فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ششم/ شماره اول/ بهار ۹۳/ صفحات ۳۶- ۲۹

بررسی تاثیر سیستم هیدرولیک فرمان خودرو بر کاهش ارتعاش منتقله به دست و بازوی رانندگان

حسن رجبی[۱]، فرهاد فروهر مجد[۲*]، عباسعلی رجبی[۳]، محمد زیندینی[٤]، یاسر جلیل‌پور[٥]

۱. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز رشد فناوری سلامت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد
۲. دکترای بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی تهران
٤. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان
٥. کارشناس بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد

تاریخ دریافت:۹۲/۰۱/۲۱ تاریخ پذیرش:۹۲/۰۸/۳۰

چکیده

مقدمه: ارتعاش بدن بویژه ارتعاش دست– بازو، یک فاکتور کلیدی در ایجاد عدم آسایش راننده است که می‌تواند مقدمه ایجاد بیماری‌های شغلی مرتبط و حوادث رانندگی باشد. در این مطالعه تاثیر سیستم هیدرولیک فرمان بر ارتعاشات منتقله به دست و بازوی راننده بررسی شده است.

روش بررسی: این مطالعه مقطعی به روش نمونه‌گیری آسان، در دو گروه خودروی کاملاً همسان (۱۵ خودرو با فرمان هیدرولیک و ۱۵ خودرو غیرهیدرولیک) انجام شد. اندازه‌گیری ارتعاش فرمان در سه محور و در سه حالت معین حرکت خودرو با استفاده از دستگاه ارتعاش‌سنج Bruel & Kjaer- 2231 انجام شد. نتایج با کمک نرم‌افزار SPSS و آزمون‌های تی و آنالیز واریانس دو طرفه تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: محور شتاب موثر برتر در دو نوع خودرو و در سه حالت اندازه‌گیری، محور Y به دست آمد. مقایسه نتایج با استاندارد ٤ ساعته نشان داد در تمامی موقعیت‌های اندازه‌گیری شده شتاب موثر (rms) کمتر از حدود مجاز مواجهه و حدود است (P<۰/۰۵) ولی در مقایسه با مقادیر استاندارد ۸ و ١٦ ساعته تعدادی از موقعیت‌ها بیش از حدود مجاز و مراقبت (P<۰/۰۵) و تعدادی نیز دارای اختلاف معنی‌داری نبودند(P≥۰/۰۵) آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد متغیرهای سیستم فرمان، سرعت و دنده، به تنهایی، همزمان و با اثر مشترک بر میزان ارتعاش منتقله به دست– بازوی راننده موثرند (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: برخلاف ارتعاش تمام بدن که محور برتر شتاب، محور Z است، در ارتعاشات فرمان، محور برتر ، محور Y می باشد و فرمان های هیدرولیک می‌توانند به نحو موثری از انتقال ارتعاشات را به دست و بازوی راننده جاوگیری کنند و در خودروهای فاقد فرمان هیدرولیک کاهش ساعات کار می‌تواند به عنوان یک ابزار مدیریتی مفید مد نظر قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: ارتعاش دست– بازو، فرمان خودرو، هیدرولیک

*نویسنده مسئول: دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، تلفن: ۷۹۲۲۷۱۸ -۰۳۱۱
پست الکترونیکی: forouhar@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-02-15]

مقدمه

امروزه پیشرفت فناوری و نیاز به افزایش بازده ماشین‌آلات ایجاب می‌کند که شرایط برای افزایش توان و سرعت ماشین فراهم شود و این امر باعث ایجاد حرکات زاید مکانیکی در اجزاء دستگاه شده و به صورت ارتعاش و صوت ظاهر می‌شود. هر فردی در زندگی روزمره خود از جمله هنگام استفاده از وسایط نقلیه در مواجهه با ارتعاشات گوناگون قرار می‌گیرد(۱،۲).

انرژی ارتعاشی در تماس مستقیم با اعضا و اندام‌ها می‌تواند در محدوده فرکانس‌هایی خاص، مخاطره‌آمیز باشد. انتقال انرژی مکانیکی از یک منبع مرتعش به بدن انسان می‌تواند به ترتیب باعث اختلال در راحتی و یا آسایش فرد، کاهش بازده و اختلال در اعمال فیزیولوژیک انسان گردد و در مواردی نیز می‌تواند منجر به ضایعات اسکلتی و برخی بیماری‌های مرتبط با آن شود(۵-۳).

ارتعاش دست- بازو نوعی ارتعاش موضعی است که اندام فوقانی را درگیر می‌سازد و پیامدهای آن شامل اختلالات عروقی، عصبی و اسکلتی- عضلانی است(٦،٧). از دیگر اثرات ارتعاش دست- بازو می‌توان به سر درد و خواب‌آلودگی اشاره کرد.(۸) در آمریکا بیش از ۷ میلیون نفر کارگر در معرض ارتعاش تمام بدن و یک میلیون نفر در معرض ارتعاش دست– بازو قرار دارند(۳). در ایران نیز تعداد بسیار زیادی از کارگران در معادن، صنایع و حرفه‌های مختلف با این معضل مواجه هستند(۳).

بیشتر سندروم‌های ارتعاش دست- بازو (HAVS) (Hand-arm vibration syndrome) توسط کارکنانی گزارش می‌شود که در مواجهه با ابزار دستی مرتعش هستند(۹،۱۰). رانندگان اتومبیل به صورت پیوسته با ارتعاش مواجهه دارند و وسایط نقلیه از طرق مختلف ارتعاش را به بدن راننده انتقال می‌دهند. فرمان خودرو یک عامل کلیدی و مهم برای کنترل وسیله نقلیه بوده و سیستمی موثر برای ارسال اطلاعات دینامیکی خودرو و جاده به راننده می‌باشد(۱۱،۱۲). فرمان وسایل نقلیه می‌تواند به میزان مخاطره‌آمیزی سطحی از ارتعاش را به اندام فوقانی انتشار دهد(۱۳). ارتعاش می‌تواند باعث ایجاد حساسیت و اختلال در گیرندهای لامسه در پوست دست شود(١٤). در طی زمان رانندگی دانسیته ارتعاش فرمان می‌تواند فرکانسی تا حدود ۳۵۰ هرتز را ایجاد کند(۱۵) ولی اغلب با نصب یک سیستم میرا، این فرکانس در محدوده ٦٠-١٠ هرتز قرار می‌گیرد(١٦). تایرهایی که سطح غیراستاندارد و غیر یکنواخت دارند و تایرهایی که بالانس نشده‌اند می‌توانند باعث ایجاد ارتعاشی در فرکانس ۲۰-۸ هرتز شوند(۱۷).

با اینکه انتقال ارتعاش به دست می‌تواند مشکلات زیادی را به وجود آورد ولی توجه کمی به این موضوع معطوف شده است(۱۸). از طرفی ارتعاش وسایل نقلیه باید به عنوان یک فاکتور کلیدی در ایجاد عدم آسایش راننده مورد توجه قرار گیرد(۱۹) که با طراحی مناسب ابزار و وسایل می‌توان ارتعاش دست- بازو را کنترل نمود(۱،۲۰)

این مطالعه با هدف بررسی تاثیر سیستم هیدرولیک فرمان وسیله نقلیه (یک نوع خودروی رایج در ایران که به عنوان تاکسی نیز استفاده می‌شود) بر کاهش انتقال ارتعاشات سیستم فرمان به دست و بازوی رانندگان انجام شد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع مطالعات مقطعی و بر روی یک مدل خودرو رایج در ایران، با سیستم فرمان هیدرولیک (A) و غیر هیدرولیک (B) در سال ۱۳۹۰ انجام شد. در معیارهای ورود خودروها در این مطالعه عوامل مخدوش‌کننده‌ای همچون، تصادف، کاربری خودرو (صرفاً شخصی)، تعداد سرنشین در هنگام اندازه‌گیری (ارزیاب و راننده خودرو) و نوع لاستیک مد نظر بود که این موارد به وسیله چک‌لیست بررسی شدند و سپس بالانس چرخ‌های جلوی خودرو نیز کنترل شد (بالانس

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-02-15]

چرخ به صورت رو کار و در محل نمایندگی خودرو بررسی شد). خودروهایی در این مطالعه وارد شدند که کارکرد آنها (مسافت طی شده تا تاریخ انجام مطالعه) کمتر از ۱۰ هزار کیلومتر بود.

قبل از نمونه‌گیری یک مسیر اتوبان برون‌شهری جهت اندازه‌گیری ارتعاش خودروها بررسی و انتخاب شد. با مساعدت نمایندگی مجاز شرکت سازنده، نمونه‌گیری خودروها به روش نمونه‌گیری آسان انجام شد و حجم نمونه (با ضریب اطمینان ۹۵٪ و ضریب توان آزمون ۸۰٪)، حداقل ۷۷ نمونه ارتعاش به دست آمد.

جهت اندازه‌گیری از دستگاه ارتعاش‌سنج مدل ۲۲۳۱ Bruel & Kjaer استفاده شد و سنسور ارتعاش مطابق توصیه استاندارد ISO 5349 و در قاب هولدر مربوطه و در لای انگشتان راننده، بر روی فرمان خودرو نصب گردید(۲۱،۲۲) تمامی اندازه‌گیری‌ها در شرایط جوی یکسان انجام شد و قبل از انجام نمونه‌گیری، میزان فشار استاتیک لاستیک خودرو توسط فشارسنج استاندارد بر روی ۳۰ psi (میزان فشار توصیه شده توسط شرکت سازنده خودرو) کنترل و تنظیم شد. نحوه چنگش فرمان به رانندگان آموزش داده شد و در تمام آزمایشات یکسان اعمال شد.

با توجه به اینکه هدف این مطالعه مقایسه متغیر در دو گروه مستقل بود و همچنین بر اساس بیشترین استفاده از دنده‌ها و سرعت‌ها در حین رانندگی، سه حالت مشخص برای اندازه‌گیری ارتعاش تمامی خودروها تعیین شد تا بتوان حداکثر هماهنگی و یکسان‌سازی شرایط مطالعه را برای تمامی خودروها ایجاد نمود. برای این منظور، متغییرهای سرعت، دنده خودرو و جاده تحت کنترل قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری ارتعاش در حالت ۱ در سرعت ۸۰ کیلومتر در ساعت، از دنده سه خودرو، در لاین منتهی‌الیه سمت راست اتوبان (بعد از کیلومتر ۱ اتوبان به مسافت ۲ کیلومتر) استفاده شد و مقادیر ارتعاش به صورت اتوماتیک در حافظه دستگاه ثبت شد. برای حالت۲، اندازه‌گیری ارتعاش در سرعت ۱۰۰ کیلومتر در ساعت، از دنده ٤ خودرو، در لاین میانی (بعد از کیلومتر ٤ اتوبان، به مسافت ۲ کیلومتر) استفاده گردید. همچنین در حالت ۳ برای اندازه‌گیری ارتعاش در سرعت ۱۲۰ کیلومتر در ساعت، از دنده ۵ خودرو، در لاین سوم منتهی‌الیه سمت چپ (بعد از کیلومتر ۷ اتوبان، به مسافت ۲ کیلومتر) استفاده شده و برای هر سه حالت فوق، مقادیر مختلف از جمله، میانگین شتاب در سه محور (X,Y,Z)، به وسیله دستگاه ارتعاش‌سنج، اندازه‌گیری و ثبت گردید.

بعد از گردآوری اطلاعات، بر اساس استاندارد ISO-5349 و OEL، مقادیر شتاب موثر rms در ۱۸ موقعیت به صورت جداگانه محاسبه شد(۲۱،۲۲) و به وسیله نرم‌افزار $SPSS_{11.5}$ و با استفاده از آمار توصیفی، آزمون تی (One sample T-Test) و آنالیز واریانس دو طرفه نتایج تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار کارکرد خودروهای با فرمان هیدرولیک ۱۷۱۳± ٥٤٦٠ کیلومتر و برای خودروهای غیرهیدرولیک ۲۱۳۲ ± ٦١١٢ کیلومتر بود و اختلاف میانگین‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود($p>۰/۰۵$).

بر اساس نتایج آزمون تی مستقل(جدول ۱) شتاب موثر در دو نوع خودرو هیدرولیک (A) و غیرهیدرولیک (B) در سه حالت مختلف و در ۳ محور (X,Y,Z) اختلاف معنی‌داری با هم دارند. همچنین در دو نوع خودرو در هر سه حالت مختلف بیشترین شتاب اندازه‌گیری شده در بین محورها، مربوط به محور Y می‌باشد(جدول ۱). بیشترین تغییرات میانگین شتاب ارتعاشی در محور Y و در حالت سوم (در سرعت ۱۲۰ کیلومتر در ساعت و دنده ۵) مشاهده می‌شود ($P<۰/۰۵$).

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-02-15]

جدول ۱- نتایج آزمون تی مستقل و میانگین و انحراف معیار شتاب مؤثر (rms) دو نوع خودرو

حالات اندازه‌گیری	شتاب مؤثر در محور x (انحراف معیار± میانگین)	شتاب مؤثر در محور y (انحراف معیار± میانگین)	شتاب مؤثر در محور z (انحراف معیار± میانگین)
حالت۱ خودروی A	۰/۱۸ ±۰/۰۶	۰/۴۳ ±۰/۰۲	۰/۱۵ ±۰/۰۱
حالت۱ خودروی B	۰/۳۳ ±۰/۰۴	۰/۵۵ ±۰/۰۴	۰/۳۶ ±۰/۰۴
سطح معناداری تی مستقل	P<۰/۰۵	P<۰/۰۵	P<۰/۰۵
حالت۲ خودروی A	۰/۳۳ ±۰/۰۱	۰/ ۷۵±۰/۰۵	۰/ ۲۱±۰/۰۲
حالت۲ خودروی B	۰/۴۸ ±۰/۰۹	۰/۸۶ ±۰/۰۸	۰/۳۸ ±۰/۰۳
سطح معناداری تی مستقل	P<۰/۰۵	P<۰/۰۵	P<۰/۰۵
حالت۳ خودروی A	۰/۳۹ ±۰/۰۲	۰/۷۹ ±۰/۰۶	۰/ ۳۱±۰/۰۲
حالت۳خودروی B	۰/۴۵ ±۰/۰۳	۱/۲۶ ±۰/۰۲	۰/۵۳ ±۰/۰۴
سطح معناداری تی مستقل	P<۰/۰۵	P<۰/۰۵	P<۰/۰۵

فرمان هیدرولیک (A)، غیر هیدرولیک (B)

حالت ۱: حرکت با دنده ۳، سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت حالت ۲: حرکت با دنده ٤، سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت

حالت۳: حرکت با دنده ٥، سرعت ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت

برای مقایسه میانگین ارتعاش منتقله به دست و بازوی راننده (شتاب موثر) با حدود مجاز مواجهه (۲۱) و حدود مراقبت در طی زمان‌های ٤، ۸ و ١٦ ساعته از آزمون میانگین یک جامعه با اعداد استاندارد (One Sample T-Test) استفاده شد. در مجموع بررسی و اندازه‌گیری شتاب ارتعاشی خودروها در ۱۸ موقعیت متفاوت مطابق جدول ۲ انجام شد. نتایج حاکی از آن است که در تمام حالات‌های اندازه‌گیری شده در دو نوع خودرو کمترین فاصله از مقدار استاندارد مواجهه مربوط به محور Y می‌باشد.

نتایج اندازه‌گیری ارتعاش با دو استاندارد حد مجاز مواجهه و حد مراقبت برای ساعات کار ٤، ۸ و ١٦ ساعت در روز مقایسه شد، نتایج آزمون تی نشان داد که میانگین مقادیر شتاب موثر اندازه‌گیری شده در ۱۸ موقعیت مختلف برای اشتغال به کار ٤ ساعته، در مقایسه با حد مجاز مواجهه و حد مراقبت، دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند و کمتر از حدود استاندارد OEL هستند.

همچنین آزمون تی برای ۸ ساعت کار روزانه و مقایسه میانگین مقادیر شتاب موثر با حد مراقبت نشان داد که در ٦ موقعیت اندازه‌گیری ارتعاش، مقادیر بیش از حد استاندارد مراقبت هستند و با استاندارد مذکور دارای اختلاف معنی‌داری هستند ولی در ۷ موقعیت دیگر (مطابق جدول ۲) اختلاف آنها معنی‌دار نیست و در ٥ موقعیت دیگر مقادیر کمتر از حد استاندارد مراقبت هستند(P<۰/۰۵).

آزمون تی در مورد حد مجاز مواجهه روزانه نشان می‌دهد تنها در خودروهای غیر هیدرولیک و در حالت سوم و تنها در محور Y میانگین مقادیر شتاب موثر از استاندارد مذکور بیشتر است و دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد و در ۱۳ موقعیت دیگر میانگین تمامی مقادیر شتاب موثر از استاندرد مجاز مواجهه برای ۸ ساعت کار روزانه کمتر است(P<۰/۰۵) و در ٤ موقعیت دیگر از نظر آماری با استاندارد اختلاف معنی‌داری ندارند.

آزمون تی برای ١٦ ساعت کار روزانه نشان می‌دهد که میانگین شتاب موثر فقط در دو موقعیت کمتر از حد استاندارد مراقبت است (A_1Z و A_2Z) و در ٥ موقعیت دیگر با استاندارد مراقبت اختلاف معنی ندارد. در مقایسه ١٦ ساعته مواجهه با حد مجاز، نتایج بیان

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-02-15]

می‌کنند که تنها ۳ موقعیت بیش از حد مجاز هستند (A_2Y، A_3Y و B_2Y). مطابق جدول ۲ سه موقعیت با استاندارد مذکور دارای اختلاف معنی‌داری نیستند و بقیه موارد از نظر آماری کمتر از حد مجاز ۱۶ ساعته می‌باشند(P<۰/۰۵).

جدول۲ – نتایج آزمون اختلاف میانگین شتاب موثر (rms) با مقادیر استاندارد حدود مجاز و حدود مراقبت بر اساس ساعات کار

متغیر اندازه‌گیری شده	سطوح P.value بر اساس استاندارد حدود مراقبت و ساعات کار			سطوح P.value بر اساس استاندارد حدود مجاز مواجهه و ساعات کار		
	٤ h	٨ h	١٦ h	٤ h	٨ h	١٦ h
	١/٧٥ m/s^2	٠/٤٢ m/s^2	٠/٣٠ m/s^2	٢/٩ m/s^2	٠/٧ m/s^2	٠/٥ m/s^2
A_1X	* P<٠/٠٥	*P<٠/٠٥	N	*P< ٠/٠٠١	*P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٥
A_1Y	*P<٠/٠٥	N	**P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٠١	*P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٥
A_1Z	*P<٠/٠٥	*P<٠/٠٥	*P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٠١	*P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٥
A_2X	*P<٠/٠٥	*P< ٠/٠٥	**P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٠١	*P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٥
A_2Y	*P<٠/٠٥	**P<٠/٠٥	**P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٠١	N	**P< ٠/٠٥
A_2Z	*P<٠/٠٥	*P<٠/٠٥	*P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٠١	*P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٥
A_3X	*P<٠/٠٥	N	**P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٠١	*P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٥
A_3Y	*P<٠/٠٥	**P<٠/٠٥	**P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٠١	N	**P< ٠/٠٥
A_3Z	*P<٠/٠٥	*P< ٠/٠٥	N	*P< ٠/٠٠١	*P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٥
B_1X	*P<٠/٠٥	N	N	*P< ٠/٠٠١	*P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٥
B_1Y	*P<٠/٠٥	**P< ٠/٠٥	**P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٠١	*P< ٠/٠٥	N
B_1Z	*P<٠/٠٥	N	N	*P< ٠/٠٠١	*P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٥
B_2X	*P<٠/٠٥	N	N	*P< ٠/٠٠١	N	N
B_2Y	*P<٠/٠٥	**P< ٠/٠٥	**P< ٠/٠٥	*P = ٠/٠٠١	N	**P< ٠/٠٥
B_2Z	*P<٠/٠٥	N	**P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٠١	*P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٥
B_3X	*P<٠/٠٥	N	**P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٠١	*P< ٠/٠٥	N
B_3Y	*P<٠/٠٥	**P< ٠/٠٥	**P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٠١	**P< ٠/٠٥	**P< ٠/٠٥
B_3Z	*P<٠/٠٥	**P< ٠/٠٥	**P< ٠/٠٥	*P< ٠/٠٠١	*P< ٠/٠٥	N

- فرمان هیدرولیک (A) ، غیر هیدرولیک (B)
- ۱، ۲و ۳ سه حالت تعریف شده حرکت خودرو :

حالت ۱: حرکت با دنده ۳، سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت حالت ۲: حرکت با دنده ٤، سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت

حالت۳: حرکت با دنده ٥، سرعت ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت

- X,Y,Z محور های اندازه‌گیری ارتعاش
- * :کمتر از حد استاندارد (حدود مجاز یا مراقبت.)
- **: بیشتر از حد استاندارد (حدود مجاز یا مراقبت).
- N : p.value ≥۰ /۰٥ : مقادیر اندازه گیری شده با استاندارد اختلاف معناداری ندارند

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-02-15]

برای تعیین اثرات سیستم هیدرولیک و غیرهیدرولیک و حالت‌های مختلف اندازه‌گیری شتاب موثر که در آن سرعت و دنده نیز موثر بود، از آزمون آنالیز واریانس دو طرفه استفاده شد. نتایج نشان داد که سیستم هیدرولیک فرمان (داشتن یا نداشتن فرمان هیدرولیک) به تنهایی می‌تواند بر میزان ارتعاش انتقال یافته به دست- بازو موثر باشد و همچنین حالت‌های مختلف حرکت خودرو نیز به تنهایی می‌توانند بر میزان ارتعاش منتقله به دست- بازو موثر باشند($p<۰/۰۵$). برای تعیین اثر همزمان و اثر مشترک دو متغیر، نتایج آزمون واریانس دو طرفه نشان داد که اثر همزمان و مشترک این دو عامل بر انتقال یا میرایی ارتعاشات فرمان معنی‌دار است و می‌توانند به صورت مستقیم بر کاهش یا افزایش ارتعاش فرمان، موثر باشند($p<۰/۰۵$).

بحث

با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری شتاب ارتعاشی فرمان در دو گروه خودرو با سیستم فرمان هیدرولیک و غیرهیدرولیک و در سه حالت تعریف شده در ۱۸ موقعیت مندرج در جداول ۱ و ۲ بیشترین مقادیر شتاب موثر مربوط به محور Y در تمامی حالات می‌باشد. از طرفی بر اساس مطالعه Paddan، مهمترین جهت ورود ارتعاش به تمام بدن محور z است(۲۳). این موضوع نشان می‌دهد که محور برتر انتقال ارتعاش به تمام بدن و دست- بازو (Hand-Arm) می‌تواند در وسایل نقلیه متفاوت باشد و جهت اقدامات فنی و مهندسی کنترل ارتعاش باید هر دو محور مدنظر قرار گیرند. Funakoshi و همکارانش در اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن رانندگان تاکسی نشان دادند که اکثریت مقادیر شتاب‌های اندازه‌گیری شده تاکسی‌ها در منطقه ریسک بالقوه سلامتی قرار دارد(۲٤).

Kumar و همکارانش در مطالعه‌ای شدت ارتعاشات تراکتور و سلامت رانندگان را بررسی کردند. ایشان نشان دادند که مقادیر شتاب ارتعاش بالاتر از منطقه هشدار سلامتی می‌باشد(۲۵) نتایج این مطالعه نشان می‌دهد مقادیر شتاب موثر اندازه‌گیری شده در دو گروه خودرو با در نظر گرفتن نوع استاندارد (حد مجاز یا مراقبت) و ساعات کار (٤ و ۸ و ۱٦ ساعت در روز) می‌تواند در محدوده ریسک بالقوه باشد.

همانگونه که در جدول ۲ آمده است در ۱۸ موقعیت اندازه‌گیری، در صورت مواجهه ٤ ساعته، تمامی مقادیر شتاب موثر کمتر از حد مجاز مواجهه ارتعاش دست-بازو (بر اساس توصیه OEL) می‌باشند. ولی هر چقدر ساعات کار زیادتر شود تعداد بیشتری از موقعیت‌ها به حدود مقادیر استاندارد نزدیک شده و یا از آنها فراتر می‌رود. با این حال، این احتمال وجود داردکه با وجود اینکه ارتعاشات منتقله از فرمان به دست- بازو و در بعضی موقعیت‌های این مطالعه در محدوده استاندارد مواجهه قرار داشته باشند ولی ارتعاش به تمام بدن در محدوده خطر قرار بگیرد.

بر اساس جدول ۲ و ۱۸ موقعیت بررسی شده و همچنین بر اساس نتایج حاصل از آزمون واریانس دو طرفه می‌توان گفت که تغییرات همزمان سرعت و دنده خودور (حالات اندازه‌گیری) هر کدام به تنهایی می‌تواند بر میزان تولید و انتقال ارتعاش به فرمان و دست و بازوی راننده موثر باشند و همچنین داشتن یا نداشتن سیستم هیدرولیک فرمان نیز بر انتقال ارتعاش موثر می‌باشد و کنترل هر کدام از متغیرهای فوق به تنهایی می‌تواند ارتعاش منتقله به فرمان و دست و بازوی رانندگان را کنترل نماید.

همچنین آنالیز واریانس دو طرفه نشان می‌دهد که این دو عامل اثر افزاینده داشته و همزمان افزایش سرعت و دنده وسیله نقلیه و نداشتن سیستم هیدرولیک فرمان باعث افزایش ارتعاش فرمان و انتقال آن به دست و بازوی راننده خواهد شد.

با توجه به این که عوامل مخدوش‌کننده در چنین مطالعاتی بسیار زیاد هستند، برای انتخاب نمونه‌های کاملاً همسان و کنترل عوامل مخدوش‌کننده انرژی و هزینه

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-02-15]

زیادی صرف شد ولی با این وجود کنترل کامل عوامل مخدوشگر در این نوع مطالعات غیرممکن است، لذا در صورت ایجاد محیط شبیه‌سازی شده آزمایشگاهی و با در اختیار داشتن دو سیستم فرمان آزمایشگاهی و کنترل قدرت چنگش یکسان فرمان می‌توان نتایج بهتری را به دست آورد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان گفت کاهش ساعات کار، عدم استفاده از سرعت‌های بالا در حین رانندگی و طراحی مناسب سیستم تعلیق خودرو و طراحی سیستم فرمان و ایزولاسیون ارتعاشی موتور بر روی شاسی خودرو، می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای از میزان ارتعاش تمام اجزاء خودرو به ویژه سیستم کنترل فرمان بکاهد. همچنین خودروهای دارای سیستم فرمان هیدرولیک نسبت به خودروهای همتراز خود با فرمان معمولی، به صورت معنی‌داری، شتاب منتقله به دست- بازو را در تمام محورها به ویژه در محور Y کاهش می‌دهند که خود می‌تواند کاهش خستگی راننده را در زمان رانندگی طولانی در پی داشته باشد و به دنبال آن میزان خستگی ناشی از ارتعاش راننده کاهش یافته و در نتیجه می‌تواند باعث کاهش حوادث و تصادفات مرتبط با خستگی راننده شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان که هزینه‌های مالی این مطالعه را تامین نمودند و همچنین از تمامی شرکت‌کنندگان و رانندگانی که در انجام این تحقیق همکاری داشتند تشکر و قدردانی نمایند. این مطالعه حاصل طرح تحقیقاتی شماره ۲۸۹۲۸۲ است که توسط معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان تصویب شده است.

منابع

1. Aghilinejad M, Farshad AA, Mostafaei M, Ghafari M. Occupational medicine practice. 3nd ed. Tehran, Iran: Arjomand Publication; 2007, 32-40.
2. Marcotte P, Ouellette S, Boutin J, LeBlanc G, Blood R, Rynell P, et al., editors. Session IV: Whole Body Vibration Risk Assessment I. American Conference on Human Vibration; 2012.
3. Golmohammadi R. Noise and Vibration Engineering. 3nd ed. Hamadan, Iran: Daneshjoo Publication; 2006, 368-421.
4. Karami M. Safety and Health in Occupation. 1nd ed. Tehran, Iran: Omidmehr Publication; 2009: 383-46
5. Bovenzi M. Health effects of mechanical vibration. G Ital Med Lav Ergon. 2005; 27(1): 58-64.
6. Pourabdian S, Habibi E, Rismanchaian M. Effect of anti vibration handel use on hand grinding machine vibration. Health System research. 2010; 6(1): 124-32.
7. Fallon JB, Macefield VG. Vibration sensitivity of human muscle spindles and Golgi tendon organs. Muscle & nerve. 2007; 36(1): 21-9.
8. Stanton N. Handbook of human factors and ergonomics methods. Boca Raton: CRC Press; 2005.
9. Barregard L, Ehrenström L, Marcus K. Hand-arm vibration syndrome in Swedish car mechanics. Occupational and environmental medicine. 2003;60(4): 287-94.
10. Vergara M, Sancho J-L, Rodríguez P, Pérez-González A. Hand-transmitted vibration in power tools: Accomplishment of standards and users' perception. International Journal of Industrial Ergonomics. 2008; 38(9): 652-60.
11. Pak CH, Lee US, Hong SC, Song SK, Kim JH, Kim KS. A study on the tangential vibration of the steering wheel of passenger car. Society of Automotive Engineers Paper. 1991: 961-8.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-02-15]

12. Giacomin J, Gnanasekaran S. Driver estimation of steering wheel vibration intensity: questionnaire-based survey. Engineering Integrity. 2005;18(1): 23-9.
13. Burstrom L, Olofsson B. Hand-armvibrationer iterra¨ngga endefordon. Arbetslivsrapport. 2001;4: 1-11.
14. Gescheider GA, Bolanowski SJ, Verrillo RT. Some characteristics of tactile channels. Behavioural Brain Research. 2004;148: 35-40.
15. Giacomin J, Shayaa MS, Dormegnie E, Richard L. Frequency weighting for the evaluation of steering wheel rotational vibration. International Journal of Industrial Ergonomics. 2004; 33: 527-41.
16. Fujikawa K. Analysis of steering column vibration. . Motion and Control. 1998; 4: 37-41.
17. Ajovalasit M, Giacomin J. Analysis of variations in diesel engine idle vibration. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. 2003; 217(10): 921-33.
18. Dewangan K, Tewari V. Characteristics of hand-transmitted vibration of a hand tractor used in three operational modes. International Journal of Industrial Ergonomics. 2009; 39(1): 239-45.
19. Funakoshi M, Taoda K, Tsujimura H, Nishiyama K. Measurement of whole-body vibration in taxi drivers. Journal of Occupational Health. 2004; 46(2): 119-24.
20. De Silva CW. Vibration damping, control, and design: CRC Press; 2007.
21. Occupation & Environment Health Center of Iran. Guide Line: Occupational Exposure Limits (OEL), 2012; 123-30.
22. ISO 5349: Mechanical vibration– guidelines for the measurements and assessment of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 1: General requirements. International Standard Organization,Geneva 1986.
23. Paddan G, Griffin M. Evaluation of whole-body vibration in vehicles. Journal of Sound and Vibration. 2002; 253(1): 195-213.
24. Funakoshi M, Taoda K, Tsujimura H, Nishiyama K. Measurement of whole-body vibration in taxi drivers. Journal of Occupational Health. 2004; 46(2): 119-24
25. 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.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-02-15]