

ارزیابی سازگاری تراکتور MF399 از جنبه‌های ارگونومیکی در استان کهگیلویه و بویراحمد

ارژنگ جوادی^۱ و صاحب میرپناهی^{۲*}

چکیده

مطالعه حاضر با هدف تعیین اختلال‌های اسکلتی-عضلانی و ارزیابی خطر ابتلا به این اختلال‌ها روی رانندگان تراکتور MF 399 در استان کهگیلویه و بویراحمد انجام شد. در این مطالعه، وضعیت‌های بدنی ۱۶۰ نفر از رانندگان تراکتور از میان کل رانندگان تراکتور استان با استفاده از جدول کرجی مورگان، در چهار وظیفه و ۲۰ وضعیت کاری با استفاده از روش ارزیابی سریع وضعیت کل بدن، ارزیابی شد و میزان شیوع اختلال‌های اسکلتی-عضلانی به کمک پرسش‌نامه نوردیک به دست آمد. تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از آزمون‌های آماری t مستقل، χ^2 (Chi-Square) و آزمون نسبت‌ها انجام شد. ۹۱/۹ درصد از افراد مورد مطالعه در طی ۱۲ ماه کار، حداقل در یک ناحیه از بدن دچار اختلال‌های اسکلتی عضلانی بوده‌اند. بیشترین فراوانی مربوط به گردن (۸۳/۵۴ درصد) و کمر (۷۵/۳۳ درصد) و کمترین فراوانی مربوط به پا و قوزک پا (۱۷/۳۶ درصد) بود. همچنین، نتایج حاصل از تکنیک REBA نشان داد در میان ۲۰ وضعیت کاری بررسی‌شده، ۷ وضعیت در سطح خطر متوسط قرار دارند که انجام اقدامات اصلاحی در مورد آن‌ها ضروری است و ۱۳ وضعیت در سطح خطر بالا قرار دارند که اقدامات اصلاحی در مورد آن‌ها باید هرچه زودتر انجام شود. براساس نتایج به دست آمده، عمده‌ترین مشکل ارگونومیک در پژوهش انجام گرفته وضعیت نامطلوب، نیروی وارد بر زانو، نیروی وارد بر کمر و خمش و پیچش گردن می‌باشد که نیازمند انجام اقدامات اصلاحی است.

واژه‌های کلیدی: ارگونومی، اختلال‌های اسکلتی-عضلانی، پوسچر، تراکتور MF399، روش REBA.

ارجاع: جوادی ا. و میرپناهی ص. ۱۳۹۶. ارزیابی سازگاری تراکتور MF399 از جنبه‌های ارگونومیکی در استان کهگیلویه و بویراحمد. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۶(۲): ۵۹-۶۹.

۱- دانشیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

۲- دانشجوی دکتری مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران.

* نویسنده مسئول: sahab.mirpanahi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۳

مقدمه

واحد تأمین نیرو و انرژی در کشاورزی به شمار می‌آید به طوری که ممکن است کشاورز در فصل کار روزانه، زمان تقریباً زیادی را در پشت فرمان این وسیله سپری کند و این در حالی است که عده زیادی از استفاده‌کنندگان تراکتور در معرض صدمه‌های ناشی از طراحی نامناسب تراکتورها و به‌خصوص اجزای آن قرار دارند (Eadizadeh, 2010). صدمه‌های مکانیکی ناشی از انتقال ارتعاشات تراکتور به راننده هنگامی که فرکانس ارتعاشات تراکتور برابر با فرکانس‌های طبیعی اندام‌های بدن راننده می‌گردد، به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. در طول سال‌ها، مدل‌های مختلف تراکتور و ماشین‌های کشاورزی از کشورهای خارجی وارد شده یا در کشور مونتاژ شده‌اند. سازگاری تولیدهای خارجی با ویژگی‌های بومی و بهبود بخشیدن تراکتورهای ساخت داخل از نظر تناسب ابعاد، اندازه‌ها و محل قرارگیری، برخی از مهم‌ترین اجزای آن‌ها با ابعاد و اندازه‌ها، توانایی‌ها و مقدرات کاربران ایرانی، از جمله مسائل مهمی است که باید مورد بررسی قرار گیرد (Rostami *et al.*, 2009).

با توجه به این مسئله که تراکتور MF399 یک تراکتور مرسوم در کشور است و رانندگان آن عملیات‌های سنگین و نیمه‌سنگین کشاورزی (که به راننده نیز فشار وارد می‌کند) را با نصب ادوات مختلف انجام می‌دهند؛ همچنین، در مناطق مورد مطالعه در استان کهگیلویه و بویراحمد یعنی شهرستان‌های یاسوج، دهدشت، دنا و گچساران که قطب اصلی کشاورزی استان می‌باشند. این تراکتور دارای بیشترین فراوانی است و اکثر کشاورزان دارای تراکتور از آن استفاده می‌کنند؛ بنابراین، به ارزیابی وضعیت ارگونومیکی این رانندگان خواهیم پرداخت.

مواد و روش‌ها

در این بررسی با توجه به ماهیت آن و لزوم ارتباط مستقیم با جامعه هدف از روش میدانی پیمایش یا مصاحبه شخصی^۵ استفاده شده‌است. ضمن اینکه برای تدوین چارچوب نظری و مروری بر پژوهش‌های پیشین نیز از روش کتابخانه‌ای (اسنادی) استفاده شد. همچنین، با ارائه پرسش‌نامه استاندارد نوردیک، بانک‌های اطلاعاتی و مصاحبه با کارشناسان متخصص در امر ماشین‌های کشاورزی و تعمیرکاران تراکتور، اطلاعات اولیه لازم

ارگونومی^۱، علم کار است. واژه ارگونومی یا مهندسی انسانی، از دو کلمه یونانی ارگو^۲ به معنی کار و نموس^۳ به معنی قاعده و قانون تشکیل شده‌است و به معنی واقعی کلمه، به قوانین کار گفته می‌شود (Anonymous, 2000). نتیجه کاربرد ارگونومی دقیق، تولید بیشتر، کاهش هزینه کار، کاهش آسیب، کاهش هزینه‌های مراقبت پزشکی و غرامت کارگران و همچنین کاهش تلفات مربوط به اختلال‌های اسکلتی-عضلانی است (Chapp man & mirezz, 2002). بنا به گزارش انجمن بین‌المللی ارگونومی، ارگونومی (مهندسی عوامل انسانی)^۴ یک رشته علمی مبتنی بر درک صحیحی از تعامل انسان و سایر عناصر یک سیستم است و نظریه‌ها، داده‌ها و روش‌های لازم را برای طراحی سیستم به منظور بهینه‌سازی رفاه انسانی و عملکرد کلی سیستم به کار می‌گیرد (Anonymous, 2000). یکی از گسترده‌ترین و خطرناک‌ترین فعالیت‌های شغلی در کشورهای در حال توسعه دنیا، شغل کشاورزی است، که امروزه در حدود ۶۳ درصد جمعیت این کشورها به آن اشتغال دارند (Levy *et al.*, 2000). انجام عملیات‌های کشاورزی باعث ایجاد وضعیت فیزیکی نامناسب در بدن کشاورزان می‌شود. این شرایط عبارتند از: زانوزدن، خم‌شدن، خزیدن و پیچیدن به یک طرف و کار تکراری، که استرس فیزیکی و صدمه‌های تروماتیک را به دنبال خواهد داشت. به دلیل شرایط نامناسبی که بدن فرد در حین انجام وظیفه متحمل می‌شود، اختلال‌های اسکلتی-عضلانی جزء جدایی‌ناپذیر این شغل است و تقریباً تمامی کشاورزان از این اختلال‌ها رنج می‌برند (Walker *et al.*, 2002). شناخت و آشنایی با مشکلات و مخاطرات حرفه‌ای و اصول ایمنی می‌تواند علاوه بر افزایش سطح سلامت روحی روانی، سبب افزایش بازده کاری، کمیت و کیفیت محصولات، بهره‌وری اقتصادی و رضایت‌مندی شغلی در کشاورزان گردد؛ در حالیکه شناختن مخاطرات شغلی، نتایج عکس و زیان‌باری هم در وضعیت تولید و هم در وضعیت زندگی و معیشت کشاورزان دارد (Bakhsipor *et al.*, 2009). امروزه، تراکتور مؤثرترین و در دسترس‌ترین

1- Ergonomi

2- Ergo

3- Nomus

4- HumanEngineeringFactors

5- Survey

فرمان و فلکه فرمان و اهرم‌های کنترل در حین کارند. از هر وظیفه، ۱۶۰ نمونه صورت گرفته شد و کدگذاری روی عکس‌های تهیه‌شده از رانندگان در حین انجام رانندگی، توسط نرم‌افزار REBA انجام شد. این نرم‌افزار به گونه‌ای طراحی شده است که با توجه به امتیاز وضعیت‌های مختلف بدن، که براساس مشاهده‌های انجام شده صورت می‌گیرد. نمره REBA تعیین می‌شود و تراز خطر و اعمال تغییر مورد لزوم را بر اساس آن مشخص می‌کند. روش ارزیابی سریع کل بدن با استفاده از روش^۱ REBA واکاوی وضعیتی (صورت وضعیت استقرار اندام و اعضای مختلف بدن در فضا)، یکی از شیوه‌های ارزیابی فعالیت شغلی در ارگونومی است. این روش، یکی از شیوه‌های مشاهده‌ای مستقیم است که به منظور تحلیل وضعیت‌های کاری مشاغل بهداشتی، درمانی توسط هیگنت و مک آتامنی (Higent, 2000; Mackatamni, 2000). طراحی شده‌است این روش، راه مناسبی برای ارزیابی مشاغلی است که در آن‌ها وضعیت کار استاتیک یا دینامیک است و تغییرات زیادی در وضعیت انجام کار روی می‌دهد. در این روش، ابتدا وضعیت یا فعالیتی که باید ارزیابی شود، انتخاب می‌گردد؛ آن‌گاه با استفاده از دیاگرام‌های طراحی‌شده، وضعیت اندام‌های گوناگون بدن کدگذاری می‌شود. امتیاز وضعیت اندام با اعمال نیرو و نوع فعالیت ترکیب می‌شود تا در نهایت امتیاز کلی خطر بروز آسیب‌های اسکلتی-عضلانی مشخص شود. سطح‌های اولویت اقدام‌های اصلاحی، که در این شیوه پیشنهاد شده است، اجرای بر نامه‌های مداخله‌ای ارگونومیک را مشخص می‌سازد.

روند ارزیابی در روش REBA

در روش REBA اندام‌ها به دو گروه A و B دسته‌بندی می‌شوند و وضعیت‌های قرارگیری یا پوسچرها با استفاده از شکل ۱ امتیازگذاری می‌گردند. اندام‌های گروه A، شامل تنه، پاها و گردن می‌باشند. اثر ترکیبی پوسچرهای یادشده با استفاده از جدول‌های ۱ و ۲ تعیین می‌شود. امتیاز اثر ترکیبی پوسچر اندام‌های گروه A با توجه به وضعیت تک‌تک اندام‌ها در گستره ۱ تا ۹ متغیر است و امتیاز مربوط به اعمال نیرو که از جدول به‌دست می‌آید، به امتیاز اندام‌های گروه A اضافه می‌شود تا امتیاز A تعیین گردد.

گردآوری گردید. پرسش‌نامه از دو بخش عمومی و اختصاصی تشکیل شده است که هدف از پرسش‌نامه عمومی، بررسی کلی است و در آن علائم اختلال‌ها در کل بدن مطرح می‌شوند؛ در حالیکه پرسش‌نامه اختصاصی، به تجزیه و تحلیل عمیق این علائم در نواحی خاصی از بدن مانند کمر، گردن و شانه‌ها می‌پردازد. به‌طور کلی، در طراحی این پرسش‌نامه دو هدف دنبال شده است: یکی، به عنوان ابزاری به‌منظور غربالگری اختلال‌های اسکلتی-عضلانی و دیگری، برای خدمات بهداشت شغلی. این پرسش‌نامه‌ها می‌توانند برای سنجش نتایج اطلاعات اپیدمیولوژیک در زمینه اختلال‌های اسکلتی-عضلانی به‌کار برده شوند؛ اما نمی‌توان از آن‌ها جهت تشخیص کلینیکی استفاده کرد. غربالگری اختلال‌های اسکلتی-عضلانی می‌تواند به عنوان یک ابزار تشخیصی برای واکاوی محیط کار، ایستگاه‌کار و طراحی ابزار به‌کار برده شود. به همین جهت، پرسش‌نامه‌ای طراحی شد که بدن انسان را به ۹ ناحیه آناتومیکی تقسیم کرده‌است.

جامعه آماری ما در این بررسی از طریق جدول کرجی مورگان (Allah Noori & motasebi, 2013) و (Maleki & motasebi, 2010) انتخاب و تعیین شد که تعداد آن‌ها ۱۶۰ نفر راننده از رانندگان تراکتورهای MF399 در سطح شهرستان‌های یاسوج، دهدشت، دنا و گچساران از میان کل رانندگان تراکتور استان بود که مطالعات توصیفی و تحلیلی به روش مقطعی روی آنان انجام گرفت. داده‌های تن‌سنجی، نیاز اساسی برای تطبیق تجهیزات ماشین با قابلیت‌ها و مقدرات رانندگان تراکتور است. برای اندازه‌گیری داده‌های تن‌سنجی کاربران تراکتور و ارزیابی تناسب ارگونومیکی، برخی مشخصات تراکتور MF399، متداول و جدید ساخت شرکت تراکتورسازی ایران مورد بررسی قرار گرفت. حجم داده‌های مربوط به ناراحتی‌های اسکلتی-عضلانی از طریق پرسش‌نامه استاندارد نوردیک و داده‌های مربوط به مشاهده وضعیت‌های بدنی افراد هنگام انجام کار با استفاده از روش ارزیابی سریع کل بدن در ساعات کاری جمع‌آوری شد. به این منظور ۴ وظیفه انجام کار در هنگام رانندگی با تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹، شامل کلاچ‌گرفتن، ترمزگرفتن، فرمان‌گرفتن و دنده عقب گرفتن (که به‌طور کلی، ۲۰ تصویر کاری را ایجاد می‌کردند) مورد بررسی قرار گرفت. سنجش‌ها در برگزیده طرح پدال ترمز، پدال کلاچ، پدال گاز، طرح صندلی،

۱. **تنه:** با توجه به شکل، با تغییر زاویه تنه امتیاز مشخص شده به آن تعلق می‌گیرد؛ همچنین، در صورت چرخش یا خمش به پهلو یک واحد اضافه شود.

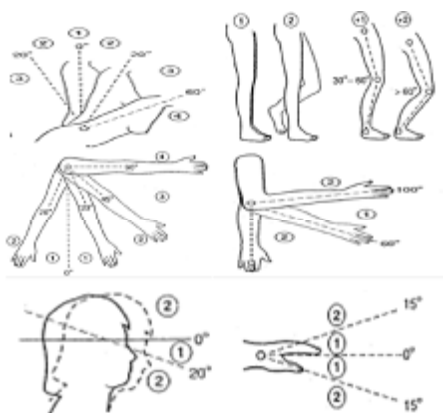
۲. **گردن:** با توجه به شکل، با تغییر زاویه گردن امتیاز مشخص شده به آن تعلق می‌گیرد، همچنین، در صورت چرخش یا خمش به پهلو یک واحد اضافه شود.

۳. **پاها:** با توجه به شکل، با تغییر زاویه پاها امتیاز مشخص شده به آن تعلق می‌گیرد، همچنین در صورتی که یک یا هر دو زانو بین ۳۰° تا ۶۰° خم شده باشد یک واحد اضافه شود و در صورتی که یک یا هر دو زانو بیش از ۶۰° خم شده باشند، ۲ واحد اضافه شود (این موضوع برای حالت نشسته به کار گرفته نمی‌شود).

۴. **بازوها:** با توجه به شکل، با تغییر زاویه بازوها امتیاز مشخص شده به آن تعلق می‌گیرد، همچنین در صورتی که بازو از محور اصلی بدن دور شود یا بچرخد، یک واحد اضافه شود؛ در صورتی که شانه‌ها بالا نگه داشته شود یک واحد اضافه شود و اگر وزن بازو روی تکیه‌گاهی منتقل م‌شود یا وزن بازو به ماهیچه‌های شانه و بازو منتقل نشود، یک واحد کم شود.

۵. **مچ دست‌ها:** با توجه به شکل، با تغییر زاویه مچ دست‌ها امتیاز مشخص شده به آن تعلق می‌گیرد؛ همچنین، در صورتی که انحراف به سمت زند زیرین یا زند زبرین یا پیچش وجود داشته باشد، یک واحد اضافه شود.

۶. **ساعدها:** خمش ۰° تا ۱۰۰° یک امتیاز و خمش کمتر از ۲۰° یا خمش بیش از ۱۰۰° دو امتیاز.



شکل ۱- امتیاز اعضای بدن در حالت‌های مختلف (Allah Noori, 2013; Maleki & motasebi, 2010)

در REBA اندام‌های گروه B، شامل بازوها، ساعدها و مچ دست‌ها می‌باشند.

جدول ۱- تعیین امتیاز اثر ترکیبی پوسچر اندام‌های گروه A (تنه، گردن و پاها) (Allah Noori, 2013; Maleki & motasebi, 2010)

جدول A	تنه				
	۱	۲	۳	۴	۵
گردن=۱	پاها				
	۱	۱	۲	۲	۳
	۲	۲	۳	۴	۵
	۳	۳	۴	۵	۶
گردن=۲	پاها				
	۱	۱	۳	۴	۵
	۲	۲	۴	۵	۶
	۳	۳	۵	۶	۷
گردن=۳	پاها				
	۱	۳	۴	۵	۶
	۲	۳	۵	۶	۷
	۳	۵	۶	۷	۸

جدول ۲- تعیین امتیاز اثر ترکیبی پوسچر اندام‌های گروه B (بازوها، ساعدها و مچ دست‌ها) (Allah Noori, 2013; Maleki & motasebi, 2010)

جدول B	امتیاز پوسچر بازو					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
امتیاز پوسچر ساعد=۱	مچ دست					
	۱	۱	۱	۳	۴	۶
	۲	۲	۲	۴	۵	۷
امتیاز پوسچر ساعد=۲	مچ دست					
	۱	۱	۲	۴	۵	۷
	۲	۲	۳	۵	۶	۸

امتیاز وضعیت اندام (پوسچرال) در روش REBA

در این روش، ابتدا وضعیت یا فعالیتی که باید ارزیابی شود، انتخاب می‌گردد؛ سپس، با استفاده از دیاگرام‌های طراحی شده، وضعیت اندام‌های گوناگون بدن کدگذاری می‌شود. امتیاز وضعیت اندام با اعمال نیرو و نوع فعالیت ترکیب می‌شود تا در نهایت، امتیاز کلی خطر بروز آسیب‌های اسکلتی-عضلانی مشخص شود. در شکل ۱، این امتیازها برای اعضای مختلف مشخص است.

سطح معنی‌داری $P < 0.05$ صورت گرفت. برای آنالیز تحلیل آماری اطلاعات از نرم‌افزار SPSS21 استفاده شد.

جدول ۳- تعیین امتیاز اعمال نیرو (Allah Noori, 2013; Maleki & motasebi, 2010)

امتیاز	مقدار اعمال نیرو (kg)
۰	کمتر از ۵
۱	۵ تا ۱۰
۲	بیش از ۱۰

* در صورتی که نیرو به طور ناگهانی اعمال شود، یک واحد به امتیازهای ذکر شده اضافه شود.

امتیازهای A و B با یکدیگر ترکیب شده و امتیاز C مشخص می‌شود. آن‌گاه امتیاز فعالیت که از جدول ۳ به دست می‌آید به امتیاز C اضافه می‌شود تا سرانجام امتیاز نهایی حاصل شود. پس از تعیین امتیاز نهایی، با استفاده از جدول ۴ سطح خطر و اولویت اقدام‌های اصلاحی تعیین می‌شود و بدین ترتیب، روند ارزیابی وضعیت با روش REBA به پایان می‌رسد.

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل با استفاده از آزمون‌های آماری توصیفی و تحلیلی آزمون Chi-Square و t-test در

جدول ۴- سطح خطر و اولویت اقدام‌های اصلاحی در روش REBA (Motamedzadeh & Mirzakhani, 2011)

امتیاز نهایی REBA	سطح خطر	سطح اولویت اقدام اصلاحی	ضرورت اقدام و زمان آن (شامل بررسی مفصل تر)
۱	قابل چشم پوشی	۰	ضروری نیست
۳-۲	پایین	۱	شاید ضروری باشد
۷-۴	متوسط	۲	ضروری
۱۰-۸	بالا	۳	ضروری (هرچه زودتر)
۱۵-۱۱	بسیار بالا	۴	ضروری (آنی)

نتایج و بحث

نتایج حاصل از پرسش‌نامه نوردیک

طبق اطلاعات به دست آمده از پرسش‌نامه، ۶/۲۵ درصد این افراد چپ‌دست و ۹۳/۷۵ درصد آن‌ها راست‌دست بودند. میانگین سن جامعه مورد مطالعه، ۳۶/۳۳ سال و میانگین وزن، ۸۵/۳۵ کیلوگرم و میانگین قد جامعه مورد مطالعه ۱۷۵/۸۲ سانتی‌متر به دست آمد. در جدول ۵، توزیع دموگرافیک جامعه مورد مطالعه نشان داده شده است.

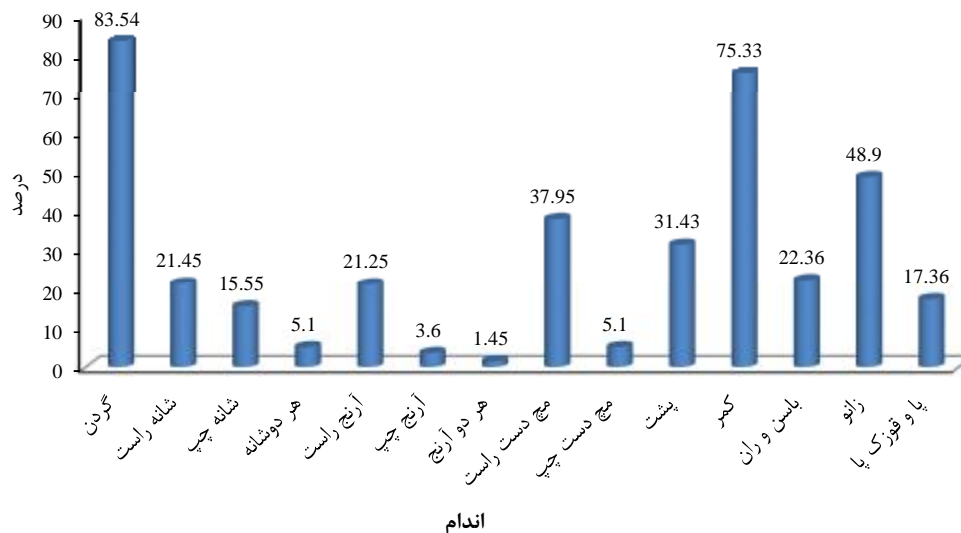
جدول ۵- توزیع مشخصات دموگرافیک^۱ جامعه مورد مطالعه

پارامتر	میانگین (محدوده)	انحراف معیار
سن (سال)	۳۶/۳۳ (۲۰-۶۰)	۱۱/۸۱
وزن (کیلوگرم)	۸۸/۳۵ (۵۵-۱۱۱)	۹/۷۸
قد (سانتی‌متر)	۱۷۵/۸۲ (۱۶۱-۱۸۵)	۹/۲۵

علایم خودگزارشی

نتایج استخراج شده از پرسش‌نامه نوردیک (علایم و اختلال‌های اسکلتی-عضلانی که از رانندگان گزارش شده است)، نشان می‌دهد که بیش از ۹۱/۹ درصد افراد

مورد پژوهش در طی یکسال گذشته حداقل در یکی از نقاط نُه‌گانه بدن دچار اختلال‌های اسکلتی-عضلانی شده‌اند و فقط ۸/۱ درصد افراد اعلام کردند که در طی یکسال گذشته دچار اختلال نشده‌اند. بیشترین فراوانی مربوط به گردن (۸۳/۵۴ درصد) و کمر (۷۵/۳۳ درصد) و کمترین گزارش‌ها مربوط به پا و قوزک پا (۱۷/۳۶ درصد) بوده است. با توجه به اینکه در پرسش‌نامه نوردیک نواحی مختلف بدن به ۹ قسمت تقسیم‌بندی می‌شوند، در ارزیابی فراوانی شیوع اختلال‌های اسکلتی-عضلانی در مچ و دست، آرنج و شانه، به ۳ قسمت راست، چپ و هر دو، تقسیم‌بندی و تفکیک می‌شوند؛ فراوانی شیوع اختلال‌های اسکلتی-عضلانی در ۱۲ ماه گذشته در شکل ۱ آورده شده است. اطلاعات به دست آمده از پرسش‌نامه نوردیک نشان داد بیشترین میزان فراوانی درد بسیار شدید در ناحیه گردن و کمر، درد شدید در کمر و درد ملایم در یک یا هر دو زانو گزارش شده است.



شکل ۱- فراوانی اختلال‌ها اسکلتی - عضلانی در ۱۲ ماه گذشته

کشش کمر راننده به طرف عقب در هنگام کلاچ گرفتن، به میزان ۴ نمره است.

نتایج جدول ۸، بیانگر هر یک از وضعیت‌های عملیات فرمان‌گیری در حالت دورزدن است که سطح خطر در این عملیات متوسط است، به شکلی که سطح اولویت در این عملیات نمره ۲ است. بیشترین نوسان در نمره REBA نیز در عملیات فرمان‌گیری در حالت دورزدن مربوط به وضعیت تغییر زاویه گردن راننده در جهت دور، به میزان ۵ نمره است.

با بررسی نتایج جدول ۹ و هر یک از وضعیت‌های عملیات دنده عقب‌رفتن، مشاهده می‌شود که سطح خطر در این عملیات زیاد است؛ به شکلی که سطح اولویت در این عملیات نمره ۳ است. بیشترین نوسان در نمره REBA نیز در عملیات کلاچ‌گیری مربوط به وضعیت تغییر زاویه گردن راننده رو به عقب، به میزان ۷ نمره است.

با توجه به نتایج حاصل از کدگذاری عکس‌های گرفته‌شده از تراکتورهای MF399 منطقه در حین انجام کار در ۴ عملیات و ۲۰ وضعیت کاری که در مجموع مشاهده را تشکیل می‌دهند (در جدول ۱۰ نشان داده شده‌است)، نمره نهایی REBA محاسبه‌شده در ۳۸/۲۸ درصد تصاویر در سطح خطر زیاد قرار دارد و انجام اقدامات اصلاحی برای آن ضروری (هرچه زودتر) است.

نتایج نمره نهایی REBA برای هر یک از عملیات‌ها

در میان وضعیت‌های رانندگی با تراکتور MF399 در عملیات زراعی، چهار وضعیت برجسته خطرناک بررسی شدند که کلاچ گرفتن، ترمز کردن و دنده عقب گرفتن با نمره نهایی ۸، بیشترین نمره REBA را داشتند و در سطح خطر زیاد قرار گرفتند و اقدام اصلاحی در مورد این عملیات‌ها ضروری است. بعد از این عملیات‌ها، فرمان‌گیری در حال دورزدن با نمره نهایی ۶، در سطح خطر متوسط قرار داشت و اقدام اصلاحی در مورد این عملیات ضروری است. نمره REBA برای هر یک از وضعیت‌های مورد مطالعه در جدول‌های ۶ تا ۹، مشاهده می‌شود.

با بررسی جدول ۶، مشاهده می‌شود که سطح خطر در عملیات ترمز زیاد است؛ به شکلی که سطح اولویت در این عملیات بین نمرات ۳ و ۴ است. بیشترین نوسان در نمره REBA نیز در عملیات ترمزگرفتن مربوط به تغییر زاویه زانوی راننده در حالت فشردن پدال ترمز به میزان ۷ نمره است.

با بررسی نتایج جدول ۷ و هر یک از وضعیت‌های کلاچ گرفتن، مشاهده می‌شود که سطح خطر در عملیات کلاچ‌گیری متوسط و زیاد است؛ به شکلی که سطح اولویت در این عملیات نمره ۲ است. بیشترین نوسان در نمره REBA نیز در عملیات کلاچ‌گیری مربوط به وضعیت تغییر زاویه زانوی راننده در حالت کلاچ گرفتن و وضعیت

جدول ۶- نمره REBA برای هر یک از وضعیت‌های عملیات ترمز

ردیف	وضعیت‌های عملیات ترمز	کمترین نمره REBA	بیشترین نمره REBA	بیشترین تکرار	سطح اولویت	سطح خطر	ضرورت انجام اقدامات
۱	تغییر زاویه زانوی راننده در حالت فشردن پدال ترمز	۴	۱۱	۹	۴	بالا	آینده نزدیک
۲	کشش پشت راننده رو به جلو	۶	۱۲	۱۰	۴	بالا	آینده نزدیک
۳	تغییر زاویه بازوی راننده در حالت ترمز گرفتن	۶	۱۰	۱۰	۳	بالا	آینده نزدیک
۴	تغییر زاویه مچ دست راننده در حالت ترمز گرفتن	۷	۹	۸	۳	بالا	آینده نزدیک
۵	تغییر زاویه گردن راننده در حالت ترمز گرفتن	۵	۱۰	۸	۳	بالا	آینده نزدیک

جدول ۷- نمره REBA برای هر یک از وضعیت‌های عملیات کلاچ گرفتن

ردیف	وضعیت‌های عملیات کلاچ گرفتن	کمترین نمره REBA	بیشترین نمره REBA	بیشترین تکرار	سطح اولویت	سطح خطر	ضرورت انجام اقدامات
۱	تغییر زاویه زانوی راننده در حالت کلاچ گرفتن	۵	۹	۶	۲	متوسط	ضروری
۲	کشش کمر راننده به طرف عقب در هنگام کلاچ گرفتن	۷	۱۱	۹	۳	بالا	آینده نزدیک
۳	فشار بر مچ پای راننده در هنگام کلاچ گرفتن	۶	۸	۶	۲	متوسط	ضروری
۴	تغییر زاویه گردن راننده هنگام کلاچ گرفتن	۶	۹	۸	۳	بالا	آینده نزدیک
۵	کشش پشت راننده در حین کلاچ گرفتن	۸	۱۰	۹	۳	بالا	آینده نزدیک

جدول ۸- نمره REBA برای هر یک از وضعیت‌های عملیات فرمان‌گیری در حالت دور زدن

ردیف	وضعیت‌های عملیات فرمان‌گیری در حالت دور زدن	کمترین نمره REBA	بیشترین نمره REBA	بیشترین تکرار	سطح اولویت	سطح خطر	ضرورت انجام اقدامات
۱	تغییر زاویه آرنج و بازوی بالایی	۷	۱۱	۵	۲	متوسط	ضروری
۲	تغییر زاویه گردن راننده در جهت دور	۶	۱۱	۶	۲	متوسط	ضروری
۳	تغییر زاویه کمر راننده در هنگام دور زدن	۷	۱۰	۶	۲	متوسط	ضروری
۴	تغییر زاویه مچ دست در هنگام فرمان‌گیری و دور زدن	۸	۱۱	۶	۲	متوسط	ضروری
۵	تغییر زاویه زانوی راننده در حین دور زدن	۸	۹	۸	۳	بالا	در آینده نزدیک

جدول ۹- نمره REBA برای هر یک از وضعیت‌های عملیات دنده عقب

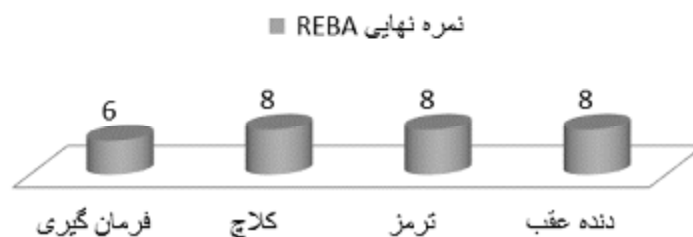
ردیف	وضعیت‌های عملیات دنده عقب	کمترین نمره REBA	بیشترین نمره REBA	بیشترین تکرار	سطح اولویت	سطح خطر	ضرورت انجام اقدامات
۱	تغییر زاویه گردن راننده روبه عقب	۵	۱۲	۸	۳	بالا	آینده نزدیک
۲	تغییر زاویه بازوی بالایی راننده هنگام تعویض دنده	۴	۸	۸	۳	بالا	آینده نزدیک
۳	تغییر زاویه کمر راننده هنگام برگشت به عقب	۷	۱۱	۱۰	۳	بالا	آینده نزدیک
۴	کشش پشت راننده هنگام دنده عقب	۶	۱۰	۹	۳	بالا	آینده نزدیک
۵	کشش زانو و تغییر زاویه آن هنگام برگشت به عقب	۶	۱۰	۶	۲	متوسط	ضروری

جدول ۱۰- توزیع نمره REBA، سطح خطر و اولویت اقدام‌های اصلاحی برای افراد جامعه مورد پژوهش

سطح خطر	سطح اولویت اقدامات اصلاحی	نمره نهایی REBA	فراوانی	درصد فراوانی	ضرورت انجام اقدامات اصلاحی
ناچیز	۰	۱	۰	۰	غیر ضروری
کم	۱	۲-۳	۱۳۲	۲/۵۸	نسبتاً ضروری
متوسط	۲	۴-۷	۲۸۵۶	۵۵/۷۸	ضروری
بالا	۳	۸-۱۰	۱۹۶۰	۳۸/۲۸	ضروری (هر چه زودتر یا در آینده نزدیک)
بسیار بالا	۴	۱۱-۱۵	۱۷۲	۳/۳۶	ضروری (انی یا در حال حاضر)

سطح خطر بالا قرار دارند و اقدام اصلاحی در مورد این عملیات‌ها ضروری (هرچه زودتر یا در آینده نزدیک) است. بعد از این عملیات‌ها فرمان‌گیری در حال دور زدن با نمره نهایی ۶، در سطح خطر متوسط قرار دارد و اقدام اصلاحی در مورد این عملیات ضروری است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده و شکل ۲، در میان وضعیت‌های رانندگی با تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ در عملیات زراعی، چهار وضعیت برجسته خطرناک بررسی شدند، عملیات‌های کلاچ‌گرفتن، ترمزکردن و دنده عقب‌گرفتن با نمره نهایی ۸ بیشترین نمره را داشتند و در



شکل ۲- نمودار نهایی REBA برای هر یک از وضعیت‌ها

اختلال‌های باسن و ران، زانو، پا و قوزک پا در میان رانندگان در پرسش‌نامه نوردیک به‌ترتیب ۲۲/۳۶ درصد، ۴۸/۹ درصد و ۱۷/۳۶ درصد گزارش شده‌است. در قسمت بازو ۲۲/۰۳ درصد از مشاهده‌ها، نمره ۳ را گرفته‌اند که نشان می‌دهد در بیش از نیمی از تصاویر در قسمت بازو بیشتر از ۴۵ درجه انحراف دیده شده‌است و ۳۸/۱۳ درصد از مشاهده‌ها در قسمت بازو، نمره ۲ را گرفته‌اند که نشان می‌دهد اکثر تصاویر ۲۰ تا ۴۵ درجه حرکت رو به جلو یا بیش از ۲۰ درجه چرخش به عقب داشته‌اند؛ این نتایج با نتایج به‌دست آمده توسط Walker & Palmer (2002) مغایرت دارد؛ ولی مطابق نتایج Maleki & motasebi (2010) است.

نتایج پرسش‌نامه نوردیک نشان داد که فراوانی اختلال‌ها در میان رانندگان در قسمت شانه، ۴۲/۱ درصد گزارش شده‌است. در قسمت ساعد ۵۴/۵۳ درصد از مشاهده‌ها، نمره ۱ را دارند که نشان‌دهنده خمش ۶۰ تا ۱۰۰ درجه است. فراوانی اختلال‌ها با استفاده از پرسش‌نامه نوردیک در آرنج در میان رانندگان ۲۶/۸ درصد گزارش شده‌است.

مقایسه نتایج REBA با پرسش‌نامه نوردیک

با توجه به جدول ۱۰، در میان نمره REBA گرفته‌شده توسط اندام‌های بدن، تنه در ۴۷/۱۹ درصد از مشاهده‌ها نمره ۲ را داشت، که نشان‌دهنده میزان خطر بالا برای این اندام است. در میان خودگزارشی رانندگان، اختلال‌های گردن با توجه به نتایج جدول ۸ با ۸۳/۵۴ درصد بیشترین فراوانی را در بین اندام‌های دیگر داشته‌است؛ در ضمن، فراوانی اختلال‌های پشت در میان رانندگان ۳۱/۴۳ درصد و اختلال‌های کمر ۷۵/۳۳ درصد گزارش شده‌است که این نتایج با نتایج به دست آمده توسط (Allah Noori 2013) و (Maleki & motasebi 2010) مطابقت دارد.

در قسمت گردن ۶۲/۰۳ درصد از مشاهده‌ها، نمره ۲ را گرفته‌اند که نشان‌دهنده خمش بیش از ۲۰ درجه یا انحراف به عقب است. فراوانی اختلال‌های گردن در پرسش‌نامه نوردیک در میان رانندگان، ۸۳/۵۴ درصد گزارش شده‌است. در قسمت پا ۴۶/۸۷ درصد از مشاهده‌ها، نمره ۳ را گرفته‌اند که نشان‌دهنده خمش بین ۳۰ تا ۶۰ درجه در یک یا هر دو زانو است. فراوانی

گزارش شده‌است؛ نتایج این بخش نیز با نتایج Allah (2013) و Walker & Palmer (2002) مطابقت داشته ولی با نتایج Maleki & motasebi (2010) مغایر است.

۵۰ درصد مشاهده‌ها در مچ دست، نمره ۲ داشته‌اند که نشان‌دهنده خمش بیش از ۱۵ درجه و یا پیچش در دست است. فراوانی اختلال‌های دست و مچ دست در میان رانندگان با استفاده از پرسش‌نامه نوردیک ۴۳/۰۵ درصد

جدول ۱۰- کد گرفته شده توسط اندام‌های مختلف بدن در کل مشاهده‌ها

اندام‌ها/ امتیاز REBA	(%)۰	(%)۱	(%)۲	(%)۳	(%)۴	(%)۵
تنه		۲۱۹ (۳۴/۲۲)	۳۰۲ (۴۷/۱۹)	۱۱۹ (۱۸/۵۹)		
گردن		۲۴۳ (۳۷/۹۷)	۳۹۷ (۶۲/۰۳)			
پا	۶۱ (۹/۵۳)		۲۶۸ (۴۱/۸۷)	۳۰۰ (۴۶/۸۷)	۱۱ (۱/۷۳)	
بازو		۲۳۹ (۳۷/۳۴)	۲۴۴ (۳۸/۱۳)	۱۴۱ (۲۲/۰۳)	۱۶ (۲/۵)	
ساعد		۳۴۹ (۵۴/۵۳)	۲۹۱ (۴۵/۴۷)			
مچ دست		۲۸۳ (۴۴/۲۲)	۳۲۰ (۵۰)	۳۷ (۵/۷۸)		

براساس پژوهش انجام شده به روش REBA در ۳۹/۲۶ درصد از مشاهده‌ها، سطح خطر زیاد بوده و انجام اقدامات اصلاحی سریع ضروری است. همچنین، در ۳/۳۹ درصد مشاهده‌ها، سطح خطر بسیار زیاد بوده و انجام اقدامات اصلاحی هرچه سریع‌تر ضروری است. در میان ۲۰ وضعیت بررسی شده، وضعیت‌های تغییر زاویه زانوی راننده در حین فشردن پدال ترمز و کلاچ، کشش پشت راننده در حین گرفتن کلاچ، تغییر زاویه گردن در حین دنده عقب، بیشترین نمره نهایی را داشتند و در سطح خطر بالا بودند. با توجه به پژوهش انجام شده، چرخش گردن، فشار زیاد بر کمر و زانوی راننده و نیروی وارد شده به مچ دست در هنگام رانندگی با تراکتور MF399، بیشترین آسیب را در حین عملیات رانندگی دارند؛ همچنین، براساس پژوهش بیشترین نمره REBA به عملیات کلاچ گرفتن اختصاص داده شده‌است؛ بنابراین پیشنهادها زیر را به منظور پیشگیری از اختلال‌های اسکلتی-عضلانی می‌توان مورد اشاره قرار داد:

۱- استانداردسازی ارتفاع پدال‌های کلاچ و ترمز، جهت ایجاد فاصله مناسب بین پدال‌ها و صندلی راننده و جلوگیری از فشار زیاد بر زانو و اندام‌های بدن با توجه به آنتروپومتری رانندگان که باعث ایجاد پوسچرهای مطلوب در حین عملیات کلاچ و ترمز گرفتن شود.

۲- تعبیه جادستی در بغل صندلی راننده، جهت استفاده راننده از آن در هنگام دنده عقب و گذاشتن ساعد و آرنج روی آن هنگام چرخش به عقب برای دنده عقب گرفتن و

نتایج پژوهش نشان داد که رانندگی با تراکتور MF399 مورد مطالعه، به علت درگیر بودن رانندگان تراکتور با عملیات زراعی و کار با تراکتور در وضعیت‌های مختلف، جزء عوامل شغلی و زیان‌بار و کارهای پراسیب به شمار می‌آید؛ به گونه‌ای که ۹۳/۱ درصد از رانندگان مورد مطالعه در پژوهش طی ۱۲ ماه گذشته حداقل در یکی از اندام‌های نه گانه بدن خود دچار اختلال‌های اسکلتی و عضلانی شده‌اند. با توجه به گزارش رانندگان مورد مطالعه در این پژوهش، گردن و زانو از بیشترین آسیب برخوردار بودند که این نتایج مطابق با نتایج Allah Noori (2013)، Maleki & motasebi, (2010)، Rostami *et al.* (2010) و Walker & Palmer (2002) است.

شیوع بالای اختلال‌های گردن و زانو، می‌تواند به علت وضعیت نامناسب، طراحی نامناسب صندلی و همچنین پدال‌ها در تراکتور باشد. چرخش بیش از اندازه گردن در هنگام دنده عقب گرفتن (بیش از ۲۰ درجه کشش)، همچنین فشار زیاد روی پا و زانوی راننده هنگام فشردن پدال‌های ترمز و کلاچ، می‌تواند نشان‌دهنده آسیب‌های وارد شده به رانندگان در حین رانندگی باشد. با توجه به نتایج این پژوهش، اختلال‌های اسکلتی-عضلانی با سن، وزن و قد رانندگان ارتباط معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد دارد و با افزایش سن، وزن و قد رانندگان، میزان شیوع اختلال‌های اسکلتی-عضلانی در رانندگان تراکتور MF399 افزایش می‌یابد.

- Health and Medical Education. Research Department (In Farsi).
5. Bakhshi poor, A. Kasraie, M. and Amobigjozii, A. 2010. assess the ergonomics of the Workers harvesting tea in the north of the country. The National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. College of Agriculture and Natural Resources. Tehran University (In Farsi).
 6. Chapman, F. and Meyers, S. 2002. Handbook of north American Indians, V.14. Southeast by Raymond. turtevant 18-24.
 7. Choobineh, A. R. 2004. Principles of educational furniture design. New sletter of Iranian Ergonomics Society. 16: 3-12.
 8. Fairley, T. E. and Griffin M. J. 1990. The apparent mass of the seated human body in the fore and aft and lateral directions. Journal of Sound and Vibration, 139: 299-306.
 9. Gerke, F. G. and Hoag D. L. 1981. Tractor vibration at the opratorstation. transaction of the ASAE, 24: 1131-1134.
 10. Ghasemzadeh, H. and Nematzadeh, A. 2006. English for the student of mechanization and mechanics of agricultural machinery.
 11. Higent, T. and Atameny, S. 2000. Mechanical vibration measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part I: general Requirements. ISO, Geneva.
 12. Iidizadeh, M. 2011. Workers packed dates with ergonomic evaluation REBA, Master's thesis. Shahid Chamran University of Ahvaz (In Farsi).
 13. Javadi, A. and Rostami, M. 2007. Safety Assessments of Agricultural Machinery in Iran, Journal of Agricultural Safety and Health. 13: 275-284.
 14. Levy, BS. DH. 2000. Occupational health recognizing and preventing work-related disease and injury. 4th Ed. 729 p.
 15. Maleki, A. and Motasebi, S. 2010. Frequency analysis of the body's organs tractor driver, the Sixth National Congress of Agricultural Engineering and Mechanisation. Proceedings. pp. 287-295 (In Farsi).
 16. Motamedzadeh, M. and Mirzakhani, A. 2011. Ergonomics evaluation methods (software approach), printing. publishing technologists. Tehran. 12 p. (In Farsi).
 17. Rostami, M. Javadi, A. Shaker, M. Mahdinia, A. and Hydri Soltanabadi, M. 2010. The immortal new ergonomic some components of conventional tractors in Iran. Sixth National Congress of Agricultural Engineering and Mechanization, Tehran University. Tehran (In Farsi).
 18. Sorainen, E. Penttinen, J. Kallio, M. جلوگیری از کشش بیش از اندازه گردن راننده در هنگام دنده عقب گرفتن، که در پژوهش یکی از مؤلفه‌هایی است که بیشترین نمره REBA را دارد.
 - ۳- استفاده از کلاچ‌های اسپلیت به جای کلاچ دو مرحله‌ای و استفاده از صفحه کلاچ بشقابی به جای صفحه فندار در MF399 برای کاهش نیروی کلاچ‌گیری.
 - ۴- در حین کلاچ گرفتن با تراکتور MF399 وجود نیروی شدید باعث از بین رفتن غضروف‌ها و ایجاد اختلال ساییدگی زانو می‌شود. پس ایجاد اختلال روی مفاصل زانوی کاربر توسط تراکتور برای استفاده طولانی مدت امری دور از انتظار نیست و تلاش برای برطرف کردن یا به حداقل رساندن میزان این اختلال تنها با استفاده از علم ارگونومیک امکان‌پذیر است.
 - ۵- برای سلامت زانوی راننده تراکتور MF399 باید وضعیت کلاچ‌گیری در نزدیکی انبساط کامل زانو، با یک کلاچ نرم و زاویه کلاچ‌گیری کوچک باشد تا حتی الامکان مفصل تحت بار، مجبور به حرکت در محدوده بزرگی نباشد. طراحی، چنین پدالی بر ایمنی در موقع خطر نیز می‌افزاید؛ چون نیروی عکس‌العمل آن روی راننده، قرارگیری بهتر کاربر، ایجاد زاویه مطلوب، وضعیت مطلوب در هنگام رانندگی بر روی صندلی را به دنبال خواهد داشت.
 - ۶- طراحی صندلی مناسبی که زاویه مناسب حالت چرخشی داشته باشد و همچنین، قابل تنظیم بودن آن (با توجه آنتروپی راننده) برای جلوگیری از آسیب‌های گردن و کمر در حالت‌های دنده عقب و دورزدن.

منابع

1. Allah Noori, J. 2013. To evaluate the ergonomic problems Massey Ferguson 285 in the city of Valley City. Master's thesis. agricultural mechanization. Shahid Chamran University of Ahvaz (In Farsi).
2. Anonmyous. 2001. Musculoskeletal Disorders. The Fast Facts series is copyrighted by the Public Services Health & Safety Association (PSHSA). <http://www.healthandsafetyontario.ca/HSO/msdia/PSHSA/pdfs/MSDs/MSDs.pdf>
3. Anonymous. 2000. Internation Ergonomics Association (IEA). What is Ergonomics. <http://www.iea.cc/ergonomics/>
4. Anonymous. 2001. the National Research Center of Medical Sciences. Health survey in Iran: the whole country. Ministry of

- Rytkonen, M. and Taattola K. 1998. Whole body vibration of tractor during harrowing. American Industrial Hygiene Association Journal, 59: 642-544.
19. Studman, C. 1998. Ergonomic in apple sorting. A pilot study. Journal of Agricultural Engineering Research, 70: 323-334
20. Wakeling, J. M. Nigg, B. and Rozitis, M. 2002. Muscle activity damps the soft tissue resonance that occurs in response to pulsed and continuous vibration. Journal of Applied Physiology, 93: 1093-1103.
21. Walker-Bone, K. and Palmer, K. T. 2002. Musculoskeletal Disorders in Farmers and Farm Workers. Occupational Medicine, 52 (8): 441-450
22. Woodson, W. E. and Berry, T. P. 1992. Human Factors Design Handbook. McGraw – Hill Book Company.
23. Yue, Z. and Mester J. 2001. A model analysis of internal loads, energetic, and effects of wobbling mass during the whole-body vibration. Journal of Biomechanics, 35: 639-647.

