مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
دوره بیست و هشتم، شماره هفت، مهر ۱۳۹۹
تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۲/۱۳
تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۵/۱۱

مقایسه اثر ۶ هفته تمرینات تقویتی تعادلی و هاپینگ بر کینماتیک اندام تحتانی ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در حین دویدن: کارآزمایی بالینی تصادفی

محمدحسن کردی اشکذری[۱]، منصور صاحب‌الزمانی*[۲]، عبدالحمید دانشجو[۳]، حمید عباسی بافقی[۴]

مقاله پژوهشی

مقدمه: پیچ‌خوردگی مچ‌پا یکی از رایج‌ترین آسیب‌های ورزشی می‌باشد. این آسیب می‌تواند بر کینماتیک اندام تحتانی ورزشکار تاثیرگذار باشد. لذا هدف از تحقیق حاضر مقایسه اثر ۶ هفته تمرینات تقویتی تعادلی و هاپینگ بر کینماتیک اندام تحتانی ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ‌پا در حین دویدن می‌باشد.

روش بررسی: تحقیق حاضر از نوع کارآزمایی بالینی تصادفی می‌باشد که تعداد ۳۶ ورزشکار مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ‌پا به‌صورت تصادفی در ۳ گروه تمرینات هاپینگ، تقویتی تعادلی و کنترل قرار گرفتند. تمرینات به‌مدت شش هفته و هفته‌ای ۳ جلسه بود. اطلاعات کینماتیکی در حین دویدن با سرعت ۱۰ km/h با استفاده از دوربین سه بعدی اوپتی‌تراک قبل و بعد از تمرینات ثبت شد. جهت مقایسه اثر تمرینات از نرم‌افزار SPSS version 20 و از آزمون آنکوا استفاده گردید.

نتایج: نتایج آزمون نشان‌داد که بین ۳ گروه در دورسی‌فلکشن مچ پا (P=۰/۰۰۹)، اینورژن مچ پا (P=۰/۰۰۱) و فلکشن زانو (P=۰/۰۰۱) تفاوت معنادار وجود دارد. نتایج آزمون بنفرونی نیز نشان داد که تمرینات هاپینگ در دورسی‌فلکشن مچ پا، اینورژن مچ پا و فلکشن زانو نسبت به‌گروه کنترل تفاوت معنادار دارد (P=۰/۰۰۹، P=۰/۰۰۱، P=۰/۰۰۱). هم‌چنین نتایج نشان داد تمرینات تقویتی تعادلی در حرکات فوق نسبت به‌گروه کنترل تفاوت معنادار دارد (P=۰/۰۰۵، P=۰/۰۰۲، P=۰/۰۰۶) و در فلکشن زانو تمرینات هاپینگ نسبت به تمرینات تقویتی تعادلی تفاوت معناداری نشان داد (P=۰/۰۱۲). نتایج نشان داد هر دو تمرین هاپینگ و تقویتی تعادلی باعث بهبود زاویه‌های دورسی‌فلکشن، اینورژن و فلکشن زانو در تماس اولیه پا در دویدن در ورزشکاران گردیده است. اما تمرینات هاپینگ در بهبود زاویه فلکشن زانو در ورزشکاران مبتلا بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بهتر عمل می‌کنند.

نتیجه‌گیری: بنابراین با توجه به نتایج ارائه شده می‌توان نتیجه گرفت که دوره توانبخشی پیچ‌خوردگی مچ پا در ورزشکاران مربیان و متخصصین امدادگر ورزشی باید از ترکیب تمرینات تقویتی تعادلی و هاپینگ به‌طور یک برنامه جامع استفاده گردد. علاوه بر این تمرینات هاپینگ را می‌توان به‌عنوان جایگزین مناسبی برای تمرینات تقویت تعادلی در مکان‌هایی که تجهیزات کافی وجود ندارد، مورد استفاده قرار داد.

واژه‌های کلیدی: تمرینات هاپینگ، تمرینات تعادلی، کینماتیک، مچ‌پا

IRCTID: IRCT20190627044039N1

ارجاع: کردی اشکذری محمدحسن، صاحب‌الزمانی منصور، دانشجو عبدالحمید، عباسی بافقی حمید. **مقایسه اثر ۶ هفته تمرینات تقویتی تعادلی و هاپینگ بر کینماتیک اندام تحتانی ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در حین دویدن: کارآزمایی بالینی تصادفی.** مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد ۱۳۹۹؛ ۲۸ (۷): ۶۶-۲۸۵۴.

۱- دانشجوی دکتری، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.
۲- استاد، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.
۳- دانشیار، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.
۴- استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
*(نویسنده مسئول)؛ تلفن: ۰۹۱۳۳۹۷۰۵۲۱، پست الکترونیکی: sahebozamani@uk.ac.ir ، صندوق پستی: ۷۶۱۳۶۸۴۳۳۵

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-26]
[DOI: 10.18502/ssu.v28i7.4269]

مقدمه

آسیب مفصل مچ پا یکی از شایع‌ترین آسیب‌های ورزشی می‌باشد که به دلایلی مانند برخورد مستقیم با بازیکن حریف یا زمین، تکل‌هایی که از سمت داخل و خارج باعث اورشن و اینورشن مچ می‌شود و پرش‌های ایجاد می‌گردد. اسپرین رباط‌های مچ پا از شایع‌ترین آسیب‌های ورزشی است (۱). از بین آسیب‌های، پیچ‌خوردگی جانبی مچ پا از شایع‌ترین انواع آن می‌باشد. آسیب پیچ‌خوردگی جانبی مفصل مچ پا اغلب در حرکات رو به جلو و پرش یا مانورهای برشی اتفاق می‌افتد. این حرکات در بسیاری از فعالیت‌های ورزشی مثل فوتبال، والیبال، بسکتبال و هندبال شایع است (۲). تعدادی از پیچ خوردگی‌های جانبی با رویکرد درمانی حفاظتی بهبود می‌یابند، درحالی که تعدادی دیگر درد ماندگار، ضعف، اسپرین مجدد و دیگر علائم بی‌ثباتی را به‌دنبال دارند (۳). این بی‌ثباتی مچ پا می‌تواند بی‌ثباتی عملکردی باشد که بی‌ثباتی عملکردی مچ پا با علائمی همچون خالی کردن مچ پا، ضعف، درد و نقص در عملکرد توصیف می‌شود بدون اینکه مفصل از لحاظ آناتومی دچار مشکل گردد. هم‌چنین بی‌ثباتی عملکردی مچ پا با تغییرات کنترل دینامیک پاسچر که بر روی تست تعادل ستاره (۴)، تغییرات کینماتیک و کینیک ارزیابی شده در تکالیف (۵) و تغییرات کینماتیکی راه رفتن در افراد با سابقه پیچ‌خوردگی مچ پا می‌تواند کمک کند که این افراد پیچ‌خودگی مکرر داشته باشند و به بی‌ثباتی مزمن مچ پا مبتلا شوند (۶). در همین راستا به تازگی محققان به مقایسه کینماتیک مفصل مچ پا افراد بی‌ثباتی مچ پا با افراد سالم در حین راه رفتن، دویدن پرداختند به‌عنوان مثال ترادا و همکاران Terada et al در سال ۲۰۱۵ به بررسی تغییرات در تنوع گام به گام حین راه رفتن در افراد بی‌ثباتی مزمن مچ پا پرداختند و نشان دادند افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا تغییرات گام به گام کمتری نسبت به‌گروه سالم در صفحه فرونتال دارند و گزارش کردند سنسوری موتور افراد بی‌ثباتی مزمن مچ پا کمتر با تغییرات محیطی سازگار می‌شود (۷). هم‌چنین هامچر و همکاران Hamacher, et al در سال ۲۰۱۶ در تحقیقی نشان دادند تفاوتی در زاویه اینورژن/ اورژن و دورسی/پلانتار فلکشن مچ پا در حین دویدن افراد سالم و بی‌ثباتی مزمن مچ پا ندارند ولی تنوع حرکتی اینورژن / اورژن در افراد بی‌ثباتی مزمن مچ پا بیشتر می‌باشد. (۸). برای درمان بی‌ثباتی مزمن مچ پا درمان‌های محافظه‌کارانه و غیر محافظه‌کارانه توصیه گردیده است. در درمان‌های محافظه‌کارانه یکی از مهم‌ترین مولفه‌های این نوع درمان می‌توان به دوره‌های تمرین درمانی اشاره کرد. تمرینات تعادلی معمول‌ترین مداخله‌ای است که در افراد با بی‌ثباتی مچ پا بکار می‌رود این تمرینات در بهبود کنترل پاسچر و بازخورد کنترل عصبی-عضلانی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا موثر می‌باشد (۱۰،۹). تمرینات تعادلی به‌دلیل ایجاد بهبود در قدرت عضلات، تعادل و حس عمقی می‌تواند باعث تغییر کینماتیک اندام تحتانی می-گردد. تمرینات تعادلی برای توانبخشی مچ پا مورد استفاده قرار گرفته است که باعث کاهش اینورشن مچ گردیده است. تمرینات تعادلی باعث بهبودی توانایی حفظ وضعیت از طریق کنترل حرکتی آگاهانه و غیرآگاهانه می‌گردند (۱۱). ابزارهای مشخصی تخته تعادل، مینی ترامپلین، بوسو بال و تست ستاره و ... می‌تواند برای ارائه تمرینات تعادل استفاده شود. مطالعه‌ای نشان داده است که چهار هفته تمرینات تعادلی باعث بهبود ثبات دوگانه ساق پا پشت پا Shank-rear foot coupling در حین راه رفتن گردیده است (۱۲). برای مثال در مطالعه تارانگ و همکاران Tarang et al (۲۰۱۴) تمرینات تعادلی به مدت چهار هفته روی مبتلایان به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا انجام گرفت و نتایج پس از اتمام دورهٔ تمرینی حاکی از اثربخشی تمرینات در کاهش بی‌ثباتی مچ پا و بهبود حس عمقی مفصل مچ پا در بیماران بود (۱۳). بن موسا و همکاران Ben Moussa et al (۲۰۱۳) نشان دادند تمرین‌های حس عمقی به‌طور مؤثر می‌تواند با افزایش کنترل وضعیتی و عضلانی، موجب بهبود ثبات در مچ پای ناپایدار شود (۱۴). با توجه به‌تأثیرات مثبت تمرین درمانی و بازتوانی در افراد مبتلا

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i7.4269]

به‌بی‌ثباتی مزمن مچ پا و تأثیر مثبت اجرای تمرینات در مطالعات گذشته می‌توان اذعان داشت برنامهٔ توانبخشی برای افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا بسیار حائز اهمیت است. برنامه‌های توانبخشی برای پیچ‌خوردگی و بی‌ثباتی مچ پا شامل: تمرینات قدرتی، تمرینات تعادلی، تمرینات عصبی- عضلانی و تمرینات تقویت حس عمقی می‌باشد (۱۶،۱۵). اگرچه روش‌های تمرینی مختلفی برای بهبود اجرای پرش عمودی استفاده شده است بیشتر مربیان و محققان معتقدند که تمرینات پلایومتریک یک روش مناسب برای بهبود توانایی پرش عمودی می‌باشد. مطالعات نشان داده‌اند که اگر تمرینات پلایومتریک به‌طور مناسب تجویز و پیاده‌سازی شود می‌تواند یک روش ایمن و ارزشمند برای جوانان باشد. اما ترکیب تمرینات پلایومتریک و تمرینات سنتی باعث بهبودی بیشتری در پرش عمودی نسبت به‌تمرینات پلایومتریک تنها می‌گردد. تمرینات پلایومتریک ممکن است باعث بهبود عملکرد و کاهش خطر آسیب در ورزشکاران زن رقابتی شود (۱۷). مداخلات دیگری نیز مانند تمرینات ثباتی هاپینگ باعث بهبود بازخورد کنترل عصبی- عضلانی گردیده‌اند. با توجه به اینکه پیچ‌خوردگی خارجی مچ پا و پیچ‌خوردگی مزمن مچ پا یک آسیب موضعی نیست درمان باید به‌صورت جامع (کلی Global به این معنا که سراسر اندام تحتانی را درگیر می‌کند) باشد (۱۸). تمرینات هاپینگ یک روش تمرینی دینامیک برای اندام تحتانی می‌باشد که دارای ماهیت چندگانه از قدرت عضلانی، هماهنگی عصبی- عضلانی، ثبات مفصل، تعادل و حس عمقی می‌باشند. این تمرینات به‌صورت کلینکی در مراحل پایانی دوره بازتوانی بکاربرده می‌شوند. حرکات هاپینگ شامل انقباض اکسنتریک و کانسنتریک متعاقب آن می‌شود. قدرت عضلانی و تعادل دو جزء ضروری اجرای هاپینگ است. محققان بر این باورند که تمرینات هاپینگ، پل ارتباطی بین قدرت و هماهنگی می‌باشند که باعث افزایش عملکرد ورزشکار می‌گردند (۱۹). از آنجایی که مطالعات گذشته نشان داده‌اند که افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا دچار تغییرات کینماتیک اندام تحتانی می‌گردند و هم‌چنین مطالعات اثر تمرینات مختلفی را بر کینماتیک این افراد اجرا نموده‌اند. اما یک پروتکل معین با کارایی بالا مشخص نکرده‌اند. لذا محققان حوزه توانبخشی همیشه به‌دنبال رسیدن به پروتکل‌های تمرینی می‌باشند که دارای کارایی بیشتر و هزینه و زمان کمتر برای رساندن ورزشکار به تمرین و مسابقه هستند. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته هیچ مطالعه‌ای به‌مقایسه اثر تمرینات هاپینگ و تقویتی تعادلی بر کینماتیک اندام تحتانی ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا صورت نگرفته است. بنابراین هدف از تحقیق حاضر در مقایسه اثر تمرینات تقویتی تعادلی و هاپینگ بر کینماتیک اندام تحتانی ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا می‌باشد.

روش بررسی

نوع تحقیقات کارآزمایی بالینی تصادفی شده پیش آزمون و پس آزمون با گروه کنترل می‌باشد. با توجه به معیارهای ورود و خروج و حجم نمونه در ادبیات پیشینه تعداد ۳۶ مرد ورزشکار در رشته‌های والیبال، بسکتبال و هندبال که حداقل یکبار دچار پیچ‌خوردگی مچ پا در ۱۲ ماه گذشته تجربه کرده‌اند را با استفاده از پرسش‌نامه فارسی تشخیص بی‌ثباتی عملکردی مچ پا (IdFAI-P) که روایی و پایایی برای فارسی زبانان عالی گزارش شده است (۲۰) (امتیاز بالای ۱۱ بی‌ثباتی عملکردی مچ پا) به‌عنوان بی‌ثباتی عملکردی مچ پا تشخیص داده شده و در نهایت با توجه به معیارهای ورود و خروج، سه گروه تقویتی تعادلی (۱۲ نفر)، هاپنگ (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲نفر) به صورت تصادفی قرار داده شد. لازم به ذکر است پس از تشخیص با پرسش‌نامه، آزمودنی توسط فیزیوتراپ متخصص معاینه شده تا از نظر تشخیص مورد تایید قرار گیرند. اگر ورزشکار آسیب اندام تحتانی یا پیچ‌خوردگی مچ پا در سه ماه گذشته، درد در اندام تحتانی به هر دلیلی غیر از پیچ‌خوردگی و تاریخچه‌ای از جراحی در اندام تحتانی یا مچ پا داشتند از تحقیق خارج می‌شدند (۵). آزمودنی‌ها قبل از شرکت در آزمون، فرم موافقت آگاهانه مورد نظر را تکمیل و امضا کردند. سپس آزمون‌ها با پوشیدن حداقل لباس (بدون پوشش بالاتنه، پوشیدن شورت ورزشی)، گرم کردن به‌مدت ۵ دقیقه را زیر نظر آزمونگر

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-26]
[DOI: 10.18502/ssu.v28i7.4269]

به‌طوری که برای تمام افراد تست شونده یکسان باشد، اجرا کردند. مارکرگذاری در نواحی کمر، ران، زانو، ساق، مچ پا، و پاشته به‌صورت خوشه‌ای cluster روی بدن ورزشکاران قرار داده شد (شکل ۱). پس از ماکرگذاری، تعداد ۳ مارکر عمود هم به‌عنوان دستگاه مرجع روی صفحه تردمیل قرار گرفت تا اطلاعات دستگاه دوربین داخل این دستگاه تعریف شود. سپس از آزمودنی خواسته شد تا بر روی تردمیل به‌صورت آناتومیکی قرار بگیرد تا داده برداری استاتیک صورت پذیرد. سپس با روشن کردن تردمیل و افزایش سرعت تا ۱۰ km/h کیلومتر بر ساعت و برای مدت ۳۰ ثانیه حرکت دویدن داده برداری انجام شد. اطلاعات کینماتیک با استفاده از سیستم Motion capture دوربین سه بعدی Optitrack مدل V120 Duo ساخت آمریکا ثبت شده (شکل۲) که کارس Carse و همکاران روایی و پایایی بالایی برای این روش گزارش کردند (۲۱) و سپس با برنامه متلب جهت ساخت مدل دینامیکی و تحلیل داده‌ها استفاده شد. در این روش سیکل گیت را مشخص گردید و اولین لحظه را به‌عنوان تماس اولیه پا با زمین در نظر گرفته شد. پروتکل‌های تمرینی سه جلسه در هفته و برای شش هفته انجام شد و آزمودنی‌ها در ابتدای هر جلسه تمرینی ۱۰ دقیقه را به گرم کردن اختصاص می‌دادند. تمرینات گروه تقویتی تعادلی که برگرفته از سایر مطالعات انجام شده در این حوزه می‌باشد که می‌توان از آن‌ها به‌عنوان تمرینات اثبات شده و کاملاً موثر استفاده نمود (۲۳،۲۲،۱۸). در تمرینات تعادلی دست‌ها بر روی کمربند لگنی و چشم‌ها باز بود و شدت این تمرینات از نظر سطح اتکا (تک پا/ دوپا- بوسوبال/ زمین/دیسک) به‌صورت فزاینده هر دو هفته افزایش داده می‌شد. در تمرینات قدرتی که با وزنه انجام می‌شد مقدار وزنه با استفاده از (10RM,12RM,15RM) انجام شد (۲۴). هم‌چنین استراحت بین ست‌ها ۳۰ ثانیه و استراحت پایان ست دو دقیقه بود (۲۲). هم‌چنین برنامه تمرینی هاپینگ استفاده شده در این تحقیق شامل ۶ نوع تمرینات هاپینگ که شامل : هاپینگ به طرفین، هاپینگ به سمت قدامی و خلفی، هاپینگ به‌شکل چهار لاتین، هاپینگ با حرکت به سمت جلو، هاپینگ به‌شکل هشت لاتین بود که به صورت سه جلسه در هفته و برای شش هفته انجام شد (۱۹). لازم به ذکر می‌باشد که در سه هفته اول تمرینات به صورت هاپینگ و ثبات‌پذیری (۱۲،۲۵،۲۶) انجام شد و از هفته سوم به بعد با استفاده از یک مترونوم تمرینات هاپینگ با ریتم ۲ هرتز انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌های آماری از نرم‌افزار version 16 SPSS همگنی واریانس‌ها و پیش‌فرض‌های و نرمال بودن به‌وسیله آزمون‌های لیون و شاپیروویلک مورد تایید قرار گرفت. هم‌چنین برای مقایسه اثر تمرینات از آزمون آنکوا با سطح معناداری ۰/۰۵ و آزمون تغقیبی بنفرونی و اندازه اثر (partial Eta) استفاده گردید.

ملاحظات اخلاقی

پروپوزال این تحقیق توسط دانشکده دامپزشکی دانشگاه شهید باهنر کرمان تایید شده است (کد اخلاق IR.UK.VETMED.REC.1398.008).



شکل ۱: شیوه مارکرگذاری روی اندام تحتانی ورزشکار



شکل ۲: دوربین سه بعدی Optitrack

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i7.4269]

نتایج

اطلاعات توصیفی به تفکیک گروه‌ها در جدول ۱ آمده است. نتایج آزمون آنکوا بین گروه تمرینات هاپینگ، تقویتی تعادلی و کنترل نشان داد که بین ۳ گروه مذکور تفاوت معنادار وجود دارد (جدول ۲). نتایج آزمون بنفرونی نیز نشان داد که تمرینات هاپینگ و تقویتی تعادلی در دورسی‌فلکشن، اینورژن و فلکشن زانو نسبت به تمرینات کنترل باعث بهبودی زوایای مفصلی در لحظه تماس اولیه پا با زمین در حین دویدن شده است (جدول۳). هم‌چنین تمرینات هاپینگ نسبت به تمرینات تقویتی تعادلی در افزایش زاویه فلکشن تفاوت معنادار نشان دادند. نتایج نشان داد هر دو تمرین هاپینگ و تقویتی تعادلی باعث بهبود زاویه‌های دورسی‌فلکشن، اینورژن و فلکشن زانو در تماس اولیه پا در دویدن در ورزشکاران گردیده است. اما تمرینات هاپینگ در بهبود زاویه فلکشن زانو در ورزشکاران مبتلا بی‌ثباتی عملکردی مچ‌پا بهتر عمل می‌کنند.

جدول ۱: اطلاعات توصیفی نمونه‌ها به تفکیک گروه (انحراف استاندارد±میانگین)

گروه	سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	BMI
تقویتی تعادلی	۲۴/۰۴±۴/۴۲	۱۸۴/۴۸±۵/۹۸	۷۶/۶۴±۷/۵۱	۲۲/۷۱±۱/۴۸
هاپینگ	۲۴/۵۶±۴/۷۳	۱۸۳/۸۵±۵/۶۷	۷۵/۹۴±۷/۶۶	۲۳/۱۴±۲/۰۹
کنترل	۲۵/۱۵±۴/۳۸	۱۸۴/۲۵±۵/۵۲	۷۶/۱۴±۷/۲۸	۲۲/۵۵±۱/۸۹

جدول ۲: تایج آزمون آنکوا جهت بررسی اثر تمرینات هاپینگ، تقویتی-تعادلی بر زوایای مفصلی در زمان دویدن

متغیر	گروه	پیش‌آزمون (میانگین)	پس‌آزمون (میانگین)	مقدار P	اندازه اثر
دورسی‌فلکشن مچ پا	تقویتی تعادلی	۳/۴۴±۰/۵۸	۴/۶۹±۰/۵۵	۰/۰۰۹*	۰/۲۵۶
	هاپینگ	۳/۴۲±۰/۵۳	۴/۵۸±۰/۵۰		
	کنترل	۴±۰/۴۸	۳/۸۵±۰/۴۳		
اینورژن مچ پا	تقویتی تعادلی	۵/۱۴±۰/۶۳	۴/۲۶±۰/۵۳	۰/۰۰۱*	۰/۴۵۰
	هاپینگ	۵/۴۷±۰/۶۳	۴/۰۵±۰/۶۳		
	کنترل	۵/۵۵±۰/۶۹	۵/۶۹±۰/۶۷		
فلکشن زانو	تقویتی تعادلی	۱۰/۸۸±۰/۸۵	۱۳/۰۱±۰/۹۶	۰/۰۰۱*	۰/۵۷۸
	هاپینگ	۱۲/۵۱±۰/۶۹	۱۶/۰۷±۰/۷۲		
	کنترل	۱۲/۰۱±۰/۹۷	۱۲/۳۵±۰/۸۳		

*مقدار P< ۰/۰۵ و تفاوت معناداری وجود دارد.

جدول ۳: نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی برای بررسی تفاوت بین گروهی

متغیر	مقایسه دو به دوی گروه ها		مقدار P
دورسی‌فلکشن مچ پا	تقویتی تعادلی	هاپینگ	۰/۸۲۶
		کنترل	۰/۰۰۵*
	کنترل	هاپینگ	۰/۰۰۹*
اینورژن مچ پا	تقویتی تعادلی	هاپینگ	۰/۱۱۵
		کنترل	۰/۰۰۲*
	کنترل	هاپینگ	۰/۰۰۱*
فلکشن زانو	تقویتی تعادلی	هاپینگ	۰/۰۱۲*
		کنترل	۰/۰۰۶*
	کنترل	هاپینگ	۰/۰۰۱*

*مقدار۰/۰۵ >P و تفاوت معناداری وجود دارد

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i7.4269]

بحث

نتایج تحقیق نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های تمرینی و گروه کنترل وجود دارد به طوری‌که تمرینات تقویتی-تعادلی و هاپینگ باعث افزایش زاویه دورسی‌فلکشن مچ پا و فلکشن زانو و هم‌چنین کاهش زاویه اینورژن مچ پا نسبت به‌گروه کنترل می‌شود. علاوه بر این بین دو گروه تمرینی تقویتی-تعادلی و هاپینگ افزایش فلکشن زانو تفاوت معناداری مشاهده شد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق رنجبرزاده و همکاران (۲۰۱۸) (۲۷)، هانگ و همکاران (۲۰۱۴) (۱۸)، کریمی‌زاده و همکاران (۲۰۱۹) (۱۹)، دونووان و همکاران Donovana et al (۲۰۱۶) (۲۸) همسو و با تحقیقات کاقلن و همکاران Coughlan et al (۲۰۰۷) (۲۹)، مک‌کئون و همکاران (۲۰۰۹) (۱۲) غیرهمسو بودند. از دلایل احتمالی غیرهمسو بودن با تحقیق کاقلن می‌توان به سطح گسترده از ورزشکاران که از سطح تفریحی تا المپیکی افرادی در تحقیق شرکت داشتند. آن ممکن است که به‌طور پایه این افراد سطح بالایی از کنترل عصبی عضلانی در عملکرد مچ پا داشته باشند و به محرک‌های تمرینی پاسخ معناداری نمی‌دهند (۲۹) ولی نمونه‌های تحقیق حاضر از بازیکنان بسکتبال، والیبال و هندبال بودند که از نظر سطح فعالیت هفته‌ای سه جلسه تمرین داشتند و تقریباً سطح یکسانی داشتند. عامل دیگری در عدم معناداری می‌توان زمان و شدت تمرینات اشاره کرد. برنامه تمرینات ۴ هفته بوده است و این زمان ممکن است برای ایجاد سازگاری عصبی عضلانی و تغییرات موثر در الگوهای راه رفتن کافی نباشد. بیشتر تمرینات توانبخشی برای بی‌ثباتی حاد و مزمن باید ۶ تا ۸ هفته باشد. که در تحقیق حاضر اثر ۶ هفته تمرینات را در نظر گرفته است. از جمله دلایل عدم همسویی با تحقیق مک‌کئون و همکاران ۲۰۰۹ می‌توان به مدت زمان کم تمرینات تعادلی بوده است که مک کئون و همکاران به آن اشاره داشتند که ممکن است مدت زمان بیشتر تغییرات بیشتری را در کینماتیک نشان دهد (۱۲). دلیل دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد بیومکانیک راه رفتن و جاگینگ را اندازه‌گیری کردند و حتی خود تحقیق هم اشاره داشته است که دویدن جهت ارزیابی آزمون بهتری است و می‌تواند تغییرات بیشتر و محدودیت‌های سیستم موتور را بیشتر از این دو آزمون نشان دهد. هم‌چنین افراد بی‌ثباتی مزمن مچ پا را مورد بررسی قرار دادند که شامل افراد ثباتی مکانیکی مچ پا بودند و تحقیق حاضر بر روی افراد بی‌ثباتی عملکردی مچ پا را بررسی کرده است. از مکانیسم‌ها و دلایل احتمالی تغییرات کینماتیک در لحظه تماس پا با زمین در گروه تمرینات هاپینگ می‌توان به تغییرات ایجاد شده در کنترل عصبی عضلانی اشاره کرد. رفتار مهارت حرکتی به توانایی مغز در یادگیری کنترل بدن و پیش‌بینی متعاقب این کنترل بستگی دارد. توانایی پیش‌بینی به انتظاری که از اطلاعات حسی متعاقب می‌رود بستگی دارد در حالی‌که کنترل پیامدهای مورد نظر به دستورات حرکتی بستگی دارد. افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در پیش بینی دستورات حرکتی متعاقب دچار مشکل هستند و کنترل حرکتی در آنها برای تبدیل و یا چرخش اطلاعات حسی به دستورات حرکتی دچار نقص می‌باشد (۵). براساس نظریه کنترل حرکتی یادگیری تکالیف به‌صورت دینامیک برای یادگیری مجدد کنترل حرکتی و هم‌چنین اصلاح برنامه حرکتی لازم است. اطلاعات حسی صحیح باید به کورتکس مغز منتقل شوند تا فیدبک حس عمقی در طول حرکات دینامیک بازآموزی شوند (۵). تمرینات هاپینگ با چرخه کشش و کوتاه شدن تمرینات زنجیره بسته‌ای می‌باشند که می‌توانند مکررا گیرنده‌های مفصلی را تحریک، اندام وتری گلژی را حساسیت‌زدایی و باعث تحریک دوک‌های عضلانی شده و اطلاعات حسی را بهبود بخشند (۳۰، ۹). تمرینات هاپینگ با بهبود آوران‌های سوماتوسنسوری، تقویت و بازآموزی و احتمالا مسیر آورانی جدید اطلاعات جسی بهتری را فراهم می‌کند (۳۰، ۲۴). اطلاعات سوماتوسنسوری بهتر به مغز این امکان را می‌دهد تا اطلاعات بیشتری را برای تصحیح برنامه‌های حرکتی که نتیجه آن بهبود در کینماتیک اندام تحتانی می‌توانند باشد، در اختیار داشته باشند. در نهایت این امکان وجود دارد که تمرینات هاپینگ با استفاده از توانبخشی درست و بازآموزی

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-26]
[DOI: 10.18502/ssu.v28i7.4269]

عصبی عضلانی بتواند پردازش مرکزی اطلاعات آورانی و پاسخ‌های وابرانی را افزایش دهد و در نتیجه آن تغییر در کینماتیک مشاهده شود (۹). هم‌چنین تمرینات هاپینگ باعث بهبود در زمان و پیش فعالیت عضلات ساق پا به ویژه عضله نازک نی بلند می‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند که این عضله می‌تواند مسئول اینورژن بیش از حد در لحظه تماس پا با زمین در افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا باشد (۳۱). با افزایش فعالیت این عضله قبل از تماس پا با زمین میزان اینورژن مچ پا در لحظه تماس پا با زمین کاهش می‌یابد. در افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن به علت اختلال در استئوکینماتیک و تغییرات تطابقی بافت نرم کاهش می‌یابد. این کاهش در میزان دورسی‌فلکشن باعث محدود شدن توانایی مچ پا در رسیدن به وضعیت closed packed که یک وضعیت با ثبات در طول فعالیت‌های دویدن در مچ پا است می‌شود و در نهایت خطر آسیب مجدد را افزایش می‌دهد (۳۲). افزایش میزان دورسی‌فلکشن بعد از اجرای تمرینات هاپینگ باعث می‌شود تا فرد به وضعیت ثبات بیشتری در لحظه تماس پا با زمین که نیروهای زیادی به مفصل و بدن وارد می‌شود و مچ پا باید به حد کافی دارای توانایی محافظت در برابر این نیروها را داشته باشد (۳۲). هم‌چنین تحقیقات نشان داده است که افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا دارای فعالیت افزایش یافته در عضلات پهن داخلی و پهن خارجی قبل از تماس پا با زمین هستند (۳۳) که این باعث می‌شود فرد در لحظه تماس پا با زمین دارای فلکشن زانو کمتری باشد (۳۴، ۳۳). این احتمال وجود دارد که با تغییر در کنترل عصبی عضلانی عضله پهن داخلی و خارجی به خصوص فعالیت و زمان شروع پیش فعالیت این عضلات قبل از تماس پا با زمین میزان فلکشن زانو را افزایش داده است. از طرف دیگر این احتمال وجود دارد شش هفته تمرینات هاپینگ با اصلاح پیش فعالیت عضلات همسترینگ و کاهش نسبت همسترینگ به چهارسر باعث ایجاد تعادل فعالیت بین عضلات چهارسر و همسترینگ در افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی شده است و در نتیجه فلکشن زانو را افزایش داده باشد (۳۳). تمرینات اغتشاشی و تمرینات که نیاز به تعادل بر روی یک پا دارند نظیر تمرینات هاپینگ استفاده شده در این تحقیق می‌تواند باعث افزایش فعالیت هم انقباضی فلکسورهای زانو شده و در نهایت فلکشن زانو را افزایش بدهد (۳۵). هم‌چنین فلکشن بیشتر زانو زمانی که با فلکشن ران همراه باشد، عضله همسترینگ را در وضعیت مفید برای انقباض قرار می‌دهد و باعث می‌شود تا این عضله به‌عنوان کمکی برای لیگامنت متقاطع قدامی عمل کند و در نتیجه ریسک ابتلا به آسیب لیگامنت متقاطع را در این افراد کاهش دهد (۳۶). مکانیسم دیگری که می‌توان برای این تغییر به آن اشاره کرد تئوری مازاد redundant می‌باشد. براساس این تئوری افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی دارای کاهش درجه آزادی در تکالیف عملکردی هستند (۳۷). براساس تحقیقات قبلی که از تمرینات هاپینگ استفاده کرده‌اند این نوع تمرینات قابلیت افزایش درجه آزادی را در افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا را دارند (۱۲،۱۰). افزایش حرکات صفحه ساجیتال و کاهش در صفحه هورزینتال و فرونتال مشاهده شده بعد از شش هفته تمرینات هاپینگ می‌تواند به این علت باشد که این افراد پس از تمرینات قادر به آزاد کردن درجه آزادی مثبت در مچ پا و زانو شده باشند و هم‌چنین درجه آزادی که می‌تواند باعث افزایش ریسک آسیب مجدد مچ پا یا حتی در سگمنت‌های فوقانی شود را کاهش دهند. اجرای تمرینات هاپینگ و ادامه آن که فرد برای اجرای آن نیاز دارد تا از طریق پیشرفت در اجرا و تغییر در تکلیف به‌تدریج محدوده ثبات را افزایش دهد (۱۰،۱۲) باعث افزایش درجه آزادی در اندام تحتانی می‌شود و این درجه آزادی بیشتر باعث می‌شود تا گزینه‌های بیشتری برای اجرای حرکت در دسترس باشد. هم‌چنین تحقیقات نشان داده است تمرینات هاپینگ باعث افزایش عملکردی مفصل زانو می‌شود و در نتیجه گیرنده‌های مفصل زانو را تحریک می‌کند و باعث بهبود حس وضعیت در افراد با لیگامنت صلیبی قدامی می‌شود. ورزش پلایومتریک ممکن است منجر به کاهش مهار خودکار اندامک گلژی شود یا منجر به ریلکسیشن عضله، زمانی که سطوح بالای تنشن دارد، شود. کاهش میزان مهار اتوژنیک باعث می‌شود که عضلات بتوانند نیروهای اکسنتریک بیشتری جذب کنند و

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i7.4269]

رفلکس‌های کششی را در طول انقباض کوتاه تند و بعد از آن افزایش دهند. گیرنده‌های مکانیکی در عضلات می‌توانند حساسیت خود را پس از یک پروتکل تمرین پلایومتریک تغییر دهند و این امر منجر به کاهش زمان توقف بین دو فاز کانسنتریک و اکسنتریک می‌شود، در نتیجه بهبود رفلکس هماهنگی و کارایی بیشتر در هنگام حرکت پلایومتریک حاصل می‌شود (۳۸). از مکانیسم‌ها و دلایل احتمالی تاثیر تمرینات تقویتی-تعادلی بر زاویه دورسی‌فلکشن مچ پا می‌توان گفت تمرینات که باعث کاهش محدودیت‌های به وجود آمده از جمله درد برای سیستم حسی حرکتی شده و در نهایت با رها سازی و کشش عضلات سفت و کوتاه شده پشت ساق پا، سبب بهبود دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن افراد می‌شود (۳۹). سازگاری‌های محیطی و مرکزی به وسیله تمرینات تقویتی- تعادلی به وجود آمده است و در نتیجه باعث بهبود دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن و پلانتار فلکشن شده است. سازگاری محیطی ممکن است به این علت باشد که این نوع تمرینات باعث تحریک مکرر و گیرنده‌های حسی حرکتی در دامنه انتهای مچ پا در طول این تمرینات می‌شود (۴۰). هم‌چنین در مورد تمرینات تقویتی-تعادلی تحقیقات نشان داده است که قدرت همسترینگ و نسبت همسترینگ به کوادریسپس را بهبود می‌بخشد (۴۱) و این می‌تواند یکی از دلایل افزایش زاویه فلکشن زانو در تمرینات تقویتی- تعادلی باشد. در رابطه با افزایش بیشتر زاویه فلکشن در تمرینات هاپینگ نسبت به تمرینات تقویتی- تعادلی این نکته حائز اهمیت است که تمرین هاپینگ می‌تواند با تغییرات در داخل سیستم عصبی-عضلانی به فرد اجازه دهد تا کنترل بهتری روی عضله منقبض شونده و سینرژیست‌های خود داشته باشد و به این ترتیب نیروی بیشتری در غیاب تطابق تیپ شناختی عضله مهیا می‌گردد (۴۲) قدرت عضلانی و تعادل دو جز ضروری اجرای هاپینگ هستند (۴۳) تمرین هاپینگ پل ارتباطی بین قدرت و هماهنگی به‌وجود آورده و مستقیماً عملکرد رقابتی را بالا می‌برد (۴۴). نتایج به‌دست آمده در زمینه تاثیر تمرینات هاپینگ بر بهبود قدرت نیز می‌توان به ذات این تمرینات برگردد. زیرا این تمرینات جز تمرینات توانی بوده که قدرت و سرعت در آنها نقش مهمی دارد و از آنجایی که قدرت جزء اساسی این تمرین بود؛ طبیعتا در قدرت عضلات اندام تحتانی این ورزشکاران تاثیر مثبت گذاشته است (۴۵). تمرینات هاپینگ قدرت و تعادل را در ذات خود دارد و می‌تواند نسبت به تمرینات تقویتی- تعادلی به تقویت هر جز از عوامل به صورت مجزا تاکید دارد و اثر بیشتری در زانوی افراد بی‌ثباتی عملکردی مچ پا هنگام دویدن داشته باشد و در بهبودی سریع‌تر ورزشکاران با بی‌ثباتی عملکردی مچ پا موثرتر باشند. هم‌چنین در تمرینات هاپینگ عضلات مجبورند برای جذب شوک بیشتر مورد فعالیت قرار بگیرند و به مقدار بیشتری در هنگام اجرای عملکرد ورزشی تقویت شوند و از طرف دیگر پروتکل تمرینی تقویتی تعادلی نیز باید تقویت عضلات به صورت مجزا مورد توجه قرار دهد و ممکن است در این حرکات نسبت به تمرینات هاپینگ کمتر تقویت عضلانی در هنگام اجرای عملکرد ورزشی صورت گیرد (۴۵). گروه تعادلی بازخوردهای همزمان و فوری بر اساس مشاهدات در کنترل صفحه فرونتال حین اجرای تکالیف تعادلی و ثباتی پویا فراهم می‌کند. این نوع بازخورد اجازه می‌دهد تنظیمات پوسچر و اندام تحتانی به طور همزمان با تکلیفی که بازخورد انتخابی مبتنی بر آن بوده، ساخته شود. متقابلا تمرینات هاپینگ به‌طور ارادی اصلاحات ثانویه اندام تحتانی و پوسچر نسبت به مشاهدات و راهنمایی‌های در حین تمرین تسهیل نمی‌کند. بنابراین اکثریت بازخورد برای تمرینات هاپینگ بعد از اجرای تکلیف داده می‌شود، یعنی هنگامی که برای ورزشکار راحت‌تر است تا واکنش شناختی ایجاد کند. گروه هاپینگ می‌تواند بازخورد را برای تلاش‌های ورزشی بعدی فراهم کند. بنابراین به خاطر تفاوت‌ها در روش‌هایی که بازخورد می‌تواند دو نوع تمرین فراهم کند تمرینات هاپینگ می‌تواند فلکسورهای زانو را بیشتر فعال کند (۴۶). از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به پوشش دویدن اشاره کرد که در این تحقیق با کفش بوده و اختلاف مکانیکی بین حرکات پا برهنه و کفش وجود دارد. در همین راستا پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده آزمون‌ها با پای پرهنه نیز گرفته شود و هم‌چنین پیشنهاد می‌شود اثر بخشی این تمرینات بر متغیرهای دیگر از جمله

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i7.4269]

قدرت عضلانی، حس عمقی مفاصل و متغیرهای کنتیکی مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

بنابراین با توجه به نتایج ارائه شده می‌توان نتیجه گرفت که دوره توانبخشی پیچ‌خوردگی مچ پا در ورزشکاران مربیان و متخصصین امدادگر ورزشی باید از ترکیب تمرینات تقویتی تعادلی و هاپینگ به‌طور یک برنامه جامع استفاده گردد. علاوه بر این تمرینات هاپینگ را می‌توان به‌عنوان جایگزین مناسبی برای تمرینات تقویت تعادلی در مکان‌هایی که تجهیزات کافی وجود ندارد، مورد استفاده قرار داد.

سپاس‌گزاری

از کلیه همکاران و شرکت‌کنندگان در تحقیق حاضر و هیئت پزشکی ورزشی و پایگاه قهرمانی اداره ورزش و جوانان استان یزد به‌دلیل شرکت در تحقیق و معرفی افراد در این طرح پژوهشی کمال تشکر و قدردانی را داریم. لازم به‌ذکر است این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

حامی مالی : ندارد.

تعارض در منافع: وجود ندارد.

References:

1- Rein S, Fabian T, Weindel S, Schneiders W, Zwipp H. ***The Influence of Playing Level on Functional Ankle Stability in Soccer Players***. Archives of Orthopedic and Trauma Surgery 2011; 131: 1043-52.

2-Suda EY, Sacco IC. ***Altered Leg Muscle Activity in Volleyball Players with Functional Ankle Instability During a Sideward Lateral Cutting Movement***. J Physical Therapy in Sport 2011; 12(4): 164-170.

3-Mahdavi Jafari Z, Mahdavinejad R, Zolaktaf V, Sahebozamani M, Mahmudi A. ***Comparison of Balance between Female Basketball Players with and without a History of Ankle Lateral Sprain***. J Sport Medi 2010; 2(1): 103-14. [Persian]

4-Gribble PA, Hertel J, Denegar CR. ***Chronic Ankle Instability and Fatigue Create Proximal Joint Alterations during Performance of the Star Excursion Balance Test***. Int J Sports Med 2007; 28(3): 236-42.

5-Caulfield B, Garrett M. ***Changes in Ground Reaction Force during Jump Landing in Subjects with Functional Instability of the Ankle Joint***. Clin Biomech 2004; 19(6): 617-21.

6-Hiller CE, Nightingale E, Lin C, Coughlan G, Caulfield B, Delahunt E. ***Characteristics of People with Recurrent Ankle Sprains: A Systematic Review with Meta-Analysis***. Br J Sports Med 2011; 45(8): 660-72.

7-Terada M, Bowker S, Thomas AC, Pietrosimone B, Hillere CE, Rice MS, et al. ***Alterations in Stride-To-Stride Variability during Walking in Individuals with Chronic Ankle Instability***. Human Movement Sci 2015; 40: 154-62.

8-Hamacher D, Hollander K, Zech A. ***Effects of Ankle Instability on Running Gait Ankle Angles and its Variability in Young Adults***. Clin Biomech 2016; 33: 73-8.

9-Myer GD, Kushner AM, Faigenbaum AD, Kiefer A, Kashikar-Zuck S, Clark JF. ***Training the Developing***

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i7.4269]

Brain, Part I: Cognitive Developmental Considerations for Training Youth. Current Sports Med Rep 2013; 12(5): 304-10.

10- Mettler A, Chinn L, Saliba SA, McKeon PO, Hertel J. ***Balance Training and Center-Of-Pressure Location in Participants with Chronic Ankle Instability***. J Athletic Training 2015; 50(4): 343-9.

11- Minoonejad H, Karimizadeh Ardakani M, Rajabi R, Wikstrom AE, Sharifnezhad A. ***Hop Stabilization Training Improves Neuromuscular Control in College Basketball Players with Chronic Ankle Instability: A Randomized Controlled Trial***. J Sport Rehabil 2019; 28(6):576-83.

12- McKeon PO, Paolini G, Ingersoll CD, Kerrigan DC, Saliba EN, Bennett, et al. ***Effects of Balance Training on Gait Parameters in Patients with Chronic Ankle Instability***: ***A Randomized Controlled Trial***. Clinical Rehabilitation 2009; 23(7):609-21.

13- Tarang KJ, Clayton NW, Wen L. ***The Effect of Balance Training on Ankle Proprioception in Patients with Functional Ankle Instability***. J Foot and Ankle Res 2014; 7(Suppl 1): A37

14- Zouita AB, Majdoub O, Ferchichi H, Grandy K, Dziri C, Ben Salah FZ. ***The Effect of 8-Weeks Proprioceptive Exercise Program in Postural Sway and Isokinetic Strength of Ankle Sprains of Tunisian Athletes***. J Ann Phys Rehabil Med 2013; 56(9-10): 634-43.

15- Twist C, Gleeson N, Eston R. ***The Effects of Plyometric Exercise on Unilateral Balance Performance***. J Sports Sci 2008; 26(10): 1073-80.

16- Kynsburg A, Halasi T, Tallay A, Berkes I. ***Changes in Joint Position Sense after Conservatively Treated Chronic Lateral Ankle Instability***. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2006; 14(12): 1299-306.

17- Hrženjak M, Trajković N, Krističević T**.** ***Effects of Plyometric Training on Selected Kinematic Parameters in Female Volleyball Players*****.** J Sport Sci 2016; 9(2): 7-12.

18- Huang PY, Chen WL, Lin CF, Lee HJ. ***Lower Extremity Biomechanics in Athletes with Ankle Instability after A 6-Week Integrated Training Program***. J Athletic Training 2014; 49(2): 163-74.

19- Ardakani MK, Wikstrom EA, Minoonejad H, Rajabi R, Sharifnezhad A. ***Hop-Stabilization Training and Landing Biomechanics in Athletes with Chronic Ankle Instability: A Randomized Controlled Trial***. J Athl Train 2019; 54(12): 1296-303.

20- Kordi Ashkezari MH, Sahebozamani M, Daneshjoo A, Abbasi Bafghi H. ***Validity and Reliability of the Persian Version of "Identification of Functional Ankle Instability" Questionnaire in People with Lateral Ankle Sprain***. Physical Treatments 2019; 9(3): 177-82.

21- Carse B, Meadows B, Bowers R, Rowe P. ***Affordable Clinical Gait Analysis: An Assessment of the Marker Tracking Accuracy of a New Low-Cost Optical 3D Motion Analysis System***. Physiotherapy J 2013; 99(4): 347-51.

22- McCurdy K, Walker J, Saxe J, Woods J. ***The Effect of Short-Term Resistance Training on Hip and Knee Kinematics during Vertical Drop Jumps.*** The J Strength & Conditioning Res 2012; 26(5): 1257-64.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i7.4269]

*23-*Wright CJ, Arnold BL, Ross SE. ***Altered Kinematics and Time to Stabilization during Drop-Jump Landings in Individuals with or without Functional Ankle Instability***. J Athletic Training 2016; 51(1): 5-15.

*24-*Hoch MC, Staton GS, McKeon JM, Mattacola CG, McKeon PO. ***Dorsiflexion and Dynamic Postural Control Deficits are Present in Those with Chronic Ankle Instability***. J Sci Med Sport 2012; 15(6): 574-79.

*25-*Hale SA, Fergus A, Axmacher R, Kiser K. ***Bilateral Improvements in Lower Extremity Function after Unilateral Balance Training in Individuals with Chronic Ankle Instability***. J Athletic Training 2014; 49(2): 181-91.

26--Hale SA, Hertel J, Olmsted-Kramer LC. ***The Effect of a 4-Week Comprehensive Rehabilitation Program on Postural Control and Lower Extremity Function in Individuals with Chronic Ankle Instability***. J Orthopaedic & Sports Physical Therapy 2007; 37(6): 303-11.

*27-*Ranjbarzadeh F, Shojaedin SS, Letafatkar A. ***The Effect of 8-Week Comprehensive Combined Training Program on Parameters Elected Lower Extremity Kinematic Variables in the Men Athletes with Chronic Ankle Instability***. J Hum Environ Health Promot. 2018; 4(1): 33-9.

28- Donovana J, Hart JM, Saliba S, Parkc J, Feger MA, Herb CC, et al. ***Effects of Ankle Destabilization Devices and Rehabilitation on Gait Biomechanics in Chronic Ankle Instability Patients: A Randomized Controlled Trial***. Physical Therapy in Sport 2016; 21: 46-56.

29- Coughlan G, Caulfield B. ***A 4-Week Neuromuscular Training Program and Gait Patterns at the Ankle Joint***. J Athl Train 2007; 42(1): 51-9.

30- Davies G, Riemann BL, Manske R. ***Current Concepts of Plyometric Exercise***. International J Sports Physical Therapy 2015; 10(6): 760-86.

31- Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B**. *Changes in Lower Limb Kinematics, Kinetics, and Muscle Activity in Subjects with Functional Instability of the Ankle Joint during a Single Leg Drop Jump***. J Orthop Res 2006; 24(10): 1991-2000.

32- Hoch MC, Farwell KE, Gaven SL, Weinhandl JT. ***Weight-Bearing Dorsiflexion Range of Motion and Landing Biomechanics in Individuals with Chronic Ankle Instability***. J Athl Train 2015; 50(8): 833-39.

33- Walsh M, Boling MC, McGrath M, Blackburn JT, Padua DA. ***Lower Extremity Muscle Activation and Knee Flexion during a Jump-Landing Task***. J Athl Train 2012; 47(4): 406-13.

34- Gribble PA, Robinson RH. ***Alterations in Knee Kinematics and Dynamic Stability Associated with Chronic Ankle Instability***. J Athl Train 2009; 44(4): 350-55.

35- Padua DA, DiStefano LJ. ***Sagittal Plane Knee Biomechanics and Vertical Ground Reaction Forces are Modified Following ACL Injury Prevention Programs: A Systematic Review***. Sports Health 2009; 1(2): 165-73.

36- Lopes TJA, Simic M, Myer GD, Ford KR, Hewett TE, Pappas E. ***The Effects of Injury Prevention Programs on the Biomechanics of Landing Tasks: A***

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i7.4269]

Systematic Review with Meta-Analysis. The Am J Sports Med 2018; 46(6): 1492-99.

37- Chinn L, Dicharry JM, Hertel J. ***Ankle Kinematics of Individuals with Chronic Ankle Instability while Walking and Jogging on a Treadmill in Shoes***. Phys Ther Sport 2013; 14(4): 232-9.

38- Swanik KA, Thomas SJ, Struminger AH, Huxel BKC, Kelly JD, Swanik CB. ***The Effect of Shoulder Plyometric Training on Amortization Time and Upper Extremity Kinematics***. J Sport Rehabil 2016; 25(4): 315-23.

39- Rantalainen T, Hoffren M, Linnamo V, Heinonen A, Komi P, Avela J, et al. ***Three-Month Bilateral Hopping Intervention is Ineffective in Initiating Bone Biomarker Response in Healthy Elderly Men***. European J Applied Physiology 2011; 111(9): 2155-62.

40- Behm DG, Leonard AM, Young WB, Bonsey WAC, MacKinnon SN. ***Trunk Muscle Electromyography Activity with Unstable and Unilateral Exercises***. J Strength and Conditioning Res 2005; 19(1): 193-201.

41- Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. ***The Effects of Plyometric vs. Dynamic Stabilization and Balance Training on Power, Balance, and Landing Force in Female Athletes***. J Strength and Conditioning Res 2006; 20(2): 345-53.

42- Hall EA, Docherty CL, Simon J, Kingma JJ, Klossener JC. ***Strength-Training Protocols to Improve Deficits in Participants with Chronic Ankle Instability: A Randomized Controlled Trial.*** J Athl Train 2015; 50(1): 36-44.

43- Holm I, Tveter AT, Fredriksen PM, Vollestad N. ***A Normative Sample of Gait and Hopping in One Leg Parameters in Children 7–12 Years of Age***. Gait & Posture 2009; 29(2): 317-21.

44- Huang P, Lin C. ***Effects of Balance Training Combined with Plyometric Exercise in Postural Control: Application in Individuals with Functional Ankle Instability***. In 6th World Congress of Biomechanics WCB 2010; 2010: 232-35.

45- Samakosh HM, Shojaedin SS, Hadadnezhad M. ***Comparison of Effect of Hopping and Combined Balance–Strength Training on Balance and Lower Extremity Selected Muscles Strength of Soccer Men with Chronic Ankle Instability***. J Gorgan Univ Med Sci 2019; 21(3): 69-78. [Persian]

46- Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ**.** ***Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes***. J Athl Train 2004; 39: 24-31.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i7.4269]

Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences
Vol 28| NO 7 | Oct 2020

Received: 2 May 2020
Accepted: 1 Aug 2020

Comparison of the Effect of 6 Weeks of Balancing and Hopping Strengthening Training on the Kinematics of the Lower Extremities of Athletes with Functional Ankle Instability while Running: A Randomized Controlled Trial

Mohammad Hasan Kordi Ashkezari[1], Mansur Sahebozamani[*2], Abdolhamid Daneshjoo[3], Hamid Abbasi Bafghi[4]

Original Article

Introduction: Ankle sprains are one of the most common sports injuries. This injury can affect the kinematics of the athlete's lower extremities. Therefore, the aim of this study was to compare the effect of 6 weeks of balancing and hopping strengthening training on the kinematics of the lower extremities of athletes with functional ankle instability while running.

Methods: The present study was a randomized clinical trial on 36 athletes with functional ankle instability who were randomly divided into three groups: hopping training, balance strengthening and control. The training lasted for six weeks and 3 sessions per week. Kinematic data were recorded by 3D OptiTrack camera while running at 10 km/h before and after training. SPSS software version 20 and ANCOVA test were used to compare the effect of exercises.

Results: The results showed that there was a significant difference among the 3 groups in dorsiflexion (P = 0.009), inversion (P = 0.001) and knee flexion (P = 0.001). The results of Benferoni test also showed that hopping training in dorsiflexion, ankle inversion and knee flexion were significantly different from the control group (P = 0.009, P = 0.001, P = 0.001). The results also showed that balance strengthening training in the above movements were significantly different from the control group (P = 0.005, P = 0.002, P = 0.006) and in knee flexion, hoping training showed a significant difference compared to balance strengthening training (P =0.012). The results showed that both hopping and balance strengthening training improved the dorsiflexion, inversion and knee flexion angles in the initial contact in running. However, hopping exercises is better than balance strengthening in improving knee flexion angles.

Conclusion: Therefore, according to the presented results, it can be concluded that the rehabilitation course of ankle sprains in athletes, coaches and sports rescue specialists should use a combination of balance strengthening training and hopping as a comprehensive program. In addition, hopping training can be used as a good alternative to balance training in places where there is not enough equipment.

Keywords: Hopping training, Balance training, kinematics, Ankle.

Citation: Kordi Ashkezari M.H, Sahebozamani M, Daneshjoo A, Abbasi Bafghi H. **Comparison of the effect of 6 weeks of balancing and hopping strengthening training on the kinematics of the lower extremities of athletes with functional ankle instability while running: A Randomized Controlled Trial.** J Shahid Sadoughi Uni Med Sci 2020; 28(7): 2854-66.

[1-3]Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman.Iran
[4]Departmentof Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Yazd University, Yazd, Iran
***Corresponding author: Tel:** 09133970521**, email:** sahebozamani@uk.ac.ir

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i7.4269]