بررسی اثر دو ایستگاه کار قالیبافی بر خستگی عضلات ناحیه شانه به دو روش عینی و ذهنی

نرگس مرتضوی[۱]، تیمور اللهیاری[۲]، حمید رضا خلخالی[۳]، محمد علی سنجری[۴]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۴/۱۸ تاریخ ویرایش: ۹۲/۰۸/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۸/۰۴

چکیده

زمینه و هدف: کار طولانی مدت در شرایط استاتیک با پوسچر نامناسب، ریسک فاکتورهای مهم در بروز اختلالات اسکلتی عضلانی قالیبافان به شمار می‌روند. ایستگاه کاری نامناسب و پوسچر نامطلوب منجر به افزایش بار عضلانی و در نتیجه افزایش فعالیت الکتریکی عضلات و در نهایت بروز خستگی عضلانی می‌شود. هدف از پژوهش حاضر، اندازه گیری بار عضلانی و خستگی به دو روش الکترومیوگرافی سطحی و مقیاس بورگ CR-۱۰ است.

روش بررسی: دو ایستگاه کاری رایج قالیبافی (پوسچر فرد در ایستگاه A: چهارزانو نشسته و در ایستگاه B: نشسته بروی صندلی) در آزمایشگاه شبیه سازی شد و ۱۲ نفر زن قالیباف با میانگین سن ۳۲/۵سال، به مدت سه ساعت، در دو روزکاری به قالیبافی پرداختند. ثبت سیگنال EMG در چهار عضله ی تراپزیوس چپ و راست و دلتوئید چپ وراست، توسط الکترمیوگرافی سطحی و نرخ‌گذاری ذهنی خستگی ناحیه شانه، توسط مقیاس ۱۰- Borg CR انجام گرفت. جهت اندازه گیری فعالیت الکتریکی عضله و بار عضلانی شاخص RMS و جهت برآورد خستگی عضلانی شاخص فرکانس میانه از سیگنال خام EMG استخراج شد.

یافته‌ها: بررسی نتایج نشان داد که میانگین RMS تمامی عضلات در ایستگاه A بیشتر از ایستگاه B است ($p<0/05$). همچنین در بین عضلات، در هر دو ایستگاه میانگین RMS در عضله‌ی تراپزیوس بیشتر از عضله‌ی دلتوئید است. در بررسی خستگی عضلانی به روش آنالیز توام طیف و دامنه بروز خستگی در ایستگاه B بیشتر از ایستگاه A مشاهده شد. در نتایج حاصل از گزارش ذهنی خستگی به وسیله مقیاس بورگ تفاوتی در دو ایستگاه کاری وجود نداشت و در هر دو ایستگاه خستگی به یک میزان گزارش شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که هر دو ایستگاه از لحاظ طراحی ارگونومیکی دارای مزایا و معایبی هستند که در نهایت کار طولانی مدت در هر دو ایستگاه کاری منجر به خستگی عضلانی شده و خطر ابتلا به اختلالات اسکلتی عضلانی را افزایش می‌دهد. به این منظور انجام مطالعات بیشتر در زمینه‌ی طراحی ایستگاه کاری ارگونومیک برای قالیبافان ضروری است.

کلید واژه‌ها: الکترمیوگرافی سطحی، خستگی عضلانی، ایستگاه کاری، قالیبافی

مقدمه

هنر – صنعت قالیبافی از صنایع شناخته شده و بومی ایرانی است و پیشینه‌ای دو هزارساله دارد. این صنعت در ایران به عنوان شاخص صنایع خانگی محسوب شده و در حدود ۸/۵ میلیون نفر به صورت مستقیم و غیر مستقیم در این صنعت مشغول به‌کارند. متاسفانه به علت خانگی بودن این صنعت در ایران، قوانین مربوط به بهداشت و سلامت قالیبافان به درستی اجرا نمی‌شود و شرایط نامناسبی بر اکثر این کارگاه‌ها حکمفرماست. در میان بیماری‌های ناشی از کار قالیبافی، شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی در میان قالیبافان بالاست. شیوع این اختلالات در میان بافندگان فرش دستباف ایرانی بالاتر ازشیوع آن در میان جمعیت عمومی کشور است و بروز این علائم در اندام فوقانی بافندگان بیشتر از سایر اندام‌ها است. بیش‌ترین شیوع این علائم به ترتیب در نواحی شانه ۸/۴۷ درصد، کمر ۴۵/۲درصد، دست‌ها و مچ دست‌ها ۳۸/۲درصد پشت ۳۷/۷ درصد، گردن ۳۵/۲ درصد و زانوها ۳۴/۶ درصد، گزارش شده است [۱]. فرآیند بافت قالی به صورتی است که فرد مجبور است ساعت‌های طولانی به صورت استاتیک و در یک وضعیت بدنی نامطلوب به کار بپردازد. کار در شرایط استاتیک و پوسچر نامناسب به عنوان یک ریسک فاکتور مهم در بروز اختلالات اسکلتی عضلانی مطرح

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ارگونومی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) استادیار گروه ارگونومی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران. allahyarit@yahoo.com

۳- استادیار گروه آمار زیستی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران.

۴- استادیار گروه بیومکانیک، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

است [۲]. شکایت از درد در ناحیه‌ی شانه و گردن در میان زنانی که به کارهای استاتیک و تکراری با بار کاری کم اشتغال داشتند در مط العات مختلف گزارش شده است [۳, ۴]. پوسچر نامطلوب بر افزایش بار عضلانی و در نتیجه فعالیت الکتریکی عضلات تأثیر دارد [۵]. در واقع فعال شدن عضلات شانه و گردن، تحت تأثیر نوع کاری که با دست انجام می‌شود و پوسچر کاری است. در مقایسه‌ی همزمان چند عضله‌ی شانه، با تغییر زاویه و پوسچر عضله، هنگامیکه که زاویه‌ی شانه افزایش می‌یابد، فعالیت الکتریکی ماهیچه نیز افزایش می‌یابد. مطالعات نشان داده اند بین میزان حرکات و زاویه‌ی شانه و افزایش فعالیت عضله رابطه معناداری وجود دارد [۶]. هنگام فعالیت در دو ایستگاه مختلف کار با پایانه‌های تصویری با پوسچر استاتیک، افزایش فعالیت عضلات ناحیه‌ی شانه و گردن (عضله‌ی تراپزیوس و اکستنسورهای گردن) مشاهده شد [۷].

یک روش کیفی مناسب جهت اندازه گیری میزان فعالیت الکتریکی و برآورد خستگی عضلات در ارگونومی الکترمیوگرافی سطحی[1] است. تغییرات در طیف[2] و دامنه[3] الکترومیوگرام، مانند افزایش در دامنه و یا تغییرات طیف به فرکانس‌های پایین می‌تواند به عنوان نشانه ای از خستگی عضلانی باشد. در مطالعات مرتبط با شناسایی خستگی عضلانی، عضله مورد بررسی در شرایط آزمایشگاهی در یک زمان کوتاه، تحت انقباضات مشخص قرار گرفته و پاسخ عضله و خستگی عضلانی ثبت و اندازه‌گیری می‌شود. در شرایط آزمایشگاهی، اغلب ثابت نگه داشتن میزان پیشرفت و افزایش نیرو در یک سطح و جلوگیری از تغییرات در نیروی تولیدی امکان پذیر است. در این موارد تغییرات احتمالی در EMG می‌تواند به تغییرات در خستگی عضلانی نسبت داده شود؛ اما در شرایط فیلد پیشرفت و افزایش در تولید نیرو در عضله خاص تحت تأثیر مقتضیات و شرایط کار است و نمی‌تواند توسط محقق توضیح داده شود. به منظور فائق آمدن بر این مشکل لوتمن روش آنالیز توام طیف و دامنه JASA[4] را ارائه کرد. در این روش تغییرات در دامنه و طیف EMG به صورت همزمان مورد بررسی قرار می‌گیرد [۸]. یکی از مزایای مهم این روش این است که فرد در حین انجام کار، مجبور به قطع فعالیت جهت انجام انقباضات ایزومتریک نیست [۹].

مطالعات متعددی ارتباط میان ایستگاه کاری، پوسچر، فعالیت عضله و خستگی عضلانی را بررسی کرده‌اند. در مطالعه سگرز مشخص شد که در ۴ ایستگاه مختلف کار با پایانه‌های تصویری با پوسچرهای متفاوت، میزان فعالیت الکتریکی عضلات نیز متفاوت است [۱۰]، با این حال در بررسی خستگی عضلانی به روش آنالیز همزمان، خستگی در عضلات مورد مطالعه مشاهده نشد. در مطالعه دیگری که توسط استراکر و همکاران انجام شد نیز تغییرات در طیف و دامنه EMG در دو ایستگاه کاری مختلف مشاهده شد [۱۱].

یکی از روش‌های رایج در ارگونومی برای بررسی خستگی ارزیابی ذهنی آن توسط مقیاس‌های ذهنی مختلف است. مقیاس Borg CR -۱۰ در مطالعات مختلفی جهت ارزیابی خستگی به کار گرفته شده است [۱۲].

بیشتر مطالعاتی که در زمینه‌ی اختلالات اسکلتی عضلانی قالیبافان انجام شده است، به بررسی شیوع این ناراحتی‌ها از طریق روش‌های ذهنی پرداخته‌اند. هدف مطالعه‌ی حاضر بررسی کمی فعالیت عضلات و شناسایی خستگی عضلانی از طریق روش آنالیز همزمان طیف و دامنه JASA و مقیاس Borg CR -۱۰ در عضلات ناحیه شانه است. این بررسی در دو ایستگاه کاری مختلف قالیبافی که در آزمایشگاه شبیه سازی شده بود، انجام گرفت.

1. Surface EMG
2. spectrum
3. Amplitude
4. Joint Analysis of spectra and amplitude

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

روش بررسی

افراد شرکت‌کننده در مطالعه: ۱۲ نفر، زن قالیباف در این مطالعه شرکت کردند. از معیارهای ورود به مطالعه آشنایی کافی افراد با قالیبافی، داشتن حداقل ۱۸ و حداکثر ۴۰ سال سن و عدم وجود هرگونه سابقه‌ی درد و ناراحتی مزمن در اندام فوقانی بود. افراد نسبت به مراحل انجام کار توجیه شدند و رضایت نامه‌ی حضور در تحقیق را امضا کردند. انتخاب حجم نمونه بر اساس اصول مطالعات تجربی و همچنین مطالعات مشابه، انجام گرفت [۱۳-۱۷].

ایستگاه‌های کاری: دو ایستگاه کاری متفاوت قالیبافی در آزمایشگاه شبیه سازی شد. ایستگاه A: دار قالی با ارتفاع کم، پوسچر فرد به صورت نشسته چهارزانو و ایستگاه B: دار با ارتفاع زیاد (قابل تنظیم)، پوسچر فرد به صورت نشسته روی صندلی دارای پشتی و دسته. از افراد خواسته شد تا در دو روز کاری مختلف، هر روز به مدت ۳ ساعت در هر یک از ایستگاه‌های کاری به قالیبافی بپردازند. عملیات قالیبافی شامل فعالیت‌های روتین بافت قالی (گره زدن، دفتین زدن و ثابت کردن پودهای نازک و کلفت) است. ثبت سیگنال‌های EMG در چهار نوبت انجام گرفت. همچنین گزارش احساس خستگی از طریق مقیاس Borg CR -۱۰ در دو نوبت (ساعت دوم و انتهای کار) انجام گرفت.

ثبت سیگنال EMG: ثبت سیگنال‌های EMG به صورت همزمان در چهار عضله‌ی تراپزیوس چپ و راست و دلتوئید چپ و راست توسط دستگاه الکترومیوگرام سطحی مدل Biometric/Data-link، ۸ کاناله انجام گرفت. به این منظور از ۴ الکترود سطحی مدل SX-۲۳۰ با امپدانس بالا ≤ ۱۰۰۰۰۰۰۰، بدون نیاز به آماده سازی پوست استفاده شد. محل قرار گرفتن الکترودها بر روی عضلات در توده‌ی عضلانی و موازی با فیبرهای عضلانی، مطابق با استاندارد پیشنهادی فریکس است [۱۸]. محل قرارگیری الکترود برای عضله‌ی تراپزیوس فوقانی، در مرکز عضله بین زائده‌ی مهره و همچنین الکترود گراند بر روی زائده‌ی استیلوئید قرارگرفت.

ثبت حداکثر انقباض ارادی[5] جهت نرمال سازی داده‌ها در ابتدا و انتهای هر روز کاری انجام شد. به این منظور پس از آموزش فرد جهت انجام انقباضات، از فرد خواسته شد تا به صورت آهسته افزایش نیرو را آغاز کرده و در مدت ۳ تا ۵ ثانیه آن را به حداکثر مقدار خود برساند و به مدت سه ثانیه در همان وضعیت نگه دارد. ثبت سیگنال EMG در این ۳ ثانیه انجام گرفت. این پروسه را بعد از دو دقیقه استراحت، دو تا سه بار تکرار و بهترین انقباض جهت انجام نرمال سازی مورد استفاده قرارگرفت. نحوه‌ی اجرای حداکثر انقباض ارادی برای عضله دلتوئید به این صورت بود که فرد در یک موقعیت نشسته با پشتی ثابت قرار گرفته و بازوها را در حالت ۹۰ درجه ثابت کرده و یک انقباض دو طرفه را اجرا می‌کرد. این انقباض تعادل توزیع نیرو را در تنه تضمین می‌کند. دور شدن شانه از مرکز ثقل بدن[6] باعث انقباض بهتر دلتوئید می‌شود. در مورد عضله‌ی تراپزیوس تست MVC می‌تواند برای یک طرف نیز اجرا شود. یک مقاومت استاتیک به صورت ثابت نگاه داشتن دستی بازوها و یا تنظیم بار مناسب و بالا می‌تواند برای فشار به شانه‌ها به سمت پایین مناسب باشد [۱۹].

بعد از ۵ دقیقه استراحت، فرد کار قالیبافی را شروع کرده و ثبت سیگنال در چهار مرحله: ساعت اول، ساعت دوم، ساعت سوم و انتهای کار انجام شد. برای همسان شدن داده‌های تمام افراد، ثبت سیگنال برای تمامی افراد در خلال فعالیت گره زدن انجام گرفت. این مراحل برای هر ایستگاه کاری به صورت جداگانه انجام گرفت.

گزارش ذهنی احساس خستگی: مقیاس ۱۰- Borg CR جهت نرخ‌گذاری ذهنی احساساتی مانند درد، ناراحتی و خستگی طراحی شده است. در این مقیاس ۱۰ عددی که با توضیحاتی در مورد هر کدام از

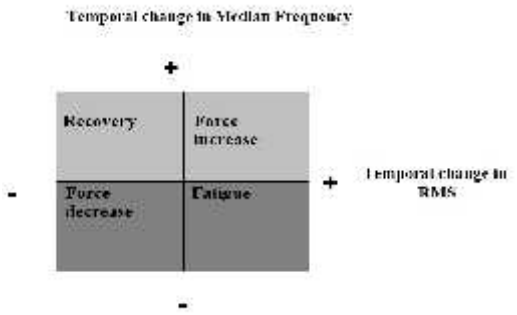
[5]. Maximum voluntary contractions
[6]. Abduction

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

اعداد همراه است، عدد صفر نشانگر عدم وجود هیچ گونه احساس و ۱۰ بیانگر حداکثر احساس است. این مقیاس در مطالعات مختلف به عنوان مقیاسی جهت نرخ‌گذاری و گزارش احساس خستگی به کار رفته است [۲۰]. در مطالعه‌ی حاضر گزارش احساس خستگی در ناحیه‌ی کمربند شانه ای در حین کار و در دو نوبت (ساعت دوم و انتهای کار) به وسیله مقیاس بورگ، توسط افراد انجام شد.

پردازش سیگنال EMG: ابتدا طیف فرکانس سیگنالها مورد بررسی قرار گرفت و طبق آن با استفاده از فیلتر باترورث مرتبه ۴ (دوطرفه) میانگذر با فرکانس‌های ۱۰ و ۴۹۰ هرتز سیگنالها فیلتر شدند. سپس برای معیارهای دامنه از محاسبات RMS[7] با پنجره ۱۰۰ میلی ثانیه استفاده شد. یکی از پارامترهای کاربردی جهت محاسبات دامنه RMS است. این پارامتر وابسته به نیرو و خستگی عضلانی است. به منظور مقایسه فعالیت‌های الکتریکی بین افراد، خصوصیات فردی به گونه ای باید حذف شوند. این کار با نرمال سازی نسبت به یک مقدار مرجع صورت می‌گیرد تا مقادیر بر حسب درصد بیان شود و بتوان آنرا بین افراد مقایسه کرد. جهت نرمال سازی مقادیر RMS، از مقادیر حداکثر انقباض ارادی MVC که قبل از شروع کار ثبت شده بود، استفاده شد. جهت بررسی طیف سیگنال نیز فرکانس میانه به وسیله‌ی معادلات فوریه FFT[8] محاسبه شد.

آنالیز توام طیف و دامنه (JASA): جهت شناسایی خستگی عضلانی از روش آنالیز توام طیف و دامنه استفاده شد. در این روش تغییرات در دامنه و طیف سیگنال به صورت همزمان بررسی و آنالیز شد. به این منظور RMS به عنوان شاخص دامنه و فرکانس میانه به عنوان معیار طیف سیگنال EMG در نظر گرفته شد. روش JASA به صورت شماتیک در شکل ۱ توضیح داده شده است. مطابق با این نمودار:



شکل ۱- روش آنالیز توام طیف و دامنه (JASA) به صورت شماتیک

- افزایش همزمان در RMS و کاهش در MF[9] نشانه‌ی بروز خستگی در عضله است.
- کاهش همزمان در طیف و دامنه (RMS و MF) بیانگر کاهش در نیروی تولیدی توسط عضله است.
- افزایش در فرکانس میانه و کاهش در RMS نشانگر قرار گرفتن عضله در وضعیت بازیابی است.
- افزایش همزمان در طیف و دامنه نشان می‌دهد که عضله در وضعیت افزایش نیرو است [۸].

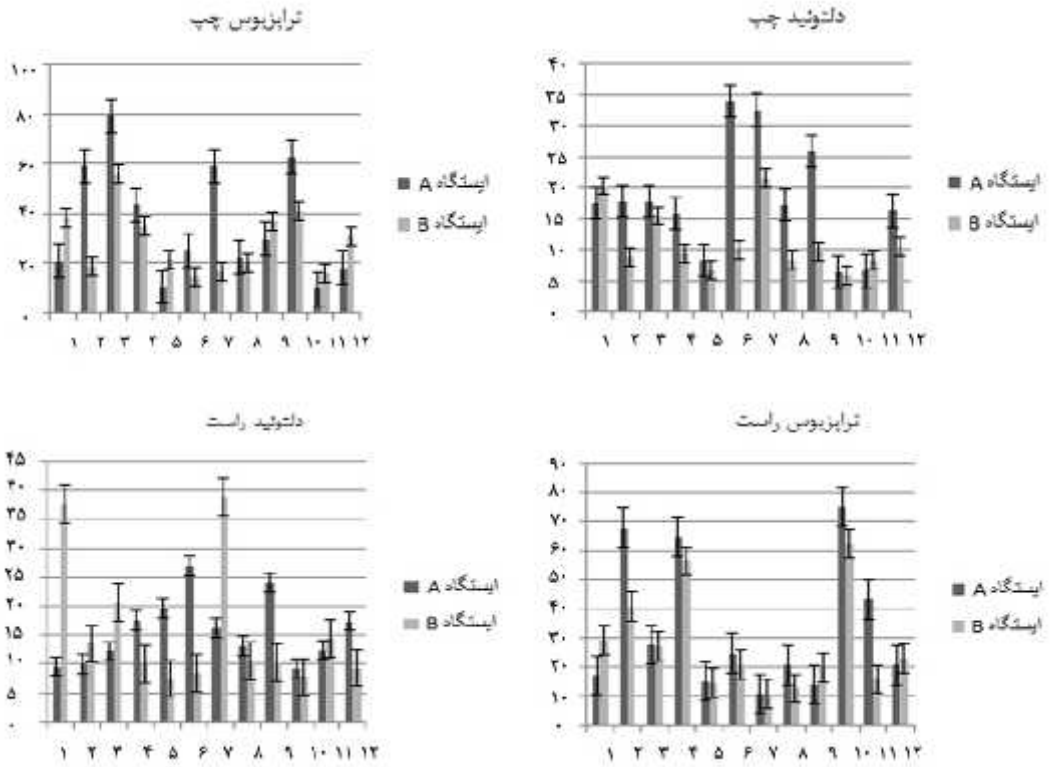
بنابر توضیحات بالا، الگوی زمانی تغییرات در چهار عضله مورد مطالعه، طی سه ساعت ثبت سیگنال، بررسی شد و دو پارامتر RMS و MF از طریق رگرسیون خطی خلاصه شد. شیب منحنی رگرسیون خطی برای مقادیر RMS و MF در دو بعد دامنه و طیف به صورت منفی در حالت نزولی و مثبت برای حالت صعودی نمودار، تعریف شد. این مقادیر در نمودار JASA به صورت نقطه در یکی از چهار بخش نمودار مشخص گردید و بنابر اینکه نقطه در کدام بخش نمودار قرار گرفته، مشخص شد که هر عضله در کدام حالت بازیابی، افزایش نیرو، کاهش نیرو و یا خستگی است. نمودار JASA برای تمامی افراد، در دو پوسچر به صورت جداگانه رسم و نتایج بررسی شد.

یافته‌ها

بررسی افراد شرکت کننده در مطالعه: ۱۲ زن قالیباف با میانگین سن ۶/۸۰±۳۲/۵ سال، میانگین

[7]. Root Mean Square
[8]. Fast Fourier Transform
[9]. Median Frequency

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]



نمودار۱- مقایسه‌ی میانگین RMS در چهار عضله‌ی مورد مطالعه در دو ایستگاه کاری A و B. از طریق آنالیز واریانس با اندازه گیری های مکرر، این نمودار نشان می‌دهد که میانگین RMS (فعالیت الکتریکی عضله) در ایستگاه A بیشتر از ایستگاه B است (p<۰/۰۵). همچنین میانگین RMS در عضله‌ی تراپزیوس بیشتر از عضله دلتوئید است (p<۰/۰۱).

قد ۱۶۳/۴۲±۳/۶۷ سانتی متر، میانگین وزن ۷۳/۴۲±۹/۲۶ کیلوگرم و ۵۹/۱۷±۸۲/۶۲ ماه میانگین سابقه کار در این مطالعه شرکت کردند.

فعالیت الکتریکی عضله در دو ایستگاه کاری: مقایسه‌ی میانگین RMS در چهار عضله‌ی مورد مطالعه و دو ایستگاه کاری نشان می‌دهد که فعالیت الکتریکی عضلات در ایستگاه A بیشتر از ایستگاه B است (نمودار۱). به منظور بررسی بیشتر داده‌ها، آنالیز واریانس با اندازه گیری‌های مکرر انجام شد. نتایج این آنالیز نیز تائید می‌کند که میانگین RMS نرمال سازی شده در ایستگاه A به صورت معنی داری از میانگین RMS در ایستگاه B بیشتر است (p<۰/۰۵). همچنین مقایسه‌ی فعالیت الکتریکی عضلات نشان داد که میزان RMS در هر دو ایستگاه، در عضلات تراپزیوس چپ و راست به صورت معناداری بیشتر از عضلات دلتوئید چپ و راست است (p<۰/۰۱).

تغییرات مرتبط با زمان در سیگنال EMG: به منظور به کارگیری روش JASA، الگوی زمانی تغییرات در طیف و دامنه‌ی سیگنال EMG بررسی شد. مقادیر RMS به عنوان شاخصی از دامنه و مقادیر فرکانس میانه MF به عنوان شاخص طیف سیگنال در نظر گرفته شد. مقادیر RMS و MF در بازه‌ی زمانی سه ساعته به وسیله‌ی رگرسیون خطی خلاصه و مقادیر شیب خط به صورت صعودی و نزولی (مثبت و منفی) در نظر گرفته شد و وضعیت هر عضله در نمودار مشخص گردید. جدول۱ - توزیع وضعیت عضلات مورد بررسی در افراد شرکت‌کننده در دو ایستگاه

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

جدول۱- خلاصه‌ی توزیع وضعیت هر عضله در دو ایستگاه کاری بر اساس نمودار آنالیز توام طیف و دامنه

وضعیت عضله	شیب خط MF	شیب خط RMS	ایستگاه کاری	تراپزیوس چپ	دلتوئید چپ	تراپزیوس راست	دلتوئید راست
افزایش نیرو	+	+	A	۳	۵	۶	۳
			B	۳	۴	۲	۱
بازیابی	-	+	A	۱	۳	۴	۶
			B	۲	۴	۳	۳
خستگی	+	-	A	۴	۰	۱	۲
			B	۴	۲	۴	۴
کاهش نیرو	-	-	A	۴	۳	۱	۱
			B	۳	۲	۳	۴

جدول۲- بررسی اثر دو عامل زمان و پوسچر بر میزان خستگی ادراک شده توسط مقیاس بورگ، از طریق آنالیز واریانس با اندازه گیری های مکرر

عامل پوسچر / عامل زمان	A		B		p-value*
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	۶۷۹/۰
ساعت دوم	۷۵/۱	۸۱۵/۱	۷۵۰/۱	۴۸۴۸/۱	<۰۰۱/۰
انتهای کار	۵۰/۴	۳۹۳/۲	۰۸۳/۴	۷۲۹۹/۱	

مختلف را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول مشخص است، در عضله تراپزیوس چپ، در ایستگاه A، ۸ نفر و در ایستگاه B، ۷ نفر در وضعیت خستگی و کاهش نیرو قرار گرفتند. در عضله‌ی دلتوئید چپ در ایستگاه A، خستگی عضلانی مشاهده نشد و ۳ نفر در وضعیت کاهش نیرو و در ایستگاه B ، ۴ نفر در وضعیت خستگی و کاهش نیرو قرار داشتند. در سمت راست بدن و عضله‌ی تراپزیوس، در ایستگاه A، ۲ نفر و در ایستگاه B، ۷ نفر در وضعیت خستگی و کاهش نیرو قرار گرفتند. همچنین در عضله‌ی دلتوئید راست ۳ نفر در ایستگاه A و ۸ نفر در ایستگاه B در وضعیت خستگی عضلانی و کاهش نیرو قرار گرفتند.

نرخ‌گذاری احساس خستگی به وسیله مقیاس بورگ در دو ایستگاه کاری: بر اساس نتایج به دست آمده از آنالیز آماری داده‌ها، در مقایسه‌ی میانگین گزارش احساس خستگی در ناحیه شانه و گردن میان دو پوسچر A و B تفاوتی وجود نداشت؛ اما در مقایسه‌ی میانگین گزارش در دو ساعت مختلف، میانگین احساس خستگی در انتهای کار بیشتر از احساس خستگی در ساعت دوم کار بود. اثرات عوامل پوسچر و زمان بر میزان احساس خستگی، از طریق استفاده از آنالیز واریانس به روش اندازه گیری‌های مکرر[10] بررسی شد. بر اساس نتایج به دست آمده تاثیر عامل زمان بر احساس خستگی از نظر آماری معنی دار بود ($p<۰/۰۰۱$). در مورد عامل پوسچر اثر معنی داری بر میزان احساس خستگی مشاهده نشد ($p=۶۷۹/۰$).

بحث و نتیجه‌گیری

فعالیت الکتریکی عضلات در دو ایستگاه کاری: با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که فعالیت عضلات تحت تأثیر پوسچر و ایستگاه کاری است. این تأثیر در هر ۴ عضله مورد مطالعه مشاهده شد. بر اساس این نتایج در مقایسه‌ی میانگین‌های RMS از طریق آنالیز واریانس به روش اندازه گیری‌های مکرر مشاهده شد که در تمامی عضلات مورد مطالعه میانگین RMS، در ایستگاه A (دار با

[10]. Repeated measure

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

ارتفاع کم و نشسته روی زمین) بیشتر از ایستگاه B (دار با ارتفاع بلند و نشسته روی صندلی) بود.

تأثیر پوسچر و ایستگاه کار بر فعالیت عضله در مطالعات مختلفی به اثبات رسیده است و نتایج آن با نتایج مطالعه‌ی حاضر قابل مقایسه است. در یک مطالعه‌ی مشابه فعالیت EMG عضلات تراپزیوس و راست کننده‌ی کمری و گردنی [11] در هنگام کار با مانیتور با ارتفاع کمتر در مقایسه با مانیتور با ارتفاع بیشتر، افزایش داشت [۱۱]. مطالعه‌ی دیگری تأثیر پوسچر بر فعالیت عضله و خستگی عضلانی را در چهار ایستگاه کاری مختلف (مانیتور با ارتفاع متفاوت) بررسی کرد که نتایج این مطالعه نیز مشابه با مطالعه حاضر، افزایش فعالیت عضلات اکستنسور گردن را در هنگام کار با مانیتور با ارتفاع کم نشان می‌دهد [۱۰]. مطالعه‌ی کوفلر و همکاران به مقایسه فعالیت الکتریکی عضلات گردن، شانه و کمر در هنگام کار با میکروسکوپ در دو ایستگاه کاری مختلف پرداختند و نتایج به دست آمده نشان داد که EMG در تمامی عضلات مورد مطالعه در ایستگاه کاری عادی بیشتر از ایستگاه ارگونومیک بود. مشابه یافته‌های مطالعه، این مطالعه نیز نشان داد که پوسچر و ایستگاه کاری بر روی فعالیت EMG تاثیرگذار است [۱۵]. در بررسی عضلات مورد مطالعه از طریق آنالیز واریانس به روش اندازه گیری‌های مکرر، مشاهده شد که میانگین RMS در عضله تراپزیوس (چپ و راست) بیشتر از عضله دلتوئید (چپ و راست) است و عامل نوع عضله به صورت معنا داری بر فعالیت الکتریکی عضله و تغییرات دامنه موثر است. در مطالعه ای مرتبط که توسط چوبینه و همکاران انجام شد، شیوع اختلالات اسکلتی عضلانی میان قالیبافان در ناحیه شانه بیشتر از سایر نقاط بدن بود [۱]. نتایج مطالعه حاضر بیانگر این نکته است که در هنگام قالیبافی، بار بیشتری بر روی عضله‌ی تراپزیوس نسبت به عضله‌ی دلتوئید وجود دارد. در مطالعه‌ی سگرز که به بررسی تأثیر ارتفاع پایانه‌های تصویری بر فعالیت عضلات شانه پرداخته است نیز مشابه مطالعه‌ی حاضر میزان فعالیت عضله تراپزیوس فوقانی نسبت به عضله دلتوئید بیشتر بوده است [۱۰].

خستگی عضلانی: تعیین خستگی عضلانی با استفاده از افزایش دامنه یا تغییرات در طیف EMG به سمت فرکانس‌های پایین در صورتی امکان پذیر است که نیروی تولیدی هنگام انجام فعالیت در تمامی مراحل زمانی ثبت EMG یکسان باشد. به این منظور در مطالعات از روش تست های انقباض [12] استفاده می شود. استفاده از تست انقباض در مطالعات شغلی مشکلات متعددی را در بردارد. از جمله اینکه پوسچر بدن در هنگام اجرای تست های انقباض باید با دقت بالایی حفظ شود، تغییرات در وضعیت پوسچر می‌تواند منجر به ایجاد خطا شود. تغییرات مرتبط با خستگی در EMG ممکن است با تغییراتی که توسط پوسچر در سیگنال EMG ایجاد می‌شود پوشانده شود. در بسیاری از فعالیت‌های واقعی امکان حفظ وضعیت بدن در یک موقعیت ثابت وجود ندارد، لذا تعیین خستگی عضلانی از این روش امکان پذیر نمی‌باشد [۸].

آنالیز توام دامنه و طیف EMG که توسط لوتمن ارائه شد، روشی جهت بررسی همزمان طیف و دامنه است که به صورت کمی به ترسیم رابطه میان طیف و دامنه سیگنال از یک سو و خستگی و نیرو از سوی دیگر می‌پردازد. خستگی عضلانی از طریق افزایش در RMS و کاهش در MF شناسایی می‌شود. این روش به خصوص در مطالعات شغلی کاربرد بسیاری دارد [۸].

بر اساس نتایج به دست آمده از آنالیز توام طیف و دامنه (MF و RMS) خستگی و کاهش نیرو در عضله‌ی تراپزیوس چپ در هر دو ایستگاه کاری مشاهده شد. عضله‌ی دلتوئید چپ در بیشتر افراد در هر دو ایستگاه کاری در وضعیت افزایش نیرو و بازیابی بود. در عضلات سمت راست بدن، هر دو عضله دلتوئید و تراپزیوس در بیشتر افراد در ایستگاه A در

[11]. Cervical and thoracic erector spine

[12]. Test contractions

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

وضعیت بازیابی و افزایش نیرو قرار داشت و در ایستگاه B عضله بیشتر افراد در وضعیت خستگی و کاهش نیرو قرار داشت. بنابراین خستگی و کاهش نیرو در ایستگاه کاری B بیشتر از ایستگاه کاری A مشاهده شد (جدول ۱). لین و همکاران نیز در مطالعه‌ی مشابهی با استفاده از روش آنالیز همزمان بروز خستگی در عضلات انگشتان دست را در حین تایپ کردن نشان دادند [۹]. در مطالعه مشابه سگرز و همکاران بررسی تأثیر چهار ایستگاه کاری مختلف بر خستگی عضلانی با استفاده از روش آنالیز همزمان انجام شد، اما به دلیل کوتاه بودن زمان بررسی فعالیت عضله (۸۹ دقیقه)، خستگی مشاهده نشد، لذا بررسی تغییرات دامنه به عنوان مقیاسی جهت شناسایی خستگی در نظر گرفته شد. بر خلاف نتایج این مطالعه، در مطالعه‌ی حاضر نشانه‌های خستگی در هر دو پوسچر و در تعدادی از عضلات مشاهده شد که می‌توان نتیجه گرفت مدت زمان ثبت سیگنال های EMG برای این مطالعه مناسب بوده است [۱۰].

علت بروز خستگی و کاهش نیرو در ایستگاه B نسبت به ایستگاه A می‌تواند مربوط به این نکته باشد که اکثر ایستگاه‌های کار موجود به حالت A است و افراد به کار کردن در این پوسچر عادت کرده‌اند. همچنین در حالت نشسته روی زمین نسبت به نشسته بر روی صندلی، افراد امکان تغییر وضعیت بدن و تحرک را بیشتر داشتند و این امر به کاهش خستگی کمک می‌کرد.

گزارش احساس خستگی: در بررسی گزارش احساس خستگی به وسیله‌ی مقیاس بورگ۱۰- CR مشخص شد که گزارش احساس خستگی در ناحیه شانه و گردن، در دو ایستگاه کاری از لحاظ آماری تفاوت معناداری ندارند؛ اما در بررسی زمان گزارش مشخص گردید که در گزارش احساس خستگی در انتهای کار بیشتر از ساعت دوم کار بوده است.

نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد که هرچقدر یک فعالیت از تمام جوانب استرس‌زا باشد، میزان نرخ‌گذاری توسط افراد در مقیاس بورگ افزایش می‌یابد. میانگین نرخ‌گذاری در مقیاس بورگ۱۰- CR در حدود ۳/۵ و کمتر از آن (حد متوسط فشار) به عنوان سطح قابل‌قبول خستگی برای ۸ ساعت کار روزانه، در ناحیه شانه توسط گرگ پیشنهاد شد. این نکته قابل ذکر است که برخی از محققین این میزان را بسیار بالا و برخی دیگر مقادیر بالاتر از آن را به عنوان میزان خستگی ادارک شده قابل‌قبول عنوان می‌کنند [۲۱].

با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعه‌ی حاضر مشاهده می‌شود که میانگین نرخ‌گذاری خستگی توسط قالیبافان شرکت‌کننده در این مطالعه برای ۳ ساعت کار در هر دو ایستگاه، حد متوسط و عدد ۴ است و با توجه به تأثیر عامل زمان بر احساس خستگی، این میزان برای ۸ ساعت کار افزایش خواهد یافت و می‌توان نتیجه گرفت که قالیبافی در هر دو ایستگاه بر روی احساس خستگی تأثیر دارد، بنابراین همان‌گونه که در مطالعه‌ی چوبینه و همکاران نیز نشان داده شد، کار طولانی مدت در این دو پوسچر خطر ابتلا به ناراحتی‌های اسکلتی ـ عضلانی در ناحیه شانه و گردن را افزایش می‌دهد.

در مقایسه دو پوسچر از لحاظ ترجیح افراد نیز تفاوتی میان دو ایستگاه کاری مشاهده نشد و نیمی از افراد کار در ایستگاه A نیمی دیگر کار در ایستگاه B را ترجیح دادند.

- از یافته‌های مطالعه‌ی حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که قالیبافی در هر دو ایستگاه کاری منجر به افزایش فعالیت عضلات ناحیه شانه (تراپزیوس و دلتوئید) می‌شود ولی این افزایش فعالیت در ایستگاه A (چهارزانو نشسته) بیشتر از ایستگاه B (نشسته بروی صندلی) است.

- آنالیز مشترک طیف و دامنه سیگنال EMG روشی مناسب جهت برآورد میزان خستگی عضلانی در مطالعات الکترومیوگرافی شغلی است. نتایج به دست آمده از آنالیز مشترک طیف و دامنه در مطالعه‌ی حاضر نشان داد که بروز خستگی عضلانی در ایستگاه B بیشتر از ایستگاه A است.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

- بررسی یافته‌های نرخ‌گذاری توسط مقیاس بورگ نشان داد که افراد در هر دو ایستگاه کاری نرخ خستگی مشابهی را اعلام کردند و با توجه به تأثیر عامل زمان بر احساس خستگی، قالیبافی در هر دو ایستگاه کاری استرس‌زا است.

- در پایان می‌توان نتیجه گرفت که پروسه‌ی بافت قالی، ساعات کار طولانی، ایستگاه‌های کار موجود و پوسچر فرد در هنگام کار، در بروز خستگی عضلانی و در نهایت ایجاد اختلالات اسکلتی عضلانی در ناحیه شانه موثر است و طراحی ایستگاه‌های کار ارگونومیک جهت کاهش این آسیب‌ها ضروری است.

تقدیر و تشکر

مطالعه‌ی حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم نرگس مرتضوی، دانشجوی ارگونومی دانشگاه علوم پزشکی ارومیه می باشد. این مطالعه توسط معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ارومیه بر اساس طرح شماره‌ی ۹۱-۰۳-۳۴-۷۶۰ حمایت مالی شده است.

منابع

1. Choobineh A, Hosseini M, Lahmi M, Khani Jazani R, Shahnavaz H. "Musculoskeletal problems in Iranian hand-woven carpet industry: Guidelines for workstation design". Applied Ergonomics. 2007;38(5):617-24.

2. Westgaard RH. Work-related musculoskeletal complaints: some ergonomic challenges upon the start of a new century. Applied Ergonomics. 2000;31:569-80.

3. Åkesson I, Johnsson B, Rylander L, Moritz U, Skerfving S. Musculoskeletal disorders among female dental personnel–clinical examination and a 5-year follow-up study of symptoms. International archives of occupational and environmental health. 1999;72(6):395-403.

4. Hagberg M, Wegman D. Prevalence rates and odds ratios of shoulder-neck diseases in different occupational groups. British journal of industrial medicine. 1987;44(9):602-10.

5. LJ M, AL H, de Jongh H, Eisma W. Influence of posture on the relation between surface electromyogram amplitude and back muscle moment: consequences for the use of surface electromyogram to measure back load. Clinical Biomechanics. 1991;6(4):245-51.

6. Nicholas TA, Keir PJ. Effects of posture, movement and hand load on shoulder muscle activity. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2010;20(2):191-8.

7. Straker LM, Pollock CM, Mangharam JE. "The effect of shoulder posture on performance, discomfort and muscle fatigue whilst working on a visual display unit". International Journal of Industrial Ergonomics. 1997;20(1):1-10.

8. Luttmann A, Jäger M, Laurig W. Electromyographical indication of muscular fatigue in occupational field studies. International journal of Industrial ergonomics. 2000;25(6):645-60.

9. Lin M-I, Liang H-W, Lin K-H, Hwang Y-H. Electromyographical assessment on muscular fatigue—an elaboration upon repetitive typing activity. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2004;14(6):661-9.

10. Seghers J, Jochem A, Spaepen A. Posture, muscle activity and muscle fatigue in prolonged VDT work at different screen height settings. Ergonomics. 2003;46(7):714-30.

11. Straker L, Mekhora K. An evaluation of visual display unit placement by electromyography, posture, discomfort and preference. International Journal of Industrial Ergonomics. 2000;26(3):389-98.

12. Thuresson M, Äng B, Linder J, Harms-Ringdahl K. Intra-rater reliability of electromyographic recordings and subjective evaluation of neck muscle fatigue among helicopter pilots. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2005;15(3):323-31.

13. Kuijt-Evers L, Bosch T, Huysmans M, De Looze M, Vink P. Association between objective and subjective measurements of comfort and discomfort in hand tools. Applied Ergonomics. 2007;38(5):643-54.

14. Brookham RL, Wong JM, Dickerson CR. "Upper limb posture and submaximal hand tasks influence shoulder muscle activity". International Journal of Industrial Ergonomics. 2010;40(3):337-44.

15. Kofler M, Kreczy A, Gschwendtner A. "Occupational backache" – surface electromyography demonstrates the advantage of an ergonomic versus a standard microscope workstation. European Journal of Applied

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

Physiology. 2002;86(6):492-7.
16. Garg A, Hegmann K, Kapellusch J. "Short-cycle overhead work and shoulder girdle muscle fatigue". International Journal of Industrial Ergonomics. 2006;36(6):581-97.
17. Barrie MM, Nelson. Design Concepts in Nutritional Epidemiology 2ed: oxford University Press; 1997.
18. Freriks BH, H. The recommendations for sensors and sensor placement procedures for surface electrmyography. Roessingh Research and Development 1999:13-53.
19. Konrad P. A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography2005.
20. Borg E. On perceived exertion and its measurement: Stockholm; 2007.
21. Garg A, Hegmann KT, Schwoerer BJ, Kapellusch JM. "The effect of maximum voluntary contraction on endurance times for the shoulder girdle". International Journal of Industrial Ergonomics. 2002;30(2):103-13.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

Subjective and objective assessment of shoulder muscle fatigueon two carpet weaving workstations

N. Mortazavi[1], T. Alahyari[2], H.R Khalkhali[3], M.A Sanjari[4]

Received: 2013/07/09 Revised: 2013/10/23 Accepted: 2013/10/26

Abstract

Background and aims: Long term working in a static and awkward posture is known as an important risk factorof work related musculoskeletal disorders in hand carpet weavers. Inappropriate workstation and awkward posture can increase the electrical activity and fatigue in muscles. The aim of this study was the measurement of muscle load and fatigue by surface electromyography and Borg CR-10 scale methods.

Methods: Two typical carpet weaving workstations (A: seated with cross legged posture and B: seated on chair) were simulated in the laboratory and 12 women carpet weavers with mean age of 32.5 years, without any musculoskeletal problems in upper limb were invited to this study and they were asked to work in each workstation in separate days for 3 hours. Surface EMG signal recordings were done during these 3 hours for four muscles (bilateral trapezius and bilateral deltoid) andall subjects were asked to report shoulder region fatigue in Borg CR-10 rating scale. The RMS and MF values were extracted form row EMG signal to estimate the muscle activity and fatigue.

Results: The result of this study shown that muscle activity in all muscles under the test in workstation A is higher than workstation B ($p<0.05$). In comparison between the muscles, the mean RMS of the trapezius is higher than bilateral deltoid ($p<0.01$). Joint analysis of spectral and amplitude for estimating the muscle fatigue shown that muscle fatigue incidence in workstation B is more than workstation A. In comparison between Borg CR-10 rating scale, there is no significant difference in two workstations.

Conclusion: According to these results, it can be concluded that working in two workstations can increase the risk of work related musculoskeletal disorders in shoulder region and further studies and hence, designing the ergonomic workstation for carpet weavings is necessary.

Keywords: Electromyography, Muscle fatigue, Workstation, Carpet weaving.

1. Ergonomics Student, University of Medical Sciences, Urmia, Iran.

2. (Corresponding author) Department of Ergonomics, University of Medical Sciences, Urmia, Iran. allahyarit@yahoo.com

3. Department of Biostatistics, University of Medical Sciences, Urmia, Iran.

4. Department of Biomechanics, Faculty of Rehabilitation, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]