

مقایسه اثر ۶ هفته تمرینات تقویتی تعادلی و هاپینگ بر کینماتیک اندام تحتانی ورزشکاران مبتلا به بی ثباتی عملکردی مج پا در حین دویدن: کار آزمایی بالینی تصادفی

محمدحسن کردی اشکذری^۱، منصور صاحب‌الزمانی^{۲*}، عبدالحمید دانشجو^۳، حمید عباسی بافقی^۴

مقاله پژوهشی

مقدمه: پیچ خورده‌گی مج پا 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 بی ثباتی عملکردی مج پا در حین دویدن می‌باشد.

روش برسی: تحقیق حاضر از نوع کار آزمایی بالینی تصادفی می‌باشد که تعداد ۳۶ ورزشکار مبتلا به بی ثباتی عملکردی مج پا به صورت تصادفی در ۳ گروه تمرینات هاپینگ، تقویتی تعادلی و کنترل قرار گرفتند. تمرینات به مدت شش هفته و هفت‌های ۳ جلسه بود. اطلاعات کینماتیکی در حین دویدن با سرعت 10 km/h با استفاده از دوربین سه بعدی اوپتی‌ترک قبیل و بعد از تمرینات ثبت شد. جهت مقایسه اثر تمرینات از نرم‌افزار 20 SPSS version از آزمون آنکوا استفاده گردید.

نتایج: نتایج آزمون نشان داد که بین ۳ گروه در دورسی‌فلکشن مج پا ($P=0.001$)، اینورزن مج پا ($P=0.009$) و فلکشن زانو ($P=0.001$) تفاوت معنادار وجود دارد. نتایج آزمون بنفرونی نیز نشان داد که تمرینات هاپینگ در دورسی‌فلکشن مج پا، اینورزن مج پا و فلکشن زانو نسبت به گروه کنترل تفاوت معنادار دارد ($P=0.001$ ، $P=0.009$). هم‌چنین نتایج نشان داد تمرینات تقویتی تعادلی در حرکات فوق نسبت به گروه کنترل تفاوت معنادار دارد ($P=0.002$ ، $P=0.005$) و در فلکشن زانو تمرینات هاپینگ نسبت به تمرینات تقویتی تعادلی تفاوت معناداری نشان داد ($P=0.012$). نتایج نشان داد هر دو تمرین هاپینگ و تقویتی تعادلی باعث بهبود زاویه‌های دورسی‌فلکشن، اینورزن و فلکشن زانو در تماس اولیه پا در دویدن در ورزشکاران گردیده است. اما تمرینات هاپینگ در بهبود زاویه فلکشن زانو در ورزشکاران مبتلا به بی ثباتی عملکردی مج پا بهتر عمل می‌کنند.

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

واژه‌های کلیدی: تمرینات هاپینگ، تمرینات تعادلی، کینماتیک، مج پا

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 بی ثباتی عملکردی مج پا در حین دویدن: کار آزمایی 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 بدنسport 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.

مقدمه

مزمن مج 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/پلاتار فلکشن مج پا در حین دویدن افراد سالم و بی‌ثباتی مزمن مج پا ندارند ولی تنوع حرکتی اینورژن / اورژن در افراد بی‌ثباتی مزمن مج پا بیشتر می‌باشد. (۸). برای درمان بی‌ثباتی مزمن مج 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 مج پا بکار می‌رود این تمرینات در بهبود کنترل پاسچر و بازخورد کنترل عصبی-عضلانی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مج پا موثر می‌باشد (۹،۱۰). تمرینات تعادلی بهدلیل ایجاد بهبود در قدرت عضلات، تعادل و حس عمقی می‌تواند باعث تغییر کینماتیک اندام تحتانی می‌گردد. تمرینات تعادلی برای توانبخشی مج پا مورد استفاده قرار گرفته است که باعث کاهش اینورشن مج گردیده است. تمرینات تعادلی باعث بهبودی توانایی حفظ وضعیت از طریق کنترل حرکتی آگاهانه و غیرآگاهانه می‌گردد (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 Tarang و همکاران Tarang et al (۲۰۱۴) تمرینات تعادلی به مدت چهار هفته روی مبتلایان به بی‌ثباتی عملکردی مج پا انجام گرفت و نتایج پس از اتمام دوره تمرینی حاکی از اثربخشی تمرینات در کاهش بی‌ثباتی مج پا و بهبود حس عمقی مفصل می‌باشد (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 مج پای ناپایدار شود (۱۴). با توجه به تأثیرات مثبت تمرین درمانی و بازتوانی در افراد مبتلا

آسیب مفصل مج 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 مج می‌شود و پرش‌های ایجاد می‌گردد. اسپرین رباطهای مج پا از شایع‌ترین آسیب‌های ورزشی است (۱). از بین آسیب‌های، پیچ‌خوردگی جانبی مج پا از شایع‌ترین انواع آن می‌باشد. آسیب پیچ‌خوردگی جانبی مفصل مج پا اغلب در حرکات رو به جلو و پرش یا مانورهای پرشی اتفاق می‌افتد. این حرکات در بسیاری از فعالیت‌های ورزشی مثل فوتbal، والیبال، بسکتبال و هندبال شایع است (۲). تعدادی از پیچ‌خوردگی‌های جانبی با رویکرد درمانی حفاظتی بهبود می‌یابند، در حالی که تعدادی دیگر درد ماندگار، ضعف، اسپرین مجدد و دیگر علائم بی‌ثباتی را بدنبال دارند (۳). این بی‌ثباتی عملکردی مج پا می‌تواند بی‌ثباتی عملکردی باشد که بی‌ثباتی عملکردی مج پا با علائمی همچون خالی کردن مج پا، ضعف، درد و نقص در عملکرد توصیف می‌شود بدون اینکه مفصل از لحاظ آناتومی دچار مشکل گردد. همچنین بی‌ثباتی عملکردی مج 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 مج پا می‌تواند کمک کند که این افراد پیچ‌خوردگی مکرر داشته باشند و به بی‌ثباتی مزمن مج پا مبتلا شوند (۶). در همین راستا به تازگی محققان به مقایسه کینماتیک مفصل مج پا افراد بی‌ثباتی مج پا با افراد سالم در حین راه رفتن، دویدن پرداختند به عنوان مثال ترادا و همکاران Terada et al (۲۰۱۵) در سال ۲۰۱۵ به بررسی تغییرات در تنوع گام به گام حین راه رفتن در افراد بی‌ثباتی مزمن مج پا پرداختند و نشان دادند افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مج پا تغییرات گام به گام کمتری نسبت به گروه سالم در صفحه فرونلتال دارند و گزارش کردن سنسوری موتور افراد بی‌ثباتی

مختلفی را بر کینماتیک این افراد اجرا نموده‌اند. اما یک پروتکل معین با کارایی بالا مشخص نکرده‌اند. لذا محققان حوزه توانبخشی همیشه به‌دبیال 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 به مقایسه اثر تمرینات هاپینگ و تقویتی تعادلی بر کینماتیک اندام تحتانی ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مج‌پا 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 مج‌پا 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 مج‌پا در ۱۲ ماه گذشته تجربه کرده‌اند را با استفاده از پرسشنامه فارسی تشخیص بی‌ثباتی عملکردی مج‌پا (IdFAI-P) که روایی و پایابی برای فارسی زبانان عالی گزارش شده است (۲۰) (امتیاز بالای ۱۱ بی‌ثباتی عملکردی مج‌پا) به عنوان بی‌ثباتی عملکردی مج‌پا تشخیص داده شده و در نهایت با توجه به معیارهای ورود و خروج، سه گروه تقویتی تعادلی (۱۲ نفر)، هاپنگ (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) 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 مج‌پا در سه ماه گذشته، درد در اندام تحتانی به هر دلیلی غیر از پیچ‌خوردگی و تاریخچه‌ای از جراحی در اندام تحتانی یا مج‌پا 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 به مدت ۵ دقیقه را زیر نظر آزمونگر

به‌بی‌ثباتی مزمن مج‌پا و تأثیر مثبت اجرای تمرینات در مطالعات گذشته می‌توان اذعان داشت برنامه توانبخشی برای افراد مبتلا به بی‌ثباتی مج‌پا بسیار حائز اهمیت است. برنامه‌های توانبخشی برای پیچ‌خوردگی و بی‌ثباتی مج‌پا شامل: تمرینات قدرتی، تمرینات تعادلی، تمرینات عصبی- عضلانی و تمرینات تقویت حس عمقی می‌باشد (۱۵، ۱۶). اگرچه روش‌های تمرینی مختلفی برای بهبود اجرای پرش عمودی استفاده شده است بیشتر مریان 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 به تمرینات 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 بی‌ثباتی هاپینگ باعث بهبود بازخورد کنترل عصبی- عضلانی گردیده‌اند. با توجه به اینکه پیچ‌خوردگی خارجی مج‌پا و پیچ‌خوردگی مزمن مج‌پا یک آسیب موضعی نیست درمان باید به صورت 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 به صورت کلینیکی 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 می‌گرددند (۱۹). از آنجایی که مطالعات گذشته نشان داده‌اند که افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مج‌پا دچار تغییرات کینماتیک اندام تحتانی می‌گرددند و همچنین مطالعات اثر تمرینات

زمین/دیسک) به صورت فزاینده هر دو هفته افزایش داده می شد. در تمرینات قدرتی که با وزنه انجام می شد مقدار وزنه با استفاده از (10RM,12RM,15RM) انجام شد (۲۴). همچنان استراحت بین ستها ۳۰ ثانیه و استراحت پایان سنت دو دقیقه بود (۲۲). همچنان 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 به شکل چهار لاتین، هاپینگ با حرکت به سمت جلو، هاپینگ به شکل هشت لاتین بود که به صورت سه جلسه در هفته و برای شش هفته انجام شد (۱۹). لازم به ذکر می باشد که در سه هفته اول تمرینات به صورت هاپینگ و ثبات پذیری (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 داده های آماری از نرم افزار SPSS version 16 همگنی واریانس ها و پیش فرض های و نرمال بودن به وسیله آزمون های لیون و شاپیرو ویلک مورد تایید قرار گرفت. همچنان برای مقایسه اثر تمرینات از آزمون آنکوا با سطح معناداری ۰/۰۵ و آزمون تغفیی بنفرونی و اندازه اثر (partial Eta) استفاده گردید.

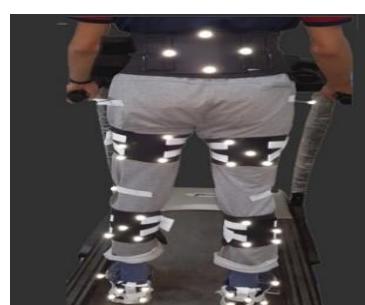
ملاحظات اخلاقی

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



شکل ۲: دوربین سه بعدی Optitrack

به طوری که برای تمام افراد تست شونده یکسان باشد، اجرا کردند. مارکر گذاری در نواحی کمر، ران، زانو، ساق، مج پا، و پاشته به صورت خوشای cluster روی بدن ورزشکاران قرار داده شد (شکل ۱). پس از مارکر گذاری، تعداد ۳ مارکر عمود هم به عنوان 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 به صورت آناتومیکی قرار بگیرد تا داده برداری استاتیک صورت پذیرد. سپس با روش کردن تردمیل و افزایش سرعت تا ۱۰ km/h 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 (شکل ۲) که کارس Carse و همکاران روایی و پایابی بالایی برای این روش گزارش کردند (۲۱) و سپس با برنامه متلب جهت ساخت مدل دینامیکی و تحلیل داده ها استفاده شد. در این روش سیکل گیت را مشخص گردید و اولین لحظه را به عنوان تماس اولیه پا با زمین در نظر گرفته شد. پروتکل های تمرینی سه جلسه در هفته و برای شش هفته انجام شد و آزمودنی ها در ابتدای هر جلسه تمرینی ۱۰ دقیقه را به گرم کردن اختصاص می دادند. تمرینات گروه تقویتی تعادلی که برگرفته از سایر مطالعات انجام شده در این حوزه می باشد که می توان از آن ها به عنوان تمرینات اثبات شده و کاملاً موثر استفاده نمود (۲۳,۲۲,۱۸). در تمرینات تعادلی دستها بر روی کمریند لگنی و چشم ها باز بود و شدت این تمرینات از نظر سطح اتکا (تک پا / دوپا - بوسوبال /



شکل ۱: شیوه مارکر گذاری روی اندام تحتانی ورزشکار

دویدن شده است (جدول ۳). 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 مج‌پا بهتر عمل می‌کنند.

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

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

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

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

متغیر	گروه	پیش آزمون (میانگین)	پس آزمون (میانگین)	مقدار P	اندازه اثر
دورسی‌فلکشن مج‌پا	هاپینگ	۴/۶۹±۰/۵۵	۳/۴۴±۰/۵۸	۰/۰۰۹*	۰/۲۵۶
	کنترل	۳/۸۵±۰/۴۳	۴±۰/۴۸		
اینورژن مج‌پا	هاپینگ	۴/۲۶±۰/۵۳	۵/۱۴±۰/۶۳	۰/۰۰۱*	۰/۴۵۰
	کنترل	۵/۶۹±۰/۶۷	۵/۵۵±۰/۶۹		
تفویتی تعادلی	هاپینگ	۱۳/۰۱±۰/۹۶	۱۰/۸۸±۰/۸۵	۰/۰۰۱*	۰/۵۷۸
فلکشن زانو	هاپینگ	۱۶/۰۷±۰/۷۲	۱۲/۵۱±۰/۶۹	۰/۰۰۰۱*	
	کنترل	۱۲/۳۵±۰/۸۳	۱۲/۰۱±۰/۹۷		

* مقدار $P < 0.05$ و تفاوت معناداری وجود دارد.

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

متغیر	مقایسه دو به دوی گروه‌ها	مقدار P
دورسی‌فلکشن مج‌پا	تفویتی تعادلی	۰/۸۲۶
	هاپینگ	۰/۰۰۵*
	کنترل	۰/۰۰۹*
اینورژن مج‌پا	تفویتی تعادلی	۰/۱۱۵
	هاپینگ	۰/۰۰۲*
	کنترل	۰/۰۰۱*
فلکشن زانو	تفویتی تعادلی	۰/۰۱۲*
	هاپینگ	۰/۰۰۶*
	کنترل	۰/۰۰۱*

* مقدار $P < 0.05$ و تفاوت معناداری وجود دارد.

بحث

و حتی خود تحقیق هم اشاره داشته است که دویند 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 مج پا را مورد بررسی قرار دادند که شامل افراد بی‌ثباتی مکانیکی مج پا بودند و تحقیق حاضر بر روی افراد بی‌ثباتی عملکردی مج 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 حالی که کنترل پیامدهای مورد نظر به دستورات حرکتی بستگی دارد. افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مج پا در پیش‌بینی 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 به صورت داینامیک 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 داینامیک بازآموزی شوند (۵). تمرینات هاپینگ با چرخه کشش و کوتاه شدن تمرینات زنجیره بسته‌ای می‌باشند که می‌توانند مکررا گیرنده‌های مفصلی را تحریک، اندام و تری گلزاری را حساسیت‌زدایی و باعث تحریک دوک‌های عضلانی شده و اطلاعات حسی را بهبود بخشنند (۳۰، ۹). تمرینات هاپینگ با بهبود آوران‌های سوماتوسنسوری، تقویت و بازآموزی و احتمالاً 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

نتایج تحقیق نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های تمرینی و گروه کنترل وجود دارد به طوری که تمرینات تقویتی-تعادلی و هاپینگ باعث افزایش زاویه دورسی‌فلکشن مج پا و فلکشن زانو و هم‌چنین کاهش زاویه اینورژن مج پا نسبت به گروه 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)، هانگ و همکاران (۲۰۱۴) (۱۸)، کریمی‌زاده و همکاران (۲۰۱۹) (۱۹)، دونوان و همکاران (۲۰۱۶) *Donovana et al* همکاران (۲۰۰۷) (۲۹)، *Coughlan et al* همکاران (۲۰۰۹) (۱۲) غیرهمسو بودند. از دلایل احتمالی غیرهمسو بودن با تحقیق کاقلن می‌توان به سطح گستردگی در تحقیق 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 مج پا داشته باشند و به محرك‌های 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 مک‌کئون و همکاران (۲۰۰۹) می‌توان به مدت زمان کم تمرینات تعادلی بوده است که مک‌کئون و همکاران به آن اشاره داشتند که ممکن است مدت زمان بیشتر تغییرات بیشتری را در کینماتیک نشان دهد (۲). دلیل دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد بیومکانیک راه رفتن و جاگینگ را اندازه‌گیری کردن

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 به عنوان 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 بی‌ثبتای 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 بی‌ثبتای عملکردی مج پا را دارند (۱۰، ۱۲). 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 مج پا و زانو شده باشند و همچنین درجه آزادی که می‌تواند باعث افزایش ریسک آسیب مجدد مج 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 به تدریج 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 صلبی قدامی می‌شود. ورزش پلیومتریک ممکن است منجر به کاهش مهار خودکار اندامک گلزی شود یا منجر به ریلکسیشن عضله، زمانی که سطوح بالای تنفس دارد، شود. کاهش میزان مهار انژنیک باعث می‌شود که عضلات بتوانند نیروهای اکسنتریک بیشتری جذب کنند و

عصبي عضلانی بتواند پردازش مرکزی اطلاعات آورانی و پاسخ‌های واپرایی 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 بی‌ثبتای عملکردی مج پا باشد (۳۱). با افزایش فعالیت این عضله قبل از تماس پا با زمین میزان اینورژن مج پا در لحظه تماس پا با زمین کاهش می‌یابد. در افراد دارای بی‌ثبتای عملکردی مج پا دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن به علت اختلال در استئوکینماتیک و تغییرات تطبیقی بافت نرم کاهش می‌یابد. این کاهش در میزان دورسی‌فلکشن باعث محدود شدن توانایی مج پا در رسیدن به وضعیت closed packed که یک وضعیت با ثبات در طول فعالیت‌های دویدن در مج 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 مج پا باید به حد کافی دارای توانایی محافظت در برابر این نیروها را داشته باشد (۳۲). همچنین تحقیقات نشان داده است که افراد دارای بی‌ثبتای عملکردی مج پا دارای فعالیت افزایش یافته در عضلات پهنه داخلی و پهنه 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 پهنه 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 بی‌ثبتای عملکردی شده است و در نتیجه فلکشن زانو را افزایش داده باشد (۳۳). تمرینات اغتشاشی و تمرینات که نیاز

قدرت و سرعت در آنها نقش مهمی دارد و از آنجایی که قدرت جزء اساسی این تمرین بود، طبیعتاً 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 مج پا هنگام دویدن داشته باشد و در بهبودی سریع‌تر ورزشکاران با بی‌ثباتی عملکردی مج 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 می‌شوند بر آن بوده، ساخته شود. مقابلاً تمرینات هاپینگ به طور 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 برنه 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

رفلکس‌های کشنشی را در طول انقباض کوتاه‌تند و بعد از آن افزایش دهنده. 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 مج 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 مج پا در طول این تمرینات می‌شود (۴۰). همچنین در مورد تمرینات تقویتی-تعادلی تحقیقات نشان داده است که قدرت هم‌سترنینگ و نسبت هم‌سترنینگ 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 سینئرژیست‌های 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 به وجود آورده و مستقیماً عملکرد رقابتی را بالا می‌برد (۴۴). نتایج به دست آمده در زمینه تاثیر تمرینات هاپینگ بر بهبود قدرت نیز می‌توان به ذات این تمرینات برگردد. زیرا این تمرینات جز تمرینات توانی بوده که

سپاس‌گزاری

از کلیه همکاران و شرکت‌کنندگان در تحقیق حاضر و هیئت پژوهشی 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.

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 مج 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.

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*

- 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 Ardkani 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.

- 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**

- 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.

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 Ashkezari¹, Mansur Sahebozamani^{*2},
Abdolhamid Daneshjoo³, Hamid Abbasi Bafghi⁴

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.

¹⁻³Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman.Iran

⁴Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Yazd University, Yazd, Iran

*Corresponding author: Tel: 09133970521, email: sahebozamani@uk.ac.ir