بررسی اثر ارتعاش تمام بدن (WBV) بر آسایش، ضربان قلب و زمان عکس‌العمل در مردان ۲۰ تا ۳۰ سال

محمدرضا منظم اسماعیل پور [۱]، اسماعیل شجاع*[۲]، سید ابوالفضل ذاکریان [۳]، عباس رحیمی فروشانی [۴]، معصومه قرائی [۵]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۱۱ تاریخ ویرایش: ۹۷/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۱۷

چکیده

زمینه و هدف: ارتعاش عاملی است که می‌تواند موجب کاهش آسایش و برخی تاثیرات فیزیولوژیک بر انسان در محیط‌های صنعتی و یا در وسایل نقلیه شود. این مطالعه با هدف بررسی اثر ارتعاش تمام بدن بر میزان ناراحتی، ضربان قلب و زمان عکس‌العمل مردان ۲۰ تا ۳۰ سال در یک محیط آزمایشگاهی انجام شده است.

روش بررسی: در این پژوهش ۴۰ نفر از دانشجویان پسر دانشگاه علوم پزشکی تهران با میانگین سنی ۱/۷± ۲۶/۲ سال شرکت داشتند. هریک از شرکت‌کنندگان در ۴ مرحله آزمایش هرکدام به مدت بیست دقیقه برای چهار حالت شتاب ارتعاش در سه محور x ، y و z بافرکانس ۳ تا ۷ هرتز شامل حالت‌های شتاب ارتعاش صفر (بدون ارتعاش)، شتاب ارتعاش ۰/۵۶ m/s^2 (ارتعاش کم)، شتاب ارتعاش ۰/۹ m/s^2(ارتعاش متوسط) و شتاب ارتعاش ۱/۲۵ m/s^2 (ارتعاش زیاد) تحت مطالعه قرار گرفتند. در هر مرحله یک تست زمان عکس‌العمل بصری کامپیوتری از افراد گرفته شد و زمان عکس‌العمل آن‌ها برای انجام تست ثبت شده و ضربان قلب آن‌ها نیز با استفاده از دستگاه پالس اکسیمتر ثبت شد. همچنین در پایان هر مرحله ۱۵ دقیقه استراحت به افراد داده شد که در این مدت میزان عدم راحتی آن‌ها از شرایط آزمایش با استفاده از مقیاس بورگ نرخ گذاری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که وجود ارتعاش تمام بدن و همچنین افزایش شتاب ارتعاش، باعث افزایش معنی‌دار ($p<۰/۰۰۱$) میزان ناراحتی افراد شد. ضربان قلب افراد تحت مطالعه نیز ارتباط مستقیمی با افزایش شتاب ارتعاش تمام بدن داشته و با افزایش شتاب ارتعاش، ضربان قلب نیز افزایش پیدا کرد. همچنین زمان عکس‌العمل نیز با افزایش شتاب ارتعاش به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۰۱$) افزایش پیدا کرد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج، ارتعاش تمام بدن فاکتوری مؤثر بر عملکردهای ذهنی و فیزیولوژیک انسان می‌باشد. از اینرو کنترل میزان ارتعاش وارد شده به فرد در محیط‌های مرتعش، نقش مهمی در کاهش میزان ناراحتی انسان و همچنین کاهش زمان عکس‌العمل در فعالیت‌های حساس و سریع انسان دارد و درنتیجه باعث افزایش بهره‌وری فرد خواهد شد.

کلیدواژه‌ها: ناراحتی، ارتعاش تمام بدن، زمان عکس‌العمل، ضربان قلب.

مقدمه

هر فرد در زندگی معمول روزمره خود ازجمله هنگام سوار شدن به اتوبوس، قطار و... در مواجهه با ارتعاشات گوناگونی قرار می‌گیرد همچنان که مواجهه‌های شغلی با ارتعاش همانند مواجه اپراتورها در اتاق‌های کنترل مجتمع‌های ذوب‌آهن و ریخته‌گری، ژنراتورهای نیروگاه‌ها و... رو به افزایش است [۱]. هر جسمی که حرکت می‌کند ارتعاش هم ایجاد می‌کند این حالت به‌ویژه در مورد حمل‌ونقل صادق است. همه سرنشینان خودروها اعم از اتومبیل، کامیون، قطار، هواپیما، قایق و موتورسیکلت تا حدودی در معرض ارتعاش قرار دارند [۲،۳]. وقتی ارتعاش به بدن انسان منتقل می‌شود ممکن است برحسب وضعیت اندام (ایستاده یا نشسته) و فرکانس ارتعاش، تشدید یا تضعیف شود. طبق آمار موجود بیشتر کارگران و متصدیان وسایل نقلیه در معرض تماس وسایل مرتعش کننده تمام بدن هستند. رانندگان اتوبوس، کامیون، متصدیان وسایل نقلیه سنگین مثل رانندگان تراکتور و بولدوزر، خلبانان هلیکوپتر، معدنچیان در مواجهه طولانی ارتعاش تمام بدن و آسیب‌های ناشی از آن می‌باشند [۴]. ارتعاش تمام بدن در فرکانس پایین و شدت متوسط (در ناحیه ۲ تا ۲۰ هرتز و در شدت‌های ۰/۱ تا ۲m/s^2) سبب بروز

۱- استاد، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) مربی، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی اسفراین، اسفراین، ایران. e.shoja@nkums.ac.ir

۳- دانشیار، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۴- استاد، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۵- کارشناس ارشد اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، ایران.

واکنش‌های عمومی قلبی–ریوی (مانند علائمی که در انجام یک کار متوسط ایجاد می‌گردد) می‌گردد که با تغییرات افزایشی در میزان تنفس، ضربان قلب، برون‌دهی قلب، تهویه ریوی و جذب اکسیژن همراه می‌باشد. فشارخون نیز ممکن است افزایش کم تا متوسط نشان دهد که البته واکنش‌ها متغیر خواهد بود. اصولاً این‌گونه تغییرات را می‌توان به افزایش متابولیسم بدن که ناشی از بالا رفتن فعالیت عضلانی است منسوب دانست [۵،۶]. در برخی موارد ارتعاش نسبتاً قوی وارد بر تمام بدن در محور قائم (محور z) در فرد نشسته می‌تواند موجب افزایش تهویه ریوی گردد که بعضاً همراه با علائم کاهش خون است به نظر نمی‌رسد که افزایش تهویه ریوی از طریق نیروهای نوسانی تهویه ریه‌ها بوده باشد اما احتمالاً در اثر تحریک وسیع گیرنده‌های مکانیکی بدن در ریه‌ها و راه‌های ریوی می‌باشد [۷]. تغییرات متنوع در تشکیل‌دهنده‌های سلولی و بیوشیمیایی ادرار و خون در حیوانات و در انسان در اثر ارتعاشات متوسط یا شدید تمام بدن مشاهده شده است که معمولاً این تغییرات به‌عنوان اثرات غیراختصاصی ارتعاش مکانیکی به‌عنوان یک استرسور شناخته می‌شوند [۸]. برخی تغییرات هورمونی شامل تغییرات مورفولوژیکی در غدد آندوکرین (مترشحه داخلی) به صورت تجربی در حیواناتی که در معرض ارتعاش به مدت طولانی بوده‌اند مشاهده شده که باعث بروز واکنش‌های متمرکز استرسی می‌گردد به‌علاوه ممکن است صدمات ارتعاشی حاد شامل کوفتگی و سایش اعضاء داخلی و بافت با اثرات فیزیولوژیکی یا پاتولوژیکی نیز ظاهر گردد [۹،۱۰]. ارتعاشات تمام بدن با شدت متوسط در فرکانس پایین (۱ تا ۲ هرتز) می‌تواند در افراد آرامش‌بخش و خواب‌آور باشد ولی فرکانس‌های بالاتر با شدت بیشتر تحریک‌کننده است. ارتعاش‌های فرکانس پایین (۳ تا ۶ هرتز) می‌توانند باعث به ارتعاش درآمدن دیافراگم در ناحیه سینه گردیده و بروز احساس تهوع نمایند [۱۱]. رزونانس مشابه برای سر و گردن و شانه‌ها در فرکانس ۲۰–۳۰ هرتز قابل‌توجه بوده و کره چشم فرکانس رزونانسی معادل ۶۰ الی ۹۰ هرتز دارد. ارتعاشات علاوه بر اثرات فیزیولوژیکی در ایجاد اثرات روانی ازجمله کاهش تمرکز و در پی آن افزایش میزان ناراحتی، تأثیر بسزایی دارند [۱۲،۱۳].

ارتعاش شدید تمام بدن می‌تواند باعث بروز درد و صدمه گردد، اثرات ضربه‌ای حاد که بستگی به فرکانس، شدت و جهت و مسیر ورود ارتعاش دارد. بخصوص هنگامی‌که ارتعاش در فرکانس‌های مربوط به تشدید عضو یا سیستم علی‌الخصوص به فرد بدون حفاظ وارد آید، ظاهر می‌گردد. تماس طولانی و تکراری فرد با ارتعاش نسبتاً شدید در سطحی که اکثراً تخریبی سریع نداشته باشد می‌تواند در بعضی حرفه‌ها و مشاغل برای سلامتی زیان‌آور باشد [۱۳]. ارتعاش شدید و حرکت نوسانی فرد می‌تواند باعث کاهش راندمان کاری گردیده یا انجام رضایت‌بخش کار را از هر دو طریق مکانیسم‌های مرکزی یا محیطی مشکل‌تر نماید. اختلال در انجام کار توسط نوسانات و ارتعاش استرس‌زا، خسته‌کننده و گاهی خطرناک است. [۱۴] ازنظر محیطی ارتعاش از طریق تأثیر بر دقت دید و دقت در کار با ابزار یا وسایل کنترل، مانع انجام یا ایجاد اختلال در کار فرد می‌گردد. چنین اثراتی دقیقاً بستگی به فرکانس داشته و در ارتباط با پدیده تشدید در جسم به ارتعاش درآمده می‌باشد. در برخی کارها بخصوص آن‌هایی که احتیاج به همکاری و هماهنگی دقیق دست و چشم دارد، مهارت و دقت در انجام کار ممکن است در خلال مواجهه با ارتعاش متوسط باعث کاهش سرعت گردد [۱۵،۱۶].

با توجه به اهمیت این موضوع و علیرغم تحقیقاتی که بر روی اثرات ناشی از ارتعاش بر روی جنبه‌های مختلف عملکرد انسان صورت گرفته است، هنوز تحقیقات قابل‌توجهی در زمینه اثرات این عامل بر جنبه‌های ذهنی و شناختی انسان ازجمله عدم آسایش و زمان عکس‌العمل و ... صورت نگرفته است. لذا این تحقیق با هدف بررسی اثرات ارتعاش تمام بدن بر شاخص عدم راحتی (Discomfort)، زمان عکس‌العمل و همچنین ضربان قلب انسان در یک محیط شبیه

سازی شده آزمایشگاهی انجام شد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع مداخله‌ای می‌باشد که به‌منظور بررسی اثر ارتعاش تمام بدن بر میزان ناراحتی (Discomfort)، ضربان قلب و زمان عکس‌العمل انسان در آزمایشگاه ارتعاش دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شد. جمعیت تحت مطالعه دانشجویان پسر ۲۰ تا ۳۰ سال بودند که در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران در حال تحصیل بودند. تمام افراد تحت مطالعه شرایط ورود به مطالعه ازجمله: جنس مذکر، سن ۳۰-۲۰ سال،BMI (شاخص توده بدنی) ۲۴/۵- ۱۸/۵، عدم مصرف سیگار، عدم استفاده از داروهای محرک، عدم سابقه اختلال اسکلتی- عضلانی، عدم ابتلا به بیماری قلبی عروقی، بیماری روانی و اختلال خواب را دارا بودند. این موارد از طریق چک لیستی که توسط خود افراد پر شد مشخص شده و افرادی که شرایط فوق را نداشته و یا دچار یکی از اختلالات و بیماری‌های ذکر شده بودند از پژوهش خارج شدند.

هدف اصلی در این مطالعه، سنجش میزان ناراحتی در حالت‌های مختلف شدت ارتعاش تمام بدن بود؛ بنابراین با توجه به مقدار انحراف معیار نمره ناراحتی با اطمینان ۹۵٪ تعداد نمونه برابر با ۴۰ نفر تعیین شد و این تعداد در ۴ حالت مختلف آزمایش، مورد مطالعه قرار گرفتند. روش نمونه‌گیری به صورت نمونه‌گیری در دسترس از میان جامعه پژوهش انجام شد و ۴۰ نفر از کسانی که دارای شرایط ورود به مطالعه بودند، برای انجام آزمایش انتخاب شدند. در این مطالعه افراد آزمودنی در محورهای x، y و z در چهار شتاب مؤثر صفر، ۰/۵۶، ۰/۹ و ۱/۲۵ متر بر مجذور ثانیه قرار گرفتند. این مقادیر مختلف شتاب مؤثر که در این پژوهش مورداستفاده قرار گرفتند بر اساس استاندارد ISO 2631 به ترتیب مقادیر مجاز شتاب مؤثر برای ۸،۴ و ۲/۵ ساعت مواجهه در فرکانس ۵ هرتز برای مرز کاهش مهارت در اثر خستگی می باشند. اگرچه استاندارد جهانی (ISO 2631) فرکانس مناسب برای پوسچرهای نشسته، ایستاده و خمیده را برای انسان در محیط‌های مختلف، ۰/۵ تا ۸۰ هرتز ارزیابی نموده است. وقتی جسمی در بسامد تشدید خود ارتعاش می‌کند، دامنه ارتعاش آن حداکثر می‌شود که از دامنه ارتعاش اولیه جسم بزرگتر است. فرکانس تشدید بیشترین نقش تخریب را در جسم مرتعش ایفا می‌کند و این حالت ارتعاش بیشتر در ناحیه فرکانس ۵ هرتز اتفاق می افتد. در این مطالعه نیز فرکانس انتخاب شده ناحیه فرکانسی ۷-۳ هرتز در نظر گرفته شد.

در پژوهش حاضر از یک دستگاه شبیه‌ساز ارتعاش که با استفاده از ۳ درایور، ارتعاش را در سه محور x، y و z در فرکانس‌ها و شدت‌های مختلف به صورت امواج سینوسی یا تصادفی تولید می‌نمود، استفاده شد. درایورها با استفاده از یک پایه فلزی به صندلی متصل شده بودند. میزان ارتعاش اعمال شده، در فرکانس ۷-۳ هرتز و شدت‌های صفر، ۰/۵۶، ۰/۹ و ۱/۲۵ متر بر مجذور ثانیه و به صورت امواج سینوسی تنظیم گردید. برای اطمینان از کالیبره بودن میزان ارتعاش تولید شده توسط دستگاه شبیه ساز ارتعاش، از دستگاه ارتعاش سنج تمام بدن Human-response vibration meter مدل ۲۵۱۲ ساخت شرکت Bruel&Kjar استفاده شد. برای تعیین اطلاعات دموگرافیک نمونه‌ها از چک لیست اطلاعات دموگرافیک استفاده گردید. این چک لیست شامل دو بخش بود که در بخش اول سوالاتی در رابطه با اطلاعات عمومی از وضعیت فرد مانند سن، وزن و قد پرسیده شده و بخش دوم مربوط به اطلاعات پزشکی و وضعیت سلامتی افراد بود که شامل سوالاتی در رابطه با وضعیت سلامتی فرد ازنظر بیماری‌های اسکلتی عضلانی، قلبی عروقی و روانشناختی بود.

ابزاری که در این مطالعه برای انجام آزمون افراد تحت مطالعه و ثبت زمان عکس‌العمل آنها مورداستفاده قرار گرفت، تست کامپیوتری سنجش زمان عکس‌العمل با عنوان visual search از مجموعه آزمون های نرم افزاری شناختی CogLab بود. مدت زمان این تست پنج دقیقه بوده و نمونه‌ها پیش از انجام آزمایش با نحوه

انجام این تست آشنا شدند. در حین انجام تست پاسخ‌های درست و نادرست ثبت شده و در پایان آزمایش هم زمان عکس‌العمل فرد نسبت به تشخیص پاسخ آزمایش توسط خود نرم افزار محاسبه شد. برای تعیین پایایی این تست از روش آزمون مجدد استفاده شد. ۴۰ نفر از دانشجویان دانشگاه تهران به فاصله یک هفته در شرایط یکسان ازنظر مکان و زمان این تست را انجام دادند. ضریب همبستگی پیرسون بین دو نوبت اجرای تست، سنجیده شد که r=۰/۹۳ بدست آمد. برای تعیین میزان ناراحتی افراد تحت مطالعه نسبت به شرایطی که تحت آن قرار می گرفتند از مقیاس نرخ گذاری بورگ استفاده شد. این مقیاس به گونه ای است که فرد آزمودنی بعد از هربار که آزمون مورد نظر را انجام می داد میزان احساس ناراحتی خود را که از شرایط آزمایش احساس می کرد بصورت یک نمره در محدوده نمره های صفر تا ۱۰ در مقیاس بورگ مشخص می کرد. نمره بندی این مقیاس از صفر تا ۲ بصورت نیم نمره بوده و از ۲ تا ۱۰ هر یک نمره درجه بندی می شود؛ مثلا در این مقیاس نمره صفر نشان دهنده حالت "بدون احساس ناراحتی" و نمره ۳ نشان دهنده "ناراحتی متوسط" و یا نمره ۱۰ نشان دهنده "ناراحتی فوق العاده زیاد" می باشد. برای تعیین میزان ضربان قلب افراد تحت آزمایش، از دستگاه پالس اکسیمتر استفاده شد. این دستگاه بصورت آنلاین و غیرتهاجمی نرخ ضربان قلب را بصورت تعداد ضربه در دقیقه و همچنین درصد اکسیژن اشباع خون را در یک صفحه دیجیتالی به ما می دهد. اندازه گیری ضربان قلب در این پژوهش در قبل از شروع هر آزمایش و همچنین در ۵ ثانیه آخر هربار آزمایش صورت گرفت و در فرم مخصوص آن ثبت شد.

پس از آمادگی لازم از سوی افراد برای اجرای آزمایش، افراد آزمودنی بر روی صندلی نشسته و زاویه پشتی صندلی را به دلخواه تنظیم نموده تا راحت ترین شرایط برایشان فراهم شود و سپس شروع به انجام آزمایش نمودند. آزمودنی هر بار در معرض یکی از ۴ حالت ارتعاش تمام بدن به مدت پنج دقیقه قرار می گرفت و در پنج ثانیه آخر آزمون، ضربان قلب او اندازه گیری و ثبت می شد و همچنین پس از پایان آزمون باید میزان احساس ناراحتی خود از شرایط آزمایش را در پرسشنامه مقیاسی بورگ نرخ گذاری می کرد. پس از هربار آزمایش حدود ۱۵ دقیقه به طول می انجامید تا ضربان قلب افراد تحت مطالعه به حالت قبل آزمایش برسد و افراد راحتی و تمرکز خود را بازیابند؛ بنابراین برابر با همین مدت زمان استراحت برای آزمودنی در نظر گرفته می شد و سپس آزمودنی در معرض شرایط بعدی آزمایش قرار می گرفت. در این پژوهش علاوه بر

شکل ۱- روش انجام آزمایش توسط افراد تحت مطالعه

میزان ناراحتی و ضربان قلب، زمان عکس‌العمل نیز توسط نرم افزار محاسبه و ثبت شد. برای پیشگیری از ایجاد سوگیری، ترتیب این ۴ مرحله در هریک از افراد بصورت تصادفی و همچنین متفاوت از دیگران بود.

داده های حاصل از این پژوهش به کمک نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ مورد آنالیز قرار گرفت. بعد از بررسی نرمال بودن متغیرهای میزان ناراحتی، ضربان قلب و زمان عکس‌العمل، از آزمون های تی مستقل، آنالیز واریانس و رگرسیون برای آنالیز داده ها استفاده شد.

یافته‌ها

میانگین سنی افراد شرکت کننده در مطالعه ۱/۷±۲۶/۲ بوده که با میانگین شاخص توده بدنی ۱/۵۴ ±۲۳/۱۸ در محدوده نرمال قرار دارند (جدول ۱). میانگین و انحراف معیار هر یک از متغیرهای وابسته نرخ ناراحتی، ضربان قلب و زمان عکس‌العمل افراد شرکت کننده در آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. محدوده نرخ ناراحتی افراد، از صفر (بدون احساس ناراحتی) تا ده (ناراحتی فوق العاده زیاد) تقسیم بندی شده است.

نتایج حاصل از بررسی اثر شتاب ارتعاش بر میزان ناراحتی افراد تحت مطالعه نشان داد که کمترین میانگین میزان ناراحتی در حالت بدون ارتعاش می باشد (۰/۵۴ ± ۰/۴۵) و بیشترین میانگین میزان ناراحتی در حالت ارتعاش زیاد است (۲/۱±۷۲/۰۴) (جدول ۳). این بدین معنا است که وجود ارتعاش تمام بدن نسبت به حالت بدون ارتعاش باعث افزایش میانگین نرخ ناراحتی افراد شده است و همچنین مقدار P-value نشان می دهد که با افزایش شتاب ارتعاش تمام بدن، نرخ ناراحتی افراد ازنظر آماری افزایش معنی داری را از خود نشان داده است ($p<۰/۰۰۱$). معادله رگرسیون $\hat{Y}=0.373+1.802X$ می‌تواند الگوی تغییرات نرخ ناراحتی افراد را در شتاب های مختلف ارتعاش نشان دهد.

بررسی اثر شتاب ارتعاش بر ضربان قلب افراد تحت مطالعه نشان داد که کمترین میانگین ضربان قلب ایجاد شده در حالت بدون ارتعاش و بیشترین میانگین ضربان قلب نیز در حالت ارتعاش زیاد بوده است (جدول ۴) و بین میانگین ضربان قلب ایجاد شده در حالت های مختلف ارتعاش تمام بدن ازنظر آماری اختلاف معناداری وجود دارد ($p<۰/۰۰۱$)؛ بنابراین می توان گفت، افزایش مقادیر شتاب ارتعاش تمام بدن باعث افزایش ضربان قلب در افراد تحت آزمایش شده و طبق معادله رگرسیون $\hat{Y} = 64.998 + 7.695\ X$ می توان این رابطه را بیان نمود.

نتایج حاصل از بررسی اثر شتاب ارتعاش تمام بدن بر زمان عکس‌العمل افراد تحت مطالعه نیز نشان داد که

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار متغیرهای زمینه ای افراد شرکت کننده

متغیر	میانگین	انحراف معیار
سن	۲۶/۲	۱/۷
قد (متر)	۱/۸۰	۰/۰۵
وزن (کیلوگرم)	۷۵/۴۰	۷/۲۵
BMI	۲۳/۱۸	۱/۵۴

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار متغیرهای وابسته در افراد شرکت کننده

متغیرهای وابسته	میانگین	انحراف معیار
نرخ ناراحتی (از صفرتا ده)	۱/۵۹	۱/۱۴
ضربان قلب (bpm)	۷۰/۲۱	۴/۹۵
زمان عکس العمل (ثانیه)	۳۰۲/۸۸	۲۳/۰۰

جدول ۳- میانگین میزان ناراحتی در سطوح مختلف ارتعاش

	میانگین	انحراف معیار	p
بدون ارتعاش($0\ m/s^2$)	۰/۴۵۸	۰/۵۴	۰/۰۰۱<
ارتعاش کم($0/56\ m/s^2$)	۱/۲۶۱	۰/۶۴	
ارتعاش متوسط($0/9\ m/s^2$)	۱/۹۲۸	۰/۸۲	
ارتعاش زیاد($1/25\ m/s^2$)	۲/۷۲۷	۱/۰۴	

جدول ۴- میانگین ضربان قلب برحسب تعداد ضربه در دقیقه در شتاب های مختلف ارتعاش تمام بدن

	میانگین	انحراف معیار	p
بدون ارتعاش($0\ m/s^2$)	۶۵/۵۸	۲/۳۳	۰/۰۰۱<
ارتعاش کم($0/56\ m/s^2$)	۶۸/۳۵	۳/۰۸	
ارتعاش متوسط($0/9\ m/s^2$)	۷۱/۷۱	۳/۵۹	
ارتعاش زیاد($1/25\ m/s^2$)	۷۵/۱۹	۴/۳۰	

جدول ۵- میانگین زمان عکس العمل برحسب ثانیه در سطوح مختلف ارتعاش تمام بدن

	میانگین	انحراف معیار	p
بدون ارتعاش($0\ m/s^2$)	۲۸۳/۱۲	۱۹/۳۰	۰/۰۰۱<
ارتعاش کم($0/56\ m/s^2$)	۲۹۵/۹۳	۱۸/۸۰	
ارتعاش متوسط($0/9\ m/s^2$)	۳۰۹/۹۰	۱۶/۰۹	
ارتعاش زیاد($1/25\ m/s^2$)	۳۲۲/۵۷	۱۶/۱۷	

کمترین میانگین زمان عکس‌العمل در حالت بدون ارتعاش (۱۹/۳۰ ± ۲۸۳/۱۲) و بیشترین میانگین زمان عکس‌العمل در حالت ارتعاش زیاد بوده است (۱۶/۱۷± ۳۲۲/۵۷) (جدول ۵). این بدین معنا است که وجود ارتعاش تمام بدن نسبت به حالت بدون ارتعاش باعث افزایش میانگین زمان عکس‌العمل افراد شده است و همچنین مقدار P-value نشان می دهد که با افزایش شتاب ارتعاش تمام بدن، زمان عکس‌العمل افراد ازنظر آماری افزایش معنی داری پیدا کرده است ($p<0/001$) و روند تغییرات زمان عکس‌العمل ثبت شده افراد در شتاب های مختلف ارتعاش تمام بدن طبق معادله رگرسیون $\hat{Y} = 281.337 + 31.804\ X$ می باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که ارتعاش تمام بدن اثر معناداری بر ضربان قلب افراد تحت مطالعه دارد. ضربان قلب در هر سه سطح ارتعاش کم، متوسط و زیاد نسبت به حالت بدون ارتعاش افزایش پیدا کرد. همچنین در این مطالعه نتایج نشان داد که با افزایش شدت ارتعاش، میانگین ضربان قلب بین دو سطح ارتعاش کم و ارتعاش متوسط، ارتعاش کم و ارتعاش زیاد و همچنین ارتعاش متوسط و ارتعاش زیاد، بطور معناداری افزایش پیدا کرد. در مطالعه‌ای که بالچاندرا و همکاران انجام دادند، مواجهه با ارتعاش بطور معناداری باعث افزایش ضربان قلب شد و همچنین با افزایش شدت ارتعاش، ضربان قلب تمایل به افزایش داشت اما این میزان ازنظر آماری معنادار نبود. بالچاندرا بیان کرد که مواجهه با ارتعاش باعث افزایش استرس ذهنی و بارکاری می‌شود و افزایش استرس نیز منجر به کاهش فعالیت اعصاب پاراسمپاتیک و در نتیجه افزایش ضربان قلب می‌شود [۱۷]. همچنین افزایش شدت ارتعاش، میزان جذب ارتعاش را افزایش می‌دهد و جذب ارتعاش بیشتر، باعث فعالیت عضلانی بیشتر می‌شود، در نتیجه‌ی افزایش فعالیت عضلانی، متابولیسم بدن افزایش یافته و ممکن است این امر باعث افزایش ضربان قلب شده باشد [۱۸]. هالند در مطالعه خود بیان

کرد که افزایش شدت ارتعاش باعث افزایش ضربان قلب می‌شود [۱۹]. پیش از این گرندجین نیز نشان داده بود که مواجهه با ارتعاش باعث افزایش ضربان قلب می‌شود [۲۰]. بابیک و همکاران بیان کردند که مواجهه با ارتعاش بطور معناداری باعث افزایش میانگین ضربان قلب می‌شود اما هانکوک و همکاران در مطالعه‌ای که روی سرنشینان قطار انجام دادند، نشان دادند که ضربان قلب در شدت ارتعاش کم بیشتر از شدت ارتعاش زیاد بود [۷،۸]. آن‌ها در مطالعه خود، اثر شدت زیاد ارتعاش را بر ضربان قلب بلافاصله بعد از مواجهه با شدت ارتعاش کم اندازه گرفته بودند و علت افزایش ضربان قلب را در ابتدای کار، پاسخ فیزیولوژیک بدن برای حفظ عملکرد بهینه تحت شرایط استرس‌زای محیطی (ارتعاش) بیان نمودند؛ اما در مطالعه حاضر، ترتیب مواجهه فرد با شدت ارتعاش‌های مختلف بطور تصادفی انجام شد. از سوئی ویکسروم و همکاران در مرور مطالعاتی که روی تاثیرات مختلف ارتعاش بر بدن انسان انجام دادند، نتیجه گرفتند مواجهه با ارتعاش تاثیری بر ضربان قلب ندارد [۲۱]. هورنیک بیان کرد شواهد نشان می‌دهند قرارگیری کوتاه مدّت در معرض ارتعاش، آثار فیزیولوژیکی ناچیزی دارد که در عمل بی اهمیت هستند [۲۲]. از سوی دیگر، لندستروم و همکاران نیز در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که ارتعاش باعث کاهش ضربان قلب شده و از این طریق در طولانی مدت، باعث کاهش سطح هوشیاری می‌شود [۲۳]. در مطالعه ای که عابدی بر روی اثر ترکیبی ارتعاش تمام بدن و زاویه پشتی صندلی انجام داد نتایج نشان داد که افزایش ارتعاش اثر معنی داری بر ضربان قلب داشته است و افزایش شتاب ارتعاش باعث افزایش میانگین ضربان قلب شده است [۲۴].

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ارتعاش تمام بدن اثر معناداری بر میزان ناراحتی ایجاد شده در افراد تحت مطالعه دارد. مقایسه میانگین نرخ ناراحتی در حالت بدون ارتعاش و حالت هایی که ارتعاش وجود داشت نشان داد که مواجه با ارتعاش باعث افزایش معنادار میزان ناراحتی شده است. افزایش میانگین نرخ ناراحتی در هر سه سطح ارتعاش کم، متوسط و زیاد نسبت به حالت بدون ارتعاش معنادار نشان داده شد. مانسفیلد و همکارانش نیز در مطالعه ای که تحت عنوان اثرات اندازه ارتعاش و مدت زمان نشستن بر روی صندلی ماشین بر میزان ناراحتی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که افزایش شتاب ارتعاش باعث افزایش میزان ناراحتی افراد در حالت نشسته بر روی صندلی می شود [۲۵]. در مطالعاتی که هوانگ و گریفین و همچنین بسری و گریفین انجام دادند نیز به این نتیجه رسیدند که ارتعاش تمام بدن، میزان ناراحتی انسان را به طور معنی دار تحت تاثیر قرار می دهد و افزایش ارتعاش باعث افزایش میزان ناراحتی می شود [۲۶،۲۷]. ماتسوموتو و گریفین نیز در مطالعه خود به منظور بررسی اثر فاز ارتعاش تمام بدن در محور عمودی بر روی ناراحتی به این نتیجه رسیدند که افزایش ۶ درصد تا ۱۲ درصد بزرگی ارتعاش باعث افزایش معنی دار میزان ناراحتی افراد تحت مطالعه می شود [۲۷]. در مطالعه ای که دینگرا و همکارانش در کشور هند انجام دادند اثر ارتعاشات وارد شده به اپراتورهای نشسته بر روی صندلی بر ناراحتی آنها را معنادار یافتند [۲۸]. جسیکا و همکاران نشان دادند که افزایش ارتعاش باعث افزایش استرس و نرخ ناراحتی در انسان می شود [۲۹]. مارین و همکارانش در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که افزایش شتاب ارتعاش تمام بدن در رانندگان در محورهای مختلف باعث افزایش میزان ناراحتی آنها شده است [۳۰]. در مطالعه اسمیت و همکاران که در حالت های مختلف رانندگی در محیط شبیه سازی شده بود به این نتیجه رسیدند که افزایش زمان مواجهه با ارتعاش تمام بدن باعث افزایش میزان ناراحتی درک شده توسط افراد تحت مطالعه شده است [۳۱].

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اعمال ارتعاش تمام بدن نسبت به حالت بدون ارتعاش باعث افزایش زمان عکس‌العمل در افراد شرکت کننده شد. علاوه بر این، افزایش شتاب ارتعاش نیز باعث افزایش زمان عکس‌العمل به صورت معنی دار شده به گونه ای که بین دو حالت ارتعاش کم و ارتعاش متوسط، ارتعاش

کم و ارتعاش زیاد و همچنین ارتعاش متوسط و ارتعاش زیاد نیز زمان عکس‌العمل افزایش معنی داری نشان داد. افزایش زمان عکس‌العمل دراثر افزایش ارتعاش تمام بدن ممکن است به دلیل تاثیری باشد که ارتعاش بر روی بینایی فرد و همینطور اثر ارتعاش مانیتور در تشخیص صحیح رنگ اشکال ظاهر شده در آزمون می گذارد. فرد آزمودنی تحت تاثیر ارتعاش، قابلیت تشخیص سریع شکل و رنگ اشکال را از دست داده و برای اینکه تشخیص صحیحی داشته باشد زمان بیشتری را صرف اجرای آزمون می کند. در مطالعه ای که جرالد و مانسفیلد برای بررسی زمان عکس‌العمل و بار کار ذهنی در مواجهه با ارتعاش تمام بدن در پوسچرهای مختلف انجام دادند به این نتیجه رسیدند که با افزایش شتاب ارتعاش، زمان عکس‌العمل نیز افزایش پیدا می کند و این افزایش از لحاظ آماری معنی دار می باشد [۳۱]. لیونبرگ و همکارانش نیز در مطالعه خود تحت عنوان "استرس، واکنشهای شناختی و ذهنی انسان تحت تاثیر صدا و ارتعاش " یافتند که افزایش ارتعاش باعث افزایش معنی داری در زمان عکس‌العمل انسان می شود [۲۹]. در مطالعه ای که مارین و همکارانش انجام دادند به این نتیجه رسیدند که افزایش شتاب ارتعاش در صندلی رانندگان در محورهای مختلف باعث افزایش زمان عکس‌العمل رانندگان شده است [۳۰]. لی جونگ تیان و همکارانش در مطالعه خود بر روی زنان راننده جرثقیل نشان دادند که افزایش ارتعاش باعث افزایش زمان عکس‌العمل بطور معنادار می شود [۳۲]. در مطالعه ای که ال فالو و همکاران نیز در رابطه با تاثیر ارتعاش در رانندگی طولانی مدّت بر روی رانندگان انجام دادند، نتایج نشان داد که با افزایش مدّت مواجهه با ارتعاش، هرچند زمان عکس‌العمل شنیداری فرد با گذشت زمان افزایش یافت اما این تغییر ازنظر آماری معنادار نبود [۳۳]. نیوئل و همکاران نیز بیان کردند که در اثر مواجهه با ارتعاش و پوسچر نامطلوب تمرکز فرد در انجام تست زمان‌عکس‌العمل دچار اختلال می‌شود و در نتیجه زمان واکنش نشان دادن فرد افزایش می‌یابد [۳۴]. در مطالعه ای که عابدی به منظور بررسی اثر ارتعاش و زاویه پشتی صندلی بر زمان عکس‌العمل انسان انجام داد به این نتیجه رسید که ارتعاش تمام بدن از لحاظ آماری اثر معنی داری را بر زمان عکس‌العمل افراد تحت مطالعه ایجاد نمی کند [۲۴].

نتایج نشان داد که ارتعاش تمام بدن فاکتوری مؤثر بر عملکردهای ذهنی و فیزیولوژیک انسان می باشد بطوری که وجود ارتعاش تمام بدن و همچنین افزایش شدت آن می تواند احساس ناراحتی و همچنین میزان ضربان قلب را در فرد افزایش دهد و همچنین زمان عکس‌العمل فرد نسبت به انجام وظیفه محوله تحت تاثیر افزایش شتاب ارتعاش به طور قابل ملاحظه ای افزایش پیدا می کند. از این رو توجه به میزان ارتعاش وارد شده به فرد در محیط های مرتعش، نقش مهمی در کاهش میزان ناراحتی انسان و همچنین کاهش زمان عکس‌العمل در فعالیت های حساس و سریع انسان دارد. با توجه به اینکه شمار زیادی از افراد چه در محیط های کاری و چه در رفت و آمدهای متداول زندگی روزمره از طریق وسایل نقلیه با ارتعاش تمام بدن مواجهه دارند توجه به این عامل زیان آور و کنترل و به حداقل رساندن آن نقش مهمی در سلامت انسان، افزایش رضایتمندی و همچنین افزایش بازده کاری انسان می گردد.

تقدیر و تشکر

از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تهران که با تایید علمی و اخلاقی و تامین اعتبار، این مطالعه را پشتیبانی نمودند، کمال سپاس و تشکر را داریم.

منابع

1. Ggiovannii BG. Man Under Vibration, Suffering and Protection: Proceedings, International CISM-IFToMM-Symposium, Udine, Italy, April 3-6, 1979:441-452.
2. Griffin MJ. Handbook of Human Vibration, Edition illustrated, reprint. Elsevier Publisher, 1990:27-43.
3. Mansfield NJ. Human response to vibration.

Boca Raton.CRC Press.2005,1-10

4. Nakashima AM. The effect of vibration on human performance and health: A review of recent literature, Technical Report DRDC Toronto TR 2004-089, Defense R&D, Toronto, Canada. 2004.

5. El Falou W. Evaluation of driver discomfort during long-duration car driving. Appl Ergonom. 2003;34(1):249–255.

6. Grether WF, Harris CS, Mohr GC, Nixon CW, Ohlbaum M, Sommer HC, et al. Effects of combined heat, noise and vibration stress on human performance and physiological functions. Aerospa Med. 1971;42(1):1092–1097.

7. Hancock R. Effect of vibration on reading performance ,subjective and physiological workload. Presented at the 43rd United Kingdom Conference on Human Responses to Vibration. 2008.

8. Bobick TG. Physiological Responses and Subjective Discomfort OF Simulated Whole-Body Vibration From a Mobile Underground Mining Machine. Proceedings of the Human Factors Society-32nd Annual Meeting. 1988;719-723.

9. Kubo M. An investigation into a synthetic vibration model for humans: An investigation into a mechanical vibration human model constructed according to the relations between the physical, psychological and physiological reactions of humans exposed to vibration. Int J Indust Ergonom. 2001;27(1):219–232.

10. Khan IA. A Study on the Combined Effect of Noise and Vibration on Operators' Performance of a Readability Task in a Mobile Driving Environment. Int J Occup Safe Ergonom. 2007;13(1):127–136.

11. Hancock R. Effect of vibration on reading performance ,subjective and physiological workload. Presented at the 43rd United Kingdom Conference on Human Responses to Vibration. 2008.

12. Basri B, Griffin MJ. The vibration of inclined backrests: perception and discomfort of vibration applied normal to the back in the x-axis of the body. J Sound Vibrat. 2011;330(18):4646–4659.

13. Shibata N. Subjective response of standing persons exposed to fore-aft, lateral and vertical whole-body vibration. Int J Indust Ergonom. 2015;49:116–123.

14. Bhiwapurkar MK, SaranVH, Harsha SP. Effect of Multi-axis Whole Body Vibration Exposures and Subject Postures on Typing Performance. Int J Engineer Sci Technol. 2010;2(8):3614-3620.

15. Parsons KC, Griffin MJ. The Effect of Rotational Vibration In Roll and Pitch Axes on the Discomfort of Seated Subjects. Ergonom J. 1978;21(8):615-625.

16. Parson KC, Whithman EM, Griffin MJ. Six Axis Vehicle Vibration and its Effects on Comfort. Ergonom J. February 1979;22(2):211-225.

17. Oborne DJ, Boarer P, Heath T O. Variations in response to whole-body vibration Intensity dependent effects. Ergonom J. July 1981;24(7): 523-530.

18. Bhalchandra J. Development of Continuous Subjective and Physiological Assessment Techniques for the Determination of Discomfort and Activity Interference in Transportation Systems. Indian Institute of Technology. Dissertation of master of technology. 2008; 57-65.

19. Guignard JC . Vibration. I. Aero medical Aspects of Vibration and Noise. Paris. 1972; 114-203.

20. Holland CL. Performance and physiological effects of long term vibration. J Hum Fact Ergonom Soc. 1966;66-145.

21. Grandjean E. Fitting the Task to the Man: A Textbook of Occupational Ergonomics. 4th edition. London: Taylor & Francis. 1988.

22. Wikström BO. Health effects of long-term occupational exposure to whole-body vibration: A review. Int J Indust Ergonom.1994;14(1):273-292.

23. Hornick RJ. Vibration. Bioastronautics Data Book. Washington. 2nd edition. 2000;297-348.

24. Landstrom U. Changes In Wakefulness During Exposure To Whole Body Vibration. Electroencephalo Clin Neurophysiol. 1985;61(1):411-415.

25. Abedi M. An Evaluation of combind effect's of backrest inclination and whole body vibration on vehicle driver's reaction time and workload (2011)," Unpublished thesis master's" Shahid Beheshti University of Medical Sciences and Health Services, Faculty of Health, Safety and Environment. [Persian]

26. Mansfield.Neil J. Relative influence of sitting duration and vibration magnitude on sitting discomfort in a car seat, Presented at the 42nd United Kingdom Conference on Human Responses to Vibration, held at ISVR,University of Southampton, Southampton, England, 10 - 12 September. 2007.

27. Basri B, Griffin MJ. Predicting discomfort

workload during whole-body vibration exposure while seated in upright and twisted postures with and without armrests. Int J Indust Ergonom. 2008;38(1):499–508.

38. Gol mohamadi R. Noise and vibration engineeringthird edition, Daneshjoo Publisher, hamedan, Iran. 2006 [Persian]

39. Okunribido O, Shimbles SJ, Magnusson M. City bus driving and low back pain: A study of the exposures to posture demands, manual materials handling and whole-body vibration. Appl Ergonom. 2007;38(1):29-38.

40. Armstrong TJ, Marshall MM, Martin BJ. Exposure to forceful exertions and vibration in a foundry. International Journal of Industrial Ergonomics. 2002;30(3):163-179.

41. National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH] .Musculoskeletal disorders and workplace risk factors: A critical review of epidemiological evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. NIOSH publication. 1997; 97-141 .

42. Griffin MJ. Health effects of vibration-the known and unknown. Proceeding of the Conference on Human Vibration. Morgan Town. 2006;3-4.

from whole-body vertical vibration when sitting with an inclined backrest. Appl Ergonom. 2013; 44(3):423–434.

28. Huang Y, Griffin MJ. The effects of sound level and vibration magnitude on the relative discomfort of noise and vibration. Human Factors Research Unit, Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton, Southampton SO17 1BJ, United Kingdom.

29. Matsumoto Y, Griffin MJ. Effect of phase on discomfort caused by vertical whole-body vibration and shock--experimental investigation. J Acoust Soc Am. 2002 Mar;111(3):1280-8.

30. Dhingra HS, Tewari VK, Singh S. Discomfort, Pressure Distribution and Safety in Operator's Seat – A Critical Review. Agricultu Engineer Int. July 2003;5.

31. Smith J, Mansfield N, Gyi D. Long-term Discomfort Evaluation: Comparison of Reported Discomfort between a Concept Elevated Driving Posture and a Conventional Driving Posture. Procedia Manufact. 2015;3:2387-2394.

32. Ljungberg JK, Neely G. Stress, subjective experience and cognitive performance during exposure to noise and vibration. J Enviro Psychol. 2007;27:44–54.

33. Schust M, Bluthner R, Seidel H. Examination of perceptions (intensity, seat comfort, effort) and reaction times (brake and accelerator) during low-frequency vibration in x- or y-direction and biaxial (x-y) vibration of driver seats with activated and deactivated suspension. J Sound Vibrat. 2006;298(3):606–626.

34. Newell GS, Mansfield NJ. Evaluation of reaction time performance and subjective workload during whole-body vibration exposure while seated in upright and twisted postures with and without armrests. Int J Indust Ergonom. 2008;38:499–508.

35. Tian LG, Gang WL, Ping HJ, Ji LCh, Fang LY. Investigation of eyestrain and working capacity for female crane operators. Int J Indust Ergonom. 1996;18(2-3):221–224.

36. El Falou W. Evaluation of driver discomfort during long-duration car driving. Appl Ergonom. 2003;34(1):249–255.

37. Newell GS, Mansfield NJ. Evaluation of reaction time performance and subjective

The effect of whole body vibration (WBV) on discomfort, heart rate and reaction time in men 20 to 30 years

Mohammadreza Monazam Esmaeelpour[1], Esmaeil Shoja[2]*, Seyed Abolfazl Zakerian[3], Abbas Rahimi Foroushani[4], Masoumeh Gharaee[5]

Received: 2016/11/01 Revised: 2018/04/21 Accepted: 2018/07/08

Abstract

Background and aims: Whole-body vibration is one of the major factors that cause human discomfort and physiological reactions in industrial environments or vehicles. This study aimed in a laboratory environment to investigate the effect of whole body vibration on human discomfort, heart rate and reaction time in men 20 to 30 years old.

Methods: 40 Male students in Tehran University of Medical Sciences with 26.2±1.7 years mean of age are participated in this study. All of participants were studied in 4 stages for 20 minutes in four vibration accelerations in x, y and z axis and frequency of 3 to7 Hz including without vibration, 0.56 m/s^2, 0.9 m/s^2 and 1.25 m/s^2 that was produced with vibration simulator. At each stage, a computerized visual reaction time test was taken and reaction times were measured for test and their Heart rate was also recorded using pulse oximetry. At the end of each stage the subjects were given 15 minutes to rest and their discomfort was rated during this time.

Results: The results of this study showed that with increasing whole body vibration acceleration, discomfort rate ($p<0.001$) increase significantly. Also with increasing whole body vibration acceleration, heart rate ($p<0.001$) and reaction time ($p<0.001$) increase significantly.

Conclusion: The results showed that whole body vibration is a factor that affects human physiological and subjective functions. Hence, attending to level of vibration transmitted to human in vibrant environments have an important role in decreasing human discomfort and reducing reaction time in quick and sensitive activities.

Keywords: Discomfort, Whole body vibration, Reaction time, Heart rate.

1. Professor of Occupational Health, Department of Occupational Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. (**Corresponding author**) Department of Occupational Health, Esfarayen Faculty of Medical Sciences, Esfarayen, Iran. E.Shoja@nkums.ac.ir
3. Associate Professor of Occupational Health, Department of Occupational Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4. Professor of Biostatistics, Department of Epidemiology and Biostatistics, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
5. MSc of Epidemiology, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran.