

## خصوصیات تایر در خودروهای تاکسی درون‌شهری بر سطح مواجهه با ارتعاش تمام بدن رانندگان

میلاد درخشان جزری<sup>۱</sup>، محمدرضا منظم اسماعیل پور<sup>۲\*</sup>، سید مصطفی حسینی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

<sup>۲</sup> استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

<sup>۳</sup> استاد گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

\* نویسنده مسئول: محمدرضا منظم اسماعیل پور، استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران. ایمیل: esmaeilm@sina.tums.ac.ir

DOI: 10.21859/johe-02045

### چکیده

**مقدمه:** رانندگان تاکسی به طور مکرر با ارتعاش تمام بدن مواجهه دارند که موجب کمردرد، اختلالات گوارشی می‌گردد. به دلیل وابستگی این نوع ارتعاش از وضعیت اجزاء خودرو، این مطالعه باهدف تأثیر مشخصه‌های تایر بر کاهش مقدار ارتعاش وارده بر تمام بدن راننده تاکسی پژو ۴۰۵ انجام گرفت.

**روش کار:** در این مطالعه تجربی، درحالی‌که میزان باد لاستیک، دور موتور، شیب جاده، تعداد سرنشین، سرعت خودرو، نوع فنرها و کمک‌فنرها ثابت می‌باشد، مقدار مشخصه‌های ارتعاش تمام مطابق با استاندارد ISO2631-1 در هر یک از حالت‌های: لاستیک بدون تیوب ثابت و سیال درون آن متغیر (هوای معمولی یا گاز نیتروژن) و همچنین نوع باد لاستیک ثابت و وضعیت وجود تیوب متغیر (تیوب دار یا بدون تیوب) در جاده آسفالت اندازه‌گیری و محاسبه گردید. سپس تأثیر تغییرات با استفاده از آزمون آماری مناسب بررسی گردید.

**یافته‌ها:** بعد از جایگزینی نیتروژن به جای هوای معمولی و لاستیک بدون تیوب به جای تیوب‌دار، میانگین شتاب rms در محور Z (محور غالب)، شتاب rms معادل ۸ ساعته A(8) و فاکتور قله کاهش یافت ( $P < 0.05$ ). همچنین میانگین مقدار A(8) از ناحیه خطرات بهداشتی ( $0.9 < m/s^2$ ) به ناحیه احتیاط ( $0.45-0.9 m/s^2$ ) کاهش یافت و مقدار آن ( $0.8 m/s^2$ ) می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** مقدار ارتعاش وارده بر تمام بدن راننده تاکسی پژو ۴۰۵ به وضعیت وجود تیوب و نوع باد لاستیک حساس می‌باشد و می‌توانیم با تغییر این مشخصه‌های تایر، میزان ارتعاش تمام بدن را به کمتر از حد بالای خطرات بهداشتی ( $0.9 m/s^2$ ) کاهش دهیم.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۰۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۲۰

### واژگان کلیدی:

تایر

ارتعاش تمام بدن

تاکسی

راننده

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

### مقدمه

که بر روی ۲۴۸ راننده تاکسی انجام گردید، شیوع درد در ناحیه کمر ۴۵/۸٪ گزارش گردید و همچنین بر اساس مطالعه Mitsuhiro F، راننده‌های تاکسی در ژاپن یک روز در میان ۱۸ ساعت کار می‌کنند و میزان مواجهه با ارتعاش تمام بدن در ۱۲ تاکسی مورد بررسی قرار گرفت و به این نتیجه رسیدند که با توجه به استاندارد 1-ISO2631 مواجهه این راننده‌ها با ارتعاش تمام بدن اکثراً در محدوده احتیاط می‌باشد [۱]. معمولاً، انسان در زندگی روزمره در خودروها، اتوبوس‌ها، قطار، دوچرخه و موتورسیکلت با ارتعاش تمام بدن مواجه دارد [۲]. زبری جاده‌ها در هنگام حرکت وسایل ذکرشده موجب ایجاد ارتعاشات عمودی در آن‌ها می‌شود و همچنین این ارتعاشات

رانندگان تاکسی روزانه به طور مکرر در حین جابجایی مسافران با ارتعاش تمام بدن مواجهه دارند [۱]. این نوع ارتعاش در محدوده فرکانسی ۱-۸ هرتز می‌باشد. ارتعاش تمام بدن یکی از عوامل زیان‌آور فیزیکی محیط کار می‌باشد که اثرات زیان‌آور بسیاری بر بدن دارد. هنگام تماس فرد با سطح در حال ارتعاش اثرات آن بروز می‌کند. از شایع‌ترین این اثرات، اختلالات اسکلتی عضلانی می‌باشد که مهم‌ترین این اختلالات درد در ناحیه کمر است، بعلاوه موجب اختلالات گوارشی، آسیب به سیستم شنوایی و اختلال در تمرکز ایجاد می‌گردد [۲، ۳]. بر اساس مطالعه Mitsuhiro F و همکارانش

## روش کار

### خودرویی مورد آزمایش

در این مطالعه، آزمایشات بر روی یک دستگاه خودرویی تاکسی پژو ۴۰۵ که در سال ۲۰۱۴ در ایران به تولید رسیده است انجام گردید. این خودرو هنگام شروع آزمایشات به طور کلی حدود ۳۰۰۰۰ کیلومتر مسافت را پیموده است. راننده این تاکسی روزانه به طور میانگین حدود ۱۰ ساعت مشغول به رانندگی می‌باشد. به دلیل افزایش دقت و حذف عوامل مداخله گر، قبل از شروع آزمایشات این خودرو تحت انجام آزمایشات فنی در مرکز مکانیزه معاینه فنی خودروهای سواری قرار گرفت. تست‌های تعریف‌شده در این مراکز شامل: تست فنرها و کمک فنرها (Shock Absorber Tester) و تست تعادل تایرها (Tire Balance Tester) با استفاده از دستگاه SAXON Vehicle brake tester انجام گرفت (تصویر ۱). به منظور تست فنرها و کمک‌فنرها بر اساس تصویر ۱ ارتعاشی با فرکانس ثابت (معمولاً ۱۶ هرتز) و دامنه ارتعاش حدود یک سانتیمتر به تایرها وارد می‌شود و سپس توسط دستگاه، درصد ایزولاسیون ارتعاش وارده مشخص می‌گردد و اگر این درصد بیشتر از حدود ۵۰ درصد باشد، فنرها و کمک‌فنرها قابل استفاده می‌باشند. با توجه به تست تعادل تایرها، اگر انحراف تایرها در هر ۱۰۰۰ متر حرکت، کمتر از ۱۲ متر به طرفین باشد تایرها بالانس می‌باشد در صورت عدم بالانس تایرها و ایجاد لرزش هنگام حرکت، با استفاده از اتصال قطعه سرب به قسمت ناهماهنگ کننده تاپر تعادل مجدد تاپر ایجاد می‌گردد. در نهایت اگر نتیجه هر یک از این تست‌ها مورد تأیید این مرکز باشد (Ok) نشان‌دهنده میزان صحت و سلامت خودرو از نظر فنی و همچنین عدم انتقال ارتعاشات اضافی می‌باشد. در غیر این صورت نتیجه تست مورد قبول مرکز معاینه فنی قرار نمی‌گیرد (Not Ok) و باید قطعات خودرو مربوط به تست تعمیر و یا تعویض گردد. بعد از تأیید سلامت فنی تاکسی مورد مطالعه، اندازه‌گیری مشخصه‌های ارتعاشات تمام بدن وارده به راننده آن در محیط کاملاً واقعی در بزرگراه تقریباً مستقیم کرج-قزوین به طول ۹۵ کیلومتر واقع در استان البرز (این بزرگراه راه ارتباطی اصلی کرج و قزوین بوده است که از استان‌های ایران می‌باشند) که آسفالت شده و تقریباً بدون شیب است، انجام گرفت. لازم به ذکر است که به منظور افزایش صحت در اندازه‌گیری مشخصه‌های ارتعاش در

به راننده و مسافران نیز منتقل می‌گردد که باعث ایجاد عوارض در آن‌ها می‌گردد و همچنین سطح ایمنی راننده و مسافران کاهش می‌یابد [۴]. هنگام حرکت خودرو بر روی جاده، خودرو همانند یک سیستم ارتعاشی عمل می‌کند که فرکانس ارتعاش آن به زبری جاده و به فنریت و جرم خودرو بستگی دارد [۵]. فنرها و کمک‌فنرها و همچنین لاستیک و تیوب تایرها موجب فنریت خودرو می‌شوند که در کاهش ارتعاشات وارده بر تمام بدن رانندگان و سرنشینان خودروها نقش بسیار مهمی دارند. با توجه به موارد ذکرشده، کاهش مواجهه با ارتعاش تمام بدن در رانندگان تاکسی یک امر مهم بشمار می‌آید، همچنین شیفت کاری طولانی اهمیت این موضوع را افزایش می‌دهد. در مطالعه‌ای Bouazara و همکارانش در سال ۲۰۰۶ و همچنین Hansson در سال ۲۰۰۲ به منظور کاهش ارتعاش تمام بدن در وسیله نقلیه انجام دادند، از استراتژی سیستم تعلیق در صندلی و کابین وسیله نقلیه استفاده کردند که این استراتژی اگرچه در کاهش ارتعاش تأثیر بسزایی دارد ولی دارای هزینه و پیچیدگی بالایی می‌باشد [۶-۸]. همچنین در مطالعه Sherwin L و همکارانش برای کاهش ارتعاش تمام بدن از استراتژی کاهش باد لاستیک استفاده شد که نتایج نشان داد احتمال آسیب به لاستیک در حین حرکت در میزان باد لاستیک کم وجود دارد [۹، ۱۰]. با توجه به مطالعه Tae Keun Lee و همکارش در سال ۲۰۰۸ بر روی آنالیز ارتعاش ناشی از تاپر اتومبیل، به این نتیجه رسیدند که دلیل اینکه تاپر با ناهمواری‌های سطح جاده به طور محسوس در تماس است، حتی تفاوت در فاکتورهای طراحی سطح تایرها موجب تغییر در شتاب rms وزن یافته فرکانسی شده است و همچنین در مطالعه Sherwin ذکر گردیده است که مشخصه‌های تاپر اتومبیل‌ها نقش بسیار مهمی در کنترل ارتعاش وارده بر سرنشینان دارد [۹-۱۱]. با توجه به موارد ذکرشده، عوامل گوناگونی در مقدار ارتعاش وارده بر تمام بدن راننده تأثیرگذار می‌باشد و همچنین لازم به ذکر است که در ایران تعداد تاکسی خودرویی سواری بسیار زیاد (حدود ۱۰۰۰۰۰) می‌باشد و رانندگان این تاکسی‌های درون‌شهری در طول شبانه‌روز به طور مکرر حدود ۱۰ ساعت در حال رانندگی می‌باشند که نتیجه آن مواجهه با ارتعاش تمام بدن می‌باشد [۱۲]. با توجه به جستجوهای صورت گرفته، مطالعه‌ای به منظور کاهش ارتعاش تمام بدن با هزینه و پیچیدگی کمتر در این خودروها انجام نگرفته است. با توجه به اهمیت این موضوع، در این مطالعه چگونگی تأثیر نوع سیال درون لاستیک و وضعیت وجود یا عدم وجود تیوب و ترکیب آن‌ها بر کاهش مقدار مشخصه‌های ارتعاش وارده بر تمام بدن در راننده تاکسی پژو ۴۰۵ مورد بررسی قرار گرفت.

خودروی مورد مطالعه، میزان باد لاستیک (۳۰ PSI)، دور موتور (۳۰۰۰ دور در دقیقه)، سرعت خودرو (۴۰ کیلومتر بر ساعت)، نوع صندلی راننده، نوع لاستیک، سایز لاستیک، رینگ تایر، فنرها و کمک‌فنرها ثابت می‌باشد.

کیلومتر بر ساعت حرکت کنند. به همین دلیل در این مطالعه اندازه‌گیری مشخصه‌های ارتعاش در سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت انجام گرفت که نتایج تحقیق اعتبار بیشتری داشته باشد. اندازه‌گیری مشخصه‌های ارتعاش تمام بدن در هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک به طور جداگانه به مدت ۳۰ دقیقه انجام گرفت. هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک شامل: لاستیک بدون تیوب ثابت می‌باشد و باد لاستیک از نوع هوای معمولی یا نیتروژن و همچنین زمانی که باد لاستیک از نوع هوای معمولی ثابت می‌باشد و لاستیک تیوب دار یا بدون تیوب می‌باشد. البته لازم به ذکر است به منظور افزایش دقت و صحت، به دلیل اینکه این مطالعه از نوع تجربی می‌باشد و در محیط کاملاً واقعی انجام می‌گیرد، یقیناً وجود عوامل مداخله‌گر امکان پذیر می‌باشد، بنابر این اندازه‌گیری مشخصه‌های ارتعاش تمام بدن در هر یک از حالت‌های ذکر شده ۲۴ مرتبه تکرار گردید و سپس میانگین داده‌های مربوطه ثبت گردید. البته این استاندارد پیشنهاد می‌کند محوری که بیش‌ترین شدت (محور غالب) را دارد برای ارزیابی شدت ارتعاش بکار رود [۲] که ما در این مطالعه برای محاسبه فاکتور قله محور غالب را در نظر گرفتیم. با توجه به استاندارد، اگر فاکتور قله (CF) کمتر یا بیشتر از ۹ باشد میزان شتاب ارتعاش مؤثر (Arms) در هر یک از محورها و برآیند محورهای سه‌گانه شتاب مؤثر (XYZ) و همچنین شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته اندازه‌گیری می‌گردد. در استاندارد I-ISO2631 برای شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته (A(8))، ناحیه‌ای به منظور هشدار بهداشتی تعریف شده است. این ناحیه دارای حد پایین (۰/۴۵ متر بر مجذور ثانیه) و حد بالا (۰/۹ متر بر مجذور ثانیه) می‌باشد بیشتر از ۰/۹ m/s<sup>2</sup> ناحیه ایجاد خطرات بهداشتی و کمتر از ۰/۴۵ m/s<sup>2</sup> ناحیه ایمن و بین این دو مقدار، ناحیه احتیاط (۰/۴۵-۰/۹ m/s<sup>2</sup>) معرفی شده است. با توجه به استاندارد، همان طور که گفته شد، فاکتور قله (CF) نیز با استفاده از مشخصه‌های ارتعاشی مربوط به محوری که شتاب rms وزن یافته بیشتری دارد محاسبه گردید. نحوه اندازه‌گیری و محاسبه مشخصه‌های ارتعاش تمام بدن در ادامه آمده است، با توجه به استاندارد I-ISO2631، دستگاه ارتعاش سنج برای اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن تنظیم گردید و میانگین شتاب rms وزن یافته فرکانسی هر یک از محورهای X, Y, Z در هر یک از حالت‌های مشخصه‌های

دور موتور (۳۰۰۰ دور در دقیقه)، سرعت خودرو (۴۰ کیلومتر بر ساعت)، نوع صندلی راننده، نوع لاستیک، سایز لاستیک، رینگ تایر، فنرها و کمک‌فنرها ثابت می‌باشد.



تصویر ۱: انجام آزمایشات فنی مرکز مکانیزه معاینه فنی خودروهای سواری

### اندازه‌گیری مشخصه‌های ارتعاش تمام بدن

در این مطالعه بر اساس توصیه استاندارد ISO 1-2631، هنگامی که خودرو در حال حرکت است مشخصه‌های ارتعاش تمام بدن اندازه‌گیری و محاسبه گردید [۲]. با توجه به اینکه ارتعاش تمام بدن در محدوده فرکانسی ۱ تا ۸۰ هرتز می‌باشد در این استاندارد ذکر گردیده است که خطر صدمات در همه فرکانس‌ها برابر نیستند به همین دلیل یک باند توزین فرکانسی ارائه شده است. در ارتعاش تمام بدن بر اساس این استاندارد، فیلترهای توزین فرکانسی شامل: (Wc) برای ارتعاش در محور X، (Wd) برای ارتعاش در محور Y، (Wk) برای ارتعاش در محور Z در حالتی که فرد روی صندلی نشسته است مورد استفاده قرار می‌گیرد. اندازه‌گیری داده‌های مربوط به مشخصه‌های ارتعاش با استفاده از دستگاه ارتعاش سنج مدل 958A SVAN کالیبره شده محصول آمریکا و لهستان که دارای سنسور مخصوص ارتعاش تمام بدن (ضخامت 12mm) می‌باشد مطابق با استاندارد ISO 1-2631 انجام گرفت. بر اساس این استاندارد، این سنسور بر روی سطح نشیمنگاه صندلی راننده قرار گرفت. با توجه به این که خودروی مورد مطالعه از نوع تاکسی‌های مسافربری داخل شهر می‌باشد. به دلیل تردد زیاد خودروها در داخل شهر، این تاکسی‌ها به طور میانگین حدود ۴۰

$N$ : وظیفه اصلی (در این مطالعه رانندگی می‌باشد)  
 $A_{wn}$ : برآیند شتاب  $rms$  وزن یافته فرکانسی برای زیر وظیفه  
 $n$  ( $m/s^2$ )  
 $T_n$ : زمان مواجهه برای زیر وظیفه  $n$  (بر حسب ساعت  
می‌باشد که در این مطالعه ۱۰ ساعت برای هر زیر وظیفه  
در نظر گرفته شد.)

در ادامه برای محاسبه فاکتور قله، حداکثر شتاب ارتعاشی  
( $A_{peak}$ ) نیز در حین ۳۰ دقیقه اندازه‌گیری، در هر یک از  
حالت‌های مشخصه‌های لاستیک ثبت گردید و همچنین  
در اینجا با توجه به استاندارد 1-ISO263 شتاب مؤثر وزن  
یافته فرکانسی ( $A_{r.m.s}$ ) محوری که دارای بیش‌ترین شدت  
شتاب ارتعاشی باشد انتخاب گردید و فاکتور قله ( $CF$ ) توسط  
این دو مشخصه ارتعاش بر اساس معادله (۴)، در هر یک از  
حالت‌های مشخصه‌های لاستیک محاسبه گردید:

$$CF = \frac{a_{peak}}{a_{r.m.s}} \quad (4)$$

$A_{peak}$ : حداکثر شتاب ارتعاشی

$A_{rms}$ : شتاب مؤثر در محور غالب (محور  $Z$ )  
با توجه به اینکه این مطالعه از نوع مطالعه تجربی می‌باشد  
و بررسی ارتباط مشخصه‌های تایر با مشخصه‌های ارتعاش  
مد نظر است، نیاز به تحلیل‌های آماری نیز دارد. البته  
برای تشخیص استفاده صحیح آزمون آماری مورد نیاز  
جهت تحلیل داده، وضعیت نرمال بودن هر یک از متغیرها  
با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف با میزان خطای  
بزرگ‌تر از ۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه  
توزیع داده‌های جمع‌آوری شده نرمال می‌باشد جهت تحلیل  
و بررسی تأثیر تغییر مشخصه‌های لاستیک بر مشخصه‌های  
ارتعاش تمام بدن با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 از آزمون  
پارامتریک Independent-Sample t test برای مقایسه  
میانگین هر یک از متغیرهای کمی (شتاب  $rms$  وزن یافته  
فرکانسی ( $A_{rms}$ ) در هر یک از محورهای  $X, Y, Z$  و برآیند  
محورهای سه‌گانه ( $AXYZ$ ) و همچنین شتاب  $rms$  وزن یافته  
فرکانسی معادل ۸ ساعته ( $A(8)$ ) در قبل و بعد از تغییر هر  
یک از حالت‌های مشخصه‌های تایر مورد استفاده قرار گرفت.

### یافته‌ها

در این مطالعه، صحت و سلامت تاکسی خودرویی  
پژو ۴۰۵ مورد نظر توسط مرکز مکانیزه معاینه فنی  
خودروهای سبک تأیید گردید و نتایج هر یک از  
تست‌های انجام‌شده در مرکز معاینه فنی، در جدول ۱  
آورده شده است:

لاستیک، هنگامی که لاستیک بدون تیوب ثابت و سیال  
درون آن متغیر (هوای معمولی یا نیتروژن) و همچنین  
نوع باد لاستیک ثابت و وضعیت وجود تیوب متغیر  
(تیوب دار یا بدون تیوب) بر اساس معادله (۱) به مدت  
۳۰ دقیقه اندازه‌گیری گردید:

$$a_{w r.m.s} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt} \quad (1)$$

$a_{w r.m.s}$ : شتاب  $rms$  وزن یافته فرکانسی ( $m/s^2$ )  
 $T$ : مدت زمان اندازه‌گیری (در مطالعه ۳۰ دقیقه  
می‌باشد.)

$aw(t)$ : شتاب وزن یافته فرکانسی در زمان  $t$  است.  
در این مطالعه به دلیل اینکه میزان شتاب ارتعاشی  
که برای سلامتی خطر آفرین است مد نظر می‌باشد،  
با توجه به استاندارد 1-ISO2631، برآیند شتاب  $rms$   
وزن یافته فرکانسی به دست آمده محورهای سه‌گانه  $Z, Y, X$   
در هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک با  
استفاده از معادله (۲) محاسبه گردید که در این معادله  
شتاب  $rms$  وزن یافته فرکانسی در محورهای افقی ( $X, Y$ )  
در ضریب ۱/۴ ضرب می‌گردید:

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

( $AXYZ$ ): برآیند شتاب ارتعاشی ( $m/s^2$ ) ترکیب‌شده در  
هر سه محور  $Z, Y, X$   
 $ax$  و  $ay$  و  $az$ : به ترتیب بزرگی شتاب ارتعاشی ( $m/s^2$ ) در  
محورهای  $X, Y, Z$  می‌باشد.

با در نظر گرفتن اینکه راننده خودرویی مورد مطالعه  
روزانه ۱۰ ساعت در حال رانندگی می‌باشد، در این  
مطالعه برای محاسبه میزان مواجهه با شتاب  $rms$  وزن  
یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته ( $A(8)$ ) در هر یک  
از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک ذکرشده بر این  
اساس می‌باشد که فرض بر این است اگر راننده به  
طور کامل در طول یک شیفت کاری (۱۰ ساعته) با هر  
یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک (لاستیک بدون  
تیوب ثابت باشد و باد لاستیک از نوع هوای معمولی  
یا نیتروژن و همچنین زمانی که باد لاستیک از نوع  
هوای معمولی ثابت باشد و لاستیک تیوب دار یا بدون  
تیوب باشد)، حرکت کند، ( $A(8)$ ) بر اساس معادله (۳)  
محاسبه گردید.

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} \sum_{n=1}^N a_{wn}^2 t_n} \quad (3)$$

$A(8)$ : شتاب  $rms$  وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته ( $m/s^2$ )  
 $n$ : زیر وظیفه (هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک)

جدول ۱: نتایج آزمون‌های مرکز مکانیزه معاینه فنی خودروهای سبک		
وضعیت نتایج مرکز معاینه فنی	وضعیت فنی	آزمون‌های معاینه فنی
Ok	%۹۰	Shock Absorber Tester
Ok	balanced	Tire Balance Tester

جدول ۲: میانگین مقادیر مشخصه‌های ارتعاشی تمام بدن در هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک										
شتاب rms وزن یافته فرکانسی ( $m/s^2$ )										
میانگین فاکتور قله صندلی در محور Z ( $m/s^2$ )	شتاب ارتعاشی در محور X	شتاب ارتعاشی در محور Y	شتاب ارتعاشی در محور Z	برآیند شتاب ارتعاشی محورهای سه‌گانه	شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته (8)A	میانگین	میانگین انحراف معیار	میانگین انحراف معیار	میانگین انحراف معیار	میانگین انحراف معیار
باد لاستیک از نوع هوای معمولی										
با تیوب	۰/۳۸	۰/۰۹	۰/۴۳	۰/۰۹	۰/۵۵	۰/۱۹	۰/۸۷	۰/۹۸	۲۹/۲	۷/۷
بدون تیوب	۰/۳۳	۰/۰۸	۰/۳۷	۰/۰۹	۰/۴۶	۰/۱۴	۰/۷۶	۰/۸۵	۲۶/۶	۵
لاستیک بدون تیوب										
هوای معمولی	۰/۳۷	۰/۰۹	۰/۳۹	۰/۰۸	۰/۶۱	۰/۱۵	۰/۸۹	۰/۹۹	۳۰/۵	۷/۸
نیتروزن	۰/۳۵	۰/۰۸	۰/۴	۰/۱	۰/۳۸	۰/۰۶	۰/۷۴	۰/۸	۲۵/۳	۳/۶

جدول ۳: نتیجه آزمون نمونه‌های وابسته مشخصه‌های ارتعاش مورد بررسی در تاکسی مورد مطالعه در قبل و بعد از تغییرات باد لاستیک و وضعیت تیوب		
متغیرهای مستقل		
وضعیت وجود تیوب، P value	سیال درون لاستیک، P value	
شتاب rms وزن یافته فرکانسی ( $m/s^2$ )		
X	۰/۰۳۱	۰/۳۱۲
Y	۰/۰۳۴	۰/۵۴۵
Z	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱
برآیند شتاب ارتعاشی محورهای سه‌گانه		
	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱
شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته (8)A		
	۰/۰۱۸	۰/۰۰۵
میانگین فاکتور قله صندلی در محور Z ( $m/s^2$ )		

نتایج این آزمایشات نشان داد که درصد ایزولاسیون کم‌فرها کاملاً سالم و حدود ۹۰ درصد می‌باشند و این به این معنی است که نیازی به تعویض ندارند و به خوبی در کاهش ارتعاشات ناگهانی تأثیر مثبت دارند. با توجه به جدول فوق، تایرهای خودروی مورد مطالعه بالانس (متعادل کردن تایرهای خودرو) می‌باشد و انحراف تایرها در هر ۱۰۰۰ متر کمتر از ۱۲ متر می‌باشد،

به این معنی می‌باشد که تایرهای هر محور تا حد امکان باهم موازی می‌باشند و هیچ‌گونه انحراف خارج از استاندارد نسبت به هم ندارند در نتیجه در حین اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن مداخلات ایجاد نمی‌کند. با توجه به موارد ذکرشده، مشخصه‌های ارتعاش که در آزمایشات اندازه‌گیری گردید بیشتر مربوط به ناهمواری سطح جاده می‌باشد. بنابراین اندازه‌گیری‌ها

کلی با توجه به جدول ۲، کمترین میانگین شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محور Z (محور غالب)، فاکتور قله، شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته هنگامی گزارش گردیده است که لاستیک از نوع بدون تیوب بوده و سیال درون آن از نوع گاز نیتروژن باشد.

در این مطالعه با توجه به اینکه مشخصه‌های ارتعاش وارده بر تمام بدن در هر یک از حالت‌های ذکر شده مشخصه‌های لاستیک ۲۴ مرتبه اندازه‌گیری و محاسبه گردید و همچنین متغیرهای کمی مانند: شتاب rms وزن یافته فرکانسی (Arms) در هر یک از محورهای X, Y, Z و برآیند محورهای سه‌گانه (XYZ) و همچنین شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته A(8) از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. از آزمون Independent-Sample t test برای مقایسه میانگین‌ها و همچنین تحلیل متغیرهای کمی در حالت‌های مشخصه‌های لاستیک با سطح اطمینان ۰/۹۵ استفاده گردید و در جدول ۳ نتایج مربوط به آن‌ها آورده شده است:

با توجه به نتایج آزمون Independent-Sample t test (جدول ۳) می‌توان ذکر کرد که تفاوت معناداری در میانگین شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محور Z و فاکتور قله در قبل و بعد از تغییر وضعیت تیوب (از حالت لاستیک تیوب دار به بدون تیوب) مشاهده گردید ( $P < 0/05$ ) و مقدار آن‌ها با تغییر وضعیت تیوب کاهش یافت. همچنین تفاوت معناداری در میانگین شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محورهای X و Y، برآیند محورهای سه‌گانه، شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته در مرحله قبل و بعد از تغییر وضعیت تیوب مشاهده گردید ( $P < 0/05$ ). و می‌توان ذکر کرد که تغییر وضعیت تیوب از حالت تیوب دار به بدون تیوب موجب شده است که مقدار این متغیرها کاهش یابند. با توجه به جدول ۳، تفاوت معناداری در میانگین شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محورهای X و Y در قبل و بعد از تغییر نوع باد لاستیک (از حالت هوای معمولی به نیتروژن) مشاهده نشده است ( $P > 0/05$ ). اما تفاوت معناداری در میانگین‌های شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محور Z، برآیند محورهای سه‌گانه، شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته و فاکتور قله در مرحله قبل و بعد از تغییر نوع باد لاستیک مشاهده شده است ( $P < 0/05$ ). می‌توان ذکر کرد که تغییر نوع باد لاستیک از حالت هوای معمولی به گاز نیتروژن موجب شده است که مقدار این متغیرها کاهش یابند.

دارای دقت و صحت می‌باشد. با توجه به هدف این مطالعه، نتیجه آزمایشات مربوط به اندازه‌گیری‌ها و محاسبات مشخصه‌های ارتعاش در هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک ذکر شده در خودروی پژو ۴۰۵ مورد مطالعه، ثبت و گزارش گردید و اطلاعات مربوط به آن‌ها در جدول ۲ آورده شده است:

با توجه به جدول فوق، میانگین شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محور Z در همه حالت‌های وضعیت مورد مطالعه لاستیک نسبت به سایر محورها بیشتر می‌باشد بجز موقعی که لاستیک بدون تیوب باشد و باد لاستیک از نوع گاز نیتروژن باشد، که در این حالت میانگین شتاب ارتعاشی در محور Z کمترین مقدار ( $0/38 \text{ m/s}^2$ ) می‌باشد. هنگامی که درون لاستیک هوای معمولی باشد و این سیال ثابت باشد و لاستیک از نوع بدون تیوب جایگزین لاستیک تیوب دار گردد، میانگین مقدار شتاب rms وزن یافته فرکانسی در همه محورهای سه‌گانه کاهش یافت و همچنین میانگین مقدار شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته از ناحیه خطرات بهداشتی به ناحیه احتیاط کاهش یافت. با توجه به کاهش شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته در حالت بدون تیوب، درحالی که لاستیک بدون تیوب ثابت باشد و گاز نیتروژن جایگزین هوای معمولی درون لاستیک گردد نتایج نشان داد که باز هم میانگین مقدار شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته به مقدار  $0/05 \text{ m/s}^2$  متر بر مجذور ثانیه کاهش یافت و مقدار آن به  $0/8 \text{ m/s}^2$  رسید. در کل مقدار شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته با جایگزین کردن لاستیک بدون تیوب به جای لاستیک تیوب دار همچنین گاز نیتروژن به جای هوای معمولی به طور میانگین این متغیر حدود  $0/16 \text{ m/s}^2$  کاهش یافت و موجب شد که این متغیر به کمترین مقدار کاهش یابد و مقدار آن در ناحیه احتیاط قرار بگیرد. در رابطه با فاکتور قله، هنگامی که لاستیک بدون تیوب جایگزین لاستیک تیوب دار شد، فاکتور قله به مقدار  $0/6$  کاهش یافت. همچنین هنگامی که گاز نیتروژن جایگزین هوای معمولی گردید، فاکتور قله به مقدار  $5/2$  کاهش یافت. با توجه به جدول ۲، هنگامی که سیال درون لاستیک بدون تیوب از هوای معمولی به گاز نیتروژن تغییر یافت، به طور میانگین مقدار شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محورهای Z و X کاهش یافت ولی در محور Y افزایش جزئی دیده شد و مقدار آن از  $0/39$  به  $0/4$  متر بر مجذور ثانیه افزایش یافت. به طور

که در فشارهای کمتر باد لاستیک، میزان ارتعاش وارده بر بدن کمتر می‌باشد البته در این دو مطالعه امکان آسیب به لاستیک در فشارهای باد پایین وجود دارد. احتمالاً دلیل کاهش ارتعاش در مطالعات Sherwin و Philip افزایش فنریت لاستیک می‌باشد که ناشی از تراکم کمتر سیال درون لاستیک است [۱۰]. این نکته قابل ذکر است که در ما بدون در نظر گرفتن فشار باد لاستیک، مقدار ارتعاش وارده بر تمام بدن با تغییر مشخصه‌های لاستیک مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج بدست آمده نشان داد که لاستیک بدون تیوب نسبت به لاستیک تیوب دار و همچنین گاز نیتروژن نسبت به هوای معمولی در کاهش این عامل زیان‌آور (ارتعاش) وارده نقش چشمگیری دارند و این تغییرات همانند مطالعات انجام شده به نتیجه کاهش ارتعاش تمام بدن شده است البته این عامل کاهش دهنده امکان ایجاد آسیب به لاستیک‌ها را ندارد. Griffin و Paddin روی ارزیابی ارتعاش تمام بدن در وسایل نقلیه انجام دادند و یکی از نتایج آن‌ها این بود که شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محور Z نسبت به سایر محورها غالب می‌باشد [۱۳] و همچنین Chen و همکارانش در مطالعه‌ای باهدف پیش بینی ارتعاش تمام بدن در میان رانندگان تاکسی‌های شهری، آزمایشی انجام دادند و به این نتیجه دست یافتند که محور Z را می‌توان مهم‌ترین محور اندازه‌گیری در نظر گرفت و این محور احتمالاً بیشتر تحت تأثیر ناهمواری‌های سطح جاده قرار گرفته است [۱۴]. نتایج این دو مطالعه با نتایج مطالعه ما مشابهت بسیاری دارد و البته مقدار آن با تغییر نوع باد لاستیک مرتبط می‌باشد و با تغییر نوع سیال درون لاستیک از حالت هوای معمولی به گاز نیتروژن، شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محور Z نسبت به سایر محورها (X, Y) کاهش می‌یابد که این نتایج مشابه نشان می‌دهد که خودرو هنگامیکه در حال حرکت است کمتر تحت تأثیر ارتعاشات جانبی قرار می‌گیرد و در جه آزادی فنریت لاستیک وسیله نقلیه بیشتر تحت تأثیر ارتعاشات عمودی قرار می‌گیرد در نتیجه انبساطات و انقباضات نیتروژن درون لاستیک بیشتر در جهت عمود بر سطح جاده می‌باشد. با توجه به نتایج این تحقیق، وضعیت تیوب و نوع باد لاستیک یک پارامتر مهم در رابطه با کنترل ارتعاش تمام بدن منتقله به راننده خودرو می‌باشد و می‌تواند بر روی اثرات مضر ارتعاش بر سلامتی تأثیرگذار باشد.

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه مشخص گردید که مقدار ارتعاش منتقله بر تمام بدن راننده تاکسی، به وضعیت وجود تیوب و نوع باد

رانندگان تاکسی به طور طولانی مدت با ارتعاش تمام بدن مواجهه دارند و عوامل گوناگونی در مقدار این نوع ارتعاش تأثیرگذار می‌باشند [۱، ۲]. این مطالعه به بررسی تأثیر هر یک از مشخصه‌های لاستیک بر مقدار شتاب rms وزن یافته فرکانسی (Arms) در هر یک از محورهای X, Y, Z و برآیند محورهای سه‌گانه ( $A_{XYZ}$ ) و همچنین شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته  $A(8)$  پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان داد که لاستیک بدون تیوب و همچنین سیال درون آن از نوع گاز نیتروژن باشد، مواجهه راننده تاکسی مورد مطالعه با ارتعاش تمام بدن، کاهش می‌یابد. در مطالعه Mitsuhiko F و همکارانش در سال ۲۰۰۴ در رابطه با شتاب rms وزن یافته فرکانسی در ارتعاش رانندگان تاکسی، نشان داد که این مشخصه ارتعاش در ناحیه احتیاط قرار می‌گیرد و با توجه به شیفت کاری طولانی در این افراد، این مشخصه ارتعاش می‌تواند باعث آسیب‌های بهداشتی شود [۱]. در این مطالعه با توجه به اینکه قبل از اعمال تغییرات، شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته در ناحیه خطر بهداشتی داشت و امکان ایجاد آسیب‌های جدی وجود دارد، تغییراتی در مشخصه‌های لاستیک به منظور کاهش مقدار ارتعاش اعمال گردید و در ادامه با توجه به نتایج مطالعه ما، کمترین ارتعاش وارده بر تمام بدن هنگامی است که لاستیک از نوع بدون تیوب و گاز درون آن از نوع نیتروژن باشد، همچنین شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته در ناحیه احتیاط قرار می‌گیرد. دلیل این کاهش در مشخصه‌های ارتعاش احتمالاً این است که هنگامی که لاستیک از نوع بدون تیوب باشد مقاومت ناشی از تیوب در زیر لاستیک از بین رفته است و لاستیک ارتجاعی‌تر می‌گردد و همچنین وجود نیتروژن موجب می‌شود که دمای نیتروژن درون لاستیک در حین حرکت، کمتر تحت تأثیر گرمای ناشی از اصطکاک قرار گیرد و در نتیجه افزایش حجم گاز داخل لاستیک به دلیل وجود گرما کمتر باشد و فنریت و حالت ارتجاعی لاستیک بیشتر گردد. مطالعه‌ای که L.M. Sherwin و همکارانش در سال ۲۰۰۴ بر روی تأثیر میزان فشار باد لاستیک بر انتقال ارتعاش تمام بدن بر راننده ماشین جمع‌کننده قطعات چوبی با سه فشار باد لاستیک ۱۳۸، ۳۴۵ و ۴۱۴ کیلوپاسکال انجام دادند، نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که اگر باد لاستیک کمتر باشد ارتعاش وارد بر تمام بدن راننده نیز کمتر خواهد بود [۹]. Owende و همکاران نیز در سال ۲۰۰۵ به بررسی تأثیر فشار لاستیک بر ارتعاش در فشارهای ۳۵۰، ۴۹۰، ۶۳۰ و ۷۷۰ کیلوپاسکال تحقیق کردند و به این نتیجه دست یافتند

لاستیک حساس می‌باشد و بهینه‌ترین حالت مقادیر انتقال

مشخصه‌های ارتعاش به راننده زمانی است که گاز داخل

لاستیک از نوع نیتروژن و لاستیک بدون تیوب باشد. پیشنهاد

می‌گردد این پارامتر (خصوصیات لاستیک)، در طرح‌های

کنترل ارتعاش خودروهای سواری (مانند تاکسی خودروی پژو

۴۰۵) نیز مد نظر قرار گیرد.

### تضاد منافع

هیچگونه تضاد منافی برای نویسندگان این مقاله وجود ندارد.

### REFERENCES

- Funakoshi M, Taoda K, Tsujimura H, Nishiyama K. Measurement of whole-body vibration in taxi drivers. *J Occup Health*. 2004;46(2):119-24. PMID: 15090686
- Mansfield JN. Human response to vibration: Taylor & Francis e-Library; 2005.
- Tiemessen IJ, Hulshof CTJ, Frings-Dresen MHW. An overview of strategies to reduce whole-body vibration exposure on drivers: A systematic review. *Int J Indust Ergonom*. 2007;37(3):245-56. DOI: 10.1016/j.ergon.2006.10.021
- Lakušić S, Brčić D, Tkalčević Lakušić V. Analysis of Vehicle Vibrations – New Approach to Rating Pavement Condition of Urban Roads. *Traffic Transport*. 2011;23(6):315-40. DOI: 10.7307/ptt.v23i6.183
- Katu U, Desavale R, Kanai R. Effect Of Vehicle Vibration On Human Body–RIT Experience: Department of Mechanical Eng., Rajarambapu Institute of Technology; 2003 [updated 2003; cited 2015]. Available from: [www.nacomm03.ammindia.org/Articles/Nav001.pdf](http://www.nacomm03.ammindia.org/Articles/Nav001.pdf).
- Bouazara M, Richard MJ, Rakheja S. Safety and comfort analysis of a 3-D vehicle model with optimal non-linear active seat suspension. *J Terramechanic*. 2006;43(2):97-118. DOI: 10.1016/j.jtterra.2004.10.003
- Hansson P-A. PM—Power and Machinery. *Biosys Engineer*. 2002;81(1):57-71. DOI: 10.1006/bioe.2001.0007
- Cann AP, Salmoni AW, Eger TR. Predictors of whole-body vibration exposure experienced by highway transport truck operators. *Ergonomics*. 2004;47(13):1432-53. DOI: 10.1080/00140130410001712618 PMID: 15513718
- Sherwin LM, Owende PM, Kanali CL, Lyons J, Ward SM. Influence of tyre inflation pressure on whole-body vibrations transmitted to the operator in a cut-to-length timber harvester. *Appl Ergon*. 2004;35(3):253-61. DOI: 10.1016/j.apergo.2004.02.002 PMID: 15145288
- Owende PMO, Hartman AM, Ward SM, Gilchrist MD, O'Mahony MJ. Minimizing Distress on Flexible Pavements Using Variable Tire Pressure. *J Transport Engineer*. 2001;127(3):254-62. DOI: 10.1061/(asce)0733-947x(2001)127:3(254)
- Lee TK, Kim BS. Vibration analysis of automobile tire due to bump impact. *Appl Acoustic*. 2008;69(6):473-78.
- Kakouei A, Vatani A, Idris AKB. An estimation of traffic related CO 2 emissions from motor vehicles in the capital city of, Iran. *Iran J Environ Health Sci Engineer*. 2012;9(1):1-9.
- Paddan GS, Griffin MJ. Effect of Seating on Exposures to Whole-Body Vibration in Vehicles. *J Sound Vibrat*. 2002;253(1):215-41. DOI: 10.1006/jsvi.2001.4257
- Chen JC, Chang WR, Shih TS, Chen CJ, Chang WP, Dennerlein JT, et al. Predictors of whole-body vibration levels among urban taxi drivers. *Ergonomics*. 2003;46(11):1075-90. DOI: 10.1080/0014013031000109205 PMID: 12850932

# Influence of Tire Characteristics of Interurban Taxis on Exposure Level to Drivers Whole-Body Vibrations

Milad Derakhshan Jazari <sup>1</sup>, Mohammad Reza Monazzam Esmail Pour <sup>2,\*</sup>, Seyyed Mostafa Hosseini <sup>3</sup>

<sup>1</sup> MSc of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

\* Corresponding author: Mohammad Reza Monazzam Esmail Pour, Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. E-mail: esmaelm@sina.tums.ac.ir

DOI: 10.21859/johe-02045

Received: 01.24.2016

Accepted: 04.08.2016

## Keywords:

Tire  
Whole-Body Vibrations  
Taxi  
Driver

## How to Cite this Article:

derakhshan Jazari M, Monazzam Esmail Pour MR, Hosseini SM. Influence of Tire Characteristics of Interurban Taxis on Exposure Level to Drivers Whole-Body Vibrations. J Occup Hyg. 2016;2(4):35-43. DOI: 10.21859/johe-02045

© 2016 Hamedan University of Medical Sciences.

## Abstract

**Introduction:** Taxi drivers' exposure to repeat whole-body vibrations can cause back pain and digestive disorders. Since this type of vibration depends on the car components, this study was carried out to determine the influence of tire characteristics on the amount of whole-body vibrations transmitted to the Peugeot 405 taxi drivers.

**Methods:** In this experimental study, vibration characteristics were measured according to the ISO2631-1 with each of the statuses: tubeless tires fixed and fluid in it (normal air or nitrogen) and also the fluid in the tires fixed with tubes or tubeless on asphalt-paved road. Other variables including tire pressure, engine speed, road gradient, number of passengers, springs, and shock absorbers were kept constant. Then the effect of changes was analyzed using an appropriate statistical test.

**Results:** After changing nitrogen to normal air and tubeless tires to tube, the average of RMS in Z-axis, eight-hour equivalent acceleration A(8) and crest factor were reduced ( $P < 0.05$ ). Also, A(8) reduced from health risk zone ( $> 0.9 \text{ m/s}^2$ ) to caution zone ( $0.45\text{-}0.9 \text{ m/s}^2$ ) with a value of  $0.8 \text{ m/s}^2$ .

**Conclusions:** The amount of vibration transmitted to the whole body is sensitive to existence of tubes and tires inflation so that we can reduce the amount of whole-body vibration to lower than the upper limit of the health risk by changing the characteristics of the tire.