Published Online: 2019.March.23 **Research Article**
Archive of SID

Comparison of Electromyographic Activity of Selected Core Muscles While Performing Selected Core Stability Exercises Using TRX

Fahimeh Khoshmaram*[1], Heydar Sadeghi[2], Fereshteh Eftekhari[3]

1. PhD Student of Sport Biomechanics, Kharazmi University, Tehran, Iran
2. Professor, Biomechanics Faculty, Kharazmi University, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Sport Biomechanics, Department of Sport Sciences ,School of education and psychology,Shiraz University,Shiraz, Iran

Received: 2018.April.16 **Revised: 2019. February.07** **Accepted: 2019.March.05**

Abstract

Background and Aims: Nowadays, suspended exercises have been considered as an effective way to improve core stability in healthy individuals and those with musculoskeletal disorders. However, the activity of different core muscles while performing suspended exercises has not been investigated yet. Therefore, the purpose of the present study was to compare electromyographic activity of selected core muscles while performing selected core stability exercises using TRX.

Materials and Methods: A total of 15 healthy physically active female students participated in the current study. Each participant performed three repetitions of each of bridge, plank, and lunge exercises with the feet placed inside the TRX foot straps. Simultaneously, surface electromyographic data was collected on rectus abdominis, external oblique, erector spine lumbalis, and superficial lumbar multifidus. Resulting row data was amplitude normalized and the root mean square was then determined. Repeated-measure analysis of variance was used to determine any differences across the three exercises on a test group (p=0.05).

Results: Different levels of muscle activation were observed during the three different exercises. Rectus abdominis activation was the greatest during plank exercise, while superficial lumbar multifidus activity peaked during feet suspended lunge and bridging.

Conclusion: Considering the levels of activity of all investigated muscles, plank seems to have the highest and lunge the least impact on improving the stability of core region.

Keywords: Core Stability; Rehabilitation; Suspension Training; TRX; EMG

Cite this article as: Fahimeh Khoshmaram, Heydar Sadeghi, Fereshteh Eftekhari. Electromyographic Activity of Selected Core Muscles during Suspension Workouts. J Rehab Med. 2019; 8(3): 140-149

* **Corresponding Author**: Fahimeh Khoshmaram. PhD Student of Sport Biomechanics, Kharazmi University, Tehran, Iran
Email: fa.khoshmaram@gmail.com

DOI: 10.22037/jrm.2019.111184.1821

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسهٔ فعالیت الکتریکی عضلات منتخب ثبات‌دهندهٔ مرکزی بدن حین اجرای تمرینات منتخب ثبات مرکزی به روش تی‌آرایکس

فهیمه خوشمرام[1*]، حیدر صادقی[2]، فرشته افتخاری[3]

۱. دانشجوی دکتری، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲. استاد، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. استادیار بیومکانیک ورزشی، بخش تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹۷/۰۱/۲۷ بازنگری مقاله ۱۳۹۷/۱۱/۱۸ پذیرش مقاله ۱۳۹۷/۱۲/۱٤ *

چکیده

مقدمه و اهداف

امروزه انجام تمرینات معلق، به عنوان یک شیوه مؤثر در بهبود ثبات مرکزی در افراد سالم و افراد دارای ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی مطرح شده است؛ بااین‌وجود، فعالیت عضلات مختلف ناحیه مرکزی بدن در تمرینات مختلف به شیوه معلق، مورد بررسی قرار نگرفته است؛ بنابراین، هدف از انجام تحقیق حاضر، مقایسه فعالیت الکتریکی عضلات منتخب ناحیه مرکزی بدن حین اجرای تمرینات منتخب ثبات مرکزی به روش تی‌آرایکس بود.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، ۱۵ دانشجوی زن فعال سالم شرکت نمودند. هر آزمودنی، حرکت‌های پل، پلانک و لانگ را در حالت قرارگیری پا داخل طناب تی‌آرایکس و به صورت سه تکرار پنج ثانیه‌ای انجام داد و به طور هم‌زمان فعالیت عضلات راست شکمی، خارجی شکمی، راست‌کننده‌ی ستون مهره‌ها و چندسر کمری توسط دستگاه الکترومایوگرافی شانزده‌کاناله ثبت گردید. داده‌های خام به حداکثر فعالیت انقباض ارادی ایزومتریک عضلات نرمال شد و RMS محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل اطلاعات با روش آنالیز واریانس با داده‌های تکراری برای ارزیابی تفاوت بین سه حالت مورد آزمایش روی یک گروه آزمودنی ($p=۰/۰۵$) انجام شد.

یافته‌ها

یافته‌ها، سطوح مختلفی از فعالیت عضلات را در تمرینات مختلف نشان داد؛ به طوری که میزان فعالیت عضله راست شکمی در تمرین پلانک و فعالیت عضله چندسر کمری حین اجرای پل و لانگ بالاترین بود.

نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن سطح فعالیت تمام عضلات مورد مطالعه، به نظر می‌رسد تمرین پلانک بالاترین و تمرین لانگ کمترین میزان تأثیرگذاری را در بهبود ثبات ناحیه مرکزی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی

ثبات مرکزی؛ توانبخشی؛ تمرینات معلق؛ تی‌آرایکس؛ الکترومیوگرافی

نویسنده مسئول: فهیمه خوشمرام، دانشجوی دکتری، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

آدرس الکترونیکی: fa.khoshmaram@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه و اهداف

از دیرباز همواره بخشی از توجه پژوهشگران و درمانگران معطوف شناسایی عوامل اصلی تأثیرگذار در پتانسیل بروز آسیب‌ها، ارزیابی‌های کلینیکی و در نهایت روش‌های درمانی و توانبخشی بوده است، اما فلسفه‌ها، نظریه‌ها و شیوه‌های توان‌بخشی در دهه‌های گذشته به طور چشمگیری تغییر کرده است؛ به طوری که پیش‌تر صرفاً اندام آسیب‌دیدهٔ بیمار مورد ارزیابی و درمان قرار می‌گرفت، اما امروزه با افزایش دانش بشری و شناخت وسیع‌تر نسبت به تأثیرگذاری و تأثیرپذیری اندام‌های مختلف بدن نسبت به یکدیگر، جسم بیمار به عنوان یک سیستم یکپارچه تلقی می‌گردد که عدم تعادل مکانیکی و عضلانی در سایر بخش‌های اندام یا تنه، ممکن است روی عملکرد اندام آسیب‌دیده تأثیرگذار باشد[۱]؛ ازاین‌رو، مفهومی به نام ثبات مرکزی مطرح شده است.

مستند است که ثبات مرکزی، به بهره‌گیری درست از عضلات مرکزی تنه (عضلات شکمی، کمری، لگنی و رانی) گفته می‌شود که منجر به تولید بهینهٔ نیرو، کنترل دقیق ریتم حرکات شکمی–لگنی–رانی و انتقال صحیح نیرو از ستون مهره‌ها به لگن و بخش‌های دیستال بدن می‌شود.[۲] نشان داده شده است که تمرینات ثبات مرکزی منجر به کاهش آسیب شده[۳] و عملکرد ورزشی را بهبود می‌بخشد.[۴] ضمن اینکه از ثبات مرکزی به عنوان یک مؤلفهٔ کلیدی تأثیرگذار در عملکرد ورزشی نام برده می‌شود[۵] که منجر به حصول نتایج بهتر در دورهٔ توان‌بخشی می‌گردد[۶]؛ ازاین‌رو از منظر عملکردی و بهبود سلامت، انجام مطالعات در زمینهٔ تمرینات طراحی‌شده برای تقویت ناحیهٔ مرکزی بدن، ضروری به نظر می‌رسد.

از طرفی دیگر، در مطالعات اخیر نشان داده شده است که برای بهبود ثبات مرکزی، انجام تمرینات زنجیره حرکتی بسته، چندمفصله و فول‌بادی (Full Body) نسبت به تمریناتی که صرفاً روی عضلات مرکزی تمرکز دارند، مناسب‌تر هستند.[۷] برای مثال، نشان داده شده است که تمریناتی مانند پلانک شکمی، توانایی بدن برای انتقال نیرو از طریق ناحیهٔ ثبات‌دهندهٔ مرکزی را افزایش می‌دهد.[۸] همچنین، نشان داده شده است که تمرین به شیوهٔ معلق، شرایط منحصربه‌فردی برای اجرای تمرینات فول‌بادی و به چالش کشاندن ناحیه ثبات‌دهندهٔ مرکزی فراهم می‌کند.[۹]

تمرین معلق عبارت است از اجرای تمرین روی یک سطح ناپایدار، به طوری که نیروی مقاوم، همان وزن خود شخص است.[۱۰] تمرین تی‌آرایکس (Total Body Resistance Exercise) نیز نوعی از تمرینات معلق است که به فرد این امکان را می‌دهد که در برابر وزن خود به عنوان یک مقاومت خارجی فعالیت کند. در حال حاضر، سیستم تمرینی معلق و به ویژه شیوهٔ تمرینی تی‌آرایکس به دلیل اشغال فضای کم، سهولت حمل و قابلیت اجرای انواع مختلفی از تمرینات در هر زمان و هر مکان، به سیستم‌های تمرینی محبوبی تبدیل شده است که استفاده از آن‌ها در دوره‌های تمرینی ورزش‌های مختلف و دوره‌های توان‌بخشی به‌ویژه در جهت بهبود ثبات مرکزی، در حال افزایش است.[۱۱] از آنجایی که اصل تمرین معلق، استفاده از نیروی مقاومتی وزن بدن خود فرد است، در این نوع تمرینات، علاوه بر گروه‌های عضلانی اصلی، عضلات ثابت‌کننده نیز به طور بیشینه‌ای فعالیت می‌کنند. در طول این تمرینات عضلات انسان تحت کشش ایستا و کار عضلانی عمیق قرار می‌گیرد و قدرت، استقامت و هماهنگی افزایش می‌یابد[۱۲]؛ ازاین‌رو، بررسی انقباض عضلات مختلف حین انجام تمرینات فول‌بادی به روش معلق به عنوان یک عامل کلیدی در تعیین میزان تأثیرگذاری این نوع از تمرینات ضروری به نظر می‌رسد. متداول‌ترین روش مطالعهٔ عملکرد عضله، الکترومایوگرافی (EMG) می‌باشد که از طریق تحلیل سیگنال‌های الکتریکی تولیدشده حین انقباضات عضلانی عمل می‌کند. سیگنال EMG یک موج پیچیده است که به خصوصیات فیزیولوژیکی و آناتومیکی عضله بستگی دارد و توسط سیستم عصبی کنترل می‌شود که می‌تواند در مطالعات هماهنگی و کنترل حرکت مورداستفاده قرار گیرد. علاوه بر این، ارتباط مشخصی بین مقدار موج EMG و نیروی تولیدی توسط عضله وجود دارد. به همین دلیل، از این تکنیک برای مطالعهٔ فعالیت عصبی–عضلانی در تکالیف پاسچرال، حرکات عملکردی و برنامه‌های آموزشی و درمانی استفاده‌شده است.[۱۳]

در سال‌های اخیر، مطالعات اندکی فعالیت عضلات مختلف بدن حین اجرای تمرینات معلق را بررسی کرده است، اما در بیشتر مطالعات، فعالیت عضلات مرکزی حین اجرای یک تمرین با تجهیزات مختلف مورد مقایسه قرار گرفته است[۱۴-۱۷] و مطالعهٔ کاملی در مقایسهٔ فعالیت عضلات ثبات‌دهندهٔ مرکزی حین اجرای انواع تمرینات فول‌بادی با وسیلهٔ تمرینی TRX وجود ندارد؛ بنابراین، با توجه به اینکه تعداد مطالعات با کیفیت بالا و به صورت کارآزمایی بالینی که تغییرات در شدت فعالیت عضلات حین انجام تمرینات معلق را بررسی می‌کنند، محدود می‌باشد، شواهد استفاده از تمرینات معلق در بهبود ثبات مرکزی، مورد منازعه است و علی‌رغم تبلیغات فراوان پیرامون تجهیزات تمرینی معلق و گرایش روزافزون افراد به استفاده از آن‌ها، مربیان و فیزیوتراپ‌ها در استفاده از شیوهٔ تمرینی معلق در برنامه‌های تمرینی و توانبخشی خود محتاط

www.SID.ir

Archive of SID

هستند، زیرا هنوز توافق کلی در برتری آن‌ها نسبت به دیگر روش‌ها وجود ندارد[۱۱] و نتایج قطعی و محکم در این زمینه نیازمند بررسی‌های بیشتر و دقیق‌تر در مطالعات آینده دارد. به همین دلیل، انجام مطالعه‌ای در این زمینه می‌تواند به مربیان و متخصصان توان‌بخشی در انتخاب تمرین درست با توجه به نیاز ورزشکاران و با توجه به فشار تمرینی مورد نیاز برای افراد نیازمند توان‌بخشی (با توجه به عضلهٔ هدف) کمک کند و درک صحیحی از مزایا و معایب این روش تمرینی ارائه دهد؛ بنابراین، هدف مطالعهٔ حاضر مقایسهٔ سطح فعالیت عضلات منتخب مرکزی بدن (راست شکمی، خارجی شکمی، راست‌کننده ستون مهره‌ها و چندسر کمری) حین اجرای تمرینات منتخب ثبات‌دهندهٔ مرکزی (پلانک، پل و لانگ) به روش تی‌آرایکس بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر برای مقایسهٔ اثر نوع تمرین (پلانک، پل و لانگ) در حالت قرار دادن پا داخل طناب تی‌آرایکس روی میزان فعالیت عضلات مرکزی، طرح گردید. در این پژوهش نیمه‌آزمایشگاهی، معیارهای ورود به تحقیق، داشتن سن ۲۵-۱۸ سال، و داشتن حداقل دو جلسه تمرین ورزشی سبک در هفته در طول سه ماههٔ پیش از آزمون‌گیری و معیار خروج از تحقیق داشتن هرگونه سابقهٔ تمرینات بدن‌سازی و آسیب‌دیدگی قبلی در نواحی شکم، کمر و اندام تحتانی (که امکان داشت فعالیت عضلات ناحیهٔ ثبات‌دهندهٔ مرکزی را تحت تأثیر قرار دهد) بود. در همین راستا، جهت حصول اطمینان از سلامتی کامل آزمودنی‌ها از نظر اختلالات قلبی-عروقی، عضلانی-اسکلتی، متابولیکی و عصبی، قبل از انجام پژوهش، پرسش‌نامه‌های اطلاعات سلامت و تاریخچهٔ پزشکی[۱۸] توسط آزمودنی‌ها تکمیل شد. پیش از روز آزمون، یک جلسه آموزشی زیر نظر مربی تی‌آرایکس جهت آموزش شیوهٔ اجرای صحیح حرکات به آزمودنی‌ها برگزار شد و افرادی که قادر به اجرای صحیح حرکات نبودند، از پژوهش کنار گذاشته شده و در نهایت ۱۵ نفر برای شرکت در پژوهش انتخاب شدند. از شرکت‌کنندگان خواسته شد که به مدت ۲۴ ساعت قبل از روز آزمون، از تمرین با شدت بالا (تمریناتی که منجر به خستگی عضلانی شود مانند تمرینات مقاومتی یا هوازی) خودداری کنند. در روز آزمون، آزمودنی‌ها هر کدام از تمرینات پل، پلانک و لانگ را با استفاده از طناب تی‌آرایکس، به صورت سه انقباض ایزومتریک پنج‌ثانیه‌ای و با ترتیب تصادفی (برای جلوگیری از خطای ناشی از خستگی) اجرا کردند. همچنین برای جلوگیری از خستگی عضلات تنه در طول جمع‌آوری داده‌ها، یک استراحت سه‌دقیقه‌ای بین اجراهای مختلف در نظر گرفته شد.

قبل از اجرای تمرینات، طناب تی‌آرایکس از یک نقطهٔ ثابت بالای سر آزمودنی آویزان شد، ارتفاع تی‌آرایکس متناسب با قد آزمودنی‌ها تنظیم گردید؛ به طوری که در حالت ایستاده، انتهای طناب تی‌آرایکس تا میانهٔ ساق آزمودنی می‌رسید.[۱۶] روش صحیح اجرای حرکات به شرح زیر بود:

پل با تی‌آرایکس: آزمودنی به پشت دراز کشید و پاهایش را داخل تسمه‌های تی‌آرایکس قرار داد. دستان خود را در اطراف لگن روی زمین گذاشت، به طوری که انگشتان دست فرد در جهت پنجه‌های پایش بود. سپس با فشار آوردن روی دست‌هایش، لگن را از زمین جدا کرد؛ به طوری که کل بدن در امتداد هم و موازی سطح زمین قرار گرفت.[۱۹]

پلانک با تی‌آرایکس: فرد رو به زمین دراز کشید، پاها را داخل تسمه قرار داد و با گذاشتن آرنج روی زمین، بدن را از زمین جدا کرد تا بدن وضعیت موازی با زمین به خود بگیرد.[۱۹]

لانگ با تی‌آرایکس: آزمودنی پشت به تسمه‌ها ایستاد، پای غیرمسلط را داخل دستهٔ تسمه‌ها و پای مسلط را جلوتر از بدن قرار داد. سپس پای مسلط را خم کرد، پایین رفت تا جایی که پای مسلطش موازی با زمین قرار گرفت.[۱۹]

تصویر ۱: اجرای سه تمرین پلانک، پل و لانگ به شیوهٔ تی‌آرایکس

www.SID.ir

Archive of SID

در روز آزمون، از یک مربی تی‌آرایکس برای ارائهٔ بازخورد به آزمودنی‌ها به منظور دستیابی به موقعیت صحیح ستون فقرات و اندام تحتانی در حین اجرای حرکات تمرینی، استفاده شد. بر اساس مطالعات قبلی، مستند است که موقعیت قرارگیری بدن نسبت به زمین در میزان تأثیر نیروی جاذبه روی فعالیت عضلات مؤثر است؛ بنابراین از آزمودنی‌ها خواسته شد که ستون فقرات خود را به حالت ثابت نگه دارند و (در تمرینات پل و پلانک) پاهایشان در امتداد تنه قرار بگیرد. اگر شیوهٔ قرارگیری ستون فقرات آزمودنی‌ها نسبت به زمین کنترل نمی‌شد، می‌توانست در نتایج آزمون تأثیرگذار باشد.[۱۷] همچنین، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا به طور طبیعی تنفس کنند و از صحبت کردن و تکان دادن سر هنگام اجرای حرکات اجتناب کنند. هم‌زمان با اجرای حرکات تمرینی، داده‌های الکترومیوگرافی سطحی (EMG) از عضلات راست شکمی، خارجی شکمی، راست‌کننده‌های ستون مهره‌ها و چندسر کمری همراه با داده‌های MVC (Maximum Voluntary Contraction) در طی یک جلسه آزمون برای هر آزمودنی جمع‌آوری گردید. دستگاه الکترومایوگرافی سطحی نوراکسون با سرعت نمونه‌برداری ۱٫۵۰۰ هرتز برای جمع‌آوری داده‌ها مورداستفاده قرار گرفت.

تصویر ۲: دستگاه الکترومایوگرافی سطحی Noraxon Wireless DTS ساخت کشور آمریکا) جهت اندازه‌گیری فعالیت الکتریکی عضلات

قبل از نصب الکترودها موارد لازم جهت آماده‌سازی سطح بین پوست و الکترود رعایت گردید، موهای زائد قسمتی که قرار بود الکترودها نصب گردد، کاملاً تراشیده شد. سپس، جایگاه‌های قرارگیری الکترودها سنباده خورده و با الکل و پنبه تمیز شد. این امر باعث می‌شود مقاومت سطحی پوست کاهش یابد و لیدها راحت‌تر و بهتر با سطح پوست در تماس باشند و سپس الکترودها که روی هر چهار عضله، سه الکترود (دو الکترود ثبات و یک الکترود رفرنس) قرار داده شد. الکترودهای ثبات به طور موازی با فیبرهای عضلانی با توجه به دستورالعمل‌های زیر در محل مناسب (تصویر ۳) قرار گرفتند[۲۰]:

راست شکمی: دو سانتی‌متر به سمت راست ناف و سه سانتی‌متر به بالا

خارجی شکم: ۱۵ سانتی‌متر به سمت جانبی ناف و نصف فاصلهٔ بین تاج خاصره تا دنده‌ها در یک زاویهٔ مایل تقریباً ۲۵ درجه

راست‌کننده ستون مهره‌ها: به فاصله دو سانتی‌متر از مهره‌ها، موازی مهرهٔ سوم کمری

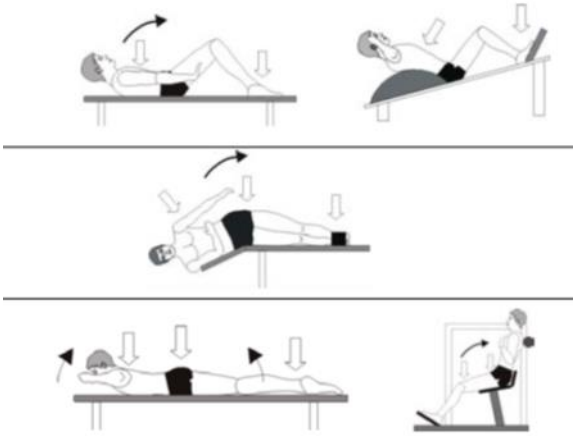
چندسر کمری: دو الی سه سانتی‌متر از (خط وسط) روی خط واصل بین پایین‌ترین قسمت خار خاصرهٔ خلفی فوقانی و فضای بین مهره‌ای مهره‌های اول و دوم در سطح مهرهٔ پنجم کمری[۲۱]

تصویر ۳: محل نصب الکترودها

www.SID.ir

Archive of SID

به منظور کاهش نویز، اتصالات دقیق الکترودهای سطحی به پوست افراد به وسیلهٔ چسب‌های الکترود و چسب‌های ضد حساسیت صورت گرفت. هر گونه وسایل رادیویی و الکترونیکی موجود در محیط آزمایشگاه خاموش بود. پس از اتصال الکترودهای ثبات و رفرنس و پس از گرم کردن اولیه، بیشترین انقباض ایزومتریک عضلات مورد نظر، با هدف نرمال‌سازی امواج الکترومیوگرافی ثبت شد. بدین منظور از هر آزمودنی خواسته شد سه بار با بیشترین تلاش خود، انقباض ایزومتریک هر عضله را به مدت شش ثانیه انجام دهد.[۱۷] سپس RMS (Root Mean Square) سه ثانیهٔ وسط از بیشترین مقدار انقباض ثبت‌شده، برای نرمالایز کردن امواج الکترومیوگرافی محاسبه شد. ثبت بیشترین انقباض ایزومتریک ارادی برای هر عضله، بر اساس روش کنارد در ارزیابی نیروی عضلانی[۱۳] انجام شد. در این خصوص، برای ثبت بیشترین انقباض ایزومتریک عضلهٔ چندسر کمری و راست‌کنندهٔ ستون مهره‌ها، فرد در حالت خوابیده به شکم با پاهای ثابت‌شده قرار گرفت، سپس سعی نمود در برابر مقاومت خارجی عمل اکستنشن تنه را انجام دهد. برای ثبت حداکثر انقباض ایزومتریک عضلهٔ خارجی شکمی، فرد در حالت خوابیده به پهلو قرار گرفت، در حالی که پاها و لگنش ثابت شده بود. سپس تلاش نمود که در برابر مقاومت بیرونی عمل فلکشن جانبی ستون فقرات را انجام دهد. برای عضلهٔ راست شکمی، فرد در حالت خوابیده به پشت با پاهای ۹۰ درجه خم‌شده قرار گرفت (حالت درازنشست) در حالی که پاهایش ثابت شده بود، سعی می‌کرد در برابر یک مقاومت بیرونی بالا بیاید. در تمام موارد بالا، مقاومت بیرونی با استفاده از یک تسمه که در خلاف جهت اجرای حرکت بسته شده بود و مانع از بالا آمدن فرد می‌شد، اعمال گردید. پس از پایان آزمون، دستگاه الکترومیوگرافی خاموش و سیگنال‌های ثبت‌شده به صورت فایل اکسل ذخیره شد.



تصویر ٤: حداکثر انقباضات ایزومتریک برای عضلات مورد مطالعه (اقتباس از: Konrad 2005)

برای آنالیز داده‌ها، از نرم‌افزار متلب ۲۰۱۶ استفاده شد. پس از اطمینان حاصل کردن از صحت اطلاعات خام ثبت‌شده، از یک فیلتر میان‌گذر (۵۰۰-۱۰) هرتز برای تعدیل نویزهای ثبت‌شده و فیلتر بالاگذر ۳۰ هرتز[۲۲] برای حذف نویز قلبی استفاده شد. سپس داده‌های حاصل به بیشینه انقباض ارادی نرمال شد. سه ثانیهٔ میانی اجرای حرکت برای هر آزمودنی، از داده‌ها جدا شده و RMS محاسبه شد. برای تحلیل آماری اطلاعات، نرم‌افزار SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) مورد استفاده قرار گرفت. برای هر عضله، میانگین و انحراف استاندارد RMS محاسبه شد. از روش آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای ارزیابی تفاوت بین سه حالت مورد آزمایش روی یک گروه آزمودنی در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. در صورت مشاهده معنادار بودن تفاوت‌ها، از پس‌آزمون بن‌فرونی برای مقایسه دوبه‌دوی شاخص‌ها استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج آزمون شپیروویلک نشان داد که داده‌های مربوط به اطلاعات دموگرافیکی آزمودنی‌ها، سن (۲/۹۴±۲۳/۳۳ سال)، قد (۴/۷۶±۱۶۳/۸۷ سانتی‌متر)، وزن (۶/۲۲±۵۴/۸۷ کیلوگرم) و شاخص توده بدنی (۲/۳۲±۲۰/۴۸) از توزیع نرمال برخوردار است. همچنین نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که در میانگین این متغیرها بین افراد اختلاف معنادار وجود نداشت و تمام آزمودنی‌ها از نظر شاخص تودهٔ بدنی در محدودهٔ نرمال قرار داشتند.

پس از اطمینان از توزیع نرمال اطلاعات دموگرافیکی، نرمال بودن توزیع داده‌ها برای عضلات منتخب با استفاده از آزمون شپیروویلک مورد آزمون قرار گرفت و نتایج نشان داد که داده‌ها برای هر چهار عضله از توزیع نرمال برخوردار هستند. در نتیجه، فرض همگنی واریانس‌ها برای

www.SID.ir

Archive of SID

سه عضلهٔ فوق با استفاده از آزمون لون مورد ارزیابی قرار گرفت. نتیجه آزمون لون نشان داد که واریانس‌ها همگن می‌باشند. سپس، فرض کرویت در آزمون موخلی مورد آزمون قرار گرفت و نتیجه نشان داد که فرض کرویت برقرار نمی‌باشد؛ بنابراین از آزمون پارامتریک آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری یک‌طرفه با تصحیح‌گر درجهٔ آزادی گرین‌هاوس گیسر برای مقایسهٔ تفاوت بین شرایط آزمون در هر چهار عضله (توان آزمون: ۰/۸۷) استفاده شد. با توجه به تفاوت معنادار در سیر تغییرات فعالیت عضلات راست شکمی، خارجی شکمی، راست‌کنندهٔ ستون مهره‌ها و چندسر کمری در اجرای حرکات مختلف، از پس‌آزمون بن‌فرونی برای مقایسهٔ دوبه‌دوی حالت‌ها استفاده شد که نتایج آن در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱: مقایسهٔ میانگین فعالیت (RMS) عضلات موردمطالعه در اجرای تمرینات مختلف به شیوهٔ تی‌آرایکس (%MVC)

	پل	پلانک	لانگ
چندسر کمری	۶۰/۲۱(۱۳/۲۳) † *	۱۶/۵۱(۷/۸) ‡*	۳۵/۱۲ (۱۰/۳۰) ‡†
راست‌کننده ستون مهره‌ها	۴۷/۴۶(۱۲/۰۲) † *	۱۱/۱۳(۳/۶۵) ‡*	۲۹/۱۰(۹/۸۵) ‡†
راست شکمی	۲۱/۳۲(۱۰/۰۷) † *	۶۱/۵۰(۱۷/۴۴) ‡*	۱۰/۶۱(۴/۷۷) ‡†
خارجی شکمی	۱۵/۷۸(۵/۹۴) † *	۵۱/۴۹(۲۲/۵۸) ‡*	۱۵/۱۳(۴/۸۸) ‡†
راست شکمی/خارجی شکمی	۰/۹۴(۰/۳۵)	۰/۹۸(۰/۱۸) ‡	۱/۳(۰/۴) ‡

* اختلاف معنادار در سطح معناداری ۰/۰۵≥α در اجرای پل و پلانک

† پل و لانگ

‡ پلانک و لانگ

نتایج نشان می‌دهد که در اجرای حرکت پل، عضله چندسر کمری بیشترین فعالیت (۶۰/۲۱) را داشته است و میانگین فعالیت عضله راست شکمی در اجرای تمرین لانگ (۱۰/۶۱) از همه کمتر است. همچنین، نسبت فعالیت عضلهٔ خارجی شکمی به عضلهٔ راست شکمی در اجرای تمرین لانگ بیشترین است که با تمرین پلانک تفاوت معناداری دارد.

بحث

هدف از انجام پژوهش حاضر، مقایسهٔ فعالیت الکتریکی عضلات منتخب ثبات‌دهندهٔ مرکزی (راست شکمی، خارجی شکمی، چندسر کمری، راست‌کننده ستون مهره‌ها) حین اجرای تمرینات پل، پلانک و لانگ (که همواره در برنامه‌های تمرینی ثبات مرکزی و پروتکل‌های توان‌بخشی به کار برده می‌شوند) به روش تی‌آرایکس بود.

بر اساس بزرگی سیگنال EMG، می‌توان در مورد تمریناتی که ممکن است برای افزایش قدرت یا بهبود استقامت و ثبات مفید باشند، اظهار نظر کرد. معمولاً، زمانی که سیگنال EMG، یکسو و مسطح شده باشد، دامنه آن با میزان نیروی تولیدشده توسط عضله، رابطهٔ مستقیم دارد.[۲۳] محققان هر دو رابطهٔ خطی و غیرخطی بین دامنه سیگنال EMG و افزایش تولید نیرو را در طول انقباضات ایزومتریک گزارش کرده‌اند.[۲۴]

Marras و Davis[۲۵] یک رابطهٔ خطی قوی بین بزرگی سیگنال EMG و میزان نیروی تولیدی عضلات راست‌کننده ستون مهره‌ها، راست شکمی و عضلات داخلی و خارجی شکم حین فلکشن و اکستنشن ایزومتریک گزارش کرده‌اند؛ بنابراین بزرگی سیگنال EMG می‌تواند به عنوان راهنما در مورد دشواری تمرینات در طراحی برنامه‌های تمرینی و توان‌بخشی به کار گرفته شود. در مقالات قبلی نشان داده شده است که هر حرکت تمرینی که باعث افزایش فعالیت عضله ۴۵ تا ۵۰ درصد حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک شود، می‌تواند در افراد مبتدی، به قوی‌تر شدن عضله منجر شود[۲۶]؛ بنابراین، تمریناتی که منجر به تولید دامنهٔ سیگنال بیش از ۴۵ درصد MVC در عضلات می‌شود، می‌تواند محرک مناسبی برای حصول قدرت در برخی افراد باشد. با توجه به نتایج این پژوهش، اجرای تمرین پل روی عضلات چندسر کمری و راست‌کننده ستون مهره‌ها و اجرای تمرین پلانک روی عضلات راست شکمی و خارجی شکمی، می‌توانند اثر تقویتی داشته باشند. با این حال، به دلیل بالا

www.SID.ir

Archive of SID

بودن انحراف استاندارد دامنه سیگنال EMG، افراد بسته به سطح قدرت اولیه‌شان، ممکن است کمتر یا بیشتر از دیگران، از تمرینات بهره‌مند شوند. همچنین، افرادی که از نظر قدرت جسمانی شرایط بهتری را دارند، به سطوح بالاتری از محرک‌ها برای به دست آوردن پاسخ تقویتی نیازمند هستند.

از سویی دیگر، تمریناتی که منجر به تولید دامنهٔ سیگنال EMG کمتر از ۴۵ درصد MVC شده است، می‌تواند برای افرادی که دنبال آموزش‌های حرکتی یا بهره‌های استقامتی هستند، مفید باشد. بهبود استقامت عضله می‌تواند در اثر ایجاد انقباضات سریع و مکرر حتی در حد تقریباً ۳۰ درصد حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک (MVC) در یک دورهٔ زمانی اندکی طولانی، رخ دهد[۲۶]؛ بنابراین بر اساس نتایج تحقیق، اجرای تمرین لانگ در یک دورهٔ زمانی مشخص، می‌تواند منجر به افزایش استقامت در عضلات چندسر کمری و راست‌کننده ستون مهره‌ها گردد.

از طرفی دیگر، این دیدگاه وجود دارد که هر حرکت تمرینی که در آن سطح فعالیت عضلهٔ راست شکمی نسبت به سایر عضلات شکمی کمترین باشد، به عنوان یک تمرین ثبات‌دهندهٔ مرکزی بهینه طبقه‌بندی می‌شود.[۲۷] دیدگاه فوق را می‌توان با نظریهٔ بیان‌شده توسط ادگرتون و همکاران[۲۸] توجیه کرد که ادعا کرده‌اند زمانی که یک عضله یا گروهی از عضلات ضعیف‌تر عمل کنند، ممکن است تغییراتی در الگوی حرکتی ایجاد شود که منجر به فعال شدن سینرژی‌های عضلانی برای ایجاد نیروهای لازم در جهت انجام بهتر تکالیف عملکردی گردد. با توجه به اینکه در مطالعهٔ حاضر، نسبت سطح فعالیت عضلهٔ خارجی شکمی به سطح فعالیت عضلهٔ راست شکمی در تمرین لانگ به طور معناداری بیشتر از تمرین پلانک است، تمرین لانگ با تی‌آرایکس می‌تواند یک تمرین بهینه تلقی شود.

در یک پژوهش قبلی، Arokoski و همکاران[۲۹]، فعالیت عضلات افراد حین اجرای حرکات پل معمول و پل یک‌طرفه را بررسی کرده و تفاوت چشمگیری در فعالیت عضلات مردان و زنان گزارش کرده‌اند؛ به طوری که سیگنال‌های EMG برای عضلات چندسر کمری و لانگیسموس (از گروه عضلات راست‌کننده ستون مهره‌ها) در زنان به مراتب بیشتر از مردان بوده است. از آنجایی که پژوهش حاضر فقط روی زنان صورت گرفته است، نتایج آن نیز فقط قابل تعمیم به جمعیت زنان می‌باشد و تمریناتی که در مورد زنان باعث افزایش قدرت عضلانی می‌شود، ممکن است در مورد مردان منجر به افزایش استقامت عضلانی شود.

اغلب اوقات، درک اهمیت بالینی تمریناتی که میزان بسیار کم سیگنال EMG را تولید می‌کنند، دشوار است، زیرا انحراف استاندارد می‌تواند تقریباً به اندازه میانگین سیگنال EMG باشد. تمریناتی که سطوح بسیار پایین سیگنال عضلانی را تولید می‌کند، همان‌طور که در نتایج این مطالعه نیز مشاهده می‌شود، ممکن است در برنامه‌های توان‌بخشی مفید باشد.

مطالعات قبلی، به وضوح اهمیت استقامت کافی و قدرت گروه‌های عضلانی مورد مطالعه در تحقیق حاضر را برای پیشگیری از آسیب و بهبود عملکرد ورزشی نشان داده‌اند[۳۲-۲۹]؛ بنابراین، افرادی که دارای عضلات شکمی و پشتی ضعیف هستند، می‌توانند به طور کنترل‌شده‌ای از تمرینات پلانک، پل و لانگ به روش تی‌آرایکس بهره ببرند. تمرینات مورد مطالعه در پژوهش حاضر، منجر به هم‌انقباضی مناسبی در عضلات شده است و می‌تواند برای افزایش استقامت و ثبات در ناحیه مرکزی تنه مفید باشد، اما به دلیل افزایش فعالیت عضلات کمری به ویژه عضلهٔ راست‌کننده ستون مهره‌ها در اجرای تمرینات به شیوهٔ معلق، افراد دارای کمردرد مزمن یا دارای سابقه آسیب در ناحیهٔ کمری باید در استفاده از تجهیزات تمرینی معلق محتاط‌تر باشند. همچنین با توجه به حساسیت موضوع تجویز تمرین برای دوره‌های توان‌بخشی علاوه بر شدت فعالیت عضلات، سایر جوانب و تأثیرات تمرین نیز باید در نظر گرفته شود. مثلاً در مطالعه‌ای یاراحمدی و همکاران[۳۳] تأثیر تمرینات معلق بر حس عمقی و کنترل حرکتی کمری–لگنی مردان مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی را مورد بررسی قرار داده و انجام هشت هفته تمرین معلق را در بهبود حس عمقی افراد دارای کمردرد مؤثر دانسته‌اند.

به طور کلی می‌توان گفت که اجرای تمرین پل بدون استفاده از بار خارجی به روش تی‌آرایکس می‌تواند روی عضلات چندسر کمری و راست‌کننده ستون مهره‌ها منجر به افزایش قدرت عضلانی شود و در مورد عضلات راست شکمی و خارجی شکمی در برنامه‌های توان‌بخشی کاربرد داشته باشد. از طرف دیگر، انجام تمرین پلانک بدون استفاده از بار خارجی و به روش تی‌آرایکس، می‌تواند در افزایش قدرت عضلات راست شکمی و خارجی شکمی مفید باشد و برای عضلات چندسر کمری و راست‌کننده ستون مهره‌ها در برنامه‌های توان‌بخشی زمانی که فعالیت کم عضله مد نظر است، کاربرد داشته باشد. اجرای تمرین لانگ بدون استفاده از بار خارجی به روش تی‌آرایکس به صورت مکرر، می‌تواند منجر به افزایش استقامت در عضلات چندسر کمری و راست‌کننده ستون مهره‌ها گردد و در مورد عضلات راست شکمی و خارجی شکمی در برنامه‌های توان‌بخشی زمانی که نیاز به فشار تمرینی پایین است، به کار برده شود.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، با در نظر گرفتن سطح فعالیت تمام عضلات مورد مطالعه در سه حالت مورد بررسی، تمرین پلانک بالاترین و تمرین لانگ کمترین میزان تأثیرگذاری را در فعالیت عضلات ناحیهٔ ثبات‌دهنده مرکزی داشتند. در نتیجه، زمانی که نیاز به فشار تمرین بیشتری باشد، تمرینات پل و پلانک به روش تی‌آرایکس و زمانی که فشار تمرینی کمتری مورد نیاز باشد، تمرین لانگ به روش تی‌آرایکس توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامهٔ (کارشناسی ارشد تربیت بدنی–بیومکانیک ورزشی) خانم فهیمه خوشمرام به راهنمایی آقای دکتر حیدر صادقی و مشاورهٔ خانم دکتر فرشته افتخاری می‌باشد. محققان این مقاله از تمامی دانشجویانی که در این پژوهش شرکت کردند و همچنین تمامی کسانی که به نحوی در اجرای این پژوهش یاری نمودند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایند.

منابع

1. King MA. Core stability: creating a foundation for functional rehabilitation. Athletic Therapy Today 2000; 5(2):6-13.
2. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. Sports medicine 2006;36(3):189-98.
3. Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons 2005;13(5):316-25.
4. DiStefano LJ, DiStefano MJ, Frank BS, Clark MA, Padua DA. Comparison of integrated and isolated training on performance measures and neuromuscular control. The Journal of Strength & Conditioning Research 2013;27(4):1083-90.
5. Kibler WB. Biomechanical analysis of the shoulder during tennis activities. Clinics in Sports Medicine 1995;14(1):79-85.
6. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 2009;17(7):705-29.
7. Martuscello JM, Nuzzo JL, Ashley CD, Campbell BI, Orriola JJ, Mayer JM. Systematic review of core muscle activity during physical fitness exercises. The Journal of Strength & Conditioning Research 2013;27(6):1684-98.
8. Schoenfeld BJ, Contreras B, Tiryaki-Sonmez G, Willardson JM, Fontana F. An electromyographic comparison of a modified version of the plank with a long lever and posterior tilt versus the traditional plank exercise. Sports Biomechanics 2014;13(3):296-306.
9. McGill S, Andersen J, Cannon J. Muscle activity and spine load during anterior chain whole body linkage exercises: the body saw, hanging leg raise and walkout from a push-up. Journal of Sports Sciences 2015;33(4):419-26.
10. Behm D, Colado JC. The effectiveness of resistance training using unstable surfaces and devices for rehabilitation. International Journal of Sports Physical Therapy 2012;7(2):226-41.
11. Snarr RL, Hallmark AV, Nickerson BS, Esco MR. Electromyographical comparison of pike variations performed with and without instability devices. The Journal of Strength & Conditioning Research 2016;30(12):3436-42.
12. Chung S, Lee J, Yoon J. Effects of stabilization exercise using a ball on mutifidus cross-sectional area in patients with chronic low back pain. Journal of Sports Science & Medicine 2013;12(3):533-41.
13. Konrad P. The abc of emg. A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography. 2005;1:30-5.
14. Beach TA, Howarth SJ, Callaghan JP. Muscular contribution to low-back loading and stiffness during standard and suspended push-ups. Human Movement Science 2008;27(3):457-72.
15. Snarr RL, Esco MR. Comparison of electromyographic activity when performing an inverted row with and without a suspension device. Journal of Exercise Physiology 2013;26(4.2):51-8.
16. Snarr RL, Esco MR. Electromyographic comparison of traditional and suspension push-ups. Journal of human kinetics 2013;39(1):75-83.
17. Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a swissball. Chiropractic & osteopathy 2005;13(1):14-22.

www.SID.ir

Archive of SID

18. Miller WM, Wagganer JD, Barnes JT, Sofo SS, Godard MP. Assessment of electromyographic activity during a TRX and traditional split-squat. Medicine & Science in Sports & Exercise 2016;48(5S):733.
19. Dawes J. Complete Guide to TRX Suspension Training: Human Kinetics; 2017.
20. Cram JR. Introduction to surface electromyography: Aspen Publishers; 1998.
21. Assis R, Souza R, Araujo R. Study on placing electromyography electrodes on lumbar multifidus muscles. Brazilian Journal of Morphological Sciences 2011;28(1):46-51.
22. Montes AM, Gouveia S, Crasto C, de Melo CA, Carvalho P, Santos R, Vilas-Boas JP. Abdominal muscle activity during breathing in different postural sets in healthy subjects. Journal of Bodywork and Movement Therapies 2017;21(2):354-61.
23. De Luca CJ. The use of electromyography in biomechanics. Journal of Applied Biomechanics 1997; 13:135-63.
24. Basmajian JV, DeLuca CJ. Muscles Alive: Their Functions Revealed by Electromyography. Baltimore, MD: Williams & Wilkins; 1985.
25. Marras WS, Davis KG. A non-MVC EMG normalization technique for the trunk musculature: Part 1. Method development. Journal of Electromyography and Kinesiology 2001;11(1):1-9.
26. Hislop HJ, Montgomery J. Muscle Testing: Techniques of Manual Examination. Philadelphia, PA: W.B. Saunders Co; 2002.
27. Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a Swiss ball. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2005;86(2):242-9.
28. Edgerton VR, Wolf SL, Levendowski DJ, Roy RR. Theoretical basis for patterning EMG amplitudes to assess muscle dysfunction. Medicine and Science in Sports and Exercise 1996;28(6):744-51.
29. Arokoski JP, Valta T, Airaksinen O, Kankaanpaa M. Back and abdominal muscle function during stabilization exercises. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2001; 82:1089-98.
30. Tsai YS, Sell TC, Myers JB, McCrory JL, Laudner KG, Pasquale MR, Lephart SM. The relationship between hip muscle strength and golf performance. Medicine & Science in Sports & Exercise 2004;36(5):S9.
31. Watkins RG, Dennis S, Dillin WH, et al. Dynamic EMG analysis of torque transfer in professional baseball pitchers. Spine 1989; 14:404–8.
32. Watkins RG, Uppal GS, Perry J, Pink M, Dinsay JM. Dynamic electromyographic analysis of trunk musculature in professional golfers. American Journal of Sports Medicine 1996; 24:535-8.
33. Yarahmadi Y, Haddadnezhad M, Shojaeddin S. The effect of suspended exercises on somatosensory and lumbopelvic control in men with chronic low back pain. Journal of sport sciences and educational applied researches without border 2016;2(5):130-48.

www.SID.ir