

آیا خستگی عضلانی بر ثبات عملکردی مردان ورزشکار تأثیر دارد؟

سیاوش دست‌منش*، سید صدرالدین شجاع‌الدین^۱

چکیده

مقدمه: خستگی عضلانی طی فعالیت‌های ورزشی پدیده معمولی است که باعث اختلال در عملکرد حرکتی می‌شود. هدف این پژوهش بررسی تأثیر خستگی بر ثبات عملکردی مردان ورزشکار بود.

مواد و روش‌ها: ۴۲ ورزشکار حرفه‌ای با میانگین سن $25/2 \pm 3/2$ سال و میانگین وزن $80/4 \pm 8/3$ کیلوگرم انتخاب شدند و به طور تصادفی در دو گروه شاهد و تجربی قرار گرفتند. در این تحقیق از آزمون RUNING ANAEROBIC SPRINT TEST (RAST) برای ایجاد خستگی، از دستگاه بایودکس (درجه بی‌ثباتی ۴) برای اندازه‌گیری ثبات عملکردی و از لاکتومتر جهت اندازه‌گیری لاکتات خون استفاده شد. داده‌های پژوهش با کمک آزمون‌های آماری t مستقل و وابسته مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت ($\alpha \geq 0/05$).

یافته‌ها: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که خستگی عضلانی بر متغیر ثباتی قدامی- خلفی تغییر معنی‌داری نداشت ($P = 0/31$). پس از ایجاد خستگی عضلانی در متغیر ثباتی طرفی ($P \geq 0/003$) و محدوده ثبات ($P \geq 0/002$) از لحاظ آماری تغییر معنی‌داری مشاهده شد.

بحث: با توجه به نتایج به دست آمده، شاید خستگی عضلانی بتواند متغیر ثبات عملکردی ورزشکاران را در جهات طرفی دچار تغییر کند، اما احتمال دارد که در جهت قدامی- خلفی تغییری نداشته باشد. اثبات این مورد نیازمند تحقیقات بیشتری می‌باشد.

کلید واژه‌ها: تعادل، خستگی عضلانی، ثبات عملکردی.

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱

تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۲۹

مقدمه

حرکتی درگیر در کنترل تعادل را بهبود می‌بخشد، ولی احتمال می‌رود عواملی مانند خستگی عضلانی ناشی از فعالیت درمانده‌ساز بتواند تعادل و ثبات عملکردی را کاهش دهد (۳). عوامل متعددی بر روی ثبات عملکردی اثر می‌گذارند که از جمله آن‌ها می‌توان ویبریشن، آسیب‌های عصبی عضلانی- اسکلتی، درد، انجام تمرینات منظم ورزشی و خستگی عضلانی ناشی از فعالیت درمانده‌ساز و غیره را نام برد (۷-۴). خستگی عضلانی ناشی از فعالیت درمانده‌ساز پدیده رایجی است که در طی فعالیت‌های ورزشی به وجود آمده، با کاهش نیرو سبب اختلال در عملکرد حرکتی افراد می‌شود (۱۰-۸).

ثبات عملکردی یکی از اجزای ضروری برای شرکت در ورزش‌ها می‌باشد (۱) و نقش مهمی در فعالیت‌های افراد، اعم از کارهای ساده روزانه و اجزای سطح بالا در رشته‌های ورزشی بر اساس ماهیت آن‌ها، بر عهده دارد (۲). با توجه به ماهیت حرکت، ورزشکاران برای اجرای بهینه مهارت‌های حرکتی نیازمند حفظ تعادل خود بر روی سطح اتکا می‌باشند. نوسانات بدن توسط انقباضات عضلانی و با استفاده از اطلاعات حسی در دستگاه عصبی مرکزی هم‌پوشانی شده، تعادل بدن حفظ می‌شود. تحقیقات نشان داده است که اگر چه ورزش‌های سطح بالا، توانایی‌های فیزیولوژیک و حسی-

Email: s.dastmanesh@gmail.com

* عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آباده، شیراز، ایران.
۱- دانشیار، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تربیت معلم تهران، تهران، ایران.

سنجش خستگی تعیین نکرده‌اند، همچنین با توجه به اهمیت ثبات در ورزش و میزان تأثیرات خستگی عضلانی بر ثبات عملکردی، محققان قصد دارند که تأثیر خستگی عضلانی را بر ثبات عملکردی مردان ورزشکار در حالت چشم باز بررسی کنند.

مواد و روش‌ها

آزمودنی‌های پژوهش حاضر ورزشکاران تیم ملی هندبال، بسکتبال و فوتسال ایران بودند که به صورت نمونه‌گیری در دسترس ۴۲ نفر از آن‌ها انتخاب (۱۴ بازیکن هندبال، ۱۴ بازیکن بسکتبال و ۱۴ بازیکن فوتسال) شدند؛ به طوری که ۲۱ نفر در گروه شاهد و ۲۱ نفر در گروه تجربی قرار گرفتند. سلامتی قلبی عروقی و وضعیت بدنی نمونه‌های مورد مطالعه زیر نظر پزشک متخصص قلب و عروق در بیمارستان قلب تهران و پزشکان دانشکده پزشکی دانشگاه تهران انجام شد. آزمودنی‌ها حین اجرای تحقیق هیچ نوع داروی اثرگذار بر سیستم عصبی عضلانی را مصرف نمی‌کردند و اعتیادی به سیگار نداشتند. این افراد ۲۴ ساعت قبل از اندازه‌گیری، فعالیت بدنی سنگینی انجام ندادند. اندازه‌گیری‌ها ۲ الی ۳ ساعت بعد از صرف غذا صورت گرفت تا هضم غذا در روند آزمون اختلال ایجاد نکند. به ویژه طی نیم ساعت قبل از اجرای آزمون، از آزمودنی‌ها خواسته شد از مصرف چای یا قهوه خودداری نمایند (۱۲، ۱۴، ۱۷، ۲۲).

اندازه‌گیری‌هایی مانند قد، وزن، سابقه ورزش حرفه‌ای، توان اوج، توان میانگین، شاخص خستگی و لاکتات پایه از آزمودنی‌ها به عمل آمد. ابتدا هدف از اجرای تحقیق، نحوه کار دستگاه بایودکس و همچنین طریقه انجام آزمون RAST برای آزمودنی‌ها شرح داده، رضایت‌نامه کتبی از آزمودنی‌ها گرفته شد. مشخصات آزمودنی‌ها قبل از اجرای آزمون، در برگه مشخصات آن‌ها ثبت گردید و آزمون متغیرهای ثباتی روی بایودکس در حالت چشم باز (۳۰ ثانیه) اجرا شد. سپس آزمودنی‌ها برنامه گرم کردن را اجرا کردند (۲۴، ۲۳). برنامه گرم کردن شامل دویدن نرم به فاصله ۴۰۰ متر، حرکات

شروع فعالیت‌های ارادی عضلانی چندین مرحله دارد. این مراحل با کنترل قشری در مغز شروع شده، در پل‌های عرضی داخل فیبرهای عضلانی خاتمه می‌یابد. از این رو باید گفت که خستگی عضلانی می‌تواند در نتیجه هر گونه نارسایی در انقباض عضلانی حادث شود (۱۱). ایجاد خستگی به نوع تمرین (۷)، نوع انقباض (۱۲)، شدت و مدت تمرین (۱۲) بستگی دارد. فاکتورهای بالقوه‌ای که در بروز خستگی نقش دارند عبارت از عوامل مرکزی (خستگی به وجود آمده در اثر اختلال در سیستم عصبی-عضلانی) و عوامل محیطی (خستگی در اثر اختلال در انقباض عضلانی) می‌باشند (۱۴-۱۲). خستگی عضلانی باعث به وجود آمدن تغییرات در حس عمقی عضلات و در نتیجه تعادل می‌شود (۱۶، ۱۵).

یکی از عوامل دخیل در خستگی عضلانی، تجمع اسید لاکتیک گزارش شده است (۱۷). احتمال می‌رود که با افزایش تجمع سطح اسید لاکتیک، میزان ثبات عملکردی افراد کاهش یابد (۱۷)؛ در حالی که نتایج برخی دیگر از تحقیقات مخالف این موضوع است (۲۰-۱۸). Taylor و همکاران عقیده داشتند که الگوی فعال شدن عضلات قبل و پس از خستگی به طور کامل با هم متفاوت است و پس از خستگی زمان فعال بودن عضله به شدت افزایش می‌یابد که عامل تعادل افراد را افزایش می‌دهد (۲۱). Graham و همکاران ذکر کردند که خستگی در صفحه قدامی- خلفی باعث افزایش نوسانات عملکردی بدن شده و سیستم بینایی نقش مهمی در کاهش و جبران نوسان بدن پس از خستگی دارد (۱۶). برونو و همکاران (به نقل از Silva و همکاران) عقیده دارند که خستگی عضلانی می‌تواند باعث افزایش نوسان بدن در هر دو صفحه قدامی- خلفی و طرفی، کاهش میزان نیرو در عضله و تأخیر در شروع حرکت شود (۹).

با توجه به نتایج ضد و نقیض درباره تأثیر خستگی عضلانی بر ثبات عملکردی و با توجه به این موضوع که در تحقیقات انجام شده درباره تأثیر خستگی بر روی ثبات عملکردی، بیشتر از خستگی موضعی استفاده کرده‌اند و تحقیقات انجام شده روی خستگی عمومی، معیار خاصی جهت

چه زمان ماندن فرد در منطقه A بایودکس بیشتر باشد، فرد از تعادل بیشتری برخوردار است. برای اجرای آزمون‌های ثبات عملکردی در این دستگاه، ابتدا از آزمودنی‌ها خواسته می‌شد که بدون کفش بر روی صفحه‌ای قرار بگیرند که نیرو در وضعیت قفل شده بود. با فشردن دکمه شروع آزمون، صفحه از وضعیت قفل شده خارج گردیده، از فرد خواسته می‌شد تا نشانه‌ای را که در صفحه روبروی خود می‌دید، در محل تقاطع دو خط عمود بر هم (افقی و عمودی) حفظ کند، در این مرحله فرد می‌توانست در صورت نیاز، پای خود را جابه‌جا کند و وضعیت مناسبی را برای حفظ تعادل ایجاد نماید. در این مرحله نیز دقت شد تا فاصله بین دو پا از عرض شانه‌ها بیشتر نباشد (۱۳، ۱۱). پس از پایان این مرحله، وضعیت پای فرد ثبت و تا پایان آزمون حفظ می‌شد، در مرحله بعد آزمون‌های اصلی صورت می‌گرفت.

تمامی محاسبات بر عهده نرم‌افزار کامپیوتری بود؛ به طوری که نتایج در یک صفحه نمایش داده شود. در واقع بایودکس مرکز فشار بدن را می‌سنجد، یعنی نقطه‌ای که نیروی عکس‌العمل زمین از طریق آن بر پا اعمال می‌شود و می‌تواند نمایانگر میزان نوسان مرکز ثقل حین ایستادن باشد (۲۲). بعد از انجام هر آزمون، اطلاعات فشرده مد نظر بود که توسط نرم‌افزار کامپیوتری موجود در دستگاه محاسبه و نسخه چاپی آن تهیه می‌شد (۲۷-۲۵).

آزمون RAST دارای روایی بالایی می‌باشد (۲۹، ۲۸، ۲۵). برای اجرای این آزمون، یک مسیر مستقیم ۴۰۰ متری انتخاب شده، بر روی آن شش فاصله ۳۵ متری خط‌کشی گردید. در ابتدا و انتهای هر مسیر یک سنسور قرار داده شد، آزمودنی‌ها یک به یک پشت خط ۳۵ متر اول قرار می‌گرفتند و با صدای سوت و با تمام سرعت مسیر اول را طی می‌کردند و زمان آن‌ها توسط دستگاه ثبت می‌شد و پس از ده ثانیه استراحت به صورت پیاپی برای طی مسیر ۳۵ متری دوم و مسیرهای بعدی آماده می‌شدند. آزمودنی‌ها در هر تکرار، به فاصله ۷۰ سانتی‌متر از خط شروع می‌ایستادند و با شنیدن صدای بوق دستگاه، با شدت هر چه تمام‌تر شروع به دویدن می‌کردند و در

کشتی ایستاده و درازکش (۵ دقیقه) و دویدن در مسافت کوتاه (۲۵، ۱۵ و ۱۰ متر) بود. هر کدام با دو تکرار و با شدت متوسط صورت گرفت. حداکثر حدود ۵ دقیقه پس از پایان گرم کردن، بلافاصله پس از سنجش مقدار لاکتات خون با استفاده از دستگاه لاکتومتر (نمونه خونی انگشت وسط دست غیر برتر)، آزمون RUNNING ANAEROBIC SPRINT TEST (RAST) به عمل آمد (در صورت بروز درد، حالت تهوع، سرگیجه و حالت تهوع، آزمون قطع می‌شد که در این تحقیق چنین موردی پیش نیامد). پس از اتمام آزمون و بعد از سپری شدن حدود ۵ دقیقه، دوباره سطح لاکتات خون آزمودنی‌ها با استفاده از نمونه خونی نوک انگشت وسط دست غیر برتر، اندازه‌گیری و ثبت گردید. بعد از اندازه‌گیری سطح لاکتات خون، آزمودنی‌ها دوباره بر روی دستگاه بایودکس منتقل شدند و آزمون متغیرهای ثباتی (۳۰ ثانیه) اجرا شد. شایان ذکر است که در زمان اجرای آزمون، بقیه ورزشکاران به صورت غیر فعال (نشسته) بودند و هیچ گونه فعالیت بدنی نداشتند (۲۴).

محدوده ثبات تحت عنوان ماکزیمم زاویه‌ای که فرد نسبت به حالت قائم می‌تواند داشته باشد، بدون آن که تعادلش بر هم بخورد، تعریف شد. میزان آن ۸ درجه در جهت قدامی، ۴ درجه در جهت خلفی و ۸ درجه در جهت طرفین بود. مقادیر مورد نظر، ابتدا در ۸ جهت (به طرف قدام، خلف، راست، چپ، قدام-راست، قدام-چپ، خلف چپ و خلف راست) و یک بار هم به طور کلی سنجیده شد. میانگین حاصل، نشان دهنده میزان مهارت‌های کنترل حرکتی فرد بود. در آزمون فوق زمان انجام آزمون نیز سنجیده شد. در پژوهش حاضر، زمان انجام آزمون و مقدار ثبات کلی در محدوده ثبات مد نظر قرار گرفتند (۱۳).

دستگاه بایودکس (مدل ۶۱۷ e-30-45 w/s): این دستگاه دارای یک صفحه دایره‌ای شکل ۱۲ درجه‌ای است که شاخص‌های ثبات و دیگر شاخص‌های مربوط به تعادل را اندازه‌گیری می‌کند. همچنین شامل دوایر متحدالمرکز (A: ۰-۵، B: ۵-۱۰، C: ۱۰-۱۵ و D: ۱۵-۲۰) و چهار مربع مساوی (AM، PL، PM، PL) است که زمان ماندن در هر قسمت جداگانه محاسبه و به صورت درصد بیان می‌شود. هر

برای اندازه‌گیری وزن آزمودنی‌ها استفاده شد. **روش‌های آماری:** از آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها و از روش‌های آماری t زوجی و t مستقل برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد ($\alpha \leq 0/05$).

یافته‌ها

در جدول ۱ میانگین مشخصات آزمودنی‌ها آورده شده است.

۱- با توجه به نتایج گزارش شده در جدول ۲ تفاوت معنی‌داری بین مقادیر ثبات قدمی- خلفی گروه شاهد ($P = 1/00$) و گروه تجربی ($P = 0/310$) وجود نداشت.

۲- با توجه به نتایج گزارش شده در جدول ۲ تفاوت معنی‌داری بین مقادیر ثبات طرفی گروه شاهد وجود نداشت ($P = 0/310$); در حالی که در گروه تجربی تفاوت در نمرات ثبات طرفی از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($P = 0/003$).

۳- با توجه به نتایج تحقیق تفاوت معنی‌داری بین مقادیر محدوده ثبات گروه شاهد ($P = 0/411$) وجود نداشت; در حالی که تفاوت در گروه تجربی از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($P = 0/002$).

انتها پس از عبور از مقابل چشم نوری، زمان سنج دستگاه متوقف شده، رکورد هر فرد توسط دستگاه ثبت می‌گردد. عوامل محیطی که سطح لاکتات خون و عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند، مانند دما و رطوبت نسبی هوا در روزهای اجرای آزمون‌ها تقریباً به هم نزدیک‌تر و به طور میانگین برابر 23 ± 2 °C و 73 ± 5 درصد بود (۳۰) که با استفاده از دستگاه آرکو مدل TC14P ساخت آلمان استفاده شد، که دارای روایی بالایی می‌باشد (۱۷).

روش اندازه‌گیری لاکتات خون: لاکتومتر (دارای روایی و پایایی بالا) در تحقیق حاضر برای بررسی میزان لاکتات خون و به منظور بررسی و کنترل دقیق خستگی استفاده شد، که ساخت کشور آلمان است. طول دوره اندازه‌گیری برای لاکتات حدود ۱۵ ثانیه، قابل کاربرد در دماهای بین ۴۵-۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت محیط بالای ۸۵ درصد و دارای قابلیت اندازه‌گیری لاکتات بین ۰/۵-۲۵ میلی‌مول بر لیتر است. همچنین در این تحقیق از لنس‌های مخصوص برای اندازه‌گیری لاکتات استفاده شد.

۴- از استودیومتر برای اندازه‌گیری قد و از ترازوی دیجیتال

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد مشخصات آزمودنی‌ها

متغیر	وزن (Kg)	قد (Cm)	سن (سال)	ورزش حرفه‌ای (سال)	توان اوج (W/kg)	توان حداقل (W/kg)	توان میانگین (W/kg)	شاخص خستگی W/S	لاکتات پایه Mmol/L	لاکتات پس از ۵ دقیقه Mmol/L	اندازه
گروه تجربی	۸۱/۳	۱۸۲/۳	۲۵/۴	۸/۷	۸/۰۹	۵/۶	۷/۴	۵/۸	۱/۹	۲۳/۴	گروه تجربی
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	
گروه شاهد	۸۱/۱	۱۸۲/۳	۲۵/۴	۹/۱	۲/۲	۰/۹	۱/۶	۰/۶	۰/۷	۱/۲	گروه شاهد
	±	±	±	±	-	-	-	-	±	±	
	۷۹/۵	۱۸۲/۵	۲۵	۱/۵	۱/۵	۴/۴	۲/۲	۰/۷	۰/۴	۲	
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	

* شاخص خستگی هر چه قدر کمتر باشد، بهتر است.

* توان‌ها بر حسب وات بر هر کیلوگرم وزن بدن و سطح لاکتات بر حسب میلی‌مول در هر لیتر خون بیان شده‌اند.

جدول ۲. نتایج آزمون t زوجی در مورد متغیرهای ثبات عملکردی اندازه‌گیری شده در تحقیق (P = ۰/۰۵)

سطوح لاکتات پلاسمایی			محدوده ثبات			ثبات طرفی			ثبات قدامی - خلفی			متغیرها
Sig	t	میانگین اختلاف	Sig	t	میانگین اختلاف	Sig	T	میانگین اختلاف	Sig	T	میانگین اختلاف	گروه‌ها
۰/۴۲	-۰/۳۶	-۰/۱۲	۰/۴۱۱	-۰/۲۱	-۰/۰۸	۰/۳۱۰	۰/۶	۰/۰۳	۱/۰۰	-۰/۳۱۰	-۰/۰۳	گروه شاهد
*۰/۰۳	-۳/۱۹	-۰/۲۴۰	*۰/۰۰۲	۹/۵	۳/۳	*۰/۰۰۳	-۸/۸۰	-۰/۷۲	۰/۳۱۰	۰/۵۲۱	۰/۰۱	گروه جربی

*نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون

بحث

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر خستگی عضلانی بر ثبات عملکردی مردان ورزشکار بود. حفظ تعادل یکی از عملکردهای مهم سیستم عصبی مرکزی است که نواحی مختلفی از قبیل سیستم وستیبولار، بینایی و راه‌های سوماتو سنسوری عهده‌دار این مهم هستند. پژوهش حاضر در وضعیت عملکردی ایستاده بر روی دو پا انجام شد تا بررسی در یک وضعیت عملکردی صورت گرفته باشد. در این وضعیت به علت بالا بودن مرکز ثقل و کوچک بودن سطح اتکا، سیستم به سمت بی‌ثباتی میل دارد.

از علل توجیهی احتمالی برای عدم کاهش ثبات قدامی-خلفی پس از خستگی عضلانی، می‌توان به افزایش تمرکز آزمودنی‌ها در توجه به نوسانات بدن و تغییر در عملکرد عصبی عضلانی اندام تحتانی اشاره کرد (۳۱، ۳۲). در واقع آزمودنی‌ها سعی می‌کنند که خود را با شرایط نوسانی تطبیق دهند که این تطابق با شرایط در سطح قدامی-خلفی بیشتر رخ می‌دهد. در این تحقیق نیز نتایج نشان دادند که در متغیر ثباتی قدامی-خلفی آزمودنی‌ها بعد از خستگی عضلانی ناشی از فعالیت درمانده‌ساز تغییری حاصل نشده است. این بخش از نتایج تحقیق با تحقیق Vuillerme و همکاران همخوانی دارد. ایشان عنوان کرده‌اند که خستگی عضلانی باعث تغییرات بیشتری در ثبات قدامی-خلفی نسبت به ثبات جانبی می‌شود (۳۲). در واقع نتایج تحقیقات بیانگر این موضوع هستند که سیستم عصبی عضلانی کمر در کنترل عملکردی ایستادن روی پاها نقش بیشتری دارد (۳۲). نتایج به دست

آمده از این تحقیق با نتایج Vuillerme و همکاران همخوانی دارد. ایشان اشاره کرده‌اند که ثبات قدامی-خلفی طی برنامه خستگی‌آور دچار تغییر نمی‌شود و همچنین خستگی عضلانی عمومی بدن، ثبات قدامی-خلفی را کمتر از خستگی عضلانی موضعی دچار تغییر می‌کند و علت آن را مربوط به این مورد دانسته‌اند که در خستگی عضلانی عمومی بدن، عضلات قامتی زودتر از خستگی عضلانی موضعی وارد حالت جبرانی کنترل قامت و در نهایت حفظ تعادل می‌شوند (۳۳). از دلایل دیگری که Vuillerme و همکاران در تحقیق خود برای عدم کاهش متغیر ثبات قدامی-خلفی ذکر کرده‌اند، حضور سیستم بینایی بود (۳۳). از دیگر دلایل عدم کاهش ثبات قدامی-خلفی را به قوی بودن عضلات پلنتار فلکسور ساق پا در ورزشکاران رشته‌های سرعتی (به خصوص هندبال‌بلیست‌ها و بازیکنان بسکتبال) نسبت داده‌اند و عنوان کرده‌اند که تقویت این عضلات در ورزشکاران، اجازه انجام مانور بیشتری را به آن‌ها می‌دهد (۳۴، ۳۵). Greig و همکاران نیز بیان کردند که شاخص ثباتی قدامی-خلفی نسبت به شاخص طرفی کمتر دچار تغییر می‌شود و علتی که برای توجیه یافته‌های خود آورده‌اند این است که شکل آناتومیکی استخوان‌ها و ساختار بافت نرم از عوامل تأثیرگذار بر حفظ تعادل در صفحه قدامی-خلفی می‌باشد (۳۶). لازم به ذکر است که در اثر استارت‌های سریع و ناگهانی عضلات پلنتار فلکسور ساق پا تقویت می‌شوند. بر اساس نتایج تحقیقات، علت دیگری که برای حفظ ثبات قدامی-خلفی در اثر تمرینات خستگی‌آور ذکر شده، قدرتمند بودن عضلات

فلکسور زانو و ران است (۳۷، ۳۶). هر چند که ممکن است استفاده بیشتر از استراتژی ران و زانو باعث ایجاد خطرات بیشتر و تغییر در الگوی فراخوانی سیستم عضلانی شود. اما افرادی که در طولانی مدت عضلات فلکسور زانو و ران را تقویت می‌کنند، سازگاری بیشتری با حالت‌های برهم زنده تعادل پیدا می‌کنند (۳۷). در واقع این عمل با فلکشن افزایش یافته زانو و ران برای جلوگیری از تغییر مرکز ثقل بدن به طرف جلو حاصل می‌شود (۳۵). Adlerton و همکاران بیان کرده‌اند که تغییرات (اصلاحات) در الگوی کنترل قامت، باعث ایجاد اصلاحات جبرانی در اطراف مفاصل می‌شود تا ثبات قدامی - خلفی بدن حفظ شود (۴) و همین عامل باعث حفظ تعادل افراد در این حالت می‌گردد (۳۸-۴۰).

یکی دیگر از دلایلی که برای توجیه عدم تغییرپذیری متغیر ثباتی قدامی - خلفی ذکر شده، فعالیت افزایش یافته در رفلکس لیگامنتی - عضلانی است که در اثر خستگی بنا به آمادگی بدنی فرد، مکانیزم‌های کنترلی را در متغیرهای ثباتی و تعادل به کار می‌گیرد (۴۳-۴۱). برخی از محققان عقیده دارند که خستگی، تأثیری بر اندازه‌های ثبات قدامی - خلفی و ثبات طرفی ندارد و علت این مورد را نیز تطابق‌پذیری عملکردی احتمالی CNS در حضور خستگی عنوان کرده‌اند (۴۴-۴۶). این بخش از تحقیقات آن‌ها با نتایج تحقیقات Vuillerme و همکاران (۳۲) و Allison و همکاران (۴۶)، همخوانی دارد.

در پژوهش حاضر، متغیر ثبات طرفی در گروه‌های شاهد و تجربی افزایش یافت. این تغییرات در گروه شاهد از لحاظ آماری معنی‌دار نبود؛ در حالی که در گروه تجربی این افزایش معنی‌دار بود. با توجه به نتایج تحقیقات، خستگی عضلانی عمومی و موضعی باعث کاهش متغیر ثباتی طرفی می‌شود. این بخش از نتایج تحقیق با نتایج تحقیقات صلواتی همخوانی دارد. او عقیده دارد که در افراد مبتلا به کمر درد مزمن اثر خستگی در صفحه طرفی بیشتر از صفحه قدامی - خلفی است (۲). این بخش از نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات Robert و همکاران (به نقل از Reimer و همکار)

همخوانی دارد. آن‌ها اعتقاد داشتند که خستگی عضلانی، ثبات طرفی را کاهش می‌دهد (۴۳). با این وجود یک سری تفاوت‌ها بین تحقیق حاضر و تحقیق Robert و همکاران وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به نوع تمرین خستگی‌آور و روش اندازه‌گیری تعادل (پروتکل تعادل Robert و همکاران بیشتر بر روی یک پا انجام شده بود) اشاره کرد. اما مهم‌ترین عامل مشترکی که بین این تحقیق و پژوهش آن‌ها وجود دارد، استفاده از پروتکل عملکردی (Functional) برای ایجاد خستگی است. با این که در برخی از تحقیقات از خستگی عضلانی عمومی بدن (و یا عملکردی) استفاده شده است و نتایج تحقیق، عدم کاهش متغیر ثبات طرفی را نشان داده‌اند (۴۱)، اما در اکثر تحقیقاتی که خستگی به صورت موضعی در مچ پا (عضلات پلنتار فلکسور و دورسی فلکسور) و ران (فلکسورها و اکستنسورها) انجام شده است، کاهش معنی‌داری در متغیر ثبات طرفی گزارش شده است. احتمال می‌رود که خستگی عضلانی موضعی بتواند تغییرات زیادی در متغیر ثباتی طرفی ایجاد کند (۴۸، ۴۷، ۴۴). Miller و همکاران با بررسی خستگی عضلانی در زانو و ران گزارش کرده‌اند که خستگی عضلات پروگزیمال نسبت به عضلات دیستال، اختلال زیادی در تعادل ایجاد می‌کند (۴۵). همچنین پیشنهاد کرده‌اند که خستگی عضلانی ایجاد شده در پروتکل‌های خستگی‌آور موضعی و تغییرات تعادلی متعاقب آن را، به این علت که در این نوع پروتکل‌ها فعالیت‌های انقباضی دیگر گروه‌های عضلانی مشکل‌ساز می‌شود، فقط نمی‌توان به خستگی عضله مورد نظر نسبت داد (۴۵). هر چه قدر میزان تغییرات متغیرهای ثباتی فردی بیشتر باشند، نشان از ثبات کمتر فرد دارد و بر عکس (۵۱-۴۹، ۴۴). با توجه به این که متغیر طرفی در آزمودنی‌های این پژوهش تغییرات بیشتری داشتند، بنابراین آزمودنی‌های این تحقیق در سمت جانبی دچار آسفتگی شدند (۵۲) که این عامل یکی از عوامل اصلی در معرض خطر آسیب‌دیدگی قرار گرفتن افراد است (۵۳، ۳۶). افزایش نوسانات جانبی در آزمودنی‌های این تحقیق را می‌توان به کاهش فعالیت عضلات فلکسور جانبی

کننده خستگی مورد بررسی قرار نگرفته است. Wilkins و همکاران نشان دادند که در حالت ایستاده بر روی هر دو پا، خستگی عامل تأثیرگذاری بر روی ثبات عملکردی نمی‌باشد (۶۲) و علت این امر را آسان بودن اجرای آزمون ثباتی بر روی هر دو پا برای ورزشکاران ذکر کرده‌اند. همچنین Wilkins و همکاران علت تغییرات معنی‌دار در ثبات عملکردی افراد بعد از خستگی را استفاده از فوم (برای سنجش تعادل پویا روی دستگاه Force-platform) می‌دانند و اظهار می‌کنند که استفاده از فوم (برعکس بایودکس) به علت تغییرات ناهمسان در شکل آن‌ها در اثر تحمل وزن، احتمال می‌رود که باعث ایجاد حالت لرزشی در اندام‌های تحتانی شود، که اثر این حالت لرزشی به صورت اختلال در تعادل ظاهر می‌گردد (۶۲). همچنین کاهش قابل توجه در تعادل افراد پس از تمرینات خستگی‌آور را شاید بتوان به استفاده از دستگاه‌های مختلف در اندازه‌گیری تعادل و استفاده از متغیرهای خستگی متفاوت در تحقیقات مربوط دانست (۶۲، ۲۹).

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های این تحقیق، خستگی عضلانی عمومی بدن تأثیری بر ثبات قدامی- خلفی ندارد، اما احتمال دارد باعث تغییر در متغیرهای ثبات طرفی و محدوده ثبات شود. بنابراین به ورزشکاران توصیه می‌شود که در تمرینات خود برنامه‌های تمرینات مربوط به تعادل را مد نظر قرار دهند تا خستگی کوتاه مدت عضلانی، آن‌ها را مستعد آسیب نسازد. پیشنهاد می‌شود که این تحقیق بر روی جوامع مختلف ورزشی و با تعداد آزمودنی‌های زیاد انجام گردد تا بتوان در تعمیم نتایج با قاطعیت بیشتری عمل کرد. توصیه می‌شود که این تحقیق بر روی جوامع ورزشکاران زن نیز انجام گردد. همچنین پیشنهاد می‌شود که تمرینات عملکردی تعادل برای ورزشکاران ورزش‌های هوازی اجرا شود تا از اثرات نامناسب خستگی‌های کوتاه مدت عضلانی جلوگیری به عمل آید.

نسبت داد. به خاطر این که این گروه عضلانی یکی از گروه‌های عضلانی اصلی برای کنترل ثبات جانبی هستند (۵۴-۵۶).

در پژوهش حاضر، متغیر محدوده ثبات در گروه‌های شاهد و تجربی افزایش یافت، که این تغییرات در گروه شاهد از لحاظ آماری معنی‌دار نبود، ولی در گروه تجربی، این افزایش معنی‌دار بود. نتایج حاصل از این بخش از تحقیق با نتایج تحقیقات Guskiewicz همخوانی دارد که عنوان کرده بود محدوده ثبات به دنبال خستگی کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند (۵۱). لطافت کار و رستم‌خانی نیز ذکر کرده‌اند که حداکثر فعالیت عضلانی باعث نقص در حس عمقی مفصل زانو می‌شود (۳۰). یکی از علت‌های احتمالی که می‌توان برای توجیه کاهش ثبات عملکردی بعد از ایجاد خستگی در آزمودنی‌ها ذکر کرد، این است که تمرین درمانده‌ساز باعث تغییر در پیام‌های آوران‌های حسی شده، که کاهش تنظیم وضعیتی و افزایش نوسان بدن را به میزان قابل توجه به دنبال دارد (۶۰-۵۷). همچنین از علل احتمالی دیگر می‌توان به این نکته اشاره کرد که خستگی عضلانی ناشی از فعالیت درمانده‌ساز، باعث افزایش زمان تأخیر و کاهش فعالیت عضلانی می‌شود و از این طریق بر روی کنترل وضعیت تأثیر می‌گذارد (۶۲، ۶۱). علت احتمالی دیگر را می‌توان به تغییر حس عمقی و کاهش کارایی اجزای انقباضی مربوط دانست (۶۲). به طور کلی برای توجیه این فرضیه باید گفت که خستگی عضلانی ناشی از فعالیت درمانده‌ساز باعث افزایش نوسان بدن شده، به نظر می‌رسد ناشی از عدم کارایی سیستم حس عمقی و عدم کفایت عملکرد مکانیسم‌های جبرانی در ثبات عملکردی باشد. برای بررسی کاهش ثبات عملکردی بعد از خستگی در تحقیقات قبلی هم از خستگی مرکزی (۵۹، ۵۸، ۳۶، ۳۵) و هم از خستگی موضعی (۶۱، ۵۲، ۴۸) استفاده شده است. همگی این تحقیقات، ضربان قلب را به عنوان واحد خستگی ذکر کرده‌اند. کنترل خستگی در تحقیق حاضر (اندازه‌گیری سطح لاکتات خون) مورد جدیدی است که در هیچ کدام از تحقیقات قبلی به عنوان عامل ایجاد

References

1. Letafatkar KH, Alizadeh MH, Kordi MR. The Effect of Exhausting Exercise Induced Muscular Fatigue on Functional Stability. *Journal of Social Sciences* 2009; 5(4): 445-51.
2. Salavaati M. Study the functional controlling disorders in patients with chronic low back pain and effect of core stabilization training on it, [PhD Thesis] Tehran: Tarbiat Modares University; 2002 .
3. Strang AJ, Berg WP. Fatigue-induced adaptive changes of anticipatory postural adjustments. *Exp Brain Res* 2007; 178(1): 49-61.
4. Adlerton AK, Moritz U. Does calf-muscle fatigue affect standing balance? *Scand J Med Sci Sports* 1996; 6(4): 211-5.
5. Carvajal- Sancho A, Moncada- Jiménez J. The acute effect of an energy drink on physical and cognitive performance of male athletes. *Kinesiologia Slovenica* 2005; 11(2): 5-16.
6. Andersson M, Foreman T. Return to competition functional rehabilitation in Athletic Injuries and rehabilitation. 1st ed. Philadelphia: W.B.Sunders Company; 1996. p. 229-36.
7. Aruin AS, Latash ML. The role of motor action in anticipatory postural adjustments studied with self-induced and externally triggered perturbations. *Exp Brain Res* 1995; 106(2): 291-300.
8. Brownstein B, Bronner S. Functional movement in orthopaedic and sports physical therapy: evaluation, treatment, and outcomes. 1st ed. New York: Churchill Livingstone; 1997.
9. Silva RS, Martinez FG, Pacheco AM, Pacheco I. Effects of the exercise-induced muscular fatigue on the time of muscular reaction of the fibularis in healthy individuals Bruno Arajo Rego Santos. *Rev Bras Med Esporte* 2006; 12(2): e75-e79.
10. Casson IR, Sham R, Campbell EA, Tarlau M, Didomenico A. Neurological and CT evaluation of knocked-out boxers. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1982; 45(2): 170-4.
11. Corbeil P, Blouin JS, Begin F, Nougier V, Teasdale N. Perturbation of the postural control system induced by muscular fatigue. *Gait Posture* 2003; 18(2): 92-100.
12. Derave W, Tombeux N, Cottyn J, Pannier JL, De Clercq D. Treadmill exercise negatively affects visual contribution to static postural stability. *Int J Sports Med* 2002; 23(1):44-49.
13. Erling A. Muscle fatigue. *Medicine and Science in Sports* 1997; 11(4): 313-21.
14. Gandevia SC. Neural control in human muscle fatigue: changes in muscle afferents, motoneurons and motor cortical drive [corrected]. *Acta Physiol Scand* 1998; 162(3): 275-83.
15. Giannesini B, Cozzone PJ, Bendahan D. Non-invasive investigations of muscular fatigue: metabolic and electromyographic components. *Biochimie* 2003; 85(9): 873-83.
16. Lamb GD, Stephenson G. Point:Counterpoint: Lactic acid accumulation is an advantage/disadvantage during muscle activity. *J Appl Physiol* 2006; 100(4): 1410-12.
17. Guskiewicz KM, Perrin DH. Research and clinical applications of assessing balance. *Journal of Sport Rehabilitation* 1996; 5(1): 45-63.
18. Halestrap AP, Meredith D. The SLC16 gene family-from monocarboxylate transporters (MCTs) to aromatic amino acid transporters and beyond. *Pflugers Arch* 2004; 447(5): 619-628.
19. Hamman RG, Mekjavic I, Mallinson AI, Longridge NS. Training effects during repeated therapy sessions of balance training using visual feedback. *Arch Phys Med Rehabil* 1992; 73(8): 738-44.
20. Brown JP, Bowyer GW. Effects of fatigue on ankle stability and proprioception in university sportspeople. *Br J Sports Med* 2002; 36(4): 310-12.
21. Taylor JL, Gandevia SC. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. *J Appl Physiol* 2008; 104(2): 542-50.
22. Jenkins W, Bronner S, Mangine R. Functional evaluation and treatment of lower extremity . In: Brownstein B, Bronner S, Editors. Functional movement in orthopaedic and sports physical therapy: evaluation, treatment, and outcomes. New York: Churchill Livingstone; 1997. p. 191-231.
23. Johnston RB, III, Howard ME, Cawley PW, Losse GM. Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30(12): 1703-7.
24. Wikstrom EA, Tillman MD, Chmielewski TL, Borsa PA. Measurement and evaluation of dynamic joint stability of the knee and ankle after injury. *Sports Med* 2006; 36(5): 393-410.
25. Allison GT, Henry SM. The influence of fatigue on trunk muscle responses to sudden arm movements, a pilot study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2002; 17(5): 414-7.

26. Lee HM, Liao JJ, Cheng CK, Tan CM, Shih JT. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2003; 18(9): 843-7.
27. Kavounoudias A, Gilhodes JC, Roll R, Roll JP. From balance regulation to body orientation: two goals for muscle proprioceptive information processing? *Exp Brain Res* 1999; 124(1): 80-8.
28. Kent-Braun JA. Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999; 80(1): 57-63.
29. Kuukkanen TM, Malkia EA. An experimental controlled study on postural sway and therapeutic exercise in subjects with low back pain. *Clin Rehabil* 2000; 14(2): 192-202.
30. Letafatkar KH, Rostamkhani H. The Effect of Ankle Plantar Flexor and Knee Extensor Muscles Fatigue on Dynamic Balance of Elderly. *Harakat* 2010; (2). In Press.
31. Wendy Cachupe JC, Shifflett B, Kahanov L, Wughalter EH. Reliability of Biodex Balance System Measures. *Measurement in Physical Education and Exercise Science* 2001; 5(2): 97-108.
32. Vuillerme N, Pinsault N, Chenu O, Fleury A, Payan Y, Demongeot J. Postural destabilization induced by trunk extensor muscles fatigue is suppressed by use of a plantar pressure-based electro-tactile biofeedback. *Eur J Appl Physiol* 2008; 104(1): 119-25.
33. Vuillerme N, Burdet C, Isableu B, Demetz S. 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* 2006; 24(2): 169-72.
34. Vuillerme N, Anziani B, Rougier P. Trunk extensor muscles fatigue affects undisturbed postural control in young healthy adults. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2007; 22(5): 489-94.
35. Madigan ML, Davidson BS, Nussbaum MA. Postural sway and joint kinematics during quiet standing are affected by lumbar extensor fatigue. *Hum Mov Sci* 2006; 25(6): 788-99.
36. Greig M, Walker-Johnson C. The influence of soccer-specific fatigue on functional stability. *Physical Therapy in Sport* 2007; 8(4): 185-90.
37. Palastanga N, Field D, Soames R. *Anatomy and human movement: structure and function*. 5th ed. Philadelphia: Elsevier Health Sciences; 2006. p. 157-80.
38. Adlerton AK, Moritz U, Moe-Nilssen R. Forceplate and accelerometer measures for evaluating the effect of muscle fatigue on postural control during one-legged stance. *Physiother Res Int* 2003; 8(4): 187-99.
39. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med* 1999; 27(6): 699-706.
40. Woods C, Hawkins R, Hulse M, Hodson A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football: an analysis of ankle sprains. *Br J Sports Med* 2003; 37(3): 233-8.
41. Reimer RC, III, 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.
42. Gribble PA, Hertel J. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85(4): 589-92.
43. Salavati M, Moghadam M, Ebrahimi I, Arab AM. Changes in postural stability with fatigue of lower extremity frontal and sagittal plane movers. *Gait Posture* 2007; 26(2): 214-8.
44. Bellew JW, Fenter PC. Control of balance differs after knee or ankle fatigue in older women. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87(11): 1486-9.
45. Miller PK, Bird AM. Localized muscle fatigue and dynamic balance. *Percept Mot Skills* 1976; 42(1): 135-8.
46. Allison GT, Henry SM. The influence of fatigue on trunk muscle responses to sudden arm movements, a pilot study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2002; 17(5): 414-7.
47. Aruin AS, Forrest WR, Latash ML. Anticipatory postural adjustments in conditions of postural instability. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1998; 109(4): 350-9.
48. 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.
49. Strang AJ, Berg WP. Fatigue-induced adaptive changes of anticipatory postural adjustments. *Exp Brain Res* 2007; 178(1): 49-61.
50. Skinner HB, Wyatt MP, Hodgdon JA, Conard DW, Barrack RL. Effect of fatigue on joint position sense of the knee. *J Orthop Res* 1986; 4(1): 112-8.
51. Guskiewicz KM. Postural stability assessment following concussion: one piece of the puzzle. *Clin J Sport Med* 2001; 11(3): 182-9.

52. Lundin TM, Fuerbach JW, Grabiner MD. Effect of plantar flexor and dorsiflexor fatigue on unilateral postural control. *J Appl Biomech* 1993; 9(3): 191-201.
53. Ochsendorf DT, Mattacola CG, Arnold BL. Effect of orthotics on postural sway after fatigue of the plantar flexors and dorsiflexors. *J Athl Train* 2000; 35(1): 26-30.
54. Seliga R, Bhattacharya A, Succop P, Wickstrom R, Smith D, Willeke K. Effect of work load and respirator wear on postural stability, heart rate, and perceived exertion. *Am Ind Hyg Assoc J* 1991; 52(10): 417-22.
55. Thomas JR, Cotten DJ, Spieth WR, Abraham NL. Effects of fatigue on stabilometer performance and learning of males and females. *Med Sci Sports* 1975; 7(3): 203-6.
56. Nardone A, Tarantola J, Giordano A, Schieppati M. Fatigue effects on body balance. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1997; 105(4): 309-20.
57. Lepers R, Bigard AX, Diard JP, Gouteyron JF, Guezennec CY. Posture control after prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997; 76(1): 55-61.
58. Hoffman M, Schrader J, Applegate T, Koceja D. Unilateral postural control of the functionally dominant and nondominant extremities of healthy subjects. *J Athl Train* 1998; 33(4): 319-22.
59. Crowell DH, Guskiewicz KM, Prentice WE, Onate JA. The effect of fatigue on postural stability and neuropsychological function [Abstract]. *J Athl Train* 2001; 36: S-33.
60. Derave W, De Clercq D, Bouckaert J, Pannier JL. The influence of exercise and dehydration on postural stability. *Ergonomics* 1998; 41(6): 782-9.
61. Nardone A, Tarantola J, Galante M, Schieppati M. Time course of stabilometric changes after a strenuous treadmill exercise. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79(8): 920-4.
62. Wilkins JC, Valovich McLeod TC, Perrin DH, Gansneder BM. Performance on the Balance Error Scoring System Decreases After Fatigue. *J Athl Train* 2004; 39(2): 156-61.

Does muscular fatigue affect the functional stability of male athletes?

Dastmanesh S, Shojaeddin SS¹*

Received date: 23/09/2010

Accept date: 21/10/2010

ABSTRACT

Introduction: Muscular fatigue (MF) is a phenomenon which commonly occurs in daily sports activities and results in the worsening of motor performance. The aim of the present study was to investigate the effects of muscular fatigue on functional stability among male athletes.

Materials and Methods: Fourty two professional healthy athletes with a mean age of 25.2 ± 3.2 years and weight of 80.4 ± 8.4 kg were selected and subsequently divided into two groups: the experimental and the control. In this study the Running Anaerobic Sprint Test (RAST) was used for fatigue induction, the Biodex system (level 4) was applied for stability indices evaluation and a lactometer was utilized for blood lactate measurement. The independent- and paired-t tests were used for statistical analysis of data ($\alpha \leq 0.05$).

Results: The results indicated that muscular fatigue could affect the limit of stability ($P \leq 0.002$) and the lateral stability index ($P \leq 0.003$) but did not have any significant effect on the anterior-posterior index of the Biodex system ($P = 0.310$).

Conclusion: With regard to the results, it can be concluded that while not having any significant effect on Ant-Post stability indices, fatigue protocol may affect the lateral functional stability index. This conclusion, however, needs further qualification.

Keywords: Balance, Muscular fatigue, Functional stability.

* Academic Member of Azad University of Abadeh, Shiraz, Iran.

Email: S.dastmanesh@gmail.com

1- Associated Professor, Department of Sport Science, University of Tehran Tarbiat Moallem, Tehran, Iran.