Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences and Health Services
Vol. 36, No. 2, Jun. – Jul. 2014, Pages: 74-79

Effect of Fatigue upon Static and Dynamic Balance Control in Athletes with Acute Ankle Sprain

Mehrangiz Qorbani[1]*, Roqayeh Khansari[2], Sara Mehdizade Jozani[2], Amirreza Sohrabi[3]

[1] Department of Sport Biomechanics, Young Researchers and Elite Club, Boroujerd Branch, Islamic Azad University, Boroujerd, Iran
[2]Department of Sport and Exercise Physiology, Islamic Azad University, Tehran Jonoob, Tehran, Iran
[3]Department of Medical Statistics, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

Received: 12 Dec, 2013 Accepted: 21 Jan, 2014

Abstract

Background and Objectives: The overweighed cases like the patients with the injury of ankle sprain having problems with their Balance control system. The aim of this study was to investigate the effect of fatiguing exercise on the static and dynamic balance changes in athletes with the ankle sprain.

Materials and Methods: In this Case- Control study, 30 active athletes and 14 cases with previous severe ankle sprain as case group and 16 healthy cases as control group were inverted in a treadmill running protocol in 2 experimental sessions. Center-of-pressure sway velocity in single-legged stance and time to stabilization (TTS) after a unilateral jump-landing task (first session) and maximum reach distance in the Star Excursion Balance Test (SEBT) (second session) were assessed before and immediately after the treadmill exercise.

Results: In the unfatigued condition, between-groups the significant difference was found only in the anterior-posterior TTS ($P< 0.5$, $ES<0.39$). Group-by-fatigue interactions were found for mean SEBT ($P<0.03$, $ES <0.43$) and anterior-posterior TTS ($P<0.02$, $ES<0.48$).

Conclusions: Prefatigue versus postfatigue SEBT and TTS tests differences were greater in previously injured athletes, whereas static sway velocity increased similarly in both groups. Fatiguing duo to running significantly affected static and dynamic postural control in participants with a history of ankle sprain. Fatigue-induced alterations of dynamic postural control were greater in athletes with a previous ankle sprain. Thus, even after successful return to competitions, ongoing deficits in sensorimotor control may contribute to the enhanced ankle reinjury risk.

Keywords: Balance Control, Acute Ankle Sprain, Fatigue

*Corresponding author:
E-mail: mehrqorbani1@gmail.com

مقاله پژوهشی

اثر خستگی بر کنترل تعادلی ایستا و پویا در ورزشکاران مبتلا به پیچ‌خوردگی حاد مچ پا

مهرانگیز قربانی: گروه بیومکانیک ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی، باشگاه پژوهشگران جوان، بروجرد، ایران، نویسنده رابط:
E-mail: mehrqorbani1@gmail.com
رقیه خوانساری: گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران
سارا مهدی‌زاده جوزانی: گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران
امیر رضا سهرابی: دانشکده آمار، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

دریافت: ۹۲/۹/۲۱ پذیرش: ۹۲/۱۱/۱

چکیده

زمینه و اهداف: افراد دارای اضافه وزن همانند افرادی که دچار پیچ خوردگی مچ پا شده‌اند با مشکلاتی همچون عدم تعادل مواجه هستند. هدف از این مطالعه بررسی اثرات تمرین خسته کننده بر توانایی‌های تعادلی ایستا و پویا در ورزشکاران پس از یک بار ابتلا به پیچ‌خوردگی مچ پا است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه بصورت طرح مورد-کنترل انجام شد. ۳۰ ورزشکار فعال در دو گروه تجربی (۱۴) نفر با یک بار سابقه پیچ خوردگی شدید مچ پا و کنترل (۱۶ نفر) فرد سالم، در برنامه خستگی دویدن روی نوارگردان، در دو جلسه تجربی شرکت کردند. سرعت نوسان مرکز فشار در آزمون ایستادن روی یک پا و زمان تثبیت (TTS) پس ازتکلیف پرش- فرود (جلسه اول) و بیشترین مسافت دسترسی در آزمون تعادلی گردش ستاره (جلسه دوم) قبل و بلافاصله پس از دویدن روی نوارگردان ارزیابی شد. یک مدل ترکیبی ۲ عاملی خطی برای تحلیل داده‌ها بکار برده شد و اندازه‌های تأثیر (ES) به عنوان Cohen d محاسبه شد.

یافته‌ها: در وضعیت بدون خستگی، تفاوت‌های بین گروهی به طور معنی‌داری، در جهت قدامی- خلفی (AP) در آزمون زمان رسیدن به پایداری (TTS)، (P=۰/۰۵, ES= ۰/۳۹)، تحلیل عاملی گروه- خستگی برای میانگین آزمون ستاره (SEBT)، (P= ۰/۰۳, ES= ۰/۴۲) و در جهت قدامی- خلفی در آزمون TTS، (P= ۰/۰۲, ES= ۰/۴۸) مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: تفاوت‌های پیش و پس از خستگی آزمون‌های، زمان رسیدن به پایداری (TTS) و آزمون تعادلی گردش ستاره (SEBT) در ورزشکاران دارای سابقه پیچ‌خوردگی حاد مچ پا بزرگتر بود، درحالیکه سرعت نوسان ایستا در دو گروه به طور مشابه افزایش یافت. خستگی ناشی از دویدن تاثیر معنی‌داری بر کنترل وضعیتی ایستا و پویای شرکت‌کنندگان با و بدون آسیب پیچ‌خوردگی مچ پا به همراه داشت. خستگی منجر به تغییرات کنترل وضعیتی پویای ورزشکاران مبتلا به پیچ‌خوردگی مچ پا بزرگتر بود. بنابراین حتی پس از بازگشت موفقیت آمیز به مسابقات، نقصان موجود در کنترل حسی حرکتی به بالا بردن خطر ابتلای دوباره به آسیب مچ پا کمک می‌کند.

کلید واژه‌ها: کنترل تعادلی، پیچ‌خوردگی حاد مچ پا، خستگی

مقدمه

پیچ‌خوردگی‌های مچ پا شایعترین آسیب، در میان ورزشکاران رشته‌های توپی است (۱) و اغلب با نقصان کنترل حسی حرکتی شامل ضعف حس عمقی (کاهش حس حرکت مفصل و بی حسی موضعی)، کاهش قدرت عضلانی و ضعف در اجرای تعادل (کنترل تعادلی ایستا و پویا) توام است. این تغییرات پس از پیچ‌خوردگی حاد و مزمن مچ پا گزارش شده‌اند (۵-۲). نقصان حس عمقی وابسته به آسیب اندام تحتانی منجر به اختلال در عملکرد می‌شود و خطر وقوع

آسیب را بیشتر می‌کند (۷-۶). با این وجود ورزشکارانی هستند که با موفقیت به سطح بالای فعالیت‌های ورزشی و عملکرد طبیعی پیش از آسیب باز می‌گردند. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که با وجود اینکه کنترل حسی حرکتی تحت تأثیر آسیب قرار می‌گیرد، عملکرد این افراد مشابه عملکرد ورزشکارانی است که هیچ وقت پیچ‌خوردگی مچ پا را تجربه نکرده‌اند (۱۰-۸). وقوع این نوع آسیب‌ها در رشته‌هایی مثل فوتبال مقارن با پایان دو نیمه افزایش می‌یابد (۱۱)، که نقش مهم خستگی بدنی را در آسیب‌های وابسته به کنترل تعادلی به ما تلقین می‌کند. این عقیده مورد تأیید محققانی است که تغییرات حسی حرکتی را پس از تمرین‌های خستگی در افراد سالم مورد ارزیابی قرارداده‌اند. تغییرات مشاهده شده در این مطالعات شامل کاهش فعالیت و قدرت عضلانی (۱۲)، اختلال در حس عمقی (۱۳) و تغییرات کینماتیکی مفصل (۱۴)، افزایش نوسانات وضعیتی ناشی از خستگی موضعی در عضلات مچ پا (۱۵)، زانو و مفصل ران (۱۶) در آزمون تعادلی ایستا بود. نتایج قابل مقایسه در خستگی موضعی و سراسری بدن نشان‌داده شده‌است (۱۸-۱۷). با توجه به تحقیقات به عمل آمده ما، فقط دو مطالعه اثرهای تمرین‌های خستگی را در آزمون‌های تعادلی پویا در افراد سالم و افراد مبتلا به ناپایداری مزمن مچ پا مورد بررسی قرارداده‌اند (۲۰-۱۹). در این مطالعه فرض ما بر این است که نقصان حسی حرکتی به عنوان عامل اثر گذار بر بازیابی تعادل پس از پیچ‌خوردگی حاد مچ پا به وجود می‌آید و پایدار می‌ماند!، حتی در افرادی که با موفقیت به سطح عملکرد طبیعی و فعالیت ورزشی پیش از آسیب برمی‌گردند و دچار ناپایداری مزمن مچ پا (CAI, Chronic Ankle Instability) نمی‌شوند. در بررسی‌های ما فقط یک تحقیق، به طور ویژه به بررسی اثرات تمرینات خسته‌کننده بر افراد مبتلا به پیچ‌خوردگی حاد مچ پا پرداخته است (۲۰). فرض ما بر این بود که اختلال ناشی از پیچ‌خوردگی مچ پا در حالت عادی ناچیز است مگر زمانی که ورزشکاران در تمرین‌های فشرده در معرض خستگی بدنی قرارگیرند. بنابراین هدف ما از این مطالعه بررسی خستگی منجر به تغییرات کنترل تعادلی ایستا و پویا در گروه افراد مبتلا به پیچ‌خوردگی حاد مچ پا در مقایسه با یک گروه کنترل بوده‌است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع طرح مورد- کنترل بوده است. در این مطالعه ۳۰ نفر داوطلب از میان ورزشکاران رشته‌های توپی شرکت کردند. ویژگی شرکت‌کنندگان در جدول ۱ نشان داده شده است. ما مجموعه قوانین اخلاقی مصوب و اطلاعات مربوط به رضایت درج شده مطابق با اعلان هلینسکی را رعایت کردیم. شرکت‌کنندگان از همه موارد آزمون مطلع شدند و فرم‌های رضایت‌نامه را امضا نمودند. شرکت‌کنندگان به دو گروه تقسیم شدند، ۱۴ نفر در گروه دارای سابقه یک پیچ‌خوردگی مچ پای شدید و ۱۶ نفر در گروه کنترل. شرط حضور گروه تجربی دارا بودن سابقه یک بار آسیب پیچ‌خوردگی مچ پا بین ۳ هفته تا ۳ ماه از وقوع آسیب، بدون علائم درد، تورم یا ناپایداری در مچ پای درگیر و نداشتن سابقه آسیب در اندام تحتانی طی یکسال گذشته بود، چرا که ثابت شده است که بالاترین احتمال خطر وقوع دوباره آسیب، ۶ ماه اول پس از اولین پیچ‌خوردگی مچ پا می‌باشد (۲۱). در تحقیق حاضر دو برنامه اندازه‌گیری به کاربرده شد. به دلیل پیچیدگی مورد انتظار این آزمون‌ها و دوره زمانی کوتاه پس از تمرین‌های خستگی، ارزیابی‌ها در دو جلسه تجربی، به ترتیب: جلسه اول آزمون زمان رسیدن به پایداری (TTS, time to stabilization) در نوسان وضعیتی ایستادن روی یک پا پس از تکلیف خستگی پرش- فرود یک طرفی روی یک پا و جلسه دوم آزمون تعادلی گردش ستاره (SEBT, Star Excursion Balance Test) بعد از انجام تکلیف دویدن روی نوارگردان تا حد خستگی، انجام شد. برای اجتناب از بازیابی پس از خستگی، آزمون‌ها در کمتر از ۴ دقیقه استراحت پس از تمرین خستگی انجام می‌شد. شرکت‌کنندگان، همه آزمون‌ها را با پای برهنه انجام دادند. پای آسیب‌دیده گروه تجربی و پای متناسب با پای فرد در گروه کنترل مورد بررسی قرارگرفت. طول پا به عنوان فاصله سطح با قسمت پایینی لگن از سطح زمین در حالت ایستاده، پا برهنه و جفت پا روی زمین اندازه‌گیری شده‌است. برای اندازه‌گیری نوسان وضعیتی ایستا، شرکت‌کنندگان پس از تکرار پرش- فرود تا زمان خستگی روی پای مورد آزمون، روی یک پا، به مدت ۲۰ ثانیه، با چشمان باز و دست‌ها به کمر روی یک صفحه نیروی Kistler مدل AA69260 ایستادند. آزمون دو بار و با فاصله ۱۰ ثانیه استراحت بین کوششی اجراشد. تلاش‌های ناموفق شامل، خم شدن تنه به طرفین یا جلو- عقب، تکان خوردن پاها، جدا شدن دست‌ها از کمر و لمس زمین با پای غیر اتکا، حذف شدند. داده‌های نیرو و گشتاور در ۱۸۰ هرتز برای بدست آوردن مرکز فشار (COP, Center Of Pressure) اندازه‌گیری شد (۲۲). میانگین دو کوشش برای تحلیل داده‌ها محاسبه شد. آزمون SEBT به عنوان ارزیابی کنترل تعادلی پویا پس از برنامه خستگی دویدن روی نوارگردان، انجام شد. خستگی کل بدن با دویدن فرد روی یک نوارگردان موتوری (quasar, h/p/cosmos) با افزایش سرعت تا خستگی فرد به دست آمد. شروع حرکت با سرعت ۸ کیلومتر بر ساعت بود و سرعت در هر مرحله در هر ۳ دقیقه، ۲ کیلومتر بر ساعت افزایش یافت. در این حال شرکت‌کنندگان تشویق کلامی دریافت کردند و برنامه تمرینی را اجرا کردند تا زمانیکه به طور کامل خسته شدند. ضربان قلب و میزان اعمال نیروی فرد، ۳۰ ثانیه پس از هر کوشش اندازه‌گیری شد. مقیاس آهنگ اعمال نیرو (RPE, rate of perceived exertion) ۶ تا ۲۰ بورگ (Borg) به کار برده شد (۲۳). این اطلاعات برای مرتب کردن پاسخ قلبی آزمون و برای ملاک قراردادن خستگی فرد و پایان دادن تمرین به کار

برده شد. بر مبنای کوشش‌های آزمایشی ثبت نشده در تحقیق ما، RPE با مقدار لاکتات خون در حالت خستگی مقایسه شد، یک RPE معادل ۱۷ و بالاتر به عنوان سطح خستگی تعیین شد. پس از یک استراحت کوتاه، شرکت‌کنندگان با پای برهنه و دستها به کمر در مرکز یک شبکه ۸ خطی به فاصله ۴۵ درجه از هم قرارگرفتند. از هر شرکت‌کننده خواسته شد تا پای آزاد را به دورترین نقطه در هر خط برساند، به آرامی لمس کند و سپس کنار پای ایستاده قرار دهد و همین‌طور خط‌های بعدی (۲۰). ما چهار خط اصلی در جلو- عقب (AP) و چپ و راست (ML) را برای ارزیابی خستگی در اندازه گیری آزمون‌های TTS و SEBT مورد بررسی قرار دادیم. این جهات مخالف هم هستند. همه شرکت‌کنندگان ۵ کوشش را پیش از اندازه‌های اصلی انجام دادند. آزمون اصلی با دو کوشش پس از تمرین خستگی انجام شد و میانگین دو کوشش برای پردازش داده‌ها محاسبه شد. بیشترین مسافت دسترسی در واحد سانتی‌متر از مرکز شبکه ثبت شد. اگر شرکت‌کننده به هر شکل تعادل خود را با تماس پیداکردن با سطح قبل از قرارگرفتن در امتداد خطوط یا جدا شدن دست‌ها از کمر، از دست می‌داد کوشش را حذف می‌کردیم. برای بدست آوردن خروجی صفحه نیرو در آهنگ نمونه‌برداری ۱۸۰ هرتزی، از نرم افزار Bioware استفاده کردیم. داده‌های نیرو با ۱۴ هرتز پایین گذر(low-pass)، با بکاربردن یک فیلتر Butterworth مرتبه دوم فیلتر شد. نتایج مورد نظر ما، سرعت مرکز فشار (COP) نوسان وضعیتی ایستای آزمون TTS در جهت AP، ML و RV (resultant vector of TTS; RV = $\sqrt{AP^2+ML^2}$) و مسافت بیشینه بدست آمده در SEBT (میانگین ۴ جهت اصلی) برای ارزیابی کنترل تعادلی پویا بودند. سرعت مرکز فشار در واحد سانتی‌متر بر ثانیه، به عنوان مجموع برآیند جابه‌جایی COP تقسیم بر زمان کل تعریف شده‌است (۲۴). اندازه‌گیری‌های مسافت به دست آمده در SEBT با فرمول زیر نرمال سازی شد:

مسافت به دست‌آمده نرمال سازی شده = مسافت به دست‌آمده (cm) × طول پا (cm) / ۱۰۰

در تحلیل داده‌های آماری، یک مدل ترکیبی خطی ۲ عاملی متناسب با داده‌های با اندازه‌های تکراری برای هر یک از بروندادهای اصلی، تعیین شد. عوامل تجربی زمان و گروه عوامل ثابت درعوامل فردی تصادفی بودند. سرعت نوسان در آزمون TTS و میانگین دستیابی SEBT به عنوان متغیرهای وابسته تعریف شدند و در مدل‌های جداگانه تحلیل شدند. یک مدل انحراف- تصادفی و متقاطع- تصادفی در تغییرپذیری تصادفی و ماتریس واریانس- کوواریانس به کاربرده شد. اندازه‌های تأثیر ES (Effect Size) به عنوان Cohen d برای مقایسه‌های اثر بارز گروه (مقایسه خستگی بین گروهی)، اثرات مهم خستگی (مقایسه پیش خستگی در برابر پس خستگی در گروه آسیب دیده) و تحلیل عاملی زمان در گروه (مقایسه گروه پس از خستگی تنظیم‌شده بر گروه آسیب‌دیده) به کاربرده شد.

یافته‌ها

دویدن روی نوارگردان بین ۶ تا ۲۰ دقیقه ادامه یافت. به طور میانگین ۱۴/۴ دقیقه و بیشینه سرعت دویدن بین ۱۲ تا ۲۰ کیلومتر بر ساعت به طول انجامید. میانگین و انحراف استاندارد RPE در خستگی در گروه تجربی، ۱۹/۵±۰/۷و گروه کنترل، ۱۹/۸±۰/۰۶ و میانگین ضربان قلب بیشینه در گروه تجربی، ۱۹۳/۹±۹/۲ و گروه کنترل، ۱۹۴±۷/۲ بود. هیچ تفاوتی بین جلسه ۱ و ۲ در هریک از این مقادیر مشاهده نشد. در آزمون TTS (در وضعیت غیر خستگی)، تفاوت‌های بین گروهی در جهت AP (P=۰/۰۵, ES= ۰/۳۹) با زمان تثبیت کوتاهتر در گروه تجربی(۳/۹۲ ثانیه) در مقایسه با گروه کنترل (۴/۰۳ ثانیه) معنی‌دار بود. تفاوت معنی‌دار بین گروهی در هر یک از داده‌های دیگر مشاهده نشد (جدول ۱). اثر قابل توجه خستگی در همه اندازه‌گیری‌ها نشان داده شد (جدول ۱). تحلیل عاملی گروه- زمان در کنترل تعادلی ایستا معنی‌دار نبود (P=۰/۴۲, ES= ۰/۱۶). تحلیل عاملی گروه- زمان در کنترل تعادلی پویا در آزمون SEBT، با کاهش بارزی در میانگین مسافت دسترسی گروه تجربی نسبت به گروه کنترل معنی‌دار بود (P=۰/۰۳، ES=۰/۴۲). عامل گروه- زمان در آزمون TTS در جهت AP در گروه تجربی به طور معنی‌داری بیشتر بود، (P=۰/۰۲ ،ES=۰/۴۸) و تفاوت معنی‌داری در عامل گروه- زمان در آزمون TTS در جهت ML مشاهده نشد، (ES=۰/۲۲، P=۰/۲۶).

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد مقادیر پیش و پس از خستگی متغیرهای وابسته

	گروه کنترل		گروه تجربی	
	پیش از خستگی	پس از خستگی	پیش از خستگی	پس از خستگی
سرعت مرکز فشار (cm/s)	۲/۲ ± ۰/۵	۲/۸ ± ۰/۷	۲/۴ ± ۰/۷	۳/۳ ± ۱/۲
آزمون SEBT(cm)	۱۰۴/۶±۴/۳	۱۰۴/۲±۳/۴	۱۰۰/۹±۸/۸	۹۸/۵± ۷/۵
آزمون TTS در جهت AP(s)	۴/۰ ± ۰/۲	۴/۱ ±۰/۲	۳/۹ ± ۰/۱	۴/۲ ± ۰/۳
آزمون TTS در جهت ML(s)	۳/۹ ±۰/۳	۴/۱±۰/۲	۳/۸ ± ۰/۱	۴/۲ ± ۰/۵
آزمون TTS در جهت RV(s)	۵/۶ ± ۰/۳	۵/۸ ±۰/۲	۳/۵ ±۰/۱	۶/۰ ± ۰/۶

آزمون‌های TTS بر واحد ثانیه هستند.

بحث

در این تحقیق ما به بررسی تغییرات وابسته به خستگی در کنترل تعادلی ایستا و پویا در ورزشکاران سالم و مبتلا به پیچ‌خوردگی حاد مچ پا پرداختیم. تفاوت معنی‌داری در کنترل تعادلی ایستا، مگر در جهت AP مشاهده نشد. کنترل تعادلی پویای گروه تجربی نسبت به گروه کنترل، به طور معنی‌داری تحت تأثیر خستگی بدن بود. با این حال ورزشکاران گروه تجربی به طور موفقیت‌آمیزی در فعالیت‌های ورزشی طاقت فرسا، بدون آسیب دیدگی و لقی مفصل شرکت‌کردند. به نظر می‌رسد این افراد استراتژی‌های جبرانی برای خستگی ناشی از

تغییرات کنترل تعادلی دارند که به عملکرد موفق آنها کمک می‌کند. نقصان کنترل تعادلی افراد مبتلا به ناپایداری‌های حاد و مزمن مچ پا در ادبیات پیشینه به خوبی بیان شده‌است (۲). بعدها تفاوت‌هایی بین این گروه‌های حاد و مزمن قائل شدند که، آزمون‌های تعادلی به طور وسیعی مورد بررسی قرار گرفت (۲۵و۲). با این وجود آزمون‌های تعادل ایستا ویژگی‌های کنترل حسی حرکتی را در حالت پویا، فعالیت‌های خاص ورزشی و وضعیت‌های آسیب‌دیدگی باز نمی‌تاباند (۲۶). کنترل تعادلی اغلب شامل حرکات بازداری و جبرانی است که به سرعت پس از آشفتگی یا گشتاورهای بی‌ثباتی رخ می‌دهد (۲۷). بنابراین ارزیابی‌های کنترل تعادلی پویا چشم‌انداز بهتری از استراتژی‌های کنترل تعادلی وابسته به آسیب فراهم می‌کند. دو مقیاس اندازه‌گیری مطمئن کنترل تعادلی ایستا و پویا شامل TTS و SEBT در این تحقیق به کاربرده شد. در مطالعه حاضر، TTS در جهت AP تفاوت معنی‌دار بین گروهی را نشان داد. محققان دیگر (۱۰) ML بزرگتری را گزارش کردند. آزمون SEBT، روشی است ارزان برای ارزیابی تعادل پویا و به طور مستقیم با افزایش خطر آسیب در پایین تنه مرتبط‌است (۲۷). کنترل تعادلی، کینماتیک زانو و قدرت عضلانی مفصل زانو اجرای SEBT را تحت تأثیر قرار می‌دهد. محققان دیگر (۳۰–۲۷و۲۰) مسافت دسترسی بیشینه SEBT کمتری را در شرکت‌کنندگان پس از آسیب مچ پا در مقایسه با گروه کنترل گزارش کردند. همه محققان قبلی افراد مبتلا به CAI را مورد مطالعه قرار دادند. در حالیکه ما نوع حاد آسیب دیدگی را مورد بررسی قرار دادیم که در نوع خود جدید بوده‌است. اثرات منفی پس از تمرین‌های خستگی موضعی و سراسری بدن بر توانایی‌های تعادلی ایستا و پویا منطبق بر یافته‌های محققان گذشته مشاهده شده‌است (۲۰–۱۸). ما تعامل گروه- خستگی را در TTS و SEBT نشان دادیم. در آزمون TTS اجرای تثبیت بیشتر در گروه آسیب دیده اثرگذار بود که فقط در جهت AP این تفاوت معنی‌دار بود. در آزمون SEBT، کاهش مسافت دسترسی در گروه آسیب دیده نسبت به گروه کنترل معنی‌دار بود. این یافته‌ها حاکی از آن است که در وضعیت عادی اثری از نقصان کنترل تعادلی در افراد آسیب‌دیده وجودندارد مگر در حضور خستگی بدنی.

نتیجه‌گیری

در نتیجه، نقصان مزمن بیومکانیکی و کنترل تعادلی ورزشکاران به حالت نهفته در می‌آید و زمانی ظاهر می‌شود که بدن ورزشکار به طور موضعی یا سراسری با تداوم زمان تمرین، خسته شود و در معرض خطر آسیب دوباره قرار گیرد. برنامه‌های توانبخشی باید این حقیقت را مورد توجه قرار دهند و بر تمرین‌های استراتژی تعادلی و استقامت عصبی عضلانی تأکید کنند. لازم است تا تحلیل عاملی بین خستگی بدنی و نقصان تعادلی پس از آسیب، درک بهتری از مکانیسم‌های مربوط را با ارزیابی ابزاری دیگر ارائه‌دهند.

References

1. Fong DT, Hong Y, Chan LK, Yung PS, Chan KM. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med* 2007; **37**(1): 73–94.
2. Hertel J. Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. *Clin Sports Med* 2008; **27**(3): 353–370.
3. Wikstrom EA, Naik S, Lodha N, Cauraugh JH. Bilateral balance impairments after lateral ankle trauma: a systematic review and meta-analysis. *Gait and Posture* 2010; **31**(4): 407–414.
4. Anandacoomarasamy A, Barnsley L. Long term outcomes of inversion ankle injuries. *Br J Sports Med* 2005; **39**(3): e14.
5. Verhagen RA, de Keizer G, van Dijk CN. Long-term follow-up of inversion trauma of the ankle. *Arch Orthop Trauma Surg* 1995; **114**(2): 92–96.
6. Carey JL, Huffman GR, Parekh SG, Sennett BJ. Outcomes of anterior cruciate ligament injuries to running backs and wide receivers in the National Football League. *Am J Sports Med* 2006; **34**(12): 1911–1917.
7. de Noronha M, Refshauge KM, Herbert RD, Kilbreath SL, Hertel J. Do voluntary strength, proprioception, range of motion, or postural sway predict occurrence of lateral ankle sprain? *Br J Sports Med* 2006; **40**(10): 824–828.
8. Wikstrom EA, Tillman MD, Chmielewski TL, Cauraugh JH, Naugle KE, Borsa PA. Self-assessed disability and functional performance in individuals with and without ankle instability: a case control study. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009; **39**(6): 458–467.
9. Wikstrom EA, Fournier KA, McKeon PO. Postural control differs between those with and without chronic ankle instability. *Gait and Posture* 2010; **32**(1): 82–86.
10. Wikstrom EA, Tillman MD, Chmielewski TL, Cauraugh JH, Naugle KE, Borsa PA. Dynamic postural control but not mechanical stability differs among those with and without chronic ankle instability. *Scand J Med Sci Sports* 2010; **20**(1): e137–e144.
11. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med* 2011; **45**(7): 553–558.
12. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev* 2001; **81**(4): 1725–1789.
13. 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): 117–122.

14. McLean SG, Fellin RE, Suedekum N, Calabrese G, Passerallo A, Joy S. Impact of fatigue on gender-based high-risk landing strategies. *Med Sci Sports Exerc* 2007; **39**(3): 502–514.
15. Yaggie JA, McGregor SJ. Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; **83**(2): 224–228.
16. Gribble PA, Hertel J. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; **85**(4): 589–592.
17. Dickin DC, Doan JB. Postural stability in altered and unaltered sensory environments following fatiguing exercise of lower extremity joints. *Scand J Med Sci Sports* 2008; **18**(6):765–772.
18. Springer BK, Pincivero DM. The effects of localized muscle and whole-body fatigue on single-leg balance between healthy men and women. *Gait and Posture* 2009; **30**(1): 50–54.
19. Wikstrom EA, Powers ME, Tillman MD. Dynamic stabilization time after isokinetic and functional fatigue. *J Athl Train* 2004; **39**(3): 247– 253.
20. 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): 321–329.
21. Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Intrinsic risk factors for acute ankle injuries among male soccer players: a prospective cohort study. *Scand J Med Sci Sports* 2010; **20**(3): 403–410.
22. Ross SE, Guskiewicz KM. Time to stabilization: a method for analyzing dynamic postural stability. *Athl Ther Today* 2003; **8**(3): 37–39.
23. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med* 1970; **2**(2): 92–98.
24. Prieto TE, Myklebust JB, Hoffmann RG, Lovett EG, Myklebust BM. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Trans Biomed Eng* 1996; **43**(9): 956–966.
25. Wikstrom EA, Fournier KA, McKeon PO. Postural control differs between those with and without chronic ankle instability. *Gait and Posture* 2010; **32**(1): 82–86.
26. Riemann BL, Caggiano NA, Lephart SM. Examination of a clinical method of assessing postural control during a functional performance task. *J Sport Rehabil* 1999; **8**(3): 171–183.
27. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; **36**(12): 911–919.
28. Robinson R, Gribble P. Kinematic predictors of performance on the Star Excursion Balance Test. *J Sport Rehabil* 2008; **17**(4): 347–357.
29. Hertel J, Braham RA, Hale SA, Olmsted-Kramer LC. Simplifying the Star Excursion Balance Test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; **36**(3): 131–137.
30. Brown CN, Bowser B, Orellana A. Dynamic postural stability in females with chronic ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* 2010; **42**(12): 2258–2263.