

# 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<sup>۱\*</sup>، سمیه فرهنگ دهقان<sup>۲</sup>، زهرا علیزاده<sup>۳</sup>

## 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 (۲ تن) و فاقد بار بر روی مسیر بتنی مطابق استاندارد ISO 2631-1:1997 انجام گرفت. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از شتاب‌سنج ۳ محوری در نشیمنگاه صندلی اپراتور به مدت ۲۰ دقیقه در حالت حرکت لیفتراک انجام شد. سپس تأثیر بار بر روی ارتعاش به وسیله آزمون t زوجی 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  $0.038 \text{ m/s}^2$ ،  $0.063 \text{ m/s}^2$  و  $0.093 \text{ m/s}^2$  و در حالت دارای بار برابر با  $0.027 \text{ m/s}^2$ ،  $0.051 \text{ m/s}^2$  و  $0.099 \text{ m/s}^2$  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 معادل ۸ 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- 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 پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۲۵

## 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 طور کلی به دو نوع ارتعاش تمام بدن WBV و 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 ۸۰ Hz - ۰/۵ Hz، مخصوصاً ۱-۲ Hz به وجود آمده و تأثیر عمده‌ای 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 زود هنگام 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 ISO2631-1:1997 نموده‌اند، این استاندارد به بررسی فرکانس‌های ۸۰ Hz - ۰/۵ به 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

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 آنجایی که 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  $39 \pm 3/2$  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  $80 \text{ Hz} - 0/5$  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

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

$$A(8) = av \sqrt{\frac{T}{8}} \quad \text{معادله (۳)}$$

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

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  $0.45 m/s^2$  باشد، ریسک بهداشتی پایین، اگر بین  $0.45 - 0.9 m/s^2$  باشد ریسک بهداشتی متوسط و اگر بیش از  $0.9 m/s^2$  باشد، ریسک بهداشتی بالا بوده و رخداد خطرات بهداشتی محتمل می باشد (۱۷).

به منظور تحلیل آماری مطالعه حاضر از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. مقادیر شتاب برای هر محور به صورت میانگین همراه با انحراف معیار ارائه شده اند. جهت بررسی توزیع نرمال داده ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوفو مقایسه میانگین های شتاب  $r.m.s$  توزین شده فرکانسی در هر محور و شتاب  $r.m.s$  توزین شده فرکانسی معادل ۸ ساعته در دو وضعیت دارای بار و بدون بار، از آزمون  $t$  زوجی (Paired-Sample T-test) با مرز معنی داری  $P < 0.05$  استفاده شد.

### نتایج

میانگین مقادیر شتاب  $r.m.s$  توزین شده فرکانسی همراه با اعمال فاکتورهای وزنی مربوطه در جهات سه گانه  $X, Y, Z$  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.

$X, Y, Z$  به ترتیب برابر با  $W_d, W_d, W_f$  بود که با توجه به موقعیت قرارگیری سنسور (صندلی) ضریب عامل ضرب شونده برای تک تک آنها برابر با یک در نظر گرفته شد. فاکتورهای وزنی اعمال شده در شتابهای اندازه گیری شده در هر محور با توجه به اهداف سلامتی، راحتی و ادراک مطابق استاندارد مذکور بود. استاندارد ISO 2631:1997 اشاره ی مشخصی به مدت زمان اندازه گیری نمی نماید، اگرچه مدت زمان اندازه گیری بر نتایج اندازه گیری تأثیر مهمی دارد. بدین منظور جهت کسب اطمینان از دقت آماری نتایج حاصل، زمان اندازه گیری برابر با ۲۰ دقیقه در نظر گرفته شد. لذا در ادامه پد لاستیکی جهت اندازه گیری 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 اندازه گیری انجام گردید (۱۷). جذر میانگین مربعات ( $r.m.s$ ) شتاب برای هر یک از محورها  $X, Y, Z$  با استفاده از معادله (۱) بر اساس مدت اندازه گیری (۲۰ دقیقه) به دست می آید:

### معادله (۱)

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

در این معادله  $a_w$  شتاب  $r.m.s$  توزین شده فرکانسی در هر محور،  $a_w(t)$  شتاب توزین شده فرکانسی در زمان  $t$  و  $T$  مدت زمان اندازه گیری است.

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

### معادله (۲)

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

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

جدول ۲. مقادیر مشخصه‌های ارتعاشی اندازه‌گیری شده

| شتاب r.m.s توزین شده فرکانسی (m/s <sup>2</sup> ) |                                                             |                                                                         |         |              |         |              |         |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
| وضعیت                                            | برآیند شتاب<br>r.m.s اندازه‌گیری<br>شده (m/s <sup>2</sup> ) | z                                                                       |         | y            |         | x            |         |
|                                                  |                                                             | انحراف معیار                                                            | میانگین | انحراف معیار | میانگین | انحراف معیار | میانگین |
|                                                  |                                                             | شتاب r.m.s<br>توزین شده<br>فرکانسی معادل<br>۸ ساعته (m/s <sup>2</sup> ) |         |              |         |              |         |
| دارای بار                                        | ۱/۱۱۲                                                       | ۰/۳۰۹                                                                   | ۰/۹۸۴   | ۰/۰۹۳۲       | ۰/۵۱۸۶  | ۰/۰۰۰۲۸      | ۰/۰۰۲۷  |
| بدون بار                                         | ۱/۱۲۴                                                       | ۰/۴۴۴                                                                   | ۰/۹۳    | ۰/۱۴۸        | ۰/۶۳۲۹  | ۰/۰۰۲۳       | ۰/۰۰۳۸  |
| P value                                          | ۰/۷۲۵                                                       | ۰/۵۲۴                                                                   |         | ۰/۰۰۴۸       |         | ۰/۰۳۹        |         |

m: meter, s: second

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 مشخص شده 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.

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 ( $P > 0.05$ ).

جدول ۳. ریسک بهداشتی و گستره شتاب r.m.s توزین شده

| شتاب r.m.s توزین شده فرکانسی معادل ۸ ساعته ( $m/s^2$ ) و ریسک بهداشتی |        |                 |        |                 |        |        |                 |        |                   |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|-------------------|
| Z                                                                     |        |                 | Y      |                 |        | X      |                 |        | فاکتورهای<br>وزنی |
| ریسک<br>بهداش<br>تی                                                   | حداکثر | ریسک<br>بهداشتی | حداقل  | ریسک<br>بهداشتی | حداکثر | حداقل  | ریسک<br>بهداشتی | حداکثر | ریسک<br>بهداشتی   |
| دارای                                                                 | ۱/۴۵۰  | ۰/۳۹۸۰          | ۰/۴۶۶۰ | ۰/۲۴۹۰          | ۰/۰۰۳۰ | ۰/۰۰۱۸ | پایین           | پایین  | اعمال نشده        |
| بار                                                                   | ۱/۴۵۰  | ۰/۳۹۸۰          | ۰/۶۵۲۴ | ۰/۳۴۸۶          | ۰/۰۰۴۲ | ۰/۰۰۲۶ | پایین           | پایین  | اعمال شده         |
| بدون بار                                                              | ۲/۲۴۰  | ۰/۰۰۱۰          | ۰/۶۹۹۰ | ۰/۲۶۵۰          | ۰/۰۰۸۱ | ۰/۰۰۲۲ | پایین           | پایین  | اعمال نشده        |
|                                                                       | ۲/۲۴۰  | ۰/۰۰۱۰          | ۰/۹۷۸۶ | ۰/۳۷۱۰          | ۰/۰۱۱۴ | ۰/۰۰۳۱ | پایین           | پایین  | اعمال شده         |

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

## بحث

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

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

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  $\ddot{x}$ ,  $\ddot{y}$ ,  $\ddot{z}$  توزین‌شده فرکانسی در محورهای غیر غالب یعنی  $\ddot{x}$ ,  $\ddot{y}$  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  $\ddot{x}$  و  $\ddot{y}$  در حالت حرکت لیفتراک با بار می‌توان به نوع سیستم تعلیق و فربندی 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 فربیت 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  $\ddot{z}$  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  $\ddot{z}$  توسط راننده لیفتراک در حالت بدون بار، بیشتر بودن سرعت حرکت لیفتراک (اختلاف  $1/7 \text{ Km/hr}$ ) 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 ۳ گانه با استفاده از لیفتراک‌های 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  $\ddot{z}$  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  $\ddot{x}$ ,  $\ddot{y}$  شده ولی بر روی محور  $\ddot{z}$  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.

## 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 E, 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.** 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey: Wiley Online Library; 2006.
15. Chaudhary D, Bhattacharjee 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.

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 whole body vibration 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 Hyg 1996;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]

# ***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)<sup>1\*</sup>, FarhangDehghan S(PhD)<sup>2</sup>, Alizadeh Z(MSc)<sup>3</sup>***

<sup>1,2,3</sup>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 ( $\text{m/s}^2$ ) in the “without load” condition were 0.0038, 0.63 and  $0.93 \text{ m/s}^2$ , respectively, and in the “with load” was equal to 0.0027, 0.51, and  $0.98 \text{ m/s}^2$ . 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***