عیب‌یابی و ارائه راهکارهای اصلاحی در سامانه کلاچ‌گیری تراکتورهای MF285 و MF399 با نگرش ارگونومیک

حسین فلاحی [۱و*]، محمدحسین عباسپور فرد [۲]، امین اظهری [۳]، مهدی خجسته پور [۲]، امین نیکخواه [۱] و حسین حسن‌آبادی [۳]

۱- دانشجویان کارشناسی ارشد مکانیزاسیون، گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، Ho_fa282@stu-mail.um.ac.ir
۲- دانشیار گروه مهندسی ماشین های کشاورزی ، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار گروه طب فیزیکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

چکیده

تراکتور یکی از پرکاربردترین ماشین‌های کشاورزی است، بنابراین لزوم توجه به این وسیله از جنبه‌های مختلف ضروری است. لزوم استفاده مکرر از پدال ترمز و کلاچ و فرمان تراکتور در زمین‌های خرده مالکی کشاورزی و همچنین شرایط نامناسب کاری سبب می‌شود راننده تراکتور در وضعیت نسبتاً نامناسبی از نظر سلامت شغلی قرار گیرد. در این مطالعه میانگین تعداد کلاچ‌گیری راننده تراکتور در شرایط مناسب کاری در زمینی به مساحت یک هکتار ۲۵ بار به دست آمد. میانگین نیروی مورد نیاز برای کلاچ‌گیری تراکتورهای نو MF285 و MF399 به ترتیب ۳۴۰ و ۲۹۰ نیوتن و تراکتورهای کارکرده مشابه به ترتیب ۴۷۰ و ۳۸۷ نیوتن محاسبه شد بررسی‌ها روی سه عضله گاستروکینیموس، تراپزیوس و کوادراتوس لومباروم نشان داد که عضله کوادراتوس لومباروم بیش‌ترین تنش را در هنگام کلاچ‌گیری راننده متحمل می‌شود. برای کاهش نیروی مورد نیاز کلاچ‌گیری تراکتور MF285 به شرکت سازنده پیشنهاد می‌شود، اقداماتی نظیر افزودن سه سانتی‌متر به قطعه چدنی اهرم میل کلاچ و ساختن پین محور پدال از جنس چدن ریخته‌گری انجام شود. همچنین برای بهبود وضعیت ارگونومیک سامانه کلاچ‌گیری تراکتور MF399 نیز اتخاذ اقداماتی از جمله تغییر جنس برینگ‌های کلاچ این تراکتور به آلیاژ فسفر برنز و یا برینگ‌های سوزنی و همچنین تعبیه منفذی به منظور گریس‌کاری توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تراکتور، تراپزیوس، عضله، کوادراتوس لومباروم. گاستروکینیموس و نیرو.

۱- مقدمه

افزایش راندمان عملیات مختلف کشاورزی یکی از مسائل مورد توجه در بخش کشاورزی است. لذا سعی می‌شود، از راه‌های مختلف از جمله افزایش بهره‌وری نیروی کار به این مهم دست یابند. یکی از عوامل تأثیرگذار بر بهره‌وری نیروی کار توجه به سلامت و بهداشت کاری افراد است. در چند سال اخیر با تسریع مکانیزاسیون کشاورزی، ماشین‌های مختلفی وارد این بخش شده‌اند. از سویی همواره یکی از رسالت‌های مکانیزاسیون کشاورزی کاهش سختی کار بیان شده است (غضنفری مقدم و جمشیدی، ۱۳۸۹). در حالی که علی‌رغم گسترش فرآیندهای مکانیزه و خودکار، اختلالات اسکلتی- عضلانی 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 (زیدی و همکاران، ۱۳۸۹). بنابراین باید به وضعیت سلامت کاری و ارگونومیک این ماشین‌ها توجه نمود و با شناسایی مواردی که سبب بروز آسیب‌ها و تنش‌هایی در کاربر آن‌ها می‌شود، اقداماتی کاربردی برای رفع آن‌ها انجام داد. تراکتور یکی از مهم‌ترین ماشین‌ها در عملیات مکانیزه کشاورزی است. تراکتورهای MF285 و MF399

به ترتیب بیش‌ترین تراکتورهای موجود در ایران هستند (مرکز توسعه مکانیزاسیون کشاورزی، ۱۳۹۱). بر این اساس لزوم توجه ویژه به وضعیت ارگونومیک راننده آن‌ها احساس می‌شود. در عملیات‌های مختلف کشاورزی با تراکتورهای کشاورزی به طور مکرر از کلاچ، ترمز و فرمان استفاده می‌شود. همچنین راننده تراکتور اغلب در شرایط نامناسب آب و هوایی کار می‌کند.

در چندین مطالعه به وضعیت ارگونومی و سلامتی راننده‌های تراکتور پرداخته شده است. در بررسی روی راننده‌های تراکتور در شهرستان نیشابور شایع‌ترین اختلالات اسکلتی عضلانی به ترتیب در ناحیه تحتانی پشت، زانو، مچ پا، آرنج، ران و شانه گزارش شده و اعلام شده که اغلب راننده‌های تراکتور در معرض خطر ابتلا به اختلالات اسکلتی عضلانی هستند (صفی یاری و همکاران، ۱۳۹۱). در مطالعه بر روی تولید برخی محصولات کشاورزی در آمریکا، عملیاتی که با ماشین‌های کشاورزی انجام می‌شدند، به عنوان پرآسیب‌ترین فعالیت کشاورزان گزارش شده و آسیب‌های ناشی از این فعالیت‌ها را در کل بدن به خصوص کمر و خستگی عمومی و بصری اعلام نمودند (Fathallah, 2010). در مطالعه‌ای وضعیت بدنی[1] راننده‌های تراکتور با دو روش OWAS و RULA مورد بررسی قرار گرفت. بالاترین رتبه وضعیت بدنی نامناسب در وضعیت رانندگی به سمت عقب و تنظیم ادوات اعلام شد (بی آبادی و همکاران، ۱۳۹۱). در مطالعه بر روی ارتعاشات تراکتوری تک دیفرانسیل با توانی در حدود ۳۵ اسب بخار در هند گزارش شد که رانندگی تراکتور در طی عملیات شخم نباید از ۲/۵ ساعت تجاوز کند، رانندگی بیش‌تر از این مقدار موجب بروز درد و آسیب‌های شدید می‌شود (Mehta et al., 2000). بررسی ارتباط اختلالات اسکلتی عضلانی با شاخص‌های آنتروپومتریک بر روی راننده‌های تراکتور مرودشت نشان داد، ناراحتی گردن و شانه با متغیرهای ارتفاع نوک دست در حالت کشیده، قد، ارتفاع شانه، ارتفاع آرنج و ارتفاع زانو رابطه مستقیم و با سن و شاخص جرمی بدن رابطه معکوس دارند (سوندرومی و همکاران، ۱۳۹۱). با توجه به این که بررسی کمتری بر روی ارزیابی تناسب کلاچ تراکتور با وضعیت سلامتی راننده آن صورت گرفته است، هدف از این مطالعه بررسی، عیب‌یابی و ارائه راهکارهایی در سامانه کلاچ‌گیری تراکتورهای MF285 وMF399 به منظور متناسب‌سازی آن‌ها با وضعیت سلامتی رانندگان آن است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- روش کار تعیین تعداد کلاچ‌گیری راننده در مزرعه

برای تعیین تعداد کلاچ‌گیری راننده تراکتورهای MF285 و MF399 از زمینی با ابعادی با راندمان بالا برای عملیات شخم استفاده شد. چنین قطه زمینی با عرض زمین ۵۰ متر و طول آن ۲۰۰ متر با فضای کافی برای دور زدن پیشنهاد شده است (مدرس رضوی، ۱۳۸۷). تراکتور MF285 مورد آزمایش تک دیفرانسیل بود و تراکتور MF399 دو دیفرانسیل بود. بازدید اولیه تراکتور از نظر باد لاستیک، روغن موتور، تسمه پروانه، آب رادیاتور، باک گازوئیل و ... طبق دفترچه راهنما هر یک از تراکتورها انجام شد. راننده تراکتور با تجربه و دارای گواهینامه رانندگی تراکتور بود. روش شخم کناری بود. برای عملیات شخم از گاوآهن برگردان دار سه خیش استفاده شد. بررسی‌ها در ده تکرار انجام شد.

1

در این مطالعه تعداد کلاچ گیری راننده های تراکتورهای مناطق گوارشک و طرق در حین عملیات شخم بررسی شد. بررسی‌ها روی ده تراکتور MF285 و ده تراکتور MF399 در حین عملیات شخم انجام شد. نمونه‌ها به صورت تصادفی انتخاب شدند. هر یک از این تراکتورها از اپراتورهای متفاوتی برخوردار بودند.

۲-۲- تعیین نیروهای وارد بر عضلات راننده در هنگام کلاچ گیری تراکتورهای MF285 و MF399

تعداد افراد مورد مطالعه برای تعیین نیروهای وارد بر عضلات در هنگام کلاچ‌گیری ۳۰ نفر تعیین شد. اطلاعات این بخش از مطالعه قبلی اخذ شد (Falahi *et al.*, 2013). اندازه‌گیری‌ها روی هر فرد در چندین روز مختلف انجام شد، تا هر یک از آزمایش‌ها تأثیری بر نتایج آزمایش بعدی نداشته باشد. بررسی‌ها روی سه عضله صورت گرفت. عضله گاستروکینیموس[۲] در ناحیه ساقه پا قرار دارد و در هنگام کلاچ‌گیری عضله‌ای درگیر است. عضله کوادراتوس لومباروم[۳] در ناحیه کمر قرار دارد و عضله ای مهم در ثبات مفاصل در ناحیه کمر است. عضله تراپزیوس[۴] در ناحیه سطحی بالای پشت قرار دارد. بررسی‌ها روی این عضله در قسمت بالای آن (Upper) صورت گرفت (Kendall, 1993; McGill, 1996; Simons et al., 1999; Bull et al., 1989). برای تعیین آستانه درد از دستگاه الگومتر استفاده شد. شاخص BMI از طریق فرمول ۱ محاسبه شد.

$$BMI = \frac{\text{وزن (کیلوگرم)}}{\text{قد (متر)}^2} \qquad (۱)$$

اندازه‌گیری‌های آستانه درد روی هر عضله قبل از کلاچ‌گیری، ۳۰ و ۶۰ ثانیه پس از کلاچ‌گیری و ۶۰ ثانیه استراحت پس از کلاچ‌گیری انجام شد. کاهش آستانه درد به معنی اختلاف آستانه درد قبل از کلاچ‌گیری با آستانه درد در حین کلاچ‌گیری و پس از آن است. کاهش آستانه درد بیش‌تر در یک عضله نشان دهنده‌ی تنش بیش‌تر وارد بر عضله در هنگام کلاچ‌گیری است. سامانه کلاچ‌گیری تراکتور MF285 دو مرحله‌ای است که مرحله دوم آن مربوط به شافت PTO است. لذا برای جلوگیری از صرف نیروی مازاد در هنگام کلاچ‌گیری تراکتور MF285 مانعی فلزی در زیر کلاچ تعبیه شد، به نحوی که این مانع از ورود سامانه کلاچ‌گیری به مرحله دوم جلوگیری می‌کرد.

۲-۳- بررسی و عیب‌یابی سامانه کلاچ‌گیری تراکتورهای MF285 و MF399

برای بررسی و عیب‌یابی سامانه کلاچ‌گیری تراکتورهای MF285 و MF399 ، ۱۵ تراکتور به صورت تصادفی در استان خراسان رضوی در دو منطقه گوارشک و طرق بررسی شد که شامل ۸ تراکتور MF285 و ۷ تراکتور MF399 بود. نیروی مورد نیاز برای کلاچ گیری با استفاده از یک فنر واسط به طول اولیه ۵۵ میلی متر که بین کف پای اپراتور و پدال کلاچ قرار گرفت، و کاهش طول فنر تحت فشار پا، استفاده شد. سپس با استفاده از دستگاه آزمون کشش- فشار Model HTE- 5000 فنر مورد نظر واسنجی (کالیبره) شد و از این طریق نیروی

[2] Gastrocnemius muscle
[3] Quadratus lumborum muscle
[4] Trapezius muscle

کلاچ‌گیری مشخص شد. در مرحله بعد سامانه کلاچ‌گیری تراکتورهای مورد بررسی از تراکتور باز شد و اقداماتی در جهت کاهش نیروی ورودی مورد نیاز برای کلاچ‌گیری انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تعیین تعداد کلاچ‌گیری راننده در مزرعه

میانگین تعداد کلاچ‌گیری تراکتورهای MF285 و MF399 به ترتیب ۱۸ و ۳۲ بار محاسبه شد. با در نظر گرفتن این که تراکتور MF399 مورد استفاده در این آزمایش از نوع دو دیفرانسیل بود و با توجه به بزرگ‌تر بودن ابعاد لاستیک و زاویه کم‌تر فرمان‌گیری، تعداد کلاچ‌گیری در این نوع تراکتور بیش‌تر به دست آمد. میانگین تعداد کلاچ‌گیری راننده در حین عملیات شخم در یک هکتار در این تراکتورها ۲۵ مرتبه به دست آمد. این در حالی است که زمین با ابعاد مناسب و همچنین فضای کافی برای دور زدن در نظر گرفته شده و راننده تراکتور دارای مهارت کافی و تراکتور در شرایط مناسب کاری بودند. تعداد کلاچ‌گیری راننده برای عملیات شخم در استان خراسان رضوی ۳۲ بار در هر هکتار محاسبه شد. با توجه به این که ۸۵ درصد زمین‌های کشاورزی دنیا دارای ابعادی کوچک هستند و مساحتی کم‌تر از دو هکتار دارند (سعیدی راد و پرهیزگار، ۱۳۸۹)، لذا رانندگی تراکتور در زمین‌های کوچک مستلزم استفاده مکرر از کلاچ، ترمز و فرمان است که میزان کلاچ‌گیری در این شرایط افزایش می‌یابد. از دلایل دیگر افزایش تعداد کلاچ‌گیری می‌توان به فضای کم دور زدن، تجربه کم راننده تراکتور، شرایط نامناسب کاری تراکتور به لحاظ فنی اشاره نمود. همچنین در تراکتورهای جفت دیفرانسیل نیز با توجه به ابعاد بزرگ‌تر لاستیک جلو و نیاز به فضای بیش‌تر برای دور زدن، تعداد کلاچ‌گیری افزایش می‌یابد.

۳-۲- نیروهای وارد بر عضلات راننده در هنگام کلاچ گیری تراکتورهای MF285 و MF399

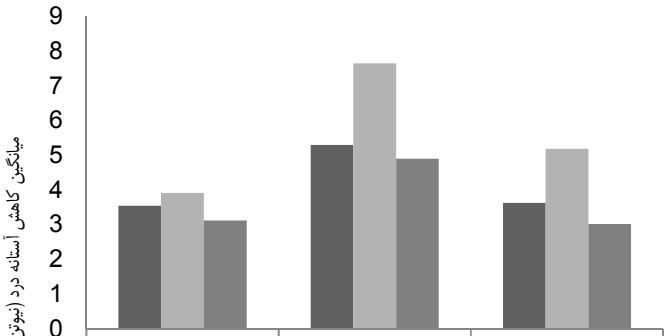
میانگین نیرو مورد نیاز برای کلاچ گیری تراکتورهای نو MF285 و MF399 به ترتیب ۳۴۰ و ۲۹۰ نیوتن محاسبه شد. با توجه به این که تراکتور MF285 تراکتوری با ۷۵ اسب بخار است و توان کم‌تری نسبت به تراکتور MF399 با ۱۱۰ اسب بخار تولید می‌کند، اما نیروی مورد نیاز برای کلاچ‌گیری تراکتور MF285 بیش‌تر است. میانگین وزن، قد و شاخص BMI افراد مورد مطالعه به ترتیب ۶۲/۲۳ kg، ۱۷۷/۴۳cm، ۲۱/۹۱ $kg\ m^{-2}$ محاسبه شد. همان طوری که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین زاویه قرار گیری زانو، ران و مچ پا در تراکتور MF285 به ترتیب ۱۲۷/۸۳، ۹۴/۷۰ و ۱۰۸/۷۷ درجه به دست آمد. زوایای قرارگیری زانو ران و مچ پا در تراکتور MF285 به ترتیب ۱۴۸/۸۳، ۹۳/۷۰ و ۱۱۲/۵۷ محاسبه شد. تفاوت زاویه قرارگیری زانو در این دو تراکتور در سطح یک درصد معنی‌دار محاسبه شد (Falahi *et al*., 2013).

جدول ۱. مقایسه میانگین‌های زاویه قرارگیری زانو، ران و مچ پا در تراکتورهای MF285 و MF399 (Falahi *et al*., 2013)

	MF285 میانگین بر حسب درجه (انحراف معیار) Average MF285 In degrees (Standard deviation)	MF399 میانگین بر حسب درجه (انحراف معیار) Average MF399 In degrees (Standard deviation)
زاویه زانو Knee angle	127.83 (10.78)	148.83 (8.36)
زاویه ران thigh angle	94.70 (13.14)	93.70 (10.88)
زاویه مچ پا Ankle angle	108.77 (12.40)	112.57 (8.62)

در شکل ۱ میانگین کاهش آستانه درد سه عضله مورد بررسی پس از ۳۰، ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری و بعد از ۶۰ ثانیه استراحت آورده شده است. بعد از ۳۰ ، ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری و بعد از ۶۰ ثانیه استراحت پس از کلاچ‌گیری عضله کوادراتوس لومباروم میانگین کاهش آستانه درد بیش‌تری نسبت به دو عضله دیگر داشت. نتایج بیانگر این موضوع است که کلاچ‌گیری در این عضله تأثیر بیش‌تری بر کاهش آستانه درد گذاشته است. میانگین کاهش آستانه درد در عضله کوادراتوس لومباروم پس از ۶۰ ثانیه استراحت بعد از کلاچ‌گیری در هر دو تراکتور بیش‌تر از دو عضله دیگر است و نتایج با مطالعه اندرسون و همکاران که بیان نمودند، عضله کوادراتوس لومباروم در حالت خم شدن به جلو و استراحت ریلکس نمی‌شود (Anderson *et al*., 1996)، مطابقت دارد. نکته قابل توجه این است که ناحیه کمر در مطالعاتی که بر روی فعالیت‌های کشاورزی که به صورت سنتی نیز انجام می‌گیرد به عنوان یکی از شایع‌ترین اختلالات اسکلتی عضلانی گزارش شده است (نیکخواه و همکاران، ۱۳۹۲: Ojha *et al*., 2012). بنابراین لزوم توجه به فعالیت‌های کشاورزی اعم از سنتی و مکانیزه که مستقیماً صدماتی را به این ناحیه وارد می‌کنند، وجود دارد. عضله گاستروکینیموس دومین عضله‌ای بود که کلاچ‌گیری سبب کاهش آستانه درد بیش‌تری در آن شده است. نتایج حاکی از آن بود که عضله تراپزیوس در حین و پس از کلاچ‌گیری نسبت به دو عضله دیگر مورد بررسی تنش‌های کم‌تری را متحمل 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 به نظر می‌رسد کمی استراحت سبب بهبودی نسبی در عضلات مذکور شده 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 استراحت بیش‌ترین مقدار است. این موضوع بیانگر این است که عضله تراپزیوس به طور 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 و همچنین بالا بردن، نزدیک کردن و چرخش به بالای استخوان کتف می‌باشد، لذا به نظر می‌رسد، این عضله در حین گرفتن فرمان و در دراز مدت بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Falahi et al., 2013: Bull *et al.*, 1989).



	۳۰Seconds clutching	۶۰Seconds clutching	۶۰Seconds rest after clutching
Gastrocnemius	۳.۵۵	۵.۳	۳.۶۳
Quadratus lumborum	۳.۹۲	۷.۶۵	۵.۲
Trapezius	۳.۱۲	۴.۹	۳.۰۳

شکل ۱. میانگین کاهش آستانه درد بعد از ۳۰، ۶۰ ثانیه کلاچ‌گیری و بعد از ۶۰ ثانیه استراحت پس از کلاچ گیری در دو تراکتور (Falahi *et al.*, 2013)

۳-۳- عیب یابی و ارائه راهکارهایی در سامانه کلاچ‌گیری تراکتورهای MF285 و MF399

میانگین نیروی مورد نیاز برای کلاچ‌گیری تراکتورهای MF399 کارکرده معادل ۳۸۷ نیوتون محاسبه شد. در چهار تراکتور MF399 با تعویض برینگ[5]های گرافیتی مستهلک با برینگ‌های نو گرافیتی و گریس‌کاری میزان نیرو مورد نیاز برای کلاچ‌گیری به طور میانگین ۶۵ نیوتن کاهش یافت. در سه تراکتور MF399 گرد و غباری که بین زغال[6] و قیفی[7] کلاچ انباشته شده بود تمیزکاری و گریس‌کاری شد که موجب کاهش ۱۰۰ نیوتنی نیروی مورد نیاز برای کلاچ‌گیری گردید. به منظور کاهش نیروی مورد نیاز کلاچ‌گیری تراکتور MF399 پیشنهاد می‌شود، چهار برینگ بزرگ و چهار برینگ کوچک سامانه کلاچ‌گیری تراکتور MF399 از آلیاژ فسفر برنز ساخته شود (شکل ۲)، زیرا اگر این برینگ‌ها از این آلیاژ ساخته شود، خوردگی کم‌تری نسبت به نوع گرافیتی ایجاد می‌نماید. همچنین این برینگ‌ها را می‌توان با برینگ سوزنی جایگزین نمود.

[5] Bearing
[6] Support
[7] Retainer

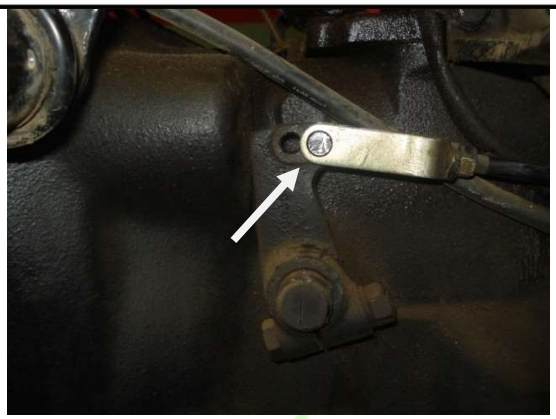
شکل ۲. برینگ‌های گرافیتی سامانه کلاچ‌گیری تراکتور MF399

همچنین توصیه می‌شود، امکانی برای گریس‌کاری بین قیفی و زغال کلاچ تراکتور MF399 تعبیه شود. ناحیه پیشنهادی در شکل ۳ قسمت الف نشان داده شده است. همچنین محلی برای تعبیه گریس خور در محل برینگ‌ها پیشنهاد می‌شود (شکل ۳ قسمت ب)

الف ب

شکل ۳. محل‌های پیشنهادی برای تعبیه گریس خور به منظور گریس‌کاری در سامانه کلاچ‌گیری تراکتور MF399

میانگین نیروی مورد نیاز برای کلاچ‌گیری تراکتورهای MF285 کارکرده برابر ۴۷۰ نیوتن محاسبه شد. از سه طریق برای کاهش میزان نیروی مورد نیاز برای کلاچ‌گیری اقدام شد. در اقدام اول در تراکتور نو MF285 از امکانی که بر روی کلاچ تراکتور تعبیه شده، استفاده شد (شکل ۴) و اهرم تنظیم در حفره دوم از سمت موتور قرار گرفت و کلاچ مرحله دوم (شافت PTO) از سامانه کلاچ‌گیری خارج شد. این اهرم زمانی که از محور PTO استفاده نمی‌شود، می‌تواند در این حفره قرار گیرد. با توجه به این که در هنگام خرید تراکتور، این اهرم تنظیم در حفره‌ای قرار دارد که روی حفره دیگر را پوشانده است. بنابراین اکثر کاربران از این امکان تعبیه شده برای کاهش نیروی مورد نیاز کلاچ گیری اطلاعی ندارند و به عنوان یک پیشنهاد ترویجی توصیه می‌شود به کاربران این تراکتور اطلاع رسانی جهت آگاه سازی استفاده از این امکان تعبیه شده، انجام شود. آزمایش‌ها نشان داد با قرارگیری اهرم تنظیم در حفره دوم از سمت موتور، نیروی مورد نیاز برای کلاچ‌گیری ۱۰۴ نیوتن کاهش می‌یابد.



شکل ۴. امکان تعبیه شده در سامانه کلاچ‌گیری تراکتور MF285 در وضعیت عدم استفاده از مرحله دوم کلاچ‌گیری

در اقدام دوم در تراکتور MF285 به قطعه چدنی اهرم میل کلاچ تراکتورهای کارکرده و همچنین تراکتور نو سه سانتی متر اضافه شد تا بازوی گشتاوری محور کلاچ افزایش یابد (شکل ۵). در این حالت میزان نیروی مورد نیاز برای کلاچ‌گیری تراکتور نو ۱۰۰ نیوتن کاهش و به ۲۴۰ نیوتن کاهش یافت.

شکل ۵. قطعه سه سانتی‌متری اضافه شده به قطعه چدنی اهرم محور کلاچ

از آنجایی که پین محور کلاچ از قطعه فولادی به قطر هشت میلی‌متر ساخته شده است و در حین کلاچ‌گیری این قطعه تغییر شکل می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود. این قطعه در مکانیزم کلاچ‌گیری تراکتور MF285 به جا پا تراکتور (پلات فورم) جوش داده و ثابت شد. در این وضعیت نیروی مورد نیاز کلاچ‌گیری ۷۰ نیوتن کاهش یافت.

شکل ۶. ثابت نمودن پین محور پدال در مکانیزم کلاچ‌گیری تراکتور MF285

به منظور کاهش نیروی ورودی و بهسازی ارگونومیک تراکتور MF285 به شرکت سازنده آن پیشنهاداتی ارائه می‌شود:

- اطلاع رسانی به کشاورزان در زمینه استفاده از امکان تعبیه شده در سامانه کلاچ تراکتور MF285 در حالتی که از مرحله دوم کلاچ (شافت PTO) استفاده نمی‌کنند.
- پین محور پدال سامانه کلاچ‌گیری این تراکتور از جنس چدن ریخته‌گری[8] ساخته شود.
- طول قطعه چدنی اهرم میل کلاچ سه سانتی‌متر اضافه شود.

۴- نتیجه گیری

عضله کوادراتوس لومباروم بیش‌ترین تنش را در هنگام کلاچ‌گیری راننده نسبت به دو عضله گاستروکینیمیوس و تراپزیوس متحمل می‌شود. میانگین نیروی مورد نیاز برای کلاچ‌گیری تراکتور های نو MF285 و MF399 به ترتیب ۳۴۰ و ۲۹۰ محاسبه شد. میانگین نیروی مورد نیاز برای کلاچ‌گیری تراکتورهای کارکرده MF285 و MF399 به ترتیب ۴۷۰ و ۳۸۷ نیوتن محاسبه شد. هر چند در هر دو تراکتور نیروی نسبتاً زیادی برای کلاچ‌گیری راننده مورد نیاز است. ولی این مسئله برای تراکتور MF285 بحرانی‌تر است. لذا برای اصلاح ارگونومیک سامانه کلاچ‌گیری تراکتور MF285 به شرکت سازنده آن توصیه می‌شود، اقداماتی نظیر افزودن سه سانتیمتری قطعه چدنی اهرم میل کلاچ و ساختن پین محور پدال از جنس چدن ریخته‌گری انجام دهد. همچنین برای بهبود وضعیت ارگونومیک سامانه کلاچ‌گیری تراکتور MF399 نیز اقداماتی از جمله تغییر جنس برینگ های کلاچ این تراکتور به فسفر برنز و برینگ های سوزنی و تعبیه منفذی به منظور گریس‌کاری اتخاذ نماید.

[8] Cast iron

منابع

۱- بی نام. مرکز توسعه مکانیزاسیون کشاورزی. ۱۳۹۱. قابل دسترس در http://www.ajmdc.ir

۲- بی آبادی، م.، کسرایی، م.، صفی یاری، ح.، و سلمانی زاده، ف. ۱۳۹۱. بررسی ارگونومیکی راننده تراکتور در حال رانندگی با استفاده از روش‌های Rula و OWAS. هفتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه شیراز. شیراز. ایران.

۳- زیدی، ع.، حیدرنیا، ع.، نیکنامی، ش.، صفری واریانی، ع.، ورمزیار، س. ۱۳۸۹. تأثیر مداخله آموزشی بر ارتقای آگاهی، نگرش و رفتارهای ارگونومی کارگران. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین، سال چهاردهم، شماره ۱(پی در پی ۵۴)، بهار ۱۳۸۹.

۴- سعیدی راد، م.ح.، و پرهیزگار، ع. ۱۳۹۰. مطالعه شاخص‌های مکانیزاسیون در کشاورزی خرده مالک استان خراسان رضوی و ارائه راهکارهای مناسب. نشریه ماشین‌های کشاورزی. جلد اول. شماره ۱. صفحه: ۵۳-۴۸.

۵- سوندرومی، ا.، سلمانی زاده، ف.، صفی یاری، ح.، کسرایی، م.، و بی آبادی، م. ۱۳۹۱. بررسی ارتباط اختلالات اسکلتی عضلانی با شاخص‌های آنتروپومتریک در بین برخی از رانندگان تراکتور منطقه کربال شهرستان مرودشت. هفتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه شیراز. شیراز. ایران.

۶- صفی یاری، ح.، سلمانی زاده، ف.، کسرایی، م.، و سوندرومی، ا. ۱۳۹۱. بررسی اختلال‌های اسکلتی عضلانی در بین رانندگان تراکتور منطقه کربال شهرستان مرودشت. هفتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه شیراز. شیراز. ایران.

۷- غضنفری مقدم، ا.، و جمشیدی، ا. ۱۳۸۹. مقدمه ای بر مکانیزاسیون و ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر چاپ اول.

۸- مدرس رضوی، م. ۱۳۸۷. مدیریت ماشین‌های کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. چاپ اول.

۹- نیکخواه، ا.، کوگیر چگینی، ز.، و کوثری مقدم، ا. ۱۳۹۲. بررسی وضعیت ارگونومی زنان شالی‌کار گیلان در کاشت دستی برنج. هشتمین همایش سراسری بهداشت و ایمنی کار. دانشگاه علوم پزشکی مازندران. ساری. ایران.

10- 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.

11- Bull, ML., 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 1989; 29: 119-125.

12- Falahi, H., M. H, Abbaspour-Fard., A, Azhari., M, Khojastehpour., and A. Nikkhah. 2013. Evaluation of forces applied on selective joints and muscles of drivers during clutching of MF285 and MF399 tractors. XXXIST Conference Of The International Society For Fluoride Research, Advances In Fluoride Research October. Tehran, Iran.

13- Fathallah, F.A. 2010. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. Applied Ergonomics, 41(6): 738-743.

14- Kendall, FP., E.K. McCreary, and P.G. Provance. 1993. Muscle testing & function. Baltimore: Williams & Wilkins.

15- McGill, S.M. 1996. A revised anatomical model of the abdominal musculature for torso flexion efforts. J biomech 1996; 29:973.

16- Mehta, C.R., M, Shyam., P, Singh., and R.N, Verma. 2000. Ride vibration on tractor-implement system. Applied Ergonomics, 31(3): 323-328.

17- 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.

18- Simons, DG., G, Travell., and L.S, Simons. 1999. Travell & Simons myofacial pain & dysfunction: the trigger point manual, Vol 1,ed 2. Baltomore. Williams &wilkins.

Diagnostic and corrective strategies in clutching mechanism of MF285 and MF399 tractors with an ergonomic approach

Hossein Fallahi[1,*], M. Hossein Abbaspour-Fard[2], Amin Azhari [3], Mehdi Khojastehpour[2], Amin Nikkhah[1] and Hossein Hasan-Abadi[3]

1- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
ho_fa282@stu-mail.um.ac.ir
2- Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
[3]Assistant Professor, Department of Medical, Mashhad University of medical sciences

Abstract

As one of the most widely used agricultural machinery, tractor should be considered from different aspects. The need for frequent application of clutch, brake pedal and steering wheel in agricultural fields along with the unfavorable working conditions have negative effect on the occupational health of the tractor driver. In this study, the mean number of tractor driver's clutching in favorable working conditions in an area of one hectare was 25. The average clutching force required for MF285 and MF399 tractors was respectively 340 and 290 Nm for new models and 470 and 387 Nm for older models respectively. The study of three muscles, i.e. Gastrocnemius, Trapezius and Quadratus lumborum, showed that the maximum stress was imposed on Quadratus lumborum muscle at the time of clutching. To reduce the clutching force required for MF285 tractor, it is suggested that the manufacturer adds three inches to the cast iron lever of clutch pedal and produces the pedal shaft pin out of cast iron. Moreover, to enhance the ergonomic state of the clutching system of MF399 tractor, other measures such as changing the materials of clutch bearings into phosphor bronze alloy or using needle bearings as well as embedding pore for oiling purposes are recommended.

Keywords: Tractor, Trapezius, Muscle, Quadratus lumborum, Gastrocnemius, Force.