ارزیابی ریسک فاکتورهای بیومکانیکی مربوط به حمل دستی بار در یکی از صنایع ریخته‌گری ایران

زهرا پنجعلی[۱]، عادل مظلومی[۲]، هادی احسنی[۳]، احسان رضایی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۸ تاریخ ویرایش: ۹۲/۰۲/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۶/۱۱

چکیده

زمینه و هدف: در اکثر صنایع وظایف کارگران به نحوی می باشد که حمل دستی بار غیر قابل اجتناب است. از مهمترین عوارضی که حمل دستی بار برای شاغلین این گونه صنایع در پی دارد آسیب های حاد کمر و حتی ناتوانی کارگران می باشد. لذا بررسی شرایط کار و اصلاح نواقص از جمله وظایفی است که بر عهده کارکنان حوزه سلامت، به خصوص در صنایع مرتبط می باشد. با توجه به این مهم هدف این مطالعه ارزیابی ریسک های مربوط به حمل دستی بار در یک صنعت ریخته گری قطعات خودرو و ارائه پیشنهادات اصلاحی در این زمینه می باشد.

روش بررسی: در این مطالعه، ابتدا با استفاده از تکنیک آنالیز شغلی جدولی (TTA)، مشاغل انتخابی در هر یک از ایستگاههای کاری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس، با استفاده از معادله حمل بار نایوش و جداول اسنوک وزن مجاز قابل حمل در ایستگاه های مورد مطالعه تعیین گردید. همزمان با این دو روش، برآورد بیومکانیک نیروی وارده به کمر هر فرد نیز با استفاده از مدل یوتا (Utah) محاسبه شد.

یافته‌ها: نتایج این تحقیق نشان داد، در صورتی که وزن بار حدود ۳۷ کیلوگرم باشد نیروی وارده به کمر بیش از حد مجاز خواهد بود. ارزیابی با استفاده از معادله نایوش و جداول اسنوک نیز زیاد بودن وزن بار و در نتیجه بالا بودن ریسک های مربوطه را نشان داد. در ارزیابی‌ها بعدی، حتی با اصلاح زاویه و فواصل حمل بار نیز هنوز شرایط غیر مجاز و ریسک ها بالا بودند. همچنین در روش معادله نایوش مشخص شد ۶۰٪ ایستگاه های کاری، باری بیش از حد مجاز بلند می کنند.

نتیجه گیری: با توجه به نتایج این مطالعه، بهترین راهکار اصلاحی برای کاهش سطح ریسک، مکانیزه کردن کار توصیه می شود و در شرایطی که حمل بار با فرکانس کمتری صورت می گیرد، اصلاح زاویه کمر و کاهش فواصل جابجایی بار پیشنهاد می گردد.

کلیدواژه‌ها: جداول اسنوک، معادله نایوش، برآورد بیومکانیکی، حمل دستی بار، ریخته گری

مقدمه

عوامل زیان آور مختلفی در محیط کار وجود دارند که باعث خستگی، فرسودگی و تحلیل زودرس انسان و اتلاف وقت و هزینه می شوند بعضی از عوامل شغلی مسئول ایجاد مشکلات اسکلتی – عضلانی می باشند که از جمله می توان به حمل دستی بار ناایمن اشاره کرد [۱]. در اکثر صنایع کشور و حتی در امور غیرشغلی به دفعات جابجایی دستی و بلند کردن بار اتفاق می افتد و هر کدام از این وظایف نیازهای مختص به خود را دارند و این امر یکی از دلایل مهم برای بروز کمردرد می‌باشد از این رو عدم توجه به این مهم نه تنها از نظر سلامت و ایمنی شغلی کارگران باعث بروز مشکلات جسمانی می‌شود بلکه از دیدگاه اقتصادی نیز به بروز خسارت‌های مالی منجر می‌گردد با این حال محیط کار می‌تواند به گونه‌ای باشد که به کارگران جهت کار ایمن و راحت‌تر کمک کند [۲].

در یک مطالعه پژوهشی در دانشگاه بروک، حمل دستی بار عامل بیشترین صدمات و آسیب های کمری ناشی از کار بوده است [۳]. حمل دستی ناایمن بار منجر به ایجاد آن دسته از اختلالات اسکلتی عضلانی شده است که شامل آسیب‌های فیزیکی حاد و نیز ایجاد استرین‌هایی در نواحی کمر، شانه‌ها و بازوها می‌باشد. پس از سرما خوردگی ، کمر درد دومین عاملی است که بیشترین مراجعین را به پزشکان دربر داشته است. جامعه

۱- دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، تهران، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
amazlomi@tums.ac.ir

۳- کارشناس مهندسی بهداشت حرفه ای دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۴- کارشناس مهندسی بهداشت حرفه ای دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

جراحان ارتوپد آمریکا، مشکلات کمر را پر هزینه ترین مشکل پزشکی جامعه خواند. شواهد پزشکی حاکی از آن است که مداخلات موثر ارگونومیک باعث کاهش نیازهای فیزیکی حمل دستی بار در وظیفه و در نتیجه کاهش تعداد و شدت صدمات مربوطه شده است [۳]. علاوه بر این، اختلالات کمر جزء پر هزینه ترین آسیبهای اسکلتی- عضلانی جامعه هستند [۴]. حداقل ۸۰٪ از بزرگسالان یک بار در عمر خود کمر درد را تجربه کرده و حدود ۴-۵٪ از جمعیت در یک سال دچار کمر درد حاد شده اند. همانطور که گفته شد بیشتر این کمر دردها با شغل فرد در ارتباط بوده و میزان غرامت‌های کارگری را به طور قابل توجهی افزایش داده است برای مثال، ۱۶-۱۹٪ از کارگران خواستار غرامت هستند با این وجود ۳۳-۴۱٪ از کل غرامتها را به خود اختصاص می دهد [۵].

در سال ۱۹۸۵، سازمان نایوش[1] یک کمیته ویژه از کارشناسان را گرد هم آورد تا تحقیق‌های انجام شده در خصوص بلند کردن اجسام را مورد بازنگری قرار دهند. نتیجه این بازنگری به روز کردن اطلاعات از جنبه های فیزیولوژیک، بیومکانیک، جسمی- روانی و همه گیر شناختی بلند کردن دستی بار و ارائه معادله بلند کردن بازنگری شده در سال ۱۹۹۱ بود [۶]. در سال ۱۹۹۴ معادله‌ای از سوی سازمان نایوش با نام سیستم حمل بار با هدف کاهش میزان صدمه و عوارض ناشی از بلند کردن بار ارائه شد [۷]. در مدل ارائه شده از سوی سازمان نایوش، متغیرهای مختلفی چون فاصله افقی، عمودی و جابجایی بار، زاویه چرخش تنه، بسامد و جفت شدن دست بر بار (دستگیره) در تعیین میزان وزن مجاز بار استفاده قرار می‌شوند [۸]. در مطالعه انجام شده توسط ماراس[2] در دانشگاه اُهایو در خصوص رابطه شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی و فاکتورهای فیزیکی طبق نتایج حاصله محقق اذعان داشته است که بدون در نظر گرفتن فاکتورهای بیومکانیک شدت اثر هیچکدام از عوامل فیزیکی مورد بررسی مشخص نخواهد بود، لذا جداسازی فاکتورهای فیزیکی و بیومکانیکی امکان پذیر نیست [۵].

بر اساس رویکردی دیگر مطالعات اسنوک[3] و همکاران در سال ۱۹۷۸ مدلی برای ۱۹۱ صدمه کمری گزارش شده ارائه دادند و نتایج آن نشان داد که این تکنیک می تواند بیش از یک سوم صدمات کمری را کاهش دهد. در سال ۱۹۹۱ این تکنیک توسط اسنوک بازبینی شد و جداول اختصاصی شامل حدود مجاز بار در فعالیت های مختلف حمل دستی بار شامل بلندکردن، گذاشتن، جابجایی، هل‌دادن و کشیدن به صنایع جهت کاهش صدمات کمری افراد شاغل ارائه شد [۹].

در تمامی روشهای ارزیابی ریسک مربوط به حمل دستی بار عوامل بیومکانیک از اهمیت بسزایی برخوردارند. متغیرهای بیومکانیک محیط کار از قبیل وزن بار، فواصل و موقعیت ایستگاه‌های کار در شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی موثر بوده و بر اساس مطالعات انجام شده شدت اثر هر کدام از این عوامل بر اساس دامنه تغییرات هر کدام در نیروی فشاری و برشی تحمیلی بر دیسک های بین مهره ای ناحیه کمر و در نهایت بروز و شیوع کمردرد کاملاً متغیر می‌باشند. با توجه به اهمیت شناسایی و ارزیابی دقیق دامنه تغییرات هر یک از متغیرهای بیومکانیک فوق الذکر در این تحقیق بر آن شدیم تا با استفاده از روش‌های ارزیابی حمل دستی بار شامل برآورد بیومکانیکی، معادله نایوش و جداول اسنوک ارزیابی دقیقی از متغیرهای موثر در ریسک حمل دستی بار در شرکت مالیبل سایپا انجام دادیم.

روش بررسی

این مطالعه از نوع مقطعی و موردی بوده و متغیرهای بیومکانیکی ریسک‌های مربوط به حمل دستی بار در سالن‌های مختلف شرکت مالیبل سایپا مورد بررسی قرار گرفته است.

برای انجام این مطالعه، در مرحله اول پس از بازدید از

1. NIOSH
2. Marras
3. Snook

سالن‌ها و مصاحبه با مسئول HSE[4] شرکت مذکور، ایستگاه‌های با ریسک بالا جهت ارزیابی انتخاب گردید. در این میان سالن انبار تکمیل کاری، سالن ریخته گری، سالن CNC و آزمایشگاه تست‌های غیر مخرب به عنوان ایستگاه‌های با ریسک بالا انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

در مرحله دوم، قبل از انجام ارزیابی ریسک‌های حمل دستی بار، ابتدا آنالیز شغلی از مشاغل انتخاب شده در هر یک از سالن‌ها به عمل آمد. برای این کار برای هر وظیفه شغلی جدول TTA[5] تنظیم شد. جهت جمع آوری اطلاعات در خصوص آنالیز شغلی، از روش های مصاحبه با اپراتورها، مشاهده وظایف و فیلم برداری استفاده شد. هر ایستگاه به طور دقیق مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت و نتایج حاصل در قالب وظایف و زیر وظایف در جداول اختصاصی آنالیز شغلی درج گردید.

در مرحله بعد، با استفاده از معادله نایوش مقدار مجاز بار و شاخص بلند کردن بار برآورد گردید. معادله بلند کردن ابزاری است که در ارزیابی فشار فیزیکی ناشی از بلند کردن دو دستی بار به کار می رود [۱۰]. بدین صورت که این معادله با در نظر گرفتن ضرایب ثابت بار (LC)، فاصله افقی بار (HM)، فاصله عمودی بار (VM)، جابجایی قائم (DM)، زاویه انحراف کمر (AM)، فرکانس بلند کردن بار (FM) و نوع چنگش (CM) و در نهایت محاسبه RWL ، وزن مجاز بار طبق فرمول زیر را بدست می آورد.

$$CM \times FM \times AM \times DM \times VM \times HM \times RWL = LC$$

در نهایت با در نظرگرفتن وزن بار و وزن مجاز بار اندیس بلند کردن بار با استفاده از نسبت زیر بدست می‌آید.

$$LI = L/RWL$$

اگر اندیس بار بزرگتر از ۱ باشد نشان دهنده شرایط مخاطره آمیز و در صورتی که کوچکتر از ۱ باشد شرایط مطلوب را نشان می دهد.

تکنیک دیگر مورد استفاده در این پژوهش جداول اسنوک می‌باشد. مطابق با این روش، ۴ نوع وظیفه جابجایی بار، برداشتن/گذاشتن بار، هل دادن/ کشیدن بار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و برای هر کدام بر اساس جداول پیشنهادی وزن یا نیروی مجاز را پیشنهاد می‌شود. جداول مربوط به کشیدن، هل‌دادن، برداشتن و بلند کردن بار در سه سطح اعمال نیرو (سطح پایین، میانه و بالا) و وظایف حمل بار در دو حالت دست باز و آرنج خمیده مورد بررسی قرار می‌گیرد. این روش با ترکیب فاکتورهای فرکانس حمل بار، فاصله افقی بار و مسافت جابجایی حد مجاز بار را اعلام می کند [۱۱].

کاربرگ برآورد نیروی بیومکانیک از جمله دیگر روش‌های مورد استفاده در این پژوهش بود. این روش توسط دونالد بلوسویک[6] و همکارانش در دانشگاه یوتا[7] ارائه شده است و توسط توماس برنارد[8] مورد بازبینی قرار گرفته است. در این روش با در نظر گرفتن وزن بدن، وزن بار، فاصله افقی بار از بدن و نیز زاویه خمش کمر، میزان نیروی فشردگی که بار بر روی صفحه بین مهره ای L4 و L5 وارد می کند، برآورد می شود. بر اساس این روش میزان نیروی وارده شده به کمر نباید از ۳۴۰۰ نیوتن فراتر رود [۱۲].

تمام پارامترهای مورد نیاز در روشهای فوق الذکر شامل وزن بار، فواصل جابجایی و حمل، فرکانس حمل بار و طول مدت انجام کار مورد سنجش و ارزیابی دقیق قرار گرفت. بدین منظور از ابزارهای ساده مثل متر نواری برای اندازه گیری فواصل و کرنومتر برای سنجش زمان/فرکانس مورد استفاده قرار گرفت. وزن بار و قطعات به ازای تولید قطعات مختلف مقادیری مشخص و از پیش تعیین شده داشتند و با مراجعه به آزمایشگاه و محل تست قطعات این اطلاعات جمع آوری گردیدند.

یافته‌ها

نتایج حاصل از آنالیز شغلی با استفاده از روش‌های

[4]. Health, Safety and Environment
[5]. Task tabulated analysis
[6]. Donald S. Bloswick
[7]. Utah
[8]. Thomas E. Bernard

جدول ۱- نتایج آنالیز شغلی در ایستگاه های کاری انتخاب شده

ردیف	شغل	وظیفه	فرکانس حمل بار(تعداد/دقیقه)	وزن قطعه(kg)	حداکثر فاصله افقی(m)	حداکثر فاصله عمودی(m)	حداکثر جابجایی(m)
۱	تکمیل کار	پایین ریزی بلوک سیلندر پراید-رنگ شده	۶	۳۷	۰/۴	۰/۸	۴
۲		بالا ریزی بلوک سیلندر پراید جهت ورود به کوره رنگ	۶	۳۷	۰/۲۵	۰/۸	۴
۳	کنترل کننده	کنترل قطعات تکمیل شده	۴	۳-۱۳	۰/۵	۱/۰۳	۰
۴	تراش کار	چیدن قطعات تراشکاری شده بر پالت	۴	۳۷	۰/۲۵	۱/۱۵	۲/۶
۵	اپراتور کوره	ماهیچه گذاری	۱	۱۲ ۲ ۵	۰/۶	۱/۲	۰
۶	اپراتور کوره	کنترل کیفیت	۱۰	۷	۰/۲۵	۰/۶	۲/۲

مشاهده و اندازه گیری پارامترهای مختلف، در جدول ۱ آورده شده است. هر اپراتور در طول شیفت کاری ۱۰ ساعته خود به طور متوسط ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ قطعه را جابجا می‌کند. که وزن قطعات از ۱/۵ کیلوگرم تا ۳۷ کیلوگرم متفاوت است. جدول ۱ نشان دهنده فرکانس بلند کردن بار و فواصل مهم در انجام وظیفه می‌باشد. همانطور که از جدول ۱ مشخص می باشد وظیفه پایین ریزی بلوک سیلندر مربوط به شغل تکمیل کار زیر وظیفه های متعددی شامل برداشتن برداشتن سیلندر از روی ریل، حمل آن تا محل پالت، قرار دادن سیلندر روی پالت، جدا کردن قلاب، چرخاندن سیلندر (قرار دادن قسمت پهن تر سمت بالا)، هل دادن قطعه و تنظیم جای آن روی پالت، کنترل حفره های سیلندرها، برداشتن قلاب و قرار دادن قلاب بر ریل می‌باشد.

در خصوص وظیفه دوم مربوط به شغل تکمیل کاری یا بالاریزی بلوک سیلندر، زیر وظایف شامل برداشتن قلاب از روی ریل، قرار دادن قلاب در بلوک سیلندر موتور، تنظیم کردن قلاب، برداشتن بلوک سیلندر از روی پالت، حمل آن تا محل ریل‌ها، آویزان کردن قلاب به ریل می باشند.

شغل کنترل کیفیت در سالن تکمیل کاری که مسئول کنترل و تایید سلامت قطعات بوده شامل زیر وظایف برداشتن قطعات از کانوایر، در صورت بی‌عیب بودن قطعه در جعبه A و در صورت معیوب بودن در جعبه B قرار می گیرد، چیدن قطعات در جعبه‌ها با نظمی خاص می باشد.

شغل تراشکاری شامل زیر وظایف برداشتن قطعه کنترل شده از روی کانوایر، حمل آن به سمت پالت، قرار دادن قطعه بر پالت، بازگشت به کنار کانوایر می‌باشد.

شغل ماهیچه گذاری شامل زیر وظایف برداشتن قطعه مرکزی، حمل قطعه به سمت دستگاه، قراردادن قطعه روی دستگاه، برداشتن قطعه کناری سیلندر، قراردادن قطعه روی دستگاه، برداشتن قطعه کناری سیلندر، فشردن کلید و فرستادن قطعه‌ها سمت مشعل می باشد.

شغل کنترل کیفیت قطعات ریخته‌گری شده شامل زیر وظایف برداشتن قطعه از نوار نقاله با وزن ۷ کیلوگرم، حمل قطعه معیوب به سمت جعبه، قراردادن قطعه داخل جعبه می باشد.

با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده میزان وزن

جدول ۲- محاسبه حد مجاز بار بر اساس روش Liberty Mutual Design for lifting and lowering :

ردیف	نام فعالیت	نوع فعالیت	ناحیه عمل	وزن بار(kg)	Distance of Lift(cm)	Horizontal distance(cm)	فرکانس حمل بار	وزن مجاز بار(kg)	اصلاح سرعت کار و فاصله حمل و افقی (۱/۱ min و ۱۷و ۲۵)
۱	پایین ریزی بلوک سیلندر	lowering	Floor to knuckle	۳۷	۷۶	۲۵	یک بار در هر ۹ ثانیه	۸	۱۴
۲	پایین ریزی بلوک سیلندر	lowering	Knuckle to Shoulder	۳۷	۵۱	۲۵	یک بار در هر ۹ ثانیه	۸	۱۳
۳	پایین ریزی بلوک سیلندر	lowering	Knuckle to Shoulder	۳۷	۲۵	۲۵	یک بار در هر ۹ ثانیه	۸	۱۳
۴	بالا ریزی بلوک سیلندر	lifting	Floor to knuckle	۳۷	۷۶	۲۵	یک بار در هر ۱۴ ثانیه	۸	۱۳
۵	بالا ریزی بلوک سیلندر	lifting	Knuckle to Shoulder	۳۷	۵۱	۲۵	یک بار در هر ۱۴ ثانیه	۹	۱۳
۶	بالا ریزی بلوک سیلندر	lifting	Knuckle to Shoulder	۳۷	۲۵	۲۵	یک بار در هر ۱۴ ثانیه	۹	۱۳
۷	کنترل کاسه چرخ	lowering	Knuckle to Shoulder	۱۳	۷۶	۳۸	یک بار در هر ۱۴ ثانیه	۸	۱۳
۸	کنترل کاسه چرخ	lowering	Knuckle to Shoulder	۳	۷۶	۳۸	یک بار در هر ۱۴ ثانیه	۸	۱۳
۹	کنترل کاسه چرخ	lowering	Knuckle to Shoulder	۳	۲۵	۳۸	یک بار در هر ۱۴ ثانیه	۹	۱۳
۱۰	کنترل کاسه چرخ	lowering	Knuckle to Shoulder	۱۳	۲۵	۳۸	یک بار در هر ۱۴ ثانیه	۹	۱۳
۱۱	کنترل کاسه چرخ	lowering	Floor to knuckle	۳	۷۶	۳۸	یک بار در هر ۱۴ ثانیه	۹	۱۴
۱۲	کنترل کاسه چرخ	lowering	Floor to knuckle	۱۳	۷۶	۳۸	یک بار در هر ۱۴ ثانیه	۹	۱۴
۱۳	کنترل کاسه چرخ	lowering	Floor to knuckle	۳	۲۵	۳۸	یک بار در هر ۱۴ ثانیه	۱۱	۱۴
۱۴	کنترل کاسه چرخ	lowering	Floor to knuckle	۱۳	۲۵	۳۸	یک بار در هر ۱۴ ثانیه	۱۱	۱۴
۱۵	تکمیل کاری	lowering	Floor to knuckle	۳۷	۷۶	۲۵	یک بار در هر ۹ ثانیه	۸	۱۴

مجاز هر یک از وظیفه ها با کمک جداول اسنوک بدست آمده و نتایج حاصل در جدول ۲ درج گردید. با توجه به نتایج مندرج در جدول ۲ وظایفی که میزان بار حمل شده در آنها بیش از حد مجاز می باشد مشخص شده است. وظیفه پایین و بالاریزی قطعات بلوک سیلندر در تمام حالات غیر مجاز می‌باشند به طور کلی در زمان حمل قطعات ۳۷ کیلوگرمی بلوک سیلندر وزن قطعه غیر مجاز می‌باشد. وظایف دیگر بسته به فاصله افقی حمل قطعه و وزن بار در برخی از زیر وظایف وزن بار غیر مجاز شناخته شده است.

پس از ارزیابی های صورت گرفته در سالن های مختلف و جمع آوری داده‌ها میزان نیروی وارده به کمر برای هر فرد جداگانه محاسبه شد و در جدول ۳ آورده شده است. بدین منظور روش برآورد نیروی فشردگی کمر مورد استفاده قرار گرفت [۱۲]. در این جدول نیروی وارده به دیسک بین مهره‌ای کمر در وظایف پایین/ بالاریزی بلوک سیلندر در بخش کوره و وظیفه تکمیل کاری با زاویه ۹۰ درجه کمر بیش از حد مجاز گردیده است.

در ارتباط به نتایج مربوط به معادله نتایج (جدول ۴) میزان وزن مجاز بار و اندیس بلند کردن بار به کمک روش نایوش محاسبه گردید. در تمامی محاسبات بدترین حالت فرد از نظر پوسچر و فاکتورها مرتبط بیومکانیک در وظیفه تحت بررسی در نظر گرفته شده

ادامه جدول ۲

۱۶	تکمیل کاری	lowering	Knuckle to Shoulder	۳۷	۵۱	۲۵		۸	۱۳
۱۷	تکمیل کاری	lowering	Knuckle to Shoulder	۳۷	۲۵	۲۵	یک بار در هر ۹ ثانیه	۸	۱۳
۱۸	ماهیچه گذاری	lowering	Knuckle to Shoulder	۲	۵۱	۳۸	یک بار در هر یک دقیقه	۱۱	۱۳
۱۹	ماهیچه گذاری	lowering	Knuckle to Shoulder	۵	۵۱	پ۳۸	یک بار در هر یک دقیقه	۱۱	۱۳
۲۰	ماهیچه گذاری	lowering	Knuckle to Shoulder	۱۲	۵۱	۳۸	یک بار در هر یک دقیقه	۱۱	۱۳
۲۱	ماهیچه گذاری	lowering	Knuckle to Shoulder	۲	۲۵	۳۸	یک بار در هر یک دقیقه	۱۲	۱۳
۲۲	ماهیچه گذاری	lowering	Knuckle to Shoulder	۵	۲۵	۳۸	یک بار در هر یک دقیقه	۱۲	۱۳
۲۳	ماهیچه گذاری	lowering	Knuckle to Shoulder	۱۲	۲۵	۳۸	یک بار در هر یک دقیقه	۱۲	۱۳
۲۴	جداسازی	lowering	Knuckle to Shoulder	۷	۲۵	۳۸	یک بار در هر ۹ ثانیه	۸	۱۳
۲۵	ماهیچه گذاری	lowering	Knuckle to Shoulder	۲	۲۵	۳۸	یک بار در هر ۹ ثانیه	۸	۱۳

جدول ۳- نتایج مربوط به نیروی بیومکانیک وارده به مهره L4-L5 کمر در شرایط موجود و اصلاح شده

ردیف	وظیفه	وزن اپراتور(kg)	وزن بار(kg)	زاویه کمر(درجه)	میزان نیروی وارد شده بر حسب نیوتون	اصلاح شده (زاویه صفر) نیرو بر حسب نیوتن
۱	پایین و بالا ریزی بلوک سیلندر در بخش کوره	۷۱	۳۷	۹۰	۴۱۲۰	۲۰۶۱
۲	پایین و بالا ریزی بلوک سیلندر در بخش کوره	۷۵	۳۷	۹۰	۴۲۵۱	۲۰۷۶
۳	پایین و بالا ریزی بلوک سیلندر در بخش کوره	۸۰	۳۷	۹۰	۴۴۱۵	۲۰۹۵
۴	پایین و بالا ریزی بلوک سیلندر در بخش کوره	۷۱	۳۷	۰	۲۰۶۱	۲۰۶۱
۵	پایین و بالا ریزی بلوک سیلندر در بخش کوره	۷۵	۳۷	۰	۲۰۷۶	۲۰۷۶
۶	پایین و بالا ریزی بلوک سیلندر در بخش کوره	۸۰	۳۷	۰	۲۰۹۵	۲۰۹۵
۷	کنترل کیفیت کاسه چرخ	۷۵	۳	۹۰	۲۷۴۴	۵۶۹
۹	کنترل کیفیت کاسه چرخ	۷۵	۱۳	۹۰	۳۷۰۴	۱۵۲۹
۱۰	کنترل کیفیت کاسه چرخ	۷۵	۳	۲۳	۱۴۱۹	۵۶۹
۱۱	کنترل کیفیت کاسه چرخ	۷۵	۱۳	۲۳	۲۳۷۹	۱۵۲۹
۱۲	تکمیل کاری	۷۸	۳۷	۰	۲۰۸۷	۲۰۸۷
۱۳	تکمیل کاری	۷۸	۳۷	۹۰	۴۳۴۹	۲۰۸۷
۱۴	ماهیچه گذاری	۶۳	۱۲	۲۳	۱۵۳۲	۸۱۸
۱۵	ماهیچه گذاری	۷۸	۱۲	۲۳	۱۷۵۸	۸۷۵
۱۶	ماهیچه گذاری	۹۳	۱۲	۲۳	۱۹۸۵	۹۳۱
۱۷	ماهیچه گذاری	۶۳	۵	۲۳	۱۱۹۳	۴۷۹
۱۸	ماهیچه گذاری	۷۸	۵	۲۳	۱۴۱۹	۵۳۵
۱۹	ماهیچه گذاری	۹۳	۵	۲۳	۱۶۴۵	۵۹۱
۲۰	ماهیچه گذاری	۶۳	۲	۲۳	۱۰۴۷	۳۳۳
۲۱	ماهیچه گذاری	۷۸	۲	۲۳	۱۲۷۳	۳۹۰
۲۲	ماهیچه گذاری	۹۳	۲	۲۳	۱۵۰۰	۴۴۶
۲۳	ماهیچه گذاری	۸۴	۲	۲۳	۱۳۶۴	۴۱۲
۲۴	ماهیچه گذاری	۸۴	۲	۹۰	۲۹۸۱	۴۱۲
۲۵	ماهیچه گذاری	۶۰	۷	۹۰	۲۷۷۰	۵۶۵
۲۶	ماهیچه گذاری	۶۷	۷	۹۰	۲۹۹۹	۵۹۱
۲۷	ماهیچه گذاری	۷۶	۷/۲	۴۵	۲۱۹۳	۶۳۴
۲۸	ماهیچه گذاری	۷۶	۷/۲	۹۰	۲۸۳۸	۶۳۴

است. در ۶۰٪ وظایف حاضر در جدول ۴ وزن بار غیر مجاز می‌باشد که در اغلب آنها وزن قطعه بالا می‌باشد.

بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه ایستگاه‌های با ریسک بالا در شرکت مالیبل سایپا به وسیله روش های ارزیابی حمل دستی

جدول۴- برآورد وزن مجاز بار و تعیین شاخص بلند کردن بار

ردیف	نام وظیفه	وزن بار(kg)	RWL	LI
۱	پایین ریزی بلوک سیلندر پراید	۳۷	۳/۳	۱۱/۱۱
۲	بالا ریزی بلوک سیلندر پراید	۳۷	۵/۵	۶/۶۷
۳	کنترل کیفیت کاسه چرخ	۱۳	۴/۹	۲/۶۶
۴	کنترل کیفیت کاسه چرخ	۳	۴/۹	۰/۶۱
۵	کنترل کیفیت بلوک سیلندر پراید	۳۷	۴/۵	۸/۲۵
۶	ماهیچه گذاری	۱۲	۵/۰	۲/۶
۷	ماهیچه گذاری	۷	۹/۵	۰/۷۴
۸	ماهیچه گذاری	۵	۹/۵	۰/۵۳
۹	ماهیچه گذاری	۲	۹/۵	۰/۲۱
۱۰	کنترل ماهیچه	۷	۲/۱	۳/۳۱

بار از جمله معادله نایوش، جداول اسنوک و برآورد بیومکانیکی نیروی وارده به مهره L4 و L5 مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه وزن مجاز بار در ایستگاه‌های حمل بلوک سیلندر با وزن ۳۷ کیلوگرم با کمک روش نایوش و جداول اسنوک حتی پس از اصلاح شرایط نیز غیر قابل قبول تعیین شد. برآورد نیروی بیومکانیکی کمر نیز نشان داد نیروی وارد شده به کمر در این ایستگاه‌ها بیش از حد مجاز می باشد. با این حال اصلاح زاویه حمل بار منجر شد که برآورد نیروی بیومکانیکی کمر در محدوده مجاز قرار گیرد.

پس از برآورد وزن مجاز در ایستگاه‌های مورد بررسی، مشخص شد در ۶۴٪ از این ایستگاه‌ها در شرایط حاضر و همچنین با وجود اصلاح شرایط کاری هنوز ۵۲٪ ایستگاه‌ها وزنی بیش از حد مجاز بلند می شود که اغلب به دلیل فرکانس بالای حمل قطعات و وزن سنگین همانند بلوک سیلندر با وزن ۳۷ کیلوگرم می‌باشد. در مطالعه ای که توسط آقای فقیه و همکاران در سال ۱۳۹۰ انجام گرفت مشخص شد که در ۸۴٪ از کارگرانی که وظیفه پایین گذاشتن بار و در ۸۶٪ از کارگرانی که وظیفه بلند کردن بار را داشتند، وزن قطعه بیش از حد مجاز بوده است [۱۳]. جهت اصلاح وضعیت کاری مکانیزه کردن ایستگاه‌های حمل قطعات سنگین وزن و نیز اصلاح ارتفاع ایستگاه‌های قطعات سبک می‌باشد، توصیه می‌شود. در مطالعه‌ای در صنعت ساخت تراشه‌های سیلیکونی به منظور اصلاح شرایط حمل بار صورت گرفت، پس از بکار گیری جک هیدرولیک به عنوان ابزار کمکی مشخص گردید، بهره وری حدود ۴۰۰٪ افزایش یافت [۱۴].

بررسی نتایج حاصل از تعیین حد مجاز بار توسط معادله سازمان نایوش نشان داد شاخص بار در ۴۰٪ از ایستگاه‌های کاری دارای ریسک بسیار بالا (LI>3) بوده و ۲۰٪ از ایستگاه‌ها نیز ریسک بالا (1<LI<3) داشته اند. در مطالعه ای که توسط آقای چوبینه و همکاران در سال ۱۳۹۱ انجام پذیرفت مشخص شد ۹۶٪ از کارگران، وزنی با سطح ریسک بسیار بالا حمل می‌کردند [۱۵]. همچنین در پژوهشی که سال ۲۰۰۹ جهت بررسی وظیفه بلند کردن و پایین گذاشتن ورقه های استیلی با وزن متوسط ۳۳ کیلوگرم و فرکانس ۰/۲ بار در دقیقه بررسی شد و میزان وزن مجاز بار در مبدأ و مقصد با استفاده از معادله نایوش به ترتیب ۵/۷۳ و ۷/۴۴ کیلوگرم و اندیس بلند کردن بار ۵/۸ و ۴/۴ محاسبه شد [۹]. جهت اصلاح وضعیت کار توصیه می شود ارتفاع جابجایی قطعه و فواصل حمل بار اصلاح گردد با این حال در مطالعه ای توسط خانم ورمزیار و همکاران در سال ۱۳۹۰ صورت گرفت مشخص شد با کاهش میزان چرخش کمر و فواصل بار شاخص بلند کردن بار (LI) به کمتر از ۱ نیز می رسد همچنین افزایش ارتفاع اولیه بار و نزدیک کردن آن به بدن فرد منجر به کاهش شاخص بلند کردن بار شده است [۸].

برآورد نیروی بیومکانیک کمر در افراد مورد مطالعه در

این پژوهش مشخص کرد وزن سنگین قطعه مسئول بیشترین نیروی وارده به کمر می باشد و اصلاح زاویه کمر در حین حمل بار منجر به کاهش میزان نیروی وارد شده به کمر می‌گردد. بدترین شرایط اعمال نیرو در بلند کردن قطعاتی بوده که وزن ۳۷ کیلوگرم داشته و در ارتفاع نزدیک به زمین قرار گرفته اند. تمام کارگرانی که مسئول بلند کردن قطعاتی با وزن کمتر از ۳۷ کیلوگرم بودند، نیروی وارده به کمرشان نیز در حد مجاز بدست آمد این در حالیست که در اکثر این ایستگاه‌ها وزن محاسبه شده مجاز جهت حمل بار توسط روش نایوش و جداول اسنوک بسیار کمتر از وضع موجود بوده است. در مطالعه‌ای که توسط الفتوری و تابونز [9] در سال ۲۰۰۲ با استفاده از روش مشابه برآورد نیروی بیومکانیکی انجام گرفت حداکثر نیروی وارد شده به کمر برابر ۳۶۸۵ نیوتن بدست آمد که در این بین ۵۴٪ کارگران متحمل نیرویی بیش از حد مجاز (۳۴۰۰ نیوتن) در ناحیه کمر خود بوده اند همچنین در این مطالعه محققان نتیجه گرفتند که کارگران وزنی را بلند می کرده‌اند که متناسب با ظرفیت آنها باشد [۱۶].

مطالعه انجام شده صرفاً بر نحوه بلند کردن بار و شرایط بیومکانیک توجه داشته و نوع حالت بدن و پوسچر فرد را در نظر نگرفته است. همچنین به نظر می‌رسد حد مجاز بار و نیروی وارد شده به کمر همگی تحت تاثیر تناسب بدنی فرد، ابعاد آنتروپومتریک و حتی زمان شیفت کاری کارگر قرار دارند با این حال روش‌های بکار گرفته شده در این مطالعه کمتر به این مباحث توجه می‌کند. اگر این تحقیق با کمک روش 3DSSPP انجام می‌پذیرفت بخشی از این محدودیت‌ها رفع و جنبه های بیشتری در کار فرد دخالت داده می‌شد. جهت مطالعات آتی توصیه می شود روش جامع تر همانند روش ذکر شده بکار گرفته شود.

تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر بخشی از طرح تحقیقاتی مصوب مرکز پژوهش‌های دانشجویی علوم پزشکی تهران به شماره ۹۲-۰۲-۶۱-۲۰۹۵۲ می‌باشد.

منابع

1. Habibi A, Kazemi M, Hassanzadeh A. Relationship between handling capacity by NIOSH equation and risk of MSDS in Esfehan by RULA. Nezam salamat; 1391, 8(1): 131-136. [In Persian]

2. A Health and Safety Guideline for Your Workplace for manual material handling; Industrial Accident Prevention Association; 2008.

3. Guidelines for Manual Material Handling, Human Resources and Environment, Health & Safety; 2011.

4. Marras W, Fine L, Ferguson A, Waters R. The effectiveness of commonly used lifting assessment methods to identify industrial jobs associated with elevated risk of low-back disorders. Biodynamic Laboratory, ERGONOMICS;1999, 42(1): 229-245.

5. Marras W. Occupational low back disorder causation and control. Biodynamic Laboratory, the Institute for Ergonomics, Ohio State University Columbus; 2000, 43(7): 880-902.

6. National Technical Information Service. Scientific support documentation for the revised 1991 NIOSH lifting equation. Technical Contract Reports, NTIS NO.PB-91; 1991: 226-74.

7. Afshari D, Hafezi M, Amozadeh M. Evaluation of complex lifting index in Ahvaz Soft Drink Industries using equation of NIOSH. Iran Occupational Health Journal. 2005; 2 (1) :74-78. . [In Persian].

8. Varmazyar S, Sayrafi H, Nikpay A. Assessing the recommended weight limit in manual carrying of loads in packaging lines of a factory in Qazvin. JQUMS; 2011, 15(2): 78-85.

9. Maria L, Eliana R. Proposed procedures for measuring the lifting task variables required by the revised NIOSH lifting equation – A case study. International Journal of Industrial ergonomics; 2009, 39:15-22.

10. Thomas R, Waters, Putz-Anderson V, Garg A. Application manual for the revised NIOSH lifting equation. U.S. department of health and human services public health service; 1994.

11. Snook S H, Ciriello V M. The design of manual handling tasks, revised tables of maximum acceptable weights and forces Ergonomics; 1991, 34(9):1197-1213.

[9]. Elfeturi and Tabouns

12. Donald S. Bloswick. Estimation of Stresses Associated with Manual Material Handling Tasks: Back Compressive Force. University of Utah, Dept of Mechanical Engineering Salt Lake City, v1.1 2/17/02 © 2002. Edited by Thomas E. Bernard.

13. Faghih M.A, et al. Evaluation of manual material handing in one of iron casting workshop in Hamedan city by using Snook tables. First Congress of student survey of Hormozgan medical university, Iran; 2010. [In Persian].

14. The Ergonomics of Manual Material Handling, Pushing and Pulling Tasks. in co-operation with Ergo-Web; 2012.

15. Chobineh A, et al. Ergonomic assessment of manual material handling by NIOSH equation and MAC in a rubber industry; 1390, No.6001-90. [In Persian]

16. Elfeituri F, Taboun S. An Evaluation of the NIOSH Lifting Equation: A Psychophysical and Biomechanical Investigation. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics; 2002, 8(2), 243–258.

Evaluation of the risks factors for manual material handling in a metal casting industry in Iran

Z Panjali[1], A Mazloumi[2], H Ahsani[3], E Rezaee[4]

Received: 2013/02/16 Revised: 2013/05/21 Accepted: 2013/09/02

Abstract

Abstract:
Background and aim: In most industries, manual material handling is an inevitable part of the job. Acute low back pain and workers disability are most important injuries caused by manual material handling tasks. Therefore, evaluation of workplace and working conditions and interventional countermeasures are essential. The aim of this study was to evaluate the biomechanical risk factors of manual material handling in a metal casting industry in Iran.
Methods: In this study, first, tabular task analysis using TTA technique was adopted in some selected jobs in the high risk work stations. Then, using NIOSH equation as well as Snook tables permissible weight load was determined for each of the evaluated work stations. Simultaneously, biomechanical estimation of compressive force on low back area was done by Utah methodology.
Results: The results of this study showed that in case of exceeding the load more than 37 kg, the compressive force will be in an unacceptable range. Similar finding was acquired using NIOSH equation and Snook tables. In further assessments, determined risks were still high, even by correcting the angle or lifting distance of the manual material handling. Evaluating by NIOSH equation it was revealed that 60% of work stations had impermissible load weights.
Conclusion: According to the results of the current study, work mechanization is the best interventional activity that may decline the risk level. In case of lower frequency of load lifting, correcting the low back angle as well as decreasing the load distance from the front of the body is recommended.

Keywords: MMH, NIOSH equation, Snook tables, biomechanical, Metal Casting,

1. MSc Student, Department of Occupational Health, School of Public Health and Institute of Public Health Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2.(**Corresponding author**) Assistant Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health and institute of Public Health Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. amazlomi@tums.ac.ir
3. BSc, Department of Occupational Health, School of Public Health and Institute of Public Health Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4. BSc, Department of Occupational Health, School of Public Health and Institute of Public Health Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.