Iranian Journal of Ergonomics | ISSN: 2345-5365

Original Research

Investigating the Relationship Between the Risk of Psychosocial Factors and Grip Fatigue of Employees with Manual Tasks

Neda Mahdavi[1], Javad Faradmal[2], Iman Dianat[3], Hasan khotanlou[4], Rashid Heidarimoghadam[1*]

1. Department of Ergonomics, School of Public Health and Research Center for Health Sciences, Hamadan university of Medical Sciences, Hamadan, Iran
2. Department of Biostatistics, School of Public Health and Research Center for Health Sciences, Hamadan university of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. Department of Occupational Health and Ergonomics, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
4. Department of Computer Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Article Info

Received: 2020/05/28;
Accepted: 2020/08/27;
ePublished: 2020/09/22

10.30699/jergon.8.3.48

Use your device to scan and read the article online

Corresponding Author
Rashid Heidarimoghadam
Department of Ergonomics, School of Public Health and Research Center for Health Sciences, Hamadan university of Medical Sciences, Hamadan, Iran
Email:
Dr_haidari@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objectives: Fatigue is a common and highly prevalent problem among workers. Muscle fatigue is the result of general fatigue that is caused by different risk factors. This research was conducted to assess grip fatigue between workers with manual tasks and its relationship to psychosocial risk factors.

Methods: In this study, Jamar hydraulic dynamometer was used to investigate the decrease in the production of grip force or grip fatigue. The grip force of 157 subjects in three job levels that met the inclusion criteria was recorded, three times in 8 hours shift. The psychosocial risk factors were also assessed using the Copenhagen psychosocial questionnaire and their relationship with grip force and grip fatigue was analyzed.

Results: Sixty-one percent, 62%, and 69% of employees in light, medium, and heavy tasks, respectively, experienced grip fatigue in the second phase of the study. It seems that as the power/speed increased and the tasks became more difficult, employees experienced more grip fatigue in the right hand. The declining trend of grip force and the increase in grip fatigue was more evident in heavy task jobs. No moderate or strong correlation was observed between the psychosocial risk factors and grip fatigue.

Conclusion: Since the nature of worker tasks in heavy manual tasks required more force exertion, they experienced more grip fatigue in their right hand than other workers. It is not possible to draw definitive conclusions about the impact of psychosocial risk factors on grip fatigue. Investigating the impact of cognitive loads and anthropometric dimensions on grip fatigue can be an interesting topic for future studies.

Keywords: Grip fatigue, Grip force, Manual tasks, Psychosocial risk factors, Copenhagen questionnaire

Copyright © 2020, This is an original open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute of the material just in noncommercial usages with proper citation.

How to Cite This Article:

Mahdavi N, Faradmal J, Dianat I, khotanlou H, Haidari Moghadam R. Investigating the Relationship Between the Risk of Psychosocial Factors and Grip Fatigue of Employees with Manual Tasks. Iran J Ergon. 2020; 8 (3):48-58

مجله ارگونومی | سال ۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹ | E-ISSN: 2345-5365

مقالهٔ پژوهشی

بررسی رابطه بین ریسک‌فاکتورهای روانی-اجتماعی و خستگی چنگش کارکنان دارای وظایف دستی

ندا مهدوی[۱]، جواد فردمال[۲]، ایمان دیانت[۳]، حسن ختن‌لو[۴]، رشید حیدری مقدم[۱*]

۱. گروه ارگونومی، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۲. گروه آمار زیستی، مرکز تحقیقات مدل‌سازی بیماری های غیرواگیر، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۳. گروه بهداشت حرفه‌ای و ارگونومی، ، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
۴. گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

اطلاعات مقاله

دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۴
پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۹
انتشار آنلاین: ۱۳۹۹/۰۶/۱۵

نویسندهٔ مسئول:
رشید حیدری مقدم
گروه ارگونومی، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
پست الکترونیک:
Dr_Haidari@yahoo.com

برای دانلود این مقاله، کد زیر را با موبایل خود اسکن کنید.

خلاصه

زمینه و هدف: خستگی مشکلی بسیار شایع در میان کارکنان و خستگی عضلانی یکی از پیامدهای خستگی عمومی ناشی از ریسک‌فاکتورهای متعدد است. این مطالعه با هدف توصیف خستگی عضلانی کارکنان دارای وظایف دستی مختلف و یافتن رابطهٔ آن با ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی انجام شد.

روش‌کار: در این مطالعه، برای تعیین میزان کاهش در نیروی چنگش (خستگی) از دینامومتر هیدرولیک جامار استفاده شد. نیروی چنگش دست راست و چپ ۱۵۷ آزمودنی دارای معیارهای ورود در سه سطح شغلی و یک شیفت کاری هشت‌ساعته سه بار ثبت شد. ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی با استفاده از پرسشنامهٔ روانی‌اجتماعی کپنهاگن ارزیابی و رابطهٔ آن‌ها با نیروی چنگش و خستگی چنگش بررسی شد.

یافته‌ها: در مرحلهٔ دوم مطالعه، کارکنان مشاغل با وظایف سبک و متوسط و سنگین به‌ترتیب ۶۱ و ۶۲ و ۶۹درصد خستگی چنگش را تجربه کردند. به‌نظر می‌رسد با افزایش نیرو یا سرعت موردنیاز و سخت‌ترشدن انجام وظایف، خستگی چنگش بیشتری در دست راست شاهد خواهیم بود. روند کاهشی نیروی چنگش و افزایش خستگی چنگش در مشاغل سنگین مشهودتر بود. همچنین، بین ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی با خستگی چنگش همبستگی متوسط یا قوی مشاهده نشد.

نتیجه گیری: کارکنان مشاغل دارای وظایف دستی سنگین به‌دلیل ماهیت شغلشان (نیاز به اِعمال نیروی زیاد) درمقایسه‌با کارکنان سایر سطوح شغلی، خستگی چنگش بیشتری در دست راست خود تجربه کردند. بااین‌همه، نمی‌توان نتیجه‌گیری قاطعی دربارهٔ تأثیر ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی بر خستگی چنگش ارائه کرد. بررسی تأثیر بارهای شناختی شغل و ابعاد آنتروپومتری دست بر خستگی چنگش می‌تواند موضوعی جذاب برای مطالعات آینده باشد.

کلیدواژه‌ها: خستگی چنگش، قدرت چنگش، وظایف دستی، ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی، پرسشنامهٔ کپنهاگن

مقدمه

اگر مهم‌ترین عملکرد عضلات را تولید نیروی عضلانی برای انجام کار بدانیم، خستگی عضلانی (Muscle Fatigue) به‌عنوان یکی از پیامدهای خستگی عمومی، عبارت از شکست در حفظ نیروی موردنیاز یا موردانتظار [۱] یا هرگونه کاهش ظرفیت تولید نیرو در عضله است که ناشی از فعالیت باشد [۲]. خستگی عضلانی به‌عنوان مکانیسمی دفاعی، از بدن درمقابل زائدات متابولیکی دفاع می‌کند و موجب حفظ یکپارچگی عضلات می‌شود [۳]. اگر عوامل ایجادکنندهٔ خستگی عضلانی مدیریت نشود و پیامدهای حاصل از آن تجمعی شود، می‌تواند مشکلاتی به‌همراه داشته باشد. خستگی از مسائل بسیار شایع در محیط‌های کاری است که با ناراحتی، درد، کاهش قدرت عضلانی [۴] و اختلالات اسکلتی‌عضلانی (Musculoskeletal Disorders) [۵ و ۶] مرتبط است. همچنین، تأثیرات منفی خستگی بر غیبت‌های شغلی [۷]، عملکرد [۸]، کارایی [۹] و بهره‌وری [۱۰–۱۲] شناخته شده است. خستگی بار اقتصادی و اجتماعی زیادی به جوامع وارد می‌کند [۱۳ و ۱۴]. Techera و همکاران معتقدند علل مسبب خستگی عضلانی همواره کمتر از پیامدهای خستگی در کانون توجه بوده‌اند؛ زیرا شناسایی و اندازه‌گیری پیامدها به‌مراتب ساده‌تر از تشریح علل ایجادکنندهٔ آن است [۱۵].

به‌نظر می‌رسد یکی از عوامل ایجادکنندهٔ خستگی عضلانی در کارکنان محیط‌های کاری، عوامل روانی‌اجتماعی باشند. عوامل روانی‌اجتماعی جنبه‌های غیرفیزیکی کار شامل فشار کاری، نیاز به پردازش اطلاعات فراوان، سبک مدیریت، بار کاری، نداشتن کنترل بر شغل و قطعیت‌نداشتن شغل در آینده است. این دسته از عوامل موجب افزایش تنش بر ساختارهای اسکلتی‌عضلانی [۱۹ و ۲۰] و برانگیختن عکس‌العمل‌های شیمیایی در بدن می‌شود [۲۱و ۲۲]. درصورتی‌که بدن نتواند بر تغییرات حاصل از عوامل روانی‌اجتماعی فائق آید، خستگی و اختلالات اسکلتی‌عضلانی [۲۳ و ۲۴] دورازذهن نخواهد بود. مطالعات انجام‌شده دربارهٔ رابطهٔ بین عوامل روانی‌اجتماعی و خستگی عضلانی محدود هستند [۲۵–۲۷]. Mehta و همکاران در دو مطالعهٔ جداگانه به این نتیجه رسیدند استرس‌های روانی و بار کاری ذهنی زیاد افزایش ریسک MF و ناراحتی را در پی خواهد داشت [۲۵ و ۲۷]. Deeney و O'sullivan امواج الکترومایوگرافی عضلهٔ تراپزیوس فوقانی افراد را حین انجام سه سطح وظیفهٔ شناختی واکاوی کردند و به این نتیجه رسیدند با افزایش بار ذهنی، سرعت انتقال عضلات شانه کاهش می‌یابد که این از نشانه‌های ایجاد خستگی در عضلهٔ مذکور است [۲۹].

مرور مطالعات گفته‌شده این سؤال مهم را در ذهن ایجاد می‌کند: آیا علل روانی‌اجتماعی بر خستگی عضلانی، به‌ویژه خستگی چنگش، کارکنان محیط‌های کاری تأثیرگذار است؟ با پاسخ به این پرسش، می‌توان برای بهبود بهره‌وری و پیشگیری از اختلالات اسکلتی‌عضلانی در سرمایهٔ باارزش انسانی مداخلات مناسب و مؤثری انجام داد. بنابراین، هدف این مطالعه بررسی روابط بین جنبه‌های مختلف روانی‌اجتماعی محیط کاری با نیروی چنگش و خستگی عضلات چنگشی در بین کارکنان دارای وظایف شغلی متفاوت بود.

روش کار

این مطالعهٔ مقطعی پس از تصویب در کمیتهٔ اخلاق در پژوهش با کد IR.UMSHA.REC.1397.898 در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ اجرا شد. پس از کسب رضایت آگاهانه، ۱۵۹ داوطلب از کارکنان مشاغل دارای وظایف با معیارهای ورود و خروج وارد مطالعه شدند. معیارهای ورود به این مطالعه عبارت بودند از: ۱. داشتن حداقل ۱۸ سال؛ ۲. نداشتن تجربهٔ ناراحتی و اختلال اسکلتی‌عضلانی در اندام فوقانی (گردن، شانه، بازو، آرنج، مچ و...)؛ ۳. مبتلانبودن به بیماری‌های قلبی‌عروقی و تنفسی. وظایف شغلی کارکنان براساس میزان اِعمال نیرو برای اجرای وظایف و وزن ابزار استفاده‌شده در سه گروه دسته‌بندی شد. هریک از آزمودنی‌ها در روز آزمون وظایف شغلی روزانهٔ خود را انجام می‌دادند. این سه گروه ازاین‌قرار بودند:

۱. **وظایف دستی سبک (کارکنان اداری)**: برخی وظایف کارکنان این دسته تکراری بود و به‌طورکلی، وظایف با اِعمال نیروی کم اجرا می‌شد. ابزار (خودکار و...) استفاده‌شدهٔ آنان غالباً سبک بود (۶ تا ۱۰ گرم) و افراد برای استفاده از آن به چنگش ظریف نیاز داشتند.

۲. **وظایف دستی متوسط (کارکنان قالی‌بافی)**: کارکنان این دسته وظایفی با تکرار زیاد داشتند و برای انجام آن‌ها به اِعمال نیروی متوسط نیازمند بودند. وزن ابزار آنان (دفه، قلاب و...) بین ۲ تا ۴ کیلوگرم متغیر بود. افراد برای اجرای برخی از وظایف شغلی به چنگش قدرتی و برای برخی دیگر به چنگش ظریف نیاز داشتند.

۳. **وظایف دستی سنگین (کارکنان سنگ‌بری)**: وظایف شغلی کارکنان این دسته بسیار پرتکرار و با اِعمال نیروی بسیار زیاد همراه بود. وزن ابزارها (حدود ۵ کیلوگرم) و قطعه‌هایی (حدود ۲۰ تا ۴۰ کیلوگرم) که این افراد حمل می‌کردند، بیشتر از دو گروه دیگر بود. همچنین، افراد برای اجرای وظایف شغلی خود چنگش قدرتی به‌کار می‌بردند.

پرسشنامه‌ها و ابزارها و تجهیزات

۱. پرسشنامهٔ دموگرافیک

این پرسشنامه برای گردآوری داده‌هایی همچون سن، جنسیت، وضعیت تأهل، سطح تحصیلات، دست غالب و جزئیات شغلی (نوع شیفت کاری، نوع وظایف کاری، سابقهٔ کار و ساعت کار روزانه) آزمودنی‌ها به‌کار رفت.

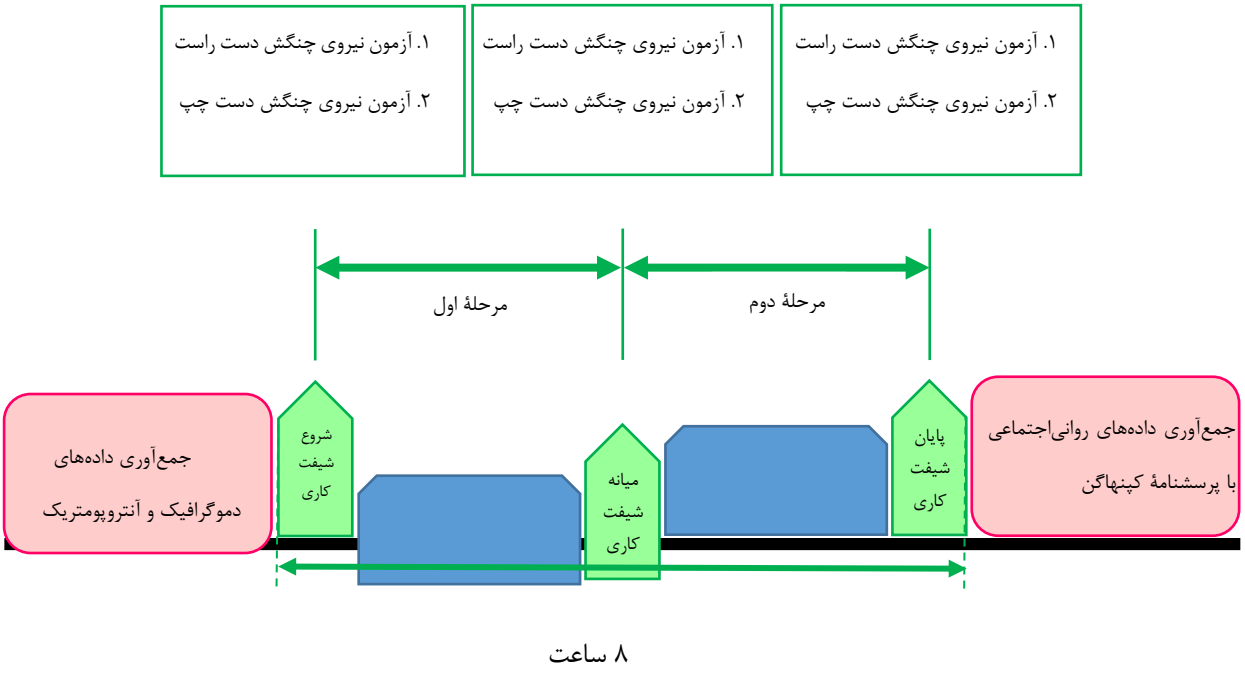
۲. پرسشنامهٔ کپنهاگن یا COPSOQ (COpenhagen PsychoSOcial Questionnaire)

برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به شرایط روانی‌اجتماعی، نسخهٔ فارسی‌شدهٔ پرسشنامهٔ کپنهاگن (فرم کوتاه) به‌کار رفت و شرکت‌کنندگان با معیار پنج‌نقطه‌ای به پرسش‌های این پرسشنامه نرخ‌دهی کردند (A=همیشه، B=اغلب، C=گه‌گاهی، D=به‌ندرت، E=هرگز). براساس نرخ‌دهی آزمودنی‌ها، هریک از گویه‌ها (نرخ‌های A تا E) به‌ترتیب امتیازات ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ را کسب کردند و میانگین امتیاز گویه‌ها در هریک از فاکتورها، امتیاز آن فاکتور را تعیین کرد [۳۰]. این پرسشنامه ۴ فاکتور اصلی و ۱۵ فاکتور فرعی و درمجموع ۳۲ گویه دارد [۳۱]. شایان ذکر است در این مطالعه، سه فاکتور اول و گویه‌های

مرتبط با آن‌ها بررسی شد. نرخ‌دهی کمتر به هریک از عوامل محیطی نمایانگر بهتر و ارگونومیک بودن شرایط روانی‌اجتماعی آن محیط کاری است. اعتبار و پایایی (Cronbach's α ranging between 0.75 and 0.89 and ICC values ranged from 0.75 to 0.89) نسخهٔ فارسی‌شدهٔ پرسشنامهٔ کپنهاگن (فرم کوتاه) تأیید شده است [۳۱]. تکمیل این پرسشنامه برای هر آزمودنی حدوداً به ۲۰ دقیقه زمان نیاز داشت.

۳. دینامومتر

در این مطالعه، از دینامومتر هیدرولیک جامار (Lafayette Instruments Co., Inc)، از ابزارهای بسیار پرکاربرد و سفارش‌شده برای اندازه‌گیری قدرت چنگش [۳۶ و ۳۷]، استفاده شد. فاصلهٔ بین دو دستهٔ این ابزار برای تمام شرکت‌کنندگان در موقعیت دوم خود، یعنی ۳/۸ سانتی‌متر تنظیم و کالیبره [۳۸] شد. پس از آشناکردن آزمودنی‌ها با چگونگی کار با دینامومتر و تفهیم موقعیت‌های بدنی استاندارد مطابق با پروتکل موقعیت آزمون استاندارد مصوّب جامعهٔ آمریکایی درمانگران دست، نیروی چنگش بیشینهٔ آنان ثبت شد. علاوه‌براین، برای اطمینان از بیشینه‌بودن نیروی اعمال‌شده بر دینامومتر در هر بار آزمون، از انگیزش کلامی استاندارد «فشار بده! ... فشار بده! ... ریلکس شو!» استفاده شد [۳۹]. سه نوبت در یک روز کاری (ابتدا و میانه و انتهای شیفت کاری هشت‌ساعته) و در هر نوبت سه بار (سه تلاش) از آزمودنی خواسته شد دینامومتر را با تمام نیروی خود بفشارد و محقق بیشترین مقدار نیروی چنگش اِعمال‌شده در هر تلاش را ثبت کرد. روند کاهشی نیروی اِعمالی براساس معادلهٔ پیشنهادی Roman-Liu و همکاران [۳۸] به خستگی چنگشی اندام فوقانی تعبیر شد. در شکل ۱، نحوهٔ گردآوری اطلاعات مطالعه را مشاهده می‌کنید. بازهٔ زمانی بین شروع و میانهٔ کار به‌عنوان مرحلهٔ اول و بازهٔ زمانی بین میانه و پایان کار به‌عنوان مرحلهٔ دوم در نظر گرفته شد.



شکل ۱. مراحل اجرای آزمون برای هر آزمودنی

آنالیز داده‌ها

آمار توصیفی داده‌ها با استفاده از آماره‌های میانگین و انحراف‌معیار برای داده‌های کمّی و فراوانی و درصد فراوانی برای داده‌های کیفی صورت گرفت. به‌منظور مقایسهٔ میانگین نیروی چنگش دست راست و چپ در گروه‌های مختلف شغلی بنابه ویژگی‌های پاسخ، از آزمون ANOVA یا آزمون کروسکال والیس و برای مقایسه‌های تعقیبی، از آزمون تکمیلی شفه استفاده شد. همچنین، به‌منظور تبیین روابط بین متغیرهای کمّی از شاخص ضریب همبستگی اسپیرمن بهره برده شد.

یافته‌ها

در این مطالعه، ۱۵۷ آزمودنی شاغل در سه سطح شغلی (۴۹ نفر با وظایف دستی سنگین و ۵۶ نفر با وظایف دستی متوسط و ۵۲ نفر با وظایف دستی سبک) بررسی شدند. ۹۶/۲درصد آزمودنی‌ها راست‌دست بودند و میانگین وزن و طول قامت و سن آزمودنی‌ها به‌ترتیب ۷۲/۹۲ کیلوگرم و ۱۷۰/۰۵ سانتی‌متر و ۳۶/۹۹ سال بود. در جدول ۱، میانگین (انحرافِ‌معیار) سه تکرار اِعمال نیروی چنگش دست راست یا چپ آزمودنی‌ها در هربار اندازه‌گیری (ابتدا و میانه و انتهای شیفت کاری) را به‌تفکیک سطوح شغلی مشاهده می‌کنید. از این به‌بعد، به‌جای عبارت «میانگین سه تکرار در هربار اندازه‌گیری» به‌اختصار از عبارت «نیروی چنگش» استفاده خواهد شد.

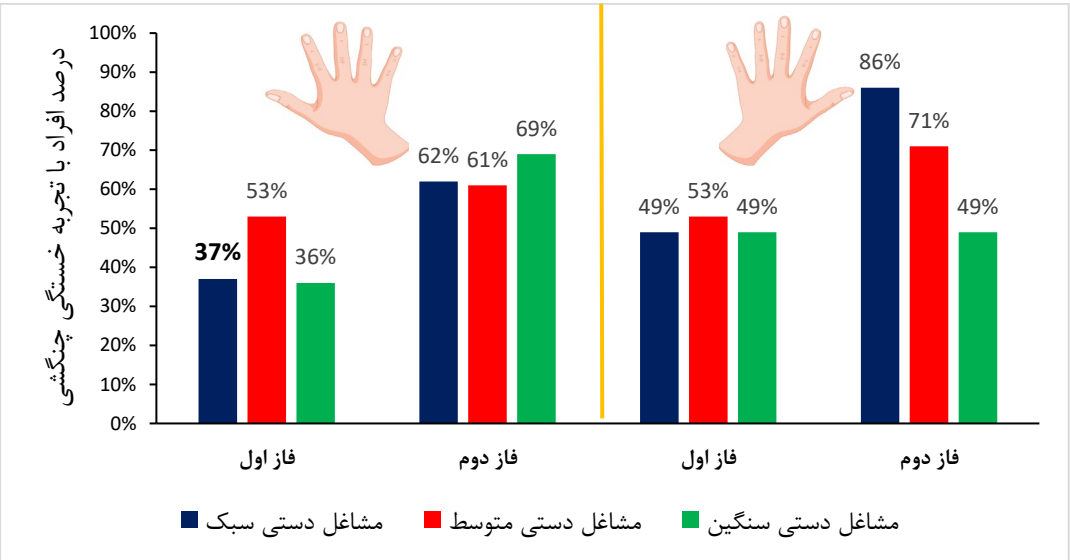
در شکل ۲، درصد افرادی را مشاهده می‌کنید که خستگی چنگش را تجربه کرده بودند یا به‌بیانِ‌دیگر، میزان تغییرات نیروی چنگش آنان در مراحل اول و دوم مطالعه منفی (-) بود.

در جدول ۲، توصیف ریسک‌فاکتورهای دموگرافیک، روانی‌اجتماعی، محیطی و جسمانی افراد (فاکتورها و سؤال‌ها) در هر سه سطح شغلی آورده شده است.

بررسی تفاوت ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی در سطوح شغلی مختلف از تفاوت معنادار فاکتور ۱ در مشاغل دستی سبک و متوسط حکایت می‌کرد (P=۰/۰۲۹)؛ اما تفاوت معناداری در میانگین فاکتور ۱ مشاغل دستی سبک-متوسط-سنگین (P=۰/۰۷۱) و سبک-سنگین (P=۰/۹۹) وجود نداشت. در جدول ۳، همبستگی بین برخی عوامل روانی‌اجتماعی مؤثر بر نیروی چنگش و خستگی چنگش در یک شیفت کاری بررسی شده است.

جدول ۱. نیروی چنگش دست راست و چپ آزمودنی‌های در سه بار اندازه‌گیری به‌تفکیک سطح شغلی

تکرار آزمون	نیروی چنگش (نیوتن)	میانگین (انحرافِ‌معیار)				P-value
		مشاغل دستی سبک	مشاغل دستی متوسط	مشاغل دستی سنگین	کل افراد	
اندازه‌گیری اول	نیروی چنگش دست راست	۲۲/۲۲ (۱۱/۹۷)	۳۰/۱۹ (۱۲/۱۵)	۳۹/۳۸ (۶/۹۳)	۳۰/۳۶ (۱۲/۷۰)	۰<۰/۰۰۱
	نیروی چنگش دست چپ	۲۰/۵۵ (۱۱/۵۲)	۲۸/۳۷ (۱۲/۴۷)	۳۷/۷۸ (۷/۳۲)	۲۸/۷۲ (۱۲/۶۴)	۰<۰/۰۰۱
اندازه‌گیری دوم	نیروی چنگش دست راست	۲۳/۲۴ (۱۲/۱۰)	۳۱/۰۲ (۱۲/۶۸)	۴۰/۲۴ (۷/۱۸)	۳۱/۲۱ (۱۲/۹۴)	۰<۰/۰۰۱
	نیروی چنگش دست چپ	۲۱/۹۰ (۱۲/۳۰)	۲۹/۳۹ (۱۳/۱۱)	۳۹/۰۳ (۷/۱۰)	۲۹/۸۰ (۱۳/۱۸)	۰<۰/۰۰۱
اندازه‌گیری سوم	نیروی چنگش دست راست	۲۳/۰۹ (۱۲/۳۶)	۳۰/۹۰ (۱۳/۴۹)	۴۰/۲۲ (۷/۲۳)	۳۱/۳۳ (۱۳/۳۱)	۰<۰/۰۰۱
	نیروی چنگش دست چپ	۲۱/۵۵ (۱۲/۰۷)	۲۸/۹۴ (۱۳/۵۵)	۳۸/۶۰ (۷/۱۰)	۲۹/۶۱ (۱۳/۲۲)	۰<۰/۰۰۱



شکل ۲. درصد افراد با تجربهٔ خستگی چنگش در دست راست و چپ در مرحلهٔ اول و دوم

جدول ۲. امتیاز ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی در سطوح شغلی مختلف

ریسک‌فاکتور	میانگین (انحراف‌معیار)				P-value
	مشاغل دستی سبک	مشاغل دستی متوسط	مشاغل دستی سنگین	کل افراد	
فاکتور ۱	(۱۵/۶۰) ۳۵/۳۸	(۱۵/۲۰) ۲۷/۳۷	(۱۵/۹۰) ۳۴/۸۷	(۱۵/۸۸) ۳۲/۱۶	۰/۰۱۴*
فاکتور ۲	(۹/۸۸) ۳۷/۵۰	(۱۰/۸۷) ۳۳/۰۰	(۱۲/۰۲) ۳۳/۶۷	(۱۰/۹۸) ۳۴/۷۵	۰/۰۷۸
فاکتور ۳	(۱۴/۵۰) ۲۱/۶۳	(۱۳/۱۸) ۱۸/۲۵	(۱۴/۷۶) ۱۹/۸۲	(۱۹/۸۷) ۱۴/۰۷	۰/۴۶۴

*تفاوت معنادار

جدول ۳. همبستگی‌های معنادار بین برخی فاکتورهای پرسشنامهٔ کپنهاگن و نیروی چنگش و خستگی چنگش

ریسک‌فاکتور	GF	ضریب همبستگی	P-value
فاکتور ۱	نیروی چنگش دست راست-شروع کار	۰/۱۷۵	۰/۰۲۸
	نیروی چنگش دست چپ-شروع کار	۰/۱۶۴	۰/۰۴۰
	نیروی چنگش دست راست-میانه کار	۰/۱۵۷	۰/۰۲۳
	نیروی چنگش دست چپ-میانه کار	۰/۱۵۷	۰/۰۴۸
	نیروی چنگش دست راست-انتهای کار	۰/۱۷۹	۰/۰۲۵
	نیروی چنگش دست راست-انتهای کار	۰/۱۵۷	۰/۰۴۹
فاکتور ۲	خستگی چنگش دست راست-میانه کار	۰/۲۴۳	۰/۰۰۴

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه، یافتن راه‌هایی برای رفاه و راحتی و سلامتی کارکنان دارای مشاغل دستی هدف بسیاری از محققان است و برخی مطالعات نیز به خستگی عضلانی کارکنان مشاغل دارای وظایف دستی توجه ویژه‌ای کرده‌اند [۴۱ و ۴۲]. بااین‌حال، ابزارهای به‌کاررفته برای سنجش خستگی غالباً ذهنی بوده [۴۳] و در بین این دسته از کارکنان، به عوامل ایجادکنندهٔ خستگی عضلانی کمتر توجه شده است. مطالعهٔ حاضر با استفاده از ابزارهای عینی و ذهنی، سعی کرد خستگی عضلانی را تعیین کند و ریسک‌فاکتورهای مؤثر بر خستگی عضلانی در کارکنان دارای مشاغل دستی را بیابد.

در این مطالعه، دلیل انتخاب دست برای بررسی خستگی عضلانی یا همان خستگی چنگشی نیاز درخورتوجه کارکنان مشاغل دستی به قدرت، ظرافت، چابکی و مهارت دست در اجرای پیچیده‌ترین وظایف شغلی بود. چنگش دست فعالیت شغلی پراهمیتی در هر نوبت کاری به‌شمار می‌رود. کاهش قدرت اِعمال‌شده حین چنگش دست به‌عنوان نشانه‌ای از خستگی عضلانی می‌تواند با ریسک‌فاکتورهای ارگونومیک محیط کار رابطه داشته باشد. بنابراین، به‌منظور بررسی خستگی جمعیت بزرگِ مطالعهٔ حاضر، از دینامومتر به‌عنوان ابزاری عینی برای سنجش قدرت چنگش و درنتیجه خستگی عضلانی استفاده شد.

نتایج حاصل از مطالعه نشان داد نیروی چنگش دست راست و چپ کارکنان مشاغل دستی سنگین در هر سه بار اندازه‌گیری در شیفت کاری، بیشتر از کارکنان مشاغل متوسط و سبک بود (جدول ۱). به‌نظر می‌رسد نیروی چنگش زیاد با توانایی بیشترِ انجام کار، به‌خصوص در کارکنان دارای وظایف دستی، در ارتباط باشد [۴۷]. همچنین، نیروی چنگش دست راست و چپ آزمودنی‌های مشاغل دستی متوسط در هر سه تکرار آزمون به‌طورمعناداری بیشتر از مشاغل دستی سبک بود. بنابراین، می‌توان چنین نتیجه گرفت که با افزایش میزان نیروی موردنیاز برای انجام وظایف شغلی، نیروی چنگش کارکنان نیز افزایش یافته است. این نتیجه نشان‌دهندهٔ توانایی بیشترِ انجام کار در کارکنان مشاغل دستی سنگین بود. هم‌راستا با مطالعهٔ حاضر، در مطالعهٔ Rostamzadeh و همکاران نیز در مشاغلی که نیروی موردنیاز برای انجام وظایف شغلی آن‌ها بیشتر بود، نیروی چنگش بیشتری گزارش شد [۴۰]. ازآنجاکه قبل از استخدام آزمودنی‌های مطالعه سنجش نیروی چنگش انجام نشده بود،

به‌نظر می‌رسد ماهیت وظایف شغلی توانسته سطح ورزیدگی عضلات دست و نیروی چنگش و درنتیجه، خستگی چنگشی را متأثر کند؛ البته این ادعا باید در مطالعات آتی بیشتر بررسی شود.

با اینکه روند تغییرات نیروی چنگش دست راست و چپ کارکنان هر سه سطح شغلی تفاوت معناداری در سه بار اندازه‌گیری نداشت، در پایان شیفت کاری به‌طورنسبی بیش از شروع شیفت کاری بود. برخلاف نتایج این مطالعه، Nicolay و Walker کاهش نیروی چنگش با افزایش زمان سپری‌شده را گزارش کردند [۴۸]؛ اما هم‌راستا با پژوهش حاضر، Mantooth و همکاران تفاوت معناداری در سطح خستگی قبل و بعد از شیفت کاری مشاهده نکردند [۴۹]. برخی مطالعات نیز افزایش معنادار نیروی چنگش در پایان کار (درمقایسه‌با شروع) را گزارش کردند [۵۰]. درهرحال، بیشتربودن نسبی نیروی چنگش در پایان شیفت کاری می‌تواند ناشی از بیشتربودن سطح انگیزش[1] [۵۱] و زیرنظربودن آزمودنی‌ها و تأثیرپذیری از ریتم سیرکادین باشد. Mantooth و همکاران معتقدند اوج نیروی چنگش در بعدازظهر مشاهده می‌شود [۴۹]. برخی محققان نیز کمتربودن نیروی چنگش در شروع شیفت کاری را ناشی از اینرسی خواب[2] می‌دانند که تا دو ساعت پس از بیداری، می‌تواند نیروی چنگش را تحت‌الشعاع قرار دهد [۵۲].

به‌عنوان اصلی پذیرفته‌شده، هرگونه کاهش ظرفیت تولید نیرو در عضله (در اینجا نیروی چنگش) که ناشی از فعالیت باشد، نشانگر توسعهٔ خستگی چنگش است [۱۰]. براساس این تعریف، کاهش نیروی چنگش یا گسترش خستگی چنگش در هیچ‌یک از سطوح شغلی معنادار نبود؛ اما با استفاده از شاخص پیشنهادی Roman-Liu، می‌توان خستگی چنگش کارکنان را دقیق‌تر بررسی کرد. بدین‌ترتیب، درصد افرادی تعیین شد که در مراحل اول و دوم، کاهش نیروی چنگش (همان خستگی چنگش) را در دست راست و چپ خود تجربه کرده بودند (شکل ۲). با این روش، به نتایج جالبی دربارهٔ تفاوت سطح خستگی چنگش در سطوح مختلف شغلی رسیدیم:

الف. به‌طورکلی، درصد افرادی که خستگی چنگش را تجربه کرده بودند، در مرحلهٔ دوم بیش از مرحلهٔ اول بود. این یافته دلیلی بر بیشترشدن نسبی خستگی چنگش با گذشت زمان در یک شیفت کاری (در هر سه سطح شغلی) بود. هم‌راستا با این نتیجه، Yung و همکاران نیز افزایش خستگی با گذشت زمان را گزارش دادند [۵۳]؛ اما برخی محققان در پایان شیفت کاری، نشانه‌هایی از خستگی چنگش مشاهده نکردند [۵۴]. درهرصورت، انجام وظایف کاری و گاه کم‌بودن بازه‌های ریکاوری به موازات ریتم سیرکادین (۵۵)، موجب کاهش ظرفیت انقباضی عضلات در پایان روز کاری و درنتیجه، خستگی چنگش خواهد شد.

ب. درصد افراد با تجربهٔ خستگی چنگش در دست راست در مشاغل دستی سنگین درمقایسه‌با دو سطح شغلی دیگر بیشتر بود. فعالیت‌های دستی کارکنان مشاغل دستی سنگین درمقایسه‌با سایر آزمودنی‌ها، به‌ویژه ازنظر میزان اِعمال نیرو، سنگین‌تر بود و فشار بیشتری به سیستم اسکلتی‌عضلانی آنان وارد می‌کرد. ازآنجاکه خستگی چنگش منعکس‌کنندهٔ کاهش قابلیت تولید نیرو است، می‌توان تفاوت موجود در درصد افراد با تجربهٔ خستگی چنگش در سطوح مختلف شغلی را به تفاوت در نیروی خارجی وارد بر اندام فوقانی کارکنان این مشاغل نسبت داد. Roman-Liu و همکاران در مطالعه‌شان، برای بررسی خستگی عضلانی از شاخص تغییر در نیروی چنگش بهره جسته بودند. آنان نیز هم‌راستا با نتایج مطالعهٔ حاضر، به این نتیجه رسیدند که با افزایش بار خارجی، خستگی چنگش افزایش می‌یابد[۵۶].

ج. در مرحلهٔ دوم مطالعه، میزان خستگی چنگشی در دست چپ آزمودنی‌ها از نتایجی خلاف انتظار حکایت می‌کرد؛ زیرا درصد افرادی که خستگی چنگشی را تجربه کرده بودند، در مشاغل با اِعمال نیروی کم (مشاغل دستی سبک) و متوسط (مشاغل دستی متوسط)، بیشتر از مشاغل با اِعمال نیروی زیاد (مشاغل دستی سنگین) بود. نتیجهٔ حاصل را با ماهیت فعالیت دست‌ها در این نوع مشاغل می‌توان توجیه کرد؛ بدین‌ترتیب که در مشاغل سبک (مشاغل اداری با وظایف شغلی همچون تایپ‌کردن) و متوسط (شغل قالی‌بافی با وظایف شغلی همچون گره و دفه زدن) مدنظر این مطالعه، فرد برای انجام صحیح وظایف شغلی‌اش هم‌زمان با دو دست خود تقریباً به یک میزان فعالیت و نیرو اِعمال می‌کرد. باوجوداین، ماهیت مشاغل دستی سنگین مطالعه‌شده (سنگ‌بری با وظایف شغلی همچون حمل و برش سنگ) به‌گونه‌ای بود که برای نگه‌داشتن ابزار نسبتاً سنگین این شغل در بازه‌های نسبتاً طولانی، دست غالب (دست راست) استفاده می‌شد؛ درنتیجه نیروی اِعمال‌شده به دست چپ کارکنان این مشاغل کمتر از دست راست آنان بود و فرد در یک شیفت کاری، خستگی کمتری در دست چپ خود تجربه می‌کرد.

بررسی ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی کارکنان حاکی از تفاوت معنادار فاکتور ۱ پرسشنامهٔ کپنهاگن (ابعاد مرتبط با

[1] Motivation

[2] Sleep Inertia

سبک رهبری و جوّ سازمانی و ارتباطات) در سطوح مختلف شغلی بود. علاوه‌براین براساس جدول ۳، نمرهٔ نارضایتی از شرایط روانی‌اجتماعی محیط کار در هریک از فاکتورها (فاکتور ۱ و ۲ و ۳) کمتر از ۵۰درصد نمره‌ای بود که می‌توان به هر فاکتور اختصاص داد؛ بنابراین ازنظر شرایط روانی‌اجتماعی، محیط‌های کاری در هر سه سطح شغلی در شرایط نسبتاً مناسبی قرار داشتند. باتوجه‌به مناسب‌بودن نسبی شرایط روانی‌اجتماعی در سطوح مختلف شغلی و همبستگی ضعیف نیروی چنگش و خستگی چنگشی، نمی‌توان انتظار داشت دلیل تفاوت بین تجربهٔ خستگی در سه سطح شغلی، ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی باشد. Jia و همکاران نیز معتقدند تأثیر استرس‌های روانی‌اجتماعی بر خستگی عضلانی بسیار محدود است.

بررسی همبستگی بین ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی با نیروی چنگش و خستگی چنگشی نشان داد فاکتور ۱ پرسشنامهٔ کپنهاگن با نیروی چنگشی دست راست و چپ در سه بار اندازه‌گیری همبستگی ضعیفی دارد. علاوه‌براین، خستگی چنگشی در مرحلهٔ دوم مطالعه همبستگی ضعیفی با فاکتور ۲ پرسشنامهٔ کپنهاگن داشت. مطالعهٔ Bazazan و همکاران برخلاف مشاهدات مطالعهٔ حاضر، اثبات کرد بین خستگی عضلانی و شاخص‌های روانی‌اجتماعی در بین کارکنان پرستاری رابطهٔ قوی و معناداری وجود دارد [۶۱]. بدین‌معنا که نمرهٔ بیشتر در ارزیابی خستگی جسمانی با شاخص خستگی چندبُعدی (Multidimensional Fatigue Index) با بیشتربودن سطح دیسترس‌های روانی‌اجتماعی محاسبه‌شده با پرسشنامهٔ محتوای شغلی (Job Content Questionnaire) متناظر است [۶۱]. در برخی مطالعات نیز، به‌طورغیرمستقیم می‌توان رابطه‌ای بین ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی با خستگی عضلانی یافت. برای مثال، Schleifer و همکاران بین استرس‌های ذهنی و افزایش فعالیت الکترومایوگرافی (از علائم خستگی عضلانی در الکترومایوگرافی) عضلهٔ تراپزیوس رابطهٔ معناداری گزارش کردند. به‌طورکلی، تعداد مطالعاتی که در حوزهٔ ارگونومی به‌طورخاص تأثیر ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی بر قدرت و خستگی چنگشی را بررسی کرده باشند، بسیار محدود است و در این زمینه، باید مطالعات بیشتری انجام شود.

ازآنجاکه خستگی عضلانی می‌تواند آغازگر اختلالات اسکلتی‌عضلانی در آینده باشد، در این مطالعه تلاش شد به‌تعبیری از خستگی عضلانی با نام خستگی چنگشی کارکنان دارای وظایف دستی و رابطهٔ آن با ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی پرداخته شود. برای بررسی خستگی چنگشی از دینامومتر، معیار کاهش تولید نیروی چنگش، استفاده شد. به‌نظر می‌رسد با افزایش نیرو یا سرعت موردنیاز و سخت‌ترشدن انجام وظایف، شاخص تغییر در نیروی چنگش تغییرات منفی بزرگ‌تر و درنتیجه، خستگی چنگشی بیشتری نشان می‌داد. همبستگی بین ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی (فاکتورهای پرسشنامهٔ کپنهاگن) با نیروی چنگش و خستگی چنگشی ضعیف بود؛ بنابراین، نمی‌توان نتیجه‌گیری قاطعی دربارهٔ ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی مؤثر بر خستگی چنگشی ارائه کرد. بااین‌حال، به‌طورکلی توصیه می‌شود با درنظرگرفتن مشخصه‌های دموگرافیک حین استخدام، مناسب‌ترین افراد ازنظر قدرت چنگش را انتخاب و برای بهینه‌شدن نیروی چنگش کارکنان، مداخلاتی با هدف مدیریت ریسک‌فاکتور جسمانی (سطح ارتعاش و میزان نیرو یا سرعت اجرای وظایف کاری) پیاده‌سازی کرد.

ناگفته نماند عوامل مداخله‌گری همچون زیرنظربودن، وضعیت خواب، سطح فعالیت فیزیکی و ورزیدگی عضلانی کارکنان ممکن است نتایج مطالعه را تحت‌تأثیر قرار داده باشد؛ به‌همین‌دلیل، نمی‌توان با قاطعیت دربارهٔ رابطه‌نداشتن ریسک فاکتورهای روانی‌اجتماعی با قدرت چنگش و خستگی چنگشی اظهارنظر کرد. توجه به ریسک‌فاکتورهای دموگرافیک همچون ابعاد آنتروپومتریک و ریسک‌فاکتورهای شناختی و رابطهٔ آن‌ها با خستگی چنگشی و به‌طورکلی خستگی عضلانی کارکنان دارای وظایف دستی، می‌تواند موضوع جذابی برای مطالعات آینده باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، سطوح شغلی مختلف را با درنظرگرفتن تفاوت معنادار در ریسک‌فاکتورهای روانی‌اجتماعی وارد مطالعه کرد تا بتوان تأثیر این ریسک‌فاکتور بر خستگی عضلانی را بهتر و دقیق‌تر بررسی کرد.

تقدیر و تشکر

این پژوهش در قالب طرح تحقیقاتی با شمارهٔ ثبت ۹۸۰۳۰۷۱۰۳۱ و پشتیبانی مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام یافته است. بدین‌وسیله پژوهشگرا از مسئولان این دانشگاه تشکر و قدردانی می‌کنیم.

تعارض منافع

بین نویسندگان این مقاله هیچ‌گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

References

1. Edwards RHT. Human muscle function and fatigue. Ciba Found Symp. 1981; 82: 1-18. [DOI:10.1002/9780470715420.ch1] [PMID]
2. Bigland-Ritchie B, Cafarelli E, Vollestad NK. Fatigue of submaximal static contractions. Acta Physiol Scand Suppl. 1986; 556: 137-148.
3. Sargeant AJ. Human power output and muscle fatigue. Int J Sports Med. 1994; 15(3):116-121. [DOI:10.1055/s-2007-1021031] [PMID]
4. Chaffin DB, Andersson GBJ, Martin BJ. Occupational biomechanics. New Jersey: John Wiley & Sons; 2006.
5. Bernard BP, Putz-Anderson V. Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. Washington, D.C.: National Institute for Occupational Safety and Health; 1997.
6. Takala E-P. Static muscular load, an increasing hazard in modern information technology. Scand J Work Environ Health. 2002; 28(4): 211-213. [DOI:10.5271/sjweh.667] [PMID]
7. Janssen N, Kant IJ, Swaen GMH, Janssen PPM, Schröer CAP. Fatigue as a predictor of sickness absence: Results from the Maastricht cohort study on fatigue at work. Occup Environ Med. 2003; 60(1): i71-76. [DOI:10.1136/oem.60.suppl_1.i71] [PMID] [PMCID]
8. Chaffin DB. Localized muscle fatigue-definition and measurement. J Occup Environ Med. 1973; 15(4): 346-354.
9. Åhsberg E. Perceived fatigue related to work. Stockholm, Sweden: National Institute for Working Life; 1998.
10. Punnett L, Wegman DH. Work-related musculoskeletal disorders: The epidemiologic evidence and the debate. J Electromyogr Kinesiol. 2004; 14(1): 13-23. [DOI:10.1016/j.jelekin.2003.09.015] [PMID]
11. Podniece Z, Heuvel S, Blatter B. Work-related musculoskeletal disorders: Prevention report. Bilbao, Spain: European Agency for Safety and Health at Work; 2008.
12. Choobineh A, Movahed M, Tabatabaie SH, Kumashiro M. Perceived demands and musculoskeletal disorders in operating room nurses of Shiraz city hospitals. Ind Health. 2010; 48(1): 74-84. [DOI:10.2486/indhealth.48.74] [PMID]
13. Kajimoto O. Development of a method of evaluation of fatigue and its economic impacts. In: Watanabe Y, Evengård B, Natelson B, Jason L, Kuratsune H (eds.). Fatigue science for human health. New York: Springer; 2008: 33-46.
14. Ricci JA, Chee E, Lorandeau AL, Berger J. Fatigue in the US workforce: Prevalence and implications for lost productive work time. J Occup Environ Med. 2007 ;49(1): 1-10. [DOI:10.1097/01.jom.0000249782.60321.2a] [PMID]
15. Techera U, Hallowell M, Stambaugh N, Littlejohn R. Causes and consequences of occupational fatigue: Meta-Analysis and systems model. J Occup Environ Med. 2016; 58(1): 961-973. [DOI:10.1097/JOM.0000000000000837] [PMID]
16. Barker LM, Nussbaum MA. The effects of fatigue on performance in simulated nursing work. Ergonomics. 2011; 54(9): 815-829. [DOI:10.1080/00140139.2011.597878] [PMID]
17. Avin KG, Law LAF. Age-Related Differences in Muscle Fatigue Vary by Contraction Type: A Meta-Analysis. Phys Ther. 2011; 91(8): 1153-1165. [DOI:10.2522/ptj.20100333] [PMID] [PMCID]
18. Frey Law LA, Avin KG. Endurance time is joint-specific: A modelling and meta-analysis investigation. Ergonomics. 2010; 53(1): 109-129. [DOI:10.1080/00140130903389068] [PMID] [PMCID]
19. Taylor JR, Twomey LT. Age changes in lumbar zygapophyseal joints: Observations on structure and function. Spine. 1986; 11(7): 739-745. [DOI:10.1097/00007632-198609000-00014] [PMID]
20. Hickey DS, Hukins DW. Relation between the structure of the annulus fibrosus and the function and failure of the intervertebral disc. Spine. 1980; 5(2): 106-116. [DOI:10.1097/00007632-198003000-00004] [PMID]
21. Kauppila LI, McAlindon T, Evans S, Wilson PW, Kiel D, Felson DT. Disc degeneration/back pain and calcification of the abdominal aorta: A 25-year follow-up study in Framingham. Spine. 1997; 22(14): 1642-1647. [DOI:10.1097/00007632-199707150-00023] [PMID]
22. Frankenhaeuser M, Johansson G. Stress at work: Psychobiological and psychosocial aspects 1. Appl Psychol. 1986; 35(3): 287-299. [DOI:10.1111/j.1464-0597.1986.tb00928.x]
23. Wixted F, O'Sullivan L. The moderating role of end-tidal CO2 on upper trapezius muscle activity in response to sustained attention. Int J Ind Ergon. 2017; 61: 1-12. [DOI:10.1016/j.ergon.2017.04.003]
24. Schleifer LM, Ley R, Spalding TW. A hyperventilation theory of job stress and musculoskeletal disorders. Am J Ind Med. 2002; 41(5): 420-432. [DOI:10.1002/ajim.10061] [PMID]
25. Mehta RK, Agnew MJ. Effects of physical and mental demands on shoulder muscle fatigue. Work. 2012; 41: 2897-2901. [DOI:10.3233/WOR-2012-0541-2897] [PMID]
26. Aptel M, Aublet-Cuvelier A, Cnockaert JC. Work-related musculoskeletal disorders of the upper limb.

Joint Bone Spine. 2002; 69(6): 546-555. [DOI:10.1016/S1297-319X(02)00450-5]

27. Mehta RK, Nussbaum MA, Agnew MJ. Muscle-and task-dependent responses to concurrent physical and mental workload during intermittent static work. Ergonomics. 2012; 55(10): 1166-1179. [DOI:10.1080/00140139.2012.703695] [PMID]
28. Schleifer LM, Spalding TW, Kerick SE, Cram JR, Ley R, Hatfield BD. Mental stress and trapezius muscle activation under psychomotor challenge: A focus on EMG gaps during computer work. Psychophysiology. 2008; 45(3): 356-365. [DOI:10.1111/j.1469-8986.2008.00645.x] [PMID]
29. Deeney C, O'Sullivan LW. Effects of cognitive loading and force on upper trapezius fatigue. Occup Med. 2017; 67(9): 678-683. [DOI:10.1093/occmed/kqx157] [PMID]
30. Kristensen TS, Hannerz H, Høgh A, Borg V. The Copenhagen Psychosocial Questionnaire: A tool for the assessment and improvement of the psychosocial work environment. Scand J Work Environ Heal. 2005; 31(6): 438-449. [DOI:10.5271/sjweh.948] [PMID]
31. Aminian M, Dianat I, Miri A, Asghari-Jafarabadi M. The Iranian version of the Copenhagen Psychosocial Questionnaire (COPSOQ) for assessment of psychological risk factors at work. Heal Promot Perspect. 2017; 7(1):7-13. [DOI:10.15171/hpp.2017.03] [PMID] [PMCID]
32. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. Windsor, Ontario: Human Kinetics; 1998.
33. Dedering Å, Németh G, Harms-Ringdahl K. Correlation between electromyographic spectral changes and subjective assessment of lumbar muscle fatigue in subjects without pain from the lower back. Clin Biomech. 1999; 14(2): 103-111. [DOI:10.1016/S0268-0033(98)00053-9]
34. Neely G, Ljunggren G, Sylven C, Borg G. Comparison between the Visual Analogue Scale (VAS) and the Category Ratio Scale (CR-10) for the evaluation of leg exertion. Int J Sports Med. 1992; 13(2): 133-136. [DOI:10.1055/s-2007-1021244] [PMID]
35. Hummel A, Läubli T, Pozzo M, Spillmann S, Kilpstein A. Relationship between perceived exertion and mean power frequency of the EMG signal from the upper trapezius muscle during isometric shoulder elevation. Eur J Appl Physiol. 2005; 95(4): 321-326. [DOI:10.1007/s00421-005-0014-7] [PMID]
36. Armstrong TJ, Buckle P, Fine LJ, Hagberg M, Kilbom A, Kuorinka AI, et al. A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. Scand J Work Environ Health. 1993; 19(2): 73-84. [DOI:10.5271/sjweh.1494] [PMID]
37. Garg A, Hegmann KT, Schwoerer BJ, Kapellusch JM. The effect of maximum voluntary contraction on endurance times for the shoulder girdle. Int J Ind Ergon. 2002; 30(2): 103-113. [DOI:10.1016/S0169-8141(02)00078-1]
38. Sauter S, Moon SD. An ecological model of musculoskeletal disorders in office work. Beyond Biomech. London, United Kingdom: Taylor & Francis Press; 1996: 15-31. [DOI:10.1201/9781482272680-11]
39. Mathiowetz V, Weber K, Volland G, Kashman N. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. J Hand Surg Am. 1984; 9(2): 222-226. [DOI:10.1016/S0363-5023(84)80146-X]
40. Rostamzadeh S, Saremi M, Taheri F. Maximum handgrip strength as a function of type of work and hand-forearm dimensions. Work. 2020; 65(3): 679-687. [DOI:10.3233/WOR-203100] [PMID]
41. Boenzi F, Digiesi S, Facchini F, Mummolo G. Ergonomic improvement through job rotations in repetitive manual tasks in case of limited specialization and differentiated ergonomic requirements. IFAC-PapersOnLine. 2016; 49(12): 1667-1672. [DOI:10.1016/j.ifacol.2016.07.820]
42. Rhén I-M, Forsman M. Inter-and intra-rater reliability of the OCRA checklist method in video-recorded manual work tasks. Appl Ergon. 2020; 84: 103025. [DOI:10.1016/j.apergo.2019.103025] [PMID]
43. Benos L, Tsaopoulos D, Bochtis D. A review on ergonomics in agriculture. Part I: Manual operations. Appl Sci. 2020; 10(6): 1905. [DOI:10.3390/app10061905]
44. Whittaker RL, La Delfa NJ, Dickerson CR. Algorithmically detectable directional changes in upper extremity motion indicate substantial myoelectric shoulder muscle fatigue during a repetitive manual task. Ergonomics. 2019; 62(3): 431-443. [DOI:10.1080/00140139.2018.1536808] [PMID]
45. Ranavolo A, Chini G, Silvetti A, Mari S, Serrao M, Draicchio F. Myoelectric manifestation of muscle fatigue in repetitive work detected by means of miniaturized sEMG sensors. Int J Occup Saf Ergon. 2018; 24(3): 464-474. [DOI:10.1080/10803548.2017.1357867] [PMID]
46. Musalek C, Kirchengast S. Grip strength as an Indicator of Health-related quality of life in old age-a pilot study. Int J Environ Res Public Health. 2017; 14(12): 1447. [DOI:10.3390/ijerph14121447] [PMID] [PMCID]
47. Mendes J, Afonso C, Moreira P, Padrão P, Santos A, Borges N, et al. Association of anthropometric and nutrition status indicators with hand grip strength and gait speed in older adults. J Parenter Enter Nutr. 2019; 43(3): 347-356. [DOI:10.1002/jpen.1424] [PMID]
48. Thompson BJ. Does work-induced fatigue accumulate across three compressed 12 hour shifts in hospital nurses and aides? PLoS One. 2019; 14(2): e0211715.

[DOI:10.1371/journal.pone.0211715] [PMID] [PMCID]

49. Walker-Bone K, D'Angelo S, Syddall HE, Palmer KT, Cooper C, Coggon D, et al. Heavy manual work throughout the working lifetime and muscle strength among men at retirement age. Occup Env Med. 2016; 73(4): 284-286. [DOI:10.1136/oemed-2015-103293] [PMID] [PMCID]
50. Mantooth WP, Mehta RK, Rhee J, Cavuoto LA. Task and sex differences in muscle oxygenation during handgrip fatigue development. Ergonomics. 2018; 61(12): 1646-1656. [DOI:10.1080/00140139.2018.1504991] [PMID]
51. Chang F-L, Sun Y-M, Chuang K-H, Hsu D-J. Work fatigue and physiological symptoms in different occupations of high-elevation construction workers. Appl Ergon. 2009; 40(4): 591-596. [DOI:10.1016/j.apergo.2008.04.017] [PMID]
52. Jasper I, Häußler A, Baur B, Marquardt Ch, Hermsdorfer J. Circadian variations in the kinematics of handwriting and grip strength. Chronobiol Int. 2009; 26(3): 576-594. [DOI:10.1080/07420520902896590] [PMID]
53. Jewett ME, Wyatt JK, Ritz-De Cecco A, Khalsa SB, Dijk DJ, Czeisler CA. Time course of sleep inertia dissipation in human performance and alertness. J Sleep Res. 1999; 8(1): 1-8. [DOI:10.1111/j.1365-2869.1999.00128.x] [PMID]
54. Nicolay CW, Walker AL. Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. Int J Ind Ergon. 2005; 35(7): 605-618. [DOI:10.1016/j.ergon.2005.01.007]
55. Roman-Liu D, Tokarski T, Kowalewski R. Decrease of force capabilities as an index of upper limb fatigue. Ergonomics. 2005; 48: 930-948. [DOI:10.1080/00140130500182312] [PMID]
56. Hong Y, Li J-X, Fong D-TP. Effect of prolonged walking with backpack loads on trunk muscle activity and fatigue in children. J Electromyogr Kinesiol. 2008; 18(6): 990-996. [DOI:10.1016/j.jelekin.2007.06.013] [PMID]
57. Enoka RM, Baudry S, Rudroff T, Farina D, Klass M, Duchateau J. Unraveling the neurophysiology of muscle fatigue. J Electromyogr Kinesiol. 2011; 21(2): 208-219. [DOI:10.1016/j.jelekin.2010.10.006] [PMID]
58. Dederinga A, Nkmeth G, Harms-Ringdahl K. Correlation between electromyographic spectral changes and subjective assessment of lumbar muscle fatigue in subjects without pain from the lower back. Clin Biomech. 1999; 14(2): 103-111. [DOI:10.1016/S0268-0033(98)00053-9]
59. Bosch T, De Looze MP, Van Dieen JH. Development of fatigue and discomfort in the upper trapezius muscle during light manual work. Ergonomics. 2007; 50(2): 161-177. [DOI:10.1080/00140130600900282] [PMID]
60. Robertson RJ, Stanko RT, Goss FL, Spina RJ, Greenawalt KD. Blood glucose extraction as a mediator of perceived exertion during prolonged exercise. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1990; 61(1-2): 100-105. [DOI:10.1007/BF00236701] [PMID]
61. Bazazan A, Dianat I, Rastgoo L, Zandi H. Relationships between dimensions of fatigue and psychological distress among public hospital nurses. Heal Promot Perspect. 2018; 8(3): 195-99. [DOI:10.15171/hpp.2018.26] [PMID] [PMCID]