

بررسی ارگونومیکی مکانیزم‌های ترمز و گاز تراکتورهای MF285 و MF399 به روش الکترومیوگرافی

امین نیکخواه^۱ - باقر عمادی^۲ - مهدی خجسته پور^۲ - سید رضا عطارزاده حسینی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۱۸

چکیده

توجه به وضعیت ارگونومیکی کاربران ماشین‌های کشاورزی یکی از اهداف مکانیزاسیون کشاورزی می‌باشد. از این‌رو، این پژوهش با به‌کارگیری روشی جدید به بررسی وضعیت ارگونومیک مکانیزم‌های ترمز و گاز تراکتورهای MF285 و MF399 پرداخت، بدین ترتیب که فعالیت الکتریکی عضلات دوقلوی داخلی، دوقلوی خارجی، پهن داخلی، پهن خارجی، کوادراتوس لومباروم و تراپزیوس فوقانی کاربران قبل، در حین و پس از استراحت بعد از فشردن پدال‌های ترمز و گاز توسط دستگاه بیویژن ثبت شد. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که عضلات پهن داخلی و دوقلوی داخلی با نسبت RMS بعد از ۶۰ ثانیه فشردن پدال نسبت به قبل آن به ترتیب با ۲/۴۷ و ۱/۹۷ بیش‌ترین فعالیت الکتریکی را در حین استفاده از مکانیزم ترمز تراکتور MF285 داشتند. عضلات دوقلوی داخلی و دوقلوی خارجی کاربران نیز بیش‌ترین تنش را در هنگام فشردن پدال ترمز تراکتور MF399 داشتند. به‌طور کلی، عضلات پهن داخلی و تراپزیوس فوقانی در حین استفاده از ترمز تراکتور MF285 تحت تنش بیش‌تری نسبت به تراکتور MF399 قرار گرفتند، در حالی که عضلات دوقلوی داخلی، دوقلوی خارجی، پهن خارجی و کوادراتوس لومباروم طی به‌کارگیری مکانیزم ترمز تراکتور MF285 تحت تنش کم‌تری نسبت به تراکتور دیگر قرار گرفتند. عضلات کوادراتوس لومباروم و دوقلوی داخلی کاربران در حین فشردن پدال گاز تراکتور MF285 به ترتیب بیش‌ترین نسبت فعالیت الکتریکی را داشتند. در حالی که کاربران تراکتور MF399 بیش‌ترین تنش را در حین استفاده از پدال گاز بر روی عضلات پهن داخلی و دوقلوی خارجی متحمل می‌شوند. به‌طور کلی، نسبت فعالیت الکتریکی تمام عضلات به‌جز عضله پهن خارجی در حین استفاده از پدال گاز تراکتور MF285 بیش‌تر از تراکتور MF399 بود و کاربران این تراکتور در حین استفاده از مکانیزم گاز این تراکتور در شرایط نامطلوب‌تری قرار داشتند.

واژه‌های کلیدی: پدال، دوقلوی داخلی، عضله، فعالیت الکتریکی، ماشین‌های کشاورزی

مقدمه

نامناسب کاری اهمیت دو چندان می‌یابد. کاربر ماشین کشاورزی را در نظر بگیرید که برای شخم یک قطعه زمین می‌بایست به دفعات مسیرهای مختلفی را در زمین بپیماید و در حین انجام عملیات به‌طور مداوم از ابزارهای کنترلی مانند کلاچ، ترمز و گاز استفاده نماید که این موارد سبب شده در سال‌های اخیر به کنترل ماهواره‌ای و بی‌سیم ماشین‌های کشاورزی توجه گردد (Mazidi et al., 2014; Holpp et al., 2013) اما با توجه به شرایط خاص عملیات کشاورزی در حال حاضر در سرتاسر دنیا مسؤلیت هدایت ماشین‌های کشاورزی در حین عملیات بر عهده کاربر می‌باشد و وضعیت نامناسب ارگونومیک کاربران ماشین‌های کشاورزی در حین کار یک چالش جدی محسوب می‌شود (Fathallah, 2010)، این امر در ایران با توجه به میانگین نسبتاً پایین اراضی کشاورزی جدی‌تر می‌باشد (Fallahi et al., 2015). کاربر در قطعه‌های کوچک زمین نیاز به استفاده بیش‌تر و در فواصل زمانی کوتاه‌تر از ابزارهای کنترلی تراکتور دارد.

راننده‌های وسایل نقلیه همواره از ابزارهای کنترلی برای هدایت ماشین استفاده می‌نمایند. گاه به دلایلی حوادثی منجر به آسیب و حتی تلفات جانی کاربران این ماشین‌ها می‌شود. لذا توجه به ابزارهای کنترلی مورد استفاده و تطابق آن با کاربر ضروری به نظر می‌رسد. ابزارهای کنترلی ارگونومیک شرایط محیط کار را برای کاربر تسهیل می‌نمایند، حال آن که این امر در بخش کشاورزی با توجه به شرایط

۱- دانشجوی دکترای مکانیزاسیون، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم و عضو مرکز پژوهشی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* نویسنده مسؤل: Email: Emadi-b@ferdowsi.um.ac.ir)

۳- دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Aghazadeh *et al.*, 2014) استفاده شده است.

در این مطالعه روش ثبت فعالیت الکتریکی عضلات برای مقایسه ارگونومیک برخی از ابزارهای کنترلی تراکتورهای متداول در ایران به کار گرفته شده است. براین اساس، هدف از این مطالعه مقایسه ارگونومیک پدال‌های ترمز و گاز تراکتورهای MF285 و MF399 به روش الکترومیوگرافی سطحی عضلات می‌باشد. همچنین تعیین عضلاتی با بیش‌ترین نسبت فعالیت الکتریکی در حین استفاده از پدال‌های ترمز و گاز از دیگر اهداف این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای ثبت فعالیت الکتریکی عضلات از دستگاه بیوویژن^۵ استفاده شد. این دستگاه ۱۶ کاناله و ساخت کشور سوئیس می‌باشد (شکل ۱). به منظور مشاهده و تحلیل داده‌ها از نرم افزار DasyLab 10 استفاده شد. هر دو تراکتور مورد آزمایش نو بودند و تنظیمات آن‌ها مطابق با دفترچه راهنما انجام شد (Iran Tractor Manufacturing Company, 2012). این مطالعه به روش تحلیلی توصیفی انجام شد و تعداد افراد مورد آزمایش ۲۵ نفر بودند که سابقه ابتلا به بیماری‌های اسکلتی-عضلانی نداشته و طی یک هفته قبل از آزمایش هیچ‌گونه ناراحتی یا حساسیتی به لمس در عضلات خود نداشتند. افراد مورد مطالعه از شاخص جرم توده بدن^۶ طبیعی برخوردار بودند (Jaworowska and Bazylak, 2009).

برای تعیین نقاطی روی عضلات که الکترودهای سطحی روی آن قرار داده می‌شوند، از نرم افزار سنیم استفاده شد (Seniam, 2014). سپس نقاط مشخص شده روی عضلات کاربران علامت‌گذاری شدند. موهای قسمت‌های مشخص شده، تراشیده شد و با پنبه و الکل تمیز شد. سپس دو الکتروده با فاصله کانونی ۲۰ میلی‌متر در محل‌های تعیین شده، قرار داده شد. الکترودها یک‌بار مصرف بودند. هر یک از کانال‌های دستگاه بیوویژن برای یک عضله تعریف شدند. الکتروده زمین هم در ناحیه زانوی پای کاربر متصل شد. عضلات مورد بررسی شش عضله دوقلوی داخلی^۷ و دوقلوی خارجی^۸ (در ناحیه ساق پا)، پهن داخلی و پهن خارجی (گروه عضلات چهار سر ران)، کوادراتوس لومباروم (کمر) و تراپزیوس فوقانی (شانه) بودند. در همه راننده‌ها عضلات منتخب در سمت راست (سمت پدال‌های ترمز و گاز) مورد آزمون قرار گرفته‌اند و اندازه‌گیری‌ها با رعایت فواصل زمانی مناسب بین آزمایش‌های مختلف صورت گرفت.

MF285 و MF399 پرکاربردترین تراکتورهای ایران به شمار می‌آیند (AJMDC, 2012). این تراکتورها در سرتاسر ایران در عملیات مختلف کشاورزی و غیر کشاورزی به کار گرفته می‌شوند. در یک مطالعه وضعیت ارگونومیک کلاچ این دو تراکتور با استفاده از دستگاه الگومتر مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها در مطالعه خود سه عضله گاستروکینیموس^۱، کوادراتوس لومباروم^۲ و تراپزیوس فوقانی^۳ کاربران را در حین کلاچ‌گیری مورد بررسی قرار دادند و اعلام نمودند که عضلات کاربران تراکتور MF285 در حین کلاچ‌گیری تحت تنش بیش‌تری قرار دارند (Fallahi *et al.*, 2015). وانگ و همکاران نیز معتقدند که دو عامل نیروی ورودی برای فشردن پدال و موقعیت مکانی آن در وضعیت ارگونومیک و احساس راحتی راننده تأثیر به‌سزایی دارند (Wang *et al.*, 2011) مطالعات دیگری نیز با هدف بررسی ارگونومیک ماشین‌های کشاورزی صورت گرفته است (Mehta *et al.*, 2000; Patel *et al.*, 2000; Mehta *et al.*, 2007). در یک مطالعه میزان لرزش‌های ناشی از کاربرد تراکتورهای دو چرخ مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها گزارش نمودند که به‌طور معمول لرزش‌ها در حین کار به دو دسته تقسیم می‌شوند. در حالت اول لرزش به کل بدن منتقل می‌شود ولی کاربر تراکتورهای دو چرخ در معرض لرزش‌هایی نوع دوم یعنی در نواحی دست و بازو قرار دارند که میزان این لرزش‌ها در حالت حمل و نقل و عملیات خاک‌ورزی به ترتیب ۸/۳۷ و ۹/۶۲ متر بر مجذور ثانیه اعلام شد (Goglia *et al.*, 2006).

روش الکترومیوگرافی^۴ عضلات یکی از معتبرترین ابزارهای بررسی مواجهه بدن با بارهای فیزیکی وارده در محیط کاری می‌باشد (Kumar and Mital, 1996). تاکنون مطالعه‌ای با استفاده از ثبت فعالیت الکتریکی عضلات به بررسی وضعیت ارگونومیک تراکتورهای کشاورزی نپرداخته است. ولی از این روش برای بررسی وضعیت بهداشت حرفه‌ای در شرایط کاری مختلف بهره گرفته شده است. برای نمونه در یک مطالعه با ثبت فعالیت الکتریکی عضلات سه نوع فعالیت با پتانسیل آسیب به کارگران در ذبح و بسته بندی طیور مورد بررسی قرار گرفت. فعالیت بریدن و بسته بندی بیش‌ترین فعالیت الکتریکی عضله تراپزیوس را در پی داشت و آن‌ها اظهار داشتند که عدم توجه به وضعیت ارگونومیک ایستگاه‌های کاری منجر به فعالیت الکتریکی زیاد این عضله در حین کار شده است (Bao *et al.*, 2001). از این روش در مطالعات دیگری نیز مانند بررسی ارگونومیک پوست کن خانگی (Koleini-Mamaghani *et al.*, 2012)، موس لپ‌تاب (Dehghan *et al.*, 2014)، کف پوش ضدخستگی

5- Biovision

6- Body Mass Index (BMI)

7- Medial gastrocnemius

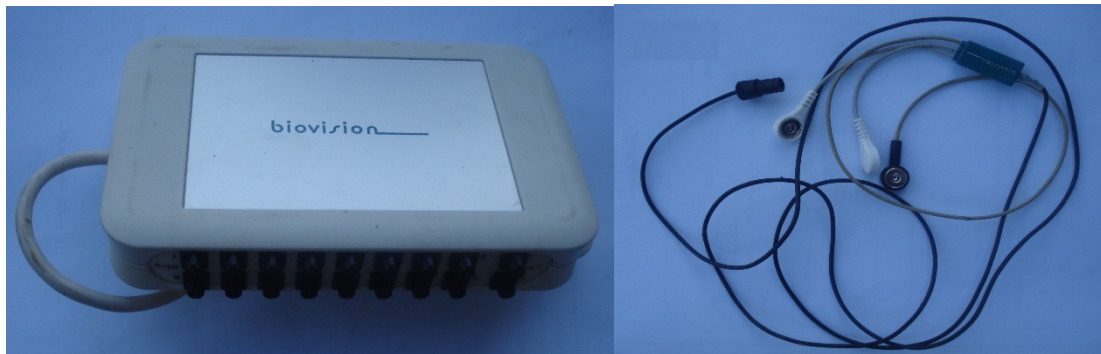
8- Lateral gastrocnemius

1- Gastrocnemius

2- Quadratus lumborum

3- Upper trapezius

4- Electromyography



شکل ۱- دستگاه بیوویژن
Fig.1. Biovision device

رابطه (۱) RMS^1 گرفته شد. در مطالعات دیگری نیز برای تحلیل داده‌های الکترومیوگرافی از این روش بهره گرفته شده است (Mahdavi et al., 2013; Aghazadeh et al., 2014). در انتها نیز برای مقایسه ابزارهای کنترلی دو تراکتور از مقایسه میانگین‌های جفت شده استفاده شد که تحلیل‌های مربوط به این بخش با نرم‌افزار JMP8 انجام گردید.

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)} \quad (1)$$

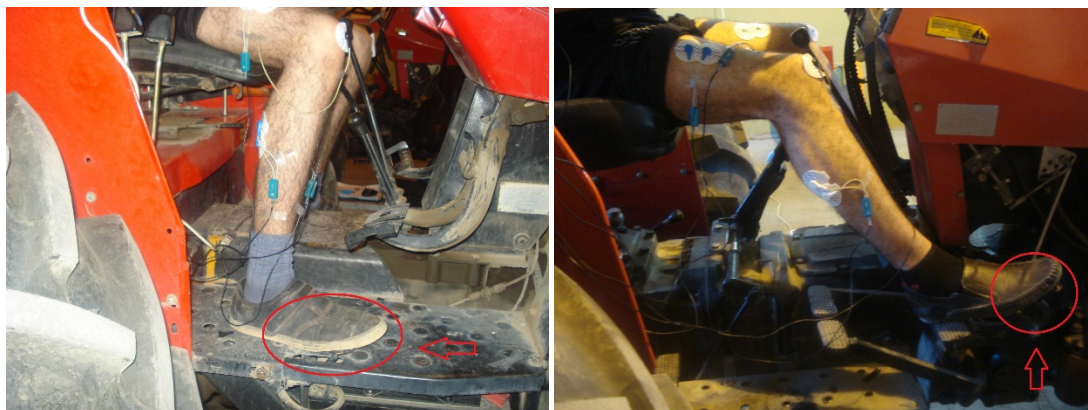
در این رابطه X_{rms} : میانگین ریشه دوم، n : تعداد افراد نمونه و x_i : فعالیت الکتریکی عضله

در مرحله بعد کاربر روی صندلی تراکتور نشست و از او خواسته شد در وضعیت طبیعی روی صندلی بنشیند. در این حالت فعالیت الکتریکی عضلات به مدت ۳۰ ثانیه ثبت شد. همان‌طوری که دستگاه در حال ثبت فعالیت الکتریکی عضلات بود، از کاربر خواسته شد که پدال (ترمز یا گاز) را تا انتها فشار دهد و این وضعیت را ۶۰ ثانیه حفظ نماید. پس از ۶۰ ثانیه فشردن پدال، از کاربر خواسته شد که پای خود را از روی پدال برداشته و به مدت ۶۰ ثانیه به حالت طبیعی روی صندلی تراکتور بنشیند تا در این وضعیت نیز فعالیت الکتریکی عضلات شش‌گانه ثبت گردد. شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب نحوه انجام آزمایش‌ها را در حین گرفتن پدال‌های ترمز و گاز نشان می‌دهد. با توجه به مدت زمان طولانی ثبت فعالیت الکتریکی عضلات، برای هر عضله در هر آزمایش در حدود ۱۸۰ هزار داده موجود بود. با توجه به این که داده‌ها مقادیری مثبت و منفی بودند، از آن‌ها مطابق



شکل ۲- اندازه‌گیری تنش وارد بر عضلات کاربر در استفاده از مکانیزم ترمز (سمت راست: تراکتور MF285 و سمت چپ: تراکتور MF399)
Fig.2. Measurement of muscle stress of drivers while using the brake pedal (Left: MF399 tractor and right: MF285)

1- Root mean square



شکل ۳- اندازه‌گیری تنش وارد بر عضلات کاربر در استفاده از مکانیزم گاز (سمت راست: تراکتور MF285 و سمت چپ: تراکتور MF399)
Fig.3. Measurement of muscle stress of drivers while using the accelerator pedal (Left: MF399 tractor and right: MF285)

نتایج و بحث

بررسی ارگونومیکی مکانیزم ترمز در تراکتورهای MF285 و MF399

در مکانیزم ترمز تراکتور MF285 نسبت فعالیت الکتریکی در ۶۰ ثانیه فشردن پدال ترمز نسبت به قبل از آن در عضلات پهن داخلی و دوقلوی داخلی به ترتیب ۲/۴۷ و ۱/۹۷ به دست آمد. عضله دوقلوی خارجی نیز با نسبت RMS فعالیت الکتریکی ۱/۷۲ یکی دیگر از عضلات مهم و تحت تنش بود. این عضله در مدت زمان طولانی‌تری نسبت به سایر عضلات به حالت اولیه قبل از آزمایش بازگشت، به نحوی که نسبت RMS فعالیت الکتریکی این عضله در ۶۰ ثانیه پس از استراحت نسبت به قبل از استفاده از مکانیزم ترمز ۱/۰۶ به دست آمد (جدول ۱).

در مکانیزم ترمز تراکتور MF399 عضله دوقلوی داخلی بیش‌ترین تنش را متحمل شد و همچنین این عضله در مدت زمان طولانی‌تری نسبت به سایر عضلات به حالت اولیه قبل از آزمایش بازگشت. نسبت RMS پس از ۶۰ ثانیه فشردن پدال و همچنین پس از ۶۰ ثانیه استراحت نسبت به قبل از آن به ترتیب ۲/۴۶ و ۱/۴۶ بود. عضلات دوقلوی خارجی و پهن داخلی با نسبت RMS فعالیت الکتریکی به ترتیب ۱/۷۴ و ۱/۶۱ دومین و سومین عضلات تحت تنش در طی ۶۰ ثانیه ترمزگیری تراکتور MF399 بودند.

تفاوت نسبت RMS فعالیت الکتریکی عضلات پهن داخلی و کوادراتوس لومباروم در طی ۶۰ ثانیه ترمزگیری در دو تراکتور MF285 و MF399 در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. نسبت RMS فعالیت الکتریکی عضله پهن داخلی در تراکتور MF285 بیش‌تر از تراکتور MF399 بود، در حالی که نسبت RMS فعالیت الکتریکی عضله کوادراتوس لومباروم در تراکتور MF285 کم‌تر از دیگر تراکتور

مورد آزمایش در این مطالعه بود. عضله تراپزیوس فوقانی در حین استفاده از ترمز تراکتور MF285 تحت تنش بیش‌تری نسبت به تراکتور MF399 قرار گرفت، در حالی که عضلات دوقلوی داخلی، دوقلوی خارجی و پهن خارجی طی به‌کارگیری مکانیزم ترمز تراکتور MF285 تحت تنش کم‌تری نسبت به تراکتور دیگر قرار گرفتند، اما تفاوت نسبت RMS فعالیت الکتریکی در بین این عضلات طی ۶۰ ثانیه ترمزگیری دو تراکتور در سطح پنج درصد معنی‌دار نبود. همچنین تفاوت فعالیت الکتریکی عضلات دوقلوی داخلی و دوقلوی خارجی بعد از ۶۰ ثانیه استراحت پس از ترمزگیری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود و فعالیت الکتریکی عضلات دوقلوی داخلی و خارجی کاربران تراکتور MF285 تحت مدت زمان کوتاه‌تری نسبت به تراکتور MF399 به حالت قبل از آزمایش باز گشتند.

بررسی ارگونومیکی مکانیزم گاز در تراکتورهای MF285 و MF399

نسبت RMS فعالیت الکتریکی در حین و پس از استفاده از پدال گاز تراکتورهای MF285 و MF399 در جدول ۲ ارائه شده است. در مکانیزم گاز تراکتور MF285 نسبت فعالیت الکتریکی عضله کوادراتوس لومباروم در بین سایر عضلات بیش‌ترین مقدار بود. در این عضله نسبت RMS فعالیت الکتریکی پس از یک دقیقه نگره داشتن پدال گاز نسبت به قبل از آن ۳/۲۵ بود. این عضله همواره تحت درجاتی از فعالیت قرار دارد (Anderson et al., 1996) و طبق گزارش اداره آمار کار آمریکا، کمر درگیرترین عضو در اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با کار است (Bureau of Labor Statistics, 2011; Bureau of Labor Statistics, 2012) ناحیه کمر یکی از پراسیب‌ترین نواحی بدن در حین فعالیت‌های سنتی و دستی کشاورزی نیز شناخته شده است (Ojha and Kwatra, 2012).

Fallahi *et al.* (2015) MF399 و MF285 بیش‌ترین درد را متحمل می‌شود (2014; Nikkhah *et al.*, 2012) فلاحی و همکاران نیز اظهار داشتند که این عضله کاربران در حین کلاچ‌گیری تراکتورهای

جدول ۱- مقایسه نسبت RMS در حین و پس از استراحت بعد از فشردن پدال ترمز تراکتورهای MF399 و MF285
Table 1- Comparison of the RMS ratio during pressing the brake pedal of MF285 and MF399 tractors and after rest time to recovery of muscles

عضله Muscle	نسبت RMS عضله بعد از RMS ratio in muscle after	نسبت RMS MF285 RMS ratio MF285	نسبت RMS MF399 RMS ratio MF399	آماره t t-Statistics
دوقلوی داخلی Medial gastrocnemius	۶۰ ثانیه 60 seconds	1.97	2.46	-0.53
	۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest	1.01	1.46	-3.00*
دوقلوی خارجی Lateral gastrocnemius	۶۰ ثانیه 60 seconds	1.72	1.74	-0.18
	۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest	1.06	1.35	-3.74*
پهن داخلی Vastus medialis	۶۰ ثانیه 60 seconds	2.47	1.61	1.97*
	۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest	1.03	1.03	0.05
پهن خارجی Vastus lateralis	۶۰ ثانیه 60 seconds	1.01	1.03	-1.68
	۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest	1.00	1.00	1.20
کوادراتوس لومباروم Quadratus lumborum	۶۰ ثانیه 60 seconds	1.01	1.12	-3.92*
	۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest	1.00	1.01	1.72
تراپزیوس فوقانی Upper trapezius	۶۰ ثانیه 60 seconds	1.01	1.00	1.10
	۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest	1.00	1.00	-0.28

* معنی‌دار در سطح پنج درصد

* Significant at 5 percent level

الکتریکی هنگام فشردن پدال گاز نسبت به قبل از آن ۱/۵۰ محاسبه شد. نکته قابل توجه این که نسبت RMS عضله کوادراتوس لومباروم برای فشردن پدال گاز تراکتور MF399 نسبتاً کم بود. دلیل این امر را می‌توان به فاصله طولی زیادتر پدال گاز تراکتور MF285 نسبت داد. این فاصله نسبتاً زیاد سبب می‌شود که کاربر برای فشردن این پدال، کمی به جلو متمایل شود و قسمت‌هایی از بدن مانند کمر در حین فشردن پدال گاز این تراکتور درگیر می‌شوند. در حالی که پدال گاز تراکتور MF399 در وضعیتی که کاربر روی صندلی تراکتور نشسته است، به راحتی قابل دسترس می‌باشد (شکل ۳). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که موقعیت مکانی پدال عاملی مهم در وضعیت ارگونومیک آن می‌باشد (Pheasant and Harris 1982; Wang *et al.*, 1982).

عضله دوقلوی خارجی و دوقلوی داخلی به ترتیب دومین و سومین عضله با بیش‌ترین نسبت فعالیت الکتریکی در هنگام استفاده از پدال گاز تراکتور MF285 بودند. نسبت RMS فعالیت الکتریکی این عضلات در حین استفاده از پدال گاز به ترتیب ۲/۶۵ و ۲/۱۵ بودند. کوادراتوس لومباروم در بین سایر عضلات با بیش‌ترین فاصله زمانی به حالت اولیه قبل از آزمایش بازگشت. به نحوی که پس از ۶۰ ثانیه از رها نمودن پدال گاز همچنان فعالیت الکتریکی نسبتاً زیادی برای این عضله ثبت شد. نسبت RMS فعالیت الکتریکی این عضله پس از ۶۰ ثانیه استراحت نسبت به قبل از فشردن پدال گاز ۱/۴۵ بود. در مکانیزم گاز تراکتور MF399 عضله پهن داخلی بیش‌ترین فعالیت الکتریکی را داشت، به نحوی که نسبت RMS فعالیت

تراکتور MF399 در مدت زمان کوتاه‌تری پس از فشردن پدال گاز به حالت اولیه قبل از آزمایش باز می‌گردند و نسبت RMS فعالیت الکتریکی عضلات کوادراتوس لومباروم و تراپزیوس فوقانی کاربران تراکتور MF399 بعد از یک دقیقه استراحت پس از کلاچ‌گیری به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.05$) کم‌تر از تراکتور MF285 بود. در واقع به نظر می‌رسد که فعالیت الکتریکی عضلات کاربران در تراکتور MF399 پس از رها نمودن پدال گاز با سرعت بیش‌تری کاهش می‌یابد. ولی در تراکتور MF285 برخی از عضلات (کوادراتوس لومباروم و تراپزیوس فوقانی) کاربران پس از گذشت یک دقیقه بعد از رها نمودن پدال گاز، همچنان فعالیت الکتریکی نسبتاً زیادی دارند (جدول ۲).

عضله دوقلوی خارجی نیز پس از پهن داخلی بیش‌ترین نسبت RMS فعالیت الکتریکی را در فرآیند فشردن پدال گاز تراکتور MF399 توسط کاربر داشت. نسبت RMS فعالیت الکتریکی در ۶۰ ثانیه فشردن پدال نسبت به قبل از آن ۱/۴۴ به‌دست آمد. تفاوت نسبت RMS فعالیت الکتریکی عضلات دوقلوی داخلی، دوقلوی خارجی، کوادراتوس لومباروم و تراپزیوس فوقانی کاربران طی ۶۰ ثانیه فشردن پدال گاز در دو تراکتور MF285 و MF399 در سطح پنج درصد معنی‌دار بود و در این عضلات نسبت RMS فعالیت الکتریکی کاربران تراکتور MF285 بیش‌تر از تراکتور MF399 بود، به این معنا که استفاده از پدال گاز تراکتور MF285 عضلات کاربران را تحت تنش بیش‌تری قرار می‌دهد. همان‌طوری که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، اکثر عضلات به غیر از دوقلوی داخلی و خارجی در

جدول ۲- مقایسه نسبت RMS در حین و پس از استراحت بعد از فشردن پدال گاز تراکتورهای MF285 و MF399

Table 2- Comparison of the RMS ratio during pressing the gas pedal of MF285 and MF399 tractors and after rest time to recovery of muscles

عضله Muscle	نسبت RMS عضله بعد از RMS ratio in muscle after	نسبت RMS MF285 RMS ratio MF285	نسبت RMS MF399 RMS ratio MF399	آماره t t-Statistics
دوقلوی داخلی Medial gastrocnemius	۶۰ ثانیه 60 seconds	2.15	1.12	2.26*
	۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest	1.00	1.07	-0.81
دوقلوی خارجی Lateral gastrocnemius	۶۰ ثانیه 60 seconds	2.65	1.44	2.47*
	۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest	1.00	1.04	-0.74
پهن داخلی Vastus medialis	۶۰ ثانیه 60 seconds	1.85	1.50	1.89
	۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest	1.00	1.00	0.38
پهن خارجی Vastus lateralis	۶۰ ثانیه 60 seconds	1.00	1.01	-0.49
	۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest	1.00	1.00	0.34
کوادرآتوس لومباروم Quadratus lumborum	۶۰ ثانیه 60 seconds	3.25	1.02	3.13*
	۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest	1.45	1.00	2.12*
تراپزیوس فوقانی Upper trapezius	۶۰ ثانیه 60 seconds	1.65	1.00	2.32*
	۶۰ ثانیه استراحت 60 seconds rest	1.24	1.00	2.01*

* معنی‌دار در سطح پنج درصد

* Significant at 5 percent level

نتیجه گیری

دوقلوی خارجی، کوادراتوس لومباروم و تراپزیوس فوقانی کاربران تراکتور MF285 طی ۶۰ ثانیه فشردن پدال گاز به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بیش‌تر از تراکتور MF399 بود و کاربران تراکتور MF285 در حین استفاده از مکانیزم گاز این تراکتور در شرایط نامطلوب‌تری قرار دارند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند، مراتب قدردانی را از کارکنان کارگاه ماشین‌های کشاورزی، مسئولین آزمایشگاه تربیت‌بدنی دانشگاه فردوسی مشهد و آقای دکتر محمدحسین عباسپورفرد، مهندس حسین فالاحی، مهدی مهجور و همچنین تمامی عزیزانی که ما را در انجام این پژوهش یاری رسانده‌اند، به‌عمل آورند.

این پژوهش با استفاده از روش الکترومیوگرافی عضلات به بررسی وضعیت ارگونومیک ماشین‌های کشاورزی پرداخت. آزمایش‌های مربوطه روی ۲۵ کاربر بر روی دو تراکتور متداول در ایران انجام شد. نتایج مهم این پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

- عضلات پهن داخلی و تراپزیوس فوقانی در فرآیند استفاده از مکانیزم ترمز تراکتور MF285 تحت تنش بیش‌تری نسبت به تراکتور MF399 قرار داشتند. عضلات دوقلوی داخلی، دوقلوی خارجی، پهن خارجی و کوادراتوس لومباروم نیز در حین ترمزگیری تراکتور MF285 تحت تنش کم‌تری نسبت به تراکتور MF399 قرار گرفتند.
- نسبت RMS فعالیت الکتریکی عضلات دوقلوی داخلی،

References

1. Aghazadeh, J., M. Ghaderi, M. R. Azghani, H. R. Khalkhali, T. Allahyari, and I. Mohebi. 2014. Anti-fatigue floor mat: an ergonomic solution for alleviating low back pain associated with prolonged. The Journal of Urmia University of Medical Sciences 24 (12): 942-955. (In Farsi).
2. Agriculture Jihad Mechanization Development Center (AJMDC). 2012. Available from <http://www.ajmdc.ir>. (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. Anonymous, Iran Tractor Manufacturing Company, 2012. Available from <http://www.itm.co.ir/>.
5. Anonymous, Seniam, 2014. Available from http://seniam.org/sensor_location.htm.
6. Bureau of Labor Statistics. U. S. Department of Labor; 2011. Nonfatal occupational injuries and illnesses requiring days away from work, 2010. Available from: www.bls.gov/iif/oshcdnew.htm.
7. Bureau of Labor Statistics. U. S. Department of Labor; 2012. Nonfatal occupational injuries and illnesses requiring days away from work, 2011. Available from: www.bls.gov/iif/oshcdnew.htm.
8. Dehghan, N., A. Choobineh, M. Razeghi, J. Hasanzadeh, and M. Irandoost. 2014. Designing a new computer mouse and evaluating some of its functional parameters. Journal of Research in Health Sciences (2): 132-145.
9. Fallahi, H., M. H. Abbaspour-Fard, A. Azhari, M. Khojastehpour, and A. Nikkhah. 2013. Comparison of Applied Forces on Selective Joints and Muscles of Drivers during Clutching of MF285 and MF399 Tractors. Journal of Agricultural Machinery 5 (1): 163-171.
10. Fathallah, F. A. 2010. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. Applied Ergonomics 41 (6): 738-743.
11. Goglia, V., Z. Gospodaric, D. Filipovic, and I. Djukic. 2006. Influence on operator's health of hand-transmitted vibrations from handles of a single-axle tractor. Annals of Agricultural and Environmental Medicine 13: 33-38.
12. Holpp, M., M. Kroulik, Z. T. Anken, M. Sauter, and O. Hensel. 2013. Large-scale field evaluation of driving performance and ergonomic effects of satellite-based guidance systems. Biosystems Engineering 116: 190-197.
13. Bao, S., B. Silverstein, and M. Cohen. 2001. An electromyography study in three high risk poultry processing jobs. International Journal of Industrial Ergonomics 27: 375-385.
14. Jaworowska, A., and G. Bazylak. 2009. An outbreak of body weight dissatisfaction associated with self-perceived BMI and dieting among female pharmacy students. Biomedicine & Pharmacotherapy 63: 679-692.
15. Koleini-Mamaghani, N., A. H. Bakhtiary, E. Sevan, and H. Sadeghi-Naeini. 2012. Ergonomics

- evaluation of new home stripper using electromyography. *Iran Occupational Health* 9 (2) 59-67. (In Farsi).
16. Kumar, S., and A. Mital. 1996. *Electromyography in Ergonomics*: Taylor & Francis Group 112.
 17. Mahdavi, N., M. Motamedzade, A. Jamshidi, A. Moghimbeigi, A. Heidari, and R. Moghaddam. 2013. Objective and subjective assessment of upper trapezius muscle fatigue in carpet weaving workers. *Tkj* 5 (3): 20-29.
 18. Mazidi, M., M. H. Abaspour-Fard, and M. H. Aghkhani. 2014. The feasibility of unmanned tractor guidance based on wireless video transmission. *Journal of Agricultural Machinery* 4 (2): 166-175. (In Farsi).
 19. Mehta, C. R., P. S. Tiwari 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.
 20. Mehta, C. R., M. Shyam, P. Singh, and R. N. Verma. 2000. Ride vibration on tractor-implement system. *Applied Ergonomics* 31: 323-328.
 21. 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 Agr. Machinery Eng. (Biosystem) & Mechanization, 29-31 January, Mashhad, Iran. (In Farsi).
 22. Ojha, P., and S. Kwatra. 2012. An Ergonomic Study on Human Drudgery and Musculoskeletal Disorders by Rice Transplanting. *Stud Home Com Sci* 6 (1): 15-20.
 23. Patel, R., A. Kumar, and D. Mohan. 2000. Development of an ergonomic evaluation facility for Indian tractors. *Applied Ergonomics* 31: 311-316.
 24. Pheasant, S. T., and C. M. Harris. 1982. Human strength in the operation of tractor pedals. *Ergonomics* 25: 53-63.
 25. Wang, X., R. Pannetier, N. Burra, and J. Numa. 2011. A biomechanical approach for evaluating motion related discomfort: Illustration by an Application to Pedal Clutching Movement. pp 210-219 in Duffy V, ed. *Digital Human Modeling*, vol. 6777 Springer Berlin Heidelberg.

Ergonomic assessment of brake and accelerator mechanisms of MF285 and MF399 tractors using electromyography method

A. Nikkhah¹- B. Emadi^{2*}- M. Khojastehpour²- S. R. Attarzadeh Hosseini³

Received: 04-08-2014

Accepted: 09-11-2014

Introduction: Too many people are working in the agricultural sector and therefore, pay more attention to the safety and health at work in the agricultural sector is important. This issue is more important in developing industrial countries where the level of the ergonomic working condition is less than that of developed countries. Attention to ergonomic condition of agricultural machinery drivers is one of the goals of agricultural mechanization. Therefore, in this study the ergonomic conditions of brake and accelerator mechanisms for MF285 and MF399 tractor's drivers were investigated using a new method.

Materials and Methods: 25 people were selected for experiment. The electrical activity of Medialis gastrocnemius, Lateralis gastrocnemius, Vastus medialis, Vastus lateralis, Quadratus Lumborum and Trapezius muscles of drivers before and during pressing the pedal and after rest time were recorded using Biovision device. Measurements were performed for each person on each muscle 30 seconds before pressing the pedal, 60 seconds after pressing the pedal and after 60 seconds of rest. For all drivers, the muscles on the right side (brake and accelerator side) have been selected and tested. The measurements were performed in compliance with appropriate time intervals between the measurements.

Results and Discussion:

Ergonomic assessment of brake pedal: The results showed that the RMS electrical activity of muscles of Vastus medialis and Medial gastrocnemius, during 60 seconds braking were 2.47 and 1.97. So, Vastus medialis and Medial gastrocnemius had the highest stress during pressing the MF399 tractor's brake pedal. Moreover, the Medial gastrocnemius and Lateral gastrocnemius with RMS electrical activity ratio of 2.47 and 1.74 had the highest RMS electrical activity ratio respectively, during 60 seconds braking compared to before braking of MF285 tractor. The comparison of results showed that the Vastus medialis and Trapezius had the higher stress during braking of MF285 tractor than that of MF399 tractor, while, muscles of Medialis gastrocnemius, Lateralis gastrocnemius, Vastus lateralis, Trapezius and Quadratus Lumborum showed the lower stress during braking of MF285 tractor.

Ergonomic assessment of accelerator: During 60 seconds pressing the accelerator pedal for MF285 the RMS electrical activity of muscles of Quadratus Lumborum and Medialis gastrocnemius were 3.25 and 2.15. So, these muscles had the highest stress during pressing the accelerator pedal for MF285. Drivers of MF399 tractor experienced high stress in their Vastus lateralis and Lateralis gastrocnemius muscles during pressing the accelerator pedal. The results highlighted that for all muscles, except Vastus lateralis, the electrical activity ratio during pressing the accelerator pedal of MF285 tractor were higher than that for MF399 tractor.

Conclusions: To conclude, Vastus medialis and Trapezius had the higher stress during braking of MF285 tractor than that of MF399 tractor, while, muscles of Medialis gastrocnemius, Lateralis gastrocnemius, Vastus lateralis, Trapezius and Quadratus Lumborum showed the lower stress during braking of MF285 tractor as compared with the other model of tractor. Generally in all muscles, except Vastus lateralis, the electrical activity ratio during pressing the accelerator pedal of MF285 tractor was higher than that for MF399 tractor and the drivers need more effort while pressing the accelerator pedal and drivers of this tractor had adverse condition while using the accelerator mechanism.

Acknowledgements: The research leading to these results has received funding from the Ferdowsi University of Mashhad, Iran, is gratefully acknowledged. Gratitude also goes to Dr. Mohammad Hossein

1- PhD Student, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Associate Professor of Biosystems Engineering and a Member of Research Center for Agricultural Machines, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Associate Professor, Department of Physical Education & Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(* - Corresponding Author Email: Emadi-b@ferdowsi.um.ac.ir)

Abbaspour-Fard, Hossein Fallahi and Mehdi Mahjour for their guidance and support throughout parts of this research.

Keywords: Agricultural machinery, Electrical activity, Gastrocnemius, Muscle, Pedal