



اثر زاویه خمش تنه و ابعاد آنترپومتریکی بر روی دقت حدود مجاز بلند کردن بار دستی ایران در یک مطالعه پایلوت

داوود افشاری^{۱*}، سید محمود لطیفی^۲، سمیرا کرد^۳

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۱۵

تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۵/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۱۴

چکیده

زمینه و هدف: حدود مجاز باربرداری ایران به‌عنوان یک ابزار ارزیابی ریسک جهت پیشگیری از کمردرد در صنایع مختلف استفاده می‌شود. اعتقاد بر این است که استفاده از ابزارهای ارزیابی ریسک مبتلا به کمردرد در عین حال که باید ساده و راحت باشند باید از دقت کافی نیز برخوردار باشند. با توجه به اینکه دستورالعمل باربرداری ایران منطبق با حدود مجاز ACGIH TLV می‌باشد و تا کنون دقت مقادیر مجاز در ارزیابی ریسک آسیب‌های کم‌ری مورد بررسی قرار نگرفته است. هدف از این مطالعه بررسی اثر زاویه خمش تنه و ابعاد آنترپومتریکی افراد بر روی دقت حدود مجاز باربرداری توصیه شده در ایران می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه به منظور بررسی اثر زاویه خمش تنه و ابعاد آنترپومتریکی افراد بر روی دقت مقادیر مجاز باربرداری، نیروهای فشاری وارد بر ستون فقرات به‌عنوان یک معیار در نظر گرفته شد. لذا از ۱۵ کارگر که سابقه حمل‌ونقل دستی بار داشتند، خواسته شد ۲۵ وظیفه باربرداری را که بر اساس دستورالعمل ارائه شده از سوی وزارت بهداشت ایران برای فعالیت‌های باربرداری طراحی شده بود، انجام دهند. به منظور تعیین دقیق زاویه خمش تنه در حین قرار دادن بار در مقصد از یک شیب‌سنج الکترونیکی قابل حمل استفاده شد. اطلاعات آنترپومتریکی شامل قد و وزن و اطلاعات پوسچری افراد برای هر وظیفه ثبت و میزان نیروهای فشاری با استفاده از نرم‌افزار dsspp3 تخمین زده شد و مقادیر تبار فشاری تخمین زده شده با حدود توصیه شده نایوش مقایسه شد.

یافته‌ها: نتایج مطالعه حاضر نشان داد که از ۲۵ وظیفه طراحی‌شده، میانگین زوایای تنه برای ۱۳ وظیفه بین ۹۰ تا ۱۳۰ درجه تعیین شد. بین میانگین نیروی فشاری تخمین زده شده برای ۱۱ وظیفه با احتساب یک انحراف معیار بیشتر، میانگین نیروی فشاری بیش از حد توصیه شده نایوش (۳۴۰۰) تخمین زده شد.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در برخی از وظایف زیاد بودن ارتفاع عمودی و فاصله ی افقی محل قرارگیری بار خارجی از بدن از دلایل اصلی افزایش زوایای نامطلوب تنه و بار فشاری وارد بر کمر بود. عدم انطباق برخی از حدود وزن مجاز با ابعاد آنترپومتریکی، منجر به افزایش بارهای مکانیکی وارد بر کمر می‌شود. لذا بنظر می‌رسد مقادیر توصیه شده باربرداری ایران از جهت ارزیابی ریسک آسیب‌های کم‌ری از دقت کافی برخوردار نمی‌باشد و نیاز به بازنگری دارند.

کلیدواژه‌ها: ACGIH TLV، نیروی فشاری، زاویه خمش تنه، آنترپومتری، باربرداری.

مقدمه

صنایع سنگین و کوچک دارای گستردگی زیادی می‌باشد و شامل حجم بالای نیروی کار شاغل در آن‌ها می‌باشد که بسیاری از فعالیت‌ها به‌صورت دستی و با استفاده از قوای جسمانی کارگر و به شکل سنتی انجام می‌شوند و در نتیجه کارگران در معرض ریسک فاکتورهای بیومکانیکی و سایر ریسک فاکتورهای مؤثر در اختلالات اسکلتی - عضلانی و به‌ویژه کمردردهای شغلی قرار دارند. نتایج مطالعات اپیدمیولوژیکی و بیومکانیکی در ایران نشان داده است که بیشترین شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی در ناحیه کمر بوده و حمل‌ونقل دستی بار و شرایط ایستگاه کاری نامناسب

حمل‌ونقل دستی بار عامل بیشترین صدمات و آسیب‌های کم‌ری ناشی از کار شناخته شده است [۱]. بر اساس گزارش نایوش سالانه حدود نیم میلیون کارگر در آمریکا به درجات مختلف آسیب‌های ناحیه کمر مبتلا می‌شوند. این گزارش نشان می‌دهد که در حدود ۶۰ درصد غرامت‌های ناشی از صدمات جسمانی مربوط به حمل‌ونقل دستی بار می‌باشد [۲]. در سال ۲۰۱۱ متوسط خسارت برای هر فرد که دچار آسیب کم‌ری شده است تقریباً ۸۴۰۰ دلار برآورد شده است [۳]. در کشورهای در حال توسعه صنعتی از جمله ایران،

۱- (نویسنده مسئول) استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران. afshari@ajums.ac.ir

۲- مربی، گروه آمار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

نشان داده شده که پوسچرهای نامطلوب در ناحیه کمر یکی از عوامل اصلی در افزایش نیروهای مکانیکی هستند [۱۲]. از آنجایی که حدود مجاز باربرداری ارائه شده مبتنی بر حدود مجاز بلند کردن دستی بار ACGIH می‌باشد [۱۴] و این استاندارد بر اساس ویژگی‌های آنتروپومتریکی افراد آمریکایی تهیه و تدوین شده است، لازم است یک مطالعه بیومکانیکی به منظور مشخص شدن اثر زاویه خمش کمر و ابعاد آنتروپومتریکی که منطبق با افراد ایرانی می‌باشد بر روی مقادیر مجاز بلند کردن دستی بار انجام شود. از آنجایی که در مطالعات مختلف، از تخمین میزان بار فشاری وارد بر کمر به عنوان یک معیار قابل قبول در ارزیابی ابزارهای ارزیابی ریسک استفاده شده است، لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر زاویه خمش تنه و ابعاد آنتروپومتریکی کارگران بر روی بار فشاری وارد بر کمر بر اساس دستورالعمل حدود مجاز بلند کردن بار در ایران می‌باشد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان خواهد داد که آیا حدود توصیه شده باربرداری ایران از دقت قابل قبولی برخوردار خواهد بود یا خیر؟

روش بررسی

مشارکت کنندگان: این مطالعه در سال ۱۳۹۳ در قالب یک مطالعه توصیفی-تحلیلی در محیط آزمایشگاهی به صورت پایلوت طراحی و انجام شد. با توجه به مطالعات و پژوهش‌های مشابه که در رابطه با حمل و نقل دستی بار شده است در این پژوهش ۲۵ نفر از میان کارگران مردی که سابقه حمل و نقل دستی بار داشتند، انتخاب شدند [۱۰]. از افراد در مورد وضعیت کمر درد سؤال شده و تنها به افرادی که دارای سلامتی کامل بودند و سابقه جراحی کمر نداشتند، اجازه شرکت در آزمایش داده شد.

جدول ۱- ویژگی‌های جمعیت شناختی افراد مورد مطالعه

سن	قد	وزن
۳۰/۱۳	۱۷۲/۲۷	۷۴
۶/۱۴	۹/۲۴	۱۰/۵۳

عمده‌ترین دلایل افزایش ریسک آسیب‌های کمری می‌باشد [۴-۸]. مطالعات اپیدمیولوژیکی و بیومکانیکی در ایران نشان می‌دهد که شیوع کمردرد در بین مشاغل سبک و سنگین بالا می‌باشد بطوریکه در مطالعات زیادی میزان شیوع کمردرد شغلی بین ۶۰ تا ۷۰ درصد گزارش شده و حمل و نقل دستی بار از دلایل اصلی شناخته شده است [۵-۱۰].

به منظور مدیریت ریسک کمردردهای ناشی از کار، متخصصین ارگونومی و بیومکانیک شغلی از ابزارها مختلفی مثل معادله حمل دستی نایوش جهت ارزیابی ریسک آسیب‌های وارد بر کمر در فعالیت‌های باربرداری استفاده می‌کنند. ابزارهای ارزیابی ریسک ابتلا به کمردرد در عین حال که باید از نظر روش انجام ساده و راحت باشند، نیاز هست که از دقت کافی نیز برخوردار باشند. اخیراً ثابت شده است که پوسچرهای نامطلوب می‌توانند نقش بسیار مهمی در افزایش نیروهای مکانیکی داشته باشند [۱۱، ۱۲]، این در حالی است که در برخی از ابزارهای ارزیابی این مهم به درستی لحاظ نشده است. برخی از ابزارهای ارزیابی مثل معادله نایوش علی‌رغم دامنه کاربرد وسیع، دارای محدودیت‌های اساسی می‌باشد. در سال ۲۰۱۵ ارجمند و همکارانش [۱۲] در یک مطالعه نشان دادند که معادله نایوش در تعیین ریسک آسیب‌های کمری در فعالیت‌هایی که زاویه فلکشن تنه از حد متوسط بیشتر باشد از قابلیت خوبی برخوردار نمی‌باشد. در سال‌های اخیر دستورالعملی از سوی مرکز سلامت محیط و کار ایران به منظور تعیین حدود مجاز باربرداری ارائه شده است [۱۳]. الگوی تعیین حداکثر وزن مجاز بر اساس ویژگی‌های آنتروپومتریکی افراد که شامل ارتفاع عمودی و فاصله افقی محل قرار گرفتن بار از بدن افراد می‌باشد، تعیین شده است. در این دستورالعمل تنها با استفاده از پارامترهای آنتروپومتریکی فوق وضعیت سطح ریسک آسیب‌های کمری مشخص می‌شود در حالی که این فاکتورها به تنهایی نمی‌توانند نشان‌دهنده وضعیت کینماتیکی اندام‌های بدن مثل کمر و بازوها یا پاها باشند و در مطالعات قبلی نیز

کمر در مطالعات قبلی تایید شده است [۱۵، ۱۶]. به منظور تعیین ابعاد آنترپومتریکی که شامل تعیین قد و وزن افراد بود از یک ترازو ستونی مکانیکی مدل seca 786 استفاده شد.

جهت ثبت زاویه مرجع تنه، پس از قرارگیری شیب‌سنج با استفاده از کمر بند در ناحیه توراسیک، از افراد خواسته شد به مدت ۱۵ ثانیه در حالت ایستاده (بطوریکه بالا تنه کاملاً کشیده و راست باشد) قرار گیرند. برای اطمینان از عدم جابجایی و تغییر مکان شیب‌سنج بر روی تنه، پس از پایان نمونه‌برداری از فرد شرکت‌کننده خواسته شد به مدت ۱۵ ثانیه مستقیم و کشیده در حالت ایستاده قرار گیرند و زاویه مرجع پایانی نیز ثبت گردید.

پس از نصب و ثبت پوسچر مرجع از افراد خواسته شد تا وظایف باربرداری را با توجه به دستورالعمل برای هر بار خارجی به صورت آزادانه و بدون آموزش صحیح باربرداری انجام دهند. بین هر دو وظیفه به فرد ۳۰ ثانیه استراحت داده شد. به منظور پیشگیری از خستگی ناشی از بلند کردن بار و تأثیر آن بر روی وظایف بعدی نیز، پس از هر ۵ دقیقه فعالیت (انجام ۵ وظیفه) به فرد ۵ دقیقه استراحت داده شد. به‌طور کلی با توجه به وظایف طراحی شده از هر فردی خواسته شد، ۲۵ وظیفه را به صورت تصادفی با ۴ بار تکرار انجام دهد. پس از انجام آزمایش با توجه به مشخصات آنترپومتریکی افراد (قد و وزن) و میانگین زوایای ثبت



شکل ۱- تصویری از محل قرارگیری جعبه در قفسه‌های طبقه بندی شده بر اساس ارتفاع عمودی. خطوط رنگی در سطح زمین نشان‌دهنده فواصل افقی می‌باشد.

طراحی مطالعه: در مطالعه حاضر به منظور تحلیل نیروهای فشاری وارد بر مهره چهارم و پنجم کمر، وظایف باربرداری بر اساس دستورالعمل ارائه شده از سوی وزارت بهداشت ایران انجام شد. بطوریکه وزن بارهای خارجی، فاصله‌های عمودی و افقی بار از بدن بر اساس جداول مقادیر حد آستانه مجاز بلند کردن بار ارائه شده توسط وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ایران تعیین شدند. بر اساس این جداول، مقادیر حدود مجاز برای ۲۵ شرایط بار برداری تعریف شده است؛ بنابراین برای انجام این پژوهش جعبه‌هایی با وزن‌های ۲، ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۲۷ و ۳۲ کیلوگرمی با دسته مناسب با ابعاد $40\text{CM} \times 28\text{cm}$ در نظر گرفته شد.

پس از کدگذاری جعبه‌ها بر اساس وزن، از افراد خواسته شد که جعبه‌ها را از روی زمین بلند کرده (مبدأ) و به‌صورت تصادفی و بدون اینکه از وزن جعبه‌ها مطلع باشند، در مقصد قرار دهند. به منظور قرار دادن جعبه‌ها در مقصد از یک قفسه چهار طبقه استفاده شد. فواصل عمودی قفسه‌ها بر اساس دستورالعمل که به شرح ذیل می‌باشد، تنظیم شد:

طبقه اول: ۸ سانتی‌متر پایین‌تر از ارتفاع شانه تا ۳۰ سانتی‌متر بالاتر از ارتفاع شانه

طبقه دوم: از ارتفاع بندانگشت تا پایین ارتفاع شانه

طبقه سوم: از ارتفاع ساق پا تا ارتفاع بندانگشت

طبقه چهارم: از ارتفاع ساق پا تا قوزک پا

فواصل افقی محل قرارگیری جعبه‌ها در مقصد نسبت به فاصله میانی بین دو قوزک پاها عبارت بودند از: فاصله نزدیک (۳۰ سانتی‌متر)، فاصله میانی (۶۰ سانتی‌متر) و فاصله دور (۸۰ سانتی‌متر).

ابزار و تجهیزات: در مطالعه حاضر به منظور مشخص شدن میزان زوایای واقعی کمر با توجه به فواصل عمودی و افقی جعبه‌ها از بدن و همچنین تخمین دقیق‌تر نیروهای مکانیکی از یک دستگاه شیب‌سنج سه محوری قابل حمل ساخت کشور آمریکا (Microstrain, Williston,vt,USA) استفاده شد. دقت و صحت این ابزار در نمونه‌برداری از پوسچرهای

شده نایوش (۳۴۰۰) می‌باشد. به منظور آنالیز آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. به منظور تعیین وضعیت نرمال بودن داده‌های جمع‌آوری شده از آزمون آماری Kolmogorov-Smirnov استفاده شد و با توجه به نرمال بودن داده‌ها از آزمون تی تست، جهت مقایسه نیروهای فشاری وارد بر کمر با حدود توصیه شده استفاده شد.

یافته‌ها

ویژگی‌های جمعیت شناختی افراد مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین سنی افراد شرکت‌کننده $30/13 \pm 6/14$ سال بود. میانگین قد و

شده تنه در حالت خمش به جلو (فلکشن) و خمش به طرفین (لترال) در وضعیت قرار دادن بار در مقصد برای هر وظیفه، نیروهای فشاری با استفاده از نرم‌افزار 3dsspp دانشگاه میشگان تخمین زده شد [۱۷، ۱۸]. دقت و کارایی این نرم‌افزار در مطالعات مختلف مورد بررسی و تایید قرار گرفته شده است [۱۷]. این نرم‌افزار که توسط دانشگاه میشگان تهیه شده به منظور تخمین نیروهای فشاری و برشی در شرایط استاتیکی استفاده می‌شود. اطلاعات ورودی برای این نرم‌افزار شامل وزن و قد افراد و همچنین زوایای تنه برای دو صفحه ساجیتال و فرونتال، و وزن بار خارجی می‌باشد. یکی از خروجی‌های این نرم‌افزار تخمین نیروهای مکانیکی وارد بر مهره چهارم و پنجم و مقایسه با حدود توصیه

جدول ۲- تعیین زاویه خمش تنه و تخمین نیروهای فشاری وارد بر کمر

وظیفه	وزن بار	فاصله افقی	فاصله عمودی	زاویه فلکشن تنه	میانگین نیروی فشاری	بیشترین	کمترین
۱	۱۶	نزدیک	طبقه اول	۴/۶	2245 ± 819	۴۳۶۹	۱۵۸۵
۲	۷	متوسط	طبقه اول	۱۵/۴	1735 ± 592	۳۳۱۹	۱۲۲۱
۳	۳۲	نزدیک	طبقه دوم	۱۲/۳	$1742 \pm 403^*$	۶۰۰۳	۳۲۳۱
۴	۱۶	متوسط	طبقه دوم	۴۳/۲	2373 ± 516	۴۳۱۸	۲۴۸۷
۵	۹	دور	طبقه دوم	۹۰/۱	2915 ± 319	۳۴۱۳	۲۲۷۷
۶	۱۸	نزدیک	طبقه سوم	۱۲۲	3392 ± 1016	۴۹۹۳	۱۸۶۶
۷	۱۴	متوسط	طبقه سوم	۱۲۱	2750 ± 1096	۴۵۰۰	۱۶۶۹
۸	۷	دور	طبقه سوم	۱۲۲	2138 ± 983	۳۷۳۰	۱۲۶۳
۹	۱۴	نزدیک	طبقه چهارم	۱۳۶	2702 ± 1256	۴۵۱۰	۱۶۲۳
۱۰	۱۴	نزدیک	طبقه اول	۱۱/۳	2125 ± 640	۳۵۸۲	۱۲۶۴
۱۱	۵	متوسط	طبقه اول	۹/۳	1425 ± 475	۲۷۳۸	۹۸۰
۱۲	۲۷	نزدیک	طبقه دوم	۱۸/۷	$3561 \pm 621^*$	۵۰۵۷	۲۶۰۶
۱۳	۱۴	متوسط	طبقه دوم	۵۴/۶	3103 ± 426	۴۱۰۹	۲۵۹۷
۱۴	۷	دور	طبقه دوم	۹۲/۹	2667 ± 282	۳۱۸۰	۲۰۹۵
۱۵	۱۶	نزدیک	طبقه سوم	۱۲۱	2984 ± 1029	۴۸۵۱	۱۹۳۶
۱۶	۱۱	متوسط	طبقه سوم	۱۲۱/۳	2485 ± 1044	۴۱۲۸	۱۵۲۹
۱۷	۵	دور	طبقه سوم	۱۲۰	1963 ± 906	۳۳۶۷	۱۱۰۱
۱۸	۹	نزدیک	طبقه چهارم	۱۳۶	2287 ± 1132	۴۲۱۴	۱۲۸۱
۱۹	۱۱	نزدیک	طبقه اول	۲	1721 ± 531	۳۲۸۸	۱۲۰۷
۲۰	۱۴	نزدیک	طبقه دوم	۲۰/۵	2693 ± 383	۳۵۵۵	۲۰۵۴
۲۱	۹	متوسط	طبقه دوم	۵۱/۸	2670 ± 316	۳۳۰۵	۲۳۲۷
۲۲	۵	دور	طبقه دوم	۹۷/۷	2486 ± 505	۳۴۶۱	۱۶۸۵
۲۳	۹	نزدیک	طبقه سوم	۱۲۲	2563 ± 887	۳۸۷۲	۱۴۰۳
۲۴	۷	متوسط	طبقه سوم	۱۲۱/۱	2144 ± 955	۳۷۰۷	۱۲۴۰
۲۵	۲	دور	طبقه سوم	۱۲۲/۳	1761 ± 1008	۴۰۴۴	۹۱۶

* تفاوت معنادار بین نیروی فشاری تخمین زده شده با حدود توصیه شده نایوش (۳۴۰۰ نیوتن)

ویژه وزن و طول قد افراد یکی از فاکتورهای کلیدی و تأثیر گذار بر روی بارهای مکانیکی کمر می‌باشد و طبع در پیش بینی و تعیین حدود مجاز باربرداری نقش مهمی دارد حدود مجاز باربرداری ایران برگرفته شده از ACGIH TLV می‌باشد. و مقادیر حدود مجاز توصیه شده ACGIH، بر اساس ابعاد آنتروپومتریکی افراد آمریکای شمالی تدوین و تهیه شده است [۱۹]. با توجه به اینکه در کشور ایران بانک اطلاعات آنتروپومتری جامع وجود ندارد، بنابراین در مطالعه حاضر میانگین وزن بدن مشارکت‌کنندگان ۷۴ کیلوگرم در نظر گرفته شد که تقریباً معادل صدک ۵۰ وزن کارگرانی بوده که در یک مطالعه آنتروپومتری وسیع بر روی کارگران ایرانی توسط صادقی گزارش شده است.

با مقایسه میانگین وزن بدن مردان آمریکایی با ایرانیان در رنج سنی ۳۰-۴۰ سال مشخص شد به‌طور میانگین مردان ایرانی $(74 \pm 7/8)$ تقریباً ۱۰ کیلوگرم از آمریکایی‌ها $(82/1 \pm 33/9)$ سبکتر هستند. این اختلاف زیاد قاعدتاً بر روی بارهای فشاری وارد بر کمر تأثیر مستقیم می‌گذارد؛ بنابراین حد تحمل بار فشاری وارد بر کمر مردان آمریکایی ممکن است نسبت به مردان ایرانی بیشتر باشد. با توجه به این استدلال و احتمال اینکه حاشیه ایمن برای حدود مجاز باربرداری بین افراد ایرانی و آمریکایی متفاوت باشد و حدود مجاز باربرداری منطبق با حد با ویژگی ایرانیان در رنج سنی ۳۰ تا ۴۰ نباشد، زیاد می‌باشد.

طول قد افراد نیز یکی دیگر از فاکتورهای آنتروپومتریکی می‌باشد که می‌تواند نقش مهمی در تعیین نواحی قرارگیری بار به بدن داشته باشد. در مطالعه حاضر فرایند نرمال سازی طول قد افراد با ارتفاع قفسه‌ها انجام شده است؛ به عبارت دیگر، با توجه به اینکه ارتفاع قفسه‌های محل قرارگیری بار، قابلیت تنظیم داشتند و متناسب با طول قد افراد و نواحی توصیه شده در استاندارد تنظیم می‌شدند. بنابراین انتظار می‌رود علیرغم تفاوت بین طول قد مردان آمریکایی و ایرانی، طول قد تأثیری در میزان بار فشاری نداشته است.

وزن مشارکت‌کنندگان ۱۷۲ سانتیمتر و ۷۴ کیلوگرم بود.

میانگین نیروی فشاری به همراه زوایای تنه با توجه به وظایف طراحی شده در فاصله‌های افقی و عمودی مختلف از بدن در جداول شماره ۲ نشان داده شده است. به‌طور کلی میانگین زاویه تنه برای ۱۳ وظیفه بین ۹۰ تا ۱۳۰ درجه تعیین گردید. بیشترین میانگین زاویه خمش (۱۳۶ درجه) مربوط به وظیفه ۱۸ بوده که افراد مجبور بودند بار را در قفسه چهارم قرار دهند. کمترین زاویه خمش (۴۶ درجه) مربوط به وظیفه ۱ بوده که افراد باید بار را در طبقه اول و نزدیک به بدن قرار می‌دادند. نتایج آزمون آماری نشان داد که تفاوت معناداری بین نیروی فشاری تخمین زده شده با حدود توصیه شده نایوش برای وظایف ۳ و ۱۲ وجود دارد.

از بین ۲۵ وظیفه انجام شده، بیشترین نیروی فشاری وارد بر کمر مربوط به وظیفه شماره ۳ معادل ۴۰۰۲ نیوتن و کمترین آن مربوط به وظیفه شماره ۱۱ معادل ۱۴۲۵ نیوتن تخمین زده شد. از نظر آماری با احتساب یک انحراف معیار بالاتر از میانگین تعیین شده، میانگین نیروی فشاری برای ۱۱ وظیفه (۴۴٪) فراتر از حد توصیه شده می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از مطالعه مشخص شد که نیروی فشاری تخمین زده شده حاصل از مقادیر مجاز باربرداری در برخی از شرایط بیش از حد توصیه شده نایوش (۳۴۰۰ نیوتن) بوده است. فاکتورهایی که احتمالاً باعث شده مقادیر بار فشاری بیش از حد تخمین زده شود شامل وزن بار خارجی و زاوایای نامطلوب تنه بخاطر فواصل افقی و عمودی بیش از حد بوده است. بنابراین با توجه به اینکه یک ارتباط قوی و مثبت بین کمردرد و بارهای مکانیکی وارد بر کمر وجود دارد، مقادیر حدود مجاز ممکن است سطح معادل ریسک واقعی را نشان ندهند. در نتیجه بازنگری حدود مجاز ضروری می‌باشد.

بررسی ابعاد آنتروپومتریکی: ابعاد آنتروپومتریکی به

نایوش در وظایف شماره ۴ و ۱۳ به دلیل فاصله افقی که منجر به ایجاد زوایای نامطلوب در کمر شده است، باشد. بر اساس توصیه نایوش فاصله افقی بار از بدن برای فعالیت‌های باربرداری در فاصله افقی ۲۵ سانتیمتر از بدن می‌باشد و هر چه این فاصله بیشتر شود میزان گشتاور و بارهای وارد بر کمر بیشتر می‌شود. در مطالعه حاضر مشخص شد، برای وظایف دیگر علی‌رغم فاصله افقی زیاد (۶۰ سانتیمتری) و زاویه فلکشن نامطلوب (بیش از ۳۰ درجه) بارهای مکانیکی کمتر از حدود توصیه شده تخمین زده شد؛ که دلیل آن را میتوان بخاطر، وزن پایین جعبه‌ها (۲ تا ۷ کیلوگرم) دانست؛ اما این مساله را باید در نظر گرفت که تخمین نیروهای لحظه ای به‌تنهایی نمی‌توانند نشان‌دهنده استرس‌های وارد بر ستون فقرات باشند [۱۵]. میزان زمان مواجهه و فرکانس باربرداری از فاکتورهای مهم در ایجاد بارهای تجمعی می‌باشد [۲۰]. بر اساس مطالعه Callaghan و همکارانش بیشترین تأثیر در تغییر پذیری بار فشاری، میزان زاویه در حالت فلکشن و لترال کمر گزارش شده است [۲۱]. همچنین مشخص شده است که نیروهای فشاری مکرر در ترازهای زیر بیشینه ممکن است باعث ایجاد ترک در صفحه انتهایی دیسکها شود از این رو با افزایش و تکرار فلکشن رو به جلو، احتمال آسیب جدی به کمر افزایش می‌یابد [۲۲].

در مطالعه حاضر برای بسیاری از وظایف به دلیل فاصله عمودی جهت قرارگیری بار خارجی شاهد پوسچرهای نامطلوب به دلیل فلکشن‌های بیش از حد در ناحیه تنه هستیم. در مطالعات آزمایشگاهی اهمیت زاویه فلکشن بر روی نیروهای فشاری وارد بر کمر نشان داده شده است. بطوریکه با افزایش زاویه فلکشن کمر از حالت ایستاده تا تقریباً ۷۰ درجه خمش رو به جلو همراه با بار ۲۰ کیلوگرمی، فشار داخل دیسکی در مهره چهارم و پنجم کمتری تا ۲۳۰ درصد افزایش می‌یابد [۲۳].

در وظایف شماره ۱۶، ۱۸ و ۲۳، فاصله عمودی محل قرارگیری بار (طبقه سوم) می‌تواند منجر به

وزن بار خارجی: نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بین میانگین نیروی فشاری تخمین زده شده برای وظایف ۳ و ۱۲ با حدود توصیه شده نایوش (۳۴۰۰ نیوتن) تفاوت معناداری وجود دارد. از دلایل اولیه این تفاوت می‌تواند وجود وزن زیاد جعبه‌ها باشد، چرا که در این دو وظیفه فاصله عمودی و افقی بار از بدن در حد مطلوب میباشد. علاوه بر این میانگین زاویه فلکشن تنه نیز برای این دو وظیفه کمتر از ۲۰ درجه تعیین شد. بنابراین ممکن است وزن جعبه‌ها (۲۷ و ۳۲ کیلوگرم) تنها عامل اصلی افزایش نیروی فشاری به بیش از ۳۴۰۰ نیوتن باشد. لذا برای این دو وظیفه علی‌رغم مجاز بودن این وزنها احتمال آسیب برای ناحیه ستون فقرات به دلیل نیروی فشاری بالا وجود دارد و نمی‌توان به‌عنوان حدود توصیه شده در نظر گرفت.

زوایای خمش تنه: از نظر آماری با احتساب یک انحراف معیار بالاتر از میانگین تعیین شده، میانگین نیروی فشاری برای ۱۱ وظیفه (۵۰٪) از ۲۵ وظیفه انجام شده فراتر از حد توصیه شده می‌باشد. این مسئله بسیار مهم است و نباید نادیده گرفته شود زیرا احتمال اینکه میانگین نیروی فشاری در تکرارهای بعدی برای این وظایف و توسط افراد دیگر با ویژگی‌های متفاوت آنتروپومتریکی دیگر بیش از حدود توصیه شده برسد، وجود دارد. لذا در این مطالعه وظایفی که نیروهای فشاری با احتساب یک انحراف معیار بیشتر ممکن است به بیش از حد توصیه شده برسند، مورد بررسی بیشتری قرار گرفتند. با توجه به نتایج مطالعه از دلایل عمده افزایش بار فشاری برای ۱۱ وظیفه ممکن است بخاطر پوسچرهای نامطلوب و عدم انطباق وزن بار خارجی و ارتفاع محل قرارگیری باشد در حین باربرداری باشد.

مشارکت‌کنندگان در وظایف ۴ و ۱۳ موظف بودند جعبه‌های ۱۴ کیلوگرمی را در فاصله ۶۰ سانتیمتر از بدن بر روی قفسه‌هایی در ارتفاع بندانگشتان خود قرار دهند. با توجه به شرایط فوق میزان زاویه فلکشن تنه بین ۴۰ تا ۵۰ درجه تعیین گردید. بنابراین به نظر می‌رسد علت نزدیک بودن بار فشاری به حد توصیه شده

منظور کاهش فلکشن افزایش یابد [۲۶، ۲۷]. یکی دیگر از محدودیت‌های این دستورالعمل عدم تناسب برخی از فاکتورهای آنروپومتریکی با حدود توصیه شده وزن مجاز می‌باشد به‌عنوان مثال در وظایف شماره ۶ و ۹ افراد مجبورند جعبه‌هایی با وزن به ترتیب ۱۸ و ۱۴ کیلوگرم را در طبقات سوم و چهارم (زاویه فلشکن بیش از ۱۲۰ درجه) قرار دهند. در واقع فرد مجبور است با توجه به پوسچر نامطلوب در ناحیه تنه جعبه‌هایی با وزن نسبتاً بالا حمل نمایند. در واقع برای این وظایف علاوه بر پوسچرهای نامطلوب، وزن بار خارجی نیز شرایط را برای افزایش بارهای مکانیکی بیشتر می‌کند.

به‌طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد حدود توصیه شده شغلی ایران برای فعالیت‌های باربرداری برای تقریباً نیمی از وظایف طراحی شده ممکن است به‌درستی حاشیه ایمن را از نظر بارهای مکانیکی در نظر نگیرد؛ بنابراین بنظر می‌رسد در نظر گرفتن این حدود تماس شغلی برای فعالیت‌های حمل‌ونقل دستی بار جهت قضاوت در امور بهداشتی نمی‌تواند یک مرجع کامل و جامعی باشد. چراکه از ۲۵ وظیفه در این دستورالعمل، نیروی فشاری به ترتیب برای ۴۴ درصد از وظایف بیش از حد توصیه شده نایوش می‌باشد. لذا لازم است دستورالعمل ارائه شده در خصوص حدود تماس شغلی برای فعالیت‌های باربرداری بایستی بر مبنای اصول بیومکانیکی و اطلاعات آنروپومتری افراد ایرانی بازنگری و طراحی مجدد شود.

با توجه به دستورالعمل حمل‌ونقل دستی بار ایران که منطبق با حدود مجاز ACGIH TLV می‌باشد، در بیشتر وظایف طراحی شده، فاصله عمودی و افقی محل قرارگیری بار خارجی از بدن منجر به ایجاد پوسچرهای نامطلوب (زاویه بلکشن بیش از ۹۰ درجه) می‌گردد، که یکی از دلایل اصلی افزایش نیروهای مکانیکی می‌باشد. علاوه بر این با توجه به اینکه وزن بدن افراد ایرانی تفاوت زیادی با افراد آمریکایی دارد و یکی از فاکتورهای مهم و تأثیر گذار در تعیین حدود مجاز باربرداری تلقی می‌شود، بنظر می‌رسد حدود

افزایش فلکشن تنه شود که یکی از فاکتورهای مهم و تأثیر گذار در افزایش بار فشاری در این وظایف می‌باشد. در این وظایف میانگین زاویه فلکشن تنه ۱۲۶ درجه تعیین شد. مطالعات متعددی نشان داده که وجود پوسچرهای نامطلوب در ناحیه کمر می‌تواند باعث افزایش نیروهای فشاری در کمر شود [۱۱، ۱۲، ۲۴].

در مطالعه‌ای، Hoozemans و همکارانش با انجام آنالیز رگرسیون در خصوص سهم فاکتورهای مؤثر در ایجاد بار فشاری بر روی کمر نشان دادند ضریب رگرسیون برای انحراف کمر نسبت به بارخارجی در ایجاد نیروی فشاری، سهم عمده‌ای را به خود اختصاص داده است. بر همین اساس پیشنهاد شده است که تغییرات ایجاد شده در محل عمودی قرارگیری بار خارجی (مبدا یا مقصد)، در ایستگاه‌های حمل بار می‌تواند اثر بیشتری در کاهش نیروی فشاری داشته باشد تا نسبت به کاهش وزن بار خارجی [۲۵].

قرار دادن بار در طبقه چهارم (وظایف ۹ و ۱۸) منجر به تولید زاویه پیک (۱۳۶ درجه) در ناحیه تنه می‌شود. با توجه به اینکه در این وظایف وزن بار خارجی (۱۴ و ۹ کیلوگرم) و فاصله افقی در حداقل ممکن است اما قرار گرفتن بار در کف منجر به ایجاد فلکشن زیاد می‌کند و باعث افزایش بار فشاری می‌گردد. مطالعات نشان دادند که افزایش زاویه فلکشن تنه از حالت ایستاده تا فلشکن کامل بدون حمل بار منجر به افزایش فشار داخل دیسکی تا ۲۵۵ درصد می‌گردد.

با توجه به نتایج مطالعه حاضر و مطالعات انجام شده در خصوص اهمیت افزایش ارتفاع باربرداری (کاهش فلکشن تنه) بنظر می‌رسد این عامل مهم در تعیین حدود مجاز باربرداری در دستورالعمل ارائه شده از سوی وزارت بهداشت ایران به خوبی در نظر گرفته نشده است درحالی‌که در مطالعات توصیه شده است در مداخله‌های ارگونومیکی به منظور کاهش نیروهای مکانیکی وارد بر کمر ارتفاع عمودی باربرداری به

Health Sci. 2013;1:9-15.

5. Choobineh A, Tabatabaee S. Musculoskeletal Problems of Factory Workers of an Iranian Rubber Factory. *J Occup Health* 2007;49:418-23.

6. Ghaffari MAA, Jensen I, Farshad AA, Vingard E. Occupational Medicine. Low back pain among Iranian industrial workers. 2006;56(7):455-60.

7. Mohammadi, Motamedzade, M, Faghih, MA. Manual Material Handling Assessment Among Workers of Iranian Casting Workshops. 2013;19(4):675-81.

8. Z Panjali AM, H Ahsani, E Rezaee4. Evaluation of the risks factors for manual material handling in a metal casting industry in Iran. *Iran Occupational Health*. 2014;11:13-22.

9. Mousavi SJAM, Mehdian H, Mobini B, Montazeri A, Akbarnia B, Parnianpour, M. Low back pain in Iran: A growing need to adapt and implement evidence-based practice in developing countries. *Spine*. 2011;36(10):638-46.

10. Tafazzol A, Samin, Aref., Mardani, M., Haddad, O., Parnianpour. Epidemiological and Biomechanical Evaluation of Airline Baggage Handling. *Int J Occup Saf Ergon*. 2015.

11. Afshari D, Motamedzade M, Salehi R, Soltanian AR. The impact of ergonomics intervention on trunk posture and cumulative compression load among carpet weavers. *Work* 2015;50:241-8.

12. Arjmand N, Amini M, Shirazi-Adl A, Plamondon A, Parnianpour M. Revised NIOSH Lifting Equation May generate spine loads exceeding recommended limits. *Int J Ind Ergon*. 2015;47:1-8.

13. Ministry of Health and Medical Education. Occupational Exposure Limits

In: Center EaOH, editor. 3rd ed. Tehran, Iran 2012.

14. American Conference of Governmental Industrial Hygienists A. TLVs and BEIs: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. 2005.

15. Afshari D, Motamedzade M, Salehi R, Soltanian AR. Continuous assessment of back and upper arm postures by long-term inclinometry in carpet weavers. *Appl Ergon*. 2014;45:278-84.

16. Amasay T, Zodrow K, Kincl L, Hess J, Karduna A. Validation of tri-axial accelerometer for the calculation of elevation angles. *Int J Industr Ergonom*. 2009;39(5):783-9.

17. Russell SJ, Winnemuller L, Camp JE, Johnson PW. Comparing the results of five lifting

توصیه شده برای فعالیت‌های حمل و نقل دستی بار نیاز به بازنگری داشته و توصیه می‌شود حدود مجاز بلند کردن بار بر مبنای اطلاعات آنتروپومتریکی افراد ایرانی و بر اساس آزمایشات بیومکانیکی تهیه و تدوین شود.

۶. محدودیت‌های مطالعه حاضر عبارت بودند از
۱- با توجه به اینکه این مطالعه به صورت پایلوت و با حجم نمونه کوچک انجام شده بود، لازم است به منظور تحقیقات گسترده‌تر در خصوص بازنگری حد تماس شغلی در زمینه حمل و نقل دستی بار، به تنوع نژادی و قومیتی و مشخصات آنتروپومتری افراد ایرانی توجه ویژه‌ای شود.

۲- در نظر گرفتن دوره‌های زمانی بلند کردن بار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. چراکه اهمیت بارهای تجمعی به عنوان یک ریسک فاکتور مهم ثابت شده است. هر چند در دستورالعمل حد تماس شغلی به دوره‌های زمانی اشاره شده است اما با توجه به اینکه یکی از فاکتورهای مهم در محاسبه بارهای تجمعی تعیین بارهای لحظه‌ای می‌باشد لذا در این مطالعه فقط این فاکتور تخمین زده شد و پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده با در نظر گرفتن دوره‌های زمانی و فرکانس باربرداری، بارهای تجمعی نیز محاسبه و تحلیل گردد.

منابع

1. Guidelines for Manual Material Handling. In: Human Resources and Environment HS, editor. 2011.

2. Choobineh A. Methods of posture assessment in occupational ergonomics 2ed: Fanavaran 2004.

3. Injury data, L&I workers' compensation claims: Body part injured. In: Industries. WDoLa, editor. 2011.

4. Abedini, R, Choobineh, A, Soltanzadeh, A, Gholami, M, Amiri, F, Hashyani, AA. Ergonomic Risk Assessment of Lifting Activities; a Case Study in a Rubber Industry. *Jundishapur J*



- analysis tools. *Applied Ergonom.* 2007;38(1):91-7.
18. University of Michigan Center for Ergonomics. 3D Static Strength Prediction Program User's Manual. 2011.
19. Chaffin DB, Andersson G, Martin BJ. *Occupational biomechanics*: Wiley New York; 1999.
20. Kumar S. Comparison of instantaneous and cumulative loads on the low back and neck in orthodontists. *Clinic Biomechanic.* 2005;20: 130–7.
21. Callaghan JPMS. Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. *Ergonomics.* 2001;44:280-94.
22. Brinckmann P, Biggeman M, Hilweg D. Fatigue fracture of human lumbar vertebrae. *Clinic Biomechanic.* 1988;3:1-27.
23. Arjmand N, Gagnon D, Plamondon A, Shirazi-Adl A, Lariviere C. A comparative study of two trunk biomechanical models under symmetric and asymmetric loadings. *J Biomech.* 2010;43:485-91.
24. Hodder JN, Holmes MWR, Keir PJ. Continuous assessment of low back loads in long-term care nurses. *Ergonomics.* 2010;53:1097-107.
25. Hoozemans M KI, de Vries W, van Dieën J. Effect of lifting height on low back loading. *International Ergonomics Association Conference.* 2006.
26. Plamondon A, Lariviere C, Delisle A, Denis D, Gagnon D. Relative importance of expertise, lifting height and weight lifted on posture and lumbar external loading during a transfer task in manual material handling. *Ergonomics.* 2012;55:87-102.
27. Hoozemans MJ, Kingma I, de Vries WH, van Dieën JH. Effect of lifting height and load mass on low back loading. *Ergonomics.* 2008;51:1053-63.

The effect of trunk flexion angle and anthropometric dimensions on the accuracy of the allowable weight limits in a pilot study

Davood Afshari*¹, Seyed Mahmood Latifi², Samira Kord³

Received: 2016/10/05

Revised: 2017/08/13

Accepted: 2017/09/06

Abstract

Background and aims: Iranian lifting guidelines are used as a risk assessment tool to prevent back pain in various industries. It is believed that the tools and methods used for the assessment should be simple and yet accurate. Given that this guideline adopted the American Conference of Governmental Hygienists (ACGIH) threshold limit values (TLVs) for lifting as allowable load limits and the accuracy of the allowable weight values has not been investigated. The objective of this study was to investigate the effect of trunk angle and anthropometric dimensions on the accuracy of the allowable weight limits.

Methods: In this study, 25 workers who had experience in manual handling were asked to perform lifting tasks in accordance with the Iranian guidelines. The subjects' anthropometric and trunk inclination angles were recorded using a triaxial accelerometer (inclinometer) for each task, and the compressive forces were estimated using 3DSSPP and then compared with NIOSH's recommended limits (3400N).

Results: The results showed that among 25 tasks, the mean trunk angle of 13 tasks was between 90 and 130 degrees. Statistically, considering a standard deviation above the determined mean, the average compressive forces estimated for 9 tasks were greater than NIOSH recommendation (3400).

Conclusion: In most tasks, vertical height and horizontal distance of external loads from the body leads to awkward postures that can be the main reasons for increased compressive force. Lack of adaption in some anthropometric measurements would result in increased mechanical loads on the back. Therefore, it seems that the limit values for Iranian lifting guideline are not sufficiently accurate to assess the risk of back injuries and thus should be revised.

Keywords: Manual lifting, Compressive load, Trunk flexion angle, ACGIH TLV, Anthropometric.

1. (**Corresponding author**) Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran. davodafi@yahoo.com

2. Department of Bio-Statistics, School of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

3. Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.