راهکارهای حفظ تعادل در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا، کوپر و ورزشکاران سالم حین ایستادن تک‌پا

مینا کربلائی مهدی[۱]، محمدحسین علیزاده*[۲]، هومن مینونژاد[۳]

۱. کارشناس ارشد، آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشگاه تهران
۲. استاد، آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، گروه طب ورزشی، دانشگاه تهران
۳. دانشیار، آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، گروه طب ورزشی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۶/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۳/۱۲ شماره صفحات: **۲۳ تا ۳۳**

چکیده

اسپرین مچ پا یکی از شایع‌ترین آسیب‌های اندام تحتانی است. بیشتر از ۷۰ درصد افراد که دچار اسپرین مچ پا شده‌اند، به بی‌ثباتی مزمن مچ پا مبتلا می‌شوند. با وجود این، بعضی از افراد با این آسیب به‌خوبی سازگار می‌شوند (افراد گروه کوپر) و بی‌ثباتی مزمن مچ پا را تجربه نمی‌کنند. هدف از پژوهش حاضر مقایسهٔ میزان فعالیت الکترومیوگرافی عضلات درگیر در راهکارهای حفظ تعادل حین ایستادن تک‌پا بین ورزشکاران با بی‌ثباتی مزمن مچ پا، کوپر و سالم است. ۱۳ ورزشکار مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا، ۱۰ ورزشکار کوپر و ۱۱ ورزشکار سالم در این تحقیق مشارکت داشتند. هر شرکت‌کننده به‌مدت ۲۰ ثانیه تعادل تک‌پای خود را روی سطوح ۳ و ۱۲ دستگاه تعادلی بایودکس حفظ می‌کرد و فعالیت الکتریکی عضلات با دستگاه الکترومیوگرافی در این مدت ثبت می‌شد. نتایج نشان داد که فعالیت افراد با بی‌ثباتی مزمن مچ پا در مقایسه با افراد سالم در عضلات دوقلو داخلی و راست‌رانی ($p\leq$۰/۰۵)، در مقایسه با گروه کوپر کاهش یافت که فعالیت عضلات درشت‌نی قدامی، دوقلو داخلی و راست‌شکمی ($p\leq$۰/۰۵) آنها کاهش یافته بود. افراد با بی‌ثباتی مزمن مچ پا کاهش فعالیت عضلات ناحیهٔ دیستال و پروگزیمال را در طول ایستادن تک‌پا نشان دادند و نمی‌توان با قطعیت بیان کرد که کدام راهکار در این افراد بیشتر در حفظ تعادل در حالت ایستادن تک‌پا نقش دارد.

کلیدواژه‌ها: فعالیت الکترومیوگرافی، بی‌ثباتی مزمن مچ پا، کوپر، ورزشکار.

Balance strategies in athletes with chronic ankle instability, Coper and healthy athletes while standing on one leg

Karbalaeimahdi, M[1]., Alizadeh, M.H[2]., Minoonejad, H[3].

1. Master of Science, Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Tehran University, Iran
2. Full Professor, Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport SciencesTehran University, Iran
3. Associate Professor , Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Tehran University, Iran

Abstract

Ankle sprain is one of the most commonly damaged lower extremities. More than 70% of people with ankle sprain experience chronic ankle instability. However, some people are well adapted to this damage (Coper people) and do not suffer from chronic ankle instability. The aim of this study was to compare EMG activity of the selected involved muscles in balance control strategies in athletes with chronic ankle instability, coper and healthy athletes during one leg standing. 11 noninjured controls and 13 participants with CAI and 10 ankle sprain 'copers' participated in this study. Each participant for 20 seconds maintained their single-foot balance on the 3rd and 12th balance points of Biodex, and EMG activity of the muscles was recorded by the electromyography device during this period.The significance level for all analyses was set as p≤0/05. The results showed Tibialis Anterior, Gastrocnemius and rectus abdominal in the participants with CAI had significantly lower levels of activity than coper group and rectus femoris and Gastrocnemius muscle activity in the participants with CAI had significantly lower levels of activity than control group (p≤0/05). Increasing muscle activity in the Coper group can be due to compensatory mechanisms, which results in greater stability of the trunk and ankle set.

Keywords: Electromyographic Activity, Chronic Ankle Instability, Copers, Athlete.

***.** mhalizadeh47@yahoo.com

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.1.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.23]

مقدمه

اسپرین مچ پا یکی از شایع‌ترین آسیب‌های اندام تحتانی است. اکثر آسیب‌های مچ پا آسیب‌های اینورژنی هستند که به لیگامنت‌های خارجی مچ پا صدمه می‌زنند (۱). بیشتر از ۷۰ درصد افراد که دچار اسپرین مچ پا شده‌اند، علائم باقی‌مانده مانند درد، اسپرین مکرر و حس خالی‌کردن را گزارش کرده‌اند (۲). اسپرین مکرر مچ پا ممکن است به بی‌ثباتی مزمن مچ پا[1] منجر شود. برای قرارگرفتن در دستهٔ بی‌ثباتی مزمن مچ پا، علائم باقی‌مانده[2] همانند شلی لیگامنتی، اختلال در کنترل وضعیت و حس خالی‌کردن (۳) بایستی دست‌کم برای یک سال بعد از اسپرین اولیه وجود داشته باشد (۴). با وجود اینکه تعداد زیادی از افراد بعد از اسپرین حاد دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌شوند، بعضی از افراد با این آسیب به‌خوبی سازگار می‌شوند (بدون هیچ‌گونه علامت بعدی). ازاین‌رو، افرادی که سابقهٔ اولین اسپرین خارجی مچ پا را دارند، ولی علامت‌ها و مشکلات بعدی بی‌ثباتی مزمن را ندارند، کوپر گفته می‌شود. یافته‌ها نشان می‌دهند که افراد گروه کوپر به سطوح عملکرد خود (قبل از آسیب) در یک سال بعد از آسیب برمی‌گردند (۵،۶)، گرچه سازوکارهای شناخته‌شده‌ای معرفی نشده است که چگونه این افراد می‌توانند سطح پایداری خود را مشابه افراد سالم حفظ کنند (۷). بی‌ثباتی مزمن مچ پا ممکن است در نتیجهٔ تغییر در کنترل عصبی–عضلانی باشد. تغییرات در کنترل عصبی–عضلانی به‌شکل تغییر الگوهای حرکتی، فعالیت عضلات و تعادل ظاهر می‌شود(۸). اختلال کنترل تعادل تک‌پا در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا مشاهده شده است (۹). افراد با سابقهٔ اسپرین مچ پا، شش ماه (۱۰) و یک‌سال (۱۱) بعد از اولین آسیب، در مقایسه با افراد سالم، در طول تکلیف ایستادن روی یک پا، از راهکار کنترل وضعیت با تسلط ران استفاده کردند. از سوی دیگر، افراد گروه کوپر در راهکار کنترل وضعیت در ایستادن تک‌پا با چشمان باز و بسته مشابه افراد سالم گزارش شدند(۱۳–۱۱) ، ولی اطلاعات در خصوص فعالیت عضلات در این افراد محدود است.

تحقیقات گذشته نشان دادند که در طول تکالیف عملکردی، فعالیت عضلات در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا با افراد کوپر (۱۴) و سالم (۱۵) متفاوت است، ولی فعالیت عضلات درگیر در حفظ تعادل بین دو گروه کوپر و بی‌ثباتی مزمن مچ پا در طول ایستادن تک‌پا بررسی نشده است. تحقیقات نشان دادند که در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا در طول ایستادن تک‌پا، تعادل ایستا و پویا کم می‌شود (۱۶،۱۷). تعادل ایستا یعنی نگه‌داری مرکز جرم بدن بالای سطح اتکای ساکن (۱۸)، مثل حفظ تعادل در طول ایستادن ساکن.[3] تعادل پویا یعنی نگه‌داری مرکز جرم بدن روی سطح اتکایی که حرکت می‌کند یا زمانی که اغتشاش خارجی به‌کار برده می‌شود. در طول ایستادن، نوسان کل بدن با چرخش مچ پا هم‌بسته است و این توجیه می‌کند که چرا عضلات اطراف مچ پا برای فراهم‌کردن اطلاعات حسی لازم برای نگه‌داری تعادل توانا هستند (۱۹). به‌دنبال آسیب اولیه، گیرنده‌های عمقی اطراف مچ پا ممکن است آسیب ببینند؛ بنابراین، حساسیت دوک عضلانی تغییر می‌کند (۲۰). در افراد مبتلا به مچ بی‌ثبات، سازش قدرت عضله و حس عمقی اطراف مفصل مچ پا ممکن است مانع کنترل تعادل شود (۲۱،۲۲). افراد کوپر پس از وقوع آسیب در مچ پا توانایی برقراری کنترل مجدد را دارند و همچون

1. Chronic Ankle Instability
2. Residual Symptoms
3. Quiet Stance

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.1.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.23]

افراد سالم به فعالیت خود ادامه می‌دهند. ازآنجاکه اغلب آسیب‌های اندام تحتانی در هنگام تحمل وزن روی یک پا اتفاق می‌افتد (۲۳) و اختلال در کنترل وضعیت حین ایستادن روی یک پا با خطر افزایش آسیب همراه است (۲۴)، مطالعهٔ راهکارهای حفظ تعادل در حالت ایستاده روی یک پا در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا ضروری است. معمولاً در تحقیقات مربوط به مشکل بی‌ثباتی مزمن مچ پا، فقط افراد سالم جهت مقایسه با بی‌ثباتی مزمن مچ پا دعوت شده‌اند، اما، این مطالعات برای تعیین اینکه چرا بعضی از افراد با تجربهٔ آسیب اسپرین خارجی مچ پا بهبود نمی‌یابند مناسب نیست. مقایسهٔ مناسب‌تر این است که افرادی که تجربهٔ آسیب قبلی را دارند، اما دچار بی‌ثباتی مزمن نشده‌اند (کوپر)، بررسی شوند. بدین‌منظور، هدف پژوهش حاضر مقایسهٔ میزان فعالیت الکترومیوگرافی مهم‌ترین عضلات درگیر در راهکارهای حفظ تعادل حین ایستادن تک‌پا بین افراد سالم و افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن و گروه کوپر است.

روش‌شناسی

نمونه‌ها: جامعهٔ آماری تحقیق شامل ورزشکاران دختر دانشگاهی است که سابقهٔ دست‌کم سه‌سال حضور مستمر در رشته‌های ورزشی‌ای را دارند که عمدتاً حرکت پرش و فرود در آن انجام می‌شود (والیبال، بسکتبال، هندبال). از میان آنها ۳۴ نفر به‌صورت تصادفی انتخاب شدند و با توجه به معیارهای ورود و خروج در یکی از گروه‌ها قرار داده شدند. همهٔ نمونه‌ها دارای معیارهای ورود به تحقیق بودند که به این شرح است (۱۴): ۱) دامنهٔ سنی ۲۰ تا ۲۵ سال، ۲) داشتن سابقهٔ اسپرین مچ پا دست‌کم در یک‌سال گذشته (برای ورزشکاران دارای سابقهٔ آسیب)، ۳) نداشتن سابقهٔ اسپرین خارجی (برای ورزشکاران سالم). نمونه‌ها در صورت داشتن این ویژگی‌ها از تحقیق خارج شدند (۱۴): ۱) سابقهٔ شکستگی یا جراحی مفاصل اندام تحتانی ۲) سابقهٔ اختلالات سیستم وستیبولار (مشکلات تعادل) ۳) داشتن سابقهٔ هر گونه آسیب اسکلتی-عضلانی در شش ماه گذشته ۴) داشتن اختلالات وضعیتی اندام تحتانی مانند زانوی پرانتزی، زانوی ضربدری، کف پای صاف و کف پای گود ۵) مصرف هر گونه داروی آرام‌بخش طی ۴۸ ساعت قبل از آزمون.

دسته‌بندی افراد در گروه‌ها:[1] افراد با توجه به سابقهٔ آسیب و علائم، در یکی از سه گروه سالم، بی‌ثباتی مزمن مچ پا و کوپر قرار گرفتند. برای جداسازی دو گروه کوپر و بی‌ثباتی مزمن مچ پا از آزمودنی‌هایی که سابقهٔ اسپرین خارجی مچ پا در یک تا دو سال گذشته داشتند خواسته شد تا پرسش‌نامهٔ بی‌ثباتی عملکردی مچ پای کامبرلند را پر کنند. این پرسش‌نامه را حدادی و همکاران (۱۳۹۵) به فارسی ترجمه کرده‌اند که روایی آن ۰/۸ و پایایی آن ۰/۹۶ گزارش شده است (۲۵). افرادی که نمرهٔ بیشتر یا مساوی ۲۴ به‌دست آوردند، در گروه کوپر جای گرفتند و افرادی که نمرهٔ کمتر از ۲۴ از پرسش‌نامه به‌دست آوردند در گروه بی‌ثباتی مزمن مچ پا قرار گرفتند (۲۶). در تحقیق حاضر، منظور از بی‌ثباتی مزمن مچ پا آن است که افراد بعد از اولین آسیب، دست‌کم دوبار دیگر آسیب دیده باشند یا در مچ پای خود احساس ناپایداری کنند. همچنین، گروه کوپر بعد از اولین آسیب نباید دچار آسیب مجدد شده باشند و دست‌کم احساس بی‌ثباتی و خالی‌کردن مچ داشته باشند (۱۴).

1. Group Placement

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.1.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.23]

آزمون تعادلی تک‌پا: یکی از رایج‌ترین ابزار برای آزمایش کنترل تعادل پویا و ایستا سیستم تعادلی بایودکس است (۲۷). در مقایسه با دیگر ابزار سنجش تعادل، سطح ناپایداری سیستم تعادلی بایودکس می‌تواند اغتشاش خارجی غیرمنتظره، مثل فرود روی سطح ناهموار در فعالیت‌های مختلف، را شبیه‌سازی کند (۲۸). در تحقیق حاضر، ارزیابی ایستادن تک‌پا در سطوح پایداری ۳ و ۱۲ دستگاه تعادلی بایودکس انجام شد. علت انتخاب این سطوح پایداری این بود که فعالیت عضلات درگیر در حفظ تعادل هم روی سطح پایدار (سطح ۱۲) و هم سطح ناپایدار (سطح ۳) بررسی شود. نحوهٔ اجرای آزمون روی دستگاه تعادلی بایودکس به این صورت بود که نمونه‌ها، بدون کفش، تعادل تک‌پای خود را در منطقهٔ مرکزی سکو حفظ می‌کردند، درحالی‌که پای دیگر در وضعیت راحت و ۹۰ درجه با زانوی خم بدون تماس با پای آزموده شده و سکو قرار می‌گرفت و دست ها روی سینه قرار داشتند. هر آزمودنی ۲۰ ثانیه و به تعداد سه بار تعادل خود را حفظ می‌کرد و بین هر اجرا ۱۰ ثانیه استراحت می‌کرد و در این مدت ۲۰ ثانیه فعالیت الکتریکی عضلات با دستگاه الکترومیوگرافی ثبت می‌شد. در آخر، میانگین نمرات سه اجرا تجزیه و تحلیل می‌شد.

اندازه‌گیری الکترومیوگرافی: در تحقیق حاضر فعالیت الکتریکی عضلات درشت‌نی قدامی، دوقلوی داخلی، راست‌رانی، دوسررانی، بازکنندگان ستون فقرات و راست‌شکمی، در طول ایستادن تک‌پا، توسط دستگاه الکترومیوگرافی سطحی (۱۶ کاناله مدل ME6000 ساخت کشور Megawin کشور فنلاند) اندازه‌گیری شد. برای آماده‌سازی پوست و کاهش مقاومت آن، ابتدا موهای زائد محل مورد نظر با تیغ اصلاح یک‌بارمصرف تراشیده و سپس با الکل تمیز شد تا از این طریق امکان برای اتصال الکترودها به سطح پوست فراهم شود. الکترودهای چسبنده و یک‌بارمصرف مستطیلی‌شکل skintact روی هر عضله قرار داده شدند. مکان‌های الکترودگذاری برای عضلات تحت مطالعه با توجه به پیشنهاد SENIAM شناسایی و به‌وسیلهٔ متر نواری و از روی لندمارک‌های استخوانی، مشخص و علامت‌گذاری شدند (۳۱-۲۹) و الکترود زمین نیز در فاصله‌ای مناسب از بطن عضلات و روی یک ناحیهٔ استخوانی چسبانده شد. قبل از اجرای آزمون ایستادن تک‌پا، از هر یک از عضلات تحت مطالعه ۵ ثانیه آزمون حداکثر انقباض ارادی[1] در مقابل مقاومت دستی گرفته شد و فعالیت الکترومیوگرافی عضلات به‌منظور هنجارسازی داده‌های الکترومیوگرافی در طول آزمون ایستادن تک‌پا ثبت شد. ۳ ثانیهٔ میانیِ سیگنال‌ها RMS[2] ثبت‌شده برای تجزیه و تحلیل نهایی انتخاب شد و به‌منزلهٔ ارزش RMS ۱۰۰ درصد فرض شد. در نهایت، سیگنال‌های الکترومیوگرافی ثبت‌شده در مدت ۲۰ ثانیه ایستادن تک‌پا روی دستگاه تعادلی بایودکس به RMS ۱۰۰ درصد هنجار شدند. همهٔ فعالیت‌های ثبت‌شده در طول ایستادن تک‌پا و آزمون حداکثر انقباض ارادی، بعد از اصلاح موج کامل،[3] توسط میدان عبور[4] با فرکانس قطع[5] Hz ۵۰۰-۵ فیلتر شدند. شدند.

تجزیه و تحلیل آماری: در تحقیق حاضر، تحلیل آماری در نرم‌افزار اس.پی.اس.اس نسخه ۲۱ انجام شد. برای مقایسه تفاوت گروه‌ها در قد، وزن و شاخص تودهٔ بدن، از آزمون تحلیل واریانس یک‌متغیرهٔ آنوا و برای مقایسهٔ

1. Maximal Voluntary Isometric Contraction(MVC)
2. Root Mean Square(RMS)
3. Full-Wave Rectification
4. Band-Pass Filter
5. Cutoff Frequency

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.1.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.23]

میزان فعالیت عضلات از روش آماری تحلیل واریانس چندمتغیری مانوا استفاده شد. جهت مقایسهٔ میزان فعالیت عضلات، داده‌های هنجارشدهٔ الکترومیوگرافی عضلات سه گروه کوپر، بی‌ثباتی مزمن مچ پا و سالم در مانوا وارد شدند. با توجه به اینکه مانوا از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) بین گروه‌ها (کوپر، بی‌ثباتی مزمن مچ پا و سالم) نشان داد، از آزمون‌های تعقیبی توکی و تحلیل واریانس یک‌راهه استفاده شد.

یافته‌ها

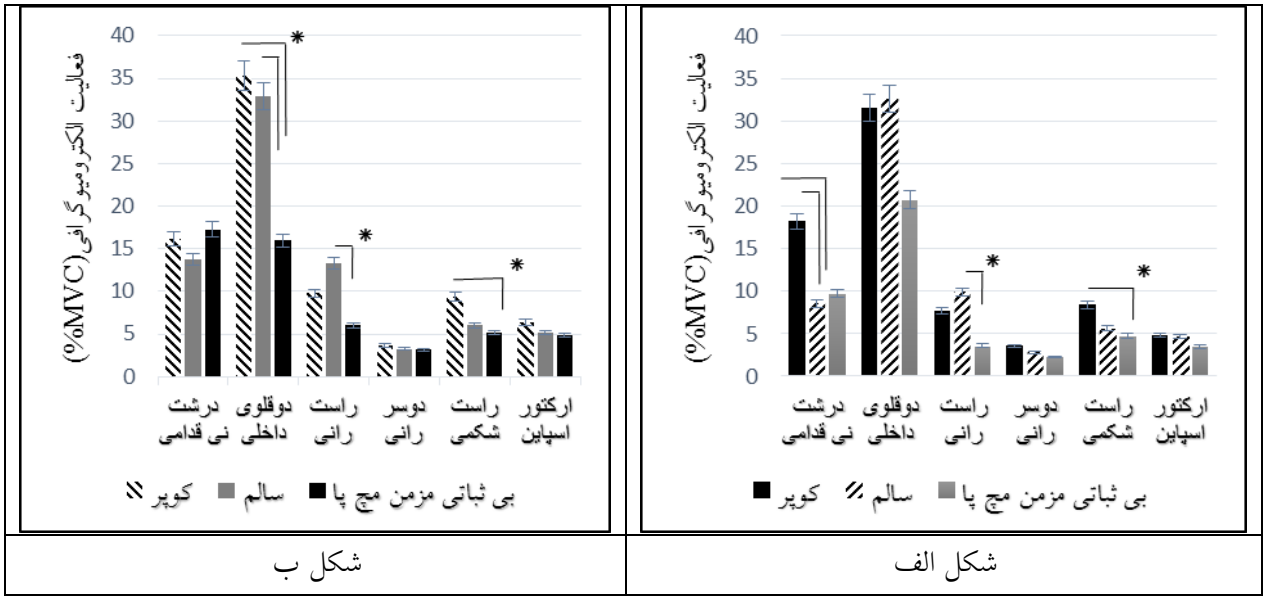
ویژگی‌های مربوط به سن، قد، وزن و شاخص تودهٔ بدنی نمونه‌ها در جدول ۱ آمده است. نتایج آزمون آنوا نشان داد که بین سن، قد، وزن و شاخص تودهٔ بدنی در گروه‌های کنترل، کوپر و بی‌ثباتی مزمن مچ پا تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($p\geq ۰/۰۵$) بنابراین، می‌توان از هم‌گن بودن نمونه‌های تحت مطالعه اطمینان حاصل کرد.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های دموگرافیکی آزمودنی‌ها

	گروه کنترل	بی‌ثباتی مزمن مچ پا	گروه کوپر	P
سن (سال)	۲۴/۵۴±۴/۰۸	۲۲/۳±۴/۲۱	۲۱/۹±۱/۳۷	۰/۱۹۳
قد (cm)	۱۶۵/۷۲±۵/۲۷	۱۶۶/۷۶±۵/۸	۱۶۵/۹±۴/۷	۰/۸۷۶
وزن (kg)	۵۷±۶/۹۷	۵۹/۰۷±۷/۴۸	۵۶/۲±۵/۷۸	۰/۵۸۲
BMI	۲۰/۷۶±۲/۵۱	۲۱/۲۵±۲/۶۱	۲۰/۵±۲/۷۵	۰/۷۸۳

نتایج آزمون مانوا دربارهٔ میزان فعالیت عضلات هنگام ایستادن تک‌پا روی سطح ۱۲ دستگاه تعادلی بایودکس اثر گروه‌های اصلی را نشان داد ($p=۰/۰۰۲$). نتایج در گروه کوپر، فعالیت بیشتر عضلهٔ درشت‌نی قدامی را نسبت به گروه بی‌ثباتی مزمن مچ پا ($p=۰/۰۴۷$) و گروه سالم ($p=۰/۰۲۵$) نشان داد. گروه سالم فعالیت بیشتر عضلهٔ راست‌رانی را نسبت به گروه بی‌ثباتی مزمن مچ پا ($p=۰/۰۰۵$) و گروه کوپر فعالیت بالاتر عضلهٔ راست-شکمی را نسبت به گروه بی‌ثباتی مزمن مچ پا ($p=۰/۰۴۹$) نشان داد (شکل الف). نتایج آزمون مانوا دربارهٔ میزان فعالیت عضلات هنگام ایستادن تک‌پا روی سطح ۳ دستگاه تعادلی بایودکس اثر گروه‌های اصلی را نشان داد ($p=۰/۰۱۳$). نتایج در گروه بی‌ثباتی مزمن مچ پا فعالیت کمتر عضلهٔ دوقلو را نسبت به گروه کوپر ($p=۰/۰۲۳$) و گروه سالم ($p=۰/۰۴۶$) نشان داد. گروه سالم فعالیت بیشتر عضلهٔ راست‌رانی را نسبت به گروه بی‌ثباتی مزمن مچ پا ($p=۰/۰۰۸$) و گروه کوپر فعالیت بیشتر عضلهٔ راست‌شکمی را نسبت به گروه بی‌ثباتی مزمن مچ پا ($p=۰/۰۳۲$) نشان داد (شکل ب)

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.1.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.23]



شکل ۱. فعالیت الکترومیوگرافی عضلات درشت‌نی قدامی، دوقلوی داخلی، راست‌رانی، دوسررانی، راست‌شکمی و ادکتور اسپاین گروه‌های کوپر، بی‌ثباتی مزمن مچ پا و سالم در طول ایستادن تک‌پا روی سطح پایداری ۱۲ دستگاه تعادلی بایودکس

بحث

هدف پژوهش حاضر بررسی میزان فعالیت الکترومیوگرافی مهم‌ترین عضلات درگیر در راهکارهای حفظ تعادل حین ایستادن تک‌پا در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا در مقایسه با گروه کوپر و سالم بود. با توجه به نتایج این پژوهش، در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا فعالیت عضلات درشت‌نی قدامی و راست‌شکمی از گروه کوپر و عضلات دوقلو و راست‌رانی از گروه سالم کمتر بود. مطالعات گذشته نشان داده‌اند که با کاهش موقت حس مچ پا و پا، افراد در پاسخ به جابه‌جایی‌های سطح اتکا (که معمولاً از طرف راهکار مچ پا پاسخ داده می‌شود) به راهکار ران در پاسخ به اغتشاش سازگار می‌شوند (۳۲). درحالی‌که پدیدهٔ عکس آن در افراد با درد کمر نشان داده شد. این افراد در طول ایستادن، تکیه کمتری بر راهکار ران (۳۳) و تکیهٔ بیشتری بر راهکار مچ پا (افزایش فعالیت دوقلو و درشت‌نی قدامی) دارند (۳۴). در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا نیز تکیه بر اطلاعات حس عمقی زانو و ران افزایش می‌یابد (به‌دلیل نقص حس عمقی در مچ پا) (۳۵) و همین عامل می‌تواند باعث ایجاد پاسخ جبرانی در قسمت پروگزیمال شود. طبق نتایج تحقیق حاضر کاهش فعالیت عضلات مچ پا (دوقلو و درشت‌نی قدامی) در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا نشان‌دهندهٔ آن است که در طول ایستادن تک‌پا، این افراد کمتر از راهکار مچ پا جهت حفظ تعادل استفاده می‌کنند و خود این عامل ممکن است به‌علت اختلال حس عمقی مچ پا در نتیجهٔ آسیب باشد؛ چراکه در مطالعات گذشته، مشخص شده است که عضلات درشت‌نی قدامی (مهم‌ترین منبع حس عمقی) و دوقلو از منابع اصلی حس عمقی در مچ پا در طول ایستادن هستند (۳۶) و کاهش فعالیت عضلات در این گروه ممکن است به نقص حس عمقی در این افراد منجر شود. در طرف مقابل، در افراد گروه کوپر فعالیت این عضله (درشت‌نی قدامی) بیشتر از افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا بود که حس عمقی بهتر در این افراد را نشان می‌دهد یا شاید فعالیت بیشتر این عضله خود باعث بهبود

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.1.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.23]

حس عمقی در این افراد شود که این مورد به تحقیق بیشتر نیاز دارد. مطالعات در باب حس عمقی در مورد کوپرها محدود است و در یک مطالعه بیان شد که کوپرها پاسخی مشابه سالم‌ها داشتند (۱).

در تحقیق حاضر، هنگام ایستادن تک‌پا روی سطح ۱۲ دستگاه تعادلی بایودکس، فعالیت عضلهٔ درشت‌نی قدامی در گروه کوپر به‌طور معنی‌داری نسبت به دو گروه کنترل و بی‌ثباتی مزمن مچ پا بیشتر بود، که با یافته‌های پوزی و همکاران (۲۰۱۵) مشابه است (۱۴). گاتیرز و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که عضلهٔ درشت‌نی قدامی در گروه کوپر قبل از فرود بر سکویی که اغتشاش سوپینیشن تولید می‌کند فعالیت شدیدی دارد (۳۷). به‌طور مشابه، دانداس و همکاران (۲۰۱۴) فعالیت بیشتر درشت‌نی قدامی در طول گیت را نشان دادند (۳۸). بنابراین، فعالیت شدید عضلهٔ درشت‌نی قدامی ممکن است برای کنترل جابه‌جایی خارجی ساق پا در موقعیت زنجیرهٔ بسته نیاز باشد. پوزی و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که افزایش فعالیت درشت‌نی قدامی ممکن است باعث افزایش پایداری مجموعهٔ مچ پا در طول تکالیف عملکردی مثل آزمون تعادلی ستاره شود که ممکن است یک راهکار جبرانی برای فراهم‌کردن پایداری دینامیک مفصل در طول تکالیف عملکردی باشد که افراد گروه کوپر بعد از آسیب‌دیدگی به‌دست می‌آورند (۱۴). عضلات کمپارتمان قدامی ساق پا (مثل درشت‌نی قدامی) در پایداری مجموعهٔ خارجی مچ پا از طریق انقباض اکسنتریکی در طول سوپینیشن مچ پا نقش دارند. این عضلات در کاهش‌دادن ترکیب پلانتار فلکشن با سوپینیشن مچ پا و پیش‌گیری از آسیب لیگامان‌های خارجی مچ پا توانا هستند (۳۹). ویلکرسون و همکاران (۱۹۹۷) فرض کردند که در طول زنجیرهٔ حرکتی بسته (پا ثابت بر زمین)، اینورتورهای مچ پا برای حفظ پایداری وضعیت روی پا بسیار مهم هستند. زمانی که مرکز جرم به‌صورت خارجی از کنارهٔ خارجی پا حرکت می‌کند، به حرکت ساق پا به طرف خارج منجر می‌شود. در این موقعیت، عمل اکسنتریک عضلات اینورتور لبهٔ داخلی پا را محکم در زمین حفظ می‌کنند، و از اینکه لبهٔ خارجی پا نقطهٔ اتکای چرخش مچ پا شود پیش‌گیری می‌کنند (۴۰). شاید در افراد کوپر افزایش فعالیت درشت‌نی قدامی یک راهکار جبرانی باشد برای آماده‌سازی موقعیتی که مرکز فشار به طرف خارج در طول زنجیرهٔ حرکتی بسته حرکت می‌کند (۳۷).

در گروه بی‌ثباتی مزمن مچ پا، فعالیت عضلهٔ دوقلو به‌طور معنی‌داری کمتر از دو گروه سالم و کوپر در طول ایستادن تک‌پا روی سطح ۳ دستگاه تعادلی بایودکس بود. تحقیقات گذشته نشان دادند که در افراد با بی‌ثباتی مزمن مچ پا فعالیت عضلهٔ سولئوس بعد از پرش فرود در طول زمان تثبیت[1] کم می‌شود (۴۱). داچرتی و همکاران (۲۰۰۵) افزایش فعالیت عضلات را قبل و بعد از اولین تماس در پرش به پهلو[2] در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا نشان دادند (۴۲). این پرش یک‌طرفه، به مچ پا استرس و فشار مستقیم وارد می‌کند و تقاضا برای پایدارکننده‌های خارجی مچ پا (مثل عضلات پرونئال) به‌طور معنی‌داری زیاد می‌شود (۴۳). افزایش تقاضا برای پایدارکننده‌های خارجی مچ پا در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن می‌تواند محرک افزایش فعالیت عضلات در این افراد باشد (۴۴). به‌هرحال، در نبود تحریک مستقیم، مثل بی‌ثباتی تولیدشده در طول پرش به پهلو یا موقعیت

1. Time to Stabilization
2. Lateral Hop

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.1.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.23]

اینورتر پا قبل از تماس با زمین در طول گیت، در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا کاهش فعالیت عضلات را در کل پایین‌تنه گزارش شد (۱۵). با توجه به مطالعات گذشته، مشخص شد که افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا در نتیجهٔ تغییر در سیگنال‌های عصبی بعد از اولین آسیب مچ پا (۴۵) و برای جبران اختلال مفصل مچ پا در راهکار تسلط ران سازگار می‌شوند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا میزان فعالیت عضلهٔ راست‌رانی از گروه سالم و عضلهٔ راست‌شکمی از گروه کوپر کمتر بود. با توجه به تحقیقات، پیش‌بینی می‌شد که افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا جهت حفظ تعادل تکیهٔ بیشتری بر عضلات ناحیهٔ ران داشته باشند، ولی نتایج حاضر نشان داد که این افراد فعالیت کمتری در عضلاتشان نسبت به دو گروه دیگر داشتند. فعالیت عضلهٔ راست‌رانی گروه سالم به‌طور معنی‌داری از افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا بیشتر بود. این نتایج نشان می‌دهد که با آسیب اسپرین خارجی مچ پا، نه‌تنها عضلات اطراف مچ پا تغییر می‌کند، بلکه مفاصل پروگزیمال همچون راست‌رانی نیز دچار تغییر می‌شود. همچنین، نتایج نشان داد که افراد گروه کوپر نسبت به افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا فعالیت بیشتری در عضلهٔ راست‌رانی در طول تعادل تک‌پا داشتند که نشان می‌دهد این افراد بعد از آسیب می‌توانند به فعالیت بیشتر و تقریباً نزدیک به افراد سالم برسند. اسپرین مچ پا زمانی رخ می‌دهد که پایین‌تنه در وضعیت کمی اکستنشن ران است و در این زمان مچ به سمت اینورژن و پلانتار فلکشن می‌رود. بنابراین، قدرت اکسنتریک کافی فلکسور ران برای پیش‌گیری از آسیب نیاز است (۴۶). در مطالعات گذشته، افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا کاهش توانایی تولید گشتاور و قدرت اکسنتریک عضلات فلکسور ران را نشان دادند (۴۶)، این کمبودها در هر دو عضو آسیب‌دیده و آسیب‌ندیدهٔ این افراد دیده شد. کمبود توانایی تولید گشتاور فلکسور ران و و کاهش فعالیت عضلهٔ راست‌رانی در طول ایستادن تک‌پا در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا ممکن است به نقش این عضلات در طول اسپرین اینورژن مچ پا مربوط باشد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که فعالیت عضلهٔ ارکتور اسپاین در افراد گروه کوپر نسبت به گروه مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا اندکی بیشتر بود که این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. بازخورد دوک‌ها در عضلات اطراف مفصل مچ پا برای برانگیختن عضلات تنه از جمله ارکتور اسپاین جهت کنترل وضعیت بدنی اهمیت ویژه‌ای دارد، به‌گونه‌ای که فعالیت عضلات تنه به‌شدت تحت تأثیر سیگنال‌های دریافتی از این دوک‌ها قرار می‌گیرد. کلایر و همکاران (۲۰۰۹)، در تحقیقی، با تحریک از طریق ضربه به تاندون آشیل، مسیرهای عصبی منتهی به عضلات ارکتور اسپاین را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد تحریک تاندون آشیل سبب برانگیخته‌شدن عضلات ارکتور اسپاین در هر دو سمت بدن می‌شود (۴۷). همان‌طور که نتایج تحقیق جاضر نشان داد، فعالیت عضلهٔ درشت‌نی قدامی در گروه کوپر بیشتر از گروه مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا بود این افزایش جزئی در میزان فعالیت عضلهٔ ارکتور اسپاین ممکن است ناشی از فعالیت بیشتر عضلهٔ درشت‌نی قدامی در نتیجهٔ انتشار انرژی از عضلهٔ درشت‌نی قدامی (دیستال) به عضلهٔ ارکتور اسپاین (مرکزی) از طریق لیگامنت خاجی نشیمن‌گاهی باشد. لازم است در تحقیقات آینده فعالیت این عضله در تکالیف پویاتر ارزیابی شود. شاید چون تکلیف

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.1.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.23]

ایستادن تک‌پا ناپایداری لازم را برای درگیر شدنِ عضلات ناحیهٔ مرکزی تولید نمی‌کند، میزان فعالیت این عضله و تفاوت بین گروه‌ها در طول این تکلیف کم بود. پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آینده بررسی شود که آیا با افزایش فعالیت عضلهٔ درشت‌نی قدامی، فعالیت عضلهٔ ارکتور اسپاین و ثبات ناحیهٔ مرکزی تنه افزایش می‌یابد یا خیر. در طول ایستادن تک‌پا فعالیت عضلهٔ راست‌شکمی در گروه کوپر نسبت به دو گروه دیگر بیشتر بود. عضلهٔ راست‌شکمی خم‌کننده تنه به جلو، ثابت‌کنندهٔ لگن در برابر نیروهای چرخشی قدامی و ایجادکنندهٔ سیستم انتقال نیرو و ثبات در حرکت خم‌کردن تنه به عقب است. عضلهٔ راست‌شکمی و مایل خارجی شکم با انتقال نیروها به خارج و داخل قفسهٔ سینه و لگن، وضعیت بدنی و عضلات کمری-لگنی را کنترل می‌کنند و در نهایت باعث کنترل سگمان‌های سر و بازوها و تنه نسبت به سطح اتکا می‌شوند (۴۸). فعالیت بیشتر این عضله در افراد کوپر می‌تواند سبب افزایش ثبات و پایداری تنه شود.

در تحقیق حاضر، بین گروه کوپر و سالم در فعالیت عضلات نسبت به گروه مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا یک تفاوت اساسی وجود داشت: فعالیت عضلات درشت‌نی قدامی و راست‌شکمی در گروه کوپر بیشتر بود درحالی‌که در گروه سالم، فعالیت عضلهٔ راست‌رانی بیشتر بود. این نشان‌دهندهٔ آن است که افراد سالم بیشتر از عضلات اطراف زانو در طول ایستادن تک‌پا استفاده می‌کنند، درحالی‌که گروه کوپر بیشتر از عضلات ناحیهٔ مچ پا و تنه استفاده کردند. تحقیقات گذشته دربارهٔ افراد سالم (۴۹) و افراد با درد کمر (۵۰) نشان داده‌اند که ترکیب حرکت دورسی فلکشن مچ پا با مانور به‌داخل‌بردن شکم[1] باعث افزایش به‌کارگیری و استیفنس عضلات عمقی شکم (عرضی شکم) و در نتیجه افزایش پایداری ناحیهٔ مرکزی تنه[2] می‌شود. این افزایش و بهبود در فعالیت عضلات عمقی شکم می‌تواند در نتیجهٔ انتشار انرژی از عضلهٔ درشت‌نی قدامی (دیستال) به عضلهٔعرضی شکم (مرکزی) از طریق ارتباط فاشیای قدامی باشد (۴۹،۵۱،۵۲). چوی و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که ترکیب حرکت دورسی فلکشن مچ پا با حرکت بالاآوردن مستقیم پا[3] باعث افزایش فعالیت پهن داخلی و پهن خارجی نسبت به حرکت بالابردن مستقیم پا بدون حرکت دورسی فلکشن در افراد مبتلا به درد کشککی-رانی شد (۵۳). همان‌طور که در مطالعهٔحاضر نیز نشان داده شد، افزایش فعالیت درشت‌نی قدامی در گروه کوپر احتمالاً یک راهکار جبرانی است و از طریق آن پایداری تنه در این افراد بالاتر می‌رود. البته، این یک احتمال است و به تحقیقات بیشتر نیاز دارد تا روشن شود که آیا با افزایش فعالیت درشت‌نی قدامی، فعالیت عضلات عمقی شکم و در نتیجه پایداری مرکزی تنه بیشتر می‌شود یا خیر.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که فعالیت عضلات گروه بی‌ثباتی مزمن مچ پا در طول ایستادن تک‌پا از هر دو گروه دیگر کمتر است. افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا کاهش فعالیت عضلات ناحیهٔ دیستال و پروگزیمال را در طول ایستادن تک‌پا تجربه کردند و نمی‌توان با قطعیت بیان کرد که کدام راهکار در حفظ تعادل در حالت

1. Abdominal Draw-In Manoeurve(ADIM)
2. Core Stability
3. Straight Leg Raise

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.1.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.23]

ایستادن تک‌پا در این افراد نقش دارد. مربیان باید آگاه باشند که افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا، تغییرات دیستال و پروگزیمال در کنترل حرکتی دارند و می‌توانند از این نتایج برای طراحی تمرینات کنترل عصبی- عضلانی برای افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا استفاده کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشتهٔ تربیت‌بدنی و علوم ورزشی استخراج شده است. در اینجا، از تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

منابع

1. Willems, T., Witvrouw, E., Verstuyft, J., Vaes, P., De Clercq, D. (2002). Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability. Journal of Athletic Training. 37(4):487-93.
2. Yeung, M., Chan, KM., So, C., Yuan, W. (1994). An epidemiological survey on ankle sprain. British Journal of Sports Medicine. 28(2):112-6.
3. Wikstrom, E.A., Bishop, M.D., Inamdar, A.D. Hass, C.J. (2010). Gait termination control strategies are altered in chronic ankle instability subjects. Medicine & Science in Sports & Exercise. 42(1):197-205.
4. Doherty, C., Delahunt, E. Caulfield, B. Hertel, J. Ryan, J. Bleakley, C. (2014). The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. Sports Medicine. 44(1):123-40.
5. Gribble, P.A., Delahunt, E. Bleakley, C. Caulfield, B. Docherty, C.L., Fourchet, F. Fong, D., Hertel, J. Hiller, C. Kaminski, T.W., McKeon, P.O., Refshauge, K.M., van der Wees, P., Vicenzino, B., Wikstrom, E.A. (2013). Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 43(8):585-91.
6. Wikstrom, E.A., Brown, C.N. (2014). Minimum reporting standards for copers in chronic ankle instability research. Sports Medicine. 44(2):251-68.
7. Liu, K., Dierkes, C., Blair, L. (2016). A new jump-landing protocol identifies differences in healthy, coper, and unstable ankles in collegiate athletes. Sports Biomechanics. 15(3): 245-54..
8. Brown, C.N., Mynark, R. (2007). Balance deficits in recreational athletes with chronic ankle instability. Journal of Athletic Training. 42(3):367-73.
9. Arnold, B. De La Motte, L., Linens, S. Ross, S.E. (2009). Ankle instability is associated with balance impairments: a meta-analysis. Medicine & Science in Sports & Exercise. 41(5):1048-62.
10. Doherty, C., Bleakley, C., Hertel, J., Caulfield, B., Ryan, J., Sweeney, K., Delahunt, E. (2015). Inter-joint coordination strategies during unilateral stance 6-months following first-time lateral ankle sprain. Clinical Biomechanics. 30(2):129-35.
11. Doherty, C., Bleakley, C., Hertel, J., Caulfield, B., Ryan, J., Sweeney, K., Patterson, M.R., Delahunt, E. (2015). Lower limb interjoint postural coordination one year after first-time ankle sprain. Medicine & Science in Sports & Exercise. 47(11):2398-2405.
12. Wikstrom, E.A., Fournier, K.A., McKeon, P.O. (2010). Postural control differs between those with and without chronic ankle instability. Gait & Posture. 32(1):82-6.
13. Shields, C.A., Needle, A., Rose, W., Swanik, C.B., Kaminski, T.W. (2013). Effect of elastic taping on postural control deficits in subjects with healthy ankles, copers, and individuals with functional ankle instability. Foot & Ankle International. 34(10):1427-35.
14. Pozzi, F., Moffat, M., Gutierrez, G. (2015). Neuromuscular control during performance of a dynamic balance task in subjects with and without ankle instability. International Journal of Sports Physical Therapy. 10(4):520-9.
15. Feger, M.A., Donovan, L., Hart, J.M., Hertel, J. (2014). Lower extremity muscle activation during functional exercises in patients with and without chronic ankle instability. PM&R. 6(7):602-11.
16. Nakagawa, L., Hoffman, M. (2004). Performance in static ,dynamic, and clinical tests of postural control in individuals with recurrent ankle sprains. Journal of Sport Rehabilitation. 13(3):255-68.
17. Ross, S.E., Guskiewicz, K.M., Yu, B. (2005). Single-leg jump-landing stabilization times in subjects with functionally unstable ankles. Journal of Athletic Training. 40(4):298-304.
18. Guskiewicz, K.M., Perrin, D.H. (1996). Research and clinical applications of assessing balance. Journal of Sport Rehabilitation. 5(1):45-63.
19. Loram, I.D., Maganaris, C.N., Lakie, M. (2005). Active, non-spring-like muscle movements in human postural sway: how might paradoxical changes in muscle length be produced? The Journal of Physiology. 564(1):281-93.
20. Freeman, M., Dean, M., Hanham, I. (1965). The etiology and prevention of functional instability of the foot. Bone & Joint Journal. 47(4):678-85.
21. Tropp, H., Odenrick, P. (1988). Postural control in single-limb stance. Journal of Orthopaedic Research. 6(6):833-9.
22. Riemann, B.L., (2002). Is there a link between chronic ankle instability and postural instability? Journal of Athletic Training. 37(4):386-93
23. Ageberg, E., Roberts, D., Holmström, E., Fridén, T. (2003). Balance in single-limb stance in healthy subjects–reliability of testing procedure and the effect of short-duration sub-maximal cycling. BMC Musculoskeletal Disorders. 4(1):14.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.1.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.23]

24. Wang, H.K., Chen, C.H., Shiang, T.Y., Jan, M.H., Lin, K.H. (2006). Risk-factor analysis of high school basketball–player ankle injuries: a prospective controlled cohort study evaluating postural sway, ankle strength, and flexibility. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 87(6):821-5.
25. Hadadi, M., Ebrahimi Takamjani, I. Ebrahim Mosavi, M. Aminian, G. Fardipour, S. and Abbasi, F.(2017). Cross-cultural adaptation, reliability, and validity of the Persian version of the Cumberland Ankle Instability Tool. Disability and Rehabilitation: 39(16):1644-9.
26. Wright, C.J., .Arnold, B.L., Ross, S.E., Linens, S.W. (2014). Recalibration and validation of the cumberland ankle instability tool cutoff score for individuals with chronic ankle instability. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 95(10):1853-9.
27. Cug, M., Wikstrom, E.A.(2014). Learning effects associated with the least stable level of the biodex® stability system during dual and single limb stance. Journal of Sports Science & Medicine. 13(2): 387-92.
28. Hung, Y.j., Miller, J. (2016). Extrinsic visual feedback and additional cognitive/physical demands affect single-limb balance control in individuals with ankle instability. World Journal of Orthopedics. 7(12): 801-7.
29. Neumann, P., Gill, V. (2002). Pelvic floor and abdominal muscle interaction: EMG activity and intra-abdominal pressure. International Urogynecology Journal. 13(2):125-32.
30. Konrad, P. (2005). A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography, Noraxon INC. USA.
31. De Luca, C.J., Kuznetsov, M., Gilmore, L.D., Roy, S.H. (2012). Inter-electrode spacing of surface EMG sensors: reduction of crosstalk contamination during voluntary contractions. Journal of Biomechanics. 45(3):555-61.
32. Horak, F., Nashner, L., Diener, H. (1990). Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. Experimental Brain Research. 82(1):167-77.
33. Mok, N.W., Brauer, S.G., Hodges, P.W. (2004). Hip strategy for balance control in quiet standing is reduced in people with low back pain. Spine. 29(6):E107-E12.
34. Jones, S.L., Henry, S.M., Raasch, C.C., Hitt, J.R., Bunn, J.Y. (2012). Individuals with non-specific low back pain use a trunk stiffening strategy to maintain upright posture. Journal of Electromyography and Kinesiology. 22(1):13-20.
35. Van Deun, S., Staes, F.F., Stappaerts, K.H., Janssens, L., Levin, O., Peers, K.K. (2007). Relationship of chronic ankle instability to muscle activation patterns during the transition from double-leg to single-leg stance. The American Journal of Sports Medicine. 35(2):274-81.
36. Di Giulio, I., Maganaris, C.N., Baltzopoulos, V., Loram, I.D. (2009). The proprioceptive and agonist roles of gastrocnemius, soleus and tibialis anterior muscles in maintaining human upright posture. The Journal of Physiology. 587(10):2399-416.
37. Gutierrez, G.M., Knight, C.A., Swanik, C.B., Royer, T., Manal, K., Caulfield, B., Kaminski, T.W. (2012). Examining neuromuscular control during landings on a supinating platform in persons with and without ankle instability. The American Journal of Sports Medicine. 40(1):193-201.
38. Dundas, M.A., Gutierrez, G.M., Pozzi, F. (2014). Neuromuscular control during stepping down in continuous gait in individuals with and without ankle instability. Journal of Sports Sciences. 32(10):926-33.
39. Sinkjaer, T., Toft, E., Andreassen, S., Hornemann, B.C. (1988). Muscle stiffness in human ankle dorsiflexors: intrinsic and reflex components. Journal of Neurophysiology. 60(3):1110-21.
40. Wilkerson, G.B., Pinerola, J.J., Caturano, R.W. (1997). Invertor vs. evertor peak torque and power deficiencies associated with lateral ankle ligament injury. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 26(2):78-86.
41. Brown, C., Ross, S., Mynark, R., Guskiewicz, K. (2004). Assessing functional ankle instability with joint position sense, time to stabilization, and electromyography. Journal of Sport Rehabilitation. 13(2):122-34.
42. Docherty, C.L., Arnold, B.L., Gansneder, B.M., Hurwitz, S., Gieck, J. (2005). Functional-performance deficits in volunteers with functional ankle instability. Journal of Athletic Training. 40(1):30-4.
43. Yoshida, M., Taniguchi, K., Katayose, M. (2011). Analysis of muscle activity and ankle joint movement during the side-hop test. The Journal of Strength & Conditioning Research. 25(8):2255-64.
44. Delahunt, E., Monaghan, K., Caulfield, B.(2007). Ankle function during hopping in subjects with functional instability of the ankle joint. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 17(6):641-8.
45. Freeman, M., (1965). Instability of the foot affer injuries to the lateral ligament of the ankle. Bone & Joint Journal. 47(4):669-77.
46. Negahban, H., Moradi-Bousari, A., Naghibi, S., Sarrafzadeh, J., Shaterzadeh-Yazdi, M.J., Goharpey, S., Etemadi, M., Mazaheri, M., Feizi, A. (2013). The eccentric torque production capacity of the ankle, knee, and hip muscle groups in patients with unilateral chronic ankle instability. Asian Journal of Sports Medicine. 4(2):144-52.
47. Clair, J., Okuma, Y., Misiaszek, J., Collins, D. (2009). Reflex pathways connect receptors in the human lower leg to the erector spinae muscles of the lower back. Experimental Brain Research. 196(2):217-27.
48. Bogduk, N., (2005). Clinical anatomy of the lumbar spine and sacrum: Elsevier Health Sciences.
49. Chon, S.C., Chang, K.Y., You, J.S.H. (2010). Effect of the abdominal draw-in manoeuvre in combination with ankle dorsiflexion in strengthening the transverse abdominal muscle in healthy young adults: a preliminary, randomised, controlled study. Physiotherapy. 96(2):130-6.
50. Chon, S.C., You, J.H., Saliba, S.A. (2012). Cocontraction of ankle dorsiflexors and transversus abdominis function in patients with low back pain. Journal of Athletic Training. 47(4):379-89.
51. Ferreira, P.H., Ferreira, M.L., Hodges, P.W. (2004). Changes in recruitment of the abdominal muscles in people with low back pain: ultrasound measurement of muscle activity. Spine. 29(22):2560-6.
52. Nordin, M. (2001). Biomechanics of tendons and ligaments. Basic Biomechanics of The Musculoskeletal System.
53. Choi, S.A., Cynn, H.S., Yoon, T.L., Choi, W.J., Lee, J.H. (2014). Effects of ankle dorsiflexion on vastus medialis oblique and vastus lateralis muscle activity during straight leg raise exercise with hip external rotation in patellofemoral pain syndrome. Journal of Musculoskeletal Pain. 22(3):260-7.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.1.2]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.23]