

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

Neda Mahdavi<sup>1</sup>, Javad Faradmal<sup>2</sup>, Iman Dianat<sup>3</sup>, Hasan khotanlou<sup>4</sup>, Rashid Heidarimoghadam<sup>1\*</sup>

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/ijergon.8.3.48](https://doi.org/10.30699/ijergon.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](mailto: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

## مقاله پژوهشی

## بررسی رابطه بین ریسک فاکتورهای روانی-اجتماعی و خستگی چنگش کارکنان دارای وظایف دستی

ندا مهدوی<sup>۱</sup>، جواد فردمال<sup>۲</sup>، ایمان دیانت<sup>۳</sup>، حسن ختن لو<sup>۴</sup>، رشید حیدری مقدم<sup>۱\*</sup>

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

اطلاعات مقاله	خلاصه
دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۴ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۹ انتشار آنلاین: ۱۳۹۹/۰۶/۱۵	<b>زمینه و هدف:</b> خستگی مشکلی بسیار شایع در میان کارکنان و خستگی عضلانی یکی از پیامدهای خستگی عمومی ناشی از ریسک فاکتورهای متعدد است. این مطالعه با هدف توصیف خستگی عضلانی کارکنان دارای وظایف دستی مختلف و یافتن رابطه آن با ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی انجام شد.
<b>نویسنده مسئول:</b> رشید حیدری مقدم گروه ارگونومی، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران <b>پست الکترونیک:</b> <a href="mailto:Dr_Haidari@yahoo.com">Dr_Haidari@yahoo.com</a>	<b>روش کار:</b> در این مطالعه، برای تعیین میزان کاهش در نیروی چنگش (خستگی) از داینامومتر هیدرولیک جامار استفاده شد. نیروی چنگش دست راست و چپ ۱۵۷ آزمودنی دارای معیارهای ورود در سه سطح شغلی و یک شیفت کاری هشت ساعته سه بار ثبت شد. ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی با استفاده از پرسشنامه روانی اجتماعی کپنهاگن ارزیابی و رابطه آن ها با نیروی چنگش و خستگی چنگش بررسی شد.
	<b>یافته ها:</b> در مرحله دوم مطالعه، کارکنان مشاغل با وظایف سبک و متوسط و سنگین به ترتیب ۶۱ و ۶۲ و ۶۹ درصد خستگی چنگش را تجربه کردند. به نظر می رسد با افزایش نیرو یا سرعت مورد نیاز و سخت تر شدن انجام وظایف، خستگی چنگش بیشتری در دست راست شاهد خواهیم بود. روند کاهش نیروی چنگش و افزایش خستگی چنگش در مشاغل سنگین مشهودتر بود. همچنین، بین ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی با خستگی چنگش همبستگی متوسط یا قوی مشاهده نشد.
برای دانلود این مقاله، کد زیر را با موبایل خود اسکن کنید.	<b>نتیجه گیری:</b> کارکنان مشاغل دارای وظایف دستی سنگین به دلیل ماهیت شغلشان (نیاز به اعمال نیروی زیاد) در مقایسه با کارکنان سایر سطوح شغلی، خستگی چنگش بیشتری در دست راست خود تجربه کردند. با این همه، نمی توان نتیجه گیری قطعی درباره تأثیر ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی بر خستگی چنگش ارائه کرد. بررسی تأثیر بارهای شناختی شغل و ابعاد آنترپومتری دست بر خستگی چنگش می تواند موضوعی جذاب برای مطالعات آینده باشد.
	<b>کلیدواژه ها:</b> خستگی چنگش، قدرت چنگش، وظایف دستی، ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی، پرسشنامه کپنهاگن

## مقدمه

محیط های کاری است که با ناراحتی، درد، کاهش قدرت عضلانی [۴] و اختلالات اسکلتی عضلانی (Musculoskeletal Disorders) [۵ و ۶] مرتبط است. همچنین، تأثیرات منفی خستگی بر غیبت های شغلی [۷]، عملکرد [۸]، کارایی [۹] و بهره وری [۱۰-۱۲] شناخته شده است. خستگی بار اقتصادی و اجتماعی زیادی به جوامع وارد می کند [۱۳ و ۱۴]. Techera و همکاران معتقدند علل مسبب خستگی عضلانی همواره کمتر از پیامدهای خستگی در کانون توجه بوده اند؛ زیرا شناسایی و اندازه گیری پیامدها به مراتب ساده تر از تشریح علل ایجاد کننده آن است [۱۵].

اگر مهم ترین عملکرد عضلات را تولید نیروی عضلانی برای انجام کار بدانیم، خستگی عضلانی (Muscle Fatigue) به عنوان یکی از پیامدهای خستگی عمومی، عبارت از شکست در حفظ نیروی مورد نیاز یا مورد انتظار [۱] یا هرگونه کاهش ظرفیت تولید نیرو در عضله است که ناشی از فعالیت باشد [۲]. خستگی عضلانی به عنوان مکانیسمی دفاعی، از بدن در مقابل زائادات متابولیکی دفاع می کند و موجب حفظ یکپارچگی عضلات می شود [۳]. اگر عوامل ایجاد کننده خستگی عضلانی مدیریت نشود و پیامدهای حاصل از آن تجمعی شود، می تواند مشکلاتی به همراه داشته باشد. خستگی از مسائل بسیار شایع در

سه گروه دسته‌بندی شد. هریک از آزمودنی‌ها در روز آزمون وظایف شغلی روزانه خود را انجام می‌دادند. این سه گروه از این قرار بودند:

### ۱. وظایف دستی سبک (کارکنان اداری): برخی وظایف

کارکنان این دسته تکراری بود و به‌طور کلی، وظایف با اعمال نیروی کم اجرا می‌شد. ابزار (خودکار و...) استفاده‌شده 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 اعمال نیروی متوسط نیازمند بودند. وزن ابزار آنان (دفعه، 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 اعمال 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 به کار می‌بردند.

## پرسشنامه‌ها و ابزارها و تجهیزات

### ۱. پرسشنامه دموگرافیک

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

### ۲. پرسشنامه کپنهاگن یا COPENHAGEN COPSOQ (PsychoSocial Questionnaire)

برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به شرایط روانی اجتماعی، نسخه فارسی‌شده پرسشنامه کپنهاگن (فرم کوتاه) به کار رفت و شرکت‌کنندگان با معیار پنج‌نقطه‌ای به پرسش‌های این پرسشنامه نرخ‌دهی کردند (A=همیشه، B=اغلب، C=گاه‌گاهی، D=به ندرت، E=هرگز). براساس نرخ‌دهی آزمودنی‌ها، هریک از گویه‌ها (نرخ‌های A تا E) به ترتیب 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 در مجموع ۳۲ گویه دارد [۳۱]. شایان ذکر است در این مطالعه، سه فاکتور اول و گویه‌های

به نظر می‌رسد یکی از عوامل ایجادکننده خستگی عضلانی در کارکنان محیط‌های کاری، عوامل روانی اجتماعی باشند. عوامل روانی اجتماعی جنبه‌های غیرفیزیکی کار شامل فشار کاری، نیاز به پردازش اطلاعات فراوان، سبک مدیریت، بار کاری، نداشتن کنترل بر شغل و قطعیت نداشتن شغل در آینده است. این دسته از عوامل موجب افزایش تنش بر ساختارهای اسکلتی عضلانی [۱۹ و ۲۰] و برانگیختن عکس‌العمل‌های شیمیایی در بدن می‌شود [۲۱ و ۲۲]. در صورتی که بدن نتواند بر تغییرات حاصل از عوامل روانی اجتماعی فائق آید، خستگی و اختلالات اسکلتی عضلانی [۲۳ و ۲۴] دوزدهن نخواهد بود. مطالعات انجام‌شده درباره رابطه بین عوامل روانی اجتماعی و خستگی عضلانی محدود هستند [۲۵-۲۷]. Mehta و همکاران در دو مطالعه 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]. O'Sullivan و Deeney امواج الکترومایوگرافی عضله تراپزیوس فوقانی افراد را حین انجام سه سطح وظیفه 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 عضله مذکور است [۲۹].

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

## روش کار

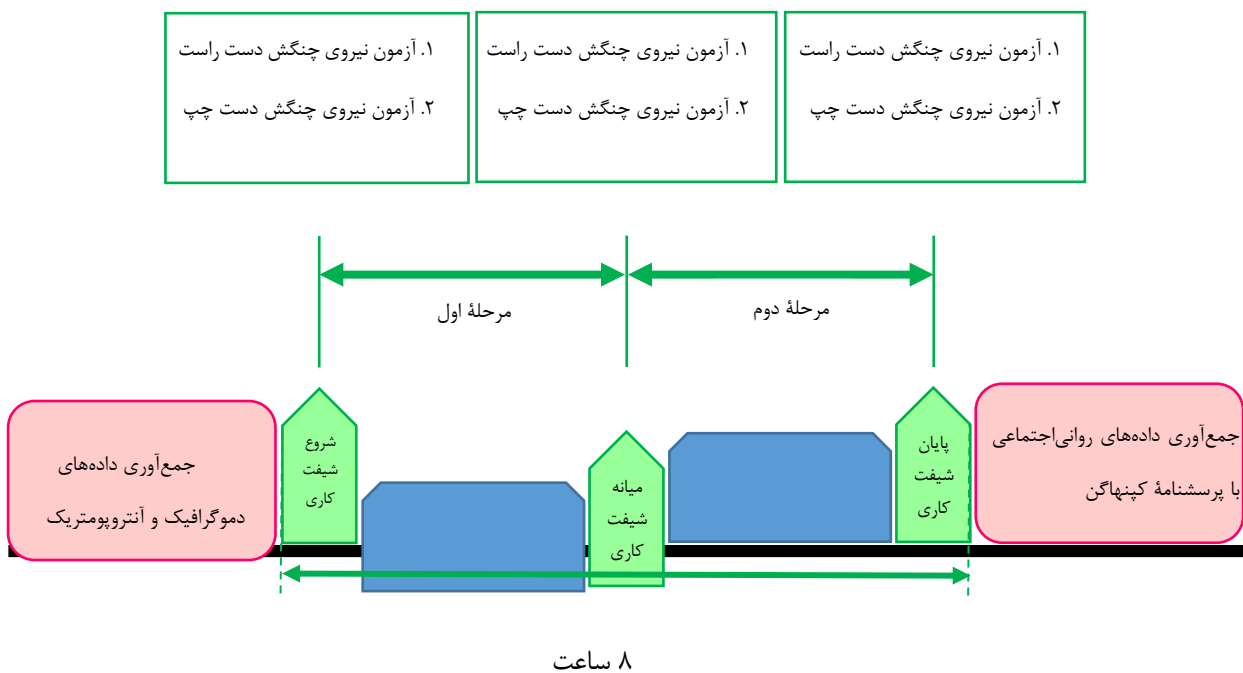
این مطالعه مقطعی پس از تصویب در کمیته اخلاق در پژوهش با کد IR.UMSHA.REC.1397.898 در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ اجرا شد. پس از کسب رضایت آگاهانه، ۱۵۹ داوطلب از کارکنان مشاغل دارای وظایف با معیارهای ورود و خروج وارد مطالعه شدند. معیارهای ورود به این مطالعه عبارت بودند از: ۱. داشتن حداقل ۱۸ سال؛ ۲. نداشتن تجربه ناراحتی و اختلال اسکلتی عضلانی در اندام فوقانی (گردن، شانه، بازو، آرنج، مچ و...); ۳. مبتلانی بودن به بیماری‌های قلبی عروقی و تنفسی. وظایف شغلی کارکنان براساس میزان اعمال نیرو برای اجرای وظایف و وزن ابزار استفاده‌شده در

مطابق با پروتکل موقعیت آزمون استاندارد مصوب جامعه آمریکایی درمانگران دست، نیروی چنگش بیشینه آنان ثبت شد. علاوه بر این، برای اطمینان از بیشینه بودن نیروی اعمال شده بر داینامومتر در هر بار آزمون، از انگیرش کلامی استاندارد «فشار بده! ... فشار بده! ... ریلکس شو!» استفاده شد [۳۹]. سه نوبت در یک روز کاری (ابتدا و میانه و انتهای شیفت کاری هشت ساعته) و در هر نوبت سه بار (سه تلاش) از آزمودنی خواسته شد داینامومتر را با تمام نیروی خود بفشارد و محقق بیشترین مقدار نیروی چنگش اعمال شده در هر تلاش را ثبت کرد. روند کاهش نیروی اعمالی بر اساس معادله پیشنهادی Roman-Liu و همکاران [۳۸] به خستگی چنگشی اندام فوقانی تعبیر شد. در شکل ۱، نحوه گردآوری اطلاعات مطالعه را مشاهده می کنید. بازه زمانی بین شروع و میانه کار به عنوان مرحله اول و بازه زمانی بین میانه و پایان کار به عنوان مرحله دوم در نظر گرفته شد.

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

### ۳. داینامومتر

در این مطالعه، از داینامومتر هیدرولیک جامار (Lafayette Instruments Co., Inc)، از ابزارهای بسیار پرکاربرد و سفارش شده برای اندازه‌گیری قدرت چنگش [۳۶ و ۳۷] استفاده شد. فاصله بین دو دسته این ابزار برای تمام شرکت کنندگان در موقعیت دوم خود، یعنی ۳/۸ سانتی‌متر تنظیم و کالیبره [۳۸] شد. پس از آشنا کردن آزمودنی‌ها با چگونگی کار با داینامومتر و تفهیم موقعیت‌های بدنی استاندارد



شکل ۱. مراحل اجرای آزمون برای هر آزمودنی

والیس و برای مقایسه‌های تعقیبی، از آزمون تکمیلی شفه استفاده شد. همچنین، به منظور تبیین روابط بین متغیرهای کمی از شاخص ضریب همبستگی اسپیرمن بهره برده شد.

### آنالیز داده‌ها

آمار توصیفی داده‌ها با استفاده از آماره‌های میانگین و انحراف معیار برای داده‌های کمی و فراوانی و درصد فراوانی برای داده‌های کیفی صورت گرفت. به منظور مقایسه میانگین نیروی چنگش دست راست و چپ در گروه‌های مختلف شغلی بنابه ویژگی‌های پاسخ، از آزمون ANOVA یا آزمون کروسکال

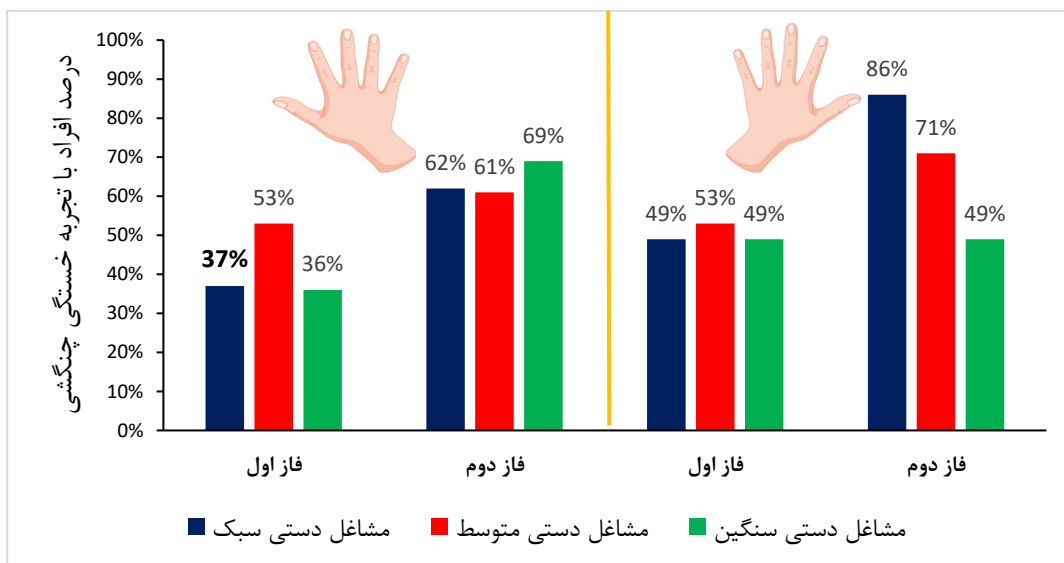
**یافته‌ها**

در شکل ۲، درصد افرادی را مشاهده می‌کنید که خستگی چنگش را تجربه کرده بودند یا به‌بیان‌دیگر، میزان تغییرات نیروی چنگش آنان در مراحل اول و دوم مطالعه منفی (-) بود. در جدول ۲، توصیف ریسک فاکتورهای دموگرافیک، روانی اجتماعی، محیطی و جسمانی افراد (فاکتورها و سؤال‌ها) در هر سه سطح شغلی آورده شده است. بررسی تفاوت ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی در سطوح شغلی مختلف از تفاوت معنادار فاکتور ۱ در مشاغل دستی سبک و متوسط حکایت می‌کرد ( $P=0/029$ )؛ اما تفاوت معناداری در میانگین فاکتور ۱ مشاغل دستی سبک-متوسط-سنگین ( $P=0/071$ ) و سبک-سنگین ( $P=0/99$ ) وجود نداشت. در جدول ۳، همبستگی بین برخی عوامل روانی اجتماعی مؤثر بر نیروی چنگش و خستگی چنگش در یک شیفت کاری بررسی شده است.

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. ۹۶/۲ درصد آزمودنی‌ها راست‌دست بودند و میانگین وزن و طول قامت و سن آزمودنی‌ها به ترتیب ۷۲/۹۲ کیلوگرم و ۱۷۰/۰۵ سانتی‌متر و ۳۶/۹۹ سال بود. در جدول ۱، میانگین (انحراف معیار) سه تکرار اعمال نیروی چنگش دست راست یا چپ آزمودنی‌ها در هر بار اندازه‌گیری (ابتدا و میانه و انتهای شیفت کاری) را به تفکیک سطوح شغلی مشاهده می‌کنید. از این به بعد، به جای عبارت «میانگین سه تکرار در هر بار اندازه‌گیری» به اختصار از عبارت «نیروی چنگش» استفاده خواهد شد.

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

P-value	میانگین (انحراف معیار)			نیروی چنگش (نیوتن)	تکرار آزمون
	کل افراد	مشاغل دستی سنگین	مشاغل دستی متوسط		
0.001	۳۰/۳۶ (۱۲/۷۰)	۳۹/۳۸ (۶/۹۳)	۳۰/۱۹ (۱۲/۱۵)	۲۲/۲۲ (۱۱/۹۷)	اندازه‌گیری اول
0.001	۲۸/۷۲ (۱۲/۶۴)	۳۷/۷۸ (۷/۳۲)	۲۸/۳۷ (۱۲/۴۷)	۲۰/۵۵ (۱۱/۵۲)	نیروی چنگش دست چپ
0.001	۳۱/۲۱ (۱۲/۹۴)	۴۰/۲۴ (۷/۱۸)	۳۱/۰۲ (۱۲/۶۸)	۲۳/۲۴ (۱۲/۱۰)	اندازه‌گیری دوم
0.001	۲۹/۸۰ (۱۳/۱۸)	۳۹/۰۳ (۷/۱۰)	۲۹/۳۹ (۱۳/۱۱)	۲۱/۹۰ (۱۲/۳۰)	نیروی چنگش دست چپ
0.001	۳۱/۳۳ (۱۳/۳۱)	۴۰/۲۲ (۷/۲۳)	۳۰/۹۰ (۱۳/۴۹)	۲۳/۰۹ (۱۲/۳۶)	اندازه‌گیری سوم
0.001	۲۹/۶۱ (۱۳/۲۲)	۳۸/۶۰ (۷/۱۰)	۲۸/۹۴ (۱۳/۵۵)	۲۱/۵۵ (۱۲/۰۷)	نیروی چنگش دست چپ



شکل ۲. درصد افراد با تجربه خستگی چنگش در دست راست و چپ در مرحله اول و دوم

جدول ۲. امتیاز ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی در سطوح شغلی مختلف

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

\*تفاوت معنادار

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

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

## بحث و نتیجه گیری

بزرگ مطالعه حاضر، از داینامومتر به عنوان ابزاری عینی برای سنجش قدرت چنگش و در نتیجه خستگی عضلانی استفاده شد. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد نیروی چنگش دست راست و چپ کارکنان مشاغل دستی سنگین در هر سه بار اندازه گیری در شیفت کاری، بیشتر از کارکنان مشاغل متوسط و سبک بود (جدول ۱). به نظر می رسد نیروی چنگش زیاد با توانایی بیشتر انجام کار، به خصوص 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 به طور معناداری بیشتر از مشاغل دستی سبک بود. بنابراین، می توان چنین نتیجه گرفت که با افزایش میزان نیروی مورد نیاز برای انجام وظایف شغلی، نیروی چنگش کارکنان نیز افزایش یافته است. این نتیجه نشان دهنده توانایی بیشتر انجام کار در کارکنان مشاغل دستی سنگین بود. هم راستا با مطالعه حاضر، در مطالعه Rostamzadeh و همکاران نیز در مشاغلی که نیروی مورد نیاز برای انجام وظایف شغلی آن‌ها بیشتر بود، نیروی چنگش بیشتری گزارش شد [۴۰]. از آنجاکه قبل از استخدام آزمودنی‌های مطالعه سنجش نیروی چنگش انجام نشده بود،

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]. با این حال، ابزارهای به کاررفته برای سنجش خستگی غالباً ذهنی بوده [۴۳] و در بین این دسته از کارکنان، به عوامل ایجادکننده خستگی عضلانی کمتر توجه شده است. مطالعه حاضر با استفاده از ابزارهای عینی و ذهنی، سعی کرد خستگی عضلانی را تعیین کند و ریسک فاکتورهای 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 درخور توجه 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 به شمار می‌رود. کاهش قدرت اعمال شده حین چنگش دست به عنوان نشانه‌ای از خستگی عضلانی می‌تواند با ریسک فاکتورهای ارگونومیک محیط کار رابطه داشته باشد. بنابراین، به منظور بررسی خستگی جمعیت



نشانه‌هایی از خستگی چنگش مشاهده نکردند [۵۴]. در هر صورت، انجام وظایف کاری و گاه کم‌بودن بازه‌های ریکآوری به موازات ریتم سیرکادین (۵۵)، موجب کاهش ظرفیت انقباضی عضلات در پایان روز کاری و در نتیجه، خستگی چنگش خواهد شد.

ب. درصد افراد با تجربه خستگی چنگش در دست راست در مشاغل دستی سنگین درمقایسه با دو سطح شغلی دیگر بیشتر بود. فعالیت‌های دستی کارکنان مشاغل دستی سنگین درمقایسه با سایر آزمودنی‌ها، به‌ویژه از نظر میزان اعمال نیرو، سنگین‌تر بود و فشار بیشتری به سیستم اسکلتی-عضلانی آنان وارد می‌کرد. از آنجاکه خستگی چنگش منعکس‌کننده کاهش قابلیت تولید نیرو است، می‌توان تفاوت موجود در درصد افراد با تجربه 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 مطالعه حاضر، به این نتیجه رسیدند که با افزایش بار خارجی، خستگی چنگش افزایش می‌یابد [۵۶].

ج. در مرحله 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 اعمال نیروی کم (مشاغل دستی سبک) و متوسط (مشاغل دستی متوسط)، بیشتر از مشاغل با اعمال نیروی زیاد (مشاغل دستی سنگین) بود. نتیجه حاصل را با ماهیت فعالیت دست‌ها در این نوع مشاغل می‌توان توجیه کرد؛ بدین ترتیب که در مشاغل سبک (مشاغل اداری با وظایف شغلی همچون تایپ کردن) و متوسط (شغل قالی‌بافی با وظایف شغلی همچون گره و دغه زدن) مدنظر این مطالعه، فرد برای انجام صحیح وظایف شغلی‌اش هم‌زمان با دو دست خود تقریباً به یک میزان فعالیت و نیرو اعمال می‌کرد. با وجود این، ماهیت مشاغل دستی سنگین مطالعه‌شده (سنگ‌بری با وظایف شغلی همچون حمل و برش سنگ) به گونه‌ای بود که برای نگه‌داشتن ابزار نسبتاً سنگین این شغل در بازه‌های نسبتاً طولانی، دست غالب (دست راست) استفاده می‌شد؛ در نتیجه نیروی اعمال‌شده 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 روانی اجتماعی کارکنان حاکی از تفاوت معنادار فاکتور ۱ پرسشنامه کپنهاگن (ابعاد مرتبط با

به نظر می‌رسد ماهیت وظایف شغلی توانسته سطح ورزش‌زدگی عضلات دست و نیروی چنگش و در نتیجه، 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 (درمقایسه با شروع) را گزارش کردند [۵۰]. در هر حال، بیشتر بودن نسبی نیروی چنگش در پایان شیفت کاری می‌تواند ناشی از بیشتر بودن سطح انگیزش<sup>۱</sup> [۵۱] و زیر نظر بودن آزمودنی‌ها و تأثیرپذیری از ریتم سیرکادین باشد. Mantooth و همکاران معتقدند اوج نیروی چنگش در بعدازظهر مشاهده می‌شود [۴۹]. برخی محققان نیز کمتر بودن نیروی چنگش در شروع شیفت کاری را ناشی از اینرسی خواب‌آمی دانند 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 توسعه 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. بدین ترتیب، 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 درباره تفاوت سطح خستگی چنگش در سطوح مختلف شغلی رسیدیم:

الف. به‌طور کلی، درصد افرادی که خستگی چنگش را تجربه کرده بودند، در مرحله دوم بیش از مرحله اول بود. این یافته دلیلی بر بیشتر شدن 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،

<sup>2</sup> Sleep Inertia

<sup>1</sup> Motivation

دستی و رابطه آن با ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی پرداخته شود. برای بررسی خستگی چنگشی از داینامومتر، معیار کاهش تولید نیروی چنگش، استفاده شد. به نظر می‌رسد با افزایش نیرو یا سرعت موردنیاز و سخت‌تر شدن انجام وظایف، شاخص تغییر در نیروی چنگش تغییرات منفی بزرگ‌تر و در نتیجه، خستگی چنگشی بیشتری نشان می‌داد. همبستگی بین ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی (فاکتورهای پرسشنامه کپنهاگن) با نیروی چنگش و خستگی چنگشی ضعیف بود؛ بنابراین، نمی‌توان نتیجه‌گیری قاطعی درباره ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی مؤثر بر خستگی چنگشی ارائه کرد. باین‌حال، به‌طور کلی توصیه می‌شود با در نظر گرفتن مشخصه‌های دموگرافیک حین استخدام، مناسب‌ترین افراد از نظر قدرت چنگش را انتخاب و برای بهینه‌شدن نیروی چنگش کارکنان، مداخلاتی با هدف مدیریت ریسک فاکتور جسمانی (سطح ارتعاش و میزان نیرو یا سرعت اجرای وظایف کاری) پیاده‌سازی کرد.

ناگفته نماند عوامل مداخله‌گری همچون زیر نظر بودن، وضعیت خواب، سطح فعالیت فیزیکی و ورزشی عضلانی کارکنان ممکن است نتایج مطالعه را تحت‌تأثیر قرار داده باشد؛ به‌همین دلیل، نمی‌توان با قاطعیت درباره رابطه‌نداشتن ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی با قدرت چنگش و خستگی چنگشی اظهار نظر کرد. توجه به ریسک فاکتورهای دموگرافیک همچون ابعاد آنتروپومتریک و ریسک فاکتورهای شناختی و رابطه آن‌ها با خستگی چنگشی و به‌طور کلی خستگی عضلانی کارکنان دارای وظایف دستی، می‌تواند موضوع جذابی برای مطالعات آینده باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، سطوح شغلی مختلف را با در نظر گرفتن تفاوت معنادار در ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی وارد مطالعه کرد تا بتوان تأثیر این ریسک فاکتور بر خستگی عضلانی را بهتر و دقیق‌تر بررسی کرد.

### تقدیر و تشکر

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

### تعارض منافع

بین نویسندگان این مقاله هیچ‌گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

سبک رهبری و جو سازمانی و ارتباطات) در سطوح مختلف شغلی بود. علاوه‌براین براساس جدول ۳، نمره نارضایتی از شرایط روانی اجتماعی محیط کار در هر یک از فاکتورها (فاکتور ۱ و ۲ و ۳) کمتر از ۵۰ درصد نمره‌ای بود که می‌توان به هر فاکتور اختصاص داد؛ بنابراین از نظر شرایط روانی اجتماعی، محیط‌های کاری در هر سه سطح شغلی در شرایط نسبتاً مناسبی قرار داشتند. با توجه به مناسب بودن نسبی شرایط روانی اجتماعی در سطوح مختلف شغلی و همبستگی ضعیف نیروی چنگش و خستگی چنگشی، نمی‌توان انتظار داشت دلیل تفاوت بین تجربه خستگی در سه سطح شغلی، ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی باشد. Jia و همکاران نیز معتقدند تأثیر استرس‌های روانی اجتماعی بر خستگی عضلانی بسیار محدود است.

بررسی همبستگی بین ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی با نیروی چنگش و خستگی چنگشی نشان داد فاکتور ۱ پرسشنامه کپنهاگن با نیروی چنگشی دست راست و چپ در سه بار اندازه‌گیری همبستگی ضعیفی دارد. علاوه‌براین، خستگی چنگشی در مرحله دوم مطالعه همبستگی ضعیفی با فاکتور ۲ پرسشنامه کپنهاگن داشت. مطالعه Bazazan و همکاران برخلاف مشاهدات مطالعه حاضر، اثبات کرد بین خستگی عضلانی و شاخص‌های روانی اجتماعی در بین کارکنان پرستاری رابطه قوی و معناداری وجود دارد [۶۱]. بدین‌معنا که نمره بیشتر در ارزیابی خستگی جسمانی با شاخص خستگی چندبعدی (Multidimensional Fatigue Index) با بیشتر بودن سطح دیسترس‌های روانی اجتماعی محاسبه‌شده با پرسشنامه محتوای شغلی (Job Content Questionnaire) متناظر است [۶۱]. در برخی مطالعات نیز، به‌طور غیرمستقیم می‌توان رابطه‌ای بین ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی با خستگی عضلانی یافت. برای مثال، Schleifer و همکاران بین استرس‌های ذهنی و افزایش فعالیت الکترومایوگرافی (از علائم خستگی عضلانی در الکترومایوگرافی) عضله تراپزیوس رابطه معناداری گزارش کردند. به‌طور کلی، تعداد مطالعاتی که در حوزه ارگونومی به‌طور خاص تأثیر ریسک فاکتورهای روانی اجتماعی بر قدرت و خستگی چنگشی را بررسی کرده باشند، بسیار محدود است و در این زمینه، باید مطالعات بیشتری انجام شود.

از آنجاکه خستگی عضلانی می‌تواند آغازگر اختلالات اسکلتی عضلانی در آینده باشد، در این مطالعه تلاش شد به تعبیری از خستگی عضلانی با نام خستگی چنگشی کارکنان دارای وظایف



## References

- Edwards RHT. Human muscle function and fatigue. Ciba Found Symp. 1981; 82: 1-18. [DOI:10.1002/9780470715420.ch1] [PMID]
- Bigland-Ritchie B, Cafarelli E, Vollestad NK. Fatigue of submaximal static contractions. Acta Physiol Scand Suppl. 1986; 556: 137-148.
- Sargeant AJ. Human power output and muscle fatigue. Int J Sports Med. 1994; 15(3):116-121. [DOI:10.1055/s-2007-1021031] [PMID]
- Chaffin DB, Andersson GBJ, Martin BJ. Occupational biomechanics. New Jersey: John Wiley & Sons; 2006.
- 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.
- 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]
- 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]
- Chaffin DB. Localized muscle fatigue-definition and measurement. J Occup Environ Med. 1973; 15(4): 346-354.
- Åhsberg E. Perceived fatigue related to work. Stockholm, Sweden: National Institute for Working Life; 1998.
- 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]
- Podniece Z, Heuvel S, Blatter B. Work-related musculoskeletal disorders: Prevention report. Bilbao, Spain: European Agency for Safety and Health at Work; 2008.
- 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]
- 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.
- Ricci JA, Chee E, Lorandean 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]
- 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]
- 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]
- 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]
- 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]
- 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]
- 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]
- 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]
- 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]
- Wixted F, O'Sullivan L. The moderating role of end-tidal CO<sub>2</sub> 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]
- 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]
- 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]
- 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 the 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. Dederiga 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]