

The Effect of Functional Fatigue on Dynamic and Static Balance Indexes in Athletes with Ankle Instability

Hemn Mohammadi^{1*}, Mansour Sahebozamani², Mohammad Reza Amir Seyfaddini³

1. PHD Student ,Department of Corrective Exercises and Sports Injuries, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran (Corresponding Author) hemn.m.64@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Corrective Exercises and Sports Injuries, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Shahid Bahonar, Kerman.
3. Assistant Professor, Department of Sports Biomechanics, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Shahid Bahonar Kerman.

Article received on: 2014.2.23

Article accepted on: 2014.11.24

ABSTRACT

Background and Aim: Although it is obvious that physical fatigue leads to impaired balance in healthy athletes, it is still a question that how does functional fatigue can affect balance in athletes with ankle instability. Therefore, the aim of this study is to determine the effects of functional fatigue on dynamic and static balance index in athletes with ankle instability.

Materials and Methods: Fifteen volleyball players with ankle instability participated voluntarily in this study (age, 19.4 ± 1.9 y; height, 1.825 ± 5.2 m; weight, 67.7 ± 5.9 kg ; BMI, 20.3 ± 1.6 kg/m²). In order to apply fatigue, functional fatigue protocol special for volleyball was used, and for quantity of balances the Biodex Balance System was applied. During the study, four times (two times without fatigue, and two times after fatigue) the balance test was performed by Balance system (single leg stability testing in difficult level of 4 for dynamic balance and in difficult level of 12 for static balance). For statistical analysis of data a significant level $p \leq 0.05$ was used.

Results: Data analysis with paired t-test showed that after applying functional fatigue, dynamic (1.600 to 1.838) and static (1.238 to 1.462) balance index had significant increase. Decrease of dynamic balance, when applying fatigue can be due to a significant increase in anterior-posterior balance index (1.085 to 1.246); but in static conditions the decrease in balance can be due to a significant increase of both the anterior-posterior (0.869 to 1.046) and medial-lateral (0.800 to 0.900) balance index.

Conclusion: Based on the research results, decrease of dynamic and static balance of players with ankle instability during fatigue may make them susceptible to ankle sprain injury.

Key Words: functional fatigue, dynamic balance, static balance, ankle instability, Biodex Balance System

Cite this article as: Hemn Mohammadi ,Mansour Sahebozamani, Mohammad Reza Amir Seyfaddini. The Effect of Functional Fatigue on Dynamic and Static Balance Indexes in Athletes with Ankle Instability. J Rehab Med. 2015; 4(1): 63-71.

تأثیر خستگی عملکردی بر روی شاخص های تعادلی ایستا و پویای ورزشکاران دارای مج پای ناپایدار

هیمن محمدی^{۱*}، منصور صاحب الزمانی^۲، محمدرضا امیرسیف الدینی^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران. تهران، ایران.
۲. دانشیار، گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، تهران
۳. استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان. کرمان، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف

اگر چه بدیهی است که خستگی جسمانی موجب نقص تعادل در ورزشکاران سالم می شود، اما هنوز این سوال مطرح است که خستگی عملکردی می تواند چه تاثیری بر تعادل ورزشکاران دارد. بر همین اساس هدف از این تحقیق بررسی تأثیر خستگی عملکردی بر روی شاخص های تعادل ایستا و پویای ورزشکاران دارای ناپایداری مج پای بود.

مواد و روش ها

پانزده والیبالیست مرد حرفه ای دارای مج پای ناپایدار (سن $19/4 \pm 1/5$ سال، وزن $67/7 \pm 5/9$ کیلو گرم، قد $1/82 \pm 0/5$ متر، شاخص توده بدنی $20/3 \pm 1/6$ کیلوگرم/مترمربع) داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. به منظور اعمال خستگی، از پروتکل خستگی ویژه والیبال و جهت کمی سازی تعادل از سیستم تعادلی بایودکس استفاده گردید. در طی مراحل تحقیق، چهار بار (دو بار بدون اعمال خستگی، دو بار پس از اعمال خستگی) آزمون تعادل توسط دستگاه تعادلی بایودکس (تست تعادل ورزشکاران بر روی یک پا در سطح دشواری ۴ برای تعادل پویا و ۱۲ برای ایستا) صورت گرفت. جهت تجزیه و تحلیل آماری داده های تحقیق سطح معنی داری ۹۵ درصد با آلفای کوچکتر یا مساوی ۰/۰۵ استفاده گردید.

یافته ها

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از آزمون های تی نشان داد که بعد از اعمال خستگی عملکردی افزایش معنی داری در شاخص کلی تعادلی پویا (از $1/600$ به $1/838$) و ایستای (از $1/238$ به $1/462$) ورزشکاران مشاهده می شود. کاهش تعادل پویا هنگام اعمال خستگی می تواند به دلیل افزایش معنی دار شاخص تعادلی قدامی-خلفی (از $1/085$ به $1/246$) باشد ولی کاهش تعادل ایستا به دلیل افزایش معنی دار هر دو شاخص قدامی-خلفی (از $0/869$ به $1/046$) و داخلی-خارجی (از $0/800$ به $0/900$) می باشد.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج تحقیق بازیکنان دارای ناپایداری مج پای در هنگام خستگی دچار کاهش تعادل پویا و ایستا می شوند که این امر ممکن است آنها را در معرض آسیبین مج پای قرار دهد.

واژگان کلیدی

خستگی عملکردی، تعادل ایستا، تعادل پویا، مج پای ناپایدار، سیستم تعادلی بایودکس

پذیرش مقاله ۱۳۹۳/۸/۱۶ *

* دریافت مقاله ۱۳۹۳/۲/۱۵

نویسنده مسئول: هیمن محمدی. گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران گروه کاردرمانی

تلفن: ۰۹۱۳۶۱۴۰۲۸۲

آدرس الکترونیکی: hemn.m.64@gmail.com

مقدمه و اهداف

بررسی میزان آسیب در ۱۴۰۳۸ ورزشکار فعال در ۲۹ رشته ورزشی در طی ۲۰ سال نشان داد که ۷۰ درصد کل آسیب ها در اندام تحتانی اتفاق می افتد و مچ پا شایع ترین محل آسیب دیدگی (۱۹/۳۲٪ کل آسیب ها) در دخترها (۲۴/۶۱٪) و پسرهای (۱۶/۳۷٪) دبیرستانی می باشد^[۱]. پیچ خوردگی مچ پا با متوسط ۰/۴۹۹ آسیب به ازای ۱۰۰۰ ورزشکار در معرض، شایع ترین نوع آسیب دیدگی (دخترها ۰/۵۷۳ و پسرها ۰/۴۴۵) می باشد^[۱]. میزان آسیب دیدگی مچ پا در یک فصل از بازیها برای ورزشهای سالنی ۱/۳۷ آسیب و برای والیبال ۳/۶۸ آسیب به ازای ۱۰۰۰ ورزشکار در معرض می باشد^[۲،۳]. آسیب لیگامانی مچ پا ۱۲ درصد آسیب ورزشهای سالنی و ۴۴/۱ درصد کل آسیبهای رشته والیبال را شامل می شود^[۳،۴].

به علاوه آسیب پیچ خوردگی اینورژن مچ پا در ورزش و فعالیت های روزانه بسیار رایج است. این آسیب در ورزش های دارای پرش و به ویژه در ورزش های توپی زیاد روی می دهد و در مقایسه با دیگر آسیب های ورزشی بیشترین زمان غیبت ورزشکار از فعالیت را باعث می گردد^[۵]. به عنوان مثال ۵۲ درصد والیبالیست ها یک و یا بیشتر از یک آسیب را در طول یک فصل تجربه می کنند، که پیچ خوردگی مچ پا شایع ترین آسیب حاد و در مجموع ناحیه پا و مچ پا شایع ترین محل آسیب در این رشته ورزشی می باشد^[۶]. بنابراین به دلیل شیوع زیاد آسیب پیچ خوردگی مچ پا در والیبال، بررسی بیشتر و اعمال اقدامات پیشگیرانه در ناحیه مچ پا، در این رشته ورزشی ضروری می باشد.

متداول ترین مکانیسم آسیب دیدگی مچ پا در ورزش های دارای پرش، فرود می باشد، که ۶۳ درصد آسیب های والیبال را شامل می شود^[۷]. فاکتورهای زیادی مانند خستگی عضلانی، ممکن است بر روی الگوی فرود و کنترل مچ پا هنگام فرود اثر بگذارند^[۸]. خستگی عضلانی ناشی از فعالیت فیزیکی در قسمت های مختلف ساختارهای کنترل عصبی-عضلانی اتفاق می افتد که کاهش کارایی عضله و افزایش احتمال آسیب پس از خستگی را موجب می شود، به طوری که ۷۶ درصد آسیب های گزارش شده در نیمه دوم مسابقه یا نیمه دوم تمرین اتفاق می افتد^[۹]. در دهه اخیر دانشمندان علوم ورزشی به مقوله خستگی، به عنوان یکی از عوامل اثرگذار منفی بر عملکرد ورزشی و ارتباط آن با کنترل قامت توجه نموده اند چرا که خستگی و کم شدن کنترل قامت می تواند از عوامل زمینه ساز آسیب اسکلتی-عضلانی ورزشکاران باشد^[۱۰]. برای بررسی اثر خستگی بر سیستم کنترل قامت از تکنیک های مختلفی جهت خسته کردن بدن و اندام ها خصوصا برای اندام تحتانی استفاده شده است که شامل انقباضات ایزومتریک، حرکات تکراری، انقباضات ایزومتریک و فعالیت های عملکردی جهت ایجاد خستگی عملکردی می باشد. بیشتر مطالعات از پروتکل های غیرمرتبط با تمرینات ورزشی و مسابقات جهت بررسی اثر خستگی بر سیستم کنترل وضعیت قامت استفاده کرده اند. بطور مثال مارکو^۹ و همکارانش (۲۰۰۷) کاهش تعادل در شرایط اعمال خستگی پس از یک دوره فعالیت و امانده ساز روی تردمیل با استفاده از صفحه نیرو را مشاهده کردند^[۱۱]. حسینی مهر و همکاران (۲۰۱۰) کاهش معنی دار کنترل قامت پویای افراد سالم بعد از اعمال پروتکل خستگی کاهش را با استفاده از آزمون ستاره گزارش کردند^[۱۲]. لطافتکار و همکاران (۲۰۰۹) کاهش ثبات عملکردی پس از اعمال خستگی عضلانی ناشی از فعالیت درمانده ساز با استفاده از تست رست^۱ را با استفاده از دستگاه بایودکس در ورزشکاران حرفه ای مشاهده کردند^[۱۳]. بیسون و همکاران (۲۰۱۲) کاهش کنترل قامت را پس از اعمال خستگی ایزومتریک و ایزوتونیک پلانترفلکسورها بر روی هر دو سطح منعطف و سخت در مردان بزرگسال سالم گزارش کردند^[۱۴]. شین و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده کردند که فعالیت کوتاه مدت شدید پلانترفلکسورها و دورسی فلکسورها با سرعت زاویه ای ۳۰ درجه/ثانیه و ۵۰٪ حداکثر گشتاور پلانترفلکسوری موجب کاهش معنی دار تعادل ایستا در زنان سالم بزرگسال می شود^[۱۵]. گری و همکاران (۲۰۱۳) کاهش معنی دار تعادل در جهات قدامی خلفی و داخلی خارجی پس از اعمال خستگی عضلات پلانترفلکسور را در ۱۵ مرد سالم گزارش کردند^[۱۶]. پیو و همکاران (۲۰۱۴) افزایش نوسان قامتی در تمامی جهات را پس از اعمال خستگی در ۲۱ فوتبالیست مرد جوان گزارش نمودند^[۱۷]. زیچ و همکارانش (۲۰۱۲) کاهش تعادل ایستا و پویای هندبالیست های مرد بزرگسال را پس از اعمال هر دو نوع خستگی عمومی و موضعی با استفاده از صفحه نیرو گزارش نمودند^[۱۸]. مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه اثر خستگی موضعی و عمومی نشان داد که خستگی موضعی زمانی بر کنترل تعادل اثر دارد که قدرت حداکثر انقباض بین ۲۵٪ تا ۳۰٪ کاهش یابد^[۱۹]. مطالعات اندکی به بررسی نحوه تغییر شاخص های تعادلی در شرایط خستگی عملکردی پرداخته اند و اغلب مطالعات بر روی افراد دارای مچ پای سالم انجام شده است. از این رو به نظر می رسد فقدان پژوهش در زمینه بررسی شاخص های تعادلی ایستا و پویا در شرایط خستگی ناشی از ورزش در ورزشکاران دارای مچ پای ناپایدار وجود دارد و ضروری است که نحوه ارتباط خستگی و تغییر شاخص های تعادلی در ورزشکاران

⁹ Marco

¹⁰ RAST

دارای مچ پای ناپایدار با استفاده از یک پروتکل خستگی عملکردی و مشابه با تمرینات ورزشی صورت بگیرد. به علاوه شایع ترین آسیب در رشته والیبال پیچ خوردگی مچ پا می باشد و شناسای نحوه تغییر شاخص های تعادلی در شرایط خستگی می تواند در تشخیص مکانیسم آسیب، طراحی وسایل حفاظتی مچ پا و همچنین طراحی برنامه های تمرینی و در مجموع برنامه های پیشگیری از این آسیب تأثیر فراوانی داشته باشد. از این رو در این پژوهش تأثیر خستگی عملکردی بر روی شاخص های تعادلی ایستا و پویای والیبالیست های دارای مچ پای ناپایدار مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

در راستای انجام این پژوهش از بین تمامی تیم های والیبال شهر کرمان و از هر تیم یک سوم والیبالیست هایی که در دامنه سنی ۱۸ تا ۲۳ سال قرار داشتند و دارای حداقل ۳ سال سابقه بازی در سطح لیگ های جوانان، امید کشور و استان کرمان بودند بصورت تصادفی وارد تحقیق شدند که تعداد آنها ۱۴۶ نفر بود. در ادامه نحوه انتخاب آزمودنی ها دارای دو مرحله بود، در مرحله اول برگه ثبت اطلاعات شامل اطلاعاتی شخصی و پزشکی در مورد بیماری ها و آسیب های وارده به بازیکنان در ماه های گذشته به والیبالیست ها ارائه گردید. بر اساس اطلاعات بدست آمده از این برگه ها تعدادی از والیبالیست ها کنار گذاشته شدند از جمله آنهایی که در ۶ ماه گذشته سابقه جراحی یا آسیب در مچ پا، زانو، ران، لگن و یا سابقه شکستگی در مچ پا داشتند و نیز افرادی که دارای نقص در سیستم بینایی، شنوایی و عصبی بودند و یا سابقه آسیبی در ناحیه سر داشتند که آنها را مجبور به استفاده از مراقبت های پزشکی کرده باشد، در این مرحله ۴۹ نفر حذف شدند.

در مرحله دوم از میان ۹۷ والیبالیست باقی مانده تعداد ۲۳ نفر انتخاب شدند که توسط فیزیوتراپیست ورزشی ناپایداری مچ پای آنها تأیید گردید و درجه ناپایداری مچ پای آنها بر اساس جدول فوجی به نقل از آندره لیمن^{۱۱} یک و دو تعیین گردید. برای اطمینان از وجود بی ثباتی در مچ پای بازیکنان و تعیین درجه و جهت ناپایداری، توسط فیزیوتراپیست ورزشی سه تست چرخش داخلی قاپ^{۱۲}، چرخش خارجی قاپ^{۱۳} و کشویی قدامی^{۱۴} صورت گرفت. بر اساس تحقیقات انجام شده آنهایی که چرخش قاپ کمتر از ۱۰ درجه دارند و میزان جابجایی تست کشویی قدامی آنها کمتر از ۱۰ میلی متر می باشد دارای مچ پای سالم هستند. در نهایت تعداد ۱۵ نفر از آزمودنی های دارای مچ پای ناپایدار (درجه ناپایداری مچ پا در ۷ نفر یک و ۸ نفر دو بود) که مایل به شرکت در تحقیق بودند با اطلاع کامل از هدف و روش تحقیق و نیز با پرکردن فرم رضایت نامه وارد تحقیق شدند (مشخصات کلی آنها در جدول ۱ آمده است).

جدول ۱: مشخصات آزمودنی های تحقیق (n=۱۵)

شاخص	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
سن (سال)	۱۹/۴۶	۱/۵۰	۱۸	۲۳
وزن (کیلوگرم)	۶۷/۷۰	۵/۹۱	۵۸/۸۱	۷۴/۶۱
قد (سانتی متر)	۱۸۲/۵۳	۵/۲۸	۱۷۶	۱۹۴/۵
طول پا (سانتی متر)	۱۰۰/۱۵	۳/۵۵	۹۶	۱۰۸
حداکثر پرش (سانتی متر)	۷۰	۵/۱۶	۶۲	۸۱
BMI (کیلوگرم/متر مربع)	۲۰/۳۲	۱/۶۰	۱۷/۴۷	۲۳/۷۲
VO ₂ max (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	۵۲/۰۵	۲/۹۷	۴۷/۴	۵۷

در راستای انجام پژوهش از برگه ثبت اطلاعات شخصی و پزشکی، آزمون خستگی عملکردی ویژه والیبال^[۲۰]، آزمون اندازه گیری طول اندام تحتانی^[۲۰]، آزمون تعیین پای برتر^[۲۱]، آزمون قدرت عضلات پلانتر فلکسور مچ پا^[۲۲]، آزمون کوپر جهت اندازه گیری VO₂max با

¹¹ Andre leumann

¹² Medial Talar tilt test

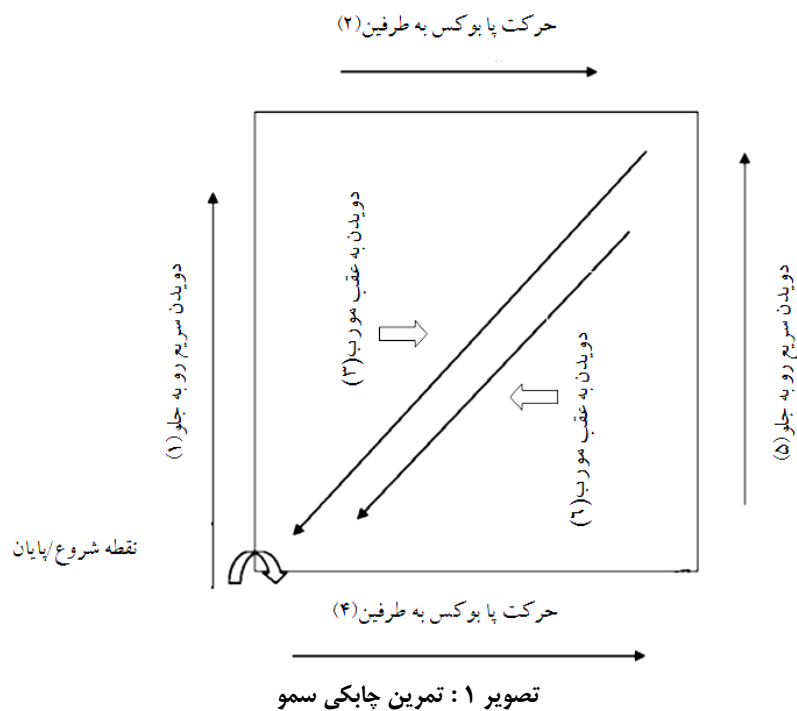
¹³ Lateral Talar tilt test

¹⁴ Anterior drawer test

روایی ۰/۸۹۷/۲۳]، آزمون تعیین حداکثر پرش [۲۰]، آزمون تعیین زمان پایه [۲۰]، دستگاه تعادل سنج بایودکس اس دی ۱۵، دستگاه دیجیتالی پرش سارجنت (مارک یاگامی) [۱۶] استفاده شد.

برای اندازه‌گیری طول پا، ابتدا از آزمودنی‌ها خواسته شد به پشت روی میز معاینه در حالت درازکش قرار بگیرند، سپس خار خاصه قدامی فوقانی^{۱۷} و بخش دیستال قوزک داخلی پا^{۱۸} توسط مارکر علامت‌گذاری شد. فاصله بین این دو نقطه، برای هر آزمودنی و هر پا، دو مرتبه اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد، سپس میانگین محاسبه شده که بیانگر طول پای آزمودنی بود به عنوان فاصله بین دو پا در حرکت لانژ (بخشی از پروتکل خستگی) استفاده گردید [۲۳].

پروتکل خستگی که در این تحقیق استفاده شد [۲۰]، عملکردی و مخصوص والیبال بود که شامل چندین سیکل تکراری تا رسیدن به خستگی می‌باشد که هر سیکل پروتکل خستگی عملکردی به ترتیب شامل سه ایستگاه (تمرین چابکی سمو^{۱۹}، ۱۰ حرکت لانژ^{۲۰} و ۱۰ پرش ارتفاع) متوالی است. برای هر آزمودنی طول اندام تحتانی به عنوان فاصله بین دو پا در حرکت لانژ استفاده شد. میزان حداکثر پرش ارتفاع بدست آمده با استفاده از دستگاه پرش سارجنت جهت محاسبه ۵۰ درصد حداکثر پرش (بخشی از پروتکل خستگی) استفاده گردید که بخشی از پروتکل خستگی بود [۲۰]. در این تحقیق از تمرین چابکی سمو اصلاح شده استفاده گردید [۲۰] که در یک مستطیل $۵/۷ \times ۳/۶$ متر انجام می‌گردد (تصویر ۱).



پس از اتمام ایستگاه تمرین چابکی سمو بلافاصله حرکت لانژ به‌طور مساوی ۵ بار با هر پا انجام شد. در نهایت ایستگاه پرش ارتفاع بود که بلافاصله پس از اتمام ایستگاه حرکت لانژ شروع می‌شد و شامل ۱۰ پرش سریع معادل ۵۰ درصد حداکثر ارتفاع پرش است. پس از انجام ۳ ایستگاه متوالی یک سیکل پروتکل خستگی کامل می‌گردید و آزمودنی بلافاصله به نقطه شروع برمی‌گشت تا سیکل جدید را آغاز کند و تکرار مجدد سیکل‌ها تا رسیدن به خستگی را ادامه دهد [۲۰].

¹⁵ Biodex Balance system SD

¹⁶ Yagami

¹⁷ Anterior superior iliac spine (ASIS)

¹⁸ Internal malleolus

¹⁹ SEMO

^{۲۰} لانژ یا لایچ که پرورش اندام‌ها آنرا حرکت فیچی می‌نامند. فاصله پاها هم عرض شانه و فرد در حالت ایستاده است. در این حالت با پای تمرین یک گام رو به جلو برمی‌دارد بطوریکه زانو ۹۰ درجه خم و ران موازی با سطح زمین قرار بگیرد.

برای اندازه‌گیری زمان پایه^{۲۱}، پس از آشنایی با پروتکل خستگی، هر آزمودنی ۲ بار یک سیکل کامل پروتکل خستگی را با حداکثر شدت انجام دادند، بهترین زمان بدست آمده در این ۲ بار اجرای یک سیکل، به عنوان زمان پایه برای هر آزمودنی در نظر گرفته شد. این زمان پایه جهت تعیین نقطه خستگی در دو بخش دیگر آزمون (تعادل ایستا و پویا) استفاده شد [۲۰]. برای تعیین خستگی، هنگام اجرای پروتکل خستگی آزمودنی پس از انجام هر سیکل کامل بدون وقفه به نقطه شروع برگشته و یک سیکل جدید را شروع می‌کرد و این روند ادامه داشت تا جایی که مدت زمان اجرای یک سیکل ۵۰ درصد نسبت به زمان پایه افزایش می‌یافت که به‌طور معمول بعد از ۶ سیکل این اتفاق می‌افتاد و سیکلی را که در آن آزمودنی ۵۰ درصد نسبت به زمان پایه افزایش زمان داشت به عنوان نقطه خستگی در نظر گرفته می‌شد [۲۰].

برای ارزیابی تعادل ایستا و پویا، جهت اندازه‌گیری تعادل از تست تعادل ورزشکاران بر روی یک پا^{۲۲} توسط دستگاه تعادلی بایودکس استفاده شد. در این دستگاه میزان سفتی سطح اتکا از وضعیت ۱ تا ۱۲ قابل تنظیم می‌باشد. که برای سنجش میزان تعادل پویای ورزشکاران با مچ پای ناپایدار از سطح ۴ و جهت اندازه‌گیری تعادل ایستا از سطح ۱۲ در این تحقیق استفاده گردید. هر تست شامل ۳ کوشش ۲۰ ثانیه‌ای است که استراحت بین کوشش‌ها ۱۰ ثانیه می‌باشد و پس از این سه کوشش دستگاه شاخص ثابت را محاسبه می‌کند [۲۴].

یافته‌ها

به منظور بررسی اثر خستگی بر روی شاخص‌های تعادل (کلی، قدامی-خلفی، داخلی-خارجی) از آزمون تی همبسته جهت یافتن اختلافات معنادار به صورت پیش آزمون و پس آزمون و بصورت جداگانه برای تعادل ایستا و پویا استفاده شد (جدول ۲، نمودار ۲).

جدول ۲: مقایسه شاخص‌های تعادل ایستا و پویا قبل و بعد از اعمال خستگی عملکردی با استفاده از آزمون تی همبسته

فاصله اطمینان ۹۵ درصد	سطح معنی داری	اختلاف میانگین‌ها	انحراف معیار	میانگین		وضعیت	شاخص تعادل	
				خستگی	عدم خستگی			
حد بالایی	حد پایینی						کلی	
-۰/۱۴	-۰/۳۰۵	*۰/۰۰۱	-۰/۲۲۳	۰/۱۳۶	۱/۴۶۲	۱/۲۳۸		ایستا
-۰/۱۸	-۰/۲۹۵	*۰/۰۰۱	-۰/۲۳۸	۰/۰۹۶	۱/۸۳۸	۱/۶	پویا	
-۰/۷۷	-۰/۲۷۶	*۰/۰۰۲	-۰/۱۷۶	۰/۱۶۴	۱/۰۴۶	۰/۸۶۹	ایستا	قدامی-خلفی
-۰/۶۴	-۰/۲۵۸	*۰/۰۰۴	-۰/۱۶۱	۰/۱۶	۱/۲۴۶	۱/۰۸۵	پویا	
-۰/۲۲	-۰/۱۷۸	*۰/۰۰۲	-۱۰۰	۰/۱۲۹	۰/۹	۰/۸	ایستا	داخلی-خارجی
-۰/۷۲	-۰/۱۷۸	۰/۳۶	-۰/۵۳	۰/۲۰۶	۱/۱۱۵	۱/۰۶۲	پویا	

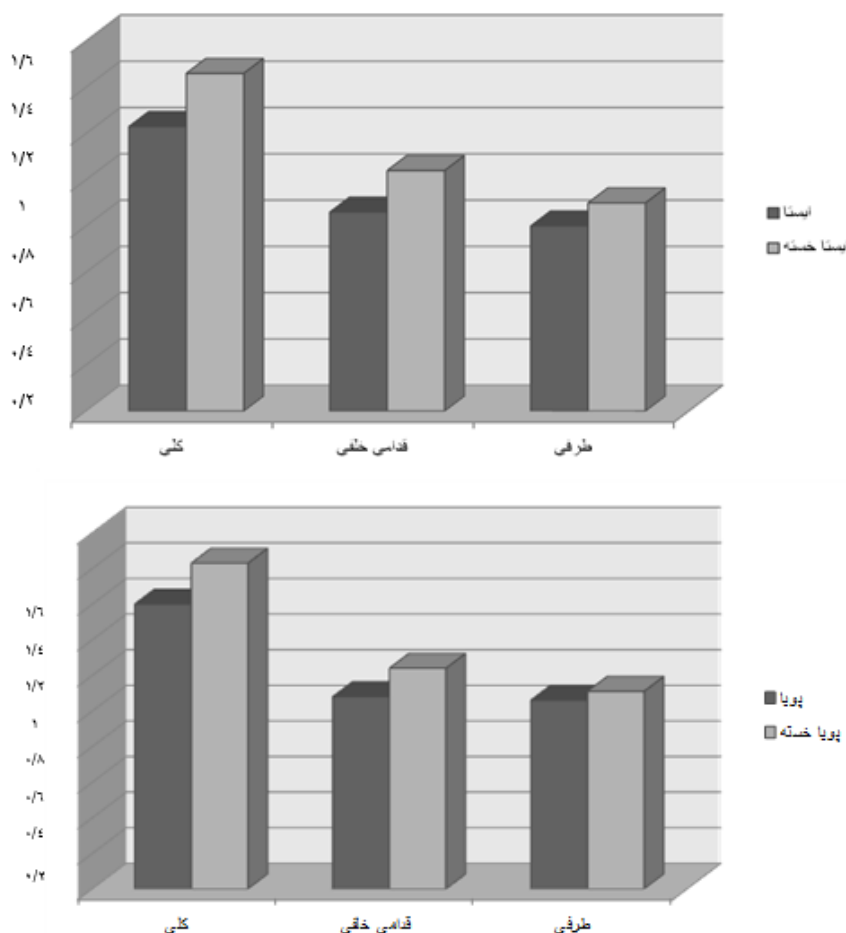
* تفاوت معنی دار (سطح معنی داری کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد)

نتایج بدست‌آمده از تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از آزمون تی همبسته (جدول ۲) و نمودار آن (نمودار ۲) نشان می‌دهد که تعادل پویا (افزایش شاخص تعادل از ۱/۶۰۰ به ۱/۸۳۸) و ایستای (افزایش شاخص تعادل از ۱/۲۳۸ به ۱/۴۶۲) ورزشکاران بعد از اعمال خستگی عملکردی کاهش یافته است و میزان کاهش تعادل معنی دار می‌باشد. که هنگام اعمال خستگی کاهش تعادل پویا همراه با افزایش معنی دار شاخص تعادلی قدامی-خلفی (از ۱/۰۸۵ به ۱/۲۴۶) می‌باشد ولی کاهش تعادل ایستا به دلیل افزایش معنی دار هر دو شاخص قدامی-خلفی (از ۰/۸۶۹ به ۱/۰۴۶) و داخلی-خارجی (از ۰/۸۰۰ به ۰/۹۰۰) می‌باشد.

²¹ Base time

²² Athlete single leg stability testing

نمودار ۲: نمودار شاخص‌های تعادل ایستا و پویا قبل و بعد از اعمال خستگی عملکردی



بحث و نتیجه گیری

یافته‌های این پژوهش با یافته‌های تحقیقات قبلی مارکو و همکاران^[۱۱]، حسینی مهر و همکاران^[۱۲]، لطافتکار و همکاران^[۱۳] بیسون و همکاران^[۱۴]، شین و همکاران^[۱۵]، گری و همکاران^[۱۶]، پیو و همکاران^[۱۷] و زیچ و همکارانش^[۱۸] که کاهش تعادل و افزایش نوسانات بدن پس از اعمال برنامه‌های مختلف خستگی را گزارش کرده‌اند، در توافق می‌باشد. علت احتمالی کاهش تعادل را می‌توان به عدم کارکرد مناسب عضلات در شرایط خستگی و اثرات خستگی بر حس عمقی نسبت داد^[۲۵]. وقتی فرد دچار خستگی می‌گردد، CNS با یک حالت پیش بین و جبران کننده به کمک آشوبهای ایجاد شده در ثبات عملکردی بدن آمده و تا حدودی حرکات جبرانی را بوجود می‌آورد و این امر می‌تواند توجیه کننده نتایج تحقیق باشد.

به لحاظ نظری خستگی بر روی کنترل عصبی-عضلانی اثر می‌گذارد، متعاقب پدیده خستگی، کنترل حرکت در جهت آوران، وایران یا هر دو مهار می‌شود. خستگی عضلانی از دو طریق بر حس عمقی و تعادل اثر منفی دارد. اول آنکه اگر عضلات خسته باشند، قادر نیستند وظیفه حرکتی خود را (تولید نیروهای لازم به منظور کنترل قامت) انجام دهند. دوم آنکه خستگی عضلات اطراف یک مفصل، سیستم بازخورد عصبی-عضلانی مفصل را مهار می‌کند و در واقع گیرنده‌های مکانیکی به درستی فعال نمی‌شوند. به هر حال به نظر می‌رسد عدم حساسیت برخی از دوک‌های عضلانی یا شاید شل شدن لیگامان‌ها و عدم حساسیت اندام وتری گلژی همراه با خستگی شدید اتفاق بیافتد. این عوامل احتمالاً منجر به کاهش آوران‌های عصبی و اختلال در تعادل می‌شود^[۲۶].

عضله نازک‌نئی‌طویل اولین مکانیسم دفاعی در مقابل حرکت اینورژن میچ پا می‌باشد، به نظر می‌رسد زمان عکس‌العمل این عضله و میزان پاسخی که می‌دهد نقش مهمی در جلوگیری از نیروهای اینورژن میچ پا و کمک به حفظ تعادل داشته باشد^[۲۰]. خستگی باعث کاهش میزان فعالیت عضله نازک‌نئی‌طویل و نیز سرعت هدایت عصبی-عضلانی می‌شود و نیز از طریق بازداری فعالیت نرون حرکتی، ثبات عملکردی عضله

را به مخاطره می‌اندازد [۱۱۸۷]. از طرف دیگر افرادی که دارای ناپایداری عملکردی می‌باشند به دلیل تغییر در آوران‌های حسی لیگامانی و کپسولی در واکنش به یک چرخش داخلی پاسخ‌های رفلکس موجود در چرخش دهنده‌های خارجی پای صدمه دیده را به تأخیر می‌اندازند و حذف می‌کنند و همچنین زمان واکنش عضله در هنگام اغتشاش ناگهانی مفصل، در افرادی که سابقه پیچ خوردگی داشته‌اند افزایش می‌یابد. ترکیب این دو عامل می‌تواند توجیه‌کننده کاهش تعادل ایستا و پویا در ورزشکاران دارای میچ پای ناپایدار در شرایط خستگی باشد.

نتیجه‌گیری کلی

در نهایت بر اساس یافته‌های این تحقیق می‌توان گفت ورزشکاران دارای میچ پای ناپایدار به دلیل کاهش تعادل در شرایط خستگی مستعد آسیب بالقوه ناشی از برهم خوردن تعادل هستند. به همین دلیل توصیه می‌شود این ورزشکاران از انجام تمرینات و بازی‌های پر فشار و خسته‌کننده تا بهبودی کامل میچ پا خودداری کنند. اگرچه پیشینه تحقیقات نیز نشان می‌دهد که پس از اعمال خستگی میزان تعادل کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند اما در این تحقیق خستگی از نوع عملکردی و مشابه ورزش والیبال بود و همچنین نحوه کاهش تعادل نیز در هر دو شرایط ایستا و پویا مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج تحقیق توصیه می‌شود در صورت انجام تمرینات پر فشار ورزشکاران دارای میچ پای ناپایدار از وسایل محافظتی استفاده کنند که همزمان محدودیت دامنه حرکتی اینورژن/اورژن و دورسی فلکشن/پلاتارفلکشن را ایجاد می‌کنند زیرا بر اساس نتایج تحقیق کاهش شاخص کلی تعادل ایستا و پویا، به دلیل کاهش هر دو شاخص قدامی-خلفی و داخلی-خارجی می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از تمامی اساتید و پرسنل زحمت کش دانشکده تربیت بدنی دانشگاه شهید باهنر کرمان جهت فراهم کردن امکانات و وسایل لازم برای این تحقیق، آقای مداحی پزشک تیم مس کرمان، آقای محسنی مربی والیبال تیم برق و جوانان کرمان، کلیه والیبالیست‌ها، دوست عزیزم هیوا ممدی، که بدون همکاری صمیمانه آنها انجام این تحقیق میسر نبود، کمال تشکر را دارم. تحقیق حاضر در دانشگاه شهید باهنر کرمان و بدون حمایت مالی هیچ نهاد یا ارگانی توسط محققان انجام گردید.

منابع

1. Beachy G, Rauh M, "Middle School Injuries : A 20-Year (1988–2008) Multisport Evaluation" Journal of Athletic Training, 2014; 49(4) [Epub ahead of print]
2. Barber Foss KD; Myer GD; Hewett TE. "Epidemiology of basketball, soccer, and volleyball injuries in middle-school female athletes" The Physician and Sports medicine, 2014; 42(2):146-153.
3. Doherty C; Delahunt E; Chris M ; Hertel J . "The Incidence and Prevalence of Ankle Sprain Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Epidemiological Studies" Sports Medicine, 2014; 44(1):123-140.
4. Agel J; Olson DE; Dick R; Arendt EA; Marshall SW; Sikka RS. "Descriptive epidemiology of collegiate women's volleyball injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 through 2003-2004" J Athl Train, 2007; 42(2):295-302.
5. Ozer D; Senbursa G; Baltaci G. "The effect on neuromuscular stability, performance, multi-joint coordination and proprioception of bare foot, taping or preventative bracing" Elsevier Ltd, the Foot, 2009.
6. Augustsson S.R; Augustsson J; Thomee R; Svantesson U. "Injuries and preventive actions in elite Swedish volleyball" Scand J Med Sci Sports, 2006; 16: 433-440.
7. Verhagen E; Vanderbeek A; Bouter L; Bahr RM; Van Mechelen W. "A one season prospective cohort study of volleyball injuries" Br J Med, 2004; 38 (4): 477-481.
8. Forestier N; Teasdale N; Nougier V. "Alteration of The Position sense at The Ankle Induced by muscular fatigue in humans" Med & Science in Sport 7 Exercise, 2002.
9. Joan D.J, Arnold R.H. "Skeletal muscle from molecules to movement" human kinetic, 2004; 87-93.
10. Gregory M.G, Nicole D.J, Kristin A.D, Sarah E.M, Thomas W.K. "Effect of fatigue on neuromuscular function at the ankle" Journal of sport rehabilitation, 2007; 16: 295-306.
11. Marco B, Emanuela F. "Postural control after a strenuous treadmill exercise" Journal of neuroscience letters, 2007; 276-281.
12. Hosseinimehr H, Daneshmandi H, Norasteh A. "The Effects of Fatigue and Chronic Ankle Instability on Dynamic Postural Control" Physics International, 2010; 1(1):22-26
13. Letafatkar MK, Alizadeh MH, Kordi MR. "The Effect of Exhausting Exercise Induced Fatigue on the Double-Leg Balance of Elite Male Athletes" Journal of Social Sciences, 2009; 5 (4): 445-451.

14. Bisson E, Remaud A, Boyas A, Lajoie Y, Bilodeau M "Effects of fatiguing isometric and isokinetic ankle exercises on postural control while standing on firm and compliant surfaces" *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2012; 9:39.
15. Shin YH; Youm CH; Kim YK. "Effects of muscle fatigue on ankle and the fatigue protocols of postural control" *Journal of Foot and Ankle Research*, 2014; 7(1):A111.
16. Grey T; Redguard D; Rebecca R; Wegscheider P "Effect of Plantar Flexor Muscle Fatigue on Postural Control" *Western Undergraduate Research Journal, Health and Natural Sciences*, 2013; 4: 1-7.
17. Pau M; Ibba G; Attene G. "Fatigue-Induced Balance Impairment in Young Soccer Players" *Journal of Athletic Training*, 2014; 49(2):1-8.
18. [18]. Zech A; Steib S; Hentschke CH; Eckhardt H; Pfeifer K. "Effects of localized and general fatigue on static and dynamic postural control in male team handball athletes" *Journal of Strength and Conditioning Research* , 2012 ; 26(4):1162-8 .
19. Paillard T."Effects of general and local fatigue on postural control: A review" *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2012; 36:162-176.
20. Shaw M; Frye J; Gribble P. "Effect of ankle bracing and fatigue on time to stabilization among collegiate volleyball athletes" *Journal Of Athletic Training*, 2008;43(2); 164-171.
21. Andre L; Peter Z; Victor V. "Chronic Ankle instability in the Swiss orienteering national team" *Sport Ortopadie Traumatologie* ,2010; 26:20-27.
22. Hardy L; Huxel K; Brucker J. Nesser T. "Prophylactic Ankle Braces and Star Excursion Balance Measures in Healthy Volunteers" *Journal of Athletic Training*, 2008; 43(4):347-351.
23. Tartibian B, Khorshidi M. *Physiologic assessment of exercise*. 1st ed .Teimorzadeh Publishers; 1385.
24. Paterno M.V; Myer G.D; Ford K.R; Hewett T.E. "Neuromuscular Training Improves Single Limb Stability in Young Female Athletes" *J Orthopedic Sports Therapy*, 2004; 34: 305-316.
25. Timothy AK; Michelle AS ; Sam Z;. Matthew L. "The Effects of Activity related fatigue on Dynamic postural control as measured by SEBT" *Thesis of the School of Physical Education at West Virginia University*, 2006.
26. Hertel J; Denegar C.R; Buckley W.E. "The effects of fatigue and chronic Ankle instability on Dynamic postural control" *J of Athletic training*, 2004; 39 (4): 321-329.
27. [Hoch M; Krause A. "Effect of Functional Fatigue on the Soleus Hoffmann Reflex in Subjects with Functional Ankle Instability" *Thesis of the college of Health and Human Services of Ohio University*, 2008.