Sport. Med. Stud, 2025, 17 (44): 105-124, Doi: 10.22089/smj.2025.17675.1792

Sport Medicine Studies

Journal hompage: https://smj.ssrc.ac.ir

Research Article

Electromyography Activity of Selected Muscles of Shoulder Complex During Functional Movements in a Closed Chain Exercises Among Female Bodybuilders with Shoulder Impingement Syndrome

Gita Babal-Moradi [1], Mehrdad Anbarian*[2]

1. M.Sc., Department of Sport Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2. Professor, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Received: 14/01/2025, Accepted: 10/06/2025, Online Published: 20/06/2025

* Corresponding Author: Mehrdad Anbarian, E-mail: anbarian@basu.ac.ir

How to Cite: Babal-Moradi, G; Anbarian, M. Electromyography Activity of Selected Muscles of Shoulder Complex During Functional Movements in a Closed Chain Exercises Among Female Bodybuilders with Shoulder Impingement Syndrome. *Sport Medicine Studies, Sport Medicine Studies*, 2025; 17(44), 105-124. Doi: 10.22089/smj.2025.17675.1792.

Extended Abstract

Background and Purpose

Shoulder impingement syndrome is a common complaint of shoulder pain in overhead athletes such as bodybuilders. Shoulder exercises and overhead movements with heavy weights, which are usually accompanied by high stress and strain, occupy a significant part of the bodybuilding training program. Impingement is associated with altered muscle activity of the shoulder complex. However, the pattern of muscle activity in these patients is controversial and inconsistent. Functional training is one of the methods used in preventive and rehabilitation interventions in scapular stabilization. It is believed that functional training in a closed kinetic chain can contribute to the clinical treatment and recovery of athletes with shoulder impingement syndrome. However, there is a need to investigate different aspects of functional training in overhead sports, especially sports that place high stress and strain on the shoulder, such as bodybuilding. The aim of this study was to determine the electromyographic activity of selected muscles of the shoulder complex during some functional movements in female bodybuilders with shoulder impingement syndrome.

Methods

Ten healthy female bodybuilders and ten athletes with unilateral shoulder impingement syndrome of the dominant hand participated in this quasi-experimental study. Electromyography activity of the anterior deltoid, pectoralis major, serratus anterior, posterior deltoid, and upper and lower trapezius muscles during the performance of three functional movements common in bodybuilding in a closed-chain motion namely, Australian chain-up, push-up, and parallel bar dip, was recorded with an eight-channel biometric system (DataLink) at a sampling rate of 2000 Hz.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Surface electrodes were placed on the muscles according to the European SENIAM protocol. Raw electromyographic signals were analyzed with DataLog software with a bandpass filter of 8 to 500 Hz. Then, the root mean square (RMS) of the filtered data was taken with a time window of 100 ms. One second of each data (the highest plateau of the curve) was separated and its data was extracted. It was determined by dividing the activity obtained for each muscle by MVIC and multiplying the obtained number by 100% of the activity of each muscle. The normalized activity of the studied muscles was extracted and used for statistical analysis. Also, directional co-contraction was calculated by dividing the mean of the RMS values of the antagonist muscle by the mean of the RMS values of the agonist muscles minus one. After ensuring the normality of the data distribution with the Shapiro-Wilk test, analysis of variance with repeated measures was used for data analysis ($p<0.05$).

Results

In comparing muscle activity in three functional movements in the individuals with shoulder impingement syndrome, it was shown that the activity of the anterior deltoid muscle in the parallel bar dip movement was significantly higher than the Australian chain-up and the push-up. Also, the activity of this muscle in the push-up was higher than the Australian chain-up. The posterior deltoid muscle in the parallel bar dip movement was significantly higher than the Australian chain-up and the push-up. Also, the activity of this muscle in the Australian chain-up was higher than the push-up. The pectoralis major muscle in the parallel bar dip movement showed significantly higher activity than the Australian chain-up and the push-up. Also, the mean activity of this muscle in the push-up movement was higher than the Australian chain-up movement. The serratus anterior muscle was significantly higher in the parallel bar dip movement than the Australian chain-up movement and the push-up movement. However, the activity of this muscle in the Australian chain-up movement was not significantly different from the push-up movement. The activity of the upper part of the trapezius muscle in the Australian chain-up movement and the parallel bar dip movement was significantly higher than the push-up movement. However, the activity of this muscle was not significant in the Australian chain-up movement and the parallel bar dip movement. The mean activity of the lower part of the trapezius muscle in the parallel bar dip movement was significantly higher than the push-up movement and the Australian chain-up movement. Also, the activity of this muscle in the Australian chain-up movement was higher than the push-up movement. The results showed that directional co-contraction in the push-up movement was higher in the healthy group than in the shoulder impingement syndrome group ($p=0.01$). No significant difference was observed for directional co-contraction in the Australian chain-up and parallel bar dip movements ($p=0.13$ and $p=0.64$, respectively).

Conclusion

According to our findings, it can be concluded that the anterior shoulder muscles, including the pectoralis major and anterior deltoid, of bodybuilders with shoulder impingement syndrome are more active than healthy individuals when performing closed-chain movements, including parallel bar dip, push-up and Australian chain-up. This action can create a compensatory mechanism for other muscles of the shoulder complex and ultimately speed up the injury cycle. It is better for female bodybuilders with shoulder impingement syndrome to avoid closed-chain exercises until recovery. If bodybuilders with shoulder impingement need to use closed-chain exercises to strengthen shoulder muscles, it is suggested to use the Australian chain-up exercise, which has the least amount of variation compared to the other two methods and may be safer for these individuals. Further study is warranted.

Keywords: Shoulder Impingement Syndromes, Surface Electromyography, Strength Training.

Article Message

Choosing the right type of exercises for rehabilitation and designing a training program for athletes with shoulder impingement syndrome can prevent aggravation of the injury. It is recommended that fitness trainers use safe closed-chain exercises for this group of athletes, which place less pressure on the anterior shoulder joint.

Ethical Considerations

This research received ethical approval from the Biomedical Research Ethics Committee at Bu-Ali Sina University, with the assigned Ethics Code: IR.BASU.REC.1401.017.

Authors' Contributions

Conceptualization: Mehrdad Anbarian, Gita Babal-Moradi
Data Collection: Gita Babal-Moradi
Data Analysis: Gita Babal-Moradi, Mehrdad Anbarian
Manuscript Writing: Mehrdad Anbarian, Gita Babal-Moradi
Review and Editing: Mehrdad Anbarian

Conflict of Interest

The researchers confirm that there are no conflicts of interest.

Acknowledgments

This study is extracted from Master degree of Sports Biomechanics at Bu-Ali Sina University. The authors would like to thank all subjects who participated in this study.

مطالعات طب ورزشی، تابستان ۱۴۰۴، دوره ۱۷، شماره ۴۴، صص ۱۲۴-۱۰۵، Doi: 10.22089/smj.2025.17675.1792

مطالعات طب ورزشی
Journal hompage: https://smj.ssrc.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

فعالیت الکترومایوگرافی منتخبی از عضلات مجموعه شانه حین انجام حرکات عملکردی در زنجیره حرکتی بسته در بدنسازان زن دچار سندرم گیرافتادگی شانه

گیتا باب المرادی[۱]، مهرداد عنبریان*[۲]

۱. کارشناس ارشد، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲. استاد، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰، تاریخ انتشارآنلاین:۱۴۰۴/۰۳/۳۰

*نویسنده مسئول: مهرداد عنبریان، E-mail:anbarian@basu.ac.ir

How to Cite: Babal-Moradi, G; Anbarian, M. Electromyography Activity of Selected Muscles of Shoulder Complex During Functional Movements in a Closed Chain Exercises Among Female Bodybuilders with Shoulder Impingement Syndrome. *Sport Medicine Studies, Sport Medicine Studies*, 2025; 17(44), 105-124. Doi: 10.22089/smj.2025.17675.1792.

چکیده

سندرم گیرافتادگی شانه در ورزشکاران رشته بدنسازی به دلیل انجام تمرینات مختلف بالای سر، شایع است. هدف این مطالعه تعیین فعالیت الکترومایوگرافی منتخبی از عضلات مجموعه شانه حین انجام حرکات عملکردی منتخب در زنان بدنساز مبتلا به سندرم گیرافتادگی شانه بود. در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۱۰ بدنساز زن سالم و ۱۰ ورزشکار مبتلا به سندرم گیرافتادگی شانه شرکت کردند. فعالیت الکترومیوگرافی عضلات دلتوئید قدامی، سینه‌ای بزرگ، دندانه‌ای قدامی، دلتوئید خلفی، بخش فوقانی و تحتانی ذوزنقه حین اجرای حرکات کشش بارفیکس خوابیده، شنای سوئدی و دیپ پارالل ثبت شد. تجزیه و تحلیل آماری با آزمون‌های تی مستقل و آنالیز واریانس با اندازه‌گیری تکراری انجام شد (P<۰/۰۵). نتایج نشان داد، میانگین فعالیت عضلات منتخب در حرکت دیپ پارالل در مقایسه با سایر حرکات در دو گروه بیشتر بود. در حرکت شنای سوئدی نیز درگیری عضلات بیشتر از حرکت کشش بارفیکس خوابیده بود. هم انقباضی قدامی خلفی در حرکت شنای سوئدی در افراد دارای سندرم گیرافتادگی شانه کمتر بود. هم انقباضی جهت دار نیز در حرکت کشش بارفیکس خوابیده کمتر از دو حرکت دیگر بود. ورزشکاران زن رشته بدنسازی دچار سندرم گیرافتادگی شانه، در اجرای سه حرکت در زنجیره حرکتی بسته شامل کشش بارفیکس خوابیده، شنای سوئدی و دیپ پارالل، فعالیت الکترومایوگرافی بیشتری در عضلات قدامی مجموعه شانه شامل سینه‌ای بزرگ و دلتوئید قدامی نسبت به ورزشکاران سالم داشتند. این عمل احتمال دارد که مکانیسم جبرانی برای سایر عضلات اطراف مفصل شانه ایجاد کند و باعث تغییر در الگوی فعالیت عضلانی شود. بهتر است ورزشکاران بدنساز دچار سندرم گیرافتادگی شانه از تمرینات زنجیره بسته تا زمان بهبودی دوری کنند.

واژگان کلیدی: سندرم گیرافتادگی شانه، الکترومایوگرافی سطحی، تمرینات قدرتی.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

سندرم گیرافتادگی شانه[1] یکی از اختلالات شایع مجموعه شانه است که با درد شانه حدود ۴۴ تا ۷۰ درصد بیماران در جهان مرتبط است (۱). این اختلال به‌عنوان فشردگی مکانیکی تاندون عضلات روتاتورکاف[2]، تاندون عضله دوسربازویی و بورس ساب‌آکرومیال[3] بین استخوان بازو و قوس کوراکوآکرومیال[4] تعریف می‌شود و معمولاً به دنبال اجرای فعالیت‌هایی که نیازمند استفاده مکرر بازو در بالای سر[5] هستند، ایجاد می‌شود. ورزشکارانی که حرکات بالای سر انجام می‌دهند، بیشتر درمعرض خطر درد شانه و آسیب ناشی از سندرم گیرافتادگی شانه هستند که شیوع آن در بین این ورزشکاران ۱۰ تا ۳۰ درصد گزارش شده است (۳، ۲).

تمرین با وزنه فعالیتی رایج است که برای افزایش هایپرتروفی عضلانی و قدرت در ورزش‌هایی نظیر وزنه‌برداری، پاورلیفتینگ و بدنسازی انجام می‌شود. در ورزش بدنسازی که از محبوبیت بیشتری برخوردار است؛ ورزشکاران برای رسیدن به بدنی متناسب و ایده‌آل عضلانی، تمرینات با وزنه با شدت زیاد را به طور منظم در برنامه ورزشی خود می‌گنجانند که درنتیجه می‌تواند ریسک آسیب را افزایش دهد (۴). تمرینات ناحیه شانه و حرکات بالای سر با وزنه‌های سنگین که با استرس و فشار زیاد همراه است، بخش درخورتوجهی از برنامه تمرینی در بدنسازی را به خود اختصاص می‌دهد؛ ازاین‌رو، ورزشکار بدنسازی مانند سایر رشته‌های ورزشی بالای سر مستعد درگیری آسیب‌های شانه و سندرم گیرافتادگی شانه خواهد بود؛ برای مثال، ورزشکار بدنسازی ممکن است با انجام حرکات فلکشن و ابداکشن همراه با چرخش داخلی شانه، خود را درمعرض آسیب روتاتورکاف و سندرم گیرافتادگی شانه قرار دهد. بررسی‌های اندک در ورزشکاران بدنسازی نشان داده است که آسیب در اندام فوقانی به‌ویژه مفصل شانه حدود ۴۰ درصد از کل آسیب‌های این رشته را شامل می‌شود (۴).

عوامل متعددی نظیر ضعف عضلات روتاتورکاف، ناهنجاری آکرومیون، تورم دژنراتیو مفصل آکرومیوکلاویکولار[6] و تغییر در الگوهای حرکتی مفصل شانه و کتف بالقوه، منشأ اختلال عملکرد مکانیکی هستند که به سندرم گیرافتادگی شانه منجر می‌شوند (۵). محققان به وجود تغییرات کینماتیکی مفاصل گلنوهومرال یا اسکاپولوتوراسیک در مبتلایان سندرم گیرافتادگی شانه اشاره داشته‌اند، اما درباره چگونگی فعالیت عضلات در این سندرم اختلاف نظر و تناقض وجود دارد؛ به طوری که برخی افزایش و عده‌ای کاهش فعالیت عضلات را در این بیماران گزارش کرده‌اند (۶). ازآنجاکه ثبات فعال شانه توسط عضلات اطراف مجموعه شانه تضمین می‌شود، اختلال در فعالیت عضلات (۷) و اختلال در زمان‌بندی فعالیت عضلانی (۸) قادر است در بروز اختلال الگوی حرکتی در ورزشکاران مبتلا به سندرم گیرافتادگی شانه مؤثر باشد. در این بین، سهم تحقیقات در ورزش‌هایی که اساس آن‌ها کار با وزنه است مانند وزنه‌برداری و بدنسازی، بسیار اندک است که نیاز به بررسی‌های دقیق وجود دارد (۹).

از میان مداخلات توان‌بخشی موجود در مواجهه با مبتلایان سندرم گیرافتادگی شانه، حرکات عملکردی یکی از روش‌هایی است که در پیشگیری و بازتوانی در تثبیت کتف استفاده می‌شوند. تحقیقات موجود بر تأثیر تمرینات عملکردی در زنجیره حرکتی بسته استوار است که با فعال‌سازی عضلات دندانه‌ای قدامی و ذوزنقه تحتانی و کاهش فعالیت ذوزنقه فوقانی به بهبود ورزشکاران دچار سندرم گیرافتادگی شانه کمک می‌کند (۱۰). از نظر بیومکانیکی، تمرینات زنجیره حرکتی بسته

1. Shoulder Impingement Syndrome
2. Rotator Cuff
3 .Subacromial Bursa
4 .Coracoacromial Arch
5. Overhead
6. Acromioclavicular Joint Degeneration

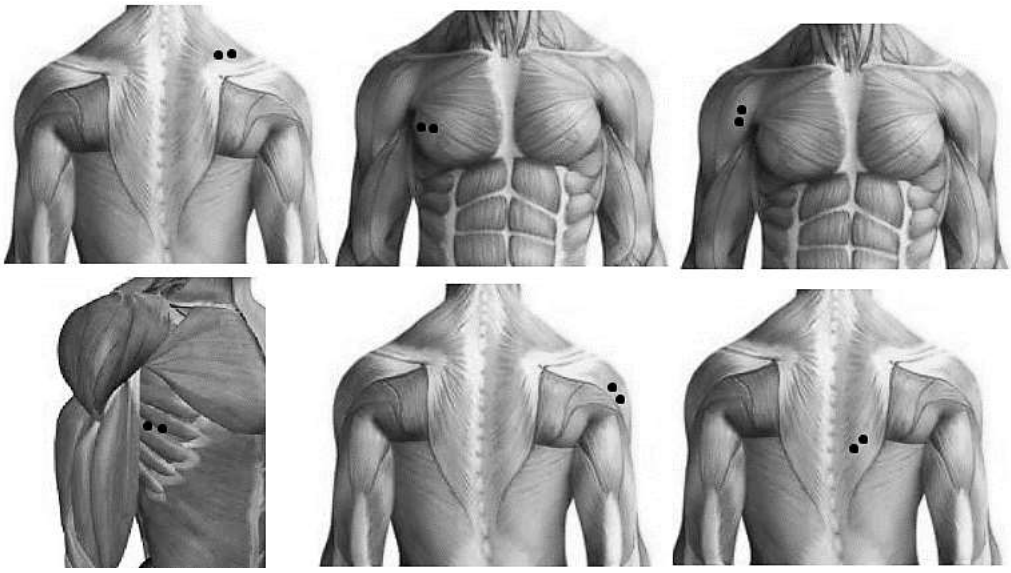
باعث تحریک گیرنده‌های مکانیکی می‌شود و با استخدام عضلات تثبیت‌کننده اطراف کمربند شانه به استحکام مناسب شانه و کنترل فشار روی مفصل کمک می‌کند؛ درنتیجه ایمن‌تر خواهد بود (۱۱). علاوه بر این، هم‌انقباضی عضلات حین تمرینات زنجیره حرکتی بسته ضمن تأثیر بر پایداری بیشتر مفصل، نیروهای برشی عمل‌کننده روی مفصل را کاهش می‌دهد. به هر حال، بررسی ابعاد مختلف تمرینات عملکردی در ورزش‌های بالای سر و به‌ویژه ورزش‌هایی که استرس و فشار زیادی روی شانه وارد می‌کنند، ضروری است؛ بنابراین هدف این مطالعه، تعیین فعالیت الکترومایوگرافی منتخبی از عضلات مجموعه شانه حین انجام حرکات عملکردی منتخب در زنان بدنساز با و بدون سندرم گیرافتادگی شانه بود.

روش پژوهش

در این مطالعه نیمه‌تجربی، حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور با توان ۰/۸۵، اندازه اثر ۰/۹۷ و سطح معناداری ۰/۰۵، تعداد ۲۰ ورزشکار زن بدنساز از بین باشگاه‌های بدنسازی شهرستان اهواز تعیین شد که به طور دردسترس انتخاب شدند. سپس در دو گروه شامل ۱۰ ورزشکار سالم و ۱۰ ورزشکار دچار سندرم گیرافتادگی یک‌طرفه شانه دست غالب (بیمار) جای گرفتند. گروه بیمار ابتدا از بین ورزشکارانی انتخاب شدند که هنگام اجرای حرکات بالای سر دچار درد و ناراحتی در مفصل شانه بودند و پس از تأیید متخصص ارتوپدی مبنی بر ابتلا به سندرم گیرافتادگی شانه براساس مثبت بودن تست‌های نییر[1]، هاوکینز-کندی[2]، وجود درد هنگام ابداکشن مقاومتی و وجود قوس دردناک، در مطالعه شرکت کردند. معیارهای ورود آزمودنی‌ها به مطالعه عبارت بودند از: داشتن حداقل سه سال فعالیت در بدنسازی؛ نداشتن سابقه هیچ‌گونه عمل جراحی؛ شکستگی یا بیماری‌های عصبی در نواحی گردن و شانه؛ نداشتن سابقه دررفتگی شانه؛ نداشتن علائم پارگی عضلات روتاتورکاف. گروه کنترل هیچ‌گونه مشکلی در انجام حرکات بالای سر حین تمرینات بدنسازی نداشتند. معیار خروج آزمودنی‌ها از پژوهش، بروز هر گونه آسیب یا درد بود که سبب شود آن‌ها قادر به انجام حرکات نباشد؛ تمایل نداشتن آزمودنی‌ها به ادامه همکاری در هر مرحله از پژوهش. همه مراحل انجام آن از سوی کمیته اخلاق پژوهش‌های زیست پزشکی دانشگاه بوعلی سینا با کد IR.BASU.REC.1401.017 تأیید شد.

برای ثبت فعالیت الکترومایوگرافی عضلات از دستگاه هشت‌کاناله بیومتریک مدل دیتالینک (DataLink) ساخت کشور انگلستان استفاده شد. نرخ نمونه‌برداری در این مطالعه ۲۰۰۰ هرتز در نظر گرفته شد. همچنین میزان رد کردن سیگنال‌های مزاحم برای این دستگاه روی ۱۱۰ دسی‌بل تنظیم‌شد. جفت الکترودهای سطحی ثابت دستگاه بیومتریکس برای نصب روی عضلات براساس پروتکل اروپایی SENIAM در نظر گرفته شد (۸، ۷). برای کاهش دادن امپدانس و مقاومت پوست، با تراشیدن موهای زائد از آزمودنی‌ها و تمیز کردن و شستشوی کامل نواحی مدنظر با الکل، پوست آزمودنی برای نصب الکترود آماده شد. الکترودگذاری روی عضلات موردمطالعه در اندام درگیر بدین شرح بود: عضله ذوزنقه فوقانی در نیمه خط بین زائده هفتم گردنی و زائده آخرومی، عضله ذوزنقه تحتانی در یک‌سوم انتهایی خط بین ریشه خار کتف و مهره هشتم پشتی، عضله دلتوئید قدامی به‌اندازه عرض یک انگشت از زائده آخرمی به سمت جلو و پایین، عضله دلتوئید خلفی حدوداً به فاصله عرض دو انگشت عقب‌تر از زاویه آخرمی، بخش جناغی عضله سینه‌ای بزرگ در فاصله دو سانتی‌متری چین زیر بغل و برای عضله دندانه‌ای قدامی در سطح زیرین ناحیه آگزیلاری و در قسمت جلویی عضله پشتی بزرگ قرار گرفتند (شکل ۱).

1. Neer Impingement Sign
2. Hawkins-Kennedy Test



شکل ۱- مکان الکترودهای سطحی روی عضلات

(ردیف بالا از راست به چپ: دلتوئید قدامی، سینه‌ای بزرگ، ذوزنقه فوقانی؛ ردیف پایین از راست به چپ: ذوزنقه تحتانی، دلتوئید خلفی، دندانه‌ای قدامی)

Figure 1 - Location of surface electrodes on muscles
(Top row, from right to left: anterior deltoid, pectoralis major, upper trapezius; Bottom row, from right to left: lower trapezius, posterior deltoid, serratus anterior)

پس از الکترودگذاری از آزمودنی‌ها خواسته شد تا سه حرکت عملکردی را که در بدنسازی متداول است و در زنجیره حرکتی بسته انجام می‌شود، به شرح زیر انجام دهند (شکل ۲). هم‌زمان سیگنال فعالیت الکترومایوگرافی عضلات منتخب ثبت شد.

الف. دیپ پارالل (Parallel bar dip): از آزمودنی خواسته شد روی دستگاه دیپ پارالل قرار گیرد. برای قرارگیری در نقطه شروع بدن خود را در حالی دست‌ها کشیده و مفاصل تقریباً قفل هستند، بالا نگه دارد. حال هم‌زمان با داخل کشیدن نفس به‌آرامی پایین برود. بالاتنه باید صاف باشد و آرنج‌ها در کنار بدن قرار داشته باشند تا محلی که بازو با ساعد زاویه نود درجه تشکیل دهد، پایین برود. سپس هم‌زمان با بیرون دادن نفس با استفاده از پشت بازوها بدن خود را به نقطه شروع بازگرداند؛

ب-شنای سوئدی (Push-up): از آزمودنی خواسته شد روی شکم دراز بکشد و بالاتنه را در حالی که دست‌ها کشیده و در فاصله حدود ۹۰ سانتی‌متری یکدیگر قرار دارند، بالا نگه دارد. سپس هم‌زمان با داخل کشیدن نفس تا جایی که سینه هنوز به زمین نرسیده است، پایین بروید. حال هم‌زمان با بیرون دادن نفس، بالاتنه را به نقطه شروع بازگرداند؛

ج-کشش بارفیکس خوابیده (Australian chain-up): آزمودنی در حالی که به پشت دراز کشیده است، میله بارفیکس را که ارتفاع آن در حدی است که آزمودنی با بازوان کشیده (فاصله دست‌ها کمی بازتر از عرض شانه) است، میله را بگیرد. از آزمودنی خواسته می‌شود در حالی که عمل دم را انجام می‌دهد، خود را در حالی که بدن کاملاً کشیده است، به سمت بالا یعنی به طرف میله بکشد؛ تا جایی که سینه آزمودنی به میله نزدیک شود. هنگامی که آزمودنی به سمت پایین حرکت می‌کند، عمل بازدم را انجام دهد.

شکل ۲- حرکات عملکردی: الف- دیپ پارالل، ب-شنای سوئدی، ج-کشش بارفیکس خوابیده
Figure 2- Functional movements: A- Parallel bar dip, B- Push-up, C- Australian chain-up

قبل از انجام آزمون اصلی، به‌منظور نرمال‌سازی سیگنال‌های خام انقباض‌های پنج‌ثانیه‌ای حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک (MVIC) برای هر عضله انجام شد و سیگنال سه ثانیه میانی برای تجزیه و تحلیل استفاده شد. همه سیگنال‌های خام الکترومایوگرافی با نرم‌افزار دیتالوگ (DataLog) سیستم الکترومایوگرافی و با فیلتر میان‌گذر ۸ تا ۵۰۰ هرتز تجزیه و تحلیل شدند. سپس مجذور ریشه میانگین (RMS; Root Mean Square) داده‌های فیلترشده با پنجره زمانی ۱۰۰ میلی‌ثانیه‌ای گرفته شد. یک ثانیه از هر داده (بالاترین فلات منحنی) جداسازی شد و داده‌های آن استخراج شد. با تقسیم فعالیت به‌دست‌آمده برای هر عضله بر MVIC و ضرب عدد به‌دست‌آمده بر ۱۰۰ درصد، فعالیت هر عضله مشخص شد. فعالیت نرمال‌سازی‌شده عضلات بررسی‌شده استخراج و برای تحلیل آماری استفاده شد. همچنین هم‌انقباضی جهت‌دار (عامل مهمی در ثبات مفصل و بارهای وارده بر مفصل در وضعیت‌های استاتیکی و دینامیکی است) از تقسیم میانگین مقادیر RMS همسان‌سازی‌شده عضله آنتاگونیست بر میانگین مقادیر RMS همسان‌سازی‌شده عضلات آگونیست منهای عدد ۱ محاسبه می‌شود. هم‌انقباضی عضلات قدامی (سینه‌ای بزرگ، دلتوئید قدامی و دندانه‌ای قدامی) به خلفی (بخش فوقانی و تحتانی عضله ذوزنقه و دلتوئید خلفی) در این مطالعه گرفته شد. در هم‌انقباضی جهت‌دار، هرچه عدد حاصل به صفر نزدیک‌تر باشد، میزان هم‌انقباضی بیشتر است و هرچه عدد حاصل به ۱ و ۱- نزدیک‌تر شود، میزان هم‌انقباضی کمتر خواهد بود (۱۲).

پس از اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک، از آنالیز واریانس با اندازه‌های مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه تفاوت فعالیت الکترومایوگرافی (%MVIC) عضلات موردبررسی، طی سه شرایط متفاوت (حرکات عملکردی مورد بررسی) در هر گروه استفاده شد. مقایسه بین گروه‌ها تست تی مستقل به کار گرفته شد ($P<۰/۰۵$).

نتایج

جدول (۱) میانگین و انحراف استاندارد مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌های تحقیق را نشان می‌دهد.

جدول ۱- اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌ها
Table 1- Demographic information of subjects

گروه Group	وزن (کیلوگرم) Weight (kg)	قد (سانتی‌متر) Height (cm)	سن (سال) Age (years)	شاخص توده بدنی BMI (kg/m^2)
سالم Healthy	64.5±3.16	166.2±2.11	27.1±2.12	22.9±2.5
بیمار Patient	65.2±2.22	164.7±3.23	25.1±1.11	23.5±1.7

میانگین فعالیت عضلات

مقایسه میانگین و انحراف استاندارد فعالیت الکترومایوگرافی عضلات بررسی‌شده در این مطالعه بین دو گروه سالم و بیمار، در جدول (۲) آورده شده است. جزئیات بیشتر در ادامه و در شکل‌های (۳) تا (۶) ارائه شده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین و انحراف استاندارد فعالیت الکترومایوگرافی عضلات بین دو گروه تحقیق برحسب درصدی از حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک

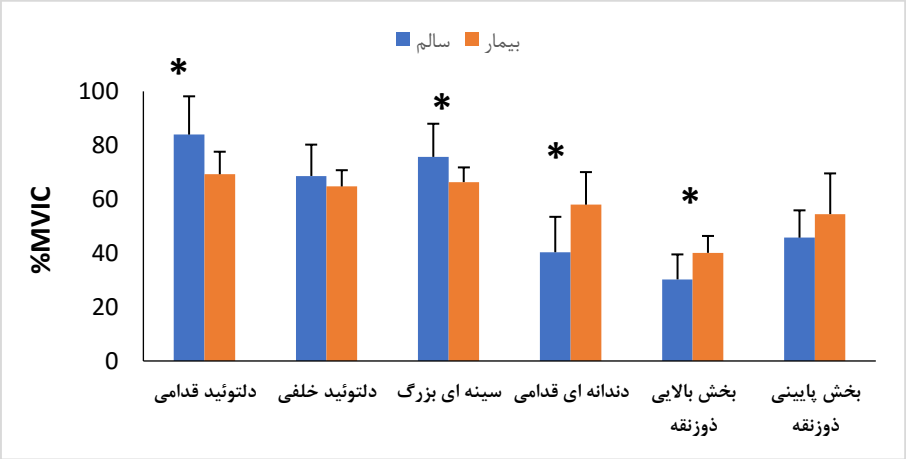
Table 2- Comparison of mean and standard deviation of muscle electromyographic activity between the two research groups in terms of percentage of maximum voluntary isometric contraction

حرکت Movement	گروه Group	آماره Statistic	ذوزنقه پایینی Lower Trapezius	ذوزنقه بالایی Upper Trapezius	دندانه‌ای قدامی Serratus anterior	سینه‌ای بزرگ Pectoralis major	دلتوئید خلفی Posterior deltoid	دلتوئید قدامی Anterior deltoid
بارفیکس خوابیده Australian chain-up	سالم Healthy	میانگین Mean	33.98	38.07	24.90	16.22	38.07	*24.77
		انحراف استاندارد Standard deviation	3	3.4	8.8	3.5	4	4.3
	بیمار Patient	میانگین Mean	33.3	41.42	23.24	14.48	40.74	*15.97
		انحراف استاندارد Standard deviation	4.2	7.5	5.3	4.3	6.1	6
شنای سوئدی Push-up	سالم Healthy	میانگین Mean	12.77	12.53	19.84	*53.56	19.14	*42.67
		انحراف استاندارد Standard deviation	2.3	4.1	2.8	9.2	11.1	10
	بیمار Patient	میانگین Mean	13.87	15.61	22.89	*44.71	20	*35.86
		انحراف استاندارد Standard deviation	2.9	4.4	6.3	5.5	10.5	7.9
دیپ پارالل Parallel bar dip	سالم Healthy	میانگین Mean	45.73	*30.26	*46.32	*75.69	68.62	*83.96
		انحراف استاندارد Standard deviation	10.1	9.2	13.1	11.2	11.6	13.2
	بیمار Patient	میانگین Mean	54.47	*40.11	*51.97	*66.34	64.7	*79.26
		انحراف استاندارد Standard deviation	15	6.2	12	5.6	6.02	8.4

***معناداری P<۰/۰۵**

***Significance P<0.05**

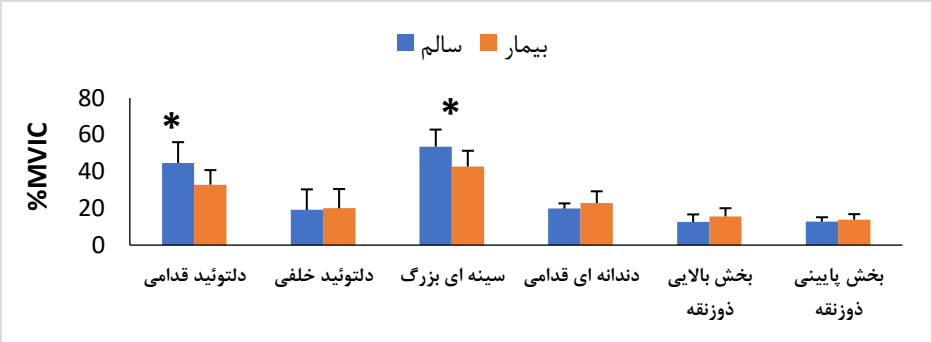
شکل (۳) میانگین فعالیت عضلات بررسی‌شده در حرکت دیپ پارالل در افراد سالم و بیمار را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، فعالیت عضله دلتوئید قدامی (P=۰/۰۱۳، t=۲/۸۲۲) و سینه‌ای بزرگ (P=۰/۰۴۱، t=۲/۱۹۸) در افراد سالم به طور معناداری بیشتر از افراد بیمار فعالیت کرده است. عضله دندانه‌ای قدامی (P=۰/۰۰۶، t=-۳/۱۲۶) و ذوزنقه‌ای فوقانی (P=۰/۰۱۲، t=-۲/۷۸۶) در افراد بیمار به طور معناداری بیشتر از افراد سالم فعالیت کرده است. برای سایر عضلات بین دو گروه اختلاف معناداری مشاهده نشد.



شکل ۳- میانگین و انحراف استاندارد فعالیت الکترومایوگرافی (نرمال‌سازی‌شده) عضلات در حرکت دیپ پارالل در گروه‌های تحقیق

Figure 3 - Mean and standard deviation of electromyography activity (normalized) of muscles in the parallel bar dip movement in the research groups

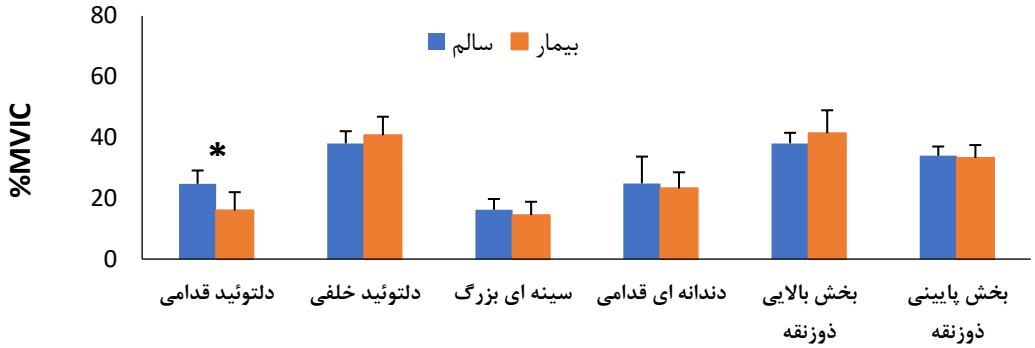
شکل (۴) میانگین فعالیت الکترومایوگرافی عضلات بررسی‌شده در حرکت شنای سوئدی در افراد سالم و بیمار را نشان می‌دهد. میانگین فعالیت عضله دلتوئید قدامی (P=۰/۰۰۲، t=۳/۷۲۵) و سینه‌ای بزرگ (P=۰/۰۱۴، t=۲/۷۹۱) در افراد سالم به طور معناداری بیشتر از افراد بیمار در طی حرکت شنای سوئدی فعالیت کرده است. برای سایر عضلات بین دو گروه اختلاف معناداری مشاهده نشد.



شکل ۴- میانگین و انحراف استاندارد فعالیت الکترومایوگرافی (نرمال‌سازی‌شده) عضلات در حرکت شنای سوئدی در گروه‌های تحقیق

Figure 4- Mean and standard deviation of electromyography activity (normalized) of muscles in the push-up movement in the research groups

شکل (۵) میانگین فعالیت الکترومایوگرافی عضلات بررسی‌شده در حرکت کشش بارفیکس خوابیده را در میان آزمودنی-های دو گروه سالم و بیمار نشان می‌دهد. نتایج نشان داد، میانگین فعالیت عضله دلتوئید قدامی در گروه سالم به طور معناداری بیشتر از افراد گروه بیمار هنگام اجرای حرکت کشش بارفیکس خوابیده فعالیت داشته است (P=۰/۰۲، t=۲/۷۱۰). برای سایر عضلات بین دو گروه اختلاف معناداری مشاهده نشد.



شکل ۵- میانگین و انحراف استاندارد فعالیت الکترومایوگرافی (نرمال‌سازی‌شده) عضلات در حرکت کشش بارفیکس خوابیده در گروه‌های تحقیق

Figure 5- Mean and standard deviation of electromyography activity (normalized) of muscles in the Australian chain-up movement in the research groups

مقایسه فعالیت عضلات در سه حرکت عملکردی

جدول (۳) نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر مقایسه درون‌گروهی فعالیت الکترومایوگرافی عضلات در حرکت‌های عملکردی انجام‌شده (میانگین بر حسب درصدی از حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک) را در گروه سالم نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود، فعالیت عضله دلتوئید قدامی در حرکت دیپ پارالل به طور معناداری بیشتر از حرکت کشش بارفیکس خوابیده و شنای سوئدی بود. همچنین فعالیت این عضله در شنای سوئدی بیشتر از کشش بارفیکس خوابیده بود. عضله دلتوئید خلفی در حرکت دیپ پارالل به طور معناداری بیشتر از حرکت شنای سوئدی و کشش بارفیکس خوابیده فعالیت داشت. این عضله در حرکت کشش بارفیکس خوابیده بیشتر از شنای سوئدی فعالیت داشت. فعالیت عضله سینه‌ای بزرگ در حرکت دیپ پارالل به طور معناداری بیشتر از حرکت کشش بارفیکس خوابیده و شنای سوئدی بود. همچنین فعالیت این عضله در حرکت شنای سوئدی بیشتر از کشش بارفیکس خوابیده بود. میانگین فعالیت عضله دندانه‌ای قدامی در حرکت دیپ پارالل به طور معناداری بیشتر از حرکت شنای سوئدی و کشش بارفیکس خوابیده بود؛ در حالی که به‌رغم بیشتر بودن فعالیت عضله در حرکت کشش بارفیکس خوابیده در مقایسه با شنای سوئدی، این تفاوت از نظر آماری معنادار نبود. فعالیت بخش بالایی عضله ذوزنقه در حرکت کشش بارفیکس خوابیده به طور معناداری بیشتر از حرکت شنای سوئدی بود. همچنین این عضله فعالیت بیشتری در حرکت دیپ پارالل از حرکت شنای سوئدی داشت. فعالیت بخش پایینی عضله ذوزنقه در حرکت دیپ پارالل به طور معناداری بیشتر از حرکت شنای سوئدی و کشش بارفیکس خوابیده بود. همچنین میانگین فعالیت این عضله در حرکت کشش بارفیکس خوابیده بیشتر از شنای سوئدی بود.

جدول ۳- مقایسه درون‌گروهی میانگین فعالیت الکترومایوگرافی عضلات (%MVIC) بررسی‌شده در حرکت‌های عملکردی انجام‌شده در گروه سالم

Table 3- within-group comparison of mean electromyography activity of the muscles studied (%MVIC) in functional movements performed in the healthy group

گروه Group	حرکت Movement	کد حرکت Movement code	متغیر (عضله) Variable (Muscle)	میانگین Mean	آماره F	اتا Eta	مقایسه دو به دو حرکات Pairwise comparison of movements	مقدار P P-value
سالم Healthy	بارفیکس خوابیده Australian chain-up	1	دلتوئید قدامی Anterior deltoid	24.77	70.34	0.887	1 با 2 1 with 2	0.001
	شنای سوئدی Push-up	2		42.67			1 با 3 1 with 3	0.001
	دیپ پارالل Parallel bar dip	3		88.96			2 با 3 2 with 3	0.001
	بارفیکس خوابیده Australian chain-up	1	دلتوئید خلفی Posterior deltoid	38.07	82.39	0.979	1 با 2 1 with 2	0.002
	شنای سوئدی Push-up	2		19.1			1 با 3 1 with 3	0.001
	دیپ پارالل Parallel bar dip	3		68.62			2 با 3 2 with 3	0.001
	بارفیکس خوابیده Australian chain-up	1	سینه‌ای بزرگ Pectoralis major	16.2	104.7	0.921	1 با 2 1 with 2	0.001
	شنای سوئدی Push-up	2		53.56			1 با 3 1 with 3	0.001
	دیپ پارالل Parallel bar dip	3		75.69			2 با 3 2 with 3	0.008
	بارفیکس خوابیده Australian chain-up	1	دندانه‌ای قدامی Serratus anterior	24.9	13.71	0.594	1 با 2 1 with 2	0.280
	شنای سوئدی Push-up	2		19.84			1 با 3 1 with 3	0.040
	دیپ پارالل Parallel bar dip	3		46.33			2 با 3 2 with 3	0.003

جدول ۳- مقایسه درون‌گروهی میانگین فعالیت الکترومایوگرافی عضلات (%MVIC) بررسی‌شده در حرکت‌های عملکردی انجام‌شده در گروه سالم

Table 3- within-group comparison of mean electromyography activity of the muscles studied (%MVIC) in functional movements performed in the healthy group

گروه Group	حرکت Movement	کد حرکت Movement code	متغیر (عضله) Variable (Muscle)	میانگین Mean	آماره F	اتا Eta	مقایسه دو به دو حرکات Pairwise comparison of movements	مقدار P P-value
	بارفیکس خوابیده Australian chain-up	1	ذوزنقه بالایی Upper trapezius	38.07	34.5	0.793	1 با 2 1 with 2	0.001
	شنای سوئدی Push-up	2		12.53			1 با 3 1 with 3	0.13
	دیپ پارالل Parallel bar dip	3		30.26			2 با 3 2 with 3	0.005
	بارفیکس خوابیده Australian chain-up	1	ذوزنقه پایینی Lower trapezius	33.98	80.69	0.9	1 با 2 1 with 2	0.001
	شنای سوئدی Push-up	2		12.77			1 با 3 1 with 3	0.012
	دیپ پارالل Parallel bar dip	3		45.73			2 با 3 2 with 3	0.001

جدول (۴) نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر مقایسه درون‌گروهی فعالیت عضلات در سه حرکت عملکردی (میانگین برحسب درصدی از حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک) را در گروه دچار سندرم گیرافتادگی شانه (بیمار) نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود، فعالیت عضله دلتوئید قدامی در حرکت دیپ پارالل به طور معناداری بیشتر از حرکت کشش بارفیکس خوابیده و شنای سوئدی بود. همچنین فعالیت این عضله در حرکت شنای سوئدی بیشتر از کشش بارفیکس خوابیده بود. عضله دلتوئید خلفی در حرکت دیپ پارالل به طور معناداری فعالیتی بیشتر از حرکت شنای سوئدی و کشش بارفیکس خوابیده داشت. همچنین فعالیت این عضله در حرکت کشش بارفیکس خوابیده بیشتر از شنای سوئدی بود. عضله سینه‌ای بزرگ در حرکت دیپ پارالل به طور معناداری فعالیت بیشتری از حرکت کشش بارفیکس خوابیده و شنای سوئدی از خود نشان داد. همچنین میانگین فعالیت این عضله در حرکت شنای سوئدی بیشتر از کشش بارفیکس خوابیده بود. عضله دندانه‌ای قدامی در حرکت دیپ پارالل به طور معناداری بیشتر از حرکت شنای سوئدی و کشش بارفیکس خوابیده بود، اما فعالیت این عضله در کشش بارفیکس خوابیده با شنای سوئدی تفاوت قابل‌توجه و معنادار نداشت. فعالیت بخش بالایی عضله ذوزنقه در حرکت کشش بارفیکس خوابیده و دیپ پارالل به طور معناداری بیشتر از حرکت شنای سوئدی بود، اما در کشش بارفیکس خوابیده و حرکت دیپ، فعالیت این عضله معنادار نبود.

میانگین فعالیت بخش پایینی عضله ذوزنقه در حرکت دیپ پارالل به طور معناداری بیشتر از حرکت شنای سوئدی و بارفیکس خوابیده بود. همچنین فعالیت این عضله در حرکت کشش بارفیکس خوابیده بیشتر از شنای سوئدی بود.

جدول ۴- مقایسه درون گروهی میانگین فعالیت الکترومایوگرافی عضلات (%MVIC) بررسی‌شده در حرکت‌های عملکردی انجام‌شده در گروه بیمار

Table 4- within-group comparison of mean electromyography activity of the muscles studied (%MVIC) in functional movements performed in the patient group

گروه Group	حرکت Movement	کد حرکت Movement code	متغیر (عضله) Variable (Muscle)	میانگین Mean	آماره F	اتا Eta	مقایسه دو به دو حرکات Pairwise comparison of movements	مقدار p P value
بیمار Patient	بارفیکس خوابیده Australian chain-up	1	دلتوئید قدامی Anterior deltoid	15.97	89.25	0.908	1 با 2 1 with 2	0.004
	شنای سوئدی Push-up	2		35.86			1 با 3 1 with 3	0.001
	دیپ پارالل Parallel bar dip	3		79.26			2 با 3 2 with 3	0.001
	بارفیکس خوابیده Australian chain-up	1	دلتوئید خلفی Posterior deltoid	40.74	90.37	0.909	1 با 2 1 with 2	0.001
	شنای سوئدی Push-up	2		20			1 با 3 1 with 3	0.001
	دیپ پارالل Parallel bar dip	3		64.73			2 با 3 2 with 3	0.001
	بارفیکس خوابیده Australian chain-up	1	سینه‌ای بزرگ Pectoralis major	14.48	117.8	0.929	1 با 2 1 with 2	0.001
	شنای سوئدی Push-up	2		44.71			1 با 3 1 with 3	0.001
	دیپ پارالل Parallel bar dip	3		66.34			2 با 3 2 with 3	0.002
	بارفیکس خوابیده Australian chain-up	1	دندانه‌ای قدامی Serratus anterior	23.24	66.9	0.882	1 با 2 1 with 2	0.972
	شنای سوئدی Push-up	2		22.89			1 با 3 1 with 3	0.001

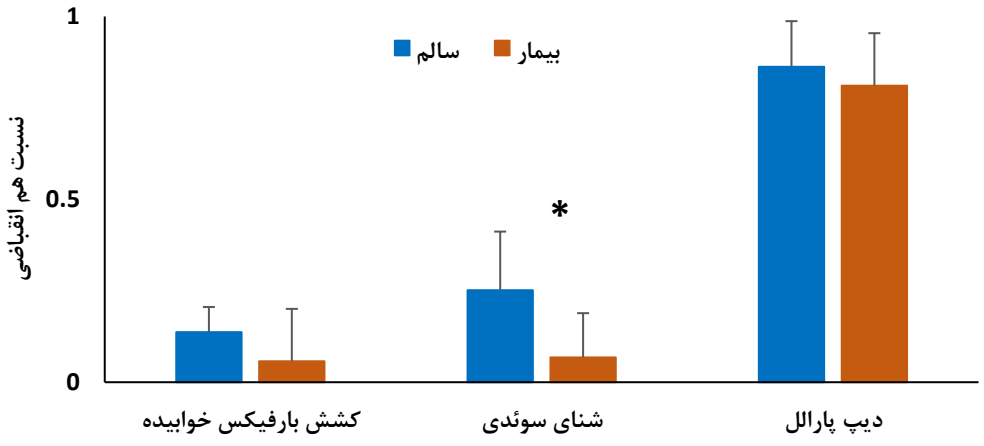
جدول ۴- مقایسه درون گروهی میانگین فعالیت الکترومایوگرافی عضلات (%MVIC) بررسی‌شده در حرکت‌های عملکردی انجام‌شده در گروه بیمار

Table 4- within-group comparison of mean electromyography activity of the muscles studied (%MVIC) in functional movements performed in the patient group

گروه Group	حرکت Movement	کد حرکت Movement code	متغیر (عضله) Variable (Muscle)	میانگین Mean	آماره F	اتا Eta	مقایسه دو به دو حرکات Pairwise comparison of movements	مقدار p P value
	دیپ پارالل Parallel bar dip	3		51.97			2 با 3 2 with 3	0.001
	بارفیکس خوابیده Australian chain-up	1		41.42			1 با 2 1 with 2	0.001
	شنای سوئدی Push-up	2	ذوزنقه بالایی Upper trapezius	15.61	46.8	0.839	1 با 3 1 with 3	0.985
	دیپ پارالل Parallel bar dip	3		40.11			2 با 3 2 with 3	0.001
	بارفیکس خوابیده Australian chain-up	1		33.3			1 با 2 1 with 2	0.001
	شنای سوئدی Push-up	2	ذوزنقه بالایی Lower trapezius	13.87	58.61	0.867	1 با 3 1 with 3	0.003
	دیپ پارالل Parallel bar dip	3		54.47			2 با 3 2 with 3	0.001

هم‌انقباضی عضلات

میانگین و انحراف استاندارد نسبت هم‌انقباضی جهت‌دار در گروه سالم در دیپ پارالل، شنای سوئدی و کشش بارفیکس خوابیده به‌ترتیب عبارت بود از: ۰/۸۶۲±۰/۱۲، ۰/۲۵۱±۰/۱۶، ۰/۱۳۷±۰/۱۲؛ در حالی که در گروه بیمار این مقادیر به‌ترتیب عبارت بود از: ۰/۸۱±۰/۱۴، ۰/۰۶۸±۰/۱۲، ۰/۰۵۷ ±۰/۱۴. شکل (۶) مقایسه هم‌انقباضی جهت‌دار عضلات هنگام اجرای حرکت‌های عملکردی در گروه‌های سالم و بیمار را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد، هم‌انقباضی جهت‌دار در حرکت شنای سوئدی در گروه سالم بیشتر از گروه بیمار بود (P=۰/۰۱). برای هم‌انقباضی جهت‌دار در حرکت کشش بارفیکس خوابیده و دیپ پارالل اختلاف معناداری مشاهده نشد (به‌ترتیب: P=۰/۱۳ و P=۰/۶۴).



شکل ۶- مقایسه نسبت هم‌انقباضی جهت‌دار قدامی خلفی فعالیت عضلات در حرکات عملکردی انجام‌شده در گروه‌های تحقیق

Figure 6- Comparison of the anterior-posterior directional co-contraction ratio of muscle activity in functional movements performed in the research groups

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف مقایسه فعالیت و عملکرد عضلات منتخب مجموعه شانه حین انجام حرکات عملکردی دیپ پارالل، شنا سوئدی و کشش بارفیکس خوابیده (که در زنجیره حرکتی بسته انجام می‌شوند)، در ورزشکاران زن بدنسازی با و بدون سندرم گیرافتادگی انجام گرفت. نتایج نشان داد که در کشش‌بارفیکس خوابیده فعالیت عضله دلتوئید قدامی، در شنای سوئدی دلتوئید قدامی و سینه‌ای بزرگ و در دیپ پارالل عضلات دلتوئید قدامی و سینه‌ای بزرگ افراد سالم، به طور معناداری بیشتر از ورزشکاران مبتلا به سندرم گیر افتادگی شانه بود. تنها در حرکت دیپ، فعالیت عضلات دندانه‌ای قدامی و بخش بالایی ذوزنقه در بیمار بیشتر از افراد سالم بود. با توجه به اینکه مطالعه حاضر تنها پژوهشی است که در آن به بررسی فعالیت عضلات ناحیه شانه در ورزشکاران رشته بدنسازی با سندرم گیرافتادگی شانه پرداخته شده است، مطالعه مشابهی برای مقایسه مستقیم نتایج یافت نشد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که افراد دچار سندرم گیرافتادگی شانه الگوی به‌کارگیری عضلانی متفاوتی نسبت به افراد سالم دارند (۸). حرکات تکراری که ورزشکاران بدنساز با سندرم گیرافتادگی شانه برای تقویت عضلانی انجام می‌دهند، چرخه کینزیولوژی حرکت را بیشتر معیوب می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات زنجیره بسته ممکن است اثرگذاری بهتری نسبت به تمرینات زنجیره باز حرکتی داشته باشند؛ ازاین‌رو در مطالعه حاضر، سه حرکت متداول در بدنسازی بررسی شدند که برای تقویت عضلات استفاده می‌شوند یا در توان‌بخشی به کار برده می‌شوند. درکشش بارفیکس خوابیده عضله دلتوئید قدامی فعالیت کمتری را در گروه بیمار نشان داد. این مکانیسم را می‌توان به تلاش در جهت کاهش فشار روی قسمت قدامی مفصل شانه و مجموعه تحت آخرمی نسبت داد. در شنای سوئدی که فشار بیشتری بر قسمت قدامی مفصل شانه نسبت به دو حرکت دیگر وارد می‌شود، شاهد کاهش فعالیت عضله دلتوئید و سینه‌ای بودیم. در دیپ پارالل هم این دو عضله در گروه بیمار نسبت به گروه سالم فعالیت کمتری داشتند که ممکن است به دلیل کنترل‌های عصبی‌عضلانی و خودکار در این افراد و برای دوری از فشار بر بافت قدامی و فوقانی شانه ایجاد شده باشد (۱۳). در حرکت دیپ، عضلات دندانه‌ای قدامی و بخش بالایی ذوزنقه در گروه بیمار فعالیت بیشتری داشتند. مطالعات نشان داده‌اند که افزایش فعالیت عضله دندانه‌ای قدامی طی انجام وظایف حرکتی مختلف در

افراد دچار سندرم گیرافتادگی شانه وجود دارد. این عامل ممکن است مرتبط با کاهش چرخش بالایی کتف و درد شانه نیز باشد. با توجه به مطالعات، افزایش فعالیت عضله دندانه‌ای قدامی می‌تواند موجب بهبود کینماتیک کتف و کاهش درد شانه شود. با توجه به اینکه در حرکت دیپ تحمل وزن افزایش می‌یابد و شدت فعالیت بیشتری نسبت به دو روش دیگر وجود دارد، ممکن است فعالیت بیشتر عضله دندانه‌ای قدامی برای اصلاح کینماتیک کتف ایجاد شده باشد (۱۴).

یک جنبه مهم در معاینات بالینی مفصل شانه، ارزیابی شدت فعالیت مجموعه عضلانی است. اختلال در عمکرد عضله ذوزنقه اغلب در افراد با سندرم گیرافتادگی شانه مشاهده می‌شود. تغییرات کوچک و ناچیز در عملکرد عضلاتی مانند دندانه‌ای قدامی و ذوزنقه می‌تواند حرکات مفصل شانه را تحت‌تأثیر قرار دهد؛ به‌ویژه در شرایطی که بین فعالیت ذوزنقه فوقانی و دندانه‌ای قدامی بیماران تعادل مناسب وجود نداشته باشد (۱۵). براساس مدل کینزیوپاتولوژی، عاملی که سبب اختلال در الگوی حرکتی می‌شود، در خود حرکت نهفته است که درنهایت سبب بروز علائم بالینی می‌شود (۱۶). تأثیر تجمعی حرکات غیرضربه‌ای تکراری تمرینات بدنسازی ممکن است باعث آسیب بافتی شود. عضله ذوزنقه به‌عنوان ثبات‌دهنده دینامیکی و تنظیم‌کننده رابطه حرکتی بین استخوان‌های کتف و بازو و عضله سینه‌ای بزرگ به‌عنوان ثبات‌دهنده بالایی کمربند شانه‌ای است. نبود تعادل در فعالیت این عضلات طی تمرینات ورزشی می‌تواند با تغییر کینماتیک کتف، در بروز درد و محدودیت حرکتی در ورزشکاران با سندرم گیرافتادگی شانه مؤثر باشد (۱۷). با توجه به نتایج، کشش بارفیکس خوابیده می‌تواند با کمترین تغییر در فعالیت عضلات نسبت به افراد سالم، تمرین تقویتی مناسب برای افراد مبتلا به سندرم گیرافتادگی شانه باشد. مطالعه همسو و مشابهی در زمینه تمرینات زنجیره بسته و سندرم گیرافتادگی شانه توسط محققان این مطالعه یافت نشد تا مقایسه بیشتری در این زمینه انجام شود.

یکی دیگر از یافته‌های ما، تفاوت دیپ پارالل نسبت به دو حرکت دیگر بود که دلیل این تفاوت را می‌توان مربوط به دو عامل دانست. اول اینکه این حرکت نیاز به توان عضلانی بیشتر دارد و دوم اینکه پوزیشن بدن در اجرای آن متفاوت از دو حرکت دیگر است. یک یافته قابل‌ذکر در مطالعه حاضر، تنها فعالیت کمتر عضلات دلتوئید قدامی و سینه‌ای بزرگ در گروه بیمار در هر سه حرکت عملکردی نسبت به گروه سالم بود. درمقابل، فعالیت بخش بالایی عضله ذوزنقه گروه بیمار در هر سه حرکت از افراد سالم بیشتر بود. همان گونه که پیش‌تر ذکر شد، عملکرد عضله ذوزنقه در اختلالات ناحیه شانه و به‌ویژه در سندرم گیرافتادگی شانه به دلیل اینکه عضله تثبیت‌کننده است، اهمیت زیادی دارد. برخی از مطالعات پیشین به کمتر شدن فعالیت بخش پایینی عضله ذوزنقه در ورزشکاران با درد شانه هنگام اجرای فعالیت عملکردی اشاره کرده‌اند که با نتایج مطالعه ما متفاوت است؛ برای نمونه، سیلوا[1] و همکارانش در سال ۲۰۲۲ عملکرد و فعالیت عضلات مجموعه شانه را در ورزشکاران کراس فیت با درد شانه بررسی کردند (۱۸). آنان گزارش کردند که فعالیت بخش پایینی عضله ذوزنقه در اجرای حرکاتی نظیر پرس سرشانه ورزشکاران دچار درد شانه فعالیت معنادار کمتری نسبت به ورزشکاران بدون درد داشت؛ این در حالی بود که آنان در فعالیت عضلات بخش بالایی ذوزنقه و سینه‌ای بزرگ تفاوتی بین ورزشکاران با و بدون درد مشاهده نکردند. به نظر می‌رسد، نتایج مطالعه سیلوا و همکارانش با نتایج ما به تفاوت الگوی حرکات در دو مطالعه، فراخوانی و نقش سینرژی عضلات درگیر در حرکات مطالعه حاضر با پرس سرشانه مرتبط باشد.

نتایج بررسی هم‌انقباضی جهت‌دار حین اجرای سه حرکت عملکردی این مطالعه نشان داد که افراد بیمار، تنها در حرکت شنای سوئدی کاهش معناداری (به صفر نزدیک‌تر) در مقایسه با گروه سالم داشتند که هرچه هم‌انقباضی جهت‌دار به صفر نزدیک‌تر باشد، میزان هم‌انقباضی نیز بیشتر است. همان طور که پیش‌تر اشاره شد، هم‌انقباضی عامل مهمی در ثبات مفصل است. افزایش هم‌انقباضی سبب افزایش سفتی و از طرفی باعث افزایش فشار درون مفصلی می‌شود (۱۹). میزان

1. Silva

هم‌انقباضی بیشتر افراد بیمار حین اجرای حرکت شنای سوئدی، ممکن است به دلیل فشار بیشتر بر قسمت قدامی مجموعه مفصلی شانه و درنتیجه فشار بیشتر به مجموعه تحت آخرمی باشد که احتمالاً سبب افزایش درد در گروه بیمار می‌شود؛ بنابراین با کاهش هم‌انقباضی و درنهایت با کاهش فشار درون‌مفصلی به درد پاسخ می‌دهد و هم‌انقباضی جهت‌دار در این مفصل حین انجام شنای سوئدی کمتر نسبت به افراد سالم است؛ البته در کشش بارفیکس خوابیده هم نتایج تقریباً مشابه شنای سوئدی در هم‌انقباضی جهت‌دار وجود داشت، اما از نظر آماری معنادار نبود؛ البته به دست آمدن این نتیجه به دلیل تشابه الگوی حرکتی کشش بارفیکس خوابیده با شنای سوئدی (اما در خلاف جهت) قابل‌پیش‌بینی بود. درمقابل، هم‌انقباضی جهت‌دار در حرکت دیپ پارالل نسبت به دو حرکت دیگر به ۱ نزدیک‌تر بود و درنتیجه میزان هم‌انقباضی کاهش داشت. در توضیح آن می‌توان این احتمال را داد که به سبب فشار عمودی که در حرکت دیپ پارالل به مفصل شانه وارد می‌شود، وزن بدن روی اندام فوقانی می‌افتد؛ البته در تفسیر بهتر هم‌انقباضی که می‌تواند در نتیجه عکس‌العمل و مکانیسمی برای مقابله با درد باشد، ارزیابی میزان درد می‌توانست در تفسیر اطلاعات به‌دست‌آمده کمک شایانی کند که از محدویت‌های تحقیق حاضر بود. مطالعه مشابهی که در زمینه تمرینات زنجیره بسته و سندرم گیرافتادگی شانه انجام شده باشد، توسط محققان این مطالعه یافت نشد؛ اما چیزی که از نتایج برمی‌آید این است که در افراد بیمار، هم‌انقباضی جهت‌دار تقریباً مناسبی در حرکت کشش بارفیکس خوابیده وجود داشت. ممکن است علت آن تعلیق بدن به خاطر پوزیشن آن باشد. بافت‌های پاسیو و اکتیو وقتی بدن در وضعیت تعلیق است، دچار کشیدگی می‌شوند که با دو حرکت دیگر که عضلات و بافت‌های اطراف تحت فشار قرار می‌گیرند، متفاوت است؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود برای طراحی برنامه تمرینی به‌منظور تقویت کمربند شانه‌ای و بازتوانی در ورزشکاران بدنسازی با سندرم گیرافتادگی شانه، بیشتر از حرکت کشش بارفیکس خوابیده استفاده شود.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عضلات قدامی شانه ازجمله سینه‌ای بزرگ و دلتوئید قدامی ورزشکاران بدنسازی با سندرم گیرافتادگی شانه هنگام اجرای حرکات زنجیره بسته شامل دیپ پارالل، شنای سوئدی و کشش بارفیکس خوابیده نسبت به افراد سالم بیشتر فعالیت می‌کند. این عمل می‌تواند مکانیسم جبرانی برای سایر عضلات اطراف مفصل شانه ایجاد کند و درنهایت چرخه آسیب را سرعت ببخشد. بهتر است، ورزشکاران زن بدنساز با سندرم گیرافتادگی شانه از تمرینات زنجیره بسته تا زمان بهبودی دوری کنند. همچنین اگر این نیاز به تقویت عضلانی و فعالیت عضلات شانه در تمرینات زنجیره بسته نیاز دارند، بهتر است از تمرین کشش بارفیکس خوابیده استفاده کنند که کمترین میزان تغییرات را نسبت به دو روش دیگر داشت و ممکن است برای این افراد ایمن‌تر باشد؛ هرچند نظر قطعی وابسته به انجام مطالعات بیشتر و دقیق‌تر است.

پیام مقاله

انتخاب نوع حرکات مناسب برای بازتوانی و طراحی برنامه تمرینی ورزشکاران با سندرم گیرافتادگی شانه از تشدید آسیب جلوگیری کند. به مربیان بدنسازی پیشنهاد می‌شود برای این دسته از ورزشکاران از تمرینات زنجیره حرکتی بسته که در اجرای آن‌ها فشار روی قسمت قدامی مفصل شانه کمتر است، استفاده کنند.

ملاحظات اخلاقی

اصول اخلاقی در کل مراحل پژوهش رعایت شد. این اصول شامل حفظ محرمانگی اطلاعات، رضایت آگاهانه شرکت‌کنندگان در مطالعه و اجازه به آزمودنی‌ها برای لغو مشارکت خود در هر مرحله‌ای از مطالعه بود. همه مراحل انجام

مطالعه حاضر از سوی کمیته اخلاق پژوهش‌های زیست پزشکی دانشگاه بوعلی سینا با کد IR.BASU.REC.1401.017 تأیید شد.

مشارکت نویسندگان

ایده‌پردازی: گیتا باب المرادی و مهرداد عنبریان

جمع‌آوری داده‌ها: گیتا باب المرادی

تحلیل داده‌ها: گیتا باب المرادی و مهرداد عنبریان

نوشتن مقاله: مهرداد عنبریان و گیتا باب المرادی

بازبینی و ویرایش: مهرداد عنبریان

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته بیومکانیک ورزشی نویسنده اول در دانشگاه بوعلی سینا است. نویسندگان از تمامی آزمودنی‌های شرکت کننده در این مطالعه تشکر و قدردانی می‌کنند.

منابع

1. AlAnazi A, Alghadir AH, Gabr SA. Handgrip strength exercises modulate shoulder pain, function, and strength of rotator cuff muscles of patients with primary subacromial impingement syndrome. BioMed International Research. 2022; 2022:9151831. https://doi.org/10.1155/2022/9151831
2. Bolia IK, Collon K, Bogdanov J, Lan R, Petrigliano FA. Management options for shoulder impingement syndrome in athletes: insights and future directions. Journal of Sports Medicine. 2021;12:43-53. https://doi.org/10.2147/OAJSM.S281100
3. Lee J, Pyung Kim H, Soo Shon M. Internal impingement of the shoulder in sports activity: common overuse injury. Arthroscopy and Orthopedic Sports Medicine. 2023;10:55-66. https://doi.org/10.14517/aosm23014
4. Siewe J, Marx G, Knöll P, Eysel P, Zarghooni K, Graf M, et al. Injuries and overuse syndromes in competitive and elite bodybuilding. International Journal of Sports Medicine. 2014;35(11):943-8. https://doi.org/10.1055/s-0034-1367049
5. Choi H, Kwon O, Choi WJ, You JSH. Effects of isolated shoulder versus core-shoulder chain exercises on motor control and isokinetic torque in baseball pitchers with shoulder impingement syndrome: a single-blinded randomized controlled trial. Journal of Sports Sciences. 2024;42(14):1331-40. https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2391205
6. Ferlito R, Testa G, McCracken KL, Moscato S, Zerbito GM, et al. Effectiveness of thrapeutical intervention on the scapulothoracic complex in the management of patients with subacromial impingement and frozen shoulder: a systematic review. Journal of Functional Morphology and Kinesiology. 2023;8(2):38. https://doi.org/10.3390/jfmk8020038
7. Moradi M, Hadadnezhad M, Letafatkar A, Khosrokiani Z, Baker JS. Efficacy of throwing exercise with TheraBand in male volleyball players with shoulder internal rotation deficit: a randomized controlled trial. MBC Musculoskeletal Disorders. 2020;21(1):376. https://doi.org/10.1186/s12891-020-03414-y
8. Meghdadi N, Yalfani A, Minoonejad H. Electromyographic analysis of shoulder gridle muscle activation while performing a forehead topspin in elite table tennis athletes with and without shoulder impingement syndrome. journal of Shoulder and Elbow Surgery. 2019;28(8):1537-45. https://doi.org/10.10.1016/j.jse.2019.01.021

9. Kang E, Lim Ch, Lim H. Comparisons of shoulder muscle activity and muscle activity ratio during serratus anterior exercise between crossfit practitioners with/without shoulder impingement syndrome. The Journal of Korean Physical Therapy. 2023;35(6):167-76. https://doi.org/10.18857/jkpt.2023.35.6.167
10. Mendez-Rebolledoa G, Morales-Verdugoc J, Orozco-Chavezd I, Habechiane FAP, Padillaf EL, et al. Optimal activation ratio of the scapular muscles in closed kinetic chain shoulder exercises: a systematic review. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. 2021;34(1):3–16. https://doi.org/10.3233/BMR-191771
11. De Mey K, Danneels L, Cagnie B, Borms D, T'Jonck Z, Van Damme E, et al. Shoulder muscle activation levels during four closed kinetic chain exercises with and without redcord slings. J Strength Cond Res. 2014;28(6):1626-35. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000292
12. Jafarnezhadgero AA, Piran Hamlabadi M, Anvari M, Zago M. Long-term effects of shoe mileage on knee and ankle joints muscle co-contraction during walking in females with genuvarus. Gait & Posture. 2021; 89:74-9. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.202.07.004
13. Heron SR, Woby SR, Thompson DP. Comparison of three types of exercise in the treatment of rotator cuff tendinopathy/shoulder impingement syndrome: a randomized controlled trial. Physiotherapy. 2017;103(2):167-73. https://doi.org/10.1016/j.physio.2016.09.001
14. McKenzie AK, Crowley-McHattan Z, Meir R, Whitting JW, Volschenk W. Glenohumeral extension and the dip: considerations for the strength and conditioning professional. Strength & Conditioning Journal. 2021;43(1):93-100. https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000579
15. Pozzi F, Plummer HA, Sanchez N, Lee Y, Michener LA. Electromyography activation of shoulder and trunk muscles is greater during closed chain compared to open chain exercises. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2022;62:102306. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2019.05.007
16. Soundararajan K, Subbiah Kanthanathan, Antony Leo Asser P. Effectiveness of diagnosis and treatment based on movement system impairment in individuals with cervical pain: a randomized controlled trial. Journal Bodywork and Movement Therapies. 2024;38:323-8. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2024.01.024
17. Kolk A. Overbeek CL, Bas de Witte P, Navas Canete A. Reijniers M, et al. Kinematics and muscle activation in subacromial pain syndrome patients and asymptomatic controls. Cilinical Biomechanics. 2021;89:105483. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2021.105483
18. Siva ER, Maffulli N, Migliorini F, Moraes Santos G, Sprada de Menezes F, Okubo R. Function, strength, and muscle activation of the shoulder complex in Crossfit practitioners with and without pain: a cross-sectional observational study. J Orthop Surg Res. 2022;17(1):24. https://doi.org/10.1186/s13018-022-02915-x
19. Grazi L, Trigili E, Fiore M, Giovacchini F, Sabatini AM, et al. Passive shoulder occupational exoskeleton reduces shoulder muscle coactivation in repetitive arm movements. Scientific Reports. 2024;14(1):27843. https://doi.org/10.1038/s41598-024-78090-2