

ارزیابی مواجهه رانندگان تراکتور مسی فرگوسن مدل ۱۶۵ با ارتعاش کل بدن

پروین نصیری^۱ - ایرج علی محمدی^۲ - محمد حسین بهشتی^{۳*} - کمال اعظم^۴ - روح اله حاجی زاده^۳

beheshtihasan8@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۳۰

چکیده

مقدمه: رانندگان تراکتور در طول رانندگی به طور دایم در معرض ارتعاش تمام بدن قرار دارند که این مساله ممکن است منجر به بروز اختلالات سیستم‌های اسکلتی - عضلانی، عصبی، گردش خون و بروز بیماری‌های شغلی ناشی از ارتعاش گردد. هدف از این مطالعه ارزیابی مواجهه رانندگان تراکتور با ارتعاش کل بدن می باشد. **روش کار:** در این مطالعه پارامترهای مربوط به ارتعاش تمام بدن مانند شتاب ریشه مجموع مربعات، شتاب معادل کلی، میزان دوز ارتعاش و فاکتور قله به صورت مجزا در سه جهت (Y، X و Z) در ۳ تراکتور مسی فرگوسن مدل ۱۶۵ و در ۳ حالت مختلف انتقال (بدون تریلی، همراه تریلی خالی و همراه با تریلی با بار خاک) شخم زدن زمین و بارگیری تریلی خاک با تراکتور و در وضعیت‌های کاری با دنده‌های مختلف بر اساس رهنمودهای استاندارد ISO 2631 اندازه گیری شده و با میزان مجاز مقایسه شد.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد که در تمام موقعیت‌های اندازه گیری شده، میزان مواجهه با ارتعاش کل بدن بیش از میزان مجاز بوده و ریسک بروز اختلالات ناشی از آن وجود دارد. بیشترین میزان مواجهه با ارتعاش (برایند ۳ جهت) در حالت انتقال با تریلی خالی ($43,11 \text{ m/s}^2$)، انتقال با تریلی با بار خاک ($118,92 \text{ m/s}^2$) و (شخم زدن زمین با دنده ۲ ($17,39 \text{ m/s}^2$) می باشد. بیشترین میزان CF (فاکتور قله) نیز برای حالت انتقال بدون تریلی با دنده ۳ (۱۰,۷)، سپس شخم زدن زمین (۷,۳۵) و بارگیری (۶,۵۰) به دست آمد. بالاترین مقدار دوز ارتعاش به ترتیب برای حالت انتقال با تریلی خالی با دنده ۴ ($189,92 \text{ m/s}^{1.75}$) و دنده ۳ ($108,15 \text{ m/s}^{1.75}$) به دست آمد در تمام حالات اندازه گیری شده میزان مواجهه با ارتعاش در جهت Y نسبت به جهت X و Z بیشتر بود.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه بیانگر آن است که رانندگان تراکتور با ارتعاش کل بدن بیش از حد مجاز مواجه بوده و ممکن است در دراز مدت با عوارض ناشی از این مواجهه دچار شوند. در نتیجه این مطالعه بر نیاز به مداخله و اتخاذ تدابیر کنترلی و مدیریتی جهت حذف و کاهش ارتعاش کل بدن رانندگان و به منظور جلوگیری از بروز مشکلات عمده از جمله وقوع اختلالات اسکلتی - عضلانی، ناراحتی و خستگی زودرس تاکید فراوان دارد و همچنین نیاز به انجام مطالعات بیشتر جهت شناسایی منابع ارتعاش بر روی انواع مختلف تراکتور نیز امری ضروریست.

کلمات کلیدی: تراکتور، ارتعاش کل بدن، مقدار دوز ارتعاش

- ۱- استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۲- استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۳- کارشناس ارشد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۴- استادیار گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

مقدمه

امروزه به ایمنی و سلامت شغلی کشاورزان در کشورهای در حال توسعه و کم درآمد کمتر توجه می‌شود. این مساله برای رانندگان تراکتورها که در محیط‌های با ارتعاش بالای تراکتور و صندلی آن قرار دارند از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. (Bovenzi and Betta, 1994, maleki *et al.*, 1387) ارتعاش‌های خطی در ۳ جهت عمودی، طولی و جانبی از وسیله به انسان قابل انتقال می‌باشد. رانندگان تراکتور نسبت به ارتعاش عمودی حساسیت بیشتری دارند (Tewari and Prasad, 1999) و سطوح ارتعاش عمودی روی تراکتورها هنگام انجام عملیات کشاورزی از سطح استانداردهای جهانی تجاوز می‌کند. (ISO, 1997) این شتاب روی بدن کشاورز تاثیر گذاشته و باعث ایجاد درد و ناراحتی و اختلالات اسکلتی - عضلانی می‌شود (Griffin *et al.*, 1982) در مواجهه بدن با ارتعاش یا شوک، یک توزیع پیچیده‌ای از حرکت‌ها یا نیروهای نوسانی در داخل بدن ایجاد می‌شود که می‌تواند سلامتی، فعالیت و راحتی را کاهش دهد و باعث بیماری حرکتی شود. (ISO5349-1, 2001) آسیب به سلامتی شامل درد کم و آسیب به ستون فقرات است که از مواجهه با ارتعاش صندلی منتج می‌شود. مواجهه با ارتعاش می‌تواند سیستم عصبی مرکزی را مختل نماید و بر سیستم‌های گردش خون و ادرار تاثیر بگذارد (Yue and Mester, 2002, Wakeling *et al.*, 2002). در واقع حساسیت انسان نسبت به ارتعاش به خواص مختلف آن یعنی دامنه، سرعت شتاب و یا میزان تغییر شتاب بستگی دارد. (Mehta *et al.*, 2000) مطالعه‌ای که بر روی ۱۱۵۵ راننده تراکتور در معرض ارتعاش کل بدن (WBV) و پوسچرهای استرس زا انجام شد، نشان داد که کمردرد (LBP) در بین

رانندگان تراکتور نسبت به گروه کنترل شیوع زیادی دارد. میزان ارتعاش و پوسچر نقش عمده‌ای در بروز کمردرد دارند (Bovenzi and Betta, 1994). در استانداردهای جهانی اثرات ارتعاش بر راننده به صورت معیارهای حفظ بازده کاری (حد کاهش مهارت ناشی از خستگی)، حفظ سلامتی و ایمنی (حد تعرض) و محدوده راحتی و آسایش بیان گردیده است که با توجه به معیارهای ذکر شده، مدت زمان مجاز مواجهه با ارتعاش بر اساس این ۳ معیار به دست می‌آید. (maleki *et al.*, 1387) صدمات مکانیکی اجزای بدن به دلیل کرنش ایجاد شده در بافت‌های آن ناشی از ارتعاش وعدم هم‌آهنگی اثرات فیزیولوژیکی به وجود آمده با فرکانس و دیگر جنبه‌های ارتعاش می‌باشد (Chaffin *et al.*, 1991). مشکل تراکتورهای بدون کابین و سیستم تعلیق هنگامی حادث می‌شود که فرکانس طبیعی آنها در محدوده ۱-۱۱ هرتز قرار می‌گیرد که در واقع فرکانس طبیعی اجزای بدن راننده می‌باشد. (POPE and HANSSON, 1992, Troup, 1978) بر اساس استاندارد (ISO 2631 (2004)، کنفرانس دولتی بهداشت صنعتی آمریکا، مقادیر 0.5 m/s^2 را به عنوان سطح عمل برای شتاب کلی RMS توزین شده (جمع برداری برای محور X، Y، Z) ارایه کرده است (Mayton *et al.*, 2008). مطالعات مختلف نشان داده اند که میزان ارتعاش WBV صندلی تراکتور بیش از حد عملکرد است (Kumar *et al.*, 1999). مطالعه‌ای که سازمان NIOSH انجام داد، نشان داد که ۹۶٪ شرکت کنندگان مجبور به خم کردن و یا پیچاندن گردن خود بودند، ۲۴٪ علائم درد گردن را نشان دادند ۶۴٪ علائم مربوط به کمردرد، بی‌حسی، سفتی و ... را بروز دادند. (Sorainen *et al.*, 1998) مطالعه‌ای که توسط Hendriek و همکاران جهت

روش کار

آزمایش روی ۳ تراکتور مسی فرگوسن مدل ۱۶۵ با طول عمر ۱۱، ۹ و ۱۲ سال در وضعیتی که تراکتور در آخرین بار کاری خود قرار داشت و در حالت‌ها زیر انجام شد، انتقال بدون تریلی در مسیر خاکی (دنده ۲، دنده ۳، دنده ۴ و دنده ۵)، حمل تریلی خالی در مسیر خاکی (دنده ۳ و دنده ۴) و حمل تریلی با بار خاک در مسیر مشابه (دنده ۳ و دنده ۴)، شخم زدن زمین مشابه موارد قبل با گاوآهن (دنده ۱ و دنده ۲) و عملیات بارگیری تریلی خاک (دنده ۱). اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن در شبکه های توزین یافته فرکانسی مطابق با استاندارد ISO 2631 در ۳ جهت x ، y و z و با قرار دادن صفحه شتاب سنج در مرکز نشیمن گاه صندلی تحت شرایط واقعی کار روزانه رانندگان و مطابق با معیارهای ذکر شده توسط استاندارد ISO 2631 صورت گرفت (شکل ۱ و ۲) همچنین قبل از انجام آزمایش‌ها وضعیت ظاهری لاستیک تراکتورها از

ارزیابی مواجهه شغلی با ارتعاش کل بدن در رانندگان جرثقیل، تراکتور، خلبانان هلیکوپتر و رانندگان کامیون های بالابر انجام شد نشان داد که در اکثر موارد درد کمر در بین افرادی که در مواجهه با ارتعاش کل بدن قرار دارند نسبت به دیگران بیشتر است. همچنین مرخصی استعلاجی و ناتوانی ناشی از درد کمر مخصوصا اختلالات دیسک میانی در افراد مواجه با ارتعاش بسیار بیشتر از دیگران بود (Boshuizen *et al.*, 1990) نتایج مطالعه Kumar و همکاران درد کمر را در ۴۰٪ رانندگان تراکتور نشان داد (Kumar *et al.*, 1999). مطالعه Esko Sorainen و همکاران نشان داد که در تمام حالات میزان ارتعاش از مرز ۸ ساعت (مرز خستگی و کاهش بازدهی) استاندارد ISO 2631 عبور می‌کند (Sorainen *et al.*, 1998). در تحقیق حاضر اثر ارتعاش بر صندلی تراکتور مسی فرگوسن مدل ۱۶۵ و میزان مواجهه رانندگان با ارتعاش کل بدن در حالت انتقال و حرکت با شرایط متفاوت و همچنین حین عملیات بارگیری و شخم زدن زمین بررسی شد.



شکل ۲: تراکتور مسی فرگوسن مدل ۱۶۵ در حین بارگیری تریلی خاک



شکل ۱: تراکتور مسی فرگوسن مدل ۱۶۵ در حین انتقال تریلی خاک

پس از انجام آنالیز واریانس و معنی دار بودن آنها، توسط آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن در سطح احتمال ۵٪ تجزیه و تحلیل گردیدند. برای انجام عملیات آماری از نرم افزار Excle و Spss استفاده گردید.

فاکتور قله: فاکتور قله یک مقدار بدون بعد است که به صورت نسبت مقدار شتاب قله به شتاب موثر تعریف می‌شود در این مطالعه فاکتور قله با استفاده از فرمول ریاضی زیر محاسبه شد. (Nasiri et al., 1388)

$$CF = \frac{(aw(t))_{max}}{(aw)_{r.m.s}} \quad (2)$$

در این رابطه aw شتاب وزن یافته فرکانسی می‌باشد.

مقدار دوز ارتعاش (VDV): بر اثر ناهمواری‌های زمین، مقدار زیادی شوک به ماشین‌های خارج جاده‌ای مانند ماشین‌های کشاورزی وارد می‌شود. چون در محاسبه VDV با گذشت زمان شوک‌ها از اهمیت زیادی در محاسبات برخوردار هستند، پس مقدار VDV (Vibration Dose Value) بهترین معیار سنجش راحتی راننده می‌باشد VDV. به وسیله معادله زیر با دوره زمانی اندازه گیری ارتعاشی وزن دار فرکانسی (i) a تعریف می‌شود (Griffin, 1998, Hostens and Ramon, 2003)

$$VDV = \left[\sum_N^{T_s} a^4(t) \right]^{\frac{1}{4}} \quad (3)$$

مقدار فاکتور قله برای تمام حالات کاری اندازه گیری شده به صورت جدول نشان داده شده است. در اینجا چون میانگین فاکتور قله کمتر از ۶ شده است. از فرمول تخمین VDV استفاده می‌شود که فرمول آن به صورت زیر می‌باشد.

نظر سالم بودن سطح بیرونی، فشار باد و آج‌های آن بررسی گردید. لازم به ذکر است که طول عمر لاستیک هر ۳ تراکتور کمتر از ۲ سال بود.

برای پیش بینی خطر سلامتی انسان، شتاب‌های توزین یافته فرکانسی rms در محورهای X و Z، Y با نمادهای ay، az و ax با یکدیگر ترکیب شدند و شتاب معادل کلی (Aeq(T)) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$A_{eq(T)} = \sqrt{(1.4a_x)^2 + (1.4a_y)^2 + (1.4a_z)^2} \quad (1)$$

برای انجام آزمایش و ثبت شتاب‌های مورد نظر از ارتعاش سنج B&K مدل ۲۵۱۲ و مبدل ۴۳۲۲ استفاده شد که داده‌های خروجی آن توسط یک مدار الکترونیکی ثبت می‌گردید و پس از انجام آزمایش به رایانه انتقال داده می‌شد. این دستگاه قادر به اندازه گیری شتاب در ۳ جهت مختلف به صورت جداگانه می‌باشد. مقادیر ریشه میانگین مربع‌های شتاب (RMS) و اندازه ارتعاش (VDV) آنها پس از وزن دار کردن داده‌های آزمایش با توجه به استانداردهای جهانی محاسبه و سپس جمع برداری آنها محاسبه شدند. همچنین آزمایش‌هایی نیز جهت ارزیابی و مقایسه مقدار ارتعاش روی مسیر خاکی و سطح مزرعه هنگام انجام عملیات شخم با گاوآهن با دنده‌های مختلف صورت گرفت. در این مطالعه کالیبراسیون دستگاه توسط شرکت مربوطه و با استفاده از کالیبراتور نوع ۴۲۹۴ انجام شد. لازم به ذکر است برای اطمینان از صحت و دقت داده‌ها در فواصل زمانی مختلف در طول مطالعه با استفاده از سیگنال داخلی، مرجع دستگاه کالیبره شد. ریشه میانگین مربع‌های شتاب و مقدار اندازه ارتعاش شتاب‌های وزن دار شده متغیرهای آزمایشی مورد نظر بودند که

و شتاب معادل کلی در منطقه نشمن گاه صندلی در وضعیت‌های مختلف اندازه‌گیری شده در جدول زیر ۱ و ۲ نشان داده شده است. اطلاعات جدول زیر نشان می‌دهد که در تمام حالات اندازه‌گیری شده بیشترین میزان ارتعاش در جهت Y و سپس جهت X قرار دارد. نتایج آزمون ANOVA بیان می‌کند که بین میزان میانگین ارتعاش کل بدن (WBV) در ۳ حالت مختلف انتقال (بدون تریلی، با تریلی خالی و با تریلی با بار خاک) اندازه‌گیری شده اختلاف

$$eVDV = 1.4 a_{wr.m.s} T^{\frac{1}{4}} \quad (4)$$

در این رابطه eVDV مقدار تخمینی VDV و T طول مدت زمان اندازه‌گیری بر حسب ثانیه است. واحد $m/s^{1.75}$ VDV می‌باشد.

یافته‌ها

نتایج اندازه‌گیری‌های میزان مواجهه مقادیر شتاب وزن یافته فرکانسی rms به تفکیک هر محور

جدول ۱: ارتعاش کل بدن رانندگان تراکتور در حین انتقال در مسیر خاکی (شتاب موثر m/s^2)

انتقال با تریلی با بار خاک		انتقال با تریلی خالی		انتقال (بدون تریلی)			نوع عملیات
دسته ۴	دسته ۳	دسته ۴	دسته ۳	دسته ۵	دسته ۴	دسته ۳	دسته ۲
۷.۳۹	۲.۳۷	۱۱.۳۵	۱۰	۶	۵.۲	۴	۳.۵
۱۱.۸۸	۱۱.۸۸	۲۸.۱	۱۵.۴۸	۷	۲.۸	۶.۵	۸
۱.۱۸	۱	-۰.۱	-۰.۱	-۰.۵	-۰.۴۴	-۰.۴	-۰.۳
۱۸.۹۲	۱۷.۹۲	۳۳.۱۱	۳۳.۵۵	۱۱.۵۴	۵.۹۱	۱۰.۲۶	۱۲.۳۲

جدول ۲: ارتعاش کل بدن رانندگان تراکتور در حین عملیات بارگیری و شخم زدن زمین (شتاب موثر m/s^2)

شخم زدن زمین		بارگیری	نوع عملیات
دسته ۴	دسته ۱	دسته ۱	دسته ۲
۱۱	۳	۸.۴۱	جهت X
۱۰	۴	۷.۴۹	جهت Y
۱۲	۰.۵	۱.۱۸	جهت Z
۱۷.۸۹	۶.۴۶	۱۳.۱۰	شتاب کل

جدول ۳: حداکثر ارتعاش کل بدن رانندگان تراکتور در حین انتقال در مسیر خاکی (شتاب پیک m/s^2)

انتقال با تریلی با بار خاک		انتقال با تریلی خالی		انتقال (بدون تریلی)			نوع عملیات
دسته ۴	دسته ۳	دسته ۴	دسته ۳	دسته ۵	دسته ۴	دسته ۳	دسته ۲
۲۹	۲۱	۲۵	۲۸	۲۹	۲۵	۲۱	۲۱
۲۶	۲۵	۵۰	۴۳	۳۰	۴۰	۲۶	۲۹.۵
۲.۱	۱.۹	۱.۵	۱.۲	-۰.۸	-۰.۶	-۰.۴۶	۱۳
۵۸.۷۷	۵۵.۱۲	۸۱.۲۳	۶۵.۳	۵۰.۶۲	۶۳.۲۴	۵۶.۵	۳۷.۶۱

جدول ۴: شتاب پیک ارتعاش کل بدن رانندگان تراکتور در حین عملیات بارگیری و شخم زدن زمین (شتاب پیک m/s^2)

شخم زدن زمین		بارگیری	نوع عملیات
دنده ۲	دنده ۱	دنده ۱	دنده ← جهت ↓
۵۶	۱۹	۷۶	جهت X
۳۱	۳۰	۳۹/۸	جهت Y
۱۲	۰/۹۳	۲	جهت Z
۶۴/۷۳	۳۷/۴۹	۸۵/۲۱	شتاب کل

جدول ۵: فاکتور قله ارتعاش کل بدن در طول عملیات انتقال تراکتور

انتقال با تریلی یا بار خاک		انتقال یا تریلی خالی		انتقال (بدون تریلی)				نوع عملیات
دنده ۴	دنده ۳	دنده ۴	دنده ۳	دنده ۵	دنده ۴	دنده ۳	دنده ۲	دنده ← جهت ↓
۳.۶	۸.۸	۳.۰۸	۳.۸	۴.۸	۴.۸	۵.۲۵	۶	جهت X
۳	۴.۹	۱.۷۷	۲.۷	۴.۲	۱۴.۲	۵.۵	۳.۶۸	جهت Y
۱.۷۷	۱.۹	۱.۵	۱۱.۹	۱.۶	۱.۳	۱.۱۵	۴۳.۳	جهت Z
۲.۱۰	۲.۰۷	۱.۸	۲.۶	۴.۳	۱۰.۷	۵.۵	۴.۸	کل

عملیات شخم زدن زمین با دنده ۱ و ۲ انجام می شود، اندازه گیری فقط در این دنده ها انجام شد. براساس نتایج جدول ۲ بیشترین میزان شتاب موثر ارتعاش کل بدن در حالت دنده ۱ در جهت X و در حالت شخم زدن زمین با دنده ۱ و دنده ۲ به ترتیب در جهت Y و Z برآورد شد. مقادیر شتاب پیک به تفکیک حالت ها و شرایط مختلف در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است شتاب کل ارتعاش با استفاده از فرمول و بر اساس استاندارد ISO 2631 محاسبه گردید.

نتایج جدول ۳ میزان شتاب پیک در حالت انتقال با تریلی خالی نسبت به انتقال با تریلی با بار خاک و همچنین انتقال بدون تریلی مقادیر بیشتر و در کل حالات اندازه گیری شده عملیات بارگیری تراکتور بیشترین میزان شتاب پیک ($۸۵,۲۱ m/s^2$) را نشان می دهد.

معناداری وجود دارد. علاوه بر این اختلاف بین میانگین ارتعاش در تمام دنده های اندازه گیری شده معنادار بوده و در تمام شرایط $P-Value < 0.0001$ نشان داده شد. برای اطلاع از اینکه کدام ۲ حالت با هم اختلاف معنادار دارند از آنالیز post hoc روش بونفرنی استفاده شد و مشخص گردید که میزان ارتعاش در تمام حالات با $p < 0.01$ با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند. در جدول ۱ نتایج اندازه گیری ارتعاش صندلی تراکتور مسی فرگوسن مدل ۱۶۵ در حالت انتقال تراکتور به زمین در شرایط بدون تریلی، با تریلی خالی و با تریلی با بار خاک نشان داده شده است.

نتایج اندازه گیری ارتعاش کل بدن اپراتورهای تراکتور در طول عملیات مختلف بارگیری خاک و شخم زدن زمین کشاورزی در جدول زیر بیان شده است. به دلیل آن که بیش از ۹۰٪ زمان کاری

جدول ۶: فاکتور قله ارتعاش کل بدن در طول عملیات بارگیری و شخم زدن زمین

شخم زدن زمین		بارگیری	نوع عملیات
دنده ۲	دنده ۱	دنده ۱	دنده ← جهت ↓
۵.۰۹	۶.۳۳	۹.۰۳	جهت X
۳.۱	۷.۵	۵.۳۱	جهت Y
۱.۰	۱.۸۶	۱.۶۹	جهت Z
۳.۷۳	۷.۳۵	۶.۵۰	کل

جدول ۷: مقدار دوز ارتعاش رانندگان تراکتور در طول عملیات انتقال ($m/s^{۱.۷۵}$)

انتقال با تریلی با بار خاک		انتقال با تریلی خالی		انتقال (بدون تریلی)			نوع عملیات
دنده ۴	دنده ۳	دنده ۴	دنده ۳	دنده ۵	دنده ۴	دنده ۲	دنده ← جهت ↓
۳۴.۹۲	۱۰.۳۵	۵۰.۰۰	۳۴.۰۵	۲۶.۳	۲۲.۹	۱۷.۶	۱۵.۳
۵۲.۳۳	۵۲.۳۳	۱۳۳.۷۹	۶۸.۱۹	۳۰.۸۳	۱۲.۳۳	۲۸.۶	۳۵.۲
۵.۱۹	۴.۴	۰.۲۴	۰.۲۴	۲.۳۰	۱.۹۳	۱.۷۶	۱.۳۲
۸۳.۳۵	۷۸.۹۴	۱۸۹.۹۲	۱۰۸.۱۵	۵۰.۸۴	۳۶.۰۳	۴۵.۳۰	۵۴.۲۷

جدول ۸: مقدار دوز ارتعاش رانندگان تراکتور در طول عملیات بارگیری و شخم زدن زمین ($m/s^{۱.۷۵}$)

شخم زدن زمین		بارگیری	نوع عملیات
دنده ۲	دنده ۱	دنده ۱	دنده ← جهت ↓
۴۸.۳۶	۱۳.۳۱	۳۷.۰۵	جهت X
۴۴.۰۵	۱۷.۶۲	۳۳.۹۹	جهت Y
۵.۲۸	۲.۲۰	۵.۱۹	جهت Z
۷۶.۶۱	۲۸.۴۶	۵۷.۷۴	شتاب کل

فاکتور قله در حالت بارگیری در جهت X و در حالت شخم زدن زمین در دنده ۱ و دنده ۲ به ترتیب در جهات Y و X به دست آمد.

مقدار دوز ارتعاش (VDV):

همان طور که مشاهده می شود مقدار VDV روند افزایشی و مقادیر CF در جدول ۵ و ۶ همانند شتاب ارتعاش روند صعودی دارد. یعنی با افزایش

بر اساس نتایج جدول ۴ میزان شتاب پیک در حالت بارگیری برابر ۸۵.۵۱ متر بر مجذور ثانیه و در حالت شخم زدن زمین در دنده ۱ و دنده ۲ به ترتیب ۴۷.۴۹ و ۶۴.۷۴ متر بر مجذور ثانیه به دست آمد.

نتایج مقادیر VDV و CF به ترتیب در جداول زیر نشان داده شده اند.

بر اساس نتایج جدول ۶ بیشترین میزان

جدول ۹: حد مجاز مواجهه شغلی با ارتعاش تمام بدن (مستند به معادله B_p استاندارد) (ISO 2631 1997) (R 2004)

حد مراقبت (عمل) (برایند ۳ جهت) m/s^2	شتاب معادل (برایند ۳ جهت) m/s^2	مدت مجاز مواجهه (دقیقه)
۰.۳۸	۰.۶۴	۱۴۴۰
۰.۴۲	۰.۷	۹۶۰
۰.۵	۰.۸۷	۴۸۰
۰.۵۶	۱.۱	۲۴۰
۰.۷۲	۱.۳	۱۲۰
۰.۸۵	۱.۶	۶۰
۱.۱	۱.۸۵	۳۰
۱.۴۵	۲.۴۵	۱۰

(Futatsuka *et al.*, 1998, Sorainen *et al.*, 1998 مقدار ارتعاشات صندلی تراکتور یونیورسال ۶۵۰ ام در ۵ سطح دور موتور ۱۰۰۰، ۱۲۰۰، ۱۴۰۰، ۱۶۰۰، و ۱۸۰۰ rpm و مقادیر شتاب به ترتیب برابر ۱،۹۳، ۲،۲۶، ۲،۴، ۲،۵ و ۳،۶۵ m/s^۲ بود. به علاوه مقادیر VDV نیز در دوره‌های ۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ rpm به ترتیب ۲،۳۴، ۲،۴۹، ۲،۷۴، ۳،۱ و ۴،۲۹ m/s^{۱.۷۵} به دست آمد که نتایج این مطالعه نسبت به مطالعه حاضر مقادیر بسیار کمتری را نشان داده است شاید یکی از علل آن تفاوت شرایط انجام آزمایش باشد، چراکه مطالعه تقی زاده و همکاران در مسیر آسفالت و مطالعه حاضر در شرایط کاری واقعی و در مسیر خاکی دارای ناهمواری‌های زیاد انجام شده است. روند تغییرات ارتعاش در حالت انتقال تراکتور در مسیرهای خاکی با شرایط مختلف اندازه گیری شده نشان دهنده این موضوع است که در دنده‌های بالاتر، مواجهه راننده با ارتعاش افزایش می‌یابد و با تغییر دنده به دنده بالاتر در تمام حالات افزایش ارتعاش مشاهده می‌شود. همچنان در حالتی که تراکتور با تریلی خالی در مسیر درحال انتقال است، نسبت به زمانی که بدون تریلی و یا با تریلی با بار خاک در حال انتقال می‌باشد ارتعاش بیشتری دارد. شاید یکی از علل افزایش ارتعاش

شتاب ارتعاش، فاکتور قله نیز افزایش می‌یابد. به عبارتی پیک ارتعاش به مقدار قابل توجهی بالا رفته و ارتعاشات با ضربه زنی بیشتری را تولید می‌کند و در نهایت احتمال صدمه رسانی موج ارتعاشی را بیشتر خواهد کرد.

بر اساس نتایج جدول ۷ و ۸، بیشترین مقدار دوز ارتعاش (VDV) به ترتیب برای حالت انتقال با تریلی خالی با دنده ۴ (۱۸۹،۹۲ m/s^{۱.۷۵}) و دنده ۳ (۱۰۸،۱۵ m/s^{۱.۷۵}) به دست آمد.

بحث و نتیجه گیری:

نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین میزان مواجهه با ارتعاش در حالت انتقال با تریلی خالی (m/s^۲ ۴۳،۱۱)، انتقال با تریلی با بار خاک (۱۸،۹۲ m/s^۲)، شخم زدن زمین با دنده ۲ (۱۷،۳۹ m/s^۲) و بارگیری (۱۳،۱۰) می‌باشد. بیشترین میزان CF (فاکتور قله) نیز برای حالت انتقال بدون تریلی با دنده ۳ (۱۰،۷)، سپس شخم زدن زمین (۷،۳۵) و بارگیری (۶،۵۰) به دست آمد. مطالعات زیادی روی رانندگان تراکتور و یا اندازه گیری ارتعاش و مقایسه آن با استاندارد جهانی ISO و بررسی ارتعاش بر روی سلامتی رانندگان انجام گرفته است. براساس مطالعه تقی زاده و همکاران (Gerke and Hoag, 1981);

ارزیابی راحتی ارتعاش مد نظر باشد، تاثیر متقابل بزرگی ارتعاش، مدت زمان، فرکانس و شکل موج محرک ناچیز بوده و به علاوه، متأثر از تفاوت بین و میان گروهی و عوامل غیر ارتعاشی مخدوش می شوند. مولفین مختلف، تکنیک های گوناگونی را برای ارزیابی راحتی ارتعاش با استفاده از دامنه فرکانسی، تکنیک های تعیین میانگین (یا ارزیابی قله) و وابستگی های زمانی پیشنهاد داده اند. برخی مطالعات آزمایشگاهی (مانسفیلد و همکاران، ۲۰۰۰؛ روفل و گریفین، ۲۰۰۱) و مطالعات میدانی (ویکسترم و همکاران، ۱۹۹۱) نشان داده است که در پیش بینی ناراحتی ناشی از ارتعاش، اندازه گیری های دوز مبتنی بر توان چهارم شتاب فرکانس وزن یافته، ارجحیت داشته یا لااقل به همان میزان استفاده از اندازه های توان دوم (مثل rms) دارای اهمیت هستند. بنابراین پیشنهاد می شود در ارزیابی راحتی خودرو، روش مقدار دوز ارتعاشی به جای rms یا روش های قله مورد استفاده قرار گیرد. (Nasiri et al., 1388) در سال های اخیر استانداردهایی در رابطه با اندازه گیری ارتعاشات تدوین شده است که می توان به استاندارد ISO (استاندارد بین المللی) و BS (استاندارد بریتانیا) اشاره کرد که پی آمد این استانداردها الزام برای ساختن وسایل ایمنی و عایق ارتعاش و طراحی سیستم های تعلیق برای بسیاری از سیستم ها و آموزش کاربران وسایل صنعتی است. در سال های اخیر وسایل عایق ارتعاش مانند دستکش های ضد ارتعاش به بازار عرضه شده اند (Barber, 1992) استاندارد بریتانیا BS 6841 بیان می کند که اخیراً هیچ اجماع نظری در مورد ارتباط دقیق بین VDV و خطر آسیب دیدگی وجود ندارد. معلوم شده است که اندازه ارتعاش و مدتی که

ناشی از تریلی خالی وزن کم آن نسبت به کل تراکتور می باشد. تماس تریلی با پستی و بلندی زمین منجر به لرزش های شدید و انتقال آن به تراکتور می شود ولی در حالتی که تریلی همراه با بار می باشد به دلیل وزن بالادر مقابل لرزش ناشی از تماس با زمین مقاومت می کند. مقایسه میانگین مواجهه با ارتعاش با میزان مجاز نشان دهندهی موضوع است که رانندگان تراکتور در تمام حالت اندازه گیری شده با ارتعاش بیش از حد مجاز مواجهه داشته اند، به طوری که با شرایط موجود در هیچ حالتی راننده مجاز به کار بیش از ۱۰ دقیقه نمی باشد. در مورد حد آستانه فاکتور قله، توافق همگانی وجود ندارد، اما در استاندارد (BS 6841 (1987) عدد ۶ برای فاکتور قله نشان دهنده این مطلب است که روش های شتاب موثر معتبر نبوده و لازم است مقدار دوز ارتعاش VDV بکار رود. علاوه بر این استاندارد بریتانیا برای ارزیابی ارتعاش عنوان می کنند: زمانی که فاکتور قله از ۶ تجاوز می کند یا ارتعاش دارای دامنه متغیر است، حرکت شامل شوک های ناگهانی است و یا با حرکت گذرا و آنی همراه است، از روش محاسبه مقدار دوز ارتعاش باید استفاده شود (BS6841, 1987, Hostens and Ramon, 2003, ISO, 1997). عموماً عنوان می شود که عامل نهایی در راحتی ارتعاش، شکل موج علامت می باشد. ارتعاشات ضربه ای (ناگهانی) نسبت به سایر اشکال تحریک در همان فرکانس وزنی موثر ارتعاش، بیشتر باعث ناراحتی می شوند (Nasiri et al., 1388). از این رو تکنیک های ارزیابی که بر شتاب های بالا تاکید می کنند (مثل مقدار دوز ارتعاش) در ارزیابی راحتی ارتعاشات تمام بدن بهتر از روش های ریشه مجذور میانگین (rms) عمل می کنند. وقتی

رانندگان تراکتور از دانش کمی نسبت به ارتعاش و عوارض ناشی از آن برخوردارند توصیه می شود:

۱- از تراکتورهایی با طراحی صندلی های خاص جهت ایزوله کردن بهتر اپراتور در مقابل ارتعاش استفاده شود

۲- اصول نگهداری مناسب صندلی (صندلی تعلیق) و جایگزینی بالشتک های فرسوده یا آسیب دیده با بالشتک فوم ویسکوالاستیک که توسط NI-OSH تست شده است رعایت شود.

۳- با استفاده از تراکتورهای دارای لاستیکهای قطور، استفاده از صندلی مفصل گردنده جهت کاهش استرس ناشی از خمش و پیچش در گردن، آموزش مالک و اپراتور در مورد عوارض ناشی از مواجهه با ارتعاش، میزان ارتعاش و شیوع بیماری های ناشی از آن کنترل گردد.

منابع

- Barber A. Handbook of noise and vibration control: Elsevier advanced technology; 1992.
- Boshuizen HC, Bongers PM, Hulshof CT. Back disorders and occupational exposure to whole-body vibration. International Journal of Industrial Ergonomics. 1990;6(1):55-9.
- Bovenzi M, Betta A. Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress. Applied ergonomics. 1994;25(4):231-41.
- BS6841. Measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated

VDV تولید شده است، در نواحی $15 \text{ m/s}^{1.75}$ و بالاتر از آن معمولا باعث ناراحتی شدید خواهد شد که به طور معقول افزایش مواجهه با ارتعاش با افزایش خطر آسیب دیدگی همراه خواهد بود. مقدار VDV در حالات مختلف اندازه گیری شده در جدول نشان داده شده است. با مقایسه این مقادیر با مقدار استاندارد $15 \text{ m/s}^{1.75}$ ملاحظه می شود که رانندگی با این تراکتورها در شرایط بیان شده ناراحتی شدید ناشی از ارتعاشات را در پی خواهد داشت. (Taghizadeh *et al.*, 1384)

در استاندارد بریتانیا مقدار VDV در یک محدوده بین بدون ناراحتی تا ناراحتی شدید مقدار $\text{m/s}^{1.75}$ است. با دانستن زمان نمونه گیری و مقادیر مطابق با آن این امکان وجود دارد تا زمان رانندگی مجاز مورد نیاز برای رسیدن به 15 m/s^2 را با معادله زیر به دست آورد. (Taghizadeh *et al.*, 2003; Hostens and Ramon, 1384)

$$t(s) = \frac{15^4 \times (T_m)}{(VDV)^4}$$

که T_m زمان اندازه گیری و t زمان رانندگی برای رسیدن به مقدار 15 m/s^2 بر حسب ثانیه است. مقدار زمان مورد نیاز برای رسیدن به 15 m/s^2 نشان دهنده این موضوع است که در کلیه شرایط زمان اندازه گیری بسیار پایین و در حد چند دقیقه می باشد. بنابراین اتخاذ تدابیر مدیریتی و کنترلی جهت کاهش ارتعاش و احتمال بروز بیماری های ناشی از آن و همچنین افزایش زمان مجاز کاری، امری واضح و ضروری می باشد.

پیشنهادات:

از آنجایی که در وسایط نقلیه ارتعاش یک عامل مهم و اصلی است و با توجه به این که اکثر

- Hand-transmitted Vibration. Part I: General Requirements. Geneva: International Standard Organization, . 2001.
- Kumar A, Varghese M, Mohan D, Mahajan P, Gulati P, Kale S. Effect of whole-body vibration on the low back: a study of tractor-driving farmers in north India. *Spine*. 1999;24(23):2506.
- Maleki A, mohtasebi ss, Akram A, Asfhanaan v. Effect of Driver Mass on His Health and Comfort, and Permissible Riding Hours in Three Commonly Used Tractors in Iran. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 1387.
- Mayton A, Kittusamy N, Ambrose D, Jobes C, Legault M. Jarring/jolting exposure and musculoskeletal symptoms among farm equipment operators. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2008;38(9):758-66.
- Mehta C, Shyam M, Singh P, Verma R. Ride vibration on tractor-implement system. *Applied ergonomics*. 2000;31(3):323-8.
- Nasiri, H. Marioryad, M. Jahangiri, M. Rismanchian, A. Karimi. human response to vibration (in persian). 1388.
- POPE MH, HANSSON TH. Vibration of the spine and low back pain. *Clinical orthopaedics and related research*. 1992;279:49-59.
- Sorainen E, Penttinen J, Kallio M, Rytkönen E, shock. British Standards Institution. 1987.
- ChaffinDB,AnderssonG,MartinBJ. Occupational biomechanics: Wiley New York; 1991.
- DR. P. Nasiri, H. Marioryad, M. Jahangiri, M. Rismanchian, A. Karimi. human response to vibration (in persian). 1388.
- Futatsuka M, Maeda S, Inaoka T, Nagano M, Shono M, Miyakita T. Whole-body vibration and health effects in the agricultural machinery drivers. *Industrial health*. 1998;36(2):127.
- GerkeF,HoagD. Tractor vibrations at the operator's station. *Transactions of the ASAE [American Society of Agricultural Engineers]*. 1981;24.
- Griffin M, Whitham E, Parsons K. Vibration and comfort I. Translational seat vibration. *Ergonomics*. 1982; 25 (7): 603-30.
- Griffin M. A comparison of standardized methods for predicting the hazards of whole-body vibration and repeated shocks. *Journal of sound and vibration*. 1998;215(4):883-914.
- Hostens I, Ramon H. Descriptive analysis of combine cabin vibrations and their effect on the human body. *Journal of sound and vibration*. 2003;266(3):453-64.
- ISO. Evaluation of human exposure to whole-body vibration. ISO 2631-1. International Organization for Standardization. 1997.
- ISO5349-1. Mechanical Vibration Measurement and Evaluation of Human Exposure to

- of transmitted road-shock. *Applied ergonomics*. 1978;9(4):207-14.
- Wakeling JM, Nigg BM, Rozitis AI. Muscle activity damps the soft tissue resonance that occurs in response to pulsed and continuous vibrations. *Journal of Applied Physiology*. 2002;93(3):1093-103.
- Yue Z, Mester J. A model analysis of internal loads, energetics, and effects of wobbling mass during the whole-body vibration. *Journal of biomechanics*. 2002;35(5):639-47.
- Taattola K. Whole-body vibration of tractor drivers during harrowing. *American Industrial Hygiene Association*. 1998;59(9):642-4.
- Taghizadeh A, Tavakoli T, ghobadiyan b. Universal Tractor Seat vibration evaluation 650 om. 1384.
- Tewari V, Prasad N. Three-DOF modelling of tractor seat-operator system. *Journal of Terramechanics*. 1999;36(4):207-19.
- Troup J. Driver's back pain and its prevention: a review of the postural, vibratory and muscular factors, together with the problem

Evaluation of Massey Ferguson Model 165 Tractor Drivers exposed to whole-body vibration

P. Nassiri^{1*}; *I. Ali Mohammadi*²; *M. H. Beheshti*³; *K. Azam*⁴

¹ Professor of Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³ MSc student of Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁴ Associate Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: Tractor drivers are continuously exposed to whole body vibration during driving that, this may cause disorders in the system of musculoskeletal, nervous, circulatory and occupational diseases. The aim of this study was to evaluate exposed to whole body vibration among tractor driver.

Material and Method: In this study, whole-body vibration parameters such as root mean square (rms) of acceleration, total equivalent acceleration, vibration dose value (VDV) and crest factor (CF) were separately compared in three directions (x, y, and z), in 3 Massey Ferguson Model 165 Tractor it was done during 3 different modes of transport (without trailer, with empty trailer and with a trailer load of soil), plowing the land and loading trailer in working conditions with various gear according to the guidelines of ISO 2631 standard.

Result: The results showed that in all measuring points, exposure to whole body vibration was higher than permissible level and the risks of disorders exist. Exposure to vibration were as with empty trailer (43.11m/s^2). The maximum of crest factor was obtained for transportation mode of empty trailer with 3 gear (10.7), then plowing (7.35) and loading soil (6.50). The maximum of vibration dose value was eventuated for transportation mode with empty trailer with 4 gear ($189.92\text{m/s}^{1.75}$) and 3 gear ($108.15\text{m/s}^{1.75}$). In all measuring modes exposure with vibration in Y direction was greater than X and Z axes.

Conclusion: This study shows that the need to provide intervention, controlling and managing measures to eliminate or reduce exposure to whole body vibration among tractor drivers its necessary. And, preventing main disorder including musculoskeletal disorders, discomfort and early fatigue is of circular importance. More studies are also necessary to identify the sources of vibration among various of tractors.

Key words: Tractors, whole body vibration, vibration dose value

* Corresponding Author Email: beheshtihasan8@gmail.com