

مقایسه نیروهای وارد بر مفاصل و ماهیچه‌های منتخب راننده در استفاده از پدال کلاچ تراکتورهای MF285 و MF399

حسین فلاحی^۱ - محمدحسین عباسپورفرد^{۲*} - امین اظهري^۳ - مهدی خجسته پور^۴ - امین نیکخواه^۵

تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۳

تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۲۳

چکیده

در این تحقیق نیروی وارد بر سه عضله گاستروکینیموس، تراپزیوس و کوادراتوس لومباروم راننده تراکتور هنگام کلاچ‌گیری مورد بررسی قرار گرفت. تعداد افراد نمونه ۳۰ نفر تعیین شد و بررسی‌ها بر روی دو تراکتور MF285 و MF399 که تولید داخل کشور می‌باشند، صورت گرفت. براساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته نیروی مورد نیاز برای کلاچ‌گیری در این تراکتورها به ترتیب ۳۴۰ و ۲۹۰ نیوتن بود. تفاوت زاویه قرارگیری زانوی پا در دو تراکتور در سطح یک درصد معنی‌دار شد. کاهش آستانه درد بعد از ۳۰ و ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری و ۶۰ ثانیه استراحت پس از کلاچ‌گیری در هر سه عضله در تراکتور MF285 بیشتر از تراکتور MF399 به دست آمد. تأثیر کلاچ‌گیری بر میانگین کاهش آستانه درد رانندگان در همه فواصل زمانی در حین و پس از کلاچ‌گیری در عضله کوادراتوس لومباروم در هر دو تراکتور از دو عضله دیگر بیشتر بود. در انتها پیشنهاد می‌شود، برای کاهش نیروی وارده برای کلاچ‌گیری تراکتور MF285، اصلاحات لازم در مکانیزم کلاچ‌گیری این تراکتور صورت گیرد. برای این کار پیشنهاد می‌شود، مفصل انتقال نیرو بین پدال و دیسک در مکانیزم کلاچ‌گیری از چدن ریخته‌گری ساخته شود.

واژه‌های کلیدی: ارگونومی، الگومتر، تراکتور، راننده، عضله

مقدمه

۲۰۰۰، بیش از چهار درصد تولید ناخالص ملی در جهان به لحاظ این حوادث و بیماری‌ها هدر می‌رود (Niu, Takala and Niu, 2003). یکی از معضلات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه صنعتی در تولید و مونتاژ ماشین‌های کشاورزی است که طراحی ماشین و ابزار با نیازمندی کاربر تطابق ندارند. از طرفی انحصاری بودن و عدم فضای رقابتی تولید ماشین‌های کشاورزی همچون تراکتور، پاسخگویی به نیازمندی مشتری و کاربران را هم با مشکل مواجه می‌سازد که همکاری متخصصین ماشین‌های کشاورزی و ارگونومیست‌ها را برای شناخت این مشکلات و کمبودها می‌طلبد.

همواره یکی از دلایل حرکت به سوی مکانیزه کردن کشاورزی کاهش سختی و مشقت فعالیت‌های کشاورزی بیان شده است (Almassi et al., 2008). در سالیان اخیر نیز با توجه به گسترش استفاده از انواع ماشین‌ها و ادوات در عملیات مختلف کشاورزی تصور می‌شود که هزینه‌های مربوط به سختی کار و عوارض و بیماری‌های ناشی از انجام کار به صورت دستی و سنتی کاهش پیدا کرده است. این در حالی است که برخی از ادوات و ماشین‌های مورد استفاده در بخش کشاورزی به دلایل مختلفی اعم از عدم تناسب ماشین‌ها با خصوصیات و ویژگی‌های راننده (اپراتور)، محصول و منطقه مورد

کشاورزی یکی از مهم‌ترین بخش‌ها در کشورهای پیشرفته صنعتی و کشورهای در حال توسعه صنعتی است. از این رو می‌بایست به کاربرد عملی اقدامات و تغییرات ارگونومیک در فعالیت‌های کشاورزی به منظور کاهش حوادث و بیماری‌های مربوط به کار که نتیجه آن بهبود شرایط زندگی و افزایش بهره‌وری است، توجه کافی شود (ILO, 2012). طبق برآورد سازمان بین‌المللی کار هر ساله در جهان حدود ۲/۳ میلیون نفر جان خود را به دلیل حوادث شغلی و بیماری‌های ناشی از کار از دست می‌دهند. آخرین تخمین بر پایه اطلاعات سال ۲۰۰۳ نشان می‌دهد که هر ساله در کل دنیا ۳۳۷ میلیون حادثه شغلی و ۱۶۰ میلیون بیماری شغلی به وقوع می‌پیوندد. نتیجه این که طبق مطالعه انجام شده توسط کمیسیون اروپایی در سال

۱ و ۵- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲ و ۴- استاد و دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم و اعضای مرکز پژوهشی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- نویسنده مسئول: (Email: abaspour@um.ac.ir)

۳- استادیار گروه طب فیزیکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

ایران نیز نسبتاً پایین است (World Bank, 2003; Brian and Kienzle, 2006; Saiedirad and Parhizgar, 2011). برای نمونه متوسط سطح مالکیت برای تولید بادام زمینی در استان گیلان در حدود ۰/۸ هکتار است (Nikkhah *et al.*, 2015). وجود قطعات کوچک زراعی باعث می‌شود که هدایت تراکتور و انجام فعالیت‌های کشاورزی با تراکتور در داخل زمین مستلزم استفاده بیش از حد از کلاچ، ترمز و فرمان باشد. شکی نیست که در چنین شرایطی مشکلات بدنی و خستگی ناشی از کار مضاعف می‌شود. بنابراین توجه به هر کدام از این تجهیزات در برجسته نمودن و مشخص کردن عوامل ایجاد مشکلات بدنی رانندگان مؤثر است. مطابق گزارش مرکز توسعه مکانیزاسیون کشاورزی از ۲۴۵۹۸۹ تراکتور تأمین شده طی سال‌های ۸۹-۱۳۷۱ در حدود ۶۷ درصد آن‌ها مربوط به تراکتور MF285 و در حدود ۹ درصد این مقدار مربوط به تراکتور MF399 است. به طوری که این دو تراکتور بیشترین میزان تولید را در بین انواع تراکتورها در ایران دارند (Agriculture Jihad Mechanization Development Center, 2012). با در نظر گرفتن موارد ذکر شده، هدف از این مطالعه بررسی نیروهای وارد بر سه عضله گاستروکینیموس، تراپزیوس و کوادراتوس لومباروم راننده ناشی از کلاچ‌گیری تراکتورهای MF285 و MF399 که تراکتورهای متداول در جامعه کشاورزی ایران هستند و همچنین ارائه راهبردهایی به منظور بهینه‌سازی و متناسب‌سازی کلاچ این تراکتورها با وضعیت سلامتی رانندگان آن است.

مواد و روش‌ها

روش نمونه‌گیری

با استفاده از روش کوکران که در رابطه (۱) نشان داده شده است، تعداد افراد نمونه ۳۰ نفر تعیین شد (Cochran, Snedecor and 1980). افراد مورد مطالعه از مشهد و حومه بودند. این تحقیق در نیمه اول سال ۱۳۹۲ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2} \quad (1)$$

$$d = \frac{t \times s}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

در روابط (۱) و (۲)، t برابر است با ۱/۹۶ (در سطح اطمینان ۹۵٪)، s پیش برآورد انحراف معیار جامعه، d دقت احتمالی مطلوب، N حجم جامعه و n حجم نمونه است.

روش تجزیه و تحلیل نیروهای وارد بر مفاصل و ماهیچه‌های راننده هنگام استفاده از پدال کلاچ تراکتور

استفاده، عدم تنظیمات صحیح دستگاه و عدم رعایت اصول مهندسی و ارگونومیک طراحی می‌تواند به صورت بالقوه موجب صدمات جسمی و عوارض و بیماری‌های ناشی از کاربرد آن شود. به نحوی که علی‌رغم گسترش فرآیندهای مکانیزه و خودکار، اختلالات اسکلتی-عضلانی^۱ مرتبط با کار، عمده‌ترین عامل از دست رفتن زمان کار، افزایش هزینه‌ها، آسیب‌های انسانی و یکی از بزرگ‌ترین معضلات بهداشت حرفه‌ای در کشورهای صنعتی است (Mohammadi Zeidi *et al.*, 2010). این اختلالات از متداول‌ترین تهدیدات سلامتی ناشی از شرایط کاری نامتناسب ارگونومی است که روی ده‌ها میلیون کارگر در همه بخش‌های کاری از جمله کشاورزی اثر می‌گذارد (Niu, 2010)، که لزوم توجه به این امر احساس می‌شود.

گروهی از شاغلین که در بخش کشاورزی به‌طور مستقیم با ماشین‌ها و ادوات مختلف در ارتباط هستند، راننده‌های تراکتور می‌باشند. در مطالعه بر روی تولید دانه‌های روغنی در آمریکا، کاشت و برداشت محصولات کشاورزی با ماشین‌های کشاورزی به‌عنوان پراسیب‌ترین فعالیت کشاورزان گزارش شد. در این مطالعه آسیب‌های ناشی از این فعالیت‌ها را در کل بدن و به‌خصوص کمر و خستگی عمومی و بصری اعلام نمودند (Fathallah, 2010). در مطالعه‌ای بر روی تأثیر کاربرد اتاقک تاشو تراکتور بر آسایش رانندگان در سه وضعیت نامطلوب محیطی نشان داد که وضعیت قرارگیری اتاقک با تمام جهات بسته قادر به ایجاد راحتی به میزان متوسط ۸/۷۵ از مقدار کلی ۱۰ در شرایط سرد بوده است. در حالی که وضعیت قرارگیری اتاقک با جلو و عقب باز و تعبیه پنجره‌های جانبی باز توانسته میزان متوسط نسبی راحتی ۷/۷۵ از ۱۰ در شرایط گرم را برای کاربرها ایجاد کند (Bhoi *et al.*, 2007). در مطالعه‌ای بیماری‌های کمر درد رانندگان تراکتورهای کشاورزی به دلیل قرار گرفتن در معرض لرزش کلی بدن و وضعیت پر فشار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد میزان شیوع کمر درد در بین رانندگان، بیشتر از گروه دیگری که این فعالیت را انجام نمی‌دادند، بود (Bovenzi and Betta, 1994).

اگرچه مطالعاتی بر روی وضعیت ارگونومی رانندگان تراکتور صورت گرفته است، اما به دلیل مواردی از جمله سختی شرایط کار همچنان این قشر از جامعه در وضعیت نسبتاً نامناسب سلامتی قرار دارند. مضافاً این که چون اثرات سوء شغلی این افراد تحت تأثیر موقعیت جغرافیایی، اقلیمی، ویژگی‌های فردی و نوع ماشین است، ضروری است که با نگاهی ریزبینانه شرایط کاری این افراد روی ماشین‌های مختلف و در مناطق مختلف جغرافیایی مورد مطالعه جدی قرار گیرد. در حدود ۸۵ درصد از کل مزارع دنیا مساحتی کمتر از دو هکتار دارند که براساس تعریف بانک جهانی در دسته‌بندی مزارع کوچک قرار می‌گیرند. متوسط سطح مالکیت اراضی کشاورزی در

عضله مورد بررسی داشته است و کاهش آستانه درد کمتر نشان‌دهنده تأثیر پایین‌تر کلاچ‌گیری بر عضله راننده تراکتور بود. در همه راننده‌ها عضلات منتخب در سمت چپ (سمت کلاچ) مورد آزمون قرار گرفته‌اند و اندازه‌گیری‌ها با رعایت فواصل زمانی مناسب بین آزمایش‌های مختلف صورت گرفت. با توجه به این که کلاچ تراکتور MF285 دو مرحله‌ای است برای جلوگیری از خطای احتمالی ناشی از اعمال مرحله دوم کلاچ که مربوط به محور توان‌دهی (PTO) است، با قرار دادن مانع فلزی زیر پدال از اعمال نیروی مازاد و رفتن به مرحله دوم کلاچ‌گیری جلوگیری شد. برای اندازه‌گیری نیروی مورد نیاز کلاچ از یک فنر واسط به طول اولیه ۵۵ میلی‌متر که بین کف پای اپراتور و پدال کلاچ قرار گرفت و کاهش طول فنر تحت فشار پا، استفاده شد. با استفاده از دستگاه تست کشش-فشار مدل HTE-5000 فنر مورد نظر واسنجی (کالیبره) گردید و از این طریق نیروی کلاچ‌گیری مشخص شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار JMP4 تجزیه و تحلیل شدند. تفاوت زاویه‌های زانو، مچ و ران پا و کاهش آستانه درد بعد از ۳۰، ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری و بعد از ۶۰ ثانیه استراحت پس از کلاچ‌گیری در عضلات سه گانه در دو تراکتور با استفاده از آزمون t مقایسه میانگین‌ها به روش مشاهدات جفت شده^۸ بررسی شد.

نتایج و بحث

میانگین وزن، قد و شاخص BMI افراد در این مطالعه به‌ترتیب ۶۲/۲۳ kg، ۱۷۷/۴۳ cm، ۲۱/۹۱ kg m⁻² محاسبه شد. نتایج مربوط به اندازه‌گیری نیروی مورد نیاز کلاچ‌گیری در این دو تراکتور نشان داد که نیروی کلاچ‌گیری مورد نیاز تراکتور MF285 بیشتر از MF399 بود. به طوری که برای کلاچ‌گیری در این دو تراکتور به‌ترتیب ۳۴۰ و ۲۹۰ نیوتن نیرو نیاز بود. در مطالعه‌ای حداکثر نیروی پای راست و چپ به‌ترتیب ۶۶۵ و ۶۱۳ نیوتن گزارش شد و توصیه شد، حداکثر نیروی محرک برای ترمز و کلاچ باید به‌ترتیب ۳۳۰ و ۲۸۰ نیوتن باشد (Mehta et al., 2007). هر دو تراکتور MF285 و MF399 نیروی بیشتری از میزان توصیه شده در گزارش فوق‌الذکر برای کلاچ‌گیری مصرف می‌نمایند، که نشان می‌دهد این تراکتورها فشار نامتعارفی به رانندگان اعمال می‌کنند. در جدول ۱ اطلاعات مربوط به مقایسه زاویه قرارگیری زانو، ران و مچ پا در دو تراکتور MF285 و MF399 آورده شده است. میانگین زاویه قرارگیری زانو در این تراکتورها به‌ترتیب ۱۲۷/۸۳ و ۱۴۸/۸۳ درجه محاسبه شد و تفاوت زاویه قرارگیری زانو در دو تراکتور در سطح یک درصد معنی‌دار محاسبه شد.

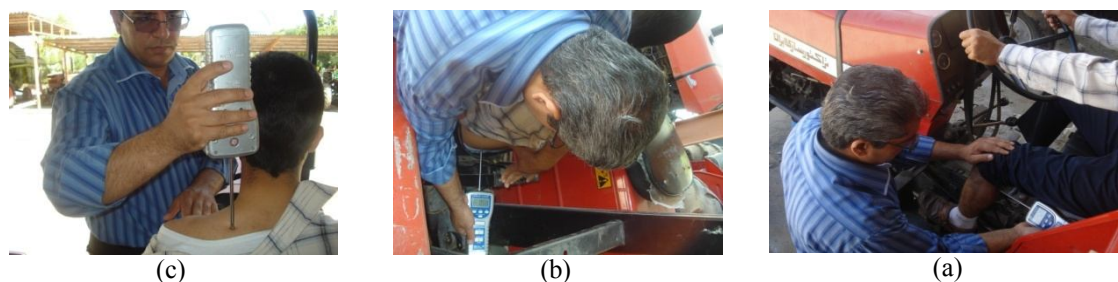
در این مطالعه به‌منظور کمک به تجزیه و تحلیل نتایج، شاخص BMI^۱، قد و وزن افراد اندازه‌گیری شد و زاویه زانو، مچ و ران پا افراد در هنگام کلاچ‌گیری تراکتورهای MF285 و MF399 مورد بررسی قرار گرفت. شاخص BMI سنجشی برای مقایسه وزن و قد یک فرد است که از طریق رابطه (۳) محاسبه می‌شود. اگر این عدد کمتر از ۱۸/۵ باشد، وزن فرد کمتر از حد طبیعی است. شاخص BMI بین ۱۸/۵ تا ۲۴/۹ به معنای وزن طبیعی است. شاخص BMI بیش از ۲۵ و بیش از ۳۰ به‌ترتیب بیانگر اضافه وزن و چاقی است (Jaworowska and Bazylak, 2009). زاویه‌های زانو، ران و مچ پای رانندگان در هنگام کلاچ‌گیری با استفاده از خط‌کش نقل‌دهنده اندازه‌گیری شد.

$$BMI = \frac{\text{وزن}}{\text{قد}^2} \quad (3)$$

که در رابطه (۳)، وزن برحسب کیلوگرم و قد برحسب متر است. به‌منظور حذف اثرات وضعیت صندلی راننده، برای هر فرد مورد آزمون فاصله عمودی صندلی راننده براساس وزن و با استفاده از راهنمای درج شده در پشت صندلی راننده و فاصله افقی براساس ابعاد انتروپومتریک^۲ افراد تنظیم شد. برای تعیین آستانه درد از دستگاه الگومتر با نام لوترن مدل FG-5005 با رزولوشن ۰/۰۱ نیوتن و سطح مقطع پروب ۴۴/۱۵ میلی‌متر مربع استفاده شد. بررسی‌ها روی سه عضله گاستروکینیموس^۳ (در ناحیه ساق پا)، کوادراتوس لومباروم^۴ (در ناحیه کمر) و تراپزیوس^۵ (عضله دوزنقه‌ای از خط پس گردنی فوقانی) انجام شد. گاستروکینیوس عضله سطحی ساق بوده که دو سر آن به آسانی در خلف ساق قابل لمس است. کوادراتوس لومباروم عضله‌ای مهم در ثبات مفاصل کمری است و در خلال بسیاری از فعالیت‌های فلکشن^۶ (خم شدن به جلو)، اکستنشن^۷ (خم شدن به عقب) و خم شدن جانبی کمر تأثیر دارد. تراپزیوس عضله‌ای در ناحیه بالای پشت مرکب از سه قسمت است که مطالعه بر روی قسمت upper trapezius صورت گرفته است (Kendall, 1993; McGill, 1996; Simons et al., 1999; Bull et al., 1989).

اندازه‌گیری‌ها برای هر نفر بر روی هر عضله با دستگاه الگومتر قبل از کلاچ‌گیری، ۳۰ ثانیه بعد از کلاچ‌گیری، ۶۰ ثانیه بعد از کلاچ‌گیری و بعد از ۶۰ ثانیه استراحت انجام گرفت (شکل ۱). کاهش آستانه درد بیشتر نشان می‌داد که کلاچ‌گیری تأثیر بیشتری بر روی

- 1- Body mass index
- 2- Anthropometrics
- 3- Gastrocnemius muscle
- 4- Quadratus lumborum muscle
- 5- Trapezius muscle
- 6- Flexion
- 7- Extension



شکل ۱- استفاده از دستگاه الگومتر در ناحیه عضله‌های؛ (a) گاستروکینیموس، (b) کوادراتوس لومباروم، (c) تراپزیوس، برای تعیین آستانه درد
Fig.1. Using the algometer in muscles; (a) Gastrocnemius, (b) Quadratus lumborum (c) Trapezius, to determine the decrease of pain threshold

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های زاویه قرارگیری زانو، ران و مچ پا در تراکتورهای MF285 و MF399

Table 1- Means comparison of knee location, thigh and ankle angles of MF399 and MF285 tractors

| | میانگین MF285 برحسب درجه (انحراف معیار) Average MF285 In degrees (standard deviation) | میانگین MF399 برحسب درجه (انحراف معیار) Average MF399 In degrees (standard deviation) | آماره t t Statistics | P-value |
|----------------------------|--|--|-------------------------|---------|
| زاویه زانو Knee angle | 127.83 (10.78) | 148.83 (8.36) | -8.67* | 0.0001 |
| زاویه ران Thigh angle | 94.70 (13.14) | 93.70 (10.88) | 0.31 ^{ns} | 0.7590 |
| زاویه مچ پا Ankle angle | 108.77 (12.40) | 112.57 (8.62) | -1.53 ^{ns} | 0.1360 |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار

*, ** Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively, ^{ns} Non. Significant

کلاچ در تراکتور MF285 برابر ۶/۳۰ نیوتن و در تراکتور MF399 برابر ۴/۲۷ نیوتن محاسبه شد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، میانگین کاهش آستانه درد بعد از ۶۰ ثانیه در تراکتور MF285 بیشتر از تراکتور MF399 محاسبه شد و اختلاف آن‌ها نیز در این دو تراکتور در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان داد، کلاچ‌گیری در تراکتور MF285 موجب می‌شود، اپراتور تراکتور در زمان کوتاه‌تری نسبت به تراکتور MF399 آستانه درد را در عضله گاستروکینیموس احساس کند. نتایج حاکی از آن بود که کاهش آستانه درد پس از ۶۰ ثانیه استراحت بعد از کلاچ‌گیری در تراکتور MF285 بیشتر از تراکتور MF399 است و این کاهش در سطح پنج درصد معنی‌دار محاسبه شد. از دلایل بیشتر بودن کاهش آستانه درد روی عضله گاستروکینیموس در تراکتور MF285 نسبت به تراکتور MF399 می‌توان به بیشتر بودن نیروی مورد نیاز کلاچ‌گیری در تراکتور MF285 و همچنین اختلاف معنی‌دار زاویه قرارگیری زانوی پای اپراتور هنگام کلاچ‌گیری در این دو تراکتور اشاره نمود.

نتایج آزمایش‌ها روی عضله تراپزیوس نیز در جدول ۲ ارائه شده است. کاهش آستانه درد بعد از ۳۰ ثانیه کلاچ‌گیری در تراکتورهای

زاویه قرارگیری ران پا در تراکتور MF285 بیشتر از زاویه قرارگیری ران پا در تراکتور MF399 به دست آمد و زاویه قرارگیری مچ پا در تراکتور MF285 کمتر از زاویه قرارگیری مچ پا در تراکتور MF399 بود. ولی تفاوت زاویه قرارگیری ران و مچ پا در این دو تراکتور در سطح یک درصد معنی‌دار نشد. با توجه به این‌که تراکتور MF285 چهار سیلندر و با توان ۷۵ اسب بخار است، نسبت به تراکتور MF399 که تراکتوری شش سیلندر با ۱۱۰ اسب بخار است، گشتاور کمتری به سیستم انتقال قدرت منتقل می‌کند. اما در این تراکتور جهت کلاچ‌گیری نیروی بیشتری توسط اپراتور مورد نیاز است.

جدول ۲ نتایج مربوط به آستانه درد با استفاده از دستگاه الگومتر در ناحیه عضلات سه گانه را نشان می‌دهد. میانگین کاهش آستانه درد در عضله گاستروکینیموس بعد از گذشت ۳۰ ثانیه کلاچ‌گیری در تراکتور MF285 بیشتر از تراکتور MF399 به دست آمد و به ترتیب ۳/۸۷ و ۳/۲۳ نیوتن اندازه‌گیری شد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، کاهش آستانه درد بعد از ۳۰ ثانیه در تراکتور MF285 بیشتر از تراکتور MF399 به دست آمد که اختلاف این دو آستانه درد در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. کاهش آستانه درد بعد از ۶۰ ثانیه نگه داشتن

میانگین کاهش آستانه درد در حین و پس از کلاچ‌گیری در دو تراکتور در عضلات سه‌گانه در جدول ۳ آورده شده است. نتایج حاکی از آن بود که عضله کوادراتوس لومباروم میانگین کاهش آستانه درد بیشتری نسبت به دو عضله دیگر بعد از ۳۰، ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری و بعد از ۶۰ ثانیه استراحت پس از کلاچ‌گیری داشت و کلاچ‌گیری در این عضله تأثیر بیشتری بر کاهش آستانه درد گذاشته است. دلیل این امر را می‌توان به این نسبت داد که براساس مطالعات صورت گرفته عضله کوادراتوس لومباروم همواره درجاتی از انقباض را دارا می‌باشد و در همه حالت از جمله خم شدن (فلکشن) به جلو و نیز استراحت، به‌طور کامل بدون فعالیت نخواهد بود (Anderson et al., 1996). در برخی از فعالیت‌هایی که به‌صورت دستی نیز توسط کشاورزان صورت می‌گیرد، ناحیه کمر از شایع‌ترین اختلالات اسکلتی عضلانی گزارش شده است (Ojha et al., 2012; Nikkhhah et al., 2014). دومین عضله‌ای که کلاچ‌گیری سبب کاهش آستانه درد بیشتری در آن شده است، عضله گاستروکینیموس است (شکل ۲).

MF285 و MF399 به ترتیب ۳/۵۰ و ۲/۷۳ نیوتن بود. کاهش آستانه درد بعد از ۳۰ ثانیه کلاچ‌گیری در این عضله هم مانند عضله گاستروکینیموس در تراکتور MF285 بیشتر از MF399 به دست آمد. کاهش آستانه درد در عضله تراپزیوس بعد از ۳۰ ثانیه کلاچ‌گیری در این دو تراکتور در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار شد. اگر چه کاهش آستانه درد بعد از ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری و ۶۰ ثانیه استراحت پس از کلاچ‌گیری در تراکتور MF285 بیشتر از تراکتور MF399 به دست آمد ولی این اختلافات از نظر آماری معنی‌دار نبود.

آستانه درد روی عضله کوادراتوس لومباروم نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج مربوط به آن در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد کاهش آستانه درد بعد از ۳۰ ثانیه کلاچ‌گیری، ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری و ۶۰ ثانیه استراحت پس از کلاچ‌گیری روی عضله کوادراتوس لومباروم روی اپراتورهای تراکتور MF285 بیشتر از تراکتور MF399 است. با این وجود تنها اختلاف کاهش آستانه درد روی عضله کوادراتوس لومباروم پس از ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری در دو تراکتور در سطح پنج درصد معنی‌دار شد.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های کاهش آستانه درد بعد از ۳۰، ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری و بعد از ۶۰ ثانیه استراحت پس از کلاچ‌گیری در تراکتورهای MF285 و MF399

Table 2- Means comparison of the decrease of pain threshold after 30 seconds and 60 seconds clutching and 60 seconds rest after clutching of MF399 and MF285 tractors

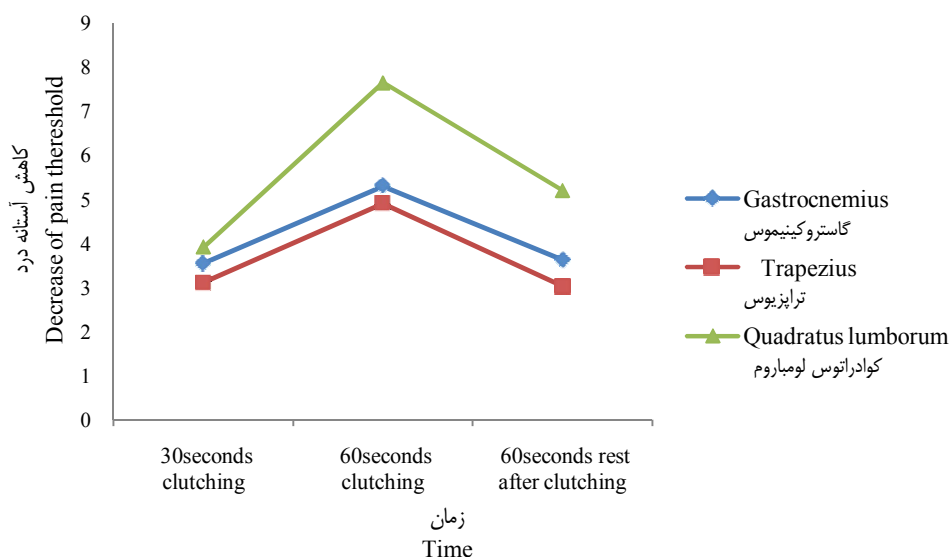
| عضله Muscle | کاهش آستانه درد عضله بعد از The decrease of pain threshold in muscle after | میانگین MF285 Average MF285 (N) | میانگین MF399 Average MF399 (N) | آماره t t Statistics | Prob |
|---|--|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------|
| گاستروکینیموس Gastrocnemius | ۳۰ ثانیه 30 seconds | 3.87 | 3.23 | -2.52* | 0.018 |
| | ۶۰ ثانیه 60 seconds | 6.30 | 4.27 | -7.68** | 0.000 |
| | ۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest | 4.20 | 3.07 | -2.70* | 0.011 |
| تراپزیوس Trapezius | ۳۰ ثانیه 30 seconds | 3.50 | 2.73 | -2.02 ^{ns} | 0.053 |
| | ۶۰ ثانیه 60 seconds | 5.20 | 4.60 | -1.50 ^{ns} | 0.144 |
| | ۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest | 3.33 | 2.73 | -1.34 ^{ns} | 0.189 |
| کوادرآتوس لومباروم Quadratus lumborum | ۳۰ ثانیه 30 seconds | 4.30 | 3.53 | -1.60 ^{ns} | 0.118 |
| | ۶۰ ثانیه 60 seconds | 8.47 | 6.83 | -2.56* | 0.016 |
| | ۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest | 5.63 | 4.77 | -1.47 ^{ns} | 0.153 |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار
* ** Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively, ^{ns} Non. Significant

جدول ۳- میانگین کاهش آستانه درد بعد از ۳۰، ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری و بعد از ۶۰ ثانیه استراحت پس از کلاچ‌گیری در تراکتورهای MF285 و MF399

Table 3- The average decrease of pain threshold after 30 seconds and 60 seconds clutching and 60 seconds rest after clutching of MF399 and MF285 tractors

| عضله Muscle | کاهش آستانه درد عضله بعد از The decrease of pain threshold in muscle after | میانگین برحسب نیوتن (انحراف معیار) Average (N) (Standard deviation) |
|--|---|--|
| گاسترو کینیموس Gastrocnemius | ۳۰ ثانیه 30 seconds | 3.55 (3.10) |
| | ۶۰ ثانیه 60 seconds | 5.30 (3.41) |
| | ۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest | 3.63 (2.50) |
| تراپزیوس Trapezius | ۳۰ ثانیه 30 seconds | 3.12 (1.54) |
| | ۶۰ ثانیه 60 seconds | 4.90 (1.75) |
| | ۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest | 3.03 (1.71) |
| کوادراتوس لومباروم Quadratus lumborum | ۳۰ ثانیه 30 seconds | 3.92 (2.40) |
| | ۶۰ ثانیه 60 seconds | 7.65 (3.16) |
| | ۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest | 5.20 (2.74) |



شکل ۲- میانگین کاهش آستانه درد بعد از ۳۰، ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری و بعد از ۶۰ ثانیه استراحت پس از کلاچ‌گیری در تراکتورهای MF285 و MF399

Fig.2. The average decrease of pain threshold after 30 seconds and 60 seconds clutching and 60 seconds rest after clutching of MF399 and MF285 tractors

راستای نیروی اعمال شده با اصطکاک بیشتری در مفصل خود چرخش کند. بر این اساس به شرکت سازنده این تراکتور پیشنهاد می‌شود برای کاهش نیروی ورودی برای کلاچ‌گیری تراکتور MF285 و رفاه حال بیشتر رانندگان تمهیدات لازم صورت گیرد. با توجه به این که این تراکتور جزو تراکتورهای سبک محسوب می‌شود و میزان تولید و استفاده از آن در بخش کشاورزی ایران به مراتب بیشتر از تراکتور MF399 است (AJMDC, 2012). توجه به بهینه‌سازی آن نقش بیشتری در بهداشت حرفه‌ای بخش کشاورزی خواهد داشت. به‌عنوان یک پیشنهاد مقدماتی توصیه می‌شود، مفصل انتقال نیرو بین پدال و دیسک در مکانیزم کلاچ‌گیری که در شکل ۳ نشان داده شده است، از چدن ریخته‌گری ساخته شود. زیرا اگر این قطعه از این جنس ساخته شود، هنگام اعمال نیرو به پدال، تغییر شکل قابل توجهی نداد و از صرف نیروی بیشتر جلوگیری می‌شود. آزمایش‌های مقدماتی نشان دادند که با انجام این کار بر روی مکانیزم کلاچ‌گیری تراکتور MF285 میزان نیروی مورد نیاز کلاچ‌گیری می‌تواند تا ۷۰ نیوتن کاهش یابد.



شکل ۳- مفصل انتقال نیرو بین پدال و دیسک در مکانیزم کلاچ‌گیری تراکتور MF285

Fig.3. Joint transmission between the pedal and the disc in clutching mechanism of MF285 tractor

عضله گاستروکینیموس نقش کلیدی در فلکشن پلانتار^۱ مچ پا (جزء درگیر در حین کلاچ‌گیری) دارد (Kendall et al., 1993). عضله تراپزیوس تحت تأثیر کمترین کاهش آستانه درد در حین و پس از کلاچ‌گیری نسبت به دو عضله دیگر قرار گرفته است. همان‌طوری که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، در عضلات گاستروکینیموس و کوادراتوس لومباروم کاهش آستانه درد پس از ۳۰ ثانیه کلاچ‌گیری کمترین مقدار است و پس از ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری این کاهش آستانه درد به بیشترین مقدار خود می‌رسد. بعد از ۶۰ ثانیه استراحت پس از کلاچ‌گیری، کاهش آستانه درد هنوز بیشتر از کاهش آستانه درد پس از ۳۰ ثانیه کلاچ‌گیری است، ولی نسبت به کاهش آستانه درد پس از ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری کاهش محسوسی نشان داده و به‌نظر می‌رسد کمی استراحت سبب بهبودی^۲ نسبی در عضلات مذکور گشته است. ولی در عضله تراپزیوس میانگین کاهش آستانه درد پس از ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری بیشترین مقدار است و بعد از آن کاهش آستانه درد بعد از ۳۰ ثانیه کلاچ‌گیری بیشترین مقدار است. این موضوع بیانگر این است که عضله تراپزیوس به‌طور نسبی سریع‌تر از دو عضله دیگر به حالت اولیه خود نزدیک می‌شود و تحت تأثیر کمتری نسبت به فشارهای وارد در حین کلاچ‌گیری قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه عملکرد این قسمت از عضله بالا آوردن مفصل استرنوکلاویکولر^۳ و همچنین بالا بردن، نزدیک کردن و چرخش به بالای استخوان کتف است، لذا به‌نظر می‌رسد این عضله در حین گرفتن فرمان و در دراز مدت بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Bull et al., 1989).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اگرچه مکانیزم کلاچ‌گیری در هر دو تراکتور به‌گونه‌ای است که نیروی مورد نیاز زیادتر از حد توصیه شده را لازم دارند، با این وجود این مسئله در خصوص تراکتور MF285 حادتر است. از این رو در حین آزمایش‌ها بررسی روی مکانیزم کلاچ‌گیری تراکتور MF285 انجام شد و مشخص شد، مفصلی که پدال کلاچ حول آن محور به حرکت در می‌آید توسط قطعه فولادی به قطر هشت میلی‌متر با پیچ و مهره به پوسته گیربکس متصل است. زمانی که نیرو به پدال وارد می‌شود این قطعه دو میلی‌متر تغییر شکل (حالت) می‌دهد، همین تغییر حالت باعث تغییر جهت راستای اعمال نیرو در مکانیزم کلاچ می‌شود که نتیجه آن افزایش نیروی مورد نیاز است. همچنین باعث می‌شود اهرم کلاچ در

- 1- Plantar flexion
- 2- Recovery
- 3- Sternoclavicular joint

منابع

1. Agriculture Jahad Mechanization Development Center (AJMDC). 2012. Available from: <http://www.ajmdc.ir>. Accessed 26 May 2013. (In Farsi).
2. Almassi, M., S. Kiani, and N. Loiemi. 2008. Principles of agricultural mechanization. Forest publications. (In Farsi).
3. Anderson, E. A., L. I. Oddsson, H. Grundstrom, J. Nilsson, and A. Thorstensson. 1996. EMG activities of the quadrates lumborum and erector spinae muscles during flexion-relaxation and other motor tasks. *Clin Biomech* 11: 392-400.
4. Bhoi, P. K., V. K. Tewari, R. Dhar, and K. N. Dewangan. 2007. The effect of an all season collapsible tractor operator enclosure on driver comfort in three adverse environmental conditions. *International Journal of Industrial Ergonomics* 37 (6): 479-487.
5. Bovenzi, M., and A. Betta. 1994. Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress. *Applied Ergonomics* 25 (4): 231-241.
6. Brian, G. S., and J. Kienzle. 2006. Farm power and mechanization for sub-Saharan Africa. Agricultural and Food Engineering Technical Report. Available from: <http://www.fao.org>. Accessed 8 May 2013.
7. Bull, M. L., M. Vitti, and V. De Freitas. 1989. Electromyographic study of the trapezius (pars superior) and serratus anterior (pars inferior) muscles in free movements of the shoulder. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 29: 119-125.
8. Fathallah, F. A. 2010. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. *Applied Ergonomics* 41 (6): 738-743.
9. International Labour Office (ILO). 2012. Ergonomic checkpoints in agriculture, Prepared by the International Labour Office in collaboration with the International Ergonomics Association. Geneva, Available from <http://www.ilo.org>. Accessed 3 May 2013.
10. Jaworowska, A., and G. Bazylak. 2009. An outbreak of body weight dissatisfaction associated with self-perceived BMI and dieting among female pharmacy students. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 63: 679-692.
11. Kendall, F. P., E. K. McCreary, and P. G. Provance. 1993. Muscle testing and function. Baltimore: Williams and Wilkins.
12. McGill, S. M. 1996. A revised anatomical model of the abdominal musculature for torso flexion efforts. *Journal of Biomech* 29: 973-977.
13. Mehta, C. R., P. S. Tiwari, S. Rokade, M. M. Pandey, S. C. Pharade, L. P. Gite, and S. B. Yadav. 2007. Leg strength of Indian operators in the operation of tractor pedals. *International Journal of Industrial Ergonomics* 37: 283-289.
14. Mohammadi Zeidi, I., A. Heydarnia, S. Niknami, A. Safari Variani, and S. Varmazyar. 2010. The effects of an educational intervention on knowledge, attitude and ergonomic behaviors. *The Journal of Qazvin University of Medical Sciences* 14: 33-40. (In Farsi).
15. Nikkhah, A., Z. Kougir Chegini, A. Kosari-moghadam, and S. H. Payman. 2014. Musculoskeletal disorders, energy use and costs of human labor in Rice farming in Guilan province. The 8th National Congress on Agricultural Machinery Engineering (Biosystem) and Mechanization, Mashhad, Iran. (In Farsi).
16. Nikkhah, A., M. Khojastehpour, B. Emadi, A. Taheri-Rad, and S. Khorramdel. 2015. Environmental impacts of peanut production system using life cycle assessment methodology. *Journal of Cleaner Production*, doi:10.1016/j.jclepro.2014.12.048.
17. Niu, S. 2010. Ergonomics and occupational safety and health. An ILO perspective. *Applied Ergonomics* 41: 744-753.
18. Ojha, P., and S. Kwatra. 2012. An ergonomic study on human drudgery and musculoskeletal disorders by rice transplanting. *Studies on Home Community Science* 6 (1): 15-20.
19. Saiedirad, M., and S. Parhizgar. 2011. Study on agricultural mechanization indexes of small farms in Khorasan Razavi province and suggesting possible improvement. *Journal of Agricultural Machinery Engineering* 1 (1): 48-53. (In Farsi).

20. Simons, D. G., J. G. Travell, and L. S. Simons. 1999. Travell and Simons Myofacial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual. Baltimore. Williams and Wilkins.
21. Snedecor, G. W., and W. G. Cochran. 1980. Statistical methods. Iowa State University Press.
22. Takala, J., and S. Niu. 2003. Responses to the equity challenge in safety and health at work: improvement of working conditions in equitable bases. In: 27th International Congress on Occupational Health, Iguassu Falls, Brazil.
23. World Bank. 2003. Researching the rural poor. A renewed strategy for rural development. Washington, D. C.