Research Paper: The Effect of Muscle Fatigue on Normal Biomechanics of Shoulder Girdle: A Systematic Review of the Literature

Razie Joghatin Alibazi [1], *Afsoon Nodehi Moghadam [1], Vida Zarrabi [2], Enayatollah Bakhshi [3], Nazanin Nakhaei [1]

1. Department of Physical Therapy, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences , Tehran, Iran.
2. Department of Radiology, Rasool Akram Hospital, Iran University of Medical Science, Tehran, Iran.
3. Department of Statistics, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.

Received: 20 Jan. 2014
Accepted: 07 Sep. 2014

ABSTRACT

Objective Dynamic stability in shoulder is an important element in life and any disorder in muscular function which helps maintain this stability leads to shoulder pathology. One of these disturbing factors is fatigue. According to the research team information until now there has not been a study investigated systematically the effect of fatigue on shoulder girdle biomechanics. So the purpose of this systematic review is to determine the effect of muscle fatigue on normal shoulder girdle biomechanics.

Materials & Methods This study is a systematic review based on search in PubMed, Scopus, Elsevier, Ovid, CINAHL, Science Direct, ProQuest, Thompson, EMBASE and Medline databases for the period of 1995-2012. The keywords used were Shoulder, Muscle Fatigue, Proprioception and Kinematics. Two levels of reevaluation were used on 350 citations.

Results The search strategy resulted in 350 results out of which 22 papers met the criteria for this study. Variation among studies in terms of sample size, fatigue protocol and method of measurement were investigated.

Conclusion Evidences demonstrated muscle fatigue leads to change in activation pattern of muscles shoulder girdle and consequently kinematics as well as reduction in proprioception during different positions and movements in both scapulothoracic and glenohumeral joints. Generally the results indicated that there are sufficient evidences based on the effect of fatigue on the muscular fatigue has disturbance effects on shoulder girdle kinematics and could alter the normal biomechanics.

Keywords:
Shoulder, Muscle fatigue, Proprioception, Biomechanics

Corresponding Author:
Afsoon Nodehi Moghadam, PhD
Address: Department of Physiotherapy, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Daneshjoo Blvd., Velenjak, Tehran, Iran.
Tel: +98 (21) 22180039
E-Mail: Afsoonnodehi@yahoo.com, Nodehi@uswr.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

تأثیر خستگی عضلانی بر بیومکانیک طبیعی کمربند شانه‌ای: مروری نظام‌مند بر مطالعات گذشته

راضیه جغتین علی‌بازی[۱]، *افسون نودهی‌مقدم[۱]، ویدا ضرابی[۲]، عنایت‌الله بخشی[۳]، نازنین نخعی[۱]

۱- گروه فیزیوتراپی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی. تهران، ایران.
۲- گروه رادیولوژی، بیمارستان حضرت رسول(ص)، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
۳- گروه آمار زیستی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۳۰ دی ۱۳۹۲
تاریخ پذیرش: ۱۶ شهریور ۱۳۹۳

چکیده

هدف ثبات دینامیک در شانه، جزیی حیاتی است و هرگونه اختلال در عملکرد عضلاتی که به حفظ این ثبات کمک می‌کند منجر به پاتولوژی می‌شود. یکی از عوامل برهم‌زنندهٔ عملکرد عضلات، خستگی است. ازآنجایی‌که برطبق اطلاعات گروه تحقیق تابه‌حال پژوهش جامعی این مطالعات را مورد بررسی قرار نداده است؛ بنابراین، هدف از انجام این مطالعهٔ مروری نظام‌مند، بررسی تأثیر خستگی عضلانی بر بیومکانیک طبیعی کمربند شانه‌ای است.

روش بررسی این مطالعه براساس جستجوی الکترونیکی در بانک‌های اطلاعاتی پاب‌مد (PubMed)، اِسکوپوس (Scopus)، اِلزویر (Elsevier)، اُوید (Ovid)، سینَاهِیل (CINAHL)، ساینس دایرکت (Science Direct)، پروکوییست (ProQuest)، تامپسون (Thompson)، اِمبِیس (EMBASE) و مِدلاین (Medline) در فاصلهٔ زمانی بین سال‌های ۲۰۱۲-۱۹۹۵ انجام گرفته است. کلیدواژه‌های استفاده‌شده عبارت از شانه، خستگی عضلانی، حس عمقی و کینماتیک بود.

یافته‌ها حاصل این جستجوی الکترونیکی در بانک‌های اطلاعاتی مذکور، ۳۵۰ مقاله بود که ۲۲ مطالعه معیارهای لازم را برای ورود به مطالعه داشتند. تفاوت‌های بین مطالعات از نظر تعداد نمونه‌ها، پروتکل خستگی و روش‌های اندازه‌گیری مورد بررسی قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری بررسی مقالات نشان داد که خستگی فعالیت عضلات کمربند شانه‌ای و درنتیجه کینماتیک ناحیه را تغییر می‌دهد و همچنین منجر به کاهش حس عمقی در طی وضعیت‌ها و حرکات مختلف در هر دو مفاصل اسکاپولوتراسیک و گلنوهومرال می‌شود. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که شواهد کافی مبنی بر تأثیر خستگی بر کینماتیک کمربند شانه‌ای وجود دارد و بیومکانیک طبیعی شانه را تغییر می‌دهد.

کلیدواژه‌ها:
شانه، خستگی عضلانی، حس عمقی، کینماتیک

مقدمه

با توجه به پیچیدگی‌های بسیار در مفصل شانه، می‌توان پاتولوژی‌های بسیار گسترده‌ای نیز در شانه انتظار داشت. یکی از مکانیسم‌های احتمالی آسیب، اختلالات بیومکانیکی است. اختلال بیومکانیک شامل حرکات یا نیروهایی است که از حالت طبیعی خارج و با گذشت زمان منجر به تحت‌فشار قرارگرفتن بافت‌های مختلف می‌شوند [۱] و درصورتی‌که این بافت قادر به تطابق با نیروی اعمال‌شده نباشد، پاتولوژی رخ می‌دهد. اختلالات بیومکانیک یا به شکل الگوهای حرکتی تکراری هستند که به‌تدریج خاصیت انعطاف‌پذیری بافت را تغییر می‌دهند یا ناشی از تغییرات فعالیت نوروماسکولار ثانویه به برخی محرک‌ها مثل درد هستند [۲]. تغییرات نوروماسکولار مشکل‌زا هستند؛ بدین شکل که این تغییرات می‌توانند در زمان‌بندی الگوهای فعالیت عضلانی تداخل ایجادکنند و سینرژی‌های عضلانی‌ای که برای حرکت طبیعی شانه ضروری هستند را تغییردهند [۳].

خستگی عضلات کمربند شانه‌ای در افراد ورزشکار یا کارگرانی که فعالیت‌های یکنواخت یا حرکات تکراری انجام می‌دهند، یک تغییر نوروماسکولار محسوب می‌شود و می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل ایجادکنندهٔ اختلالات عضلانی-اسکلتی در محیط‌های کاری مطرح شود [۴]. شاید این امر به این دلیل باشد که شانه‌درد در افرادی که در زمان کار یا تفریح از دستشان در طی حرکات تکراری استفاده می‌کنند، مکرراً گزارش شده است [۵-۷]؛ به‌طوری‌که ۴۴ درصد از افرادی که ورزش‌های بالای سر انجام می‌دهند شانه‌درد دارند و ۲۹ درصد از این افراد درگیر مشکلات شانه‌ای هستند [۸]. بر این اساس، ارتباطی بین پاسچرهای استاتیک طولانی‌مدت، حرکات تکراری و خستگی عضلانی با ناراحتی و درد در ناحیهٔ شانه و گردن وجود دارد و می‌تواند به‌عنوان یک عامل خطرزا محسوب شود و درصورت جلوگیری

* نویسنده مسئول:
دکتر افسون نودهی مقدم
نشانی: تهران، ولنجک، بلوار دانشجو، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، گروه فیزیوتراپی.
تلفن: ۲۲۱۸۰۰۳۹ (۲۱) ۹۸+
رایانامه: Afsoonnodehi@yahoo.com, Nodehi@uswr.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

از ایجاد آن، می‌توان از بروز برخی مشکلات کمربند شانه‌ای جلوگیری به‌عمل‌آورد [۹]؛ بنابراین، مطالعهٔ تأثیر خستگی بر الگوی کمربند شانه‌ای از اهمیت بالایی برخوردار است و به‌همین دلیل محققین بسیاری از ابعاد مختلف، به بررسی آن پرداخته‌اند. این مطالعات عمدتاً به سه دسته تقسیم می‌شوند: دستهٔ اول، به بررسی نقش خستگی در الگوی فعالیت عضلات می‌پردازند؛ دستهٔ دوم، به بررسی تغییرات کینماتیک کمربند شانه‌ای اختصاص دارد؛ دستهٔ سوم، خستگی را از جنبه‌ای که بر حس عمقی شانه تأثیر می‌گذارد مورد مطالعه قرار می‌دهند [۱۲-۱۰].

در بررسی الکترومایوگرافی با ثبت فعالیت عضلات در طی یک الگوی حرکتی مشخص قبل و بعد از انجام پروتکل خستگی، معیاری برای مقایسهٔ فعالیت به‌دست‌می‌آید. در برخی از مطالعات به‌ویژه مطالعاتی که به بررسی عوامل محیطی در میزان خستگی عضلانی می‌پردازند، از معیاری به نام MPF[1] استفاده می‌شود. درصورتی‌که MPF بعد از پروتکل خستگی حداقل ۸ درصد کاهش یابد، عضلهٔ مربوطه خسته شده است [۱۴و۱۳].

به‌منظور تعیین خستگی عضلانی در برخی دیگر از این مطالعات، مقیاس بورگ[2] به‌کاررفته است. مقیاس بورگ معیاری برای تعیین میزان فشار ناشی از تمرین به فرد (RPE)[3] است که شروع آن از نقطهٔ ۶ به‌معنای هیچ نوع فشار تا نقطهٔ ۲۰ به‌معنای حداکثر فشار وارده است. مقیاس بورگ اصلاح‌شده[4]، مقیاسی است که نقطهٔ شروع و پایان آن بین ۰ تا ۱۰ است [۱۵].

بررسی کینماتیک از طریق سنسورهایی که عمدتاً به هومروس، کتف، کلویکل و توراکس متصل می‌شود، صورت می‌پذیرد و به‌شکل سه‌بُعدی میزان و جهت حرکت این اجزا قبل و بعد از ایجاد خستگی تحلیل می‌گردد [۱۷و۱۶]. همچنین در برخی از این مطالعات از تکنیک‌های تصویربرداری همانند رادیوگرافی یا فلوروسکوپی برای مشخص‌نمودن تغییر در فضای ساب‌آکرومیال قبل و بعد از خستگی به‌منظور بررسی دوبُعدی استفاده شده است. تصاویر رادیوگرافی برای حالت‌های استاتیک و در زوایای مشخصی از حرکت الویشن کاربرد دارد، درصورتی‌که ویدئوفلوروسکوپی در طی حرکات دینامیک، تغییر در فضای ساب‌آکرومیال را مورد بررسی قرار می‌دهد [۱۸و۱۰].

در برخی از مطالعات تأثیر خستگی بر حس عمقی بررسی شده است. به‌منظور سنجش حس عمقی از افراد خواسته می‌شود که زاویه‌ای ثابت را در طول دامنهٔ حرکتی در مفاصل اسکپولوتراسیک و گلنوهومرال به‌صورت اکتیو یا پاسیو بازسازی کنند. میزان خطایی که بعد از خستگی نسبت به قبل ایجاد می‌شود، به‌عنوان خطای بازسازی زاویه‌ای درنظرگرفته می‌شود. هرچه این میزان بیشتر باشد نشان‌دهندهٔ بالاتربودن تأثیر خستگی بر حس عمقی است [۲۰و۱۹].

مطالعات زیادی در این‌باره صورت گرفته‌اند و از ابعاد مختلف خستگی عضلات شانه و تأثیرآن بر کمربند شانه‌ای را مورد بررسی قرار داده‌اند، ولی براساس اطلاعات گروه تحقیق، تاکنون مطالعهٔ جامعی که نتایج این مطالعات را گردآوری کند وجود نداشته است و با توجه به اینکه ارزیابی این عوامل برای طراحی یک برنامهٔ مدوّن درمانی و جلوگیری از آسیب بیشتر شانه ضروری است، هدف از مطالعهٔ حاضر، مروری نظام‌مند بر مطالعات گذشته و ارزیابی تأثیراتی است که خستگی عضلانی بر کمربند شانه‌ای می‌گذارد.

روش بررسی

با هدف بررسی تأثیری که خستگی عضلانی بر کمربند شانه‌ای می‌گذارد، در بانک‌های اطلاعاتی مورد اشاره در چکیده[5] به روش جستجوی موضوعی کلیدواژه‌های شانه، خستگی عضلانی، حس عمقی و کینماتیک (به زبان انگلیسی) در فاصلهٔ زمانی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۲ مورد بررسی قرارگرفت. در این پژوهش مطالعاتی که در نمونه‌های سالم به بررسی تأثیر خستگی بر کمربند شانه‌ای پرداخته و به زبان انگلیسی چاپ شده و به‌صورت متن کامل دردسترس بودند، انتخاب گردیدند.

یافته‌ها

با استفاده از کلمات کلیدی مذکور در ابتدا ۳۵۰ مقاله به‌دست‌آمد که از بین آنها ۲۲ مقاله‌ای که معیارهای ورود به مطالعه را داشتند [۳۷-۲۱، ۱۹و۱۸، ۱۲-۱۰] مورد بررسی قرار گرفتند. نحوهٔ انتخاب مقالات بدین صورت بود که ۲ نفر از اعضای گروه پژوهش در ابتدا با خواندن عناوین، مقالات مرتبط را جدا می‌نمودند (۱۵۰ مقاله). این روند ۲ بار تکرار شد. مقالاتی که با کمربند شانه‌ای ارتباط نداشتند و به بررسی خستگی نپرداخته بودند، از روند مطالعه خارج می‌شدند. سپس، در مرحلهٔ بعد این ۲ نفر خلاصهٔ این مقالات را می‌خواندند و دربارهٔ ارتباط هر یک مشورت می‌کردند و درصورتی‌که خلاصهٔ مقالات برای تصمیم‌گیری کافی نبود، به متن کامل مقاله مراجعه می‌کردند. درنهایت، ۲۲ مقاله که معیارهای لازم جهت بررسی را داشتند، استخراج شدند و به‌طورکلی در جدول شمارهٔ ۱ آورده شدند.

بیشتر مقالاتی که شرایط مطالعهٔ ما را نداشتند به این دلایل از مطالعه حذف شدند: بعضی از مطالعات به بررسی این موضوع پرداخته بودند که کدام‌یک از عضلات به‌دنبال یک فعالیت خاص، بیشتر دچار خستگی می‌شوند. درحقیقت، در این نوع از مطالعات پروتکل‌های متفاوت خستگی، متغیر اصلی مطالعه بود و میزان

1. Median power frequency
2. Borg scale
3. Rating Perceived Exertion
4. Modified Borg Scale
5. PubMed, Scopus, Elsevier, Ovid, CINAHL, Science Direct, ProQuest , Thompson, EMBASE, Medline databases

Archive of SID
www.SID.ir

خستگی‌ای که هر یک از این فعالیت‌ها بر عضلات کمربند شانه‌ای می‌گذاشت، به‌عنوان متغیر وابسته درنظرگرفته شده بود. همچنین، تعدادی از مطالعات به‌صورت متن کامل دردسترس نبودند و نیز تعدادی به‌صورت مطالعات مروری یا خلاصه مقالاتی بودند که در کنفرانس‌ها ارائه شده بودند.

همان‌طورکه در جدول شمارهٔ ۱ مشاهده می‌شود، مقالات از نظر تعداد نمونه‌ها، پروتکل خستگی و نیز شاخصی که به‌دنبال خستگی مورد بررسی قرار می‌گیرد، با یکدیگر تفاوت دارند.

تعداد و نوع نمونه‌ها: در تمامی مطالعات، تعداد افراد مورد بررسی بین ۶ تا ۲۰ نفر بود به‌جز در ۷ مطالعه که تعداد افراد بین ۲۰ تا ۳۵ نفر بود [۳۷، ۳۳، ۳۱، ۲۷، ۲۵، ۱۹، ۱۱] و تنها در یک مطالعه این تعداد ۸۰ نفر بود [۱۲]. در ۱۳ مطالعه افراد مورد بررسی زن و مرد، ۱۰ مطالعه فقط مردان و در ۲ مطالعه تنها زنان انتخاب شده بودند. در تمامی مطالعات مذکور افراد سالم مورد بررسی قرارگرفتند، اما دراین میان، در ۳ مطالعه افراد ورزشکار [۳۱ و ۲۴،۳۰] و در ۲ مطالعه کارمندان بررسی شدند [۳۷و۲۲].

پروتکل خستگی: در بیشتر مطالعات پروتکل خستگی در شرایط آزمایشگاهی انجام گرفته بود، به‌جز در ۳ مطالعه که پروتکل خستگی انجام فعالیت‌های روزمرهٔ کاری همانند یک روز کاری در دندان‌پزشکان [۳۷]، ۲ ساعت تمرین روزانهٔ شنا در شناگران حرفه‌ای [۲۴] و ۳ ساعت تایپ در کارمندان بود [۲۲]. در ۸ مطالعه پروتکل خستگی شامل خستگی عضلات به داخل و خارج چرخانندهٔ شانه [۳۵، ۲۹، ۲۷، ۲۶، ۲۱، ۱۹، ۱۲، ۱۱]، ۲ مطالعه حرکت الویشن [۱۸و۱۰]، در ۶ مطالعه ترکیب‌های حرکتی برای بازسازی فعالیت‌های روزمره در کار [۳۶، ۳۴، ۲۸، ۲۳، ۲۵] یا ورزش [۳۲]، در ۱ مطالعه نگهداری در یک وضعیت ثابت [۳۳] و در ۲ مطالعه تکنیکی خاص در ورزش [۳۱و۳۰] به‌عنوان پروتکل خستگی درنظرگرفته شده بودند.

شاخص‌های مورد بررسی: شاخص‌های مورد بررسی علاوه‌بر تعیین مسیر مطالعه، مشخص‌کنندهٔ نوع ابزاری است که به‌منظور بررسی تأثیر خستگی مورد استفاده قرارمی‌گیرد. در ۱۰ مطالعه، به‌دنبال خستگی تغییر در حس عمقی [۳۶، ۳۵، ۳۱، ۳۰، ۲۶، ۲۵، ۲۳، ۲۱، ۱۹، ۱۲]، در ۱۰ مطالعه به بررسی تغییر در کینماتیک مفاصل اسکاپولوتراسیک و گلنوهومرال [۳۷، ۳۴، ۳۲، ۲۹-۲۷، ۲۴، ۲۲، ۱۸، ۱۰] و در ۳ مطالعه فعالیت الکترومایوگرافی عضلات مورد مطالعه قرار گرفته بود [۳۳و ۲۲، ۱۱].

بحث

در این مطالعه ۲۲ مقاله دربارهٔ ارزیابی تأثیر خستگی عضلانی بر کمربند شانه‌ای مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند که به تفصیل راجع به آنها بحث می‌شود.

مطالعات بررسی‌شده بر روی تغییرات حس عمقی به‌دنبال خستگی: در مطالعات بررسی‌شدهٔ مذکور، ۱۰ مطالعه به بررسی تأثیر خستگی عضلانی بر حس عمقی مفاصل کمربند شانه‌ای اختصاص داشت. در تمامی این مطالعات به‌جز در دو مطالعه، به‌دنبال خستگی در طی حرکات و فعالیت‌های مختلف، حس عمقی تغییر کرد؛ به‌طور مثال، در مطالعهٔ وویت و همکاران (۱۹۹۶)، لی و همکاران (۲۰۰۳) و مایرس و همکاران (۲۰۰۹) به‌دنبال خستگی عضلات به داخل و خارج چرخانندهٔ شانه، حس عمقی کاهش پیدا نمود، ولی در پی خستگی عضلات به داخل چرخانندهٔ شانه گو و همکاران (۲۰۱۱)، حس عمقی تغییری نیافت [۳۵، ۲۶، ۱۹، ۱۲]. همچنین، استرنر و همکارانش (۱۹۹۸) نشان دادند خستگی عضلات به خارج چرخانندهٔ شانه با وزنه‌ای به‌میزان حداکثر قدرت چرخش خارجی در میزان دقت حرکتی تأثیری ندارد [۲۱].

اگرچه در مطالعهٔ پدرسن و همکاران (۱۹۹۹) در مقایسه با تمرینات سبک، تمرینات سنگین باعث شدند سرعت‌های مختلف حرکتی تشخیص داده نشوند [۲۳]، اما نتیجه‌گیری مشابهی طی خستگی ناشی از فعالیت‌های روزانه در ورزشکاران یا کارگران کارخانه به‌وجودآمد، به‌طوری‌که بعد از انجام پروتکل خستگی به‌شکل پرتاب‌های توپ تکراری بالای سر [۳۰] یا حرکت تکل در راگبی، حس عمقی به‌ویژه در زوایای انتهایی حرکت کاهش یافت [۳۱].

نکتهٔ جالب در مطالعهٔ امری و کوته (۲۰۱۱) است؛ چراکه این گروه به‌جای مطالعهٔ فقط یک مفصل (شانه)، کل زنجیرهٔ حرکتی را مورد بررسی قراردادند و نشان دادند که اگرچه به‌دنبال پروتکل خستگی حس عمقی کاهش می‌یابد، ولی درنهایت، با تغییراتی که در میزان حرکت مفاصل مختلف به‌وجود می‌آید، حس انتهای حرکت اندام فوقانی بدون تغییر باقی می‌ماند [۳۶]. همچنین، بین سوبرتری و بالاتربودن دقت حس حرکتی رابطه‌ای یافت نشد [۱۲] و خستگی موضعی عضلات کمربند شانه‌ای کنترل نوروماسکولار را تغییر نداد [۱۹].

مطالعات بررسی شده بر روی تغییرات کینماتیک به دنبال خستگی: در این بخش ۱۱ مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند. دسته‌ای از این مطالعات توسط سیستم تحلیل حرکتی به بررسی کینماتیک کمربند شانه‌ای پرداخته بودند. مطالعهٔ سای و همکاران (۲۰۰۳)، اباق و همکاران (۲۰۰۶) و جوشی و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تأثیر خستگی عضلات به خارج چرخاننده بر کینماتیک کمربند شانه‌ای پرداخته‌اند. در این مطالعات به‌دنبال خستگی ضمن ثبت دیگر تغییرات در الگوی کینماتیکی کمربند شانه‌ای، اباق و همکاران (۲۰۰۶) و سای و همکاران (۲۰۰۳) به‌طور مشترک مشاهده نمودند که در طی مرحلهٔ ابتدایی الویشن میزان تیلت خلفی کتف کاهش می‌یابد. اگرچه سای و همکاران (۲۰۰۳) ذکر نمودند که چرخش به بالا و خارج کتف به‌دنبال خستگی کاهش می‌یابد، ولی اباق و همکاران (۲۰۰۶) و جوشی

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. مطالعات مرتبط با بررسی تأثیر خستگی عضلانی بر بیومکانیک کمربند شانه‌ای.

نویسنده/سال انتشار	تعداد و نوع افراد مورد مطالعه	هدف مطالعه	فعالیت به‌منظور ایجاد خستگی	روش اندازه‌گیری	نتیجه‌گیری
Voight و همکاران (۱۹۹۶) (۱۲)	۴۳ زن و ۳۷ مرد سالم	مشخص‌نمودن تأثیر خستگی بر حس عمقی مفصل گلنوهومرال و رابطه سوبرتری با حس عمقی شانه.	حرکت به خارج و داخل چرخاندن شانه تا زمانی که حداکثر گشتاور چرخش خارجی بیش از ۵۰٪ کاهش یابد.	بازسازی اکتیو یا پاسیو زاویه ای خاص از چرخش خارجی.	حس عمقی کاهش یافت ولی بین دو دست غالب و غیرغالب تفاوتی مشاهده نشد.
Sterner و همکاران (۱۹۹۸) (۲۱)	۲۰ مرد سالم	مشخص‌نمودن تأثیر خستگی بر حس عمقی اکتیو و پاسیو در طی حرکت چرخش شانه.	حرکت حداکثر چرخش خارجی تا زمانی که پیک گشتاور به زیر ۵۰٪ کاهش یابد.	بررسی حس عمقی طی تست های بازسازی اکتیو و پاسیو زاویه و نیز آستانه تشخیص حرکت پاسیو توسط دستگاه اندازه‌گیری حس عمقی.	حس عمقی بعد از خستگی تغییری نیافت.
Myers و همکاران (۱۹۹۹) (۱۹)	۱۶ زن و ۱۶ مرد سالم	بررسی تأثیر خستگی بر حس عمقی و کنترل نوروماسکولار شانه.	چرخش به داخل و خارج کانسنتریک شانه تا زمانی‌که ماکزیمم گشتاور به زیر ۵۰٪ کاهش یابد.	دو آزمون بازسازی اکتیو زاویه توسط الکتروگونیومتر و نیز سرعت نوسان** توسط Force plate اندازه‌گیری شد.	حس عمقی متعاقب خستگی کاهش یافت و ولی سرعت نوسان که معیار از کنترل نوروماسکولار شانه بود، تغییری نکرد.
Chen و همکاران (۱۹۹۹) (۱۰)	۱۲ مرد سالم	تأثیر خستگی عضلانی بر کینماتیک گلنوهومرال.	حرکت از ۰ تا ۱۰۰ درجه اسکپشن با وزنه ای معادل ۵٪ وزن کل بدن تا زمانی‌که فرد در ۳ بار تکرار نتواند بیش از ۴۵ درجه دست را بالا بیاورد.	انجام رادیوگرافی در زوایای مشخصی از حرکت اسکپشن.	بعد از خستگی در حالت استراحت سر هومروس نسبت به گلنوئید پایین تر و در طی ابداکشن بالاتر قرار داشت.
Kleine و همکاران (۱۹۹۹) (۲۲)	۹ زن سالم	مشخص‌شدن تغییرات زمانی فعال‌سازی عضلات شانه و پشت در کارمندان.	تایپ‌نمودن به مدت ۳ ساعت.	بررسی EMG و نیز ثبت کینماتیک توسط سیستم تحلیل حرکتی*** که در طی فعالیت تایپ انجام می‌گرفت.	متعاقب خستگی افراد پوزیشن خمیده‌تری پیدا کردند و فعالیت عضله تراپز افزایش یافت.
Pedersen و همکاران (۱۹۹۹) (۲۳)	۶ زن و ۸ مرد سالم	مشخص‌نمودن تغییرات در دقت حس حرکتی به دنبال خستگی موضعی عضلات شانه راست.	انجام دو تمرین سبک و سخت و تأثیر این دو تمرین (حرکت هوریزنتال ابداکشن و هوریزنتال اداکشن) با یکدیگر مقایسه می‌شد.	توانایی افراد جهت تشخیص سرعت حرکتی نسبت به سرعت مرجع توسط دستگاه سنجش حس عمقی بررسی گردید.	بعد از تمرینات سخت، سرعت‌های مختلف حرکتی به میزان کمتری تمایز داده می‌شود.
Crotty و Smith (۲۰۰۰) (۲۴)	۲۰ مرد شناگر حرفه ای	بررسی تأثیر تمرین شنای شدید بر تغییراتی که در پوزیشن کتف می‌گذارد.	دو ساعت شنا با حداکثر شدت قبل از مسابقات.	در حالت دست کنار بدن، اندازه‌گیری وضعیت قرارگیری کتف توسط متر نواری انجام گرفت.	وضعیت قرارگیری کتف بعد از خستگی تغییری نیافت. کتف سمت غیرغالب قبل از خستگی مدیالتر و بعد از خستگی به لترال رفت.
Bjorklund و همکاران (۲۰۰۰) (۲۵)	۱۳ زن و ۱۳ مرد سالم	بررسی تأثیری که خستگی عضلانی بر حس عمقی شانه می‌گذارد.	پروتکل خستگی شامل هل‌دادن یک پیستون و فشاردادن یک دکمه بود که وزن پیستون ۳۰۰ گرم و مدت زمان انجام حرکت ۱۰ دقیقه یا رسیدن RPE به ۷ بود.	بازسازی اکتیو حرکات در زوایای مشخصی از هوریزنتال ابداکشن و اداکشن بررسی شد.	خستگی منجربه نقص در حس عمقی می‌شود.
Maan lee و همکاران (۲۰۰۳) (۲۶)	۱۱ مرد سالم	بررسی تأثیر خستگی عضلانی شانه بر حس عمقی مفصل گلنوهومرال.	حرکت داخل و خارج چرخاندن شانه همراه با مقاومتی معادل ۵۰٪ حداکثر انقباض ایزومتریک ارادی* تا زمانی که قدرت به زیر ۵۰٪ کاهش یابد.	بازسازی زاویه حرکتی به هر دو شکل پاسیو و اکتیو در طول دامنه حرکتی چرخش به داخل و خارج از طریق ابزار بررسی حس عمقی.	به دنبال خستگی، فقط دربازسازی اکتیو زاویه هدف، در طی حرکت چرخش خارجی اختلاف ایجاد شد.

www.SID.ir

نویسنده/سال انتشار	تعداد و نوع افراد مورد مطالعه	هدف مطالعه	فعالیت به‌منظور ایجاد خستگی	روش اندازه‌گیری	نتیجه‌گیری
Tsai و همکاران (۲۰۰۳) (۲۷)	۱۶ زن و ۱۴ مرد سالم	مشخص‌نمودن تأثیر خستگی بر کینماتیک کتف در طی حرکت چرخش خارجی.	حرکت چرخش خارجی توسط تراباند سبز تا زمانی‌که گشتاور بیش از ۲۵٪ کاهش یابد.	بررسی کینماتیک در طول حرکت اسکپشن توسط سیستم تحلیل حرکتی.	خستگی عضلات به خارج چرخاننده شانه منجربه کاهش تیلت خلفی کتف و چرخش به بالادر فاز ابتدایی و نیز چرخش خارجی در فاز انتهایی شد.
Ebaugh و همکاران (۲۰۰۶) (۲۸)	۱۰ زن و ۱۰ مرد سالم	مشخص‌نمودن تأثیر خستگی عضلات شانه بر کینماتیک سه بُعدی اسکپولو تراسیک و گلنوهومرال.	ترکیبی از حرکات نگه‌داشتن دست در ۴۵ الویشن و دست کاری شی، اسکپشن مقاومتی با ۲۰٪ MVIC و الگوی D۲ مقاومتی.	بررسی میزان خستگی عضلات از طریق EMG و بررسی کینماتیک کمربند شانه‌ای از طریق سیستم تحلیل حرکتی در طول حرکت اسکپشن.	تمام عضلات به جز تراپز تحتانی خسته شدند، چرخش به بالا و خارج کتف و ریترکشن کلویکل افزایش یافتند و نیز چرخش به خارج هومروس کاهش یافت.
Ebaugh و همکاران (۲۰۰۶) (۲۹)	۱۰ زن و ۱۰ مرد سالم	بررسی تأثیر خستگی عضلات به خارج چرخاننده شانه بر کینماتیک سه بُعدی اسکپولوتراسیک و گلنوهومرال.	حرکت به خارج چرخاندن شانه همراه با ۲۰٪ MVIC تا زمانی‌که فرد دیگر قادر به انجام صحیح حرکت نباشد.	بررسی شدت خستگی عضلات از طریق EMG و بررسی کینماتیک کمربند شانه‌ای از طریق سیستم تحلیل حرکتی در طول حرکت اسکپشن.	بعد از خستگی به خارج چرخیدن هومروس کاهش یافت، در فاز ابتدایی تیلت خلفی کتف کاهش و در فاز میانی چرخش به بالای کتف و ریترکشن کلویکل افزایش یافت.
Tripp و همکاران (۲۰۰۷) (۳۰)	۱۳ فرد ورزشکار	مشخص‌نمودن تأثیر خستگی عملکردی در بازسازی اکتیو زوایایی خاص در چند مفصل در افراد ورزشکار.	پرتاب بالای سر توپ که وزن توپ ۰/۱۶۰ کیلوگرم بود تا زمانی که PRE به ۱۵ یا بالا تر برسد نرسد فعالیت ادامه می‌یافت.	بازسازی اکتیو زوایایی خاص در اندام فوقانی در ۳ حالت خاص بررسی گردید.	میزان خطا در بازسازی اکتیو حرکت افزایش یافت.
Teyhen و همکاران (۲۰۰۸) (۱۸)	۲۰ مرد سالم	مشخص‌نمودن تأثیر خستگی عضلات روتاتور کاف بر جابه‌جایی سر هوروس در طی الویشن کانسنتریک اندام فوقانی (از ۰ تا ۱۳۵).	در حالت دمر انجام حرکت الویشن با وزنه‌ای به میزان ۵٪ وزن کل بدن و کاهش MVIC بیش از ۴۰٪.	بررسی جابه‌جایی سر هومروس در طول حرکت اسکپشن به شکل دینامیک توسط ویدیو فلوروسکوپی دیجیتال.	صرف‌نظر از زاویه میزان بالا رفتن سر هومروس در طی الویشن افزایش یافت.
Herrington و همکاران (۲۰۰۸) (۳۱)	۲۲ بازیکن حرفه‌ای راگبی	بررسی تأثیر حرکت مشابه تکل بر حس عمقی شانه در بازیکنان راگبی.	حرکت مشابه تکل در راگبی.	بازسازی اکتیو و پاسیو زوایای مشخصی از حرکت چرخش خارجی.	حس عمقی مفصل بعد از خستگی در زوایای بیرونی تغییر کرد ولی در زوایای داخلی بدون تغییر ماند.
Cote و همکاران (۲۰۰۹) (۳۲)	۶ مرد سالم	بررسی تأثیری که تمرینات کتف و متعاقب آن خستگی بر کینماتیک شانه می‌گذارد.	انجام دو تمرین در حالت دمر: هوریزنتال ابداکشن دست در چرخش خارجی و بالابردن دست با وزنه‌ای حدود ۱/۵ کیلوگرم.	الویشن در صفحه کتف و رادیوگرافی در زوایای مشخص.	تمرینات منجر به جابه‌جایی فوقانی سر هومروس و تغییر کینماتیک شانه در رادیوگرافی شد.
Szucs و همکاران (۲۰۰۹) (۳۳)	۱۶ زن و ۱۲ مرد سالم	بررسی تأثیر خستگی عضله سراتوس قدامی بر سطح فعال سازی عضلات و نسبت فعالیت زوج نیروهای کتف.	نگه‌داری پوزیشن Push up Plus.	حرکت اسکپشن و ثبت فعالیت عضلات توسط EMG.	خستگی در هر سه عضله ثبت شد و سطح فعالیت عضله تراپز فوقانی در طی تست افزایش یافت.

www.SID.ir

نویسنده/سال انتشار	تعداد و نوع افراد مورد مطالعه	هدف مطالعه	فعالیت به‌منظور ایجاد خستگی	روش اندازه‌گیری	نتیجه‌گیری
Chopp و همکاران (۲۰۱۰) (۳۴)	۲۰ مرد سالم	بررسی تغییرات در پوزیشن سر هومروس نسبت به گلنوید متعاقب خستگی روتاتور کاف.	الگوی حرکتی شامل فلکشن، چرخش به خارج و ابداکشن با وزنه ای به میزان ۱۵٪ MVIC تا زمانی‌که RPE به ۱۰ برسد.	بررسی EMG در زاویه ۹۰ اسکپشن و انجام رادیوگرافی در زوایای مشخصی از الویشن.	پوزیشن سر هومروس نسبت به گلنوئید تحت تأثیر زاویه دست و میزان خستگی بود. دلتوئید میانی و اینفراسپیناتوس شواهد قطعی خستگی را نشان دادند.
Joshi و همکاران (۲۰۱۱) (۱۱)	۱۰ زن و ۱۵ مرد سالم	بررسی تاثیر خستگی‌ی عضلات به خارج چرخاننده مفصل گلنوهومرال بر فعال‌سازی عضلات کمربند شانه‌ای.	چرخش به خارج کانسنتریک شانه با وزنه ای معادل ۲۵٪ MVIC اینفراسپیناتوس تازمانی‌که MVIC حرکت چرخش خارجی بیش از ۲۵٪ کاهش یابد.	الگوی حرکتی D۲ در PNF و بررسی فعالیت عضلانی و کینماتیک توسط EMG و سیستم تحلیل حرکتی.	خستگی‌ی عضلات به خارج چرخاننده شانه منجربه کاهش فعالیت عضله تراپز تحتانی، افزایش فعالیت عضله اینفراسپیناتوس و نیز افزایش دامنه حرکتی چرخش به بالای کتف گردید.
Guo و همکاران (۲۰۱۱) (۳۵)	۱۰ زن و ۱۰ مرد سالم	بررسی تأثیر خستگی عضلات به داخل چرخاننده شانه بر حس عمقی ریپوزیشن اکتیو کتف و گلنوهومرال.	حرکت به داخل چرخاندن شانه با MVIC ۸۰٪ تا زمانی‌که MVIC به زیر ۵۰٪ کاهش می‌یافت.	بازسازی وضعیت به شکل اکتیو در مفاصل گلنوهومرال و کتف و بررسی آن از طریق سیستم تحلیل حرکتی.	تحت‌تأثیر خستگی عضلات به داخل چرخاننده شانه حس عمقی تغییری نیافت.
Emery و Cote (۲۰۱۱) (۳۶)	۹ زن و ۹ مرد سالم	بررسی تأثیر حرکات تکراری بر حس عمقی شانه و نقش حس عمقی بر استراتژی‌های حرکتی که بعد از خستگی به وجود می‌آیند.	حرکت تکراری نشانه‌گذاری تا زمانی‌که RPE به بالای ۸ برسد.	حس زاویه‌ای شانه و نیز حس انتهای حرکت اندام فوقانی توسط ابزار جهت اندازه‌گیری کینماتیک بررسی شد.	اگرچه وضعیت زاویه‌ای شانه بعد از خستگی تغییر کرد ولی حس انتهای حرکت اندام فوقانی بدون تغییر ماند.
Ettinger و همکاران (۲۰۱۲) (۳۷)	۳۴زن	بررسی تغییر تیلت و چرخش کتف بعد از یک روز کاری در دندان‌پزشکان.	انجام کارهای روزانه توسط دندان‌پزشکان.	حرکت الویشن در صفحه کتف و بررسی کینماتیک.	در انتهای روز کاری تیلت قدامی کتف افزایش یافت ولی تغییری در چرخش رو به بالا و داخل ایجاد نشد.

*Maximum Voluntary Isometric Contraction (MVIC)
**Sway velocity
***Motion Analyzer System

و همکاران (۲۰۱۱) خلاف این موضوع را مشاهده نمودند. به هر شکل این‌گونه اختلاف یافته‌ها می‌تواند ناشی از پروتکل‌های متفاوت برای ایجاد خستگی و الگوی‌های مختلف حرکتی به‌منظور ثبت فعالیت عضلات باشد [۲۹و ۲۷، ۱۱]. همچنین، خستگی عضلات به خارج چرخاننده و عضلات الویتور شانه به شکلی مشابه منجر به تغییر در کینماتیک شانه شدند [۲۹و۲۸].

ازآنجایی‌که ارتفاع فضای ساب‌آکرومیال تنها ۹ تا ۱۰ میلی‌متر است، هرگونه تغییری می‌تواند به‌عنوان عاملی برای کاهش فضای ساب‌آکرومیال و ایجاد سندرم گیرافتادگی شناخته شود [۳۹و۳۸]. شاهد این نتیجه‌گیری در دستهٔ دوم مطالعات است که از طریق انجام رادیوگرافی به بررسی کینماتیک مفصل شانه پرداخته بودند. در این شیوه عمدتاً به وضعیت و میزان جابه‌جایی سرهومروس نسبت به حفرهٔ گلنویید به‌دنبال پروتکل خستگی توجه می‌شود.

نمونهٔ آن مطالعاتی است که توسط کن و همکاران (۱۹۹۹) و کوپ و همکاران (۲۰۱۰) انجام گرفت و مشاهده شد در رادیوگرافی به شکل استاتیک به‌دنبال خستگی عضلانی به‌ویژه روتاتور کاف در حالت استراحت، سرهومروس نسبت به گلنویید پایین‌تر و در حالت ابداکشن بالاتر قرارمی‌گیرد [۳۴و۱۰]. در طی تصویربرداری دینامیک از حرکت الویشن توسط ویدیوفلوروسکوپی دیجیتال نیز، نتیجه‌گیری مشابهی به‌دست‌آمد [۱۸].

نکتهٔ قابل توجه این دسته از مطالعات، در بررسی‌ای است

Archive of SID
www.SID.ir

که کوته و همکارانش (۲۰۰۹) انجام دادند و به تراپیست‌ها این موضوع را گوشزد کردند که همین اثر، یعنی کاهش فضای ساب‌آکرومیال، در اثر خستگی ناشی از تمریناتی که به‌منظور تقویت عضلات ثباتی کتف به افراد می‌دهیم، ایجاد می‌گردد [۳۲].

با توجه به تمامی این مطالعات جای تعجب نیست که در فعالیت‌های روزمره، به‌طور مثال بعد از یک روزکاری در دندان‌پزشکان، شاهد تغییر در الگوی حرکتی کتف باشیم و در پی ۳ ساعت تایپ در کارمندان، افراد وضعیت خمیده‌تری پیداکنند [۳۷]. در این میان، مطالعه‌ای که کراتی و اسمیت (۲۰۰۰) انجام دادند، نتوانست تغییری را در وضعیت قرارگیری کتف توسط متدهای اندازه‌گیری کیبلر[6] و دیوتا[7] مشاهده کند. شاید دلیل این امر استفاده از ابزارهایی بود که امکان نشان‌دادن تغییرات جزیی در وضعیت قرارگیری کتف را نداشت [۲۴].

مطالعات بررسی‌شده بر روی تغییرات فعالیت عضلانی به‌دنبال خستگی: در این دسته، سه مطالعه جای می‌گیرد [۳۳و ۲۲، ۱۱] که در هر سه این مطالعات، فعالیت عضلات به‌دنبال خستگی تغییر یافت؛ به‌طوری‌که جوشی و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تأثیر خستگی عضلات به خارج چرخاننده بر فعالیت الکترومایوگرافی عضلات کمربند شانه‌ای پرداختند و مشاهده نمودند که فعالیت عضلهٔ تراپز تحتانی کاهش یافت، ولی فعالیت عضلهٔ اینفرااسپیناتوس افزایش پیدا کرد. این تغییرات نشان‌دهندهٔ ارتباط نزدیک عضلات گلنوهومرال و اسکپولوتراسیک است و بیانگر این مطلب است که در صورت خستگی تراپز تحتانی، اینفرااسپیناتوس در معرض آسیب قرارمی‌گیرد [۱۱].

همچنین، در مطالعهٔ زوکس و همکارانش (۲۰۰۹) عضلهٔ سراتوس قدامی را از طریق نگه‌داشتن وضعیت Push up Plus خسته کردند و به نتایج مشابهی رسیدند؛ یعنی افزایش فعالیت عضلهٔ تراپز فوقانی برای جبران فعالیت عضلات در معرض خستگی [۳۳]. در فعالیت‌های روزمره کاری سه ساعت تایپ در کارمندان، همین نتیجه به‌دست‌آمد. به‌علاوه، ازآنجایی‌که کلین و همکاران (۱۹۹۹) علاوه‌بر کمربند شانه‌ای وضعیت کینماتیک ناحیهٔ کمر را نیز ثبت نمودند، افزایش فعالیت عضلهٔ تراپز فوقانی را تغییری جبرانی به‌دلیل وضعیت خمیده‌تر افراد درنظرگرفتند [۲۲].

نتیجه‌گیری

مرور نظام‌مند مطالعات گذشته نشان داد که خستگی عضلانی بر کمربند شانه‌ای از نظر فعالیت الکترومایوگرافی عضلانی، الگوی کینماتیکی کمربند شانه‌ای و نیز حس عمقی تأثیرگذار بوده است؛ بنابراین، فعالیت‌های تکراری و نگهداری وضعیت‌های ثابت به‌مدت طولانی که امروزه جزء ثابت و جدایی‌ناپذیر زندگی و فعالیت‌های کاری شده‌اند، افراد را مستعد آسیب‌های عضلانی اسکلتی به‌ویژه در ناحیهٔ کمربند شانه‌ای می‌کنند. بر همین اساس، درابتدا تدوین برنامه‌های درمانی به‌منظور تقویت عضلات مربوطه و به‌تأخیرانداختن روند خستگی و نیز توجه به ایجاد خستگی ـ چه در حین کار و چه در طی فعالیت‌های ورزشی ـ امری ضروری به‌نظرمی‌رسد.

6. Kibler
7. DiVeta

منابع

[1] Ludewig PM, Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2009; 39(2):90-104.

[2] Michener LA, McClure PW, Karduna AR. Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome. Clinical Biomechanics (Bristol, Avon). 2003; 18(5):369-79.

[3] de Morais Faria CD, Teixeira-Salmela LF, de Paula Goulart FR, de Souza Moraes GF. Scapular muscular activity with shoulder impingement syndrome during lowering of the arms. Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine. 2008; 18(2):130-6.

[4] Jonsson B. Measurement and evaluation of local muscular strain in the shoulder during constrained work. Journal of Human Ergology. 1982; 11(1):73-88.

[5] Bjelle A. Epidemiology of shoulder problems. Bailliere's Clinical Rheumatology. 1989; 3(3):437-51.

[6] Leclerc A, Chastang JF, Niedhammer I, Landre MF, Roquelaure Y. Incidence of shoulder pain in repetitive work. Occupational and Environmental Medicine. 2004; 61(1):39-44.

[7] Hagberg M, Wegman DH. Prevalence rates and odds ratios of shoulder-neck diseases in different occupational groups. British Journal of Industrial Medicine. 1987; 44(9):602-10.

[8] Lo YP, Hsu YC, Chan KM. Epidemiology of shoulder impingement in upper arm sports events. British Journal of Sports Medicine. 1990; 24(3):173-7.

[9] de Looze M, Bosch T, van Dieen J. Manifestations of shoulder fatigue in prolonged activities involving low-force contractions. Ergonomics. 2009; 52(4):428-37.

[10] Chen SK, Simonian PT, Wickiewicz TL, Otis JC, Warren RF. Radiographic evaluation of glenohumeral kinematics: a muscle fatigue model. Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons. 1999; 8(1):49-52.

[11] Joshi M, Thigpen CA, Bunn K, Karas SG, Padua DA. Shoulder external rotation fatigue and scapular muscle activation and kinematics in overhead athletes. Journal of Athletic Training. 2011; 46(4):349-57.

[12] Voight ML, Hardin JA, Blackburn TA, Tippett S, Canner GC. The effects of muscle fatigue on and the relationship of arm

Archive of SID
www.SID.ir

[27] Tsai NT, McClure PW, Karduna AR. Effects of muscle fatigue on 3-dimensional scapular kinematics. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2003; 84(7):1000-5.

[28] Ebaugh DD, McClure PW, Karduna AR. Effects of shoulder muscle fatigue caused by repetitive overhead activities on scapulothoracic and glenohumeral kinematics. Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology. 2006; 16(3):224-35.

[29] Ebaugh DD, McClure PW, Karduna AR. Scapulothoracic and glenohumeral kinematics following an external rotation fatigue protocol. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2006; 36(8):557-71.

[30] Tripp BL, Yochem EM, Uhl TL. Functional fatigue and upper extremity sensorimotor system acuity in baseball athletes. Journal of Athletic Training. 2007; 42(1):90-8.

[31] Herrington L, Horsley I, Whitaker L, Rolf C. Does a tackling task effect shoulder joint position sense in rugby players? Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine. 2008; 9(2):67-71.

[32] Cote MP, Gomlinski G, Tracy J, Mazzocca AD. Radiographic analysis of commonly prescribed scapular exercises. Journal of shoulder and elbow Surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons. 2009; 18(2):311-6.

[33] Szucs K, Navalgund A, Borstad JD. Scapular muscle activation and co-activation following a fatigue task. Medical & biological Engineering & Computing. 2009; 47(5):487-95.

[34] Chopp JN, O'Neill JM, Hurley K, Dickerson CR. Superior humeral head migration occurs after a protocol designed to fatigue the rotator cuff: a radiographic analysis. Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons. 2010; 19(8):1137-44.

[35] Guo L, Lin C, Yang C, Hou Y, Chen S, Wu w. Evaluation of internal rotator muscle fatigue on shoulder and scapular proprioception. Journal of Mechanics in Medicine and Biology. 2011; 11(3):663-74.

[36] Emery K, Cote JN. Repetitive arm motion-induced fatigue affects shoulder but not endpoint position sense. Experimental Brain Research. 2012; 216(4):553-64.

[37] Ettinger L, McClure P, Kincl L, Karduna A. Exposure to a workday environment results in an increase in anterior tilting of the scapula in dental hygienists with greater employment experience. Clinical Biomechanics (Bristol, Avon). 2012; 27(4):341-5.

[38] Poppen NK, Walker PS. Normal and abnormal motion of the shoulder. The Journal of Bone and Joint Surgery American volume. 1976; 58(2):195-201.

[39] Deutsch A, Altchek DW, Schwartz E, Otis JC, Warren RF. Radiologic measurement of superior displacement of the humeral head in the impingement syndrome. Journal of Shoulder and Elbow Surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons. 1996; 5(3):186-93.

dominance to shoulder proprioception. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 1996; 23(6):348-52.

[13] Lindstrom L, Kadefors R, Petersen I. An electromyographic index for localized muscle fatigue. Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology. 1977; 43(4):750-4.

[14] Merletti R, Knaflitz M, De Luca CJ. Myoelectric manifestations of fatigue in voluntary and electrically elicited contractions. Journal of Applied Physiology. 1990; 69(5):1810-20.

[15] Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. 1990; 16(Suppl 1):55-8.

[16] Karduna AR, McClure PW, Michener LA, Sennett B. Dynamic measurements of three-dimensional scapular kinematics: a validation study. Journal of Biomechanical Engineering. 2001; 123(2):184-90.

[17] Ludewig PM, Cook TM, Nawoczenski DA. Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 1996; 24(2):57-65.

[18] Teyhen DS, Miller JM, Middag TR, Kane EJ. Rotator cuff fatigue and glenohumeral kinematics in participants without shoulder dysfunction. Journal of Athletic Training. 2008; 43(4):352-8.

[19] Myers JB, Guskiewicz KM, Schneider RA, Prentice WE. Proprioception and neuromuscular control of the shoulder after muscle fatigue. Journal of Athletic Training. 1999; 34(4):362-7.

[20] Walsh LD, Allen TJ, Gandevia SC, Proske U. Effect of eccentric exercise on position sense at the human forearm in different postures. Journal of Applied Physiology. 2006; 100(4):1109-16.

[21] Sterner RL, Pincivero DM, Lephart SM. The effects of muscular fatigue on shoulder proprioception. Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine. 1998; 8(2):96-101.

[22] Kleine BU, Schumann NP, Bradl I, Grieshaber R, Scholle HC. Surface EMG of shoulder and back muscles and posture analysis in secretaries typing at visual display units. International Archives of Occupational and Environmental Health. 1999; 72(6):387-94.

[23] Pedersen J, Lonn J, Hellstrom F, Djupsjobacka M, Johansson H. Localized muscle fatigue decreases the acuity of the movement sense in the human shoulder. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1999; 31(7):1047-52.

[24] Crotty NM, Smith J. Alterations in scapular position with fatigue: a study in swimmers. Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine. 2000; 10(4):251-8.

[25] Bjorklund M, Crenshaw AG, Djupsjobacka M, Johansson H. Position sense acuity is diminished following repetitive low-intensity work to fatigue in a simulated occupational setting. European Journal of Applied Physiology. 2000; 81(5):361-7.

[26] Lee HM, Liau JJ, Cheng CK, Tan CM, Shih JT. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. Clinical Biomechanics (Bristol, Avon). 2003; 18(9):843-7.

Archive of SID
www.SID.ir