اثر شش هفته تمرینات هاپینگ بر روی حس وضعیت مفصل ورزشکاران دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا

محمد کریمی‌زاده اردکانی*، محمد حسین علیزاده[1]، اسماعیل ابراهیمی تکامجانی[2]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر شش هفته تمرینات هاپینگ بر روی حس وضعیت مفصل ورزشکاران جوان دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بود.

مواد و روش‌ها: ۳۰ جوان پسر ورزشکار دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا با میانگین و انحراف استاندارد وزن ۱۱/۵۰ ± ۷۳/۹۶ کیلوگرم، قد ۸/۲۴ ± ۱۸۰/۹۵ سانتی‌متر، سن ۱/۴۶ ± ۲۲/۱۶ سال و نمره بی‌ثباتی ۲/۳۱ ± ۲۰ به صورت تصادفی به دو گروه ۱۵ نفری شامل گروه تجربی و گروه شاهد تقسیم شدند. قبل و بعد از اجرای شش هفته برنامه تمرینی، حس وضعیت مفصل مچ پای آزمودنی‌ها از طریق بازسازی زاویه مفصل به صورت فعال اندازه‌گیری گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آمار توصیفی، Independent t و Paired t در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد ($\alpha \leq ۰/۰۵$) استفاده شد.

یافته‌ها: تمرینات هاپینگ موجب کاهش معنی‌دار میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل مچ پا در حرکت اینورشن و پلانتار فلکشن بعد از شش هفته تمرینات هاپینگ شد. همچنین کاهش بیشتری در خطای مطلق بازسازی زاویه اینورشن نسبت به پلانتار فلکشن مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج تحقیق توصیه می‌شود به دلیل نیاز ویژه افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا به حس وضعیت مفصل در مهارت‌های ورزشی و همچنین به عنوان یک عامل مهم توان‌بخشی در طراحی برنامه‌های تمرینی و بازتوانی از مزایای برنامه تمرین هاپینگ استفاده شود.

کلید واژه‌ها: تمرینات هاپینگ، حس وضعیت مفصل، بی‌ثباتی عملکردی مچ پا، جوان ورزشکار

ارجاع: کریمی‌زاده اردکانی محمد، علیزاده محمد حسین، ابراهیمی تکامجانی اسماعیل. **اثر شش هفته تمرینات هاپینگ بر روی حس وضعیت مفصل ورزشکاران دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۲؛ ۹ (۳): ۵۵۲-۵۴۰.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۱۳

این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد.

* کارشناس ارشد، گروه طب ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسؤول)

Email: m.karimizadeh@ut.ac.ir

۱- دانشیار، گروه طب ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- استاد، گروه فیزیوتراپی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

مقدمه

اسپرین مچ پا (Ankle sprain) یکی از آسیب‌های رایج در بین ورزشکاران و افرادی است که از لحاظ جسمی فعال هستند (۳-۱). در بین آسیب‌های مچ پا، اسپرین مچ پا ۸۵-۷۵ درصد آسیب‌ها را به خود اختصاص می‌دهد (۳، ۲). هنگامی که اولین اسپرین مچ پا رخ می‌دهد، فرد برای آسیب مجدد مستعد می‌باشد، بنابراین بی‌ثباتی عملکردی مچ پا به طور بالقوه در حال توسعه است. افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بعد از اسپرین اولیه دارای احساس ذهنی لقی و بی‌ثباتی ادامه‌دار در مچ پا هستند که در نهایت منجر به اسپرین مجدد مچ پا می‌شود (۳، ۲). به تازگی محققان نشان داده‌اند که بی‌ثباتی عملکردی مچ پا با نقص در کنترل عصبی- عضلانی، حس عمقی و کنترل قامت همراه است (۴). کنترل عصبی- عضلانی به فعالیت‌های غیر ارادی در برابر محدودیت‌های پویا و در پاسخ به حرکت مفصل و تحمل وزن با هدف حفظ و بازیابی ثبات عملکردی مفصل اشاره دارد (۵، ۴).

حس عمقی در نتیجه ورودی‌های عصبی که از مکانورسپتورها در کپسول مفصلی، لیگامنت‌ها، عضلات همان ناحیه و پوست به سمت سیستم عصبی مرکزی کشیده شده است، ایجاد می‌شود (۴). حس عمقی به دو بخش مجزای حس حرکت و حس وضعیت مفصل تقسیم می‌شود. حس حرکت به آستانه تشخیص حرکات غیر فعال گفته می‌شود؛ در حالی که حس وضعیت مفصل به مفهوم ارزیابی بازسازی حرکات فعال و غیر فعال مفصل می‌باشد (۴). در افراد با بی‌ثباتی عملکردی مچ پا، حس وضعیت مفصل یک نگرانی اصلی است و نیاز به توجه بیشتری دارد (۴، ۱). حس وضعیت مفصل به توانایی بدن در تعیین موقعیت ثبات در فضا گفته می‌شود (۴، ۱). اگر نقصی در حس وضعیت مفصل وجود داشته باشد، پتانسیل مچ پا برای آسیب بیشتر شده و در نهایت منجر به بی‌ثباتی عملکردی می‌گردد. بنابراین نیاز به افزایش حس وضعیت مفصل در این افراد آشکار می‌باشد و تصور بر این است که ورزش درمانی باعث بهبود آن می‌شود (۴، ۲). اساس توان‌بخشی در بی‌ثباتی عملکردی مچ پا، کاهش نقص‌های به وجود آورنده بی‌ثباتی عملکردی است. استفاده از برنامه بازتوانی مؤثر برای افراد دچار بی‌ثباتی عملکردی مچ پا یک امر مهم به شمار می‌رود. برنامه‌های توان‌بخشی مرسوم به کار گرفته شده برای درمان این آسیب شامل تمرینات قدرتی، تعادلی، عصبی- عضلانی و حس عمقی می‌باشد (۹-۶).

هسته اصلی تمرینات مچ پا در طول دهه گذشته در جهت توسعه برنامه‌های تمرینی با هدف پیشگیری و عود پیچ‌خوردگی مچ پا بوده است. محققان قبلی بیشتر بر بازتوانی فعالیت‌هایی که جایگزین تکالیف عملکردی نمی‌شوند مانند فعالیت‌های زنجیره باز، فعالیت‌های ایستا و زمان عکس‌العمل تأکید کرده‌اند. این تمرکز، مقایسه نتایج نسبت به فعالیت‌های تحمل وزن که در طی اکثر پیچ‌خوردگی‌های مچ پا رخ می‌دهد را دشوار می‌کند. بیشتر پیچ‌خوردگی‌های مچ پا در طول راه رفتن، دویدن، فعالیت‌های برشی جانبی، حرکات از یک طرف به طرف دیگر و هنگام فرود از پرش رخ می‌دهد (۱۰). از این رو ضروری است تا بازتوانی ورزشکاران آسیب دیده از ناحیه مچ پا با برنامه‌های مشابه حرکتی صورت پذیرد.

یکی از شیوه‌های متداول در بازتوانی آسیب مچ پا، تمرینات پلایومتریک است و تمرکز بر آن باعث بازیابی کنترل عصبی- عضلانی می‌شود که از آن جمله می‌توان به تمرینات هاپینگ اشاره کرد که به تازگی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. تمرینات هاپینگ شکل اصلاح شده و به نسبت تعدیل یافته تمرینات پلایومتریک است و نوعی تمرینات با چرخه کشش- کوتاه شدن هستند (۱۱) که در اندازه‌گیری کیفیت سطح اجرای ورزشکار به وسیله تحریک عضلات و فشار وارد شده به مفصل در طول رویدادهای ورزشی کاربرد دارند (۱۲).

هاپینگ‌ها یک روش تمرینی دینامیک برای اندام تحتانی هستند و دارای ماهیتی چندگانه از قدرت عضلانی، هماهنگی عصبی- عضلانی، ثبات مفصل، تعادل و حس عمقی مفصل است و به صورت کلینیکی در مراحل پایانی دوره بازتوانی به کار برده می‌شود و به عنوان ملاک ارزیابی برای برگشت افراد به فعالیت نیز می‌باشد. حرکات هاپینگ شامل انقباض اکسنتریک و کانسنتریک متعاقب آن هستند. تمرینات هاپینگ با یک کشش اولیه انفجاری عضله می‌تواند کارایی عصبی را

www.mui.ac.ir

بهبود بخشد و در نتیجه اجرای عصبی- عضلانی را افزایش دهد. 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 تیپ‌شناختی عضله مهیا می‌گردد (۱۱). قدرت عضلانی و تعادل دو جز ضروری اجرای هاپینگ است (۱۳). محققان بر این باور هستند که تمرین هاپینگ، پلی ارتباطی بین قدرت و هماهنگی به وجود می‌آورد و به طور مستقیم عملکرد رقابتی را بالا می‌برد. یکی از دلایل ایجاد نقص در حفظ تعادل افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا، کاهش قدرت عضلات مچ پا و همچنین ضعف در تشخیص حس وضعیت مچ پا می‌باشد (۱۴).

نقش تمرینات هاپینگ در بهبود اجرای ورزشکاران نیز از سوی برخی از محققان مورد توجه قرار گرفته است (۱۴) و یافته‌های آنان حاکی از بهبود حس وضعیت مفصل می‌باشد. به عنوان مثال، Anguish به بررسی تأثیر چهار هفته تمرینات تصادفی تعادلی پویا بر روی افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا پرداخت. در این تحقیق افراد برنامه تمرین تعادلی که شامل هاپینگ با یک پا برای ثبات‌پذیری (Hop to stabilization)، هاپینگ برای ثبات‌پذیری و دستیابی (Hop to stabilization and reach)، هاپینگ پیش‌بینی نشده برای ثبات‌پذیری (Unanticipated hop to stabilization) و ایستادن با یک پا بود را انجام دادند. نتایج نشان داد که این برنامه تمرینی باعث کاهش خطای حس وضعیت مفصل در حرکات اینورشن، اورشن، پلانتار فلکشن و دورسی فلکشن می‌شود که نتایج در دو جهت اینورشن و پلانتار فلکشن بهبود بیشتری نسبت به سایر حرکات داشت (۱۵). همچنین در مقابل Bernier و Perrin به بررسی تأثیر شش هفته مداخله تمرینات هماهنگی بر روی حس وضعیت مفصل و کنترل قامت در افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا پرداختند. برنامه تمرینی استفاده شده در این تحقیق شامل یک سری توالی هاپینگ با الگوی هاپینگ به سمت جلو، هاپینگ به چپ، هاپینگ به سمت راست، هاپینگ به صورت مورب به سمت چپ و راست بود و فرد در هنگام اجرای این توالی باید بین هر هاپینگ تعادل خود را به مدت ۵ ثانیه حفظ می‌کرد. نتایج نشان داد که اگرچه این برنامه تمرینی باعث بهبود بعضی از جوانب نوسان وضعیتی (Postural sway) می‌شود، ولی تأثیر معنی‌داری روی حس وضعیت مفصل در این افراد ندارد (۹).

تمرینات هاپینگ جز مهارت‌های حرکتی پایه و بنیادی محسوب می‌شود که کم‌هزینه و آموزش‌پذیر بوده و از قابلیت به کارگیری در برنامه‌های ورزشی و تمرینی برخوردار می‌باشد، همچنین مهارت تمرینی هاپینگ شبیه تکالیف عملکردی در بسیاری از رشته‌های ورزشی می‌باشد (۱۶). با وجود اهمیت این آسیب و هزینه‌های زیادی که بر ورزشکار تحمیل می‌کند و او را به سرعت از چرخه ورزش خارج می‌نماید، لزوم این نوع برنامه‌های ساده، آموزش‌پذیر و کم‌هزینه ضروری است. تحقیقاتی که تنها از این نوع تمرینات به عنوان روش‌های غیر دارویی و غیر جراحی برای پیشگیری از آسیب و توان‌بخشی در افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا استفاده کرده باشند، بسیار اندک هستند. بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر یک برنامه تمرینی هاپینگ بر حس وضعیت افراد داری بی‌ثباتی عمکلردی مچ پا بود.

مواد و روش‌ها

جامعه آماری تحقیق را ورزشکاران جوان پسر دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا که در تیم والیبال و بسکتبال دانشگاه تهران عضویت داشتند، تشکیل دادند که از میان آن‌ها ۳۰ نفر به صورت تصادفی به دو گروه ۱۵ نفری شامل گروه تجربی و گروه شاهد تقسیم شدند. در جدول ۱ ویژگی‌های توصیفی هر دو گروه و مقایسه آن‌ها آمده است. نحوه انتخاب ورزشکاران دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا از طریق آزمون کلینیکی کشویی قدامی مچ پا (Anterior drawer test) و امتیاز به دست آمده از پرسش‌نامه بی‌ثباتی عملکردی مچ پا (Cumberland ankle instability tool) صورت گرفت. این پرسش‌نامه دارای روایی ۰/۸۴، پایایی ۰/۸۳ و ۹ سؤال می‌باشد که شدت بی‌ثباتی عملکردی مچ پا را در هر دو پا مشخص می‌کند. دامنه نمره ثبات عملکردی در مچ پا بین

جدول ۱. ویژگی‌های فردی و نتایج آزمون Independent t دو گروه

متغیر	گروه‌ها	میانگین	مقدار t	سطح معنی‌داری
قد (سانتی‌متر)	شاهد	۱۸۱/۷۰ ± ۸/۰۸	۰/۴۹۲	۰/۶۲۷
	تجربی	۱۸۰/۲۰ ± ۸/۶۰		
وزن (کیلوگرم)	شاهد	۷۴/۵۳ ± ۱۰/۰۶	۰/۲۶۹	۰/۷۹۰
	تجربی	۷۳/۳۸ ± ۱۳/۱۱		
سن (سال)	شاهد	۲۲/۰۰ ± ۱/۴۱	-۰/۶۱۷	۰/۵۴۲
	تجربی	۲۲/۳۳ ± ۱/۵۴		
نمره بی‌ثباتی مچ پا	شاهد	۱۹/۹۳ ± ۲/۰۵	-۰/۱۵۵	۰/۸۷۸
	تجربی	۲۰/۰۶ ± ۲/۶۳		

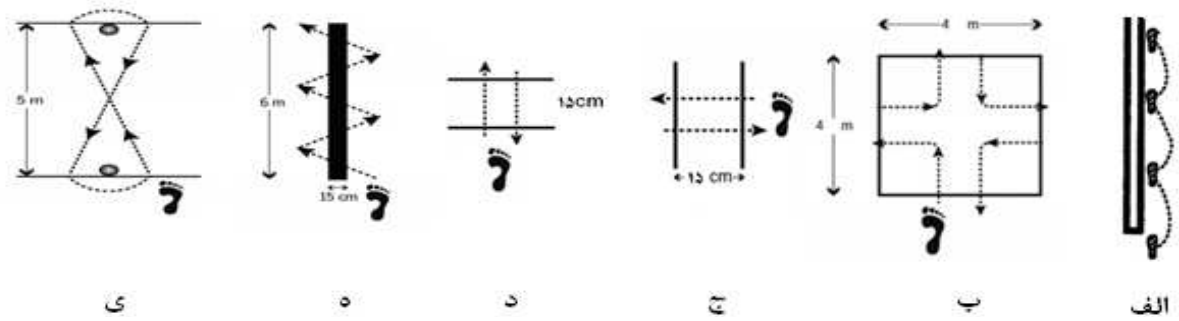
صفر تا ۳۰ است که نمره ۲۷ تا ۳۰ نمایانگر سلامت مچ بوده و نمره صفر تا ۲۷ نمایانگر بی‌ثباتی مچ می‌باشد؛ به طوری که هر چه نمره فرد از ۲۷ به صفر کاهش پیدا می‌کند، نشان دهنده شدت بیشتر بی‌ثباتی در مچ پا می‌باشد (۱۱). برای یکسان‌سازی در تحقیق، افرادی که حداکثر در یک سال اخیر دارای سابقه پیچ‌خوردگی در مچ پا و نمره ۱۵ تا ۲۷ پرسش‌نامه بی‌ثباتی عملکردی بودند، انتخاب شدند. در ضمن با استفاده از فرم اطلاعات پزشکی مشخص شد که هیچ کدام آزمودنی‌ها سابقه نقص‌های بینایی، شنوایی و عصبی نداشتند.

تمرینات شامل هاپینگ با حرکت به سمت جلو (شکل ۱، قسمت الف)، هاپینگ به شکل مربع (شکل ۱، قسمت ب)، هاپینگ به طرفین (شکل ۱، قسمت ج)، هاپینگ به جلو و عقب (شکل ۱، قسمت د)، هاپینگ به صورت زیگزاگ (شکل ۱، قسمت ه) و هاپینگ به شکل 8 (شکل ۱، قسمت ی) بود که با توجه به تحقیقات قبلی شکل و روش اجرای آن‌ها تعیین شد. (۲۰-۱۷). آزمودنی‌ها به ترتیب و با تکرار طوری که بین هر ست تمرین ۳۰ ثانیه و بین هر تمرین ۲ دقیقه استراحت می‌کردند، تمرینات را انجام دادند (۲۱). جدول ۲ پروتکل تمرینی که شامل سه جلسه در هفته با دامنه حجم تمرینی ۷۰ تا ۱۳۰ تماس پا با زمین برای هر جلسه بود را نشان می‌دهد (۲۳، ۲۲). سرعت انجام تمرینات با توجه به تحقیقات قبلی ۲ هرتز در نظر گرفته شد (۲۴) که توسط یک مترونوم، سرعت (ریتم) انجام تمرینات تنظیم می‌شد. شدت تمرین در هفته‌ها با افزایش تعداد تمرین و همچنین با محدود کردن دست‌ها (یعنی از حالت آزاد به دست‌ها روی سینه و سپس دست‌ها پشت سر) افزایش یافت (۲۵، ۲۴). پیشرفت تمرینات به این صورت بود که ابتدا اشکال مختلف تمرین به صورت دو پا و در هفته‌های بعد با به دست آوردن قابلیت اجرا به صورت یک پا انجام می‌شد. همچنین شدت تمرینات تا هفته پنجم افزایش و در هفته ششم این شدت کاهش پیدا می‌کرد تا در طی پس‌آزمون حس وضعیت مفصل خستگی ایجاد نشود (۲۵).

لازم به ذکر است، در انتخاب آزمودنی‌ها به ویژه گروه شاهد کلیه جنبه‌های اخلاقی و حقوق آزمودنی رعایت شد. بدین شکل که آزمودنی‌های گروه تجربی و شاهد کلیه روندهای درمانی را دنبال نمودند و هیچ گونه منعی برای درمان‌های توصیه شده توسط پزشک و فیزیوتراپ متوجه آنان نبود. پس از درمان کامل از آزمودنی‌ها دعوت شد تا چنان‌چه تمایل به شرکت در یک برنامه تمرینی پژوهشی دارند با تکمیل فرم رضایت اعلام آمادگی نمایند. آزمودنی‌هایی که علاقه خود را نشان دادند در گروه تجربی و افرادی که به دلیل محدودیت‌ها و عدم علاقه نمی‌توانستند مشارکت نمایند، در گروه شاهد قرار گرفتند.

حس وضعیت مفصل توسط بازسازی وضعیت قبلی غیر فعال (Reproduction of passive positioning) و وضعیت فعال (Active positioning) اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری حس عمقی در دو حرکت اینورژن و پلانتار فلکشن از بازسازی وضعیت به صورت فعال؛ به طوری که آزمودنی وزن را تحمل نکند استفاده شد. این حرکات به این دلیل انتخاب شدند که اینورشن و پلانتار فلکشن بیشتر از

www.mui.ac.ir



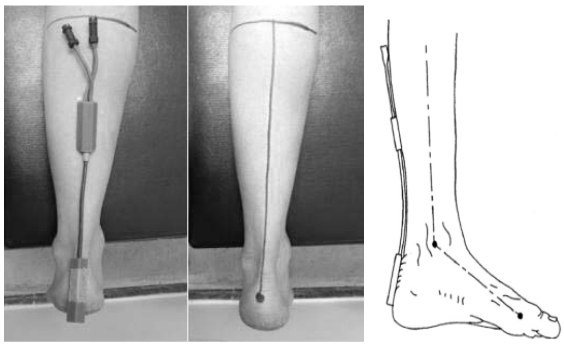
شکل ۱. تمرینات هاپینگ

جدول ۲. برنامه تمرینی انجام شده در طول شش هفته

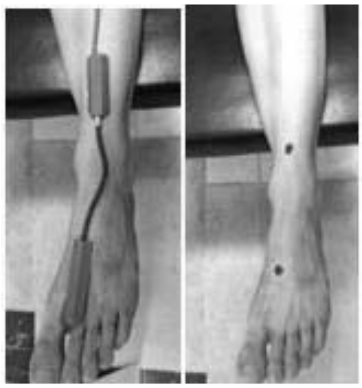
هفته	حجم تمرین (تعداد تماس پا با زمین در هر جلسه تمرینی)	تمرین	ست × تکرار
۱	۷۰	هاپینگ به طرفین با دو پا (دست‌ها آزاد)	۳ × ۱۰
		هاپینگ به جلو و عقب با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
		هاپینگ با دو پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
۲	۹۰	هاپینگ به طرفین با دو پا (دست‌ها روی سینه)	۲ × ۱۵
		هاپینگ به جلو و عقب با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
		هاپینگ با دو پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
		هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها آزاد)	۴ × ۵
۳	۱۰۰	هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۳ × ۱۰
		هاپینگ به جلو و عقب با یک پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
		هاپینگ با دو پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها روی سینه)	۳ × ۱۰
		هاپینگ به صورت زیگزاگ با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
۴	۱۱۰	هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲ × ۱۰
		هاپینگ به جلو و عقب با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲ × ۱۰
		هاپینگ با یک پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها آزاد)	۳ × ۱۰
		هاپینگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
		هاپینگ به شکل مربع با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
۵	۱۲۰	هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۲ × ۱۰
		هاپینگ به جلو و عقب با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۲ × ۱۰
		هاپینگ با یک پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها روی سینه)	۲ × ۱۰
		هاپینگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲ × ۱۰
		هاپینگ به شکل مربع با یک پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
		هاپینگ با دو پا به شکل 8 (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
۶	۱۳۰	هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۳ × ۱۰
		هاپینگ به جلو و عقب با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۲ × ۱۰
		هاپینگ با یک پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها پشت سر)	۲ × ۱۰
		هاپینگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۲ × ۱۰
		هاپینگ به شکل مربع با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲ × ۱۰
		هاپینگ با یک پا به شکل 8 (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰

www.mui.ac.ir

دامنه حرکتی طبیعی، یک مکانیسم اولیه پیچ‌خوردگی مچ پا است (۲۷، ۲۶) و حس وضعیت مفصل در وضعیت عدم تحمل وزن اندازه‌گیری شد، به این علت که اکثر پیچ‌خوردگی‌های مچ پا قبل از تحمل وزن کامل عضو، زمانی رخ می‌دهد که پا فقط زمین را لمس می‌کند (۲۶). زاویه مورد نظر برای بازسازی ۱۰، ۳۰ درجه پلانتار فلکشن و ۲۰، ۵ درجه اینورژن با توجه به تحقیقات قبلی بود و همچنین به دلیل این‌که بیشتر افراد در طول فعالیت ورزشی در این دامنه حرکتی دچار آسیب می‌شوند (۲۸)، برای کاهش تأثیر عوامل دیگر و تغییر خطا انتخاب زاویه هدف برای هر آزمودنی به صورت تصادفی انجام شد (۲۸). برای اندازه‌گیری، آزمودنی بر روی تختی می‌نشست؛ به طوری که مچ پایش از تخت بیرون باشد، سپس با استفاده از یک باند پای آزمودنی به تخت ثابت می‌شد. برای ارزیابی بازسازی زاویه در حرکت پلانتار فلکشن، الکتروگونیامتر با توجه به شکل روی نقاط تعیین شده قرار داده شد. در ابتدا یک خط از مرکز پاشنه به مرکز چین رکبی (Popliteal crease) رسم گردید و سپس لندمارک‌ها برای قرارگیری الکتروگونیامتر، یک قسمت آن در مرکز پاشنه و بخش دیگر نیز در راستای خط رسم شده روی عضله دوقلو قرار گرفتند (شکل ۲). همچنین برای ارزیابی بازسازی زاویه در حرکت اینورشن از تورسیومتر استفاده شد. یک قسمت آن پشت پا در امتداد انگشت دوم پا و دیگری در یک سوم پایینی درشت‌نی بود (۲۹، ۲۸) (شکل ۳). این وسیله‌ها دارای روایی و پایایی بالایی هستند و در بسیاری از تحقیقات از آن‌ها استفاده شده است (۳۱، ۳۰).



شکل ۲. محل قرارگیری الکتروگونیامتر



شکل ۳. محل قرارگیری تورسیومتر

برای کالیبره کردن الکتروگونیامتر، نقطه شروع برای اینورشن جایی که در صفحه فرونتال مچ ریلکس باشد و برای پلانتار فلکشن زاویه ۹۰ درجه‌ای که توسط محور طولی کف پا و ساق پا تشکیل می‌شود، در نظر گرفته شد. این روش باعث می‌شود تا زاویه شروع آزمودنی‌ها یکسان باشد (۲۹، ۲۸) (شکل ۴).

شکل ۴. وضعیت شروع برای اندازه‌گیری حس وضعیت مفصل

همه این مراحل توسط آزمونگر برای حذف خطای اندازه‌گیری انجام شد. اگر فردی با این حرکات (اینورشن و پلانتار فلکشن) آشنا نبود، آزمونگر پای او را یک بار برای آموزش به صورت غیر فعال در این حرکات قرار می‌داد و از آزمودنی خواسته می‌شد که همین حرکت را برای اندازه‌گیری انجام دهد. سپس از آزمودنی خواسته شد تا یکی از زاویه‌های تعیین شده تصادفی هدف را ۳ بار تکرار کند و زمانی که به این زاویه می‌رسید به آزمودنی گفته می‌شد که موقعیت این زاویه را یاد بگیرد یا حفظ کند. این کار ۳ بار با فاصله زمانی ۱۵ دقیقه برای کاهش اثر یادگیری انجام شد. سپس با استفاده از چشم‌بند، چشم آزمودنی بسته می‌شد و بار دیگر از او خواسته می‌شد که همان زاویه را سه

www.mui.ac.ir

دفعه تکرار کند. مقدار میانگین اختلاف بین ۳ مرتبه اندازه‌گیری زاویه هدف و زایه تکرار شده به عنوان میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه در دو حرکت اینورشن و پلانتار فلکشن ثبت گردید (۲۹، ۲۸). قبل و بعد از اجرای شش هفته برنامه تمرینی، حس وضعیت مفصل مچ پای آزمودنی‌ها به وسیله بازسازی زاویه مفصل به صورت فعال اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آمار توصیفی، Independent t و Paired t در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد ($\alpha \leq$ ۰/۰۵) استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج تحقیق بهبود معنی‌داری را در میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل در دو حرکت اینورشن و پلانتار فلکشن گروه تجربی نسبت به میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل این دو حرکت در گروه شاهد پس از شش هفته تمرینات هاپینگ نشان داد (جدول ۳). میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل در حرکت اینورشن دارای کاهش ۰/۱ ± ۰/۴۹ درجه و همچنین در حرکت پلانتار فلکشن دارای کاهش ۰/۰۵ ± ۰/۳۹ درجه بود ($P <$ ۰/۰۵) و این در حالی است که میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل در حرکت اینورش و پلانتار فلکشن گروه شاهد پس از شش هفته تقریباً بدون تغییر بود ($P >$ ۰/۰۵) (جداول ۴ و ۵).

بحث

قابلیت تشخیص حرکات در پا و پاسخ دادن به آن به وسیله تطابق پوسچر، یک ضروت در پیشگیری از آسیب مچ پا به شمار می‌رود (۴). نویسندگان زیادی بیان کرده‌اند که بی‌ثباتی عملکردی مچ پا مربوط به نقص در حس عمقی، بی‌ثباتی مکانیکی و ضعف عضلات نازک‌نی می‌باشد (۴). افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا دچار نقص در تشخیص وضعیت مفصل در حرکات اینورشن و پلانتار فلکشن می‌باشند. کاهش

جدول ۳. نتایج آزمون Independent t برای مقایسه دو گروه

متغیر	میانگین		مقدار t	P
	گروه شاهد	گروه تجربی		
میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل اینورشن	۲/۳۳	۱/۵۹	۳/۲۱۱	*۰/۰۰۳
میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل پلانتار فلکشن	۱/۶۸	۱/۲۴	۲/۶۳۳	*۰/۰۱۴

* میزان خطای بازسازی زاویه مفصل اینورشن و پلانتار فلکشن گروه تجربی نسبت به گروه شاهد در پس‌آزمون کمتر معنی‌دار است ($P \leq$ ۰/۰۵)

جدول ۴. نتایج آزمون Paired t میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل مچ پا در حرکت اینورشن

متغیر	آزمون	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	P
گروه تجربی	پیش‌آزمون	۱۵	۲/۰۸	۰/۷۲	*۰/۰۱۳
	پس‌آزمون	۱۵	۱/۵۹	۰/۶۲	
گروه شاهد	پیش‌آزمون	۱۵	۲/۲۸	۰/۷۸	۰/۶۶۷
	پس‌آزمون	۱۵	۲/۳۳	۰/۶۳	

* میزان خطای بازسازی زاویه مفصل اینورشن گروه تجربی در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون کمتر معنی‌دار است ($P \leq$ ۰/۰۵)

جدول ۵. نتایج آزمون Paired t میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل مچ پا در حرکت پلانتار فلکشن

متغیر	آزمون	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	P
گروه تجربی	پیش‌آزمون	۱۵	۱/۵۷	۰/۴۹	*۰/۰۰۲
	پس‌آزمون	۱۵	۱/۲۴	۰/۴۴	
گروه شاهد	پیش‌آزمون	۱۵	۱/۵۹	۰/۵۱	۰/۱۸۳
	پس‌آزمون	۱۵	۱/۵۳	۰/۴۹	

* میزان خطای بازسازی زاویه مفصل پلانتار فلکشن گروه تجربی در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون کمتر معنی‌دار است ($P \leq$ ۰/۰۵)

www.mui.ac.ir

خطای بازسازی اینورشن از لحاظ کلینیکی و توان‌بخشی مهم است؛ چرا که یک مطالعه نشان داده است که خطای اینورشن بیشتر از ۷ درجه با افت (سقوط) ۵ میلی‌متری کنار خارجی پا برابر است که باعث تماس پا با زمین در حالتی که پا اینورشن بیش از حد دارد، شده و خطر ابتلا به آسیب را افزایش می‌دهد (۱۰). تعدادی از مطالعات حس وضعیت مفصل مچ پا در حرکت اینورشن را بررسی کرده‌اند (۳۲، ۱۰) که همگی نشان داده‌اند افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا دچار نقص در بازسازی زاویه مفصل به صورت فعال و غیر فعال در این حرکت هستند. از اهداف این مطالعه، بررسی تأثیر پروتکل تمرینی هاپینگ بر روی حس وضعیت مفصل مچ پا در حرکت پلانتار فلکشن و بهبود آن بود. پلانتار فلکشن بخش مهمی از حرکت ترکیبی سوپینیشن به شمار می‌رود و افزایش توانایی تشخیص زاویه مفصل مچ پا به خصوص در پلانتار فلکشن ممکن است در برخی شرایط از آسیب بعدی ورزشکار جلوگیری کند. Glencross و Thornton (۳۳) نقص حس وضعیت مفصل به صورت فعال را در جهت پلانتار فلکشن و دورسی فلکشن بعد از آسیب مچ پا گزارش کردند. Boyle و Negus (۳۴) دریافتند که افراد با آسیب مکرر مچ پا نسبت به افراد سالم دارای دقت کمتری در حس وضعیت مفصل به صورت فعال و غیر فعال در حرکت پلانتار فلکشن و دورسی فلکشن هستند.

طبق یافته‌های این پژوهش، تفاوت معنی‌داری میان میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل در ورزشکاران دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در حرکات اینورژن و پلانتار فلکشن پس از اعمال شش هفته برنامه تمرین هاپینگ بین گروه هاپینگ و شاهد وجود داشت ($P \leq ۰/۰۵$). در خصوص تأثیر برنامه تمرینات هاپینگ بر روی حس وضعیت مفصل، این فرضیه با نتایج Anguish (۱۵) همسو و با نتایج Bernier و Perrin (۹) ناهمسو بود.

Anguish به بررسی تأثیر چهار هفته تمرینات تصادفی تعادلی پویا بر روی افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا پرداخت. در این تحقیق افراد برنامه تمرین تعادلی که شامل هاپینگ با یک پا برای ثبات‌پذیری، هاپینگ برای ثبات‌پذیری و دستیابی، هاپینگ پیش‌بینی نشده برای ثبات‌پذیری و ایستادن با یک پا بود را انجام دادند. نتایج نشان داد که این برنامه تمرینی باعث کاهش خطای حس وضعیت مفصل در حرکات اینورشن، اورشن، پلانتار فلکشن و دورسی فلکشن می‌شود که نتایج در دو جهت اینورشن و پلانتار فلکشن بهبود بیشتری نسبت به سایر حرکات داشت (۱۵). از دلایل همسو بودن این مطالعه با تحقیق حاضر می‌توان به نوع تمرینات استفاده شده در این تحقیق اشاره کرد. تمرینات استفاده شده نوعی از هاپینگ بودند که باعث بهبودی حس وضعیت مفصل در چهار حرکت شدند و همچنین می‌توان به یکسانی نمونه‌ها (که افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بودند) اشاره کرد.

Bernier و Perrin به بررسی تأثیر شش هفته مداخله تمرینات هماهنگی بر روی حس وضعیت مفصل و کنترل قامت در افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا پرداختند. آن‌ها مشاهده کردند که نتایج حس وضعیت مفصل پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در هر دو گروه شاهد و گروه تمرینی بهبود داشته است که شاید نشان دهنده ایجاد تأثیر یادگیری می‌باشد. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اگرچه تمرینات هماهنگی باعث بهبود بعضی از جوانب نوسان قامت می‌شود، ولی تأثیر معنی‌داری روی حس وضعیت مفصل در این افراد ندارد. این مطالعه با محدودیت‌هایی مانند کمبود اثر ویژگی بین تمرین و وسیله ارزیابی و شاید مدت ناکافی تمرین برای ایجاد تأثیر بر روی حس وضعیت مفصل روبرو بود. محدودیت دیگر این‌که مطالعه حاضر با اصول روانی مراحل اندازه‌گیری مطابقت نداشت؛ چرا که آزمونگر فقط از دو کوشش برای هر نفر جهت محاسبه میانگین زاویه مفصل استفاده کرد (۹).

نتایج نشان می‌دهد که سازگاری‌های محیطی و مرکزی توسط تمرینات هاپینگ به وجود آمده است و در نتیجه باعث بهبود حس وضعیت مفصل شد. سازگاری‌های محیطی ممکن است به این علت باشد که تمرینات هاپینگ باعث تحریک مکرر مکانورسپتورهای مفصلی در دامنه انتهایی مچ پا در طول این تمرینات می‌شود (۳۶، ۳۵). تحقیقات قبلی نشان داده است که مکانورسپتورهای مفصلی زمانی که مچ پا به

انتهای دامنه حرکتی خود حرکت می‌کند به صورت حداکثر تحریک می‌شوند (۳۷). علاوه بر این، تغییر سریع طول و تنش که در ساختار تاندونی- عضلانی در طول انقباضات اکسنتریک بارگذاری می‌شود ممکن است باعث تسهیل سازگاری دوک عضلانی و اندام وتری گلژی (Golgi tendon organs یا GTOs) شود. پژوهشگران زیادی معتقد هستند که حساسیت‌زدایی اندام وتری گلژی، باعث تحریک بیشتر کشش دوک عضلانی به تغییر طول می‌شود (۳۸، ۳۷). با بالا رفتن تحریک سیستم دوک عضلانی، سهم آوران‌های دوک عضلانی به سیستم عصبی مرکزی با توجه به موقعیت مفصل افزایش می‌یابد. این سازگاری همچنین می‌تواند باعث افزایش حس عمقی نشان داده شده در این ورزشکاران باشد.

سازگاری مرکزی (Central adaptation) نیز ممکن است باعث افزایش حس وضعیت مفصل بعد از تمرینات هاپینگ باشد. تازگی این تکلیف نیاز به فعال‌سازی مقدماتی عضلات در پیش‌بینی، تعادل و تحمل وزن در هنگام فرود و انقباض غیر ارادی برای نیروی کانسنتریک تولید شده در هاپینگ متعاقب بعدی می‌باشد. هنگامی که عضلات تحریک می‌شوند، حس وضعیت مفصل به طور قابل توجهی بهبود پیدا می‌کند، بنابراین هاپینگ باعث افزایش و تقویت آگاهی از موقعیت مفصل می‌شود (۳۹).

همچنین نتایج نشان داد که تمرینات هاپینگ باعث کاهش ۰/۴۹ درجه میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه اینورشن و ۰/۳۹ پلانتار فلکشن شد. عضله ساقی خلفی در حرکات اینورشن نقش برجسته‌ای دارند و بیشترین فعالیت در این حرکت مربوط به این عضله می‌باشد. این عضله نقش کمتری در کنترل پوسچر دارد و جز عضلات فازیک به شمار می‌رود. به همین علت در حالت طبیعی این حرکت دارای حس وضعیت کمتری است. در طول تمرینات هاپینگ به علت مکانیسم این تمرینات -که در هنگام فرود از هاپینگ فرد برای حفظ تعادل نیاز به فعالیت عضلات نازک‌نی و عضله ساقی خلفی (چرخش دهنده‌های داخلی و خارجی) دارد- به نظر می‌رسد افزایش حس وضعیت مفصل در حرکت اینورشن بعد از دوره تمرینی به علت تأثیر این تمرینات بر روی مکانورسپتورهای این عضله که در فعالیت‌های عادی فعال نمی‌باشند شده و آن‌ها را افزایش داده باشد. در نتیجه از این طریق باعث بهبود در حس وضعیت مفصل در حرکت اینورشن می‌شود. برای بیان قطعی در این مورد نیاز به تحقیقات گسترده می‌باشد (۳۹).

به نظر می‌رسد دلیل معنی‌دار شدن حرکت پلانتار فلکشن به دلیل زیاد بودن گیرنده‌های این حرکت می‌باشد. این گیرنده‌ها که در دوک‌های عضلانی پشت ساق پا موجود هستند، در اثر کشیده شدن نسج عضله توسط پلانتار فلکشن و متعاقب آن دورسی فلکشن، تحریک گردیده و شروع به فعالیت می‌کنند. این گیرنده‌ها در فعالیت عادی فعال می‌باشند؛ چرا که عضلات درگیر در حرکت پلانتار فلکشن جز عضلات پوسچرال بوده و بیشتر بودن قدرت تشخیص وضعیت مفصل در حرکت پلانتار فلکشن در این افراد را می‌توان به این علت مربوط دانست. در هنگام انجام هاپینگ و در مرحله اولیه برای جدا شدن فرد از زمین و غلبه بر نیروی وزن، نیاز به قدرت عضلات پلانتار فلکسور می‌باشد و این عمل باعث افزایش تحریک مکانورسپتورهای می‌شود که بیشتر آن‌ها در فعالیت عادی نیز فعال هستند. به همین علت در این مطالعه پس از دوره تمرینی بهبود حس وضعیت مفصل در حرکت پلانتار فلکشن نسبت به اینورشن کمتر مشاهده شد (۳۹). همچنین ترکیب فعالیت گیرنده‌های مکانیکی واقع در کپسول و ساختار مفصلی، باعث انقباض رفلکسی ماهیچه‌های آن مفصل می‌گردد. بنابراین باید گیرنده‌های موجود در دوک عضلانی را نیز به گیرنده‌های مفصلی در درک حس عمقی اضافه کرد، ولی باید توجه داشت که گیرنده‌های عضلانی در دامنه وسیع‌تری از حرکت تحریک می‌گردند. پس در نهایت می‌توان گفت که حس وضعیتی حرکتی مفصل، ترکیبی از اطلاعات مخابره شده توسط گیرنده‌های داخل خود مفصل و گیرنده‌های داخل دوک عضلانی می‌باشد (۴۰).

محققان به این نتیجه رسیدند که عضلات و مکانورسپتورهای تاندونی عملکرد حس عمقی فعال را فراهم

www.mui.ac.ir

می‌کنند. این مشاهده با درک فیزیولوژیک فعلی درباره مکانیسم زیربنایی حس عمقی است (۲۶) که نشان می‌دهد آوران‌های عضلانی نقش مهمی را در ایفای نقش حس عمقی بازی می‌کنند (۳۴).

بهبود در حس وضعیت مفصل بعد از به دست آمدن قدرت در عضلات ممکن است به دو دلیل باشد: اول این‌که، عدم تعادل بین قدرت عضلات اینورتور و اورتور ممکن است باعث بی‌ثباتی مکانیکی مفصل مچ پا و متعاقب آن منجر به تحریک پایانه‌های آزاد عصبی گردد و بعد از افزایش قدرت ممکن است باعث تعادل بیومکانیکی مچ پا و به دنبال آن حذف تحریک پایانه‌های آزاد عصبی شود. سپس حس عمقی از طریق افزایش انتقال فیبرهای نوع A بتا به سیستم عصبی مرکزی تحریک می‌شود. دلیل دوم می‌تواند به علت افزایش فعالیت دوک‌های عضلانی و ارگان‌های وتری گلژی باشد. هنگامی که مفصل حرکت می‌کند، ایمپالس‌ها باید از سطوح مختلف سیستم عصبی برای فراهم کردن سیگنال‌های حس عمقی بالا بیایند. علاوه بر بالا آمدن ورودی ناشی از آوران‌ها از لیگامنت‌ها و کپسول مفصلی، ورودی دیگری از گیرنده‌های حس عمقی موجود در پوست، عضلات (دوک‌های عضلانی) و تاندون‌ها (ارگان وتری گلژی) نیز هستند. پس از تقویت ساختارهای عضلانی، افزایش توانایی حس عمقی از طریق تحریک گیرنده‌های دوک‌های عضلانی و ارگان وتری گلژی صورت می‌گیرد. دوک‌های عضلانی تحریک را از وابران‌های عصبی گاما به صورت ایستا و پویا دریافت می‌کنند و ممکن است تمرینات قدرتی باعث افزایش فعالیت وابران‌های گاما شود که در نتیجه باعث افزایش دقت حس وضعیت مفصل می‌گردد (۴۱).

نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات هاپینگ باعث کاهش میانگین خطای مطلق اینورشن و پلانتار فلکشن می‌شود و این از لحاظ درمانی قابل توجه است، به این دلیل که موقعیت متداول برای پیچ‌خوردگی مچ پا اینورشن و پلانتار فلکشن هستند. با کاهش میانگین خطای مطلق، ورزشکار موقعیت پا و مچ پای خود را نادیده نمی‌گیرد و در حقیقت ممکن است در وضعیت بهتر فرود قرار گیرد و خطر آسیب مجدد را کاهش دهد. برای رسیدن به قطعیت در این موضوع نیاز به تحقیقات گسترده می‌باشد.

محدودیت‌ها

محدودیت‌های پژوهش حاضر شامل جنسیت، دامنه سنی خاص، تعداد محدود آزمودنی‌ها، عدم کنترل حالات روانی و انگیزش و تغذیه ورزشکاران بود.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود تحقیق مشابهی بر روی ورزشکاران جوان دختر دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا و مقایسه اثر تمرین بر حس وضعیت مفصل پسران و دختران انجام شود. همچنین تحقیقات مشابهی در گروه‌های سنی مختلف با تعداد نمونه‌های بیشتر انجام و مقایسه آن‌ها صورت پذیرد. با توجه تأثیر تمرینات مورد استفاده در این پژوهش، پیشنهاد می‌شود تا تأثیر این تمرینات بر فاکتورهای آسیب دیده دیگر ورزشکاران دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا مورد بررسی قرار گیرد.

References

1. Hartsell HD. The effects of external bracing on joint position sense awareness for the chronically unstable ankle. JSR 2000; 9(4): 279-89.
2. McKeon PO, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part II: is balance training clinically effective? J Athl Train 2008; 43(3): 305-15.
3. Olmsted-Kramer LC. Theme section preventing recurrent lateral ankle sprains: An evidence-based approach. IJATT 2004; 9(6): 19-22.
4. Holmes A, Delahunt E. Treatment of common deficits associated with chronic ankle instability. Sports Med 2009; 39(3): 207-24.
5. 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.

6. Twist C, Gleeson N, Eston R. The effects of plyometric exercise on unilateral balance performance. J Sports Sci 2008; 26(10): 1073-80.
7. Ross SE, Guskiewicz KM. Effect of coordination training with and without stochastic resonance stimulation on dynamic postural stability of subjects with functional ankle instability and subjects with stable ankles. Clin J Sport Med 2006; 16(4): 323-8.
8. 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.
9. Bernier JN, Perrin DH. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. J Orthop Sports Phys Ther 1998; 27(4): 264-75.
10. Konradsen L, Magnusson P. Increased inversion angle replication error in functional ankle instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2000; 8(4): 246-51.
11. Tveter AT, Holm I. Influence of thigh muscle strength and balance on hop length in one-legged hopping in children aged 7-12 years. Gait Posture 2010; 32(2): 259-62.
12. Buchanan AS, Docherty CL, Schrader J. Functional performance testing in participants with functional ankle instability and in a healthy control group. J Athl Train 2008; 43(4): 342-6.
13. Holm I, Tveter AT, Fredriksen PM, Vollestad N. A normative sample of gait and hopping on one leg parameters in children 7-12 years of age. Gait Posture 2009; 29(2): 317-21.
14. Huang PY, Lin CF. Effects of balance training combined with plyometric exercise in postural control: Application in individuals with functional ankle instability. Proceeding of the 6th World Congress of Biomechanics (WCB 2010); 2010 Aug 1-6; Singapore. p. 232-5.
15. Anguish BM. The effects of a randomized four-week dynamic balance training program on individuals with chronic ankle instability. [MSc Thesis]. Morgantown, WV: West Virginia University; 2010.
16. Willems T, Witvrouw E, Delbaere K, De CA, De CD. Relationship between gait biomechanics and inversion sprains: a prospective study of risk factors. Gait Posture 2005; 21(4): 379-87.
17. Roush JR, DoVico K, Fairchild S, McGriff K, Bay RC. The effect of quality of movement on the single hop test in soccer players aged 15-16 years. The Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice 2010; 8(2): 1-8.
18. Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. Am J Sports Med 1991; 19(5): 513-8.
19. Ageberg E, Zatterstrom R, Friden T, Moritz U. Individual factors affecting stabilometry and one-leg hop test in 75 healthy subjects, aged 15-44 years. Scand J Med Sci Sports 2001; 11(1): 47-53.
20. Caffrey E, Docherty CL, Schrader J, Klossner J. The ability of 4 single-limb hopping tests to detect functional performance deficits in individuals with functional ankle instability. J Orthop Sports Phys Ther 2009; 39(11): 799-806.
21. Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, Alcock GK, Giffin JR. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. Phys Ther 2007; 87(3): 337-49.
22. Painter MA. Developmental sequences for hopping as assessment instruments: a generalizability analysis. Res Q Exerc Sport 1994; 65(1): 1-10.
23. Michael G, Herniman JJ, Ricard MD, Cheatham CC, Michael TG. The effects of a 6-week plyometric training program on agility. Journal of Sports Science and Medicine 2006; 5: 459-65.
24. Rantalainen T, Hoffren M, Linnamo V, Heinonen A, Komi PV, Avela J, et al. Three-month bilateral hopping intervention is ineffective in initiating bone biomarker response in healthy elderly men. Eur J Appl Physiol 2011; 111(9): 2155-62.
25. Dyhre-Poulsen P, Simonsen EB, Voigt M. Dynamic control of muscle stiffness and H reflex modulation during hopping and jumping in man. J Physiol 1991; 437: 287-304.
26. Refshauge KM, Kilbreath SL, Raymond J. The effect of recurrent ankle inversion sprain and taping on proprioception at the ankle. Med Sci Sports Exerc 2000; 32(1): 10-5.
27. Firer P. Effectiveness of taping for the prevention of ankle ligament sprains. Br J Sports Med 1990; 24(1): 47-50.
28. Spanos S, Brunswic M, Billis E. The effect of taping on the proprioception of the ankle in a non-weight bearing position, amongst injured athletes. The Foot 2008; 18(1): 25-33.
29. Larmer PJ. Ankle sprains: an investigation into patient perceptions and performance of physical tasks following acute ankle sprains using a mixed methods approach. [Thesis]. Auckland, New Zealand: AUT University; 2009.
30. Legnani G, Zappa B, Casolo F, Adamini R, Magnani PL. A model of an electro-goniometer and its calibration for biomechanical applications. Med Eng Phys 2000; 22(10): 711-22.

31. Sholukha V, Salvia P, Hilal I, Feipel V, Rooze M, Jan SV. Calibration and validation of 6 DOFs instrumented spatial linkage for biomechanical applications. A practical approach. Med Eng Phys 2004; 26(3): 251-60.
32. Jerosch J, Bischof M. Proprioceptive capabilities of the ankle in stable and unstable joints. Sports Exerc Inj 1996; 2: 167-71.
33. Glencross D, Thornton E. Position sense following joint injury. J Sports Med Phys Fitness 1981; 21(1): 23-7.
34. Boyle J, Negus V. Joint position sense in the recurrently sprained ankle. Aust J Physiother 1998; 44(3): 159-63.
35. Grigg P. Content's peripheral neural mechanisms in proprioception. JSR 1994; 3(1): 2-17.
36. Clark FJ, Burgess PR. Slowly adapting receptors in cat knee joint: can they signal joint angle? J Neurophysiol 1975; 38(6): 1448-63.
37. Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, Fu FH. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. Am J Sports Med 1997; 25(1): 130-7.
38. Davies GJ, Dickoff-Hoffman S. Neuromuscular testing and rehabilitation of the shoulder complex. J Orthop Sports Phys Ther 1993; 18(2): 449-58.
39. Voight M, Tippett S. Plyometric exercise in rehabilitation. In: Prentice WE, editor. Rehabilitation techniques in sports medicine. Philadelphia, PA: Mosby; 1994. p. 88-97.
40. Refshauge KM, Fitzpatrick RC. Perception of movement at the human ankle: effects of leg position. J Physiol 1995; 488 (Pt 1): 243-8.
41. Sekir U, Yildiz Y, Hazneci B, Ors F, Aydin T. Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2007; 15(5): 654-64.

www.mui.ac.ir

The effect of 6-week hopping exercises program on joint position sense in athletes with functional ankle instability

Mohammad Karimizade Ardakani*, Mohammad Hossein Alizade[1], Esmaeil Ebrahimi Takamjani[2]

Original Article

Abstract

Introduction: The purpose of this study was to examine the effect of 6 weeks hopping exercises program on joint position sense in young male athletes with functional ankle instability.

Materials and Methods: Thirty young male athletes with functional ankle instability (mean ± SD age; 22.16 ± 1.46 years, mean ± SD weight; 73.96 ± 11.50 kg, mean ± SD height; 180.95±8.24 cm, mean ± SD instability score; 20 ± 2.31) were participated in this study. They all read and signed the consent form. Participants were equally and randomly divided into two following groups: 1) hopping exercise, and 2) control. Reproduction of ankle joint angle was used to evaluate joint position sense before and just after exercise program. Descriptive statistic, paired sample t-test and Independent sample t-test were used to analyze the data. Level of significance was set at $P < 0.05$.

Results: The results of the study showed that 6 weeks hopping exercise program had a significant decrease in average absolute error of the reproduction of ankle joint angle in inversion and plantar flexion ($P < 0.05$). Furthermore, reduce in absolute error of joint angle reproduction was observed more in inversion than plantar flexion.

Conclusion: According to the results, young male athletes with functional ankle instability need specific joint position sense in many skills. So, it could be suggested to use these selected exercise in training and rehabilitation programs to improve joint stability during fast and rapid activities.

Keywords: Hopping exercises, Joint position sense, Functional ankle instability, Young athlete

Citation: Karimizade Ardakani M, Alizade MH, Ebrahimi Takamjani E. **The effect of 6-week hopping exercises program on joint position sense in athletes with functional ankle instability.** J Res Rehabil Sci 2013; 9(3): 540-52.

Received date: 15/03/2013 Accept date: 04/08/2013

* Department of Sport Medicine, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran (Corresponding Author) Email: m.karimizadeh@ut.ac.ir
1- Associate Professor, Department of Sport Medicine, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran
2- Professor, Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran