Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 5, Issue 1, Spring 2018, Pages: 25-34

Original Article

doi: 10.21859/johe-5.1.25

Comparative Evaluation of Manual Materials Handling Using Snook Tables and National Institute for Occupational Safety and Health Lifting Equation in Stone Cutting Workshops

Ebrahim Darvishi[1], Omid Giahi[1], Neda Mahdavi[2,*]

[1] *Department of occupational Health Engineering, Faculty of Health, Environmental Health Research Center, Research Institute for Health Development, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran*
[2] *Department of Ergonomics, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*

***Corresponding Author:** Neda Mahdavi, Department of Ergonomics, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. Email: nmahdavi1@yahoo.com*

Received: 26/12/2017
Accepted: 28/05/2018

How to Cite this Article:
Darvishi E, Giahi O, Mahdavi N. Comparative Evaluation of Manual Materials Handling Using Snook Tables and National Institute for Occupational Safety and Health Lifting Equation in Stone Cutting Workshops. *J Occup Hyg Eng*. 2018; 5(1): 25-34. DOI: 10.21859/johe-5.1.25

Abstract

Background and Objective: Manual materials handling (MMH) by lifting, carrying, lowering, pulling, and pushing is very common in work environments. The aim of this study was to determine the prevalence of musculoskeletal disorders and to compare the evaluation of MMH using Snook Tables and National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) lifting equation in stone cutting workshops.

Materials and Methods: This cross-sectional study was carried out among 100 workers in stone cutting workshops, 2017. Snook Tables, NIOSH lifting equation, and General Nordic questionnaire were used to assess MMH tasks and the incidence of musculoskeletal disorders. Finally, these two methods were compared in terms of agreement on risk assessment.

Results: The results showed that 48% of the workers experienced pain at least once during the past year with highest frequency in the low back (48%), elbows (44%), and shoulders (36%). Weights of the loads were more than the recommended weight limit (RWL) obtained from the NIOSH equation and Snook Tables. Regarding the results of both methods, the risk level was high in different workshops. The comparison of two methods showed that their accuracy for risk assessment were quite different.

Conclusion: The results showed high prevalence of musculoskeletal disorders among workers. Therefore, ergonomic measures are necessary to improve working conditions. It seems that NIOSH lifting equation has higher accuracy and stricter than Snook Tables in the risk and RWL estimation.

Keywords: Ergonomic Assessment; Manual Material Handling; National Institute for Occupational Safety and Health Lifting Equation; Snook Tables

Archive of SID

www.SID.ir

Copyright © 2018 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

مقاله پژوهشی

doi: 10.21859/johe-5.1.25

ارزیابی مقایسه‌ای حمل دستی بار به روش جداول Snook و معادله NIOSH در کارگران کارگاه‌های سنگ‌بری

ابراهیم درویشی[۱]، امید گیاهی[۱]، ندا مهدوی[۲،*]

[۱] گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت محیط کردستان، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران

[۲] گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* **نویسنده مسئول:** ندا مهدوی، گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

ایمیل: nmahdavi1@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۰۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۰۷

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: فعالیت‌ها و وظایف جابه‌جایی دستی بار (Manual Material Handling) (شامل: بلندکردن، حمل‌کردن، پایین‌آوردن، کشیدن و هل‌دادن) در محیط‌های کاری بسیار معمول می‌باشند. در این راستا، هدف از مطالعه حاضر تعیین میزان ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی و ارزیابی مقایسه‌ای حمل دستی بار به روش جداول Snook و معادله NIOSH در کارگاه‌های سنگ‌بری بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی- تحلیلی- مقطعی در سال ۱۳۹۶ در ارتباط با ۱۰۰ کارگر شاغل در کارگاه‌های سنگ‌بری اجرا شد. برای تعیین شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی از پرسشنامه Nordic، جداول Snook و معادله NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) برای ارزیابی وظایف حمل دستی بار استفاده گردید. در نهایت این دو روش به لحاظ میزان توافق در ارزیابی ریسک با یکدیگر مقایسه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در مجموع ۴۸ درصد از کارگران طی یک سال گذشته حداقل یک بار درد را تجربه کرده بودند که در این ارتباط کمر (۴۸ درصد)، آرنج (۴۴ درصد) و شانه (۳۶ درصد) دارای بیشترین فراوانی بودند. نتایج ارزیابی نیز نشان از سطح بالای ریسک در واحدهای مختلف و همبستگی معنادار آن با میزان شیوع ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی داشت. شایان ذکر است که وزن بار بیشتر از حد توصیه‌شده وزنی مجاز به‌دست‌آمده از معادله NIOSH و حتی جداول Snook بود. مقایسه نتایج دو روش نشان داد که دقت دو روش در برآورد ریسک کاملاً متفاوت است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان دادند که شیوع ناراحتی‌های اسکلتی عضلانی در کارگران بالا بوده و انجام اقدامات ارگونومیکی جهت بهبود شرایط کار ضروری می‌باشد. به نظر می‌رسد که روش با وجود محدودیت در ارزیابی NIOSH در برآورد ریسک و حدود وزنی توصیه شده از دقت بالاتر و سختگیرانه‌تری نسبت به جداول اسنوک برخوردار باشد.

واژگان کلیدی: اختلالات اسکلتی- عضلانی؛ ارزیابی ارگونومیکی؛ جداول اسنوک؛ حمل دستی بار؛ معادله NIOSH

مقدمه

فعالیت‌ها و وظایف جابه‌جایی دستی بار (شامل: بلندکردن، حمل‌کردن، پایین‌آوردن، کشیدن و هل‌دادن) در محیط‌های کاری بسیار معمول هستند [۱]. این فعالیت‌ها با وجود پیشرفت‌های تکنولوژیکی گسترده در فرایندهای مختلف تولیدی و صنایع و حتی در امور غیر شغلی و غیر تولیدی همچنان به‌صورت یکسان و بدون تغییر باقی مانده‌اند و جابه‌جایی دستی کالا و بلندکردن بار به دفعات زیاد اتفاق می‌افتد [۲]. جابه‌جایی مواد در بیشتر فرایندهای کاری وجود دارد؛ اما حدود کمتر از ۱۰ درصد آن نیازمند جابه‌جایی دستی است. این فعالیت‌ها از جمله فعالیت‌های خطرناک بوده و سطح خطر آن‌ها به ویژگی‌های بار (شامل: وزن، اندازه، شکل و جفت‌شدن دست با بار)، شرایط محیط کار و ایستگاه کاری (شامل: لغزندگی سطح کار، انتقال بار به فواصل طولانی، وجود موانع در مسیر و تنگ و محدودبودن مسیر جابه‌جایی، دما، روشنایی، صدا و رطوبت محیط) و فاکتورهای روانی مانند استرس بستگی دارد [۳-۵]؛ بنابراین فعالیت‌های جابه‌جایی دستی بار به دلیل اینکه منبع وسیعی از

Archive of SID

www.SID.ir

خستگی، اختلالات اسکلتی- عضلانی، خسارات و غرامت‌های کاری، افزایش غیبت از کار و در نتیجه کاهش بهره‌وری و ایمنی و افزایش حوادث کاری هستند از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند. اختلالات اسکلتی- عضلانی ناشی از حمل دستی بار شامل آسیب‌های فیزیکی حاد و نیز ایجاد استرین‌هایی در نواحی کمر، شانه‌ها و بازوها است. این اختلالات قابلیت ایجاد دردهای طولانی‌مدت، ناتوانی و حتی ضرورت انجام عمل جراحی و نیز خسارات مالی را برای فرد صدمه‌دیده به همراه دارند [۶،۷]. یکی از رایج‌ترین اختلالات اسکلتی- عضلانی که در اثر ریسک‌فاکتورهای مختلفی از جمله حمل دستی بار ایجاد می‌شود، کمردردهای شغلی است. براساس یافته‌های آماری حدود ۵۰ درصد از کمردردها مربوط به بلندکردن، ۱۰ درصد مربوط به هل‌دادن و کشیدن و ۶ درصد مربوط به حمل بار می‌باشد [۸،۹]. عدم توجه به این مهم نه‌تنها از نظر سلامت و ایمنی شغلی کارگران باعث بروز مشکلات جسمانی می‌شود؛ بلکه از دیدگاه اقتصادی نیز به بروز خسارت‌های مالی می‌انجامد [۹]. بنا بر گزارش مؤسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی (NIOSH) در سال ۱۹۸۸، بیش از ۶۰ درصد از مشکلات ستون فقرات در آمریکا مربوط به ناحیه کمر (کمردرد) بوده و سالانه حدود ۲۲/۴ میلیون نفر در آمریکا (شیوع ۱۷/۶ درصد) با درجات مختلف به این‌گونه صدمات مبتلا می‌شوند که ۶۵ درصد از این افراد کارگر هستند [۱۰]. این گزارش حاکی از آن است که حدود یک‌چهارم از غرامت‌های کارگری مربوط به کمردرد می‌باشد و کمردرد منجر به ازدست‌رفتن ۱۴۹/۱ میلیون روز کاری در این کشور می‌شود [۱۰]. علاوه‌براین بنا بر گزارش سال ۲۰۱۲ کمیسیون ایمنی و بهداشت انگلستان، ۲۷/۵ درصد از حوادث مربوط به جابه‌جایی دستی کالا است [۱۱].

در حوزه علم ارگونومی در جهت ارزیابی و بررسی این فعالیت‌ها ابزارها، تکنیک‌ها و روش‌های خاصی شامل: تکنیک‌های سایکوفیزیکی، بیومکانیکی، ذهنی، مشاهده‌ای، آنالیز پوسچر و یا ترکیبی از آن‌ها طراحی و پیشنهاد شده است که در دهه‌های اخیر به دفعات زیاد در حوزه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از جمله این روش‌ها می‌توان به (Manual Handling Assessment Charts (MAC، روش موسسه صنعتی ARBOUW، Man TRA (Manual Tasks Risk Assessment)، معادله NIOSH، جداول حدود مجاز بلند و حمل‌کردن، هل‌دادن و کشیدن بار ILO (International Labour Organization)، جداول Snook و TLV ACGIH اشاره کرد [۱۲]. با توجه به اهمیت عوامل خطرزای ارگونومیکی، هدف اصلی برنامه‌های ارگونومی بر پیشگیری از ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی مرتبط با وظایف حمل و جابه‌جایی بار و وظایف تکراری متمرکز شده است [۱۳]. از جمله اقدامات پیشگیرانه‌ای که در این زمینه توسط سازمان‌ها و پژوهشگران مختلف صورت گرفته است، تعیین حدود مجاز و روش‌های تعیین وزن مجاز در وظایف حمل دستی بار می‌باشد. شرایط کار در کارگاه‌های سنگ‌بری به‌گونه‌ای است که حمل و جابه‌جایی دستی انواع مختلفی از بارها با ابعاد و وزن‌های مختلف و شرایط متفاوت انجام می‌شود؛ در نتیجه احتمال می‌رود که کارگران این بخش با عوامل آسیب‌زای ارگونومیکی زیادی مواجه باشند. از آنجایی که تاکنون پژوهشی در سطح ملی و بین‌المللی در زمینه اختلالات اسکلتی- عضلانی کارگران این صنایع انجام نشده است؛ بنابراین لزوم شناسایی و ارزیابی ریسک‌فاکتورهای ایجادکننده اختلالات اسکلتی- عضلانی در این صنعت و صنایع مشابه ضروری می‌باشد. در این ارتباط، هدف از مطالعه حاضر تعیین میزان ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی، ارزیابی وظایف حمل دستی بار (بلندکردن و حمل بار) با استفاده از دو روش معادله بار NIOSH در سال ۱۹۹۱ [۱۴] و جداول Snook [۱۵] و مقایسه نتایج دو روش به لحاظ میزان توافق در ارزیابی ریسک در کارگاه‌های سنگ‌بری بود.

مواد و روش‌ها

مطالعه توصیفی- تحلیلی- مقطعی حاضر در سال ۱۳۹۶ در ارتباط با کلیه کارگاه‌های سنگ‌بری در شهرستان قروه (۱۴ کارگاه) که شامل ۱۰۰ کارگر مرد بودند انجام شد. تمام کارگران مورد مطالعه در این کارگاه‌ها دارای وظایف حمل دستی بار بودند. محصولات عمده این کارگاه‌ها سنگ‌های کریستال و گرانیت و پله پیش‌ساخته بود. در این کارگاه‌ها کار جابه‌جایی سنگ‌ها در تمام واحدها به‌صورت دستی انجام می‌شد؛ در بیشتر قسمت‌ها انتقال با دو دست صورت می‌گرفت و تنها در انبار به کمک بلندکردن دستی و حمل با گاری انجام می‌شد؛ از این رو مطابق با هدف پژوهش، ابتدا میزان شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی کارگران با استفاده از پرسشنامه Nordic مورد ارزیابی قرار گرفت و از بخش عمومی این پرسشنامه برای تعیین میزان شیوه ارزیابی استفاده گردید [۱۶]. همچنین، به‌منظور ارزیابی ریسک فعالیت بلندکردن بار انفرادی و تعیین وزن مجاز بلندکردن بار در واحدهای مختلف سنگ‌بری از روش‌های معادله NIOSH و جداول Snook استفاده گشت.

برای انجام ارزیابی با استفاده از روش معادله NIOSH، ابتدا وزن سنگ‌های قابل حمل دستی و فواصل افقی و عمودی بین دست‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین، میزان جابه‌جایی بار در سطح قائم و تعداد دفعات بلندکردن بار در دقیقه محاسبه شد و کیفیت جفت‌شدن دست با بار و مقدار عددی هریک از متغیرهای مورد نیاز به‌دست آورده شد. سپس، ضرایب متناظر با مقدار عددی متغیرها از جداول مربوطه استخراج گردید. بر مبنای حد توصیه‌شده وزن بار و تعیین ضرایب در معادله NIOSH، فعالیت بلندکردن بار انفرادی در هر واحد محاسبه و سپس برای هرکدام از آن‌ها شاخص بلندکردن بار طبق فرمول محاسبه گردید. در نهایت براساس مقدار شاخص بلندکردن بار، احتمال خطر ابتلا به اختلالات اسکلتی- عضلانی به‌ویژه آسیب کمری و نوع اقدام کنترلی مورد نیاز مشخص گردید. برای انجام

Archive of SID

www.SID.ir

ارزیابی دقیق با استفاده از روش جداول Snook از نرم‌افزار آن استفاده شد. در ادامه برای وظایف بلندکردن/ پایین‌آوردن، پارامترهای نیروی اعمال‌شده، فاصله بلندکردن یا پایین‌آوردن، فاصله دست و فرکانس هر بار بلندکردن اندازه‌گیری گردید. برای وظایف حمل بار نیز پارامترهای نیروی اعمال‌شده جهت حمل، ارتفاع دست، فاصله حمل و فرکانس هر بار حمل‌کردن محاسبه شد. علاوه‌براین برای وظایف هل‌دادن بار، پارامترهای نیروی اولیه، نیروی نگهدارنده، ارتفاع دست و فرکانس هر بار هل‌دادن برای هر فعالیت به‌طور جداگانه اندازه‌گیری گردید. به‌منظور اندازه‌گیری نیروی مورد نیاز در وظایف مربوط به حمل دستی بار در کارگران مورد مطالعه از نیروسنج دیجیتالی استفاده شد.

معادله بلندکردن بار NIOSH

معادله نسخه جدید بلندکردن بار NIOSH روشی تجربی برای محاسبه حد وزن توصیه‌شده می‌باشد که در ارزیابی فشار فیزیکی ناشی از بلندکردن دو دستی بار به کار می‌رود. رابطه معادله NIOSH شامل هفت ضریب به‌صورت

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

(Recommended Weight Limit) می‌باشد. حد توصیه‌شده وزنی (RWL) در این معادله میزان باری است که بیشتر کارگران سالم بتوانند آن را در یک دوره زمانی معین (حداکثر هشت ساعت) جابه‌جا کنند و در اثر آن به عوارض کمری ناشی از حمل کالا مبتلا نشوند. ثابت LC عدد ثابت (۲۳ کیلوگرم)، HM ضریب متناظر با فاصله افقی بین دست‌ها در محل گرفتن بار تا نقطه میانی بین مچ پاها، VM ضریب متناظر با فاصله قائم بر حسب اینچ یا سانتی‌متر بین دست‌ها در محل گرفتن بار تا کف کارگاه، DM ضریب متناظر با میزان جابه‌جایی بر حسب اینچ یا سانتی‌متر بار در سطح قائم (اختلاف ارتفاع محل برداشتن بار و قراردادن آن)، AM ضریب متناظر زاویه انحراف تنه از سطح ساجیتال بر حسب درجه، FM ضریب متناظر با متوسط تعداد دفعات بلندکردن بار در دقیقه و CM ضریب متناظر با کیفیت جفت‌شدن دست با بار می‌باشد. برای تعیین شاخص بلندکردن بار (Lifting Index) از فرمول LI=L/RWL(kg) که در آن L وزن بار بر حسب کیلوگرم و RWL وزن بار توصیه شده است استفاده می‌گردد [۱۴،۱۶]. در این پژوهش مقدار RWL و LI برای هر دو وضعیت مبدأ و مقصد محاسبه گشت. ذکر این نکته ضرورت دارد که مقدار LI نباید بیشتر از ۳ باشد. در صورتی که LI≤۱ به‌دست آید، خطر آسیب کمری در فعالیت مورد نظر وجود نخواهد داشت؛ اگر ۳>LI>۱ به‌دست آید، احتمال آسیب وجود دارد (طرح‌های ارگونومیک برای کاهش LI به مقدار ۱ لازم می‌باشد)؛ اگر LI≥۳ به‌دست آید، خطر آسیب کمری زیاد می‌باشد (تغییر سیستم کار و استفاده از روش‌های خودکار ضروری خواهد بود).

جداول Snook

یک روش سایکوفیزیکی (روانی- جسمی) است که برای ارزیابی جابه‌جایی دستی بار و تعیین حدود مجاز بلندکردن بار بر مبنای پارامترهایی از قبیل تکرار بلندکردن، ارتفاع بلندکردن و مشخصات بار مورد استفاده قرار می‌گیرد. مجموعه داده‌های سایکوفیزیکی توسط Snook و همکاران در سال ۱۹۹۱ جمع‌آوری شده و به جداول Snook معروف می‌باشد [۱۵]. این جداول شامل: حداکثر وزن قابل قبول جهت بلندکردن و پایین‌آوردن، حداکثر وزن قابل قبول برای کشیدن و هل‌دادن و حداکثر وزن قابل قبول به‌منظور حمل‌کردن بار است. این جداول دارای محدوده‌های پوشش ۱۰،۲۵،۵۰،۷۵ و ۹۰ درصد می‌باشند. برای تعیین وزن قابل قبول در هر وظیفه ابتدا پارامترهایی شامل: تکرار بلندکردن/ پایین‌آوردن در روز، فاصله بلندکردن/ پایین‌آوردن بار و فاصله افقی از بدن تعیین می‌شود و ارزیابی در سه ناحیه بالای شانه (فاصله بیشتر از ۱۳۸ سانتی‌متر)، شانه تا پیش مشت (فاصله بین ۷۴ تا ۱۳۸ سانتی‌متر) و پیش مشت تا کف (فاصله کمتر از ۷۴ سانتی‌متر) صورت می‌گیرد. در وظیفه حمل بار، تکرار حمل بار در روز و فاصله حمل مهم‌ترین پارامترهای مورد نیاز هستند. جداول وزن مجاز در وظیفه حمل بار، حمل در حدود ارتفاع مچ (آرنج خمیده) و حمل با بازوان باز در زیر ارتفاع مچ (آرنج صاف) می‌باشند. برای وظیفه هل‌دادن و کشیدن بار، نیروی آغازین، مسافت هل‌دادن و کشیدن و نیروی ثابت در زمان هل‌دادن و کشیدن مهم‌ترین پارامترهای اختصاصی هستند. فرضیات طراحی این مدل شامل: جفت‌شدن مناسب بار با دست، جابه‌جایی دو دستی و متقارن بار، تکرار متوسط بلندکردن، پوسچر کاری غیرمحدود و مطلوب‌بودن محیط فیزیکی است [۱۵]. شایان ذکر می‌باشد که فعالیت‌های جابه‌جایی دستی بار باید حداقل ۷۵ درصد از جمعیت را پوشش دهند؛ با این وجود، طراح باید سعی کند تا حد امکان محدوده پوشش طراحی را به ۹۰ درصد برساند.

در نهایت نتایج ارزیابی حمل دستی بار کارگران سنگ‌بری با استفاده از دو روش فوق و با درنظرگرفتن محدودیت‌ها و کاربردهای آن‌ها به لحاظ میزان توافق در ارزیابی ریسک مقایسه گردیدند و نتایج به‌دست‌آمده از آن‌ها با میزان شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی تحلیل شدند.

یافته‌ها

اطلاعات توصیفی مربوط به متغیرهای زمینه‌ای و دموگرافیک ۱۰۰ کارگر سنگ‌بری در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین سن و سابقه کاری افراد مورد مطالعه به‌ترتیب ۳۳/۶۳ و ۱۲/۲۳ سال می‌باشد. نتایج تجزیه و تحلیل ویژگی‌های دموگرافیک کارگران مورد مطالعه در

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: نتایج عوامل زمینه‌ای و دموگرافیک کارمندان بانک شرکت‌کننده در مطالعه

متغیرهای کمی		میانگین	انحراف معیار
سن		۳۳/۶۳	۱۰/۴۳
سابقه کار		۱۲/۲۳	۴/۷۸
متغیرهای کیفی		**فراوانی**	**درصد**
میزان تحصیلات	بی‌سواد	۴	۴
	ابتدایی	۱۴	۱۴
	راهنمایی	۱۰۰	۳۵
	دیپلم	۱۲	۴۷
وضعیت تأهل	مجرد	۳۲	۳۲
	متأهل	۶۸	۶۸

جدول ۱ ارائه شده است.

علاوه‌براین، نتایج حاصل از تعیین میزان ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی با استفاده از پرسشنامه Nordic نشان می‌دهد که در مجموع ۴۸ درصد از کارگران در یک سال گذشته حداقل یک بار درد را در یکی از اندام‌های نه‌گانه خود تجربه کرده‌اند که کمر (۴۸ درصد)، آرنج (۴۴ درصد) و شانه (۳۶ درصد) دارای

جدول ۲: شیوع اختلالات اسکلتی– عضلانی در نواحی مختلف بدن در یک سال و یک هفته اخیر در کارگران کارگاه‌های سنگ‌بری

	اختلالات اسکلتی– عضلانی	
اندام‌های بدن	**در یک سال اخیر**	**در یک هفته اخیر**
	فراوانی (درصد)	**فراوانی (درصد)**
آرنج	۲۲ (۴۴)	۳۶ (۷۲)
پشت	۱۳ (۲۶)	۱۰ (۲۰)
گردن	۶ (۱۲)	۷ (۱۴)
دست/ مچ دست	۱۰ (۲۰)	۱۱ (۲۲)
شانه	۱۸ (۳۶)	۱۳ (۲۶)
کمر	۲۴ (۴۸)	۱۴ (۲۸)
ران/ باسن	۴ (۸)	۲ (۴)
پا و قوزک پا	۶ (۱۲)	۵ (۱۰)
زانو	۱۰ (۲۰)	۲ (۴)

بیشترین فراوانی بوده‌اند. جدول ۲ نشان‌دهنده نتایج حاصل از پرسشنامه Nordic می‌باشد.

نمونه‌هایی از وظایف و فعالیت‌های حمل دستی بار مورد ارزیابی در کارگران در شکل ۱ ارائه شده است.

شکل ۱: نمونه‌هایی از وظایف مربوط به بلندکردن/ پایین‌آوردن بار، حمل‌کردن و هل‌دادن بار در کارگاه‌های سنگ‌بری

www.SID.ir

نتایج حاصل از ارزیابی به روش NIOSH

نتایج حاصل از ارزیابی فعالیت بلندکردن بار به روش NIOSH (جدول ۳ و ۵) نشان داد که سطح ریسک بلندکردن در بیشتر بارها در واحد برشکاری و بارگیری در سطح ریسک ۳ می‌باشد که این مهم بیانگر آن است که در این واحد احتمال آسیب‌های کمری در کارگران وجود دارد و باید طرح‌ها و الگوهای ارگونومیکی برای کاهش فشار جسمانی انجام شود. سطح ریسک بلندکردن بارها در واحد انبار سنگ نیز در سطح متوسط و بالا (سطح ریسک ۲ و ۳) بود (جدول ۴). این سطح ریسک حاکی از آن است که خطر آسیب کمری در این واحد بسیار زیاد می‌باشد.

نتایج حاصل از ارزیابی به روش Snook

نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی وظایف بلندکردن/ پایین‌آوردن، حمل‌کردن و هل‌دادن بار با استفاده از جداول Snook در کارگاه‌های سنگ‌بری نشان می‌دهد که وزن بار بلندشده از حداکثر وزن قابل قبول بالاتر است. این نتایج در جداول ۶، ۷ و ۸ ارائه شده‌اند.

جدول ۳: نتایج ارزیابی فعالیت بلندکردن بار در واحد برشکاری و سمباده‌زنی (ساب) سنگ با استفاده از معادله NIOSH

محل	نوع بار	وزن بار	حد وزنی توصیه‌شده	شاخص بلندکردن بار		
				LI≤۱	۳>LI>۱	LI≥۳
مبدأ بلندکردن سنگ از سطح زمین	سنگ کریستال ۴۰×۳۰۰	۵۲/۸ کیلوگرم	۱۲/۰۹۴	–	–	۴/۳
	سنگ گرانیت ۴۰×۴۰	۶۰ کیلوگرم	۱۰/۴۸	–	–	۵/۷
	سنگ کریستال ۴۰×۴۰	۱۲ کیلوگرم	۱۲/۰۹۴	۰/۹۹	–	–
	پله	۴۵ کیلوگرم	۱۰/۴۸	–	–	۴/۳
مقصد قراردادن سنگ بر روی ریل دستگاه‌های برش و ساب	سنگ کریستال ۴۰×۳۰۰	۵۲/۸ کیلوگرم	۱۱/۲۸	–	–	۴/۶
	سنگ گرانیت ۴۰×۴۰	۶۰ کیلوگرم	۲۰	–	–	۳
	سنگ کریستال ۴۰×۴۰	۱۲ کیلوگرم	۱۹/۹۷	۰/۶	–	–
	پله	۴۵ کیلوگرم	۱۹/۵۸	–	۲/۳	–

جدول ۴: نتایج ارزیابی فعالیت بلندکردن بار در واحد انبار سنگ با استفاده از معادله NIOSH

محل	نوع بار	وزن بار	حد وزنی توصیه‌شده	شاخص بلندکردن بار		
				LI≤۱	۳>LI>۱	LI≥۳
مبدأ بلندکردن از سطح زمین	سنگ کریستال ۴۰×۳۰۰	۵۲/۸ کیلوگرم	۱۱/۲۹	–	۲/۶۵	–
	سنگ گرانیت ۴۰×۴۰	۶۰ کیلوگرم	۹/۸	–	–	۳/۰۶
	سنگ کریستال ۴۰×۴۰	۱۲ کیلوگرم	۹/۸	–	–	۳/۰۶
	پله	۴۵ کیلوگرم	۱۲/۷۴	–	–	۳/۵
مقصد قراردادن سنگ در گاری	سنگ کریستال ۴۰×۳۰۰	۵۲/۸ کیلوگرم	۱۰/۲	–	۲/۹	–
	سنگ گرانیت ۴۰×۴۰ (۳۰ کیلوگرم)	۶۰ کیلوگرم	۱۰/۲۷	–	۲/۹۲	–
	سنگ کریستال ۴۰×۴۰ (۱۲ کیلوگرم)	۱۲ کیلوگرم	۱۰/۲۷	–	۲/۹۲	–
	پله (۴۵ کیلوگرم)	۴۵ کیلوگرم	۲۴/۹۴	۱/۸	–	–

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵: نتایج ارزیابی فعالیت بلندکردن بار در واحد بارگیری با استفاده از معادله NIOSH

محل	نوع بار	وزن بار	حد وزنی توصیه‌شده	شاخص بلندکردن بار		
				LI≤۱	۳>LI>۱	LI≥۳
مبدأ بلندکردن از سطح زمین	سنگ کریستال ۴۰×۳۰۰	۵۲/۸ کیلوگرم	۱۰/۱۰	-	-	۵/۲
	سنگ گرانیت ۴۰×۴۰	۶۰ کیلوگرم	۱۰/۹۴	-	-	۵/۴
	سنگ کریستال ۴۰×۴۰	۱۲ کیلوگرم	۱۰/۹۴	-	۱/۰۹	-
	پله	۴۵ کیلوگرم	۱۲/۷۷	-	-	۳/۵
مقصد قراردادن سنگ در گاری	سنگ کریستال ۴۰×۳۰۰	۵۲/۸ کیلوگرم	۶/۲۹	-	-	۸/۴
	سنگ گرانیت ۴۰×۴۰ (۳۰ کیلوگرم)	۶۰ کیلوگرم	۸/۸۸	-	-	۶/۷
	سنگ کریستال ۴۰×۴۰ (۱۲ کیلوگرم)	۱۲ کیلوگرم	۸/۸۸	-	۱/۳	-
	پله (۴۵ کیلوگرم)	۴۵ کیلوگرم	۸/۸۳	-	-	۵

جدول ۶: درصد جمعیت و حداکثر وزن قابل قبول برآوردشده برای وظایف بلندکردن/ پایین‌آوردن بار

نوع فعالیت	نیروی اعمال‌شده (کیلوگرم)	فاصله بلندکردن یا پایین‌آوردن (سانتی‌متر)	فاصله دست (سانتی‌متر)	فرکانس هر بار بلندکردن	درصد جمعیت	حداکثر وزن قابل قبول
بلندکردن و قراردادن سنگ در گاری	۳۰	۵۰	۲۵	۳۰ ثانیه	۱۹ درصد	۱۸
تخلیه و پایین‌آوردن سنگ از گاری	۳۰	۵۰	۵۰	۱ دقیقه	۱۲ درصد	۳۰
بلندکردن و قراردادن پله در گاری	۴۵	۵۰	۲۵	۱ دقیقه	کمتر از ۱۰ درصد	۱۹
تخلیه و پایین‌آوردن پله از گاری	۴۵	۵۰	۵۰	۱ دقیقه	کمتر از ۱۰ درصد	۲۶
بلند کردن و قراردادن سنگ بر روی دستگاه‌های برش و صیقل‌زنی	۶۰	۵۰	۲۵	۵ دقیقه	کمتر از ۱۰ درصد	۳۲
پایین‌آوردن سنگ از روی دستگاه برش و صیقل‌زنی	۶۰	۸۰	۴۰	۵ دقیقه	کمتر از ۱۰ درصد	۳۰

جدول ۷: درصد جمعیت و حداکثر وزن قابل قبول برآوردشده برای وظایف حمل‌کردن بار

نوع فعالیت	نیروی اعمال‌شده جهت حمل (کیلوگرم)	ارتفاع دست (سانتی‌متر)	فاصله حمل (متر)	فرکانس هر بار حمل‌کردن	درصد جمعیت	حداکثر وزن قابل قبول (کیلوگرم)
حمل سنگ کریستال برای قراردادن در گاری	۵۲/۸	۸۰	(۸/۵)	۱ دقیقه	کمتر از ۱۰ درصد	۲۴
حمل سنگ گرانیت برای قراردادن در گاری	۶۰	۸۰	(۴/۳)	۱ دقیقه	کمتر از ۱۰ درصد	۲۴
حمل پله پیش‌ساخته	۴۵	۸۰	(۴/۳)	۱ دقیقه	کمتر از ۱۰ درصد	۲۴

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸: درصد جمعیت و حداکثر وزن قابل قبول برآوردشده برای وظایف هل‌دادن بار

نوع فعالیت	نیروی اولیه (کیلوگرم)	نیروی نگهدارنده	ارتفاع دست	فرکانس هر بار هل‌دادن	درصد جمعیت	حداکثر وزن قابل قبول (کیلوگرم)	
						نیروی اولیه	نیروی نگهدارنده
هل‌دادن گاری نیمه‌پر	۳۰	۲۳/۷	۵۰	۲ دقیقه	۷۶ درصد	۲۷	۲۴
هل‌دادن گاری پر	۸۰	۷۷/۷	۵۰	۲ دقیقه	کمتر از ۱۰ درصد	۴۱	۳۴
هل‌دادن گاری خالی	۴/۵	۲	۵۰	۱ دقیقه	بیشتر از ۹۰ درصد	۶	۲

آنالیز آماری تعیین ارتباط بین علائم و ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی در نواحی مختلف بدن با نتایج ارزیابی حمل دستی بار توسط دو روش معادله NIOSH (P<۰/۰۴۲) و جداول Snook (P<۰/۰۳) با استفاده از آزمون آماری t مستقل نشان داد که رابطه معناداری بین آن‌ها وجود دارد؛ به‌طوری که میزان شیوع ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی با نتایج شاخص بلندکردن بار (LI) در معادله NIOSH و وزن قابل قبول در جداول Snook متناسب است.

بحث

یافته‌های پژوهش نشان از بالابودن شیوع ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی در کارگران مورد بررسی داشت؛ به‌طوری که ارزیابی شیوع ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی یا تجربه درد در اندام‌های نه‌گانه بدن با استفاده از پرسشنامه Nordic نشان داد که از نظر درد و شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی، ۴۸ درصد از کارگران در یک سال گذشته این ناراحتی‌ها را تجربه کرده‌اند و میزان شیوع درد در طول یک سال پیش از مطالعه در نواحی اندام فوقانی به ویژه کمر، آرنج و شانه‌ها بالا بوده است. نتایج بررسی هفت روز گذشته نیز نشان داد که میزان شیوع در این سه ناحیه به‌طور تدریجی درحال افزایش است. نتایج مطالعه معتمدزاده و همکاران در زمینه حمل دستی بار در جابه‌جایی دستی کپسول‌های اکسیژن در کارگران واحد کوره بلند یک شرکت فولاد بیانگر آن بود که بیشترین درصد ناراحتی مربوط به اندام‌های کمر، آرنج و شانه بوده است [۱۷]. در مطالعه حمل دستی بار در خرده‌فروشی‌های موکت نیز نشان داده شد که در مجموع ۳۷/۸ درصد از کارگران حداقل یک بار درد را در یکی از اندام‌های نه‌گانه خود تجربه کرده‌اند که بیشترین ناراحتی مربوط به کمر بوده است [۱۸]. علاوه‌براین، مطالعه ارگونومیست‌ها در یک کارخانه آجرپزی در آفریقای جنوبی بیانگر آن بود که همه افراد بر اثر حمل دستی بار از درد در ناحیه کمر، شانه، گردن و پشت رنج می‌برند [۱۹]. وجود رابطه معنادار بین ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی در نواحی مختلف بدن با نتایج ارزیابی حمل دستی بار توسط دو روش معادله NIOSH و جداول Snook نشان داد که حمل دستی بار، ریسک‌فاکتور اصلی در افزایش میزان شیوع ناراحتی‌های اسکلتی– عضلانی در کارگران است. در مطالعه حاضر درصد بالایی از کارگران در زمان جابه‌جایی و بارگیری بارها در گاری حمل، پوسچر کمر کاملاً خمیده داشتند. نتایج پرسشنامه Nordic نیز نشان داد که کمردرد شایع‌ترین ناراحتی در میان کارگران است؛ بنابراین می‌توان گفت که علاوه بر بلندکردن بار بیش از حد مجاز، پوسچر نامناسب یکی از فاکتورهای اثرگذار بر بروز ناراحتی‌های اسکلتی- عضلانی به‌ویژه کمردرد می‌باشد.

شاخص بلندکردن بار (LI) در روش NIOSH در همه فعالیت‌های بلندکردن بار در هر واحد بیشتر از مقدار ۱ بود. این مطلب بیانگر آن است که وزن بار در همه موارد بیش از حد توصیه‌شده (RWL) می‌باشد و می‌توان نتیجه گرفت که میزان استرس‌های فیزیکی اعمال‌شده بر بدن در حین بلندکردن بار، زیاد بوده و سطح ریسک بلندکردن در واحدهای مختلف در سطوح متوسط و بالا قرار دارد؛ در نتیجه لازم است به‌منظور کاهش استرس‌های شغلی و نزدیک‌کردن شاخص به ۱، تغییرات ارگونومیکی صورت گیرد. دلیل بالابودن سطح ریسک در این واحدها آن است که افراد بار را از سطح زمین یا از روی دستگاه‌ها بلند می‌کنند و از آنجایی که سطح دستگاه‌ها در ارتفاعات مختلف و غیر استاندارد از سطح زمین قرار دارند؛ در نتیجه کارگران مجبور هستند برای بلندکردن و پایین‌آوردن بار، پوسچرهای نامطلوبی را به خود بگیرند. از سوی دیگر، نتایج به‌دست‌آمده از روش NIOSH نشان داد که حد وزنی توصیه‌شده برای انواع مختلف بارها باید به‌طور متوسط حدود یک‌چهارم کاهش یابد. در مطالعه تحلیل بیومکانیکی ایستگاه‌های بلندکردن دستی بار در کمک‌بهیاران با استفاده از معادله NIOSH، مقدار RWL حدود ۹/۸۹ کیلوگرم برآورد شد [۲۰]. معتمدزاده و همکاران نیز براساس نتایج بررسی وضعیت حمل دستی بار در ۳۰ کارگر یک صنعت چینی‌آلات بهداشتی با استفاده از معادله NIOSH، اقدام به طراحی یک گاری حمل دستی بار نمودند [۲۱]. نتایج ارزیابی به روش جداول Snook برای بلندکردن بارها نیز بیانگر آن بود که جمعیتی از مردان که قادر به بلندکردن بارها هستند، در بیشتر موارد کمتر از ۱۰ درصد است؛ از این رو حداکثر وزن قابل قبول به‌دست‌آمده برای بارهای مختلف باید به‌طور متوسط به حدود یک‌سوم کاهش یابد. نتایج ارزیابی فعالیت‌های حمل‌کردن و هل‌دادن بار در کارگران نیز نشان داد که این فعالیت‌ها برای کمتر از ۱۰ درصد از جمعیت کارگران مناسب هستند؛ بنابراین در بررسی و ارزیابی مقایسه‌ای این دو روش می‌توان گفت که حداکثر وزن قابل قبول در جداول Snook از حدود وزنی توصیه‌شده بیشتر است. به بیان ساده‌تر، روش NIOSH تا حدودی سخت‌گیرانه‌تر از جداول Snook می‌باشد. روش NIOSH از محدودیت‌های زیادی برخوردار است و تنها در یک

Archive of SID

www.SID.ir

شرایط خاص می‌توان از آن استفاده کرد. این روش نتایج دقیق‌تری از وزن بار بلندشده را ارائه می‌دهد؛ اما در مقابل جداول Snook به دلیل اینکه براساس رویکردهای سایکوفیزیکی پایه‌ریزی شده‌اند، کاربرد وسیع‌تری در وظایف مختلف دارند؛ اما از دقت کمتری برخوردار هستند. در حقیقت، جداول Snook محدوده وسیع‌تری از بلندکردن و جابه‌جایی دستی بار را ارزیابی می‌کنند و در این ارزیابی از محدودیت کمتری برخوردار هستند. علاوه‌براین، در تعیین حدود وزنی قابل قبول و توصیه‌شده توانایی کمتری دارند و بهترین نتیجه حاصل در استفاده از آن‌ها دستیابی به درصد جمعیتی است که توانایی فعالیت مورد نظر را دارد. از سوی دیگر، مطالعات قبلی انجام‌شده با استفاده از جداول Snook در ارتباط با بسیاری از مشاغل نشان داده‌اند که این جداول در فرایند جابه‌جایی دستی بارهایی که بیشتر به‌صورت عمودی غلتاندن بار و به عبارت دیگر کشاندن و بلندکردن یا بلندکردن و هل‌دادن به‌طور همزمان که ترکیبی از دو وظیفه هستند صورت می‌گیرند، فاقد کارایی مورد نظر می‌باشند. معتمدزاده و همکاران در مطالعه‌ای جابه‌جایی دستی کپسول‌های اکسیژن توسط کارگران شاغل در واحد کوره از یک کارخانه فولاد را با استفاده از جداول Snook مورد بررسی قرار دادند و با توجه به اینکه عمده وظایف جابه‌جایی کپسول‌ها و انتقال آن‌ها به شکل‌های ترکیبی فوق و به‌صورت غلتاندن کپسول به جلو یا به سمت بدن انجام می‌شد، به این نتیجه رسیدند که این نحوه حمل بار شبیه به هیچ‌کدام از الگوهای تعریف‌شده در جداول Snook برای حمل بار (کشیدن، هل‌دادن و حمل‌کردن) نمی‌باشد [۱۷]؛ از این رو امکان ارزیابی این فعالیت‌ها با استفاده از نرم‌افزار یا جداول Snook وجود ندارد و این یکی از محدودیت‌های روش Snook می‌باشد. جابه‌جایی سنگ‌ها در مجتمع سنگ‌بری و نیز جابه‌جایی وسایل خانگی در کارهای روزمره و کارهای بازاری به‌طور کامل بدین‌صورت انجام می‌شوند. در مطالعه‌ای در یک کارگاه کاشی‌سازی، ارزیابی وظایف حمل دستی بار با دو روش معادله NIOSH و MAC نشان داد که سطح ریسک به‌دست‌آمده از ارزیابی فعالیت بلندکردن بار در هر واحد توسط هر دو روش یکسان بود و این دو روش در برآورد ریسک ابتلا به اختلالات اسکلتی- عضلانی ۱۰۰ درصد با یکدیگر توافق دارند [۱۳]. همچنین در مطالعه‌ای ارزیابی وظایف حمل بار در یک صنعت ریخته‌گری با استفاده از آیین‌نامه حمل دستی بار در ایران و مقایسه آن با معادله NIOSH و MAC گزارش شد که توافق معناداری بین روش آیین‌نامه ایران با روش MAC و معادله NIOSH وجود دارد؛ با این حال، رابطه معناداری بین معادله NIOSH و روش MAC به‌دست نیامد [۲۲]. به‌طور کلی، ارزیابی حمل دستی سنگ‌ها در حالت‌ها و زمان‌های مختلف مانند بارگیری آن‌ها در کامیون جهت فروش به مشتری به دلیل عدم همکاری کارگاه‌ها انجام نشد و این اصلی‌ترین محدودیت پژوهش حاضر بود؛ زیرا در این مرحله از کار نیز فشار زیادی در حمل دستی سنگ‌ها به کارگران وارد می‌شد.

در نهایت لازم به ذکر است که رویکردهای مداخلاتی ارگونومی به مبحث حمل دستی بارها باید در راستای طراحی مجدد و چیدمان تجدیدنظرشده تجهیزات و محیط کاری [۲۳،۲۴]، بهبود سازمان کاری و طراحی وظایف، توجه به تطابق‌ها انسان-محیط و تجهیزات حفاظت فردی [۲۳،۲۵] صورت گیرد تا بار جسمانی تحمیل‌شده به کارگر در اثر حمل دستی بار به حداقل ممکن برسد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست‌آمده به نظر می‌رسد که میزان شیوع اختلالات اسکلتی- عضلانی در کارگران شاغل در کارگاه‌های سنگ‌بری مورد مطالعه بالا است. سطح ریسک ابتلا به اختلالات اسکلتی- عضلانی که براساس روش NIOSH و جداول Snook به‌دست آمد، گویای آسیب‌زابودن شرایط و محیط کار در این صنعت می‌باشد؛ بنابراین، انجام اقدامات کنترلی مهندسی و مدیریتی جهت بهبود شرایط کار ضروری است. بر این اساس، اولویت اقدام اصلاحی در تمام واحدها وجود دارد. از سوی دیگر، از مقایسه نتایج بین دو روش چنین نتیجه‌گیری می‌شود که این دو روش در برآورد سطح ریسک توافق ندارند. جداول Snook محدوده کارایی بیشتر اما دقت کمتری دارند؛ اما معادله NIOSH دارای محدودیت بیشتر و دقت بالاتر بوده و در واقع سخت‌گیرانه‌تر از جداول Snook می‌باشد؛ بنابراین می‌توان گفت که در ارزیابی حمل بار استفاده از هر دو روش به‌طور همزمان مناسب‌تر است. با این وجود در موارد خاص، الگوهایی از حمل و جابه‌جایی بار وجود دارد که توسط هیچ‌یک از این دو روش قابل ارزیابی نمی‌باشند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان از مدیران و کارگران زحمتکش شاغل در کارگاه‌های شهرک سنگ‌بری شهرستان قروه به دلیل همکاری در انجام این پژوهش تقدیر و تشکر می‌نمایند.

REFERENCES

1. Giahi O, Sarabi M, Khoubi J, Darvishi E. The effect of ergonomic intervention in reducing musculoskeletal disorders by Snook table method in a steel industry. *J Adv Environ Health Res*. 2014;**2**(2):65-71. DOI: 10.22102/jaehr.2014.40145
2. Habibi EA, Kazemi M, Safari S, Hassanzade A. the relationship between lifting capacity with the NIOSH equation and the risk of musculoskeletal disorders with the RULA method in health service personal of Isfahan, Iran. *J Health Syst Res*. 2012;**8**(1):131-7.
3. Darvishi E, Maleki A, Giahi O, Akbarzadeh A. Subjective mental workload and its correlation with musculoskeletal disorders in bank staff. *J Manipulative Physiol Ther*. 2016;**39**(6):420-6. PMID:27368757 DOI:10.1016/j.jmpt.2016.05.003
4. Dehghani F, Zakerian SA, Zare A, Omidi F, Moradpour Z,

Archive of SID

www.SID.ir

Eynipour A, et al. Ergonomic interventions for improving working postures associated with manual material handling (a case study of a mineral processing plant). *Health Saf Work*. 2016;**6**(4):85-94. [Persian]
5. Tayefe RJ, Choobineh A, Dehghan N, Tayefe RR, Kolahi H, Abbasi M. Ergonomic evaluation of exposure to risk factors of musculoskeletal disorders in welders. *J Ergon*. 2014;**1**(3):18-26. [Persian]
6. Asadi N, Chobineh A, Keshavarzi S, Daneshmandi H. Estimation of forces exerted on the lower back in manual load lifting using 3DSSPP software. *J Ergon*. 2015;**2**(4):25-31. [Persian]
7. Morshedi R, Bozar M, Afshari D, Ahmadi Angali K, Malekzade M. Biomechanical analysis of manual lifting of loads and ergonomics solutions for nursing assistants. *J Ergon*. 2015;**3**(1):17-24. [Persian]
8. Kulwiec RA. Materials handling handbook. New Jersey: John Wiley & Sons; 1985.
9. Motamedzade M, Shafii-Motlagh M, Darvishi E. Ergonomics intervention in unit blast furnace of a typical steel company. *J Rehabil*. 2013;**14**(3):80-7.
10. Katz JN. Lumbar disc disorders and low-back pain: socioeconomic factors and consequences. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;**88**(Suppl 2):21-4. PMID: 16595438 DOI: 10.2106/JBJS.E.01273
11. Mital A. Guide to manual materials handling. Florida: CRC Press; 1997.
12. Kadikon Y, Rahman MN. Manual material handling risk assessment tool for assessing exposure to. *J Engin Appl Sci*. 2016;**100**(10):2226-32.
13. Dormohammadi A, Motamedzade M, Zarei E, Asghari M, Musavi S. Comparative assessment of manual material handling using the two methods of NIOSH lifting equation in a tile manufacturing company MAC and revised. *Iran Occupat Health*. 2013;**10**(5):71-81. [Persian]
14. Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A, Fine LJ. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*. 1993;**36**(7):749-76. PMID: 8339717 DOI: 10.1080/00140139308967940
15. Snook SH, Ciriello VM. The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics*. 1991;**34**(9):1197-213. PMID: 1743178 DOI: 10.1080/00140139108964855
16. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sørensen F, Andersson G, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon*. 1987;**18**(3):233-7. PMID: 15676628
17. Motamedzade M, Shafii Motlagh M, Darvishi E. Ergonomics intervention in manual handling of oxygen cylinders in a steel industry. *J Ergon*. 2013;**3**(1):19-28. [Persian]
18. Darvishi E, Shafikhani A, Shafikhani AA. Ergonomic interventions in manual handling of carpets to the retail sellers in a textile company. *Health Saf Work*. 2015;**5**(1):65-74. [Persian]
19. Ndivhudzannyi EM. The study of work-related musculoskeletal disorders amongst workers in brick making factory in South Africa. [Doctoral Dissertation]. Sweden: Department of Human Work Sciences, Lule University of Technology; 2003.
20. Morshedi R, Boazar M, Afshari D. Biomechanical analysis of manual lifting of loads and ergonomics solutions for nursing assistants. *J Ergon*. 2015;**3**(1):17-24. [Persian]
21. Motamedzade M, Dormohammadi A, Amjad SH, Zarei E, Dormohammadi R, Shafii MM. The role of ergonomic design and application of NIOSH method in improving the safety of load lifting tasks. *Arak Med Univ J*. 2013;**16**(6):90-100. [Persian]
22. Panjali Z, Mazloumi A, Ahsani H, Rezaee E. Evaluation of the risks factors for manual material handling in a metal casting industry in Iran. *Iran Occupat Health*. 2014; **11**(1):13-22.
23. Ojha P, Sharma LM, Vinay D. Design approach for redesigning of manual material handling devices in automobile industry. *J Pharm Phytochem*. 2018;**7**(1):1304-8.
24. Kamat SR, Ani MF, Hadi NA, Rayme NS, Ito M, Fukumi M. Redesign materials handling system by using ergonomic approaches to reduce back pain risk. International Conference on Kansei Engineering & Emotion Research, Singapore; 2018.
25. Schall MC Jr, Sesek RF, Cavuoto LA. Barriers to the adoption of wearable sensors in the workplace: a survey of occupational safety and health professionals. *Hum Factors*. 2018;**60**(3):351-62. PMID: 29320232 DOI: 10.1177/0018720817753907

Archive of SID

www.SID.ir