مطالعات طب ورزشی شماره ۱۰، پاییز و زمستان ۱۳۹۰، صص ۱۲۲-۱۰۷

اثر خستگی خم‌کننده و بازکننده‌های ران و مچ پا بر تعادل پویای فوتبالیست‌های مرد

کامران جوهری[۱]، حیدر صادقی[۲]، سیدصدرالدین شجاع الدین[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۵/۲۲

چکیده

با توجه به رابطهٔ خستگی عضلانی با تعادل پویا که جزء تفکیک‌ناپذیر فعالیت‌های روزمره و ورزشی است، هدف از اجرای این تحقیق، بررسی تأثیر خستگی خم‌کننده و بازکننده‌های ران و مچ پا بر تعادل پویای فوتبالیست‌های مرد بود. ۲۰ دانشجوی مرد فوتبالیست رشتهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی که هفته‌ای ۳ بار در تمرینات تیم فوتبال دانشگاه شرکت داشتند، با میانگین و انحراف استاندارد سنی ۰/۷۳±۲۰/۲۴ سال، قد ۴/۲۸±۱۷۰/۲۷ سانتی‌متر و وزن ۹/۲۴±۶۷/۳۸ کیلوگرم، بدون سابقهٔ آسیب در اندام تحتانی، داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. برای برآورد تعادل پویای آزمودنی‌ها، پس از گرم کردن مختصر(۱۰-۵ دقیقه کشش و دو نرم)، از آزمون تعادل ستاره(SEBT) در هشت جهت استفاده شد. به‌منظور ایجاد خستگی در عضلات خم‌کننده و بازکننده‌های ران و مچ پای آزمودنی‌ها، از دینامومتر ایزوکینتیک بایودکس استفاده شد. آزمون در دو جلسه صورت گرفت که ترتیب آنها بر اساس محل و صفحهٔ حرکتی به‌صورت تصادفی انتخاب شد. در هر یک از جلسات، خستگی در یکی از گروه‌های عضلانی خم‌کننده/بازکنندهٔ مفصل ران و خم‌کننده/بازکنندهٔ مچ پا، به‌صورت انقباض‌های مکرر تا رسیدن به ۵۰ درصد گشتاور حداکثر اولیه، با فاصلهٔ ۷۲ ساعت و تا حد ممکن در شرایط مساوی اعمال شد. پس از اجرای برنامهٔ خستگی، پس‌آزمون SEBT به‌عمل آمد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی، آزمون t همبسته و تحلیل واریانس (طرح اندازه‌گیری مکرر) در سطح معنی‌داری P≤۰/۰۵ استفاده شد. خستگی ایزوکینتیکی عضلات خم‌کننده و بازکننده‌های ران و مچ پا سبب کاهش معنی‌دار فاصلهٔ دستیابی در آزمون SEBT شد. ضمن اینکه اعمال برنامهٔ خستگی در عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ مفصل ران سبب کاهش بیشتر فاصلهٔ دستیابی آزمودنی‌ها نسبت به عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ مچ پا شد. با توجه به یافته‌های تحقیق، خستگی عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران نسبت به خم‌کننده/بازکننده‌های مچ پا در تعادل پویای فوتبالیست‌ها بیشتر اثرگذار است.

کلیدواژه‌های فارسی: خستگی، خم‌کننده و بازکننده‌های ران و مچ پا، تعادل پویا.

۱ . کارشناس‌ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوکان (نویسندهٔ مسئول)
Email: k_jovahari@yahoo.com
۲ . استاد دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تربیت معلم تهران Email: sadeghih@yahoo.com
۳ . دانشیار دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تربیت معلم تهران Email: sa_shojaedin@yahoo.com

مقدمه

خستگی از شایع‌ترین احساساتی است که در زندگی روزمره آن را تجربه می‌کنیم، اما به‌دلیل معانی مختلف آن، از جمله واماندگی، خستگی عضلانی و خستگی روحی، ارائهٔ تعریف کاملی از آن مشکل است(۱). در میان انواع خستگی، خستگی عضلانی ناشی از فعالیت‌های فیزیکی به‌عنوان ناتوانی فرد برای تولید نیروی مورد نیاز یا ناتوانی در حفظ و استمرار نیروی تولیدشده برای فعالیت هدف تعریف می‌شود که در قسمت‌های مختلف ساختارهای کنترل عصبی-عضلانی، از جمله سیستم عصبی مرکزی، کنترل عصبی عضله و خود عضله اتفاق می‌افتد و کاهش کارایی عضلات و افزایش احتمال آسیب‌دیدگی پس از خستگی را موجب می‌شود(۲). براساس تعریف فیتس(۱۹۹۶) خستگی به دو نوع موضعی(محیطی) یا عمومی(مرکزی) تقسیم می‌شود(۳). خستگی موضعی در سطح عضلانی پدید می‌آید و گروهی خاص از عضلات را در برمی‌گیرد که ممکن است موجب بروز اختلالات در محل اتصال عصبی-عضلانی، سازوکارهای تحریک-انقباض، انتشار تحریک توسط لوله‌های عرضی در سارکوپلاسم، آزاد شدن کلسیم و تحریک اجزای انقباضی شود که مسئول تولید نیرو و توان هستند(۳). خستگی عمومی مرتبط با رویدادهای درون‌داد عصبی، به بخش‌های بالای مغز و فراخوانی نورون‌های حرکتی آلفا ارتباط دارد و می‌توان گفت به کل بدن و به‌ویژه سیستم عصبی مرکزی مربوط است(۳). از نظر دانشمندان و متخصصان علوم ورزشی، خستگی، عامل اصلی محدودکنندهٔ عملکرد انسان محسوب می‌شود(۴). خستگی عضلانی ناشی از فعالیت‌های فیزیکی و روزمره و به‌ویژه در فعالیت‌های ورزشی، پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر است(۵). نظر به اینکه فعالیت‌های فیزیکی روزمره و ورزشی، نیازمند ترکیبی از حفظ تعادل (حفظ موقعیت مناسب بدن و جهت‌یابی فضایی) و اجزای خاص حرکتی(عضلات و مفاصل درگیر در اجرای حرکت هدف) است، تعادل، از شاخص‌های مهم استقلال در اجرای فعالیت‌های روزمره و به‌خصوص فعالیت‌های ورزشی تلقی می‌شود(۶). از آنجا که بیشتر فعالیت‌های ورزشی در محیطی پویا انجام می‌گیرند، تعادل پویا در اجرای مهارت‌های ورزشی اهمیت ویژه‌ای دارد(۷) و عملکرد تمامی رشته‌های ورزشی، از تیراندازی که کمترین جابه‌جایی در آن صورت می‌گیرد تا رشته‌هایی مانند فوتبال که جابه‌جایی سریع همراه با حداکثر تعادل مورد نیاز است، را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۸).

تعادل، از اجزای اصلی اغلب فعالیت‌های روزمره و عامل مهمی برای عملکرد ورزشی ورزشکاران است(۹)، تا آنجا که به گفتهٔ گامبتا و گری(۲۰۰۰)، تعادل مهم‌ترین عامل در توانایی اجرای ورزشی است(۱۰). شاموی کوک(۲۰۰۱) تعادل را کنترل موقعیت بدن در فضا به‌منظور

دستیابی به پایداری و جهت‌گیری بدن تعریف کرده است(۱۱). از جنبهٔ تئوری، پاناکالیو(۲۰۰۵) تعادل را به دو صورت ایستا (توانایی حفظ مرکز ثقل در محدودهٔ سطح اتکا) و پویا (حرکت فعال مرکز فشار حین ایستادن، راه رفتن یا هر مهارت دیگر) (۹) تعریف می‌کند. از نظر عملیاتی، اولمستد(۲۰۰۴) و گاسکوویچ(۱۹۹۶) تعادل را به‌صورت ایستا(حفظ یک وضعیت با کمترین حرکت)، نیمه‌پویا (حفظ یک وضعیت درحالی که سطح اتکا جابه‌جا شود) و پویا(حفظ ثبات سطح اتکا در حالی‌که یک حرکت توصیف‌شده اجرا می‌شود) دسته‌بندی کرده‌اند(۱۲،۱۳). از نظر بیومکانیکی و عملکردی تعادل پویا را می‌توان تحت عنوان حرکت فعال مرکز فشار در محدودهٔ سطح اتکا و حفظ ثبات سطح اتکا حین اجرای یک تکلیف توصیف‌شده تعریف کرد(۷،۱۰). برای ارزیابی وضعیت تعادل از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. به‌طور کلی آزمون‌های ارزیابی تعادل به دو دستهٔ عملکردی[1] (مشابه فعالیت‌ها و مهارت‌های پایه و ورزشی) و غیرعملکردی (بدون شباهت به فعالیت‌های روزانه و مهارت‌های ورزشی) تقسیم می‌شوند(۹). آزمون‌های عملکردی تعادل، عموماً آزمون‌های پویا هستند که توانایی فرد را در حفظ تعادل، زمانی که راه می‌رود، تکلیفی را با حداکثر سرعت ممکن اجرا می‌کند یا عمل دستیابی را با حداکثر فاصلهٔ ممکن انجام می‌دهد، ارزیابی می‌کنند(۱۴،۱۵). نمونه‌ای از آزمون‌های عملکردی پویا، آزمون تعادلی گردش ستاره[2] (SEBT) است که گری(۱۹۹۵) برای ارزیابی تعادل پویا آن را معرفی کرد(۱۶). در این آزمون فرد باید تعادل خود را روی یک پا بدون درگیر شدن سطح اتکا و به‌هم‌خوردن تعادل حفظ کند، در حالی‌که با پای دیگر عمل دستیابی را با کسب حداکثر فاصله در هشت جهت انجام می‌دهد(۱۷). هدف از اجرای عمل دستیابی در SEBT، حفظ تعادل، هنگام ایجاد حداکثر اختلال در موازنهٔ بدن و توانایی برگشت به حالت موازنه(حرکت فعال COP) است(۱۳). ریتی(۲۰۰۲) و اولمستد(۲۰۰۳)، نتیجه‌گیری کردند که SEBT آزمونی ساده، ارزان، سریع و دارای روایی ۰/۷۹ تا ۰/۹۱ و پایایی بین آزمونگری (۰/۹۶-۰/۷۸) و درون آزمونگری(۰/۹۳-۰/۸۱) است که به تجهیزات مخصوص نیاز ندارد و توانایی عملکردهای حرکتی، اجراهای عملکردی اندام‌های تحتانی در جهت‌های مختلف و کنترل تعادل پویا را نشان می‌دهد. به‌همین دلیل، استفاده از آزمون SEBT نسبت به دیگر روش‌های ارزیابی کنترل قامت و تعادل پویا مناسب‌تر به‌نظر می‌رسد(۷).

با توجه به ارتباط اجرای مهارت‌های ورزشی و حفظ تعادل و همچنین اثر کاهش تعادل بر افزایش احتمال آسیب(۵،۱۸)، بررسی عوامل موثر بر تغییرات تعادل پویا، از جمله خستگی

---

1. Functional
2. Star Excurison Balance Test

مورد توجه محققان قرار گرفته است(۲۱-۱۹). یاگی و همکاران(۲۰۰۲) در تحقیقی، اثر خستگی ایزوکنتیک عضلات مفصل مچ پا را بر تعادل پویا بررسی کردند که نتایج تحقیق آنها نشان‌دهندهٔ کاهش توانایی تعادل پس از اعمال خستگی در عضلات یادشده بوده است(۱۹). ویلروم و همکاران(۲۰۰۶) نیز در تحقیق خود با عنوان تأثیر خستگی عضلات خلفی ساق پا بر تعادل پویا، تأثیر معنی‌دار خستگی عضلات ناحیهٔ ساق پا بر کاهش تعادل پویا را تایید کردند(۲۰). نیکولاس و همکاران(۲۰۰۷) به بررسی اثر خستگی عضلات بازکنندهٔ ستون فقرات بر کنترل پاسچر پرداختند. نتایج تحقیقات آنها نیز نشان‌دهندهٔ افزایش نوسان‌های COP پس از اعمال خستگی است(۲۱).

فوتبال از ورزش‌های پرطرفدار در سراسر دنیاست. ۲۶۵ میلیون فوتبالیست در جهان فعالیت می‌کنند. بر اساس آخرین آمار فدراسیون بین‌المللی فوتبال (FIFA)، ۱۰ تا ۵۰ آسیب به ازای ۱۰۰۰ ساعت بازی فوتبال رخ می‌دهد(۲۲). در سال‌های گذشته چندین تحقیق در زمینهٔ ارتباط زمان صدمه‌دیدگی و خستگی منتشر شده است. برای مثال مک‌هیو[1] و همکاران (۲۰۰۷)، ۷۶ درصد آسیب‌ها را در نیمهٔ دوم مسابقه یا بازی فوتبال گزارش کرده‌اند(۲). همچنین مک‌گویین[2] و همکاران (۲۰۰۰) در یک تحقیق آینده‌نگر، ارتباط میان تعادل و ضایعهٔ مچ پا را در ۲۱۰ بسکتبالیست بررسی کردند و دریافتند افرادی که افزایش نوسان قامت را تجربه می‌کنند، بیش از هفت برابر افراد دارای تعادل طبیعی، دچار پیچ‌خوردگی پا می‌شوند(۲۳). به‌طور کلی تحقیقات اپیدمیولوژیک نشان داده‌اند که در ورزش، شایع‌ترین زمان برای آسیب‌دیدگی اواخر بازی است، یعنی زمانی که ورزشکار خسته است(۶).از جمله مفاصلی که بیشترین آسیب‌دیدگی را در ورزش به خود اختصاص می‌دهد، مچ پاست که حدود ۱۰ تا ۲۸ درصد از کل آسیب‌دیدگی‌های ورزشی را شامل می‌شود(۲۴). مچ پا، از مفاصلی است که نقش مهمی در کنترل تعادل دارد(۲۵). ممکن است درصد زیاد آسیب‌دیدگی در اندام تحتانی به‌ویژه مچ پا، در نتیجهٔ اختلال در قدرت یا تعادل و نقص در پایداری باشد. ورزشکارانی که پایداری بهتری دارند، کمتر دچار آسیب‌دیدگی می‌شوند(۲۶).

نتایج تحقیقات در این زمینه حاکی از آن است که بیشتر آسیب‌های ورزشی در هنگام خستگی و عدم تعادل بروز می‌کند، به‌ویژه در رشته‌های ورزشی چون فوتبال که تحمل وزن بدن بر روی اندام‌های تحتانی است. آسیب‌های مچ پا، از رایج‌ترین صدمات در میان فوتبالیست‌هاست (۲۷) و هزینهٔ درمان این آسیب‌ها نیز بسیار هنگفت است (دو بیلیون دلار در سال) (۲۸)؛ از

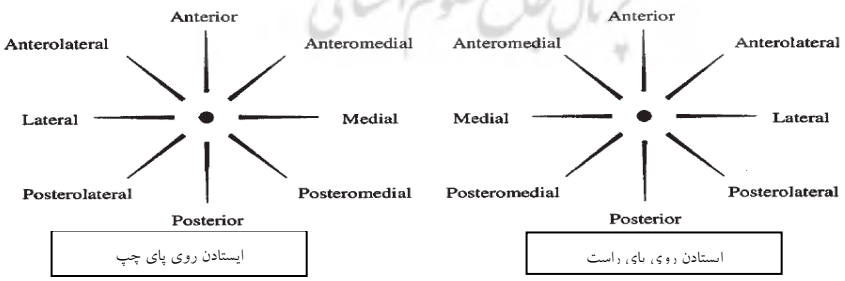
1. Mc Hugh
2. Mc Guine

طرفی بیشتر تحقیقات تأثیر خستگی عضلانی را بر حس عمقی و کنترل عصبی- عضلانی نشان داده‌اند(۱۲) و در تحقیقات اندکی، از انقباض‌های دینامیک برای بررسی تأثیر خستگی عضلانی بر تعادل پویا براساس یک آزمون عملکردی استفاده شده است. با فرض اینکه خستگی عضلات خم‌کننده و بازکننده‌های مفصل ران و مچ پا بر تعادل پویای فرد اثرگذار است و می‌تواند زمینه‌ساز بروز آسیب شود، هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر خستگی عضلات خم‌کننده و بازکننده‌های ران و مچ پا بر تعادل پویای دانشجویان فوتبالیست مرد بود.

روش‌شناسی پژوهش

تحقیق از نوع نیمه‌تجربی بود که در آن تاثیر متغیر مستقل اعمال برنامهٔ خستگی بر عضلات خم‌کننده و بازکننده‌های ران و مچ پا بر متغیر وابسته تعادل پویا از طریق اجرای پیش‌آزمون-پس‌آزمون اندازه‌گیری شد. ۲۰ دانشجوی فوتبالیست مرد رشتهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی با میانگین و انحراف استاندارد سنی ۰/۷۳±۲۰/۲۴ سال، قد ۴/۲۸±۱۷۰/۲۷ سانتی‌متر و وزن ۹/۲۴±۶۷/۳۸ کیلوگرم، بدون سابقهٔ آسیب‌دیدگی در اندام تحتانی که سه جلسه در هفته به تمرینات فوتبال در تیم دانشگاه می‌پرداختند، داوطلبانه به‌عنوان آزمودنی در این تحقیق شرکت کردند.

برای ارزیابی تعادل پویا از آزمون SEBT استفاده شد. با توجه به پروتکل استاندارد این آزمون هشت جهت با زاویهٔ ۴۵ درجه نسبت به یکدیگر به‌صورت ستاره روی زمین رسم شد و به‌منظور اجرای این آزمون و نیز نرمال کردن اطلاعات، طول واقعی پا یعنی از خار خاصرهٔ فوقانی قدامی تا قوزک داخلی اندازه‌گیری شد. پس از توضیحات آزمونگر در خصوص نحوهٔ اجرای آزمون، هر آزمودنی شش بار آزمون را تمرین کرد تا روش اجرا را فرا گیرد. قبل از شروع آزمون، پای برتر آزمودنی‌ها تعیین شد تا در صورت برتر بودن پای راست، آزمون در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و در صورت برتر بودن پای چپ، در جهت عقربه‌های ساعت انجام گیرد(شکل ۱) (۷،۲۹،۳۰).



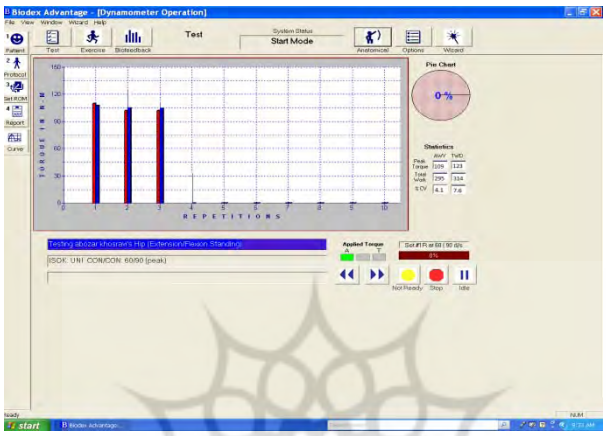
شکل ۱. نمای کلی SEBT

روش آزمون به این صورت بود که آزمودنی با پای برتر(به‌صورت تک پا) در مرکز ستاره ایستاد و تا آنجا که مرتکب خطا نشود(پا از مرکز ستاره حرکت نکند، روی پایی که عمل دستیابی انجام می‌دهد تکیه نکند یا شخص نیفتد) با پای دیگر در جهتی که آزمونگر به‌صورت تصادفی تعیین می‌کند، عمل دستیابی را انجام داد و به حالت طبیعی روی دو پا بازگشت. فاصلهٔ محل تماس پای آزاد تا مرکز ستاره، فاصلهٔ دستیابی است(شکل ۲). هر آزمودنی هر یک از جهت‌ها را سه بار انجام داد و در نهایت میانگین آنها محاسبه، بر اندازهٔ طول پا (بر حسب سانتی‌متر) تقسیم و سپس در عدد ۱۰۰ ضرب شد تا فاصلهٔ دستیابی بر حسب درصدی از اندازهٔ طول پا به‌دست آید(۲۸).

شکل ۲. آزمودنی حین اجرای SEBT

برای اعمال خستگی در عضلات خم‌کننده/بازکننده‌های ران و مچ پای آزمودنی‌ها، از دینامومتر ایزوکینتیک بایودکس System4 استفاده شد. برای هر یک از حرکات تاشدن/بازشدن مفصل مچ پا و تاشدن/بازشدن مفصل ران، ابتدا مقدار حداکثر گشتاور ارادی کانسنتریک اندازه‌گیری شد (شکل ۳) و ۵۰ درصد این مقدار، به‌عنوان معیار خستگی در نظر گرفته شد. پروتکل ایجاد خستگی عضلانی به این ترتیب بود که افراد، انقباض‌های کانسنتریک ارادی با حداکثر تلاش را بدون استراحت تا زمانی تکرار می‌کردند که حداقل برای ۳ تکرار متوالی، گشتاور تولیدشده در هر حرکت، به کمتر از ۵۰ درصد حداکثر گشتاور ارادی اولیهٔ همان حرکت برسد(۳۱). پروتکل خستگی به‌صورت اجرای انقباض‌های مکرر تا رسیدن به ۵۰ درصد گشتاور حداکثر اولیه در تحقیق حاضر، امکان دستیابی به بازخورد را در حین اجرای پروتکل خستگی فراهم می‌سازد و

نیز به‌عنوان یک معیار تکرارپذیر و استاندارد شناخته شده است. همچنین به‌کارگیری پروتکل خستگی مذکور در برخی تحقیقات مشابه در گذشته نیز، به تغییر معنی‌دار در شاخص‌های کنترل تعادل منجر شده است(۱۹،۳۲،۳۳).



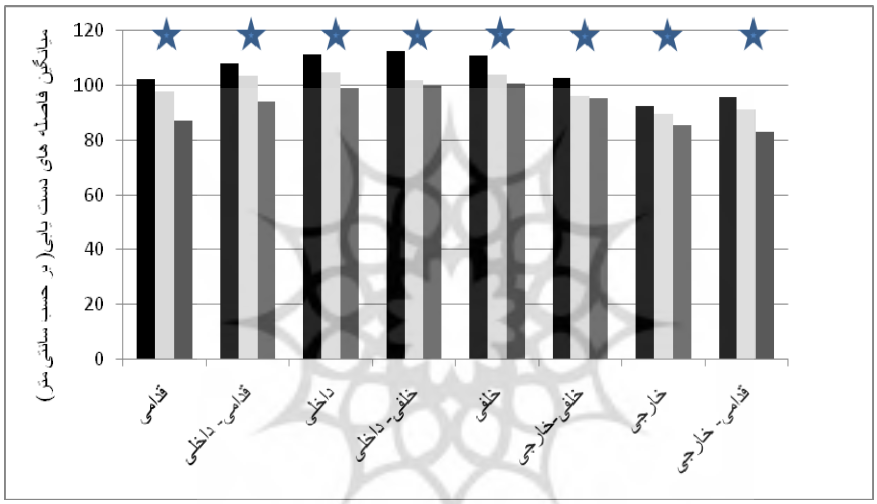
شکل ۳. صفحهٔ عملکردی دینامومتر، نمونهٔ ثبت حداکثر گشتاور تولیدی در ۳ تکرار

در شرایط مشابه آزمودنی‌ها به دو گروه تقسیم شدند و آزمون طی دو هفته اجرا شد. یک روز قبل از اجرای تمرینات خستگی در آزمایشگاه پژوهشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی(محل اجرای پژوهش)، از آزمودنی‌های دو گروه پس از پنج دقیقه گرم کردن(کشش و دو نرم) پیش‌آزمون SEBT در هشت جهت به‌عمل آمد. در روز بعد، خستگی در یکی از گروه‌های عضلانی به‌صورت تصادفی با فاصلهٔ ۷۲ ساعت، به‌صورت انقباض‌های مکرر تا رسیدن به ۵۰ درصد گشتاور حداکثر اولیه انجام گرفت، سپس پروتکل خستگی متوقف شد و پس‌آزمون SEBT به‌عمل آمد. طی یک روز فاصله با گروه اول از زمان اتمام آزمون، تمام مراحل آزمون برای گروه دوم به‌طور مشابه اجرا شد.

به‌منظور محاسبهٔ میانگین و انحراف استاندارد سن، قد، و وزن آزمودنی‌ها و نیز فاصلهٔ دستیابی آنان در هشت جهت SEBT از آمار توصیفی، و برای تعیین معنی‌دار بودن اختلاف فاصلهٔ دستیابی در هر گروه پیش و پس از اعمال خستگی از آزمون t همبسته، و برای تعیین اختلاف اثر بین اعمال برنامهٔ خستگی در عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران و مچ پا و تعادل پویای آزمودنی‌ها (پیش‌آزمون) از آزمون تحلیل واریانس (طرح اندازه‌گیری مکرر) در سطح معنی‌داری $P\leq ۰/۰۵$ استفاده شد.

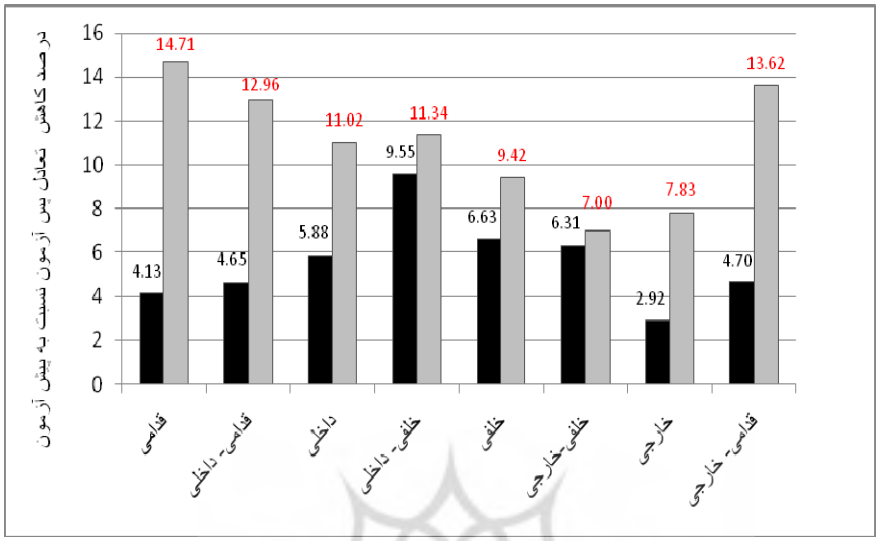
یافته‌های پژوهش

نمودار ۱، نتایج مقایسهٔ میانگین‌های خستگی عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران و خم‌کننده/بازکنندهٔ مفصل مچ پا با میانگین پیش‌آزمون در هر یک از هشت جهت SEBT را نشان می‌دهد. شواهد این نمودار حاکی از تفاوت بین نتایج است، به‌طوری‌که در همهٔ هشت جهت فاصلهٔ دستیابی در پس‌آزمون عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران و خم‌کننده/بازکنندهٔ مفصل مچ پا نسبت به پیش‌آزمون کمتر بوده و از نظر آماری این اختلافات در سطح $P \leq ۰/۰۵$ معنی‌دار است.



نمودار ۱. میانگین هر یک از هشت جهت SEBT در مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ مچ پا و خم‌کننده/بازکنندهٔ ران (★اختلاف در سطح $P \leq ۰/۰۵$ معنادار)

در نمودار ۲، میانگین درصد کاهش تعادل هر یک از هشت جهت SEBT، در پس‌آزمون عضلات خم‌کننده و بازکننده‌های ران و مچ پا نشان داده شده است.



نمودار ۲. میانگین درصد کاهش تعادل هر یک از هشت جهت SEBT در عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ مفصل ران و خم‌کننده/بازکنندهٔ مفصل مچ پا

نتایج نشان می‌دهد که در مقایسهٔ درصد کاهش فاصلهٔ دستیابی آزمودنی‌ها پیش از اعمال برنامهٔ خستگی با میانگین خم‌کننده/بازکنندهٔ مچ پا (پس از اعمال برنامهٔ خستگی) بر تعادل پویا، بیشترین کاهش فاصلهٔ دستیابی در جهت‌های خلفی-داخلی(۹/۵۵درصد)، خلفی (۶/۶۳درصد) و خلفی-خارجی (۶/۳۱درصد) و در میانگین خم‌کننده/بازکنندهٔ ران (پس از اعمال برنامهٔ خستگی) بر تعادل پویا در جهت‌های قدامی(۱۴/۷۱درصد)، قدامی-خارجی(۱۳/۶۲درصد) و قدامی-داخلی(۱۲/۹۶درصد) به‌وجود آمده است.

نتایج بررسی تحلیل واریانس (طرح اندازه‌گیری مکرر) نشان می‌دهد که بین اثر خستگی عضلات در مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران و خم‌کننده/بازکنندهٔ مفصل مچ پا تفاوت معنی‌داری وجود دارد(جدول ۱).

جدول ۱. نتایج تحلیل واریانس برای مقایسهٔ میانگین خستگی عضلات خم‌کننده و بازکننده‌های ران و مچ پا

منبع تغییر	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	F	معناداری
پیش‌آزمون- خم‌کننده/بازکنندهٔ ران – خم‌کننده/بازکنندهٔ مفصل مچ پا	۱۳۲۷/۰۹۶	۱/۴۹۳	۸۸۸/۷۸۷	۸۶/۶۴۸	۰/۰۰۰۵
خطا	۲۹۱/۰۰۲	۱۹	۱۰/۲۵۷		

مقایسهٔ میانگین‌ها در جدول ۲ نشان می‌دهد که میانگین عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران در مقایسه با خم‌کننده/بازکنندهٔ مچ پا کمتر است. به‌علاوه بین میانگین تعادل در مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون عضلات خم‌کننده و بازکننده‌های مفصل ران و مچ پا تفاوت معناداری وجود دارد.

جدول ۲. نتایج آزمون تعقیبی بن فرونی برای مقایسهٔ میانگین‌های پیش‌آزمون عضلات خم‌کننده و بازکننده‌های ران و مچ پا

مرحله	میانگین	مقایسه	میانگین تفاوت	خطای استاندارد	معناداری
پیش‌آزمون	۱۰۴/۶۶	پیش‌آزمون-عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ مچ پا	۵/۹۶	۰/۶۴۹	۰/۰۰۰۵*
عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ مچ پا	۹۸/۷۰	پیش‌آزمون-عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران	۱۱/۵۲	۱/۰۸۸	۰/۰۰۰۵*
عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران	۹۳/۱۴	عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ مچ پا- عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران	۵/۵۶	۰/۸۳۲	۰/۰۰۰۵*

* معنی‌داری در سطح $P \leq ۰/۰۵$

مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد که میانگین تعادل در مرحلهٔ پیش‌آزمون ۱۰۴/۶۶ بوده که در پس‌آزمون عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ مفصل مچ پا به ۹۸/۷۰ و در پس‌آزمون عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران به ۹۳/۱۴ کاهش یافته است. به‌علاوه اعمال خستگی در عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ مفصل ران، اثر بیشتری در کاهش فاصلهٔ دستیابی آزمودنی‌ها نسبت به خستگی در عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ مچ پا در آزمون SEBT داشته است.

بحث و نتیجه‌گیری

بر پایهٔ نتایج تحقیق خستگی ایزوکینتیک عضلات خم‌کننده و بازکننده‌های مفصل ران و مچ پا سبب کاهش معنی‌دار فاصلهٔ دستیابی در آزمون SEBT شد. ضمن اینکه اعمال برنامهٔ خستگی در عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران سبب کاهش بیشتر فاصلهٔ دستیابی آزمودنی‌ها نسبت به عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ مچ پا شد.

در مجموع نتایج به‌دست‌آمده در خصوص کاهش توانایی کنترل تعادل پس از اعمال برنامهٔ خستگی با یافته‌های تحقیقات قبلی یاگی[1] و همکاران(۲۰۰۵)، ویلروم[1] و همکاران(۲۰۰۶)،

1. Yaggie

نیکولاس[۲] و همکاران(۲۰۰۷) که در همهٔ آنها تا حدودی کاهش کنترل تعادل و افزایش نوسانات بدن پس از اعمال برنامه‌های مختلف خستگی گزارش شده بود، همخوانی دارد. اما با نتایج پژوهش روزی[۳] و همکاران (۱۹۹۹) همخوانی ندارد. توضیح احتمالی برای یافتهٔ روزی و همکاران که کاهش معنی‌داری در توانایی تعادلی افراد پس از خستگی به‌دست نیاوردند، این است که شاخص انتخاب‌شده، یعنی شاخص ثبات کلی در سیستم بایودکس، ممکن است به اندازهٔ کافی برای تعیین تغییرات کوچک حساس نباشد(۳۴). همچنین نتایج تحلیل واریانس نشان داد که بین اثر خستگی پیش‌آزمون و پس‌آزمون عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران و خم‌کننده/بازکنندهٔ مچ پا تفاوت معناداری وجود دارد ($P\leq ۰/۰۵$).

نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های صلواتی و همکاران (۱۳۸۶) و گریبل[۴] و همکاران(۲۰۰۴) که در مجموع به این نتیجه رسیدند که برای حفظ کنترل قامت در حالت ایستاده بر روی یک پا، عضلات عمل‌کننده در مفصل ران نسبت به عضلات ناحیهٔ مفصل مچ پا نقش بیشتری دارند و خستگی عضلات مفصل ران سبب افزایش بیشتری در شاخص‌های ثباتی نسبت به عضلات مچ پا می‌شود، همخوانی دارد(۲۸،۳۵). پس می‌توان گفت در کل خستگی سبب کاهش تعادل در هر دو گروه خم‌کننده/بازکنندهٔ ران و مچ پا می‌شود، ولی عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران در مقایسه با خم‌کننده/بازکنندهٔ مچ پا، بیشتر تحت تاثیر خستگی قرار می‌گیرند و در نتیجه تعادل افراد در پی خستگی این عضلات کمتر می‌شود؛ ضمن اینکه تاثیر خستگی در عضلات مفصل ران در مقایسه با عضلات مچ پا بیشتر است.

این یافته را شاید بتوان با نوع تارهای موجود در هر یک از گروه عضلات مورد نظر مرتبط دانست. براساس یافته‌های تحقیقات قبلی، نشان داده شده است که واحدهای حرکتی عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران بیشتر از نوع تندانقباض است. این واحدهای حرکتی در مقایسه با واحدهای حرکتی کندانقباض، نیروی بیشتری تولید می‌کنند، اما در برابر خستگی به اندازهٔ واحدهای حرکتی کندانقباض مقاوم نیستند(۳۶). از طرفی خستگی عضلات ثبات‌دهنده بیشتر بر تعادل تأثیرگذار است، زیرا وقتی ثبات‌دهنده‌های اصلی مفصل در تولید نیروی کافی ناتوان باشند، مفصل بی‌ثبات تلقی می‌شود و ممکن است سبب کاهش تعادل شود(۱۹). دلیل احتمالی دیگر این موضوع را نیز می‌توان به نقش متفاوت هر یک از عضلات اندام تحتانی در اجرای آزمون تعادل ستاره نسبت داد، زیرا فرد در تلاش برای بیشترین فاصلهٔ دستیابی در جهت‌های

1 . Vuillerom
2. Nicolas
3. Rozzi
4. Gribble

قدامی، قدامی-خارجی و قدامی-داخلی باید به‌سمت عقب تمایل پیدا کند و تنه در وضعیت بازشدن باشد تا بتواند تعادل خویش را حفظ کند. در این وضعیت، نیروی جاذبه عمل‌کنندهٔ بر قسمت بالاتنه سبب گشتاور زیاد خم شدن زانو می‌شود که باید با گشتاور بازشدن(اکسنتریک) تولیدشده در عضلهٔ چهارسر ران کنترل شود. به‌طور مشابه در اجرای آزمون در جهت‌های خلفی-داخلی، خلفی و خلفی-خارجی، آزمودنی برای کسب بیشترین فاصله، نیازمند بازشدن مچ پاست که به فعالیت شدید عضلات ناحیهٔ مچ پا در حین دستیابی در این جهت‌ها منجر می‌شود. علاوه بر این کاهش مشاهده‌شده را می‌توان به کارکرد نامناسب عضلات و آثار حسی خستگی نسبت داد. اعمال برنامهٔ خستگی در یک ناحیه از بدن و بر روی عضلات عمل‌کنندهٔ در یک مفصل، موجب ارسال پیام‌های گیرنده‌های حسی به سیستم عصبی مرکزی می‌شود که این سیستم با ارسال پیامی مبنی بر کاهش فعالیت انقباضی عضلات مورد نظر، احتمالا برای جلوگیری از آسیب عضله پاسخ می‌دهد(۱۶). سازوکارهای مهاری دستگاه عصبی‌ـ عضلانی مانند اندام‌های وتری گلژی برای جلوگیری از اعمال نیروی عضلانی بیش از حد تحمل استخوان‌ها و بافت‌های همبند اهمیت زیادی دارد. این کنترل تنش عضلانی همان مهار خودبه‌خودی است. زمانی که تنش اعمال‌شده روی وترهای عضلانی و ساختمان‌های بافت همبند داخلی بیش از آستانهٔ تحمل اندام‌های وتری گلژی باشد، نورون‌های حرکتی آن عضله مهار می‌شود. این واکنش مهار خودبه‌خودی نام دارد(۳۷،۳۸). از این‌رو اعمال برنامهٔ خستگی در یک گروه عضلانی، به کاهش سرعت انتقال عصبی در راه‌های آوران و وابران به گروه عضلات مدنظر منجر می‌شود که این عامل نیز ممکن است در کاهش تعادل پویا و فاصلهٔ دستیابی آزمودنی‌ها پس از اعمال برنامهٔ خستگی نقش داشته باشد(۳۶).

به‌طور کلی نتایج تحقیق نشان داد که خستگی بر تعادل فوتبالیست‌ها مؤثر است، به‌طوری‌که سبب کاهش تعادل پویای آنها می‌شود. همچنین با توجه به نتایج می‌توان گفت در کل خستگی عضلات خم‌کننده و بازکننده‌های مفصل ران و مچ پا سبب کاهش تعادل پویا می‌شود، ولی عضلات خم‌کننده/بازکنندهٔ ران در مقایسه با خم‌کننده/بازکنندهٔ مچ پا بیشتر تحت تاثیر خستگی قرار می‌گیرند و در نتیجه تعادل فوتبالیست‌های مرد با خستگی این عضلات کمتر می‌شود. با توجه به یافته‌های این تحقیق، می‌توان نتیجه گرفت که برای حفظ تعادل بهینه در حین اجرای فعالیت‌های ورزشی، کارکرد و اعمال نیروی مناسب عضلات عمل‌کننده در اطراف مفاصل اندام تحتانی به‌ویژه در ناحیهٔ ران، اهمیت زیادی دارد، از این‌رو به ورزشکاران، مربیان و... این رشتهٔ ورزشی توصیه می‌شود که در طراحی برنامه‌های تمرینی برای افزایش تعادل پویا و متعاقب آن کاهش احتمال آسیب‌دیدگی در اواخر فعالیت‌های فیزیکی و ورزشی، به‌دلیل

شدید بودن خستگی و شمار زیاد آسیب‌های گزارش‌شده در این زمان، در کنار توجه به دیگر عوامل آمادگی جسمانی به تمرینات افزایش استقامت عضلانی به‌ویژه در اندام تحتانی و ناحیهٔ مفصل ران، توجه ویژه‌ای داشته باشند.

منابع:

1. David, J., Joan, R., Arnold, H. (2004). Skeletal muscle from molecules to movement. Human Kinetic. 87-93.
2. McHugh, M.P., Tyler, T.F., Mirabella, M.R., Mullaney, M.J., Nicholas, S.J. (2007). The Effectiveness of a balance training intervention in reducing the incidence of non contact ankle sprains in high school football players. Am J Sports Med. 35(38): 1289-99.
3. Fitts, R. (1996). Selected from the third IOC world congress on sport sciences. Muscle fatigue: The cellular aspects. Am J Sports Med. 24(6): 32-8.
4. Vuillerom, N., Forestier, N., Nougler, V. (2002). Attentional demands and postural sway: the effect of the calf muscle fatigue. Med Sci Sport Exerc. 34(12): 1907-12.
5. Murphy, DF., Connolly DAJ, Beynnon B. (2003). Risk factors for lower extremity injury: a review of literature. Bri J Sports Med . 37: 13-19.
6. Balogun, JA., Akindele, KA., Nahinlola, J. (1994). Age-related changes in balance performance. Diabil Rehabil. 16: 58–62.
7. Gribble, P. (2003). The star excursion balance test as a measurement tool. Athl Ther Today. 8(2): 46-47.
8. Huston, JL., Sandrey, MA., Lively, MW., Kotsko, K. (2005). The effects of calf muscle fatigue on sagittal-plane joint-position sense in the ankle. J Sport Rehabil. 14: 168-84.
9. Punakallio, A. 2005. Balance abilities of workers in physically demanding jobs: With special reference to firefighters of different ages. J Sports Sci & Med. 4, 8: 7-14.
10. Blackburn, T., Guskiewicz, KM., Petschaur, MA., Prentice, WE. (2000). Balance and joint stability: the relative contributions of proprioception and muscular strength. J Sport Rehabil. 9: 315-328.
11. Shumway, C.A., Woollacott, M.H. (2001). Motor control theory and practical applications, (Second Edition). A Wolters Kluwer Company. 614p.
12. Guskiewicz, K., Perrin, D. (1996). Research and clinical applications of assessing balance. J Sport Rehabil. 45: 63-5.

13. Olmsted, L., Hertel, J. (2004). Influence of foot type and orthotics on static and dynamic postural control. J Sport Rehabil. 13: 54-66.

14. Hertel, J., Miller, SJ., Denegar, CR. (2000). Intratester and intertester reliability during the star excursion balance tests. J Sport Rehabil. 9: 104-116.

15. Rinne, MB., Pasanen, ME., Miilunpalo, SI., Oja, P. (2001). Test-retest reproducibility and inter-rater reliability of a motor skill test battery for adults. Int J Sports Med. 22: 192-200.

16. Earl, JE., Hertel, J. (2001). Lower-extremity muscle activation during the star excursion balance tests. J Sport Rehabil. 10: 93-104.

17. Kimberly, MS. (2005). The Effects of a Five-Week Core Stabilization-Training Program on Dynamic Balance in Tennis Athletes. A MS thesis submitted to the School of Physical Education at West Virginia University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Athletic Training.

18. Boden, BP., Dean, GS., Feaging, JA., Gorret, WE. (2000). Mechanism of Anterior Crusiate Ligament injury. Orthopedics. 23: 573-78.

19. Yaggie, JA., McGregor, SJ. (2002). effect of isokinetic fatigue on the maintenance of balance and postural limits. Arch Phys Med Rehabil. 83: 224-8.

20. Vuillerom, N., Dmetz, S. (2006). The magnitude of the effect of calf muscles fatigue on postural control during bipedal quiet standing with vision depends on the eye-visual Target distance. Gait & Posture. 24: 166-72

21. Nicolas, V., Baptiste, A., Patrice, R. (2007). Trunk extensor muscle fatigue affects undisturbed postural control in young healthy adults. Gait & Posture. 24: 166- 72.

22. Lee, A., Garraway. W. (2000). The influence of environmental factors on rugby football injuries. J Sports Sci. 18: 91-5.

23. McGuine, TA., Greece JJ. (2000). Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. Clin J Sport Med. 10(4): 239-44.

24. Garrick, JG., Requa, RK. (1998). The epidemiology of foot and ankle injuries in sports. Clin J Sports Med. 7: 29-36.

25. Kavounoudias, A., Gilhodes, JC., Roll, R., Roll, JP. (1999). From balance regulation to bady orientation: two goals for muscle proprioceptive information processing? Exp Brain Res. 124: 80-88

26. Wikstrom, E. A., Powers, M.E., Tillman, M.D. (2004). Dynamic stabilization time after isokinetic and functional fatigue. J Athle Train. 39(3): 247-255

27. Morrison, K.E., Kaminski, T.W. (2007). Foot characteristics in association with inversion ankle injury. J Athl Train. 42(10): 135-142.

28. Gribble, P., Hertel, J., Denegar, C., Buckley, W. (2004). The effects of fatigue

and chronic ankle instability on dynamic postural control. J Athl Train. 39(4): 321-329.

29. Gribble, P., Hertel, J. (2003). Considerations for the normalizing measures of the star excursion balance test. Measur Phys Educ Exer Sci. 7: 89-100.

30. Kinzey, S., Armstrong, C. (1998). The reliability of the star-excursion test in assessing dynamic balance. J Orthop Sports Phys Ther. 7(5): 356-360.

31. Ochsendorf, DT., Mattacola, CG., Arnold, BL. (2000). Effect of orthotics on postural sway after fatigue of the planter flexors and dorsiflexors. J Athl Train. 35(1): 26-30

32. Joyce, CJ., Perrin, DH., Arnold, BL., Granata, KP., Gansneder, BM., and Gieck, JH. (2001). Dorsiflexor and Plantarflexor muscle fatigue decreases postural control. J Athl Train. 36(2): 532.

33. Ramsdell KM., Mattacola CO.,Uhi TL., Mccroy JL., and Malone TR.(2001). Effects of two ankle fatigue model on the duration of postural stability dysfunction. J Athl Train. 36(2): 532.

34. Rozzi, SL., Lephart, SM. (1999). Effect of muscular fatigue on knee joint laxity and neudomuscular characteristics of male and female athletes. J Athl Train. 34(2): 106-14.

35. Mahyar, S., Mojgan, M., Ismaeil, E. (2007). Changes in postural stability with fatigue of lower extremity frontal and sagittal plane movers. Gait & Posture. 26: 214–218.

۳۶. سند گل، حسین (۱۳۷۲). فیزیولوژی ورزش. انتشارات کمیتهٔ ملی المپیک.

37. Johnston, RB, Howard, ME. Cawley PW, and Losse GM. (1998). Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control Performance. Med Sci Sports Exerc. 30(12): 1703-7.

38. Wakeling, JM., Nigg, BM. (2001). Soft tissue vibrations in the quadriceps measured with skin mounted transducers. J Biomech. 34: 539-43.