اثر خستگی عضلات مرکزی بدن بر آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی در مردان ورزشکار

سهیل شیخ‌حسنی*، رضا رجبی[1]، هومن مینونژاد[2]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: ثبات مرکزی بدن توانایی کنترل موقعیت و حرکت تنه بر روی لگن و اندام تحتانی جهت تولید و انتقال مؤثر نیرو به بخش‌های انتهایی بدن در طول فعالیت‌های ورزشی است. نقش ثبات مرکزی بدن در عملکرد اندام تحتانی در تعدادی از مطالعات مورد ارزیابی قرار گرفته است، اما نتایج این‌گونه تحقیقات با یکدیگر هم‌سو نیستند. در این زمینه، نشان داده شده است که بررسی اثر خستگی عضلات مرکزی بدن بر عملکرد اندام تحتانی می‌تواند اطلاعات مفیدی را درباره نقش ثبات مرکزی بدن در عملکرد اندام تحتانی فراهم آورد. بنابراین هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر خستگی عضلات مرکزی بدن بر آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی در مردان ورزشکار بود.

مواد و روش‌ها: ۳۴ دانشجوی مرد سالم رشته تربیت بدنی و علوم ورزشی در یک جلسه آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی شامل آزمون‌های تعادل Y، جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک‌پا را در شرایط عادی (بدون خستگی) انجام دادند. در جلسه دوم، ابتدا ورزشکاران در پروتکل خستگی عضلات مرکزی بدن که شامل هفت تمرین بود شرکت کرده و بلافاصله آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی را انجام دادند. به منظور مقایسه نتایج آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی قبل و بعد از خستگی از آزمون آماری تی زوجی استفاده شد.

یافته‌ها: پروتکل خستگی عضلات مرکزی بدن موجب کاهش معنی‌داری در نمرات تمامی آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی شامل آزمون‌های تعادل Y، جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک‌پا شد ($P = ۰/۰۰۱$ برای تمامی آزمون‌ها).

نتیجه‌گیری: از نتایج این تحقیق می‌توان استنباط کرد که کارکرد عضلات مرکزی بدن بر عملکرد اندام تحتانی تأثیر می‌گذارد زیرا خستگی عضلات مرکزی بدن موجب کاهش نمرات تمامی آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی در این مطالعه گشت. با توجه به احتمال خسته شدن عضلات مرکزی بدن طی فعالیت‌های بلند مدت ورزشی، تمریناتی که باعث افزایش استقامت عضلات مرکزی بدن و بهبود توانایی آن‌ها در مقابله با خستگی می‌شوند، احتمالاً می‌توانند به عنوان راهی برای جلوگیری از کاهش عملکرد اندام تحتانی طی فعالیت‌های طولانی‌مدت ورزشی پیشنهاد شوند.

کلید واژه‌ها: ثبات مرکزی، خستگی، آزمون‌های عملکردی

ارجاع: شیخ‌حسنی سهیل، رجبی رضا، مینونژاد هومن. **اثر خستگی عضلات مرکزی بدن بر آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی در مردان ورزشکار.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۲؛ ۹ (۴): ۶۶۸-۶۸۲.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۶/۲۷

این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران است.

* دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسؤول)
Email: sheikhhasanisoheil@yahoo.com

[1] استاد، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، ایران

[1] استادیار، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، ایران

مقدمه

ثبات مرکزی به عنوان توانایی در کنترل موقعیت تنه بر روی لگن جهت تولید و انتقال مؤثر نیرو به بخش‌های انتهایی بدن در طول فعالیت‌های ورزشی تعریف شده است (۱). عضلات ثبات‌دهنده مرکزی بدن شامل برخی از عضلات تنه و ران هستند که مسؤول نگه‌داشتن ثبات ستون مهره‌ها و لگن بوده و برای انتقال انرژی از تنه به اندام‌های فوقانی و تحتانی در طول فعالیت‌های ورزشی بسیار مهم هستند (۲). نشان داده شده است که عضلات مرکزی بدن قبل از حرکت اندام تحتانی فعال می‌شوند (۳) و قسمت مرکزی بدن با تأمین پایداری نقش مهمی در ایجاد یک سطح اتکای با ثبات برای انجام حرکات اندام تحتانی دارد (۴). ثبات مرکزی، محوری برای عملکرد مؤثر اندام‌هاست که از طریق افزایش تولید نیرو و کاهش بارهای مفصلی در تمامی فعالیت‌ها، از دویدن گرفته تا پرتاب کردن عمل می‌کند (۱). با تکیه بر مطالب فوق، تمرینات ثبات مرکزی در دهه اخیر بین ورزشکاران بسیار رایج شده است که به منظور بهبود عملکرد و پیشگیری از آسیب‌های ورزشی استفاده می‌شوند (۵–۷).

عملکرد و هماهنگی مناسب عضلات مرکزی بدن جهت تولید، انتقال و کنترل مناسب نیروها و حرکاتی که در بدن اتفاق می‌افتند ضروری است. فعال‌سازی هماهنگ عضلات مرکزی برای ایجاد ثبات و بازدهی عملکردی بسیار مهم است که این امر نیازمند کنترل قدرت، تعادل و حرکت ناحیه مرکزی بدن می‌باشد (۸). اعتقاد بر این است که حتی اگر اندام‌های فوقانی و تحتانی قوی ولی عضلات مرکزی ضعیف باشند، کاهش در جمع نیروهای عضلانی در عضلات مرکزی تنه باعث کاهش کلی تولید نیرو در اندام‌های فوقانی و تحتانی شده که این امر مانع از ایجاد حرکات مؤثر می‌شود (۲). ضعف و یا کاهش هماهنگی عضلات مرکزی بدن می‌تواند منجر به ایجاد الگوهای حرکتی غیرطبیعی، الگوهای حرکتی جبرانی و یا انواع مختلفی از آسیب‌های ورزشی مانند استرین یا آسیب‌های پرکاری شوند (۹). خستگی یکی از عواملی است که می‌تواند موجب کاهش هماهنگی و عملکرد عضلات شود (۱۰)، و به این علت که عضلات مرکزی بدن جهت ایجاد یک سطح اتکای باثبات برای انجام حرکات متناسب اندام‌ها ضروری هستند (۴)، خستگی این عضلات ممکن است بر روی عملکرد افراد و بخصوص ورزشکاران اثرگذار باشد. در این راستا، Abt و همکاران تأثیر یک پروتکل خستگی عضلات مرکزی بدن را بر مکانیک پدال زدن در ۱۵ دوچرخه‌سوار حرفه‌ای بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که خستگی عضلات مرکزی بدن موجب تغییر در مکانیک پدال زدن و راستای اندام تحتانی دوچرخه سواران می‌شود که این تغییرات ممکن است منجر به آسیب زانو شود زیرا متعاقب خستگی عضلات مرکزی مفصل زانو در معرض فشار بیشتری قرار می‌گیرد. البته این محققان تغییری در نیروی پدال زدن بعد از خستگی مشاهده نکردند ولی در نهایت پیشنهاد دادند که افزایش ثبات و استقامت عضلات مرکزی می‌تواند باعث بهبود راستای اندام تحتانی در زمان رکاب زدن طولانی مدت شود چون عضلات مرکزی در مقابل خستگی مقاوم‌ترند (۱۱). همچنین کاهش تعادل و کنترل پوسچرال ناشی از خستگی عضلات مرکزی بدن نیز در تعدادی از مطالعات مشاهده شده است (۱۲–۱۴). McMullen و همکاران نشان دادند خستگی عضله سرینی میانی (به عنوان یکی از عضلات ثبات‌دهنده مرکزی بدن) موجب کاهش تعادل ایستا، پویا و همچنین کیفیت حرکت در مردان و زنان غیر ورزشکار می‌شود (۱۲). Vuillerme و همکاران نیز متوجه شدند که خستگی عضلات بازکننده تنه موجب کاهش کنترل پوسچرال در افراد سالم جوان می‌شود (۱۳). اما در این تحقیقات معدود، فقط به بررسی اثر خستگی عضلات مرکزی بر مکانیک پدال زدن دوچرخه‌سواران و یا تعادل پویا و ایستا در افراد غیر ورزشکار پرداخته شده و مشخص نشده است که آیا خستگی عضلات مرکزی بدن بر عملکرد ورزشکاران در آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی که پویاتر بوده و بیشتر شبیه حرکات به کار رفته در ورزش‌های مختلف (مانند پرش و فرود روی یک پا) هستند، تأثیر منفی دارد یا خیر. در این زمینه محققان پیشنهاد کرده‌اند جهت

ارزیابی نقش ثبات مرکزی در عملکرد ورزشکاران بهتر است از آزمون‌های اختصاصی ورزشی (Sport Specific Tests) و آزمون‌های عملکردی که نیازمند انجام حرکات پیچیده ورزشی هستند استفاده شود (۵, ۱۵, ۱۶).

آزمون‌های عملکردی، گروهی از آزمون‌های جسمانی و مهارتی هستند که با اهداف زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند: ۱-تعیین توانایی ورزشکار برای شرکت در سطح مورد نظر در یک ورزش، حرفه، فعالیت تفریحی، و یا بازگشت به فعالیت در حالتی امن و زمان مناسب بدون محدودیت عملکردی؛ ۲- تعیین توانایی ورزشکار در حرکت در هر سه صفحه حرکتی که توسط آزمون‌های غیر سنتی اندازه‌گیری می‌شود و اطلاعات کمی و کیفی مربوط به حرکات خاص به کار رفته در ورزش و حرفه مورد نظر را در اختیار می‌گذارد (۱۷). آزمون‌های عملکردی جهت ارزیابی توانایی عملکردی واقعی فرد استفاده می‌شوند، که این توانایی عملکردی می‌تواند شامل استقامت، قدرت، توان، سرعت، چابکی، انعطاف‌پذیری و تعادل باشد (۱۷, ۱۸). به عبارت دیگر، این آزمون‌ها عملکرد یک فرد و نه عملکرد قسمتی از بدن او را اندازه‌گیری می‌کنند. اکثر آزمون‌های عملکردی شبیه فعالیت‌هایی هستند که افراد انجام می‌دهند و به دلیل احتیاج داشتن به فضا، وسایل، زمان و آزمون‌گر حداقلی برای انجام آن‌ها محبوب می‌باشند (۱۹). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که تعدادی از این آزمون‌ها نسبت به خستگی حساس بوده و بنابراین آزمونی مناسب جهت بررسی اثرات خستگی بر روی عملکرد هستند (۲۰-۲۳).

علی‌رغم مطالعاتی که درباره نقش ثبات مرکزی در عملکرد ورزشی انجام گرفته است، به علت عدم دستیابی به نتایج همسو و قطعی، تأثیر یا عدم تأثیر ثبات مرکزی در عملکرد ورزشکاران به خوبی مشخص نشده است (۵, ۲۴)، به طوری‌که تعدادی از محققان معتقدند ثبات مرکزی نقش قابل‌توجهی در عملکرد ورزشی ندارد (۱۵, ۱۶, ۲۵). اگر ثبات مرکزی هیچ‌گونه نقشی در عملکرد اندام تحتانی نداشته باشد، خستگی عضلات مرکزی نباید تأثیر منفی بر عملکرد اندام تحتانی بگذارد. این در حالی است که در مطالعات معدودی که در این زمینه انجام گرفته است، خستگی عضلات مرکزی موجب کاهش عملکرد اندام تحتانی شده است. اما تاکنون اثر خستگی عضلات مرکزی بر آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی که نیازمند انجام حرکات پیچیده ورزشی باشند در ورزشکاران مورد ارزیابی قرار نگرفته است. بنابراین هدف از انجام این مطالعه پاسخ به این سؤال است که آیا خستگی عضلات مرکزی بدن موجب کاهش نمرات ورزشکاران مرد در آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی می‌شود یا خیر؟

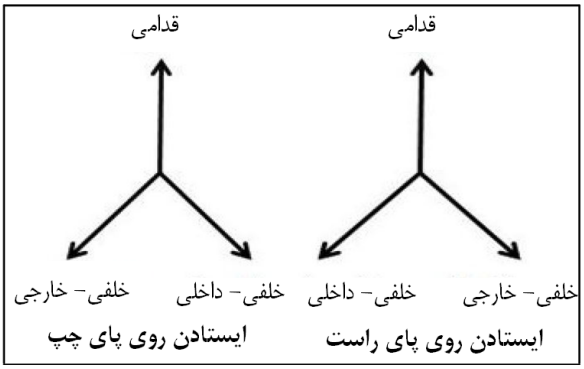
مواد و روش‌ها

آزمودنی‌های این تحقیق نیمه‌تجربی شامل ۳۴ دانشجوی پسر رشته تربیت بدنی و علوم ورزشی (سن: ۳/۴۶ ± ۲۳/۲۳ سال، وزن: ۸/۷۰ ± ۷۰/۵۳ کیلوگرم، قد: ۶/۸۷ ± ۱۷۷/۱۸سانتی‌متر) بودند که از جامعه در دسترس به صورت تصادفی انتخاب شدند. جامعه آماری تحقیق حاضر شامل دانشجویان پسر (۱۸ تا ۲۷ ساله) رشته تربیت بدنی و علوم ورزشی بود. قبل از انجام هرگونه اندازه‌گیری، رضایت آزمودنی‌ها برای شرکت در تحقیق و اطلاعات شخصی آن‌ها شامل سن، سابقه ورزشی، سابقه بیماری و آسیب‌دیدگی جمع‌آوری شد. شروط ورود نمونه‌ها به تحقیق، داشتن حداقل سه سال سابقه ورزشی منظم در یک رشته ورزشی و نداشتن تاریخچه‌ای از جراحی تنه یا اندام تحتانی، کمردرد مزمن، وجود آسیب ماندگار در اندام تحتانی، مشکلات تعادل، هرگونه بدراستایی‌های اندام تحتانی و آسیب حاد در ۶۰ روز گذشته بود. از آزمون‌های عملکردی تعادل Y، جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک‌پا جهت ارزیابی عملکرد اندام تحتانی در این تحقیق استفاده شد.

نحوه انجام آزمون‌ها

آزمون تعادل Y (Y Balance Test): این آزمون برگرفته از آزمون تعادل ستاره است که Gribble آن را یک آزمون معتبر برای ارزیابی تعادل پویا می‌داند (۲۶). ضریب پایایی درون آزمون‌گر و بین آزمون‌گر برای جهات مختلف به

ترتیب بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۱ و ۰/۹۹ تا ۱/۰۰ و ضریب پایایی درون آزمون‌گر و بین آزمون‌گر برای نمره کل به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۹۹ توسط Plisky گزارش شده است (۲۷). در این آزمون سه جهت (قدامی، خلفی–داخلی و خلفی–خارجی) به صورت Y و با زوایای ۱۳۵، ۱۳۵ و ۹۰ درجه نسبت به هم قرار می‌گیرند. آزمودنی چهار بار آزمون را تمرین می‌کرد تا روش اجرای آن را فرا گیرد (آزمودنی با پای برتر راست آزمون را در خلاف جهت عقربه‌های ساعت انجام می‌داد و آزمودنی با پای برتر چپ آزمون را در جهت عقربه‌های ساعت انجام می‌داد). برای اجرای آزمون، آزمودنی با پای برتر در مرکز دستگاه می‌ایستاد و با پای دیگر قسمت متحرک را تا آنجا که خطا نکند (پا از مرکز دستگاه حرکت نکند، روی پایی که عمل دستیابی را انجام می‌دهد تکیه نکند یا آزمودنی نیفتد) به جلو می‌راند و سپس به حالت طبیعی روی دو پا برمی‌گشت. فاصله قسمت متحرک تا مرکز دستگاه فاصله دست‌یابی است. آزمودنی سه بار آزمون را انجام می‌داد و آزمون‌گر میانگین دست‌یابی در هر یک از جهات را اندازه‌گیری کرده و بر طول پا (بر حسب سانتی‌متر) تقسیم و در ۱۰۰ ضرب می‌کرد تا فاصله دست‌یابی بر حسب درصد اندازه طول پا در هر یک از سه جهت به دست آید. از جمع اعداد به دست آمده و تقسیم آن به عدد سه امتیاز ترکیبی آزمودنی محاسبه شد (۲۷) (اشکال ۱و۲).



شکل ۱. نمای شماتیک آزمون تعادل

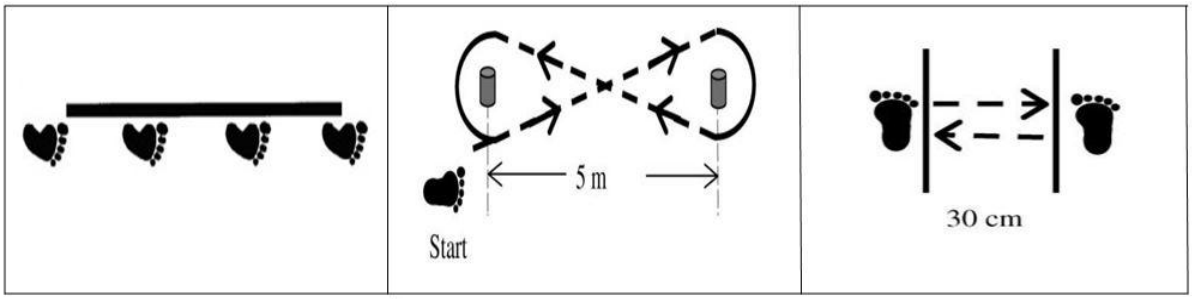
شکل ۲. آزمودنی حین اجرای آزمون تعادل Y

آزمون جهش جانبی (Side-to-Side Hop Test): از این آزمون جهت اندازه‌گیری توان، سرعت، تعادل و ثبات چرخشی اندام تحتانی با تأکید بر کنترل روی یک پا استفاده شد (۱۷). پایایی بین آزمون‌گر این آزمون در ورزشکاران سالم توسط Ortiz ۰/۹۷ گزارش شده است (۲۸). جهت انجام آن، آزمودنی باید فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری روی زمین را که با دو تکه نوار چسب موازی مشخص شده بود ۱۰ بار به صورت رفت و برگشت روی پای برتر خود جهش می‌کرد. رکورد آزمودنی به وسیله کرنومتری با مارک Catiga و با دقت ۰/۰۱ ثانیه ثبت می‌شد (۱۷) (شکل۳– الف).

آزمون جهش هشت لاتین (Figure-eight Hop Test): از این آزمون جهت اندازه‌گیری توان، سرعت، و تعادل اندام تحتانی با تأکید بر کنترل روی یک پا استفاده شد (۱۷). پایایی بین آزمون‌گر این آزمون در ورزشکاران سالم توسط Ortiz ۰/۹۹ گزارش شده است (۲۸). این آزمون در مسیری به شکل هشت لاتین انجام می‌شود که طول مسیر پنج متر و عرض آن یک متر است. آزمودنی با پای برتر خود (به صورت لی‌لی و با سرعت حداکثر) مسیر مشخص شده را دو مرتبه طی می‌کرد. رکورد آزمودنی به وسیله کرنومتری با دقت ۰/۰۱ ثانیه ثبت می‌شد (۱۷) (شکل۳– ب).

آزمون سه جهش تک‌پا (Triple Hop Test): این آزمون قدرت و توان اندام تحتانی را اندازه‌گیری می‌کند (۲۹). ضریب پایایی آن توسط Hamilton ۰/۹۸ گزارش شده است (۲۹). آزمودنی با پای برتر پشت خط شروع می‌ایستاد و سه

پرش حداکثری و پشت سر هم با پای برترش در یک خط مستقیم انجام می‌داد. امتیاز هر فرد در واحد سانتی‌متر از خط شروع تا محل برخورد پاشنه آزمودنی با زمین در سومین پرش محاسبه می‌شد (۱۷) (شکل ۳- ج). آزمون‌های جهشی دو مرتبه انجام می‌شدند که رکورد بهتر آزمودنی جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

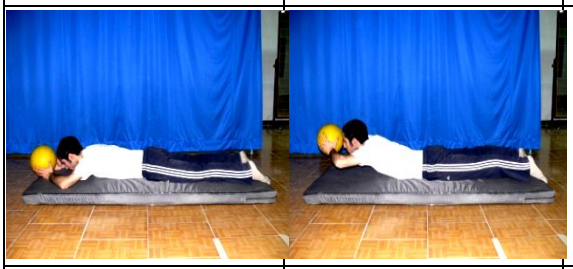
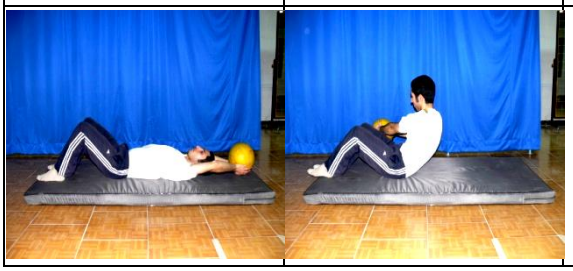


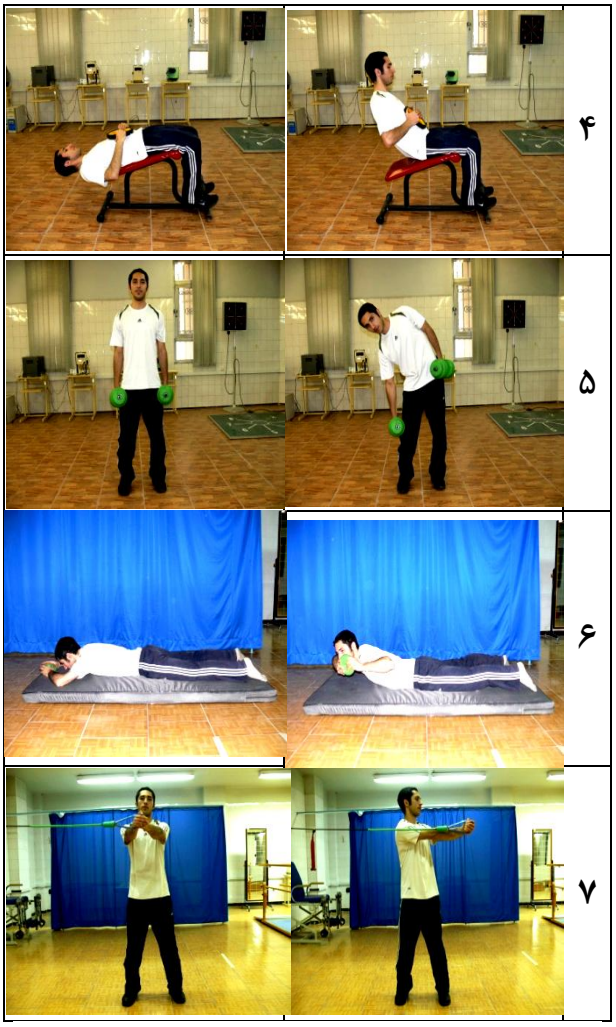
شکل ۳- الف. آزمون جهش جانبی **شکل ۳- ب. آزمون جهش هشت لاتین** **شکل ۳- ج. آزمون سه جهش تک پا**

پروتکل خستگی عضلات مرکزی (Core Fatigue Workout): در این مطالعه از پروتکل خستگی تعدیل شده Abt و همکاران (۱۱) جهت خسته کردن عضلات ثبات‌دهنده مرکزی در تمامی صفحات حرکتی استفاده شد. اعتبار و توانایی این پروتکل در خسته کردن عضلات مرکزی از طریق آزمون ایزوکینتیک قدرت عضلات تنه توسط Abt به اثبات رسیده است (۱۱). مدت انجام پروتکل مذکور ۳۲ دقیقه بوده و شامل چهار ست پشت سر هم از هفت تمرین است، به طوری‌که آزمودنی هر تمرین را ۲۰ مرتبه در مدت ۴۰ ثانیه (هر تکرار را در دو ثانیه) انجام داده و ۲۰ ثانیه نیز بین هر دو تمرین مختلف استراحت می‌کرد. هر ست شامل هفت تمرین به ترتیب زیر است:

۱- چرخش تنه در حالت نشسته با توپ طبی؛ ۲- باز کردن تنه در حالت خوابیده به شکم با توپ طبی؛ ۳- دراز و نشست به طرفین با توپ طبی؛ ۴- دراز و نشست روی سطح شیب‌دار با وزنه؛ ۵- خم شدن به پهلو در حالت ایستاده با دمبل (دمبل پنج کیلوگرمی)؛ ۶- باز کردن و چرخش همزمان تنه با وزنه در حالت خوابیده به شکم؛ ۷- چرخش تنه در حالت ایستاده در مقابل مقاومت کش (از توپ طبی دو کیلوگرمی و وزنه‌های پنج کیلوگرمی برای انجام تمرینات استفاده شد) (جدول ۱).

جدول ۱. پروتکل خستگی عضلات مرکزی

	۱
	۲
	۳



روند اجرای تحقیق

برای انجام این مطالعه هر آزمودنی باید دو مرتبه در آزمایشگاه دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران حضور پیدا می‌کرد. هدف از جلسه اول انجام آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی در شرایط عادی (بدون حضور خستگی) بود. به این ترتیب که در جلسه اول ابتدا آزمون‌گر نحوه انجام آزمون‌های عملکردی را به آزمودنی یاد می‌داد و بعد از ۱۵ دقیقه گرم کردن، آزمودنی چهار بار آزمون تعادل Y و یک تا سه بار آزمون‌های جهشی را به صورت آزمایشی انجام می‌داد. بعد از پنج دقیقه استراحت، آزمودنی ابتدا آزمون تعادل Y را سه بار و با فاصله استراحت ۳۰ ثانیه‌ای بین هر آزمون اجرا می‌کرد و سپس آزمون‌های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک‌پا را که ترتیب انجام آن‌ها به صورت تصادفی برای هر آزمودنی انتخاب شده بود را دو بار و با فاصله استراحت ۳۰ ثانیه‌ای انجام می‌داد. لازم به ذکر است که تمامی آزمون‌ها فقط توسط پای برتر آزمودنی انجام می‌شد. جهت تعیین پای برتر، آزمودنی از پشت به جلو هل داده شده و پایی که برای بازیابی تعادل استفاده می‌گردید به عنوان پای برتر در نظر گرفته می‌شد (۳۰). جلسه دوم با فاصله حداقل ۴۸ ساعت برگزار شد که هدف از آن، انجام آزمون‌های عملکردی در شرایط خسته بودن عضلات مرکزی بدن بود. در ابتدای جلسه دوم آزمودنی ۱۵ دقیقه به گرم کردن پرداخته و سپس در پروتکل خستگی عضلات مرکزی بدن شرکت می‌کرد. برای اطمینان از خسته شدن عضلات مرکزی بدن در ست چهارم (ست آخر) از آزمودنی خواسته شد هر حرکت را تا ناتوانی انجام دهد و برای خاتمه دادن به هر تمرین دو معیار در نظر گرفته شد: آزمودنی قادر نباشد حرکت را با فرم صحیح ادامه دهد و یا قادر نباشد حرکت را با سرعت یک تکرار در دو ثانیه انجام دهد (این دو معیار در تعدادی از مطالعاتی که از پروتکل‌های خستگی استفاده کرده‌اند به عنوان معیار اطمینان از خستگی در نظر گرفته شده است (۳۱-۳۴). بلافاصله بعد از اتمام ست آخر (در کمتر از ۱۰ ثانیه)، آزمودنی ابتدا آزمون تعادل Y و سپس آزمون‌های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و سه جهش تک‌پا را (به همان ترتیبی که در جلسه اول اجرا شده بودند) انجام می‌داد. فاصله استراحت بین آزمون‌ها و تعداد تکرار آن‌ها مانند جلسه اول بود.

در نهایت پس از جمع‌آوری اطلاعات تحقیق، داده‌های مربوط به ویژگی‌های آزمودنی‌ها از قبیل سن، قد، وزن و متغیرهای تحقیق در دو بخش آمار توصیفی و استنباطی در نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به نرمال بودن توزیع متغیرها که با آزمون کلموگروف اسمیرنوف بررسی شد، از آزمون تی زوجی جهت بررسی تفاوت میانگین آزمون‌های عملکردی قبل و بعد از خستگی

استفاده شد. جهت بررسی اندازه اثر خستگی بر آزمون‌های عملکردی از روش دی کوهن استفاده شد (۳۵).

یافته‌ها

نتایج آزمون تی زوجی کاهش معنی‌دار و با اندازه اثر بزرگ را در نمرات تمامی آزمون‌های عملکردی بعد از خستگی نشان داد (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج آزمون تی زوجی جهت مقایسه نمرات آزمون‌های عملکردی قبل و بعد از خستگی (تعداد = ۳۴ نفر)

	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	تفاوت پیش و پس‌آزمون	مقدار t	مقدار P	اندازه اثر
Y قدامی+	۷۲/۰۵ ± ۶/۲۳	۶۹/۲۴ ± ۵/۹۳	۲/۸۱± ۲/۴۲	۶/۷۸	*۰/۰۰۱	۱/۱۶
Y خلفی-داخلی+	۸۲/۵۰ ± ۵/۱۰	۷۵/۸۷ ± ۶/۲۹	۶/۶۳± ۴/۵۲	۸/۵۵	*۰/۰۰۱	۱/۴۷
Y خلفی-خارجی+	۷۷/۱۴ ± ۴/۶۴	۷۴/۴۵ ± ۴/۳۷	۲/۶۹ ± ۲/۶۷	۵/۸۷	*۰/۰۰۱	۱/۰۱
Y ترکیبی++	۷۷/۲۶ ± ۴/۱۱	۷۲/۹۸ ± ۴/۲۰	۴/۲۸ ± ۲/۳۳	۱۰/۷۰	*۰/۰۰۱	۱/۸۳
جهش هشت لاتین (ثانیه)	۱۲/۹۵ ± ۱/۰۸	۱۳/۷۹ ± ۱/۵۵	-۰/۸۴ ± ۰/۹۸	-۴/۹۹	*۰/۰۰۱	-۰/۸۶
جهش جانبی (ثانیه)	۷/۵۵ ± ۰/۶۰	۸/۱۵ ± ۰/۸۲	-۰/۵۹ ± ۰/۵۶	-۶/۱۶	*۰/۰۰۱	-۱/۰۵
سه جهش تک پا (سانتی‌متر)	۴۹۷/۱۸ ±۵۲/۲۶	۴۶۰/۹۴ ± ۵۴/۰۵	۳۶/۲۳ ± ۲۴/۱۳	۸/۷۶	*۰/۰۰۱	۱/۵۰

+ نمرات در واحد سانتی‌متر به طول پا نرمال شده‌اند (درصدی از طول پا)

++ Y ترکیبی از جمع نمرات سه جهت و تقسیم آن به عدد سه محاسبه می‌شود.

* در سطح $p \leq ۰/۰۵$ معنی‌دار است.

بحث

هدف از انجام این مطالعه بررسی نقش ثبات مرکزی بدن در عملکرد اندام تحتانی از طریق ارزیابی اثر خستگی عضلات مرکزی بدن بر آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی بود. نتایج این تحقیق نشان داد که خستگی عضلات مرکزی بدن می‌تواند منجر به کاهش نمرات آزمون تعادل Y در تمامی جهات شود. اهمیت نقش ثبات مرکزی در تعادل پویا در تحقیقاتی که بهبود تعادل پویا متعاقب تمرینات ثبات مرکزی را مشاهده کرده‌اند مشخص شده است (۳۶-۳۸)، بنابراین کاهش در تعادل پویا بر اثر خستگی عضلات مرکزی می‌تواند قابل توجیه باشد. خستگی باعث کاهش توانایی تولید نیرو، هماهنگی عصبی- عضلانی، دقت کنترل حرکتی، حس عمقی، ثبات مفصلی، هم انقباضی عضلات و افزایش زمان عکس‌العمل می‌شود، که نتیجه اصلی آن کاهش مشخص در عملکرد عضلات است (۱۰, ۳۹, ۴۰). Gribble عواملی همچون قدرت، انعطاف‌پذیری، کنترل عصبی- عضلانی، ثبات مرکزی، دامنه حرکتی مفاصل و حس عمقی را در اجرای موفق آزمون تعادل ستاره مؤثر می‌داند و آن را آزمونی مناسب جهت بررسی اثرات خستگی بر تعادل پویا معرفی می‌کند (۲۶). با در نظر گرفتن تأثیرات منفی خستگی بر عملکرد عضلات و عوامل مؤثر در اجرای آزمون تعادل ستاره کاهش نمره آزمون تعادل ستاره بر اثر خستگی امری منطقی به نظر می‌آید (۲۶) (لازم به یادآوری است که آزمون تعادل Y برگرفته شده از آزمون تعادل ستاره است). در این راستا، McMullen متوجه شد خستگی عضله سرینی میانی موجب کاهش نمرات آزمون‌های ایستادن تک پا، تعادل ستاره و همچنین کیفیت حرکت در مردان و زنان غیر ورزشکار می‌شود که McMullen کاهش نمرات آزمون تعادل ستاره را ناشی از اثر منفی خستگی بر عملکرد عضله سرینی میانی در تولید شتاب رو به جلو و ایجاد ثبات در طول عمل ایستادن روی یک‌پا عنوان کرده است (۱۲).

آزمون تعادل Y در زنجیره حرکتی بسته انجام می‌شود و عضلات ران نقش بسیار مهمی در عملکرد و راستای اندام تحتانی در طول فعالیت‌های زنجیره حرکتی بسته دارند (۴).

محققان معتقدند که کارکرد عضلات ران بر تعادل بسیار تأثیرگذار است (۱۲)، به طوری‌که Gribble متوجه شد خستگی عضلات ران، نسبت به خستگی عضلات مچ پا موجب کاهش بیشتری در کنترل پوسچرال در حالت ایستادن روی یک‌پا می‌شود (۴۱). قسمت خلفی عضله سرینی میانی در مراحل اولیه (Early Stance) و میانی ایستادن (Mid Stance) و قسمت قدامی این عضله در مرحله میانی ایستادن در طول عمل راه رفتن (Gait) نقش ثبات‌دهنده دارند (۴۲). عضله سرینی میانی در ایجاد ثبات در عمل ایستادن روی یک پا که جزء بسیار مهمی در اکثر فعالیت‌های عملکردی است اهمیت زیادی دارد، و بنابراین ضعف این عضله باعث کاهش ثبات در هرگونه عمل انجام شده در صفحه ساجیتال می‌شود (۱۲). نتیجه یک مطالعه الکترومیوگرافیک بیان‌گر این است که عضلات سرینی میانی و سرینی بزرگ در جهات قدامی، میانی، خلفی- داخلی، هنگام اجرای آزمون تعادل ستاره فعالیت دارند (۴۳). از طرفی نشان داده شده است که حرکت باز کردن تنه موجب خستگی عضلات بازکننده ران (بخصوص سرینی بزرگ که بازکننده اصلی ران است) می‌شود (۴۴). بنابراین خستگی و کاهش احتمالی عملکرد عضلات سرینی میانی و بزرگ متعاقب دو حرکت باز کردن تنه با توپ طبی و باز کردن و چرخش همزمان تنه با وزنه طی پروتکل خستگی عضلات مرکزی را احتمالا می‌توان به عنوان یکی از دلایل کاهش نمرات آزمون تعادل Y در تحقیق حاضر ذکر کرد.

Hart کاهش در فعالیت عضلات چهارسر رانی متعاقب خستگی عضلات بازکننده تنه را در افراد سالم و بیماران دچار کمر درد مشاهده کرده است (۴۵, ۴۶). از طرفی یک مطالعه الکترومیوگرافیک نشان داده است که عضلات چهارسر رانی در تمامی جهات هنگام اجرای آزمون تعادل ستاره فعال است (۴۷). بنابراین، کاهش در نمرات آزمون تعادل Y را می‌توان تا حدودی به ضعف عضلات چهارسر رانی ناشی از تمرینات به کار رفته در پروتکل خستگی عضلات مرکزی (بازکردن تنه در حالت خوابیده به شکم با توپ طبی و باز کردن و چرخش همزمان تنه با وزنه در حالت خوابیده به شکم) که منجر به خسته شدن عضلات باز کننده تنه شده‌اند، نیز نسبت داد.

ثبات مرکزی به توانایی کنترل تنه در پاسخ به نیروهای درونی و اغتشاشات بیرونی برمی‌گردد. این نیروها شامل نیروهای ایجاد شده از بخش‌های دیستال بدن و همچنین اغتشاشات قابل انتظار و غیرقابل انتظار هستند (۴۸). زمانی که نیروهای عکس‌العمل ناشی از حرکت اندام، پایداری تنه را به چالش می‌کشد برخی از عضلات قبل از عضلات آگونیست اندام برای جبران اثر اغتشاش بر پوسچر منقبض می‌شوند (۴۹). به عنوان مثال، هنگام اجرای جهات خلفی آزمون تعادل ستاره وقتی پا به سمت عقب باز می‌شود تنه خم شده تا تعادل را حفظ کند (۴۷). اعتقاد بر این است که عضلات تنه خود نقش مهمی در تعادل دارند و با افزایش قدرت ناحیه مرکز بدن، موجب بهبود کنترل بدن و تعادل می‌شوند (۵۰). نشان داده شده است که خستگی عضلات تنه موجب تغییر در تنظیمات پیش بین پوسچرال در افراد سالم می‌شود (۵۱). در ارتباط با تأثیر خستگی عضلات تنه بر تعادل، نتایج تحقیق Vuillerme نشان داد که خستگی عضلات تنه موجب کاهش کنترل پوسچرال در افراد جوان سالم می‌شود (۱۳). Surnkok نیز کاهش در تعادل ایستا و پویا در نتیجه خستگی عضلات بازکننده و خم‌کننده تنه را در مردان سالم مشاهده کرده است (۱۴).

به این علت که عملکرد عضلات مرکزی بدن بر فعال شدن عضلات اندام‌های فوقانی (۵۲) و تحتانی (۳, ۵۳) تأثیر دارند، ضعف این عضلات ممکن است منجر به تأخیر در فعال کردن عضلات اندام‌های فوقانی و تحتانی شود. به عنوان مثال، Hodges و همکاران ترتیب فعالیت عضلانی طی حرکات اندام تحتانی را مطالعه کرده و متوجه شدند تعدادی از عضلات ثبات‌دهنده مرکزی (مانند عضله عرضی شکم، چندسر، راست شکمی، مایل‌شکمی) به طور دائمی قبل از حرکات اندام تحتانی منقبض می‌شوند (۳). نتایج مذکور حمایت کننده از این نظریه هستند که کنترل حرکتی و ثبات در یک الگوی پروگزیمال به دیستال ایجاد شده و تکامل

می‌یابد (۲۵). از این رو، عدم تقارن در فعال‌سازی عضلات پروگزیمال و کاهش فعال‌سازی ساختار عضلانی تنه و ران ممکن است پتانسیل الگوهای فعال‌سازی عضلانی مناسب را در پاسخ به بار مفصلی کاهش دهد (۵۴). نشان داده شده است که خستگی عضلات پروگزیمال نسبت به خستگی عضلات دیستال منجر به کاهش بیشتری در کنترل پوسچرال می‌شود (۴۱, ۵۵). یک علت احتمالی این است که عضلات پروگزیمال (مانند عضلات ران) نسبت به عضلات دیستال (مانند عضلات مچ پا) دارای سطح مقطع بزرگ‌تری بوده و از نقاط بیشتری در بدن عبور می‌کنند و بنابراین خستگی این عضلات می‌تواند تأثیرگذارتر باشد (۱۳). Gribble اعتقاد دارد تغییر در فعالیت عضلات پروگزیمال در اثر خستگی می‌تواند باعث کاهش دامنه حرکتی در زانو و ران شده و در نهایت موجب کاهش عمل دسترسی در آزمون تعادل ستاره شود (۲۲, ۳۱). Filipa نیز بر این باور است که هماهنگی عضلات و حس عمقی تأثیر زیادی در اجرای آزمون تعادل ستاره دارد و کاهش هماهنگی عصبی- عضلانی تنه (در اثر خستگی) می‌تواند بر ثبات پویای اندام تحتانی اثر منفی بگذارد (۳۸). زمانی که فرد تلاش می‌کند وضعیت پوسچر خود را حفظ کند، انقباض‌های اصلاح‌کننده به طور دائم در پاسخ به اغتشاشات کوچک مفاصل اتفاق می‌افتند. به علت این‌که خستگی سرعت انتقال عصبی را کاهش می‌دهد، ممکن است توانایی ایجاد انقباضات جبرانی در اطراف مفاصل کاهش یافته و منجر به ضعف کنترل عصبی- عضلانی و تغییرات بیشتر در وضعیت مفاصل بگردد. این دامنه تغییرات بیشتر در حرکت مفاصل در غیاب اعمال اصلاحی عضلات ممکن است باعث کاهش تعادل شود (۵۶).

نمرات آزمون‌های سه جهش تک‌پا، جهش جانبی و جهش هشت لاتین نیز بعد از انجام پروتکل خستگی کاهش معنی‌داری داشتند. مشخص شده است که قدرت عضلات همسترینگ و چهارسر رانی نقش زیادی در اجرای آزمون سه جهش تک‌پا دارند (۲۹). همان‌طور که توضیح داده شد فعالیت عضلات چهارسر رانی در اثر خستگی عضلات بازکننده تنه کاهش پیدا می‌کند (۴۵, ۴۶)، و این امر احتمالاً می‌تواند یکی از دلایل کاهش میزان پرش در آزمون سه جهش تک‌پا باشد. نتایج یک مطالعه الکترومیوگرافیک نشان داده که عضلات سرینی میانی و سرینی بزرگ در طول عمل جهش به جلو با یک‌پا فعال هستند (۵۷)، و نتایج تحقیق Plamondon بیانگر این است که حرکت باز کردن تنه موجب خستگی عضلات بازکننده ران می‌شود (۴۴). بنابراین خستگی و کاهش احتمالی عملکرد عضلات سرینی میانی و بزرگ متعاقب دو حرکت باز کردن تنه با توپ طبی و باز کردن و چرخش همزمان تنه با وزنه طی پروتکل خستگی می‌تواند دلیل احتمالی دیگری برای کاهش نمره آزمون سه جهش تک‌پا باشد.

ناحیه مرکزی باثبات، انتقال مؤثر نیروها را از زمین برای ایجاد حرکات و یا تولید گشتاور در اندام‌ها تسهیل می‌کند (۵۸). تنه قوی و پایدار یک پایه و اساس محکم و استوار را برای گشتاورهای ایجاد شده در اندام‌ها فراهم می‌کند (۵۹)، زیرا ناحیه مرکزی بدن مرکز زنجیره حرکتی اکثر فعالیت‌های ورزشی است. کنترل قدرت، تعادل و حرکت ناحیه مرکزی بدن، عملکرد زنجیره حرکتی اندام‌های فوقانی و تحتانی را افزایش می‌دهد (۱). فعال‌سازی هماهنگ عضلات مرکزی برای ایجاد ثبات و بازدهی عملکردی بسیار مهم است که این امر نیازمند کنترل قدرت، تعادل و حرکت ناحیه مرکزی بدن می‌باشد (۸). مطالعات گذشته پیش‌فعال‌سازی عضلات اندام تحتانی (۶۰-۶۳) و عضلات تنه (۶۲-۶۴) قبل از تماس با زمین طی حرکات پرش و فرود را نشان داده‌اند. به طوری‌که هنگام انجام حرکات پرش و فرود، هماهنگی عصبی- عضلانی عضلات تنه و اندام تحتانی نقش مهمی در فعالیت‌های عملکردی همچون جذب نیرو، جلوگیری از سقوط تنه، تولید نیرو و کنترل جهت پرش دارد (۶۳). Iida و همکاران افزایش فعالیت عضلات مورب خارجی، راست شکمی و دوقلو میانی را قبل از تماس با زمین طی فرود نشان دادند و بیان کردند که این عضلات برای آماده‌سازی برای ضربه فرود با افزایش سفتی مفصل مچ پا و فشار

درون‌شکمی فعال شده‌اند و به عنوان کنترل پیش بین پوسچرال برای جذب نیرو عمل می‌کنند (۶۲). حال با توجه به این‌که آزمون‌های سه جهش تک‌پا، جهش هشت لاتین و جهش جانبی نیازمند حرکات پرش و فرود متوالی هستند، کاهش هماهنگی عصبی- عضلانی عضلات تنه و اندام تحتانی متعاقب پروتکل خستگی و تأثیر منفی آن بر عمل پرش و فرود، احتمالا می‌تواند دلیلی برای کاهش عملکرد در آزمون‌های جهشی در این مطالعه باشد. زیرا کاهش در جمع نیروهای عضلانی در عضلات مرکزی بدن باعث کاهش کلی تولید نیرو در اندام‌های فوقانی و تحتانی می‌شود (۲)، و عضلات مرکزی ضعیف باعث وقفه در انتقال انرژی شده که این امر منجر به کاهش عملکرد ورزشی می‌شود (۱۶).

آزمون جهش هشت لاتین نیازمند انجام حرکات چرخشی و برشی و آزمون جهش جانبی نیازمند حرکات برشی بوده و انجام موفق آن‌ها احتیاج به هماهنگی عصبی- عضلانی بالایی دارد (۲۸). مطالعات الکترومیوگرافیک نشان داده‌اند که انجام حرکات برشی، نیازمند فعالیت هماهنگ و هم‌انقباضی عضلات همسترینگ، چهارسر رانی و سرینی بزرگ و سرینی میانی است (۵۷, ۶۵-۶۷). کاهش هماهنگی عصبی- عضلانی و همچنین افزایش زمان عکس‌العمل در عضلات مذکور (مخصوصا سرینی میانی و بزرگ) در اثر انجام پروتکل خستگی، احتمالاً می‌توانند باعث افزایش رکورد آزمودنی‌ها (پس‌رفت) در آزمون‌های جهش هشت لاتین و جهش جانبی بعد از خستگی شده باشند.

در پایان باید ذکر کرد که مرکز بدن به عنوان جعبه‌ای عضلانی در نظر گرفته می‌شود که به ثبات ستون فقرات، لگن و زنجیره حرکتی طی حرکات عملکردی کمک می‌کند. هنگامی‌که این سیستم به درستی کار کند منجر به توزیع مناسب و تولید حداکثر نیرو با حداقل نیروهای فشارنده، انتقالی و برشی در مفاصل زنجیره حرکتی، و همچنین کنترل بهینه حرکات و جذب مناسب نیروهای ضربه‌ای ناشی از نیروهای عکس‌العمل زمین طی فرود می‌گردد (۶۸). اعمال عضلات باید به طور دقیق، در زمان مناسب، برای مدت صحیح و با ترکیبی درست از نیروها اتفاق بیفتد (۴۹). به طور خلاصه می‌توان بیان کرد خستگی عضلات مرکزی بدن احتمالاً با تأثیر منفی بر هماهنگی عصبی- عضلانی، دقت کنترل حرکتی و ثبات مفاصل پروگزیمال و انتقال این تأثیر مخرب به مفاصل دیستال، موجب اختلال عملکرد در طول زنجیره حرکتی شده است. در نهایت، این تأثیر مخرب در اعمال عضلات مرکزی بدن و هماهنگی این عضلات با عضلات اندام تحتانی باعث ایجاد محدودیت در انجام حرکات عملکردی می‌شود (۱۲).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق شاهدی مبنی بر اهمیت نقش عضلات مرکزی بدن در عملکرد اندام تحتانی مردان ورزشکار هستند. با توجه به این‌که خستگی عضلات مرکزی بدن باعث کاهش معنی‌دار و با اندازه اثر بزرگ در نمرات تمامی آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی در این مطالعه گشت، می‌توان پیشنهاد داد که از تمرینات افزاینده استقامت عضلات مرکزی برای جلوگیری از کاهش عملکرد اندام تحتانی ناشی از خستگی در برنامه ورزشکاران استفاده شود. زیرا عضلاتی که بتوانند انقباض‌های طولانی را تحمل کنند در مقابل خستگی مقاوم‌تر بوده و توانایی حمایت تنه در طول زمان طولانی را دارند که این موضوع می‌تواند باعث حفظ عملکرد ورزشی در فعالیت‌های بلند مدت شود (۱۵, ۱۶).

محدودیت‌ها

با توجه به این‌که پروتکل خستگی مورد استفاده در این مطالعه از حرکات مختلفی در تمام صفحات حرکتی تشکیل شده و نیازمند فعالیت اکثر عضلات مرکزی بدن است، تشخیص میزان نقش هر یک از عضلات مرکزی در عملکرد اندام تحتانی به طور جداگانه در این مطالعه امکان‌پذیر نبود.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده تأثیر خستگی هر یک از عضلات مرکزی بدن در عملکرد اندام تحتانی به طور جداگانه

مورد بررسی قرار گیرد تا مشخص شود کدام یک از عضلات مرکزی نقش مهم‌تری در عملکرد ورزشی دارند. در این زمینه پیشنهاد می‌شود در صورت امکان در تحقیقات بعدی علاوه بر استفاده از معیارهای عملکردی از معیارهای دقیق‌تری مانند ثبت فعالیت الکترومیوگرافی عضلات و یا دستگاه ایزوکینتیک جهت تعریف خستگی استفاده شود. همچنین به سایر محققان پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده اثر خستگی عضلات مرکزی بدن بر متغیرهای کینماتیکی، کینتیکی و الکترومیوگرافی اندام تحتانی هنگام اجرای حرکات عملکردی نیز مورد بررسی قرار گیرد تا درباره چگونگی تأثیر ثبات مرکزی در عملکرد اندام تحتانی اطلاعات بیشتری بدست آید.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران می‌باشد. به این وسیله از همکاری مسؤول آزمایشگاه و آزمودنی‌های این تحقیق صمیمانه قدرانی می‌شود.

References

1. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. Sports Med 2006; 36(3): 189-98.
2. Tse MA, McManus AM, Masters RSW. Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers. J Strength Cond Res 2005; 19(3): 547-52.
3. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. Phys Ther 1997; 77(2): 142-42.
4.Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IMC. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. J Am Acad Orthop Surg 2005; 13(5): 316-25.
5.Sharrock C, Cropper J, Mostad J, Johnson M, Malone T. A pilot study of core stability and athletic performance: is there a relationship?. Int J Sports Phys Ther. 2011; 6(2): 63-74.
6. Hill J, Leiszler M. Review and role of plyometrics and core rehabilitation in competitive sport. Curr Sports Med Rep 2011; 10(6): 345-51.
7. Cissik JM. The role of core training in athletic performance, injury prevention, and injury treatment. J Strength Cond Res 2011; 33(1): 10-15.
8. Kavcic N, Grenier S, McGill SM. Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. Spine 2004; 29(20): 2319-29.
9. Fredericson M, Moore T. Muscular balance, core stability, and injury prevention for middle-and long-distance runners. Phys Med Rehabil Clin N Am 2005; 16(3): 669-89.
10. Madigan ML, Pidcoe PE. Changes in landing biomechanics during a fatiguing landing activity. J Electromyogr Kinesiol. 2003; 13(5): 491-8.
11. Abt JP, Smoliga JM, Brick MJ, Jolly JT, Lephart SM, Fu FH. Relationship between cycling mechanics and core stability. J Strength Cond Res 2007; 21(4): 1300-04.
12. McMullen KL, Cosby NL, Hertel J, Ingersoll CD, Hart JM. Lower extremity neuromuscular control immediately after fatiguing hip-abduction exercise. J Athl Train 2011; 46(6): 607-14.
13. Vuillerme N, Anziani B, Rougier P. Trunk extensor muscles fatigue affects undisturbed postural control in young healthy adults. Clin Biomech 2007; 22(5): 489-94.
14. Surenkok O, Kin-Isler A, Aytar A, Gültekin Z. Effect of trunk-muscle fatigue and lactic acid accumulation on balance in healthy subjects. J Sport Rehabil 2008; 17(4): 380-386.
15.Nesser TW, Huxel KC, Tincher JL, Okada T. The relationship between core stability and performance in division I football players. J Strength Cond Res 2008; 22(6): 1750-4.

16. Nesser TW, Lee WL. The relationship between core strength and performance in Division I female soccer players. JEP online 2009; 12(2): 21-3.
17. Reiman MP, Manske RC. Functional testing in human performance. USA: Human Kinetics; 2009.
18.Clark NC. Functional performance testing following knee ligament injury. Phys Ther Sport 2001; 2(2): 91-105.
19.Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. Am J Sports Med 1991; 19(5): 513-8.
20. Augustsson J, Thomeé R, Karlsson J. Ability of a new hop test to determine functional deficits after anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2004; 12(5): 350-6.
21. Augustsson J, Thomeé R, Linden C, Folkesson M, Tranberg R, Karlsson J. Single leg hop testing following fatiguing exercise: reliability and biomechanical analysis. Scand J Med Sci Sports 2006; 16(2): 111-20.
22. Gribble PA, Robinson RH, Hertel J, Denegar CR. The effects of gender and fatigue on dynamic postural control. J Sport Rehabil 2009; 18(2): 240-257.
23.Gribble P, Hertel J, Denegar C. Chronic ankle instability and fatigue create proximal joint alterations during performance of the Star Excursion Balance Test. Int J Sports Med 2007; 28(3): 236-242.
24.Reed CA, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. The effects of isolated and integrated core stability training on athletic performance measures: A systematic review. Sports Med 2012; 42(8): 697-706.
25.Okada T, Huxel KC, Nesser TW. Relationship between core stability, functional movement, and performance. J Strength Cond Res 2011; 25(1) :252-261.
26.Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. J Athl Train 2012; 47(3): 339-57.
27.Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. N Am J Sports Phys Ther 2009; 4(2): 92-9.
28. Ortiz A, Olson SL, Roddey TS, Morales J. Reliability of selected physical performance tests in young adult women. J Strength Cond Res 2005; 19(1): 39-44.
29. Hamilton RT, Shultz SJ, Schmitz RJ, Perrin DH. Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. J Athl Train 2008; 43(2): 144-51.
30. Hardy L, Huxel K, Brucker J, Nesser T. Prophylactic ankle braces and star excursion balance measures in healthy volunteers. J Athl Train 2008; 43(4): 347-351.
31. Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, Buckley WE. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. J Athl Train 2004; 39(4): 321-9.
32. Reimer RC, Wikstrom EA. Functional fatigue of the hip and ankle musculature cause similar alterations in single leg stance postural control. J Sci Med Sport 2010; 13(1): 161-6.
33. Zech A, Steib S, Hentschke C, Eckhardt H, Pfeifer K. Effects of localized and general fatigue on static and dynamic postural control in male team handball athletes. J Strength Cond Res 2012; 26(4): 1162-8.
34. Springer BK, Pincivero DM. The effects of localized muscle and whole-body fatigue on single-leg balance between healthy men and women. Gait Posture 2009; 30(1): 50-4.
35. Kotrlik JWKJW, Williams HAWHA. The Incorporation of effect size in information technology, learning, and performance research. ITLPJ 2003; 21(1): 1-7.
36. English T, Howe K. The effect of pilates exercise on trunk and postural stability and throwing velocity in college baseball pitchers: single subject design. N Am J Sports Phys Ther 2007; 2(1): 21-8.
37. Kahle N, Gribble P. Core stability training in dynamic balance testing among young, healthy adults. Athl Train Sports Health Care 2009; 1(2): 65-73.

38. Filipa A, Byrnes R, Paterno MV, Myer GD, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance on the Star Excursion Balance Test in young female athletes. J Orthop Sports Phys Ther 2010; 40(9): 551-8.
39. Kellis E, Kouvelioti V. Agonist versus antagonist muscle fatigue effects on thigh muscle activity and vertical ground reaction during drop landing. J Electromyogr Kinesiol. 2009; 19(1): 55-64.
40.Ortiz A, Olson SL, Etnyre B, Trudelle-Jackson EE, Bartlett W, Venegas-Rios HL. Fatigue effects on knee joint stability during two jump tasks in women. J Strength Cond Res 2010; 24(4): 1019-27.
41.Gribble PA, Hertel J. Effect of hip and ankle muscle fatigue on unipedal postural control. J Electromyogr Kinesiol 2004; 14(6): 641-6.
42.Anderson FC, Pandy MG. Individual muscle contributions to support in normal walking. Gait Posture 2003; 17(2): 159-69.
43.Norris B, Trudelle-Jackson E. Hip-and thigh-muscle activation during the star excursion balance test. J Sport Rehabil 2011; 20(4): 428-41.
44.Plamondon A, Trimble K, Lariviere C, Desjardins P. Back muscle fatigue during intermittent prone back extension exercise. Scand J Med Sci Sports 2004; 14(4): 221-30.
45.Hart JM, Fritz JM, Kerrigan DC, Saliba EN, Gansneder BM, Ingersoll CD. Reduced quadriceps activation after lumbar paraspinal fatiguing exercise. J Athl Train 2006; 41(1): 79-86.
46.Hart JM, Fritz JM, Kerrigan DC, Saliba EN, Gansneder BM, Ingersoll CD. Quadriceps inhibition after repetitive lumbar extension exercise in persons with a history of low back pain. J Athl Train 2006; 41(3): 264-9.
47.Earl JE, Hertel J. Lower-extremity muscle activation during the Star Excursion Balance Tests. J Sport Rehabil 2001; 10(2): 93-104.
48.Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in Neuromuscular Control of the Trunk Predict Knee Injury Risk. Am J Sports Med 2007; 35(7): 1123-30.
49.Comerford MJ, Mottram SL. Movement and stability dysfunction–contemporary developments. Man Ther 2001; 6(1): 15-26.
50.Parkhouse KL, Ball N. Influence of dynamic versus static core exercises on performance in field based fitness tests. J Bodyw Mov Ther 2011; 15(4): 517-24.
51.Allison G, Henry S. The influence of fatigue on trunk muscle responses to sudden arm movements, a pilot study. Clin Biomech 2002; 17(5): 414-7.
52.Hodges PW, Richardson CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. Arch Phys Med Rehabil 1999; 80(9): 1005-12.
53.Hodges PW, Richardson CA. Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. J Spinal Disord 1998; 11(1): 46-56.
54.Hewett TE, Shultz SJ, Griffin LY. Understanding and preventing noncontact ACL injuries. USA: Human Kinetics Publishers; 2007.
55.Miller PK, Bird AM. Localized muscle fatigue and dynamic balance. Percept Mot Skills 1976; 42(1): 135-8.
56.Forestier N, Teasdale N, Nougier V. Alteration of the position sense at the ankle induced by muscular fatigue in humans. Med Sci Sports Exerc 2002; 34(1): 117-22.
57.Distefano LJ, Blackburn JT, Marshall SW, Padua DA. Gluteal muscle activation during common therapeutic exercises. J Orthop Sports Phys Ther 2009; 39(7): 532-40.
58.Behm DG, Leonard AM, Young WB, C. Bonsey WA, Mackinnon SN. Trunk Muscle Electromyographic Activity With Unstable and Unilateral Exercises. J Strength Cond Res 2005; 19(1): 193-201.
59.Behm DG, Anderson KG. The Role of Instability With Resistance Training. J Strength Cond Res 2006; 20(3). 716-22.

60.Horita TH, Komi PK, Nicol CN, Kyröläinen HK. Interaction between pre-landing activities and stiffness regulation of the knee joint musculoskeletal system in the drop jump: implications to performance. Eur J Appl Physiol 2002; 88(1): 76-84.
61.Santello M. Review of motor control mechanisms underlying impact absorption from falls. Gait Posture 2005; 21(1): 85-94.
62.Iida Y, Kanehisa H, Inaba Y, Nakazawa K. Activity modulations of trunk and lower limb muscles during impact-absorbing landing. J Electromyogr Kinesiol 2011; 21(4): 602-9.
63.Iida Y, Kanehisa H, Inaba Y, Nakazawa K. Role of the coordinated activities of trunk and lower limb muscles during the landing-to-jump movement. Eur J Appl Physiol 2012; 112(6): 2223-32.
64.Kulas AS, Schmitz RJ, Shultz SJ, Henning JM, Perrin DH. Sex-specific abdominal activation strategies during landing. J Athl Train 2006; 41(4): 381-6.
65.Benjaminse A, Gokeler A, Fleisig GS, Sell TC, Otten B. What is the true evidence for gender-related differences during plant and cut maneuvers? A systematic review. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2011; 19(1): 42-54.
66.Wilderman DR, Ross SE, Padua DA. Thigh muscle activity, knee motion, and impact force during side-step pivoting in agility-trained female basketball players. J Athl Train 2009; 44(1): 14-25.
67.Hanson AM, Padua DA, Blackburn JT, Prentice WE, Hirth CJ. Muscle activation during side-step cutting maneuvers in male and female soccer athletes. J Athl Train 2008; 43(2): 133-43.
68.Lees A. Methods of impact absorption when landing from a jump. Eng Med 1981; 10(4):207-11.

The Effect of Core Muscle Fatigue on Measurements of Lower Extremity Functional Performance in Male Athletes

Soheil Sheikhhassani*, Reza Rajabi[1], Hooman Minoonejad[2]

Original Article

Abstract

Introduction: Core stability is the ability to control the position and motion of the trunk over the pelvis and legs to allow optimum production and transfer the force to the terminal segment in sport activities. The role of core stability in lower extremity performance has been evaluated in some studies. However, results of such studies contradict each other. In this respect, it has been previously shown that studying the effect of core muscle fatigue on lower extremity performance can provide useful information about its critical role in lower extremity function. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of core muscle fatigue on measurements of lower extremity functional performance in male athletes.

Materials and Methods: Thirty-four healthy male physical education and sport sciences students participated in this experimental study. They all read and signed the consent form. Participants carried out the lower extremity functional performance tests including Y balance, side-to-side hop, figure-eight hop and triple hop in non-fatigued condition during first session. In the second session, at first, athletes participated in the core fatigue protocol consisting of seven exercises and immediately did the lower extremity functional performance tests. Paired t-test was used to compare the data in SPSS software, version 20.

Results: Core fatigue protocol caused a significant reduction in the scores of all lower extremity functional performance tests including Y balance, side-to-side hop, figure-eight hop and triple hop (P=0.001 for all tests).

Conclusion: Based on the results, it can be concluded that the core muscle function affects lower extremity performance, as core muscle fatigue resulted in decreased scores in all lower extremity functional performance tests in this study. Given the possibility that core muscles may become fatigued during long sporting events, training programs which increase core muscle endurance and improve their ability to resist fatigue, could probably be suggested as a way to prevent reduction of lower extremity performance during prolonged sporting activities.

Keywords: core stability, fatigue, functional performance tests

Citation: Sheikhhassani Soheil, Rajabi Reza, Minoonejad Hooman. **The Effect of Core Muscle Fatigue on Measurements of Lower Extremity Functional Performance in Male Athletes.** J Res Rehabil Sci 2013; 9(4): 668-682.

Received date: 17/2/2013 Accept date: 15/5/2013

* MSc student, Department of Sports Injury and Corrective Exercises, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran (corresponding author) Email: sheikhhasanisoheil@yahoo.com
1- Professor, Department of Sports Injury and Corrective Exercises, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Department of Sports Injury and Corrective Exercises, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran