فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ۱۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷
صفحه: ۴۱-۳۲

Occupational Medicine Quarterly Journal
Vol.10, No. 2, summer1397
Pages: 32-41

ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه ارتعاش تمام بدن رانندگان لیفتراک در دو وضعیت دارای بار و بدون بار: مطالعه موردی در یک شرکت خودروسازی

اشکان خطابخش*[۱]، سمیه فرهنگ دهقان[۲]، زهرا علیزاده[۳]

چکیده

مقدمه: لیفتراک‌ها در محیط‌های صنعتی به عنوان یکی از منابع اصلی مواجهه شاغلین با ارتعاش مطرح می‌باشند. به دلیل اهمیت خطرات ناشی از ارتعاش، این مطالعه با هدف بررسی ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه تمام بدن رانندگان لیفتراک با ارتعاش در دو وضعیت دارای بار و بدون بار در یکی از صنایع خودروسازی انجام گرفت.

روش بررسی: در این مطالعه مقطعی، ارزیابی ارتعاش تمام بدن ۳۳ راننده لیفتراک دیزلی در دو حالت دارای بار (۲تن) و فاقد بار بر روی مسیر بتنی مطابق استاندارد2631-1:1997 ISO انجام گرفت. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از شتاب‌سنج ۳محوری در نشیمنگاه صندلی اپراتور به مدت ۲۰دقیقه در حالت حرکت لیفتراک انجام شد. سپس تأثیر بار بر روی ارتعاش به‌وسیله آزمون tزوجی با کمک نرم‌افزار SPSS16 سنجیده گردید.

نتایج: جذر میانگین مربعات شتاب ارتعاشی توزین‌شده فرکانسی در حالت بدون بار برای محورهای x,y,z به ترتیب برابر با ۰/۰۰۳۸m/s^2، ۰/۶۳۲۸ و ۰/۹۳۰و در حالت دارای بار برابر با ۰/۰۰۲۷m/s^2، ۰/۵۱۸ و ۰/۹۹۸ بود. محور z به عنوان محور غالب شتاب ارتعاشی r.m.s در هر دو حالت تعیین گردید. بین شتاب‌های محور غالب و معادل ۸ ساعته در هر دو حالت دارای بار و بدون بار از نظر آماری تفاوتی یافت نشد ($P>0.05$).

نتیجه‌گیری: ارزیابی شتاب محور غالب و معادل۸ ساعته نشان داد، در هر دو حالت مورد بررسی، مقادیر مواجهه به دست آمده برای رانندگان بیشتر از مقدار مجاز مواجهه روزانه بوده است. حرکت لیفتراک با بار سبب کاهش میزان ارتعاش وارده به بدن در دو محور x,y شد، ولی بر روی محور z و ریسک بهداشتی حاصل تأثیری نداشت.

واژه‌های کلیدی: ریسک بهداشتی، ارتعاش تمام بدن، لیفتراک با بار و بدون بار، شتاب r.m.s

[*۱،۳]- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
* (نویسنده مسئول)؛ تلفن: ۰۹۳۷۶۶۴۵۴۸۵، پست الکترونیک: Khatabakhsh2012@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۰۶

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

مقدمه

مواجهه شغلی با ارتعاش تمام بدن (WBV: Whole-body vibration) در جمعیت کاری بسیار شایع و به عنوان یکی از مشکلات بهداشتی افراد در محیط‌های کاری مطرح می‌باشد (۱, ۲). در این میان کامیون‌های صنعتی مخصوصاً لیفتراک‌ها، به علت وجود منابع کثیر ایجادکننده ارتعاش در آنها همچون موتور، شاسی، تعامل لاستیک و جاده و غیره در اغلب موارد سبب وارد شدن ارتعاش بالایی به تمام بدن راننده شده (۳-۵) و از آنجایی که رانندگان لیفتراک بیشتر زمان شیفت کاری خود را در حالت نشسته مشغول به رانندگی و دریافت ارتعاشات به صورت ضربه‌ای و سینوسی می‌باشند، سبب ایجاد مشکلاتی در آنها می‌گردد (۱, ۶).

مواجهه افراد با ارتعاش به طورکلی به دو نوع ارتعاش تمام بدن WBVو ارتعاش دست و بازو (HAV: Hand-arm vibration) تقسیم می‌شود. این ارتعاشات از منابع مختلف تولید، بر روی بخش‌های مختلف بدن تأثیر و اثرات متفاوتی را ایجاد می‌نمایند. ارتعاشات تمام بدن از طریق نشستن و یا ایستادن، مخصوصاً در زمان رانندگی با یک وسیله نقلیه موتوری به بدن منتقل می‌شوند. این نوع از ارتعاشات در شدت‌های بالا و فرکانس‌های پایین ۰/۵ - ۸۰Hz، مخصوصاً ۱Hz-۲۰ به وجود آمده و تأثیرعمده‌ای بر احساس راحتی فرد دارند (۷).

مواجهه با ارتعاش با طیفی از واکنش‌های فیزیولوژیک در بدن همچون کاهش تغییرات ضربان قلب، کمردرد (شایع‌ترین بیماری در اکثر رانندگان وسایل موتوری)(۸)، بیماری‌های شانه-گردن و تخریب زودهنگام ستون فقرات در ارتباط است (۹, ۱۰). همچنین مواجهه طولانی‌مدت با شدت‌های پایین ارتعاش می‌تواند سبب اثر بر روی الگوی خواب انسان و پرخاشگری افراد شده (۱۱) و بسته به شدت و فرکانس مواجهه، ارتعاش می‌تواند سبب ایجاد اثرات برگشت‌ناپذیر و ناتوان‌کننده نیز گردد (۱۲).

نتایج مطالعات اپیدمیولوژیک در این زمینه نشان‌دهنده افزایش احتمال تخریب ستون فقرات در رانندگان تراکتور، لیفتراک و کامیون‌ها می‌باشد. بطوریکه نتایج مطالعات مقطعی بیانگر میزان شیوع ۵۷٪ کمردرد در بین رانندگان لیفتراک، ۸۱٪ در رانندگان تراکتور، ۵۰٪ در رانندگان کامیون و ۸۱٪ در رانندگان اتوبوس می‌باشد (۱۳). همچنین تخمین زده شده است در حدود ۹۰۰۰۰ راننده لیفتراک در کشور انگلستان مشغول به فعالیت می‌باشند، در حالی که شرایط کاری اغلب آن‌ها مساعد نبوده و از دردهای اسکلتی-عضلانی شکایت دارند (۱, ۶).

یکی از نکات قابل‌توجه در بحث ارتعاش دریافتی توسط رانندگان لیفتراک که کمتر به آن توجه شده است، توجه به بهداشت ارتعاش بر اساس تعریف فیزیکی آن می‌باشد. ارتعاش به‌طور خلاصه از نظر فیزیک، بیانگر حرکت نوسانی جسم حول نقطه تعادل آن می‌باشد. هر سیستم ارتعاشی به طور کلی تحت تأثیر ۳ عامل جرم، میرایی و فنریت قرار دارد. بطوریکه هرچه جرم بزرگ‌تر باشد، به منظور تولید و حفظ ارتعاش به نیروی بیشتری نیاز می‌باشد. یکی از نکات قابل‌توجه در بحث سیستم‌های ارتعاشی همچون لیفتراک متغیر بودن عامل جرم (حرکت لیفتراک در حالت بار و بدون بار) و در نهایت تأثیر آن بر روی میزان ارتعاش تولیدی منتقل‌شده به بدن انسان می‌باشد (۱۴).

آگاهی از خطرات ناشی از مواجهه با ارتعاش تمام بدن WBV، منجر به توسعه استانداردهایی همچون ISO2631 و دستورالعمل عوامل فیزیکی اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۲ به منظور تعیین حداقل نیازمندی‌ها جهت حفاظت از سلامتی و تأمین ایمنی کارگران در معرض مواجهه با ارتعاش تمام بدن گردیده است (۲, ۵). استاندارد ISO 2631-1 حدود توصیه‌شده‌ای برای راحتی، خستگی، سلامت و ایمنی ارائه کرده است (۱۵).

مطالعات بسیاری اقدام به بررسی ارتعاشات وارده به تمام بدن با استفاده از استاندارد ISO2631-1:1997نموده‌اند، این استاندارد به بررسی فرکانس‌های ۰/۵ - ۸۰Hzبه منظور تعیین میزان مواجهه تمام بدن افراد با ارتعاش می‌پردازد (۱۶). رویکردهای مختلفی جهت حفاظت کارگران از ارتعاشات شدید توسعه پیدا کرده‌اند که می‌توان به تعمیرات بهنگام مسیر، کنترل‌های مهندسی از جمله کنترل سرعت، سیستم‌های کوسن صندلی (مخصوصاً انواع بادی) جهت کاهش ارتعاش اشاره نمود (۱۲). کاهش مواجهه با WBV نه تنها سبب کاهش خطرات سلامتی می‌گردد بلکه بر روی

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

تجربه ذهنی فرد از محیط کار نیز تأثیری مثبت ایجاد می‌نماید (۲).

با توجه به مطالب ذکر شده در فوق، این مطالعه به بررسی ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه ارتعاش تمام بدن رانندگان لیفتراک یک شرکت خودروسازی در دو وضعیت دارای بار و بدون بار می‌پردازد. همان‌طور که ذکر شد، یکی از پارامترهای مؤثر بر ارتعاش عامل جرم می‌باشد. لذا از آنجایی‌که به نظر می‌رسد مطالعه‌ای تاکنون به بررسی اثر پارامتر جرم بر روی ارتعاش تمام بدن دریافتی توسط رانندگان لیفتراک با سرعت حرکت ثابت بر روی محورهای ارتعاشی مختلف نپرداخته است، این مطالعه برای اولین بار به موضوع ارزیابی این عامل رایج زیان‌آور فیزیکی در میان رانندگان لیفتراک به عنوان یکی از منابع اصلی مواجهه با ارتعاش در محیط‌های صنعتی پرداخته است. ضمن آنکه برای نخستین بار تأثیر بار لیفتراک با سرعت حرکت ثابت بر میزان مواجهه ارتعاش تمام بدن کارگران مورد بررسی قرار گرفته و ارزیابی میزان مواجهه علاوه بر محور غالب که توسط ISO 2631-1:1997، پیشنهاد شده است، بر اساس شتاب معادل ۸ ساعته نیز انجام گرفته است.

روش بررسی

این مطالعه مقطعی در یک شرکت خودروسازی جهت بررسی ارتعاشات وارده به رانندگان لیفتراک در دو وضعیت بدون بار و دارای بار انجام گرفته است. بر اساس استاندارد ISO 2631-1 (۱۷)، اندازه‌گیری‌ها در شرایط حرکت عادی لیفتراک در دو وضعیت حمل بار و بدون بار بر روی ۳۳ لیفتراک از نوع کلارک(Forklift Clark) با ظرفیت نامی ۳ تن انجام گرفت. لازم به ذکر است، سوخت مورد استفاده توسط لیفتراک‌ها گازوئیل بوده و تمامی آنها دارای لاستیک‌های توپر بودند. مشخصات لیفتراک مورد استفاده در مطالعه مطابق جدول ۱ می‌باشد. بنا به سیاست کارخانه مورد بررسی، لیفتراک‌ها هر ماه با استفاده از چک‌لیست، تحت بررسی قرار گرفته و مشکلات آنها برطرف می‌شد. جرم بار جابه‌جا شده توسط لیفتراک‌ها در وضعیت حمل بار برابر با ۲ تن بوده و در وضعیت بدون بار، شاخک‌های لیفتراک تا حد امکان پایین قرار گرفت. همچنین با توجه به سرعت استاندارد حرکت لیفتراک‌ها در کارگاه‌ها، سرعت حرکت آنها برابر با ۵ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شد و جنس مسیر از بتن بود. در این مطالعه ۳۳ راننده لیفتراک، تماماً مرد با حداقل سابقه ۵ سال رانندگی لیفتراک و میانگین سنی ۳۹±۳/۲ تحت بررسی قرار گرفتند. لازم به ذکر است، به دلیل کنترل تأثیر مداخله‌گرهایی همچون سطح مسیر، نوع لاستیک، وضعیت فنی هر لیفتراک و سایر عوامل در حین اندازه‌گیری و در دسترس نبودن لیفتراک‌ها، اندازه‌گیری‌ها در ساعات مختلف روز (صبح، ظهر و عصر)، در سه روز مختلف و با لیفتراک هم نوع تکرار می‌شد.

جدول ۱. مشخصات فنی لیفتراک کلارک تحت بررسی

مدل	سوخت	ظرفیت بار (Kg)	وزن لیفتراک بدون بار (Kg)	نوع لاستیک	قدرت موتور (KW)	فاصله مرکز ثقل بار (mm)
GTS30D	گازوئیل	۳۰۰۰	۴۲۷۰	توپر	۳۴.۳	۵۰۰

KW: Kilowatt, mm: Millimeter, Kg: Kilogram

بنا بر رهنمود استاندارد ISO 2631-1، اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن وارده بر فرد از سطح صندلی لیفتراک انجام شد. بدین منظور از دستگاه ارتعاش سنج مدل SV 106 ساخت کمپانی SVANTEK (لهستان) با شتاب‌سنج سه محوره که درون پد لاستیکی به ضخامت 12mm نصب شده بود، استفاده گردید و زمان تشخیص دستگاه بر روی ۱۰۰ میلی ثانیه قرار داده شد. بنا به توصیه این استاندارد جهت بررسی سلامت، راحتی و درک افراد از ارتعاش، ارتعاشات وارده به بدن (پاها، نشیمنگاه یا تکیه‌گاه) در دامنه فرکانس ۰/۵ – ۸۰Hz تحت بررسی قرار گرفت؛ اما به دلیل متفاوت بودن ریسک در فرکانس‌های مختلف، باند توزین فرکانسی جهت بیان احتمال صدمات در فرکانس‌های مختلف بکار رفت. به منظور بررسی اثرات ارتعاش بر روی سلامتی، فیلترهای باند توزین فرکانسی برای محورهای

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

x,y,z به ترتیب برابر با W_d, W_d, W_f بودکه با توجه به موقعیت قرارگیری سنسور (صندلی) ضریب عامل ضرب شونده برای تک‌تک آنها برابر با یک در نظر گرفته شد. فاکتورهای وزنی اعمال شده در شتاب‌های اندازه‌گیری شده در هر محور با توجه به اهداف سلامتی، راحتی و ادراک مطابق استاندارد مذکور بود. استاندارد ISO 2631:1997 اشاره‌ی مشخصی به مدت زمان اندازه‌گیری نمی‌نماید، اگرچه مدت زمان اندازه‌گیری بر نتایج اندازه‌گیری تأثیر مهمی دارد. بدین منظور جهت کسب اطمینان از دقت آماری نتایج حاصل، زمان اندازه‌گیری برابر با ۲۰ دقیقه در نظر گرفته شد. لذا در ادامه پد لاستیکی جهت اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن بر روی قسمت نشیمنگاه صندلی (بین باسن و صندلی) قرار داده شد و برای حذف ارتعاشات ناشی از نشستن راننده بر روی صندلی پس از نشستن وی دستگاه فعال شده و اندازه‌گیری انجام گردید (۱۷). جذر میانگین مربعات (r.m.s) شتاب برای هر یک از محورهای x, y, z با استفاده از معادله (۱) بر اساس مدت اندازه‌گیری (۲۰ دقیقه) به دست می‌آید:

معادله (۱)

$$a_w = \left[\frac{1}{T}\int_0^T a_w^2(t)dt\right]^{\frac{1}{2}}$$

در این معادله a_wشتاب r.m.s توزین شده فرکانسی در هر محور، $a_w(t)$شتاب توزین شده فرکانسی در زمان (t)و Tمدت زمان اندازه‌گیری است.

در ادامه مقادیر شتاب ارتعاش برآیند برحسب m/s^2 در محورهای سه‌گانه با استفاده از معادله (۲) به دست آمد:

معادله (۲)

$$a_v = \sqrt{(1.4a_{wx})^2 + (1.4a_{wy})^2 + (1.a_{wz})^2}$$

در این معادله a_v، جمع برداری شتاب‌هایr.m.s توزین شده فرکانسی، a_x, a_y, a_z بیانگر شتاب‌های r.m.s توزین شده فرکانسی در جهت مشخص می‌باشند.

از آنجایی‌که رانندگان لیفتراک در روز ۸ ساعت به رانندگی مشغول نیستند، لذا برای محاسبه شتاب مواجهه یافته روزانه توزین‌شده فرکانسی ۸ ساعته از معادله (۳) استفاده شد (۱۷).

$$A(8) = av\sqrt{\frac{T}{8}} \qquad \textbf{معادله (۳)}$$

که در این رابطه a_v شتاب فرکانسی توزین‌شده در زمان مواجهه، T بیانگر زمان مواجهه (۶ ساعت) و A(8) شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی معادل ۸ ساعته برحسب m/s^2 می‌باشد.

جهت بررسی ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه تمام بدن با ارتعاش از استاندارد ISO 2631-1:1997 استفاده شد. در این استاندارد یک ناحیه هشدار بهداشتی (HGCZ:Health Guidance Caution Zones)، وجود دارد که بر اساس استاندارد، در زمانی که مدت زمان مواجهه فرد با ارتعاش تمام بدن ۸ ساعت باشد، اگر شتاب کمتر از m/s^2 ۰/۴۵ باشد، ریسک بهداشتی پایین، اگر بین m/s^2 ۰/۹ – ۰/۴۵ باشد ریسک بهداشتی متوسط و اگر بیش از m/s^2 ۰/۹ باشد، ریسک بهداشتی بالا بوده و رخداد خطرات بهداشتی محتمل می‌باشد (۱۷).

به منظور تحلیل آماری مطالعه حاضر از نرم‌افزارSPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. مقادیر شتاب برای هر محور به صورت میانگین همراه با انحراف معیار ارائه شده‌اند. جهت بررسی توزیع نرمال داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوفو مقایسه میانگین‌های شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی در هر محور و شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی معادل ۸ ساعته در دو وضعیت دارای بار و بدون بار، از آزمون tزوجی(Paired-Sample T-test) با مرز معنی‌داری $P<0.05$ استفاده شد.

نتایج

میانگین مقادیر شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی همراه با اعمال فاکتورهای وزنی مربوطه در جهات سه‌گانه x,y,z و برآیند شتاب‌ها در وضعیت نشسته در جدول ۲، برای هر دو وضعیت حمل بار ۲ تن توسط لیفتراک و بدون بار، آورده شده است.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

جدول ۲. مقادیر مشخصه‌های ارتعاشی اندازه‌گیری شده

وضعیت	شتاب r.m.s توزین شده فرکانسی (m/s^2)						برآیند شتاب r.m.s اندازه‌گیری شده (m/s^2)	شتاب r.m.s توزین شده فرکانسی معادل ۸ ساعته (m/s^2)
	x		y		z			
	میانگین	انحراف‌معیار	میانگین	انحراف‌معیار	میانگین	انحراف‌معیار		
دارای بار	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۰۲۸	۰/۵۱۸۶	۰/۰۹۳۲	۰/۹۸۴	۰/۳۰۹	۱/۱۱۲	۰/۹۶۳
بدون بار	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۲۳	۰/۶۳۲۹	۰/۱۴۸	۰/۹۳	۰/۴۴۴	۱/۱۲۴	۰/۹۷۴
P value	۰/۰۳۹		۰/۰۰۴۸		۰/۵۲۴		۰/۷۲۵	۰/۷۶۶

m: meter, s: second

طبق توصیه ISO 2631-1 زمانی که یکی از محورها غالب باشد، ارزیابی ریسک بهداشتی باید بر اساس محور وزنی غالب انجام شود. بر اساس جدول ۲، میانگین نتایج حاصل از اندازه‌گیری ارتعاش در ۳ محور x,y,z پس از اعمال ضرایب وزنی مربوط به هر جهت (اعمال فاکتور ۱/۴ در هر دو جهت x,y و فاکتور ۱ در جهت Z در هر دو وضعیت دارای بار و بدون بار) نشان‌دهنده، غالب بودن میزان ارتعاش در محور z می‌باشد. لازم به ذکر است، قبل از اعمال ضرایب مربوطه نیز محور z دارای بیشترین مقدار بوده است. لازم به ذکر است، ریسک بهداشتی یک بار نیز با توجه به شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی معادل ۸ ساعته بررسی گردید. بر اساس جدول ۲ میزان شتاب ارتعاشی r.m.s توزین‌شده فرکانسی در محورهای x,y در زمان حمل بار کمتر از مقادیر مشابه در زمان حرکت لیفتراک بدون بار می‌باشد، اما میزان شتاب ارتعاشی r.m.s وزن یافته فرکانسی در محور z، در زمان حمل بار بزرگ‌تر از زمان مشابه یعنی حرکت بدون بار لیفتراک می‌باشد. شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی معادل ۸ ساعته در حالت حمل بار از حالت مشابه بدون بار کوچک‌تر می‌باشد. در این مطالعه با توجه به نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی معادل ۸ ساعته و میانگین شتاب r.m.s توزین‌شده در محورهای x,y,z در دو حالت لیفتراک دارای بار و بدون بار مشخص گردید داده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند($P>0.05$).

با توجه به نتایج آزمون Paired-Sample T-test می‌توان بیان نمود تفاوت معنی‌داری بین میانگین شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی در راستای محورهای x,y در دو حالت حرکت لیفتراک بدون بار و دارای بار وجود دارد ($P<0.05$)که می‌توان کاهش مقادیر شتاب در دو محور ذکر شده را به وضعیت حمل بار لیفتراک نسبت داد؛ اما بر اساس همین آزمون تفاوت معنی‌داری بین شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی در راستای محور z و شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی معادل ۸ ساعته در دو حالت ذکر شده، یافت نشد ($P>0.05$). ریسک بهداشتی و دامنه شتاب r.m.s توزین شده فرکانسی معادل ۸ ساعته با و بدون اعمال فاکتورهای وزنی در دو حالت دارای بار و بدون بار در جدول ۳ مشخص‌شده است.

به طور مشابه میزان شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی معادل ۸ ساعته در محورهای x,y در وضعیت حمل بار کمتر از مقدار آن در زمان حرکت لیفتراک بدون بار می‌باشد، ولی در خصوص محور z، میزان شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی معادل ۸ ساعته در زمان حمل بار بزرگ‌تر از مقدار آن در حالت بدون بار لیفتراک تعیین گردید. از نقطه‌نظر ریسک بهداشتی نیز، محور z در هر دو حالت لیفتراک در محدوده ریسک بهداشتی بالا قرار داشت.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

جدول ۳. ریسک بهداشتی و گستره شتاب r.m.s توزین‌شده

وضعیت	فاکتورهای وزنی	شتابr.m.sتوزین شده فرکانسی معادل ۸ ساعته(m/s^2) و ریسک بهداشتی									
		X				Y				Z	
		حداقل	ریسک بهداشتی	حداکثر	ریسک بهداشتی	حداقل	ریسک بهداشتی	حداکثر	ریسک بهداشتی	حداقل	ریسک بهداشتی	حداکثر	ریسک بهداشتی
دارای بار	اعمال نشده	۰/۰۰۱۸	پایین	۰/۰۰۳۰	پایین	۰/۲۴۹۰	پایین	۰/۴۶۶۰	متوسط	۰/۳۹۸۰	پایین	۱/۴۵۰	بالا
	اعمالشده	۰/۰۰۲۶		۰/۰۰۴۲		۰/۳۴۸۶		۰/۶۵۲۴		۰/۳۹۸۰		۱/۴۵۰	
بدون بار	اعمال نشده	۰/۰۰۲۲	پایین	۰/۰۰۸۱	پایین	۰/۲۶۵۰	پایین	۰/۶۹۹۰	متوسط	۰/۰۰۱۰	پایین	۲/۲۴۰	بالا
	اعمال شده	۰/۰۰۳۱		۰/۰۱۱۴		۰/۳۷۱۰		۰/۹۷۸۶		۰/۰۰۱۰		۲/۲۴۰	

فرکانسی معادل ۸ ساعته با و بدون اعمال فاکتورهای وزنی در دو حالت دارای بار و بدون بار

بحث

این مطالعه به بررسی میزان مواجهه تمام بدن رانندگان لیفتراک با ارتعاش در دو وضعیت دارای بار و بدون بار، با استفاده از مقادیر شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی در ۳ محور x,y,z و شتاب توزین‌شده فرکانسی معادل ۸ ساعته پرداخته است. با توجه به مقادیر میانگین شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی اندازه‌گیری شده در محورهای x,y,z، مشخص گردید محور z غالب بوده و در هر دو حالت لیفتراک یعنی دارای بار و بدون بار ارتعاش تمام بدن دریافتی توسط کارگر در محدوده ریسک بهداشتی بالا قرار می‌گیرد. Hoy و همکارانش در سال ۲۰۰۴ مطالعه‌ای در زمینه بررسی ریسک فاکتورهای ارتعاش تمام بدن و پوسچر بر روی کمردرد در بین رانندگان لیفتراک‌های دیزلی انجام دادند. نتایج بررسی ارتعاش تمام بدن دریافتی توسط رانندگان لیفتراک نشان داد محور غالب، محور z بوده و ریسک بهداشتی مواجهه افراد با ارتعاش لیفتراک بالا بوده است (۱). در همین راستا نتایج مطالعه Paddin و Griffin در ارتباط با اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن رانندگان وسایل نقلیه موتوری (ماشین‌های سواری، لیفتراک و ...) (۱۸) و مطالعه Mayton و همکاران در سال ۲۰۱۷ در ارتباط با بررسی مواجهه ارتعاش تمام بدن رانندگان کامیون‌های حمل‌ونقل مواد در معادن نشان داد محور غالب ارتعاش همانند مطالعه حاضر محور z بوده است (۱۹). بر اساس نتایج مطالعات فوق و دیگر مطالعات در این زمینه می‌توان در مواردی که میزان ریسک بهداشتی ناشی از ارتعاش تمام بدن بالا می‌باشد، انتظار بروز کمردرد در بین رانندگان لیفتراک را داشت، اگرچه لازم به ذکر است، ارتعاش تنها عامل مؤثر در بروز این مشکل نیست.

یکی از ایراداتی که به استاندارد ISO 2631-1 وارد است، بررسی ریسک بهداشتی تنها با توجه به محور غالب می‌باشد. در این راستا، بر اساس نظر Khavanin و همکاران در سال ۱۳۹۳، اکثر ارزیابی‌های ارتعاش بر مبنای ادغام نتایج به‌دست‌آمده از ۳ محور انجام می‌شوند، حال آنکه اغلب استانداردها از جمله استاندارد ISO 2631-1 تنها محور غالب را تحت بررسی قرار داده و از بررسی نتایج حاصل از ۲ محور دیگر خودداری می‌کنند که صحت این مورد تحت بحث می‌باشد (۲۰). در مطالعه حاضر مورد تحت بحث، بررسی شد و نتایج نشان داد، شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی معادل ۸ ساعته نیز همچون محور غالب بیانگر ریسک بهداشتی بالای مواجهه با ارتعاش تمام بدن رانندگان لیفتراک در هر دو وضعیت بود. این نتایج می‌تواند گواهی بر کافی بودن ارزیابی بر اساس محور غالب پیشنهادی توسط ISO 2631-1:1997 باشد. در این راستا Wolfgang و Burgess-Limerick نیز در مطالعه‌ای به بررسی ارتعاش تمام بدن رانندگان کامیون‌های هول (Haul truck) پرداختند و اقدام به مقایسه شتاب توزین‌شده فرکانسی معادل ۸ ساعته با مقادیر ذکر شده در استاندارد

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

ISO 2631-1 نمودند و مشخص گردید، مواجهه رانندگان فوق‌الذکر در محدوده احتیاط قرار گرفته است (۲۱).

در بررسی میزان ارتعاش وارده بر تمام بدن رانندگان لیفتراک در دو حالت بدون بار و دارای بار مشخص گردید، تفاوت معنی‌داری بین مقادیر شتاب r.m.s توزین‌شده فرکانسی در محورهای غیر غالب یعنی x,y وجود دارد و در زمانی که لیفتراک دارای بار به جرم ۲ تن می‌باشد، مقادیر شتاب محورهای ذکر شده کمتر از حالت بدون بار می‌باشد؛ اما شتاب محور غالب و معادل ۸ ساعته در هر دو حالت با یکدیگر از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ که این موضوع می‌تواند بیانگر عدم تأثیر جرم بار بر روی ریسک بهداشتی ناشی از ارتعاش تمام بدن لیفتراک باشد. از دلایل احتمالی کاهش ارتعاش در محورهای x و y در حالت حرکت لیفتراک با بار می‌توان به نوع سیستم تعلیق و فنربندی لیفتراک و اثر پارامتر جرم در رابطه فیزیکی ارتعاش اشاره نمود؛ زیرا زمانی که لیفتراک در حالت حمل بار است، سیستم تعلیق و فنر بیشتر تحت بار بوده و با توجه به رابطه فیزیکی ارتعاش به نیروی بیشتری جهت به ارتعاش درآمدن نیاز دارد، در نتیجه ارتعاش کاهش می‌یابد. از طرفی همان‌طور که نتیجه مطالعه Jazari و همکارانش در سال ۱۳۹۳ نشان داد، زمانی که وسیله نقلیه در حال حرکت است کمتر تحت تأثیر ارتعاشات جانبی قرار می‌گیرد، چرا که درجه آزادی فنریت لاستیک وسیله نقلیه بیشتر تحت تأثیر ارتعاشات عمودی قرار دارد (۲۲). همچنین از آنجایی که در مطالعه حاضر از لیفتراک‌هایی با لاستیک توپر استفاده شده ارتعاش محور عمودی کاهش نیافته است؛ اما نتایج مطالعه Malchaire و همکاران به منظور بررسی اثرات فاکتورهای مختلف از جمله بار بر روی ارتعاش تمام بدن وارده بر رانندگان لیفتراک نشان داد، زمانی که لیفتراک در حالت حمل بار می‌باشد، شتاب ارتعاش در راستای محور z از حالت فاقد بار کمتر می‌باشد. شاید از دلایل عدم تطابق نتایج مطالعه حاضر با مطالعه Malchaire بتوان به تفاوت در سرعت حرکت لیفتراک‌ها در مطالعه مذکور اشاره نمود. به طوری که می‌توان انتظار داشت در مطالعه Malchaire یکی از دلایل بیشتر بودن ارتعاش تمام بدن دریافتی در راستای محور z توسط راننده لیفتراک در حالت بدون بار، بیشتر بودن سرعت حرکت لیفتراک (اختلاف ۱/۷Km/hr) بوده باشد (۲۳). همچنین در مطالعه‌ای که Maleki و همکارانش در سال ۱۳۸۷ بر روی شتاب وارده بر رانندگان تراکتور با ۶ وزن مختلف انجام دادند، گزارش کردند با افزایش وزن راننده میانگین بردار شتاب روی بدن راننده کاهش می‌یابد (۲۴).

ازجمله محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به ماهیت توصیفی-مقطعی این مطالعه، اندازه کوچک حجم نمونه، تنوع اندک لیفتراک‌ها، استفاده از یک وزن بار و محدودیت زمانی در اجرای طرح اشاره نمود. لذا پیشنهاد می‌گردد، مطالعات آتی به بررسی اثر بارهای مختلف بر روی ارتعاش تمام بدن دریافتی بر روی محورهای ۳گانه با استفاده از لیفتراک های مختلف و لاستیک‌های متفاوت (توپر و بادی) بپردازند. همچنین پیشنهاد می‌شود، مقایسه نتایج حاصل از ارزیابی ارتعاش بر اساس محور غالب و شتاب معادل ۸ ساعته در نمونه بزرگ‌تری تحت بررسی قرار گرفته شود.

نتیجه‌گیری

این مطالعه به منظور بررسی میزان ارتعاش تمام بدن و اثرات بار بر روی ارتعاش تمام بدن در بین رانندگان لیفتراک انجام شد. در این مطالعه مشخص گردید، محور غالب ارتعاش تمام بدن محور z بوده و رانندگان لیفتراک با ریسک بهداشتی بالایی مواجهه دارند. همچنین مشخص گردید حرکت لیفتراک با بار سبب کاهش میزان ارتعاش وارده به بدن در دو محور x,y شده ولی بر روی محور z و ریسک بهداشتی حاصل تأثیری ندارد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مدیریت و همکاران واحد ایمنی و بهداشت حرفه‌ای شرکت خودروسازی ایران‌خودرو (امور پدر) و سالن‌های رنگ این شرکت به دلیل همکاری بی‌شائبه در راستای اجرای این طرح کمال تشکر و قدردانی را داریم.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

References:

1. Hoy J, Mubarak N, Nelson S, De Landas MS, Magnusson M, Okunribido O, et al. ***Whole body vibration and posture as risk factors for low back pain among forklift truck drivers.***J Sound Vib 2005;284(3-5):933-46.
2. Langer TH, Ebbesen MK, Kordestani A. ***Experimental analysis of occupational whole-body vibration exposure of agricultural tractor with large square baler.***Int J IndErgon 2015;47:79-83.
3. Jang H-K, Kook D-Y. ***Objective measurement of the start-motion quality of a forklift truck.***Appl Ergon 2004;35(5):467-73.
4. Ab Aziz SA, Nuawi MZ, Nor MJM. ***Predicting whole-body vibration (WBV) exposure of Malaysian Army three-tonne truck drivers using Integrated Kurtosis-Based Algorithm for Z-Notch Filter Technique 3D (I-kaz 3D).***Int J IndErgon 2016;52:59-68.
5. Caffaro F, Cremasco MM, Preti C, Cavallo E***. Ergonomic analysis of the effects of a telehandler's active suspended cab on whole body vibration level and operator comfort.***Int J IndErgon 2016;53:19-26.
6. Kramárová M, Dulina Ľ, Čechová I. ***Forklift workers strain of spine at industrial logistics in depending on human work posture.*** Procedia Eng 2017;192:486-91.
7. Roseiro L, Neto M, Amaro A, Alcobia C, Paulino M. ***Hand-arm and whole-body vibrations induced in cross motorcycle and bicycle drivers.*** Int J IndErgon 2016;56:150-60.
8. Smets MPH, Eger TR, Grenier SG. ***Whole-body vibration experienced by haulage truck operators in surface mining operations: A comparison of various analysis methods utilized in the prediction of health risks.***Appl Ergon 2010;41(6):763-70.
9. Karacan I, Cidem M, Cidem M, Türker KS***. Whole-body vibration induces distinct reflex patterns in human soleus muscle.***J Electromyogr Kinesiol 2017;34:93-101.
10. Azizan A, Fard M, Azari MF, Jazar R. ***Effects of vibration on occupant driving performance under simulated driving conditions.***Appl Ergon 2017;60:348-55.
11. Bekker A, Soal K, McMahon K. ***Whole-body vibration exposure on board a Polar Supply and Research Vessel in open water and in ice.***Cold Reg Sci Technol 2017; 141: 188-200.
12. Costa N, Arezes PM. ***The influence of operator driving characteristics in whole-body vibration exposure from electrical fork-lift trucks.*** Int J Ind Ergon 2009;39(1):34-8.
13. Adam SA, Jalil NAA. ***Vertical Suspension Seat Transmissibility and SEAT Values for Seated Person Exposed to Whole-body Vibration in Agricultural Tractor Preliminary Study.***Procedia Eng 2017;170:435-42.
14. Bernek LL, Vér IL. ***Noise and vibration control engineering: principles and applications***. 2nd ed. New Jersey: Wiley Online Library; 2006.
15. Chaudhary D, Bhattacherjee A, Patra A. ***Analysis of Whole-Body Vibration Exposure of Drill Machine Operators in Open Pit Iron Ore Mines.***Procedia Earth Planet Sci 2015;11:524-30.
16. Deboli R, Calvo A, Preti C. ***Whole-body vibration: Measurement of horizontal and vertical transmissibility of an agricultural tractor seat***. Int J Ind Ergon 2017;58:69-78.
17. International Organization for Standardization(ISO), ***ISO ISO 2631-1: Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements***. 1997.Geneva:International Organization for Standardization.
18. Paddan GS, Griffin MJ. ***Effect of seating on exposures to whole-body vibration in vehicles***. J Sound Vib. 2002;253(1):215-41.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

19. Mayton AG, Porter WL, Xu XS, Weston EB, Rubenstein EN. ***Investigation of human body vibration exposures on haul trucks operating at U.S. surface mines/quarries relative to haul truck activity.***Int J Ind Ergon 2018;64:188-98.
20. Khavanin A, Mirzaei R, Beheshti M, Safari Z, Azrah K**. *Evaluation of health risk caused by hole body vibation exposure, using ISO 2631-1 and BS 6844 Standards.***JHSW 2014;4(3):23-36.[Persian]
21. Wolfgang R, Burgess-Limerick R. ***Whole-body vibration exposure of haul truck drivers at a surface coal mine.***Appl Ergon 2014;45(6):1700-4.
22. Jazari Derakhshan M, Monazzam Esmaeil Pour RM, Hosseini SM. ***influence of tire characteristics of interurban taxies on exposure level to drivers whole-body vibration.***JOHE 2016;2(4).[Persian]
23. Malchaire J, Piette A, Mullier I. ***Vibration exposure on fork-lift trucks.*** Ann Occup Hyg1996;40(1):79-91.
24. Maleki A, Mohtasebi S, Akram A, Esfahanian V. ***Effect of driver mass on health and comfort while riding the tractor.*** 3rd Student Conference on Agricultural Machinery Engineering. Shiraz-Iran. April 2007.[Persian]

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

Health risk of whole-body vibration exposure among fork-lift truck drivers at two positions with and without load: A case study in an automobile company

Khatabakhsh A(MSc)[1*], FarhangDehghan S(PhD)[2], Alizadeh Z(MSc)[3]

[1,2,3]Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: Fork-lift trucks are considered as one of the main sources of vibration at workplaces. Due to the importance of the risks from exposure to vibration, the present study was aimed to investigate the health risk due to exposure of fork-lift drivers to whole body vibration at two positions with load and without load in an Automobile industry.

Method: In this cross sectional study, the evaluation of the whole body vibration exposure according to standard ISO 2631-1: 1997 was done for 33 drivers of fork-lift truck. All measurements were performed using 3-axis accelerometer in sitting position of operators on the move fork-lift for 20 minutes. Then, the effect of load on vibration exposure and health risk was determined by SPSS software (Version16.0) and the paired-samples t-test.

***Results*:** The frequency-weighted r.m.s acceleration values for x, y, and z direction (m/s^2) in the "without load" condition were 0.0038, 0.63 and 0.93 m/s^2, respectively, and in the "with load" was equal to 0.0027, 0.51, and 0.98 m/s^2. The dominant direction of the r.m.s acceleration in both states was the z-axis. There was no statistically significant difference between the acceleration of the dominant axis and the 8-hour equivalent values in both with and without load ($P>0.05$).

***Conclusion*:** The evaluation of the dominant axis and 8-hour equivalent acceleration showed that in both states, the exposure values were higher than the daily exposure limit value. Moving forklift with load reduced the vibration exposure values in two x, y direction, but did not effect on the z axis and the resulting health risk.

***Keywords*:** Health risk, Whole-Body Vibration, Forklift with load and without load, R.m.s acceleration

This paper should be cited as:
Khatabakhsh A, FarhangDehghan S, Alizadeh Z. ***Health risk of whole-body vibration exposure among fork-lift truck drivers at two positions with and without load: A case study in an automobile company.*** Occupational Medicine Quarterly Journal 2018; 10(2):31-40.

**** Corresponding Author:***
Tel: +989376645485
Email: Khatabakhsh2012@gmail.com
Received:2017.10.17 ***Accepted:2018.07.28***

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]