ص ۴۹۸-۴۸۸

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 6, No. 2, Fall - Winter 2016, p. 488-498

ارزیابی ارگونومیکی چای‌کاران شمال کشور حین برداشت به کمک روش شبیه‌سازی بدن

مجتبی جاویدی قراچه[۱]- مهدی خجسته پور[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۴/۰۷

چکیده

چای بعد از آب پرمصرف‌ترین نوشیدنی در جهان می‌باشد و کارگران مزارع چای به دلایل مختلف از جمله ارتفاع نامناسب بوته‌های چای، تحمل وزن ماشین برداشت در طولانی مدت و غیره به علت بروز اختلالات اسکلتی- عضلانی در مراحل مختلف کاری دچار غیبت کاری می‌شوند. شرایط فعالیت چای‌کاری معمولاً به گونه‌ای است که نه تنها باعث ضرر مالی و جانی به کارگران می‌شود بلکه با از دست رفتن نیروی کارآمد به صاحبان حرفه چای‌کاری نیز آسیب می‌رساند. هدف از این پژوهش شناسایی پوسچرهای نامناسب کاری در مزارع چای، در مرحله برداشت که به‌صورت دستی و مکانیزه انجام می‌شود بود. روش کار فیلم‌برداری از کارگران در مزارع شمال کشور حین فعالیت و تحلیل فیلم‌ها با استفاده از مدل کردن بدن کارگران با استفاده از نرم‌افزار CATIA و آنالیز پوسچرهای مختلف به سه روش مختلف اوواس، رولا و ریبا بود. نتایج نشان داد که طبق روش اوواس، ۲۷٪ پوسچر کارگران در بحرانی‌ترین وضعیت قرار داشت. طبق روش رولا، ۳۸٪ پوسچر کارگران در گروه بدترین قرار داشت که باید از آن اجتناب نمایند و در روش ریبا ۰٪ پوسچر کارگران در بحرانی‌ترین گروه قرار گرفتند. بهترین روش‌ها برای ارزیابی پوسچر برای مشاغل مشابه پیشنهاد شده است. در مقایسه با مشاغل دیگر نیاز به مداخلات ارگونومیکی از نظر دو روش تحلیل اوواس و رولا، در این حرفه احساس می‌شود. این مداخلات به‌صورت تغییر در پوسچر یا در نظر گرفتن دسترسی به کار و یا پیشنهاد ابزاری برای انجام بهتر کار صورت گرفت.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوسچر، چای کاران، شبیه‌سازی بدن، مشکلات اسکلتی- عضلانی

مقدمه

اهمیت موضوعات ارگونومیکی در مشاغل خارج از شهر در سال ۲۰۰۰ بررسی شد. در این مطالعه با بیان این موضوع که در کشورهای درحال توسعه اکثر جمعیت در مشاغل به هر نحو مربوط به کشاورزی مشغول هستند، به اهمیت دادن بیش‌تر به وضعیت کاری در این زمینه تأکید شده و زمینه‌هایی برای مطالعات بیش‌تر در ارگونومی کشاورزی ارائه شده‌است (Jafry and O'Neill, 2000). روی ۷۲ بافنده فرش با طرح پرسشنامه در مورد اختلالات اسکلتی – عضلانی بدن آن‌ها در سال ۲۰۰۴ تحقیقی انجام شد. در این تحقیق سعی در بهبود محیط کاری بود که در ۵۷٪ از موارد محیط کار اصلاح شده خوب و خیلی خوب ارزیابی شد (Choobineh *et al.*, 2004). در تحقیقات ذکر شده در بالا از فضای مجازی و روش‌های مدل کردن بدن به منظور تسهیل در کار پیش رو استفاده نشده و فقط به پاسخ‌های داده شده به سوالات موجود در پرسشنامه طرح شده اکتفا شده است.

در تحقیقی که در سال ۲۰۰۹ انجام شد، اعتبار بررسی‌های پوسچر بالاتنه کارگران کارخانه‌های تولیدی را تخمین زده‌اند. این تحقیق نشان داد که روش MVTA[۳] روش مناسبی برای تخمین پوسچر در کارگران خط تولید بود (Dartt *et al.*, 2009). در بیش‌تر تحقیقات گذشته، از تسهیلات ارگونومیکی برای استفاده در مشاغل غیر کشاورزی بهره گرفته شده است و اغلب محققان به تحقیق روی کارگران کارخانه‌ها و مشاغل صنعتی پرداختند.

اطلاعات حاصل از مطالعات سازمان جهانی بهداشت (NHIS[۴]) نشان داد که حرفه کشاورزی در بیش‌تر زنان و در مرتبه دوم در اغلب مردان، با ناتوانی آن‌ها در ارتباط است. درد در قسمت پایینی کمر[۵] روی ۱۱۵۵ راننده تراکتور در معرض ارتعاش کل بدن و تنش مقطعی

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم و عضو مرکز پژوهشی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: mkhpour@um.ac.ir

3- Multi-media Video Task Analysis
4- National Health Interview Survey
5- Lower Back Pain

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 به‌طور قابل توجهی ناشی از هردوی شدت ارتعاش و 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[1]) را، براساس رتبه‌بندی در میان صنایع دارای بالاترین ریسک گزارش کرد و این میزان ۱۰۰ مرتبه بیش‌تر از نرخ پیشنهاد شده به‌عنوان 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 تکیه‌گاه برای بررسی کیفیت رانندگی انجام گرفت. در پارامترهای مورد مطالعه اثر خصوصیات جنس کوسن صندلی، موقعیت‌های مفصل‌های بدن انسان و موقعیت نقاط برخورد بدن انسان با صندلی بررسی شد و مقایسه داده‌های آزمایشی با داده‌های شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل‌های با درجه آزادی بالا بهترین توصیف نتایج آزمایشی را نشان داد (Cho and Yoon, 2004). در تحقیقی، به منظور شناسایی بهتر حرکت‌های بدن انسان از نشانه‌های مناسب تنظیم شده در موقعیت‌های مختلف بدن استفاده شد. این نشانه‌ها به‌عنوان پایه انتقال داده می‌باشند که برای توصیف حالت‌های خاص بدن استفاده می‌شوند. به‌وسیله آن نتایج حرکات تمام بدن به نشانه‌ها تبدیل شده و با هم مقایسه و برآورد می‌شوند (Zhang *et al.,* 2010). در یک بررسی دیدگاه کلی از اختلالات اسکلتی – عضلانی در کشاورزی ارائه شده است (Fathallah, 2010). در تحقیقی ارتعاش کل بدن و شوک مکانیکی روی رانندگان تراکتور بررسی و درد ناحیه پایینی کمر رایج‌ترین شکایت رانندگان گزارش شد (Milosavljevic *et al.,* 2010). در تحقیقات ذکر شده کم‌تر به تحلیل پوسچر با استفاده از چند روش پرداخته شده است.

وضعیت بدنی کارگران کارخانه فروآلیاژ کرمان با استفاده از سه روش OWAS[2]، RULA[3] و QEC[4] ارزیابی شد. در این بررسی دو روش RULA و QEC برای این گونه مشاغل پیشنهاد شده است (Barkhordari *et al.,* 2011). عوامل خطر اسکلتی– عضلانی نیز در مطالعه‌ای روی کارگران یک کارخانه ماشین‌آلات با استفاده از دو روش RULA و QEC بررسی شد. طبق نتیجه این تحقیق درصد قابل توجهی از کارگران از نظر ارگونومیکی در شرایط غیر امن کار می‌کردند که نیاز به مداخلات ارگونومیکی در محیط کارشان را محرز می‌کند (Mostaghaci *et al.,* 2012). در کاربردهای ارگونومیکی اخیراً استفاده از روش‌های مجازی روند رو به رشدی داشته و داده‌های به‌دست 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 چای‌کاران و بهبود این شرایط می‌باشد. در تحقیق‌های گذشته از مدل کردن بدن و بهبود حالت آن در فضای مجازی، همچنین استفاده از چند روش تحلیل پوسچر به منظور یافتن روش بهتر برای یک شغل غیرصنعتی (به‌خصوص مشاغل مربوط به کشاورزی) انجام نشده است. در این تحقیق سعی بر جبران این کمبودها و دیگر کمبودهای اشاره شده در بالا است. گزارش روش‌های کاری مناسب‌تر یا پیشنهاد استفاده از ابزاری برای بهبود شرایط کاری به کارگران در کاهش صدمات اسکلتی – عضلانی تأثیر چشمگیری خواهد داشت.

مواد و روش‌ها

با فیلم‌برداری از مزارع چای در شمال کشور، مشاهده دقیق فیلم‌ها و با بررسی پوسچرهای مختلف به‌وجود آمده از ۳۰ کارگر مزارع چای مورد مطالعه، ۵۲ پوسچر پرتکرار به‌دست آمد. این کارگرها به‌صورت تصادفی از میان گروه مشغول به این حرفه انتخاب شدند. برای گرفتن فیلم‌های 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. شکل ۱ تصویر یک کارگر را در مزرعه در حال برداشت چای و به‌صورت مدل شده در نرم‌افزار نشان می‌دهد. بعد از مدل کردن بدن کارگران در حالات مختلف این پوسچرها با استفاده از سه روش اوواس (OWAS)، رولا (RULA) و ریبا (REBA[5]) مورد مقایسه و تحلیل ارگونومیکی قرار گرفت.

روش OWAS

در روش اوواس حالت بدن با یک کد ۴ رقمی به‌ترتیب برای تنه، بازو، پاها و نیروی اعمال شده تعریف می‌شود (Kuutti and Oy, 1979). ۴ حالت برای تنه، ۳ حالت برای بازو، ۷ حالت برای پا و ۳ حالت برای نیروی اعمال شده در این روش استفاده می‌شود. بعد از

1- Musculoskeletal Disorders
2- Ovako Working Posture Assessment, OWAS
3- Rapid Upper Limb Assessment, RULA
4- Quick Exposure Check, QEC

5- Rapid Entire Body Assessment, REBA

رسیدن به یک کد ۴ رقمی برای هر پوسچر نهایتاً در نتیجه این کد ۴ رقمی به یک عدد بین ۱ تا ۴ برای پوسچر مورد نظر می‌رسیم. در بین این اعداد عدد ۱ کم خطرترین و عدد ۴ بحرانی‌ترین حالت را برای بدن نشان می‌دهد (Choobineh, 2008).

(b) (a)

شکل ۱- کارگر در حال برداشت چای - (a) تصویر واقعی کارگر - (b) تصویر مدل شده در CATIA

Fig. 1. Tea harvesting labor – (a) Real labor – (b) Simulated body in CATIA

روش RULA

رولا روشی است که برای ارزیابی پوسچر بدن کارگران از آن استفاده می‌شود. در روش رولا پوسچر اندام‌های گوناگون بدن مشاهده و امتیازگذاری می‌شود. امتیازهای بالاتر نشان‌دهنده فشارهای اسکلتی-عضلانی بیش‌تر است. امتیاز پوسچر اندام‌های گوناگون با یکدیگر ادغام می‌شود و سرانجام با در نظر گرفتن فعالیت ماهیچه‌ای و نیروی اعمال شده امتیاز نهایی که گویای خطر بروز آسیب است مشخص می‌گردد. برای یک ارزیابی فراگیر و منطقی باید تمام عوامل مؤثر در بروز آسیب‌های 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 نمی‌باشد، بلکه پوسچر کل بدن می‌تواند در بروز اختلال‌های 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 اندام‌ها در بخشی از کار که بیش‌ترین فشار بر دستگاه اسکلتی-عضلانی وارد می‌شود (بیش‌ترین کاربرد مفاصل و یا بیش‌ترین انحراف مفاصل از حالت طبیعی) نمونه‌برداری می‌شود. در این روش بدترین پوسچرها برای ارزیابی انتخاب شده و نمونه‌گیری می‌شوند و یا پرتعدادترین پوسچرها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (McAtamney and Corlett, 1993). امتیاز نهایی در روش رولا برآوردی از خطر بروز اختلال‌های اسکلتی-عضلانی اندام‌های فوقانی را به‌دست می‌دهد. امتیاز نهایی و سطح خطر در این روش مشابه روش اوواس در ۴ سطح طبقه‌بندی می‌شود. با این تفاوت که در این روش به یک عدد بین ۱ تا ۷ به‌عنوان عدد نهایی ختم می‌شود. عدد نهایی ۱ و ۲ نشان‌دهنده قرار گرفتن پوسچر در وضعیت ۱، ۳ و ۴ وضعیت ۲، ۵ و ۶ وضعیت ۳ و عدد نهایی ۷ وضعیت ۴ می‌باشد. هرچه امتیاز نهایی عدد بزرگ‌تری باشد، خطر بروز این اختلال‌های بیش‌تر خواهد بود. لازم به ذکر است که امتیاز نهایی برای دست راست و چپ به‌طور جداگانه تعیین می‌شود (Choobineh, 2008).

روش REBA

در روش ریبا، دسته‌بندی اندام‌ها (گروه A و گروه B) و امتیازگذاری پوسچرها براساس روش‌های موجود (معادله NIOSH، اوواس، ارزیابی ناراحتی بدن) و به‌ویژه رولا انجام می‌شود (Hignett and McAtamney, 2000). معادله NIOSH حد بار توصیه شده را حساب کرده و معادله‌ای براساس سه عامل بیومکانیکی، فیزیولوژی و روانی ارائه می‌دهد (رابطه ۱):

$$RWL= LC\times HM\times VM\times DM\times AM\times FM\times CM \quad (۱)$$

در این رابطه LC ثابت بار، HM ضریب افقی، VM ضریب عمودی، DM ضریب فاصله، AM ضریب عدم تقارن، FM ضریب تکرار و CM ضریب جفت شدن دست هستند.

در این روش اندام‌های گروه A شامل تنه، گردن و پاها و اندام‌های گروه B شامل بازوها، ساعد و مچ‌دست‌ها است. امتیاز اثر ترکیبی اندام‌های هر دو گروه در گستره‌ی ۱ تا ۹ متغیر است.

امتیازهای مربوط به اعمال نیرو و جفت شدن دست، به‌ترتیب به امتیاز گروه A و گروه B اضافه می‌شوند تا امتیاز نهایی A و B حاصل شود. با ترکیب این دو امتیاز، امتیاز C برای پوسچر مورد نظر به‌دست می‌آید که باید با امتیاز نوع فعالیت جمع شده تا امتیاز نهایی حاصل شود. در روش ریبا پس از تعیین امتیاز نهایی، سطح خطر و اولویت اقدام‌های اصلاحی تعیین می‌شود و به این ترتیب ارزیابی پوسچر به روش ریبا مشخص می‌شود (Choobineh, 2008).

نتایج و بحث

در بین کارگران مورد مطالعه در این تحقیق ۳۱٪ زن و بقیه مرد بودند. ۴۰٪ از مردان مورد مطالعه، در حال کار با استفاده از دستگاه برداشت بودند و در بین زنان مورد بررسی در این تحقیق ۲۵٪ این کار را به‌صورت مکانیزه انجام می‌دادند. نتایج تحلیل پوسچرها را با استفاده از هر روش در زیر مشاهده می‌کنید.

بررسی نتایج تحلیل ها براساس نرم افزار OWAS

در تحلیل اوواس حالات بدن آنالیز شده از نظر اقدامات اصلاحی، فقط در ۴ وضعیت قرار گرفتند. طبق این تحلیل ۳۰ ٪ از پوسچرها در وضعیت ۱ جای گرفته، مفهوم آن این است که پوسچر اثر آسیب‌زا بر دستگاه اسکلتی- عضلانی نداشته و اقدام اصلاحی نیاز نیست. ۱۰ ٪ از پوسچر جمعیت کارگران مورد ارزیابی در وضعیت بدنی ۲ قرار گرفته‌اند که یعنی پوسچرها ممکن است اثر آسیب‌زا بر دستگاه اسکلتی- عضلانی داشته و انجام اقدام‌های اصلاحی در آینده نزدیک ضروری است. این وضعیت چندان بحرانی نیست اما نسبت به وضعیت اول نیاز به بررسی و توجه بیش‌تری دارد. در وضعیت ۳ که انجام اقدامات اصلاحی هرچه زودتر ضروری است، ۳۳٪ و وضعیت کاملاً بحرانی ۴ که فشار بیومکانیکی این پوسچرها بر دستگاه اسکلتی- عضلانی بسیار آسیب‌زا بوده و انجام اقدام‌های اصلاحی بی‌درنگ ضروری است، ۲۷٪ در بین بدن‌های مدل شده مشاهده شد.

در این روش ۱۰٪ از زنان مشغول به حرفه برداشت چای در وضعیت امن ۱، ۲۰٪ در وضعیت ۲، ۴۰٪ در وضعیت ۳ و ۳۰٪ در بحرانی‌ترین وضعیت قرار داشتند. در بین این زنان، ۶۷٪ از کسانی که این کار را با حمل دستگاه انجام می‌دادند در وضعیت ۳ و بقیه در وضعیت ۴ قرار داشتند. در برداشت مکانیزه شاهد هیچ وضعیت امنی نبودیم. از میان زنانی که عمل برداشت چای را به‌صورت دستی انجام می‌دادند ۱۴/۳٪ در وضعیت ۱، ۲۸/۵٪ در وضعیت ۲، ۲۸/۶٪ در وضعیت ۳ و ۲۸/۶٪ در آسیب‌زاترین وضعیت بودند. جدول ۱ این اعداد را به تفکیک روش، جنسیت و نحوه برداشت نشان می‌دهد.

در میان مردان مورد مطالعه در این تحقیق ۴۰٪ در وضعیت ۱، ۵٪ در وضعیت ۲، ۳۰٪ در وضعیت ۳ و نهایتاً ۲۵٪ در وضعیت ۴ قرار گرفتند. در این میان ۸۰٪ از مردانی که برداشت چای را با استفاده از دستگاه انجام می‌دادند در وضعیت ۳ و بقیه در بحرانی‌ترین وضعیت قرار داشتند. در برداشت بدون استفاده از دستگاه ۵۳/۳٪ در وضعیت ۱، ۱۶/۷٪ در وضعیت ۲، ۱۳/۳٪ در شرایط ۳ و ۲۶/۷٪ در وضعیت ۴ بودند.

در ادامه به بحث در مورد این ارقام و مقایسه آن‌ها به‌منظور رسیدن به اهداف کلی این تحقیق پرداخته خواهد شد.

بررسی نتایج به‌دست آمده از روش تحلیل RULA

طبق تحلیل‌های به‌دست آمده از روش رولا هیچ موقعیت امنی مشاهده نشد. طبق این تحلیل ۲ درصد از پوسچر کارگران در وضعیت ۳ قرار گرفتند که شامل سطح ۲ می‌شود. مفهوم آن این است که مطالعه بیش‌تری در این زمینه لازم است و ایجاد تغییرات و مداخله ارگونومیک می‌تواند 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 در وضعیت ۶ بود که مشابه وضعیت ۵ است. ۳۸ درصد از پوسچر کارگران نیز در وضعیت ۷ جای گرفتند. در این صورت مطالعه بیش‌تر، ایجاد تغییرات و مداخله ارگونومیک فوراً ضروری است.

۷۵٪ از کل پوسچر زنان تحلیل شده در وضعیت ۳ و ۲۵٪ در وضعیت ۴ قرار داشتند و هیچ پوسچری در دو وضعیت اول در بین زنان مورد آنالیز مشاهده نشد. تمام زنانی که برداشت چای را با استفاده از دستگاه انجام می‌دادند طبق روش تحلیل رولا در وضعیت ۳ بودند. در این تحقیق ۵۰٪ از بانوانی که برداشت چای را با دست انجام می‌دادند در حالت ۳ و بقیه در بحرانی‌ترین وضعیت، یعنی حالت ۴ قرار داشتند. این ارقام و تشابه نسبی با روش اوواس، برای بانوان مشغول در حرفه برداشت چای نشان‌دهنده شرایط بسیار وخیم می‌باشد و نیاز به رسیدگی فوری به‌منظور بهبود شرایط کاری برای آنان غیرقابل اغماض است.

طبق این روش تحلیل در بین مردان مورد مطالعه ۵٪ در سطح ۲، ۶۰٪ در سطح ۳ و ۳۵٪ در سطح ۴ قرار گرفتند. مشابه شرایط بانوان تمام مردانی که برداشت چای را با استفاده از دستگاه انجام می‌دادند در وضعیت ۳ قرار داشتند. این تشابه بین زنان و مردان در تحلیل برداشت چای با ماشین به روش رولا می‌تواند به علت تحمل وزن دستگاه به‌طور مداوم با استفاده از دست کارگران باشد. با در نظر گرفتن این مورد اقدام به کاستن وزن روی دست کارگران در بدن شبیه‌سازی شده کردیم که در تمام موارد به کاهش عدد نهایی در تحلیل منتج شد. در برداشت دستی، ۶/۷٪ در وضعیت ۲، ۴۶/۷٪ در وضعیت ۳ و ۴۶/۶٪ در وضعیت ۴ قرار گرفتند.

همان‌طور که در نتایج حاصل از این روش قابل مشاهده است، وضعیت کاری مردان کمی بهتر از زنان ارزیابی شده است. این موضوع می‌تواند به علت وضعیت جسمانی مناسب‌تر مردان نسبت به زنان باشد. به هر حال، ارزیابی‌ها نشان داد که به‌طور کلی شرایط کاری در این حرفه نیاز اساسی به مداخلات ارگونومیکی دارد.

بررسی نتایج به‌دست آمده از روش تحلیل REBA

نتایج به‌دست آمده از آنالیز ریبا نشان می‌دهد که ۲۴٪ از پوسچر کارگران مزارع چای مورد مطالعه در مزارع شمال ایران در سطح ۱ قرار می‌گیرند که سطح خطر آن پایین است و اقدام‌های اصلاحی برای آنان شاید ضروری باشد. ۵۳٪ از پوسچرها در سطح ۲ قرار گرفتند که در معرض خطر متوسط می‌باشند و اقدام‌های اصلاحی برای آنان ضروری است. ۲۳٪ از پوسچر کارگران در سطح ۳ یعنی در معرض سطح خطر بالا قرار گرفتند که اقدام‌های اصلاحی برای آنان هرچه زودتر ضروری می‌باشد و بالاخره از پوسچرهای تحلیل شده هیچ حالتی در وضعیت ۴ جای نگرفت. این وضعیت بحرانی‌ترین وضعیت است و سطح خطر در آنان بسیار بالا و اقدام‌های اصلاحی برای افراد جای گرفته در این وضعیت به‌صورت آنی ضروری است.

با استفاده از روش ریبا، ۳۰٪ از پوسچرهای تحلیل شده برای زنان در حرفه برداشت چای در وضعیت ۱، ۴۰٪ در وضعیت ۲ و بقیه در وضعیت نسبتاً آسیب‌زاتر، یعنی سطح ۳ قرار داشتند. در بین زنانی که این کار را با استفاده از دستگاه برداشت انجام می‌دادند نیمی در سطح ۲ و نیم دیگر در سطح ۳ جای گرفتند. اما در زنانی که برداشت چای را با دست انجام می‌دادند ۳۷/۵٪ در وضعیت ۱، به‌طور مشابه همین مقدار در وضعیت ۲ و ۲۵٪ در وضعیت ۳ قرار داشتند.

استفاده از روش ریبا نشان داد که در میان مردان درحین انجام این کار، ۲۰٪ در وضعیت ۱، ۶۰٪ در وضعیت ۲ و مشابه با وضعیت ۱، ۲۰٪ در وضعیت ۳ قرار داشتند. طبق نتایج حاصل از این روش ۶۰٪ از مردانی که برداشت چای را با حمل دستگاه انجام می‌دادند در وضعیت ۲ و بقیه در وضعیت نسبتاً خطرناک‌تر ۳ قرار گرفتند. در برداشت دستی، ۲۷٪ در وضعیت ۱، ۶۰٪ در وضعیت ۲ و ۱۳٪ در وضعیت ۳ قرار داشتند.

جدول ۱- مقایسه نتایج به تفکیک روش برداشت، روش تحلیل و جنسیت

Table 1- Comparing results between harvesting methods, analyzing method and gender

روش تحلیل Method	جنسیت Gender	روش برداشت Harvesting method	1	2	3	4
OWAS	زن Female	با دستگاه برداشت Tea harvesting machine	0%	0%	67%	33%
		دستی Manual	14.3%	28.5%	28.6%	28.6%
	مرد Male	با دستگاه برداشت Tea harvesting machine	0%	0%	80%	20%
		دستی Manual	53.3%	16.7%	13.3%	26.7%
RULA	زن Female	با دستگاه برداشت Tea harvesting machine	0%	0%	100%	0%
		دستی Manual	0%	0%	50%	50%
	مرد Male	با دستگاه برداشت Tea harvesting machine	0%	0%	100%	0%
		دستی Manual	0%	6.7%	46.7%	46.7%
REBA	زن Female	با دستگاه برداشت Tea harvesting machine	0%	50%	50%	0%
		دستی Manual	37.5%	37.5%	25%	0%
	مرد Male	با دستگاه برداشت Tea harvesting machine	0%	60%	40%	0%
		دستی Manual	27%	60%	13%	0%

تمام این اعداد در جدول ۱ قابل مشاهده هستند. جدول ۱ میزان قرارگیری کارگران در وضعیت‌های مختلف را به تفکیک روش

برداشت، روش تحلیل و جنسیت نشان می‌دهد. به مجموع اعداد که در اول هر پاراگراف به آن‌ها اشاره شده‌است در این جدول پرداخته نشده‌است.

بحث

طبق روش رولا، نبودن هیچ حالتی در سطح امن ۱ که نیاز به مداخلات ارگونومیکی ندارد، ۳۸٪ از پوسچر کارگران مزارع چای در سطح ۴ و ۲۷٪ از پوسچرهای آنالیز شده در بحرانی‌ترین حالت از نظر روش اوواس (شکل ۳) نشان از سختی کار یا به زبان بهتر، بدی شرایط کاری کارگران برداشت چای دارد که با توجه به نیاز مبرم به حضورشان حتی در بخش مکانیزه، بایستی به جد به فکر ایجاد تغییر در شرایط کاری این کارگران بود. طبق یافته‌های این تحقیق بیشترین میزان درد در ناحیهٔ تنه (در ۹۲٪ نمونه‌ها)، پس از آن گردن و بازو (۳۸٪)، ساعد (۲۳٪) و در نهایت در قسمت مچ (۱۵٪) مشاهده شد. در میان نمونه‌های مرد مورد تحقیق این میزان برای تنه ۸۹٪، گردن و بازو ۳۳٪ و برای ساعد و مچ ۲۲٪ بودند. در نمونه‌های زن در این تحقیق، درد در ناحیهٔ تنه در تمام موارد، گردن و بازو ۵۷٪ و برای ساعد ۲۵٪ مشاهده شد. در میان نمونه‌های زن درد طبق تحلیل‌ها در ناحیهٔ ساعد مشاهده نشد که این موضوع نظر خود بانوان شاغل در این کار را نیز تأیید می‌کند. 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 مدل‌های ایجاد شده به نحوی تغییر داده شد که توانایی انجام کار در حالت جدید وجود داشته باشد و پوسچرها دوباره تحلیل شد. این کار تا حدی ادامه می‌یابد که در صورت امکان در انجام هر وظیفه به سطوح ۱ یا ۲ برسیم.

در حالت برداشت با استفاده از ماشین، با کاهش وزن روی دست مدل‌های ایجاد شده برای هر پوسچر کاهش چشمگیری در عدد نهایی هر سه روش تحلیل حاصل شد. طبق روش اوواس ۳۰٪ از افرادی که در وضعیت ۴ و ۳ قرار داشتند به وضعیت ۲ و ۱۸٪ به وضعیت ۱ ارتقا یافتند. با تحلیل رولا ۳۷٪ از پوسچرهای بحرانی به وضعیت ۲ و ۱۱٪ به وضعیت امن ۱ رسیدند. طبق روش ریبا با کاهش وزن روی دست ۱۵٪ از پوسچرهایی که در سطح ۳ قرار داشتند به سطح ۲ و ۳۴٪ به سطح ۱ ارتقا پیدا کردند. برای اعمال این موضوع در واقعیت ابزاری برای حمل ماشین برداشت می‌تواند استفاده شود. یکی از این ابزار که با توجه به تحلیل‌ها مناسب به‌نظر می‌رسد از یک چارچوب اصلی که دستگاه برداشت چای روی آن قرار می‌گیرد، دو چرخ در دو طرف بوته و یک ریل روی چارچوب برای تغییر مکان دستگاه در صورت لزوم، تشکیل شده‌است (شکل ۲). این دستگاه طی سالیان اخیر استقبال زیادی در کشورهای تولیدکننده چای داشته‌است که علی‌رغم اهمیت به‌سزای آن در سلامتی کارگران در این شغل، در کشور ما اغلب از وجود آن بی‌خبر هستند. تغییراتی که این وسیله در حالت بدن حین کار می‌تواند ایجاد کند، در محیط نرم‌افزار CATIA روی مدل‌های بدن موجود اعمال شد و تحلیل پوسچر مجدداً صورت گرفت. نتایج در این حالت کاملاً قانع‌کننده بود، به‌طوری که حتی در چند مورد وضعیت پوسچر از وضعیت کاملاً بحرانی به کاملاً امن ارتقا یافت.

برای انجام هر چه بهتر کار در مزارع چای طبق تغییرات ایجاد شده در بدن‌های شبیه سازی شده پیشنهادات زیر ارائه می‌شود:

شکل ۲- چرخ حمل‌کننده دستگاه برداشت چای

Fig. 2. Tea harvesting machine carrier

پس از ایجاد تغییرات اندکی در بدن مدل شده و بهبود شرایط گردن در اکثر پوسچرها (۸۳٪ از کل پوسچرها) و انجام تحلیل مجدد روی مدل ایجاد شده جدید مشاهده شد که عدد نهایی برای آن‌ها به عدد کوچک‌تر یعنی حالت امن‌تری کاهش یافت.

در برداشت با استفاده از دستگاه استفاده از چرخ‌هایی در اطراف بوته‌های چای به نحوی که وزن ماشین را تحمل کند و برخوردی با بوته‌ها نداشته باشد در بهبود وضعیت کارگران می‌تواند مؤثر باشد.

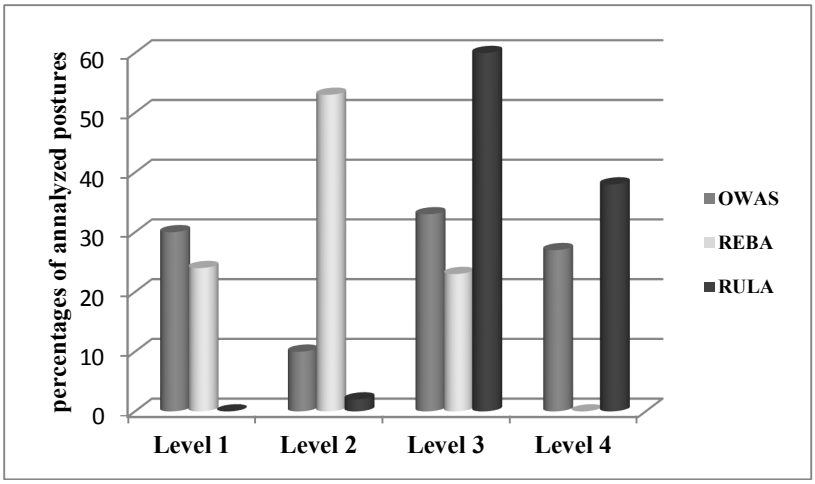
در هر وضعیت چه نشسته و چه ایستاده می‌توان با بررسی اعضایی که بیش‌تر در معرض خطر هستند و گزارش آن‌ها به کارگران در هوشیارانه‌تر و امن‌تر کردن کار به آن‌ها کمک کرد.

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 می‌دهد.

مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج حاصل برای کارگران مزارع برنج (Javidi, 2012) نشان می‌دهد که دو روش اوواس و رولا که در ابتدا برای مشاغل صنعتی به‌وجود آمده‌اند، روش‌های قابل اعتمادی برای تحلیل مشاغل مربوط به کشاورزی می‌توانند باشند. برای مشاغلی مانند کارگران کارخانه فروآلیاژ روش اوواس، نتیجه‌بخش نبوده‌است (Barkhordari *et al.,* 2011) که با نتایج این مطالعه در تضاد است. علت این امر ممکن است به دلیل ماهیت شغل، وظایف شغلی و تفاوت محیط و ساعت کاری در کارگران کارخانه و مزارع چای مورد بررسی باشد. روش رولا روش مناسبی برای تحلیل پوسچر مشاغلی شبیه به کارگران کارخانه تولید ماشین‌آلات به‌شمار می‌رود (Mostaghaci *et al.,* 2012) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که در جدول ۲ و نمودار شکل ۳ قابل مشاهده است، به‌خصوص در بحرانی‌ترین وضعیت و در روش برداشت دستی، دو روش اوواس و رولا نتایج مشابهی در تحلیل کارگران برداشت چای داشته‌اند. این در صورتی است که با استفاده از روش ریبا برای این شغل، هیچ پوسچری در بحرانی‌ترین وضعیت مشاهده نشد. لذا روش ریبا برخورد ملایم‌تری با پوسچرهایی که طبق دو روش دیگر بسیار آسیب‌زا هستند، دارد. با توجه به این مطلب، برای تحلیل شغل‌های مشابه با برداشت چای (که در فعالیت‌های کشاورزی رایج هستند) روش ریبا توصیه نمی‌شود. طبق نتایج این تحقیق و تأثیر غیرقابل اغماض حمل‌کننده دستگاه برداشت چای، پیشنهاد می‌شود این کار توسط دستگاه و البته با استفاده از حمل‌کننده صورت گیرد. این شرایط مناسب‌ترین حالت برای برداشت چای نتیجه‌گیری شد.



شکل۳- نتایج تحلیل حالات بدن کارگران مزارع چای با سه روش اوواس، ریبا و رولا

Fig. 3. The results of tea harvest workers' posture analysis using OWAS, REBA and RULA methods

جدول ۲- مقایسه بحرانی‌ترین وضعیت در سه روش تحلیل

Table 2- Comparison of the most critical category in each three methods

روش تحلیل Method	دستی Manual		با استفاده از ماشین برداشت Using tea harvesting machine	
	زن Female	مرد Male	زن Female	مرد Male
OWAS	28.6%	26.7%	33%	20%
RULA	50%	46.6%	0%	0%
REBA	0%	0%	0%	0%

سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه فردوسی مشهد به دلیل مهیا کردن امکانات و تمامی کمک‌ها در جهت شکل‌گیری و اتمام این تحقیق کمال قدردانی را دارند.

References

1. Barkhordari A., R. Jafari Nodoushan, J. Vatani Shoaa, G. H. Halvani, and M. Salmani Nodoushan. 2011. Posture evaluation using OWAS, RULA, QEC methods in fero-aleage factory workers of Kerman. Occupational Medicine Quarterly Journal 2 (1): 14-19. (In Farsi).
2. 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.
3. 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.
4. Choobineh, A. 2008. Posture assessment methods in occupational ergonomics. Fanavaran Press. (In Farsi).
5. Choobineh, A., R. Tosian, Z. Alhamdi, and M. H. Zavarzani. 2004. Ergonomic intervention in carpet mending operation. Applied Ergonomics 35: 493-496.
6. 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.
7. Fathallah, F. A. 2010. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. Applied Ergonomics 41: 738-743.
8. Hignett, S., and L. McAtamney. 2000. Rapid entire body assessment (REBA). Applied Ergonomics 31: 201-205.
9. 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.
10. Jafry, T., and D. H. O'Neill. 2000. The application of ergonomics in rural development: a review. Applied Ergonomics 31: 263-268.
11. Javidi, M. 2012. Ergonomic study and development of an appropriate biomechanical model for riceland farmhands' body. MSc thesis. Shiraz University, Shiraz. (In Farsi).
12. Kuutti, J., and O. Oy. 1979. The short term (1–15 months) planning and control of a steel plant. Engineering and Process Economics 4: 235-243.
13. McAtamney, L., and E. N. Corlett. 1993. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics 24: 91-99.
14. 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.
15. 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.
16. Mostaghaci, M., Z. Salimi, M. Javaheri, S. F. Hoseininejad, M. Salehi, M. H. Davari, and A. H.

Mehrparvar. 2012. Evaluation of the musculoskeletal disorders and its risk factors in the workers of an agricultural equipment- manufacturing plant. Occupational Medicine Quarterly Journal 3 (3): 19-25. (In Farsi).

17. 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 (4): 414-424.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 6, No. 2, Fall - Winter 2016, p. 488-498

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۵، ص ۴۹۸-۴۸۸

Ergonomic evaluation of tea farmers in north of Iran during plucking using body modeling

M. Javidi Gharacheh[1] - M. Khojastehpour[2*]

Received: 19-04-2014
Accepted: 28-06-2014

Introduction

People in different jobs may face skeletal problems in their body due to poor physical conditions as a result of poor working conditions and inappropriate equipment. Harvesting tea is one of those jobs that are known as a very vigorous process and it requires hard work and perseverance. Moreover, after water, tea is the most widely consumed beverage in the world. This fact highlights the great importance of jobs related to tea. The most prevailing method used for tea harvesting in Iran is manual harvesting, although this job in some regions is mechanized. Manual harvesting intensifies the hardness of this job.

Materials and Methods

This study was launched and aimed to find harmful postures in tasks related to tea plucking in order to reduce the intensities in this job. To obtain this goal workers' postures were needed while working. Different postures should be attained by filming during a working day. Films were recorded from 30 workers in tea farms at the different parts of Lahijan region, Iran, and were analyzed by modeling tea harvesters' bodies by CATIA software. Then, the modeled postures were analyzed by three methods: OWAS, REBA and RULA.

Results and Discussion

According to OWAS analysis, 30% of postures placed at the first level, that means the postures have not harmful effects on musculoskeletal system, and the corrective action is not required. 10% of the tea harvest labors population was placed at level 2 so the posture has harmful effects on musculoskeletal system and the corrective action is necessary in the near future. This situation is not critical, only needs more attention. The corrective actions require soon in the third level. 33% of analyzed and modeled postures were in this level. In the fourth level which is absolutely critical and has biomechanical strain with very traumatic effect on musculoskeletal system and it is necessary to exert corrective action immediately, 27% of postures were observed.

The results of REBA analysis showed that 24% of workers' postures in tea farms and under this study were at level 1 where the risk level is low and the corrective action may be necessary to them. 53% of workers are at level 2 who are at the average risk and corrective action is necessary for them. 23% of tea harvesters are in level 3 with high level of risk, therefore the corrective action must be performed immediately. Finally, similar to results obtained from the analysis of OWAS, no posture placed at level 4. The results of RULA analysis show that there is no posture in positions 1 or 2 and all positions need to be investigated. According to this analysis, 2% of tea harvesters' postures are in position 3 and no posture in position 4. Therefore, in total, 2% were in second level. According to RULA analysis, 16% of workers' postures were in position 5. 44% of postures of tea harvesters working in different parts of Lahijan region were in position 6. Accordingly, 38% of the postures were in position 7.

Conclosions

The findings from this study showed that the highest prevalence rate of musculoskeletal pain or discomfort was in the trunk region (92%), following by the neck and upper arm (38%), lower arm (23%) and wrist (15%). For men the most frequent disorders were trunk (89%), upper arm and neck (33%), lower arm and wrist (22%). The results from this study also revealed that all women in this occupation faced musculoskeletal problems in the trunk region (100%). After trunk, neck and upper arm (57%) and lower arm (25%). No disorder was seen in wrist region in this analysis, which is consistent with female labors' report. After this analysis finding uncomfortable postures in each duty and making changes in simulated bodies in CATIA software in order to

1- PhD Student, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Associate Professor, Department of Biosystems Engineering and Member of Research Center for Agricultural Machines, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: mkhpour@um.ac.ir)

reach a lower grand score can be helpful to improve working conditions. Reanalyzing new posture is the stage to obtain new grand score. Final step in this case is reporting harmful and improved postures to employees and employers. Notice that improved postures are not valid unless workers can have acceptable access to their work. Similarity between the results of OWAS and RULA methods and the difference from the results of REBA method could come to conclusion of not using REBA method for jobs similar to tea plucking.

Keywords: Body simulation, Musculoskeletal problems, Posture analysis, Tea harvesting