

طب ورزشی - بهار و تابستان ۱۳۹۶
دوره ۹، شماره ۱، ص: ۳۳-۱۵
تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۰۵
تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۰۵

اثر شش هفته تمرینات عصبی-عضلانی بر حس وضعیت مفصل و عملکرد اندام تحتانی ورزشکاران پسر مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا

هادی صمدی^{۱*} - رضا رجبی^۲ - محمد کریمی زاده اردکانی^۳

۱. استادیار، گروه آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران. ۲. استاد، گروه طب ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. ۳. دانشجوی دکتری، حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

پیچ‌خوردگی خارجی مچ پا شایع‌ترین ضایعه لیگامانی در ورزشکاران است و یکی از پیامدهای ناتوان‌کننده پیچ‌خوردگی مچ پا بی‌ثباتی عملکردی است. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر شش هفته تمرینات عصبی-عضلانی تحت نظارت بر روی حس وضعیت و عملکرد اندام تحتانی ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بود. ۲۸ ورزشکار پسر مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی که داوطلبانه در این مطالعه شرکت داشتند، به‌طور تصادفی به دو گروه چهارده نفره تمرین و کنترل تقسیم شدند. عملکرد اندام تحتانی با استفاده از پرسشنامه‌های اندازه‌گیری توانایی مچ پا و پا در فعالیت‌های روزانه و ورزشی و حس وضعیت مفصل با گونیامتر حس عمقی مچ‌پا اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد، میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل در حرکت اینورشن در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل بهبود معناداری نشان داد ($P < 0/05$). همچنین آزمودنی‌های گروه تمرین نسبت به گروه کنترل بهبود معناداری در امتیازهای پرسشنامه‌های اندازه‌گیری توانایی مچ پا و پا در فعالیت‌های روزانه و ورزشی نشان دادند ($P < 0/01$). انجام شش هفته تمرینات پیش‌رونده تحت نظارت عصبی-عضلانی با استفاده از تخته تعادل و تخته لغزان به‌طور معناداری عملکرد اندام تحتانی اندازه‌گیری شده و حس وضعیت مفصل ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا را بهبود می‌بخشد.

واژه‌های کلیدی

بی‌ثباتی عملکردی، تمرینات عصبی-عضلانی، حس وضعیت مفصل.

مقدمه

پیچ‌خوردگی خارجی مچ پا شایع‌ترین ضایعه لیگامانی در جمعیت فعال از نظر فیزیکی است (۲۱) و میزان شیوع این عارضه حدود ۱ در ۱۰۰۰ نفر در روز تخمین زده شده است (۴). یکی از پیامدهای ناتوان‌کننده پیچ‌خوردگی مچ پا، تمایل برای تکرار شدن است (۳۴). حدود ۴۰ درصد از پیچ‌خوردگی‌های مچ پا در اثر بی‌ثباتی عملکردی مچ پا رخ می‌دهد (۱۶). در بین مفاصل بدن، مچ پا به دلیل تحمل وزن بدن و تنوع حرکات اهمیت خاصی دارد. این مفصل به‌همراه بافت‌های نرم و لیگامان‌های اطراف، حرکت و استحکام مچ پا را تأمین می‌کند. نشان داده شده است دقت حس وضعیت مفصل به‌خصوص در مفصل مچ پا در حفظ کارکرد درست مفصل در حین فعالیت‌های روزانه و ورزش و مهارت‌های شغلی^۱ لازم است (۲۴). در تحقیقات اخیر بی‌ثباتی عملکردی و مزمن مچ پا به نقص در کنترل عصبی-عضلانی، حس عمقی و کنترل وضعیتی ارتباط داده شده است که به عقیده محققان عامل حس عمقی و حس مفصلی نقش مهم‌تری دارد (۱۲، ۵).

آگاهی هر فرد از بدن خود و ارتباط آن با محیط اطراف، حس مفصلی^۲ نام دارد (۳۹، ۵). این حس موجب اطلاع فرد از وضعیت حرکت مفصل شده و در نهایت موجب نظم بخشیدن به انقباض عضلانی، حرکت مفصل و استحکام آن می‌شود (۳۹، ۳۵، ۵). گیرنده‌های حس عمقی در دوک‌های عضلانی^۳، دستگاه گلژی تاندون^۴، لیگامان‌ها، مفصل و پوست قرار دارند که اطلاعات آن از طریق تارهای قطور میلین داری مخابره می‌شود که جسم سلولی آنها در عقده‌های ریشه پشتی نخاع^۵ واقع است (۲۹، ۲۳). حس عمقی موجب برنامه‌ریزی سیستم عصبی-عضلانی جهت انجام و کنترل حرکت و همچنین انقباض‌های مناسب عضلانی می‌شود که در نهایت این دو عامل به ایجاد ثبات دینامیک مفصل می‌انجامد (۴۳، ۱۲). هر عاملی که موجب کاهش حس عمقی شود، با ایجاد بی‌ثباتی مکانیکی مفصل را مستعد ضربات خفیف و آسیب می‌کند. علاوه بر این با ایجاد ضایعات لیگامانی در مفصل، به‌طور معکوس حس عمقی مفصل بیشتر کاهش می‌یابد (۲۹، ۲۳، ۳).

-
1. Occupational task
 2. Articular sense
 3. Muscle spindles
 4. Golgi tendon organ
 5. Dorsal root ganglia

ناتوانی در حس وضعیت مفصل مچ پا موجب تغییر هماهنگی حرکت و الگوهای موتوری مانند تأخیر در زمان شروع انقباض و کاهش دامنه فعالیت عضلات اطراف مفصل می‌شود و احتمال پیچ‌خوردگی مفصل مچ پا را افزایش می‌دهد (۳۹، ۱). لیگامان‌های خارجی و کپسول مفصلی مچ پا غنی از گیرنده‌های حس عمقی‌اند، اعتقاد بر این است که اختلال در عملکرد این گیرنده‌ها در پیچ‌خوردگی مچ پا، سبب کاهش توانایی حس وضعیت مفصل می‌شود. بنابراین درون‌داده‌های ارسالی این گیرنده‌ها به سطوح بالاتر کاهش می‌یابد و به نقص در واکنش‌های عضلانی یا تغییر در جهت حرکات مفصلی منجر می‌شود (۳۶، ۱۹، ۸). قابلیت تشخیص حرکات در پا و پاسخ دادن به آن به‌وسیله تطابق پوسچر، در پیشگیری از آسیب مچ پا ضروری است (۴۷). محققان زیادی اظهار داشته‌اند که بی‌ثباتی عملکردی مچ پا مربوط به نقص در حس عمقی (۳۲)، بی‌ثباتی مکانیکی (۲۰) و ضعف عضلات نازک‌نی (۴۶) است. براساس نتایج مطالعات افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا دچار نقص در تشخیص وضعیت مفصل در حرکات اینورشن و پلانترفلکشن هستند. کاهش خطای بازسازی اینورشن از لحاظ کلینیکی و توانبخشی اهمیت دارد، زیرا نشان داده شده که خطای اینورشن بیشتر از ۷ درجه با افت (سقوط) ۵ میلی‌متری کنار خارجی پا برابر است، به‌گونه‌ای که اینورشن بیش‌ازحد هنگام تماس پا با زمین فرد را مستعد آسیب پیچ‌خوردگی مچ پا می‌کند (۲۲). برخی مطالعات در بررسی حس وضعیت مفصل مچ پای افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی در حرکت اینورشن نشان داده‌اند که در این افراد نقص در بازسازی زاویه مفصل به‌صورت فعال و غیرفعال در حرکت اینورشن وجود دارد (۲۲).

اخیراً درمان‌های محافظه‌کارانه بی‌ثباتی مزمن مچ پا به‌عنوان ابزار اصلی در مدیریت وضعیت و پیشگیری از آسیب مجدد پذیرفته شده‌اند (۱۷)، به‌گونه‌ای که تأثیر تمرین‌درمانی در کاهش خطر وقوع مجدد پیچ‌خوردگی مچ پا و بی‌ثباتی عملکردی مچ پا نشان داده شده است (۴۲). در این زمینه، ادریکل^۱ و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تأثیر شش هفته تمرینات عصبی-عضلانی بر عملکرد مچ پا در افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی پرداختند. در این مطالعه آزمودنی‌ها به مدت شش هفته برنامه تمرینی عصبی-عضلانی را شامل مهارت‌های کنترل قامت، قدرتی، پلایومتریک و چابکی، انجام دادند. متغیرها و روش‌های اندازه‌گیری‌شده در این تحقیق مقدار بی‌ثباتی عملکردی مچ پا براساس پرسشنامه CAIT، تست ستاره، پلانتر فلکشن در طول پرش و فرود عمودی و نیروی عکس‌العمل زمین بود. نتایج نشان داد این تمرینات موجب بهبود پارامترهای حسی-حرکتی در افراد دچار بی‌ثباتی عملکردی مچ پا می‌شود (۳۰).

وریس^۱ و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه مروری با عنوان «مداخلات درمانی بی‌ثباتی مزمن مچ پا» بیان داشتند که تمرینات عصبی-عضلانی به‌تنهایی می‌توانند در درمان بی‌ثباتی مزمن مچ پا مؤثر باشند (۱۰،۱۱). در همین زمینه نتایج مطالعه مک کوون^۲ و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که انجام تمرینات تعادلی پویا به بهبود کنترل وضعیتی پویای افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌انجامد (۲۸). نتایج مطالعه روزی^۳ و همکاران (۱۹۹۹) نیز نشان داد که انجام برنامه تمرین تعادلی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا به بهبود تعادل ایستادن روی یک پا و حس عمقی مفصل می‌انجامد (۳۷). همچنین، هال و همکاران (۲۰۰۷) (۱۷) همسو با نتایج اولمستد^۴ و همکاران (۲۰۰۲) (۳۱) گزارش کردند که افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی و مزمن مچ پا دارای نقص در کنترل وضعیتی در مقایسه با افراد سالم و نیز پای سالم خود هستند. آنها گزارش کردند که در پی انجام برنامه جامع بازتوانی تمرینات سنتی، امتیاز تست ستاره در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل بهبود بیشتری داشته است. در این مطالعه نشان داده شد که انجام تمرینات جامع بازتوانی می‌تواند در کاهش نقص‌های ایجادشده در اندام تحتانی مانند حس وضعیت مفصل نیز تأثیر داشته باشد (۱۷). در مطالعه مروری تأثیر برنامه‌های درمانی مختلف، وان در ویس^۵ و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند که تمرین درمانی با استفاده از تخته تعادل در پیشگیری از وقوع مجدد پیچ‌خوردگی مچ پا و بی‌ثباتی عملکردی آن تأثیرگذارتر از دیگر روش‌های تمرین درمانی است (۴۲).

با وجود این مطالعات، هندول^۶ و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه مروری نظام‌مند اظهار داشتند که شواهد اندکی از کاهش پیچ‌خوردگی مجدد مچ پا پس از به‌کارگیری تمرینات تعادلی حمایت می‌کند. آنها اظهار داشتند که هنوز مدارک و شواهد بیشتری پیش از به‌کارگیری گسترده این تمرینات نیاز است (۱۸). گربر^۷ و همکاران (۱۹۹۸) نیز با وجود مزایای بازتوانی، نتایج بالینی ضعیفی را اظهار داشته‌اند (۱۶). مک کوون و همکاران (۲۰۰۸) نیز اظهار داشته‌اند که نتایج مرور مطالعات انجام‌گرفته به‌گونه‌ای نیست که به‌طور یقین نتیجه گرفت تمرینات تعادلی به افزایش حس وضعیت مفصل افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا منجر می‌شود (۲۷). با توجه به تناقض‌ها و محدودیت‌های نتایج تحقیقات

1. Vries
2. Mckeon
3. Rozzi
4. Olmsted
5. Van der Wees
6. Handoll
7. Gerber

قبلی، تحقیق حاضر در نظر دارد با استفاده از یک طرح تحقیق کارآزمایی بالینی تصادفی سازی شده به بررسی اثر شش هفته تمرینات عصبی-عضلانی تحت نظارت بر بهبود عملکرد و حس وضعیت مفصل مچ پای ورزشکاران پسر مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا بپردازد.

روش تحقیق

تحقیق حاضر یک کارآزمایی بالینی تصادفی سازی شده بود که در آن ورزشکاران مبتلا به بی ثباتی مچ پا با توجه به ملاک‌های تحقیق به طور تصادفی به دو گروه تمرینات عصبی-عضلانی و گروه کنترل تقسیم شدند. گروه تمرینی ۱۸ جلسه تمرینات عصبی-عضلانی تحت نظارت را در طول شش هفته انجام دادند. در طول مدت تحقیق گروه کنترل سطح فعالیت خود پیش از شرکت در مطالعه را حفظ کردند. مقادیر حس وضعیت مفصل و عملکرد خوداظهاری، پیش و پس از شش هفته مداخله تمرینی در هر دو گروه تمرین و کنترل توسط محقق اندازه‌گیری شد. همچنین برای اینکه آزمون‌گیرنده از اطلاعات تحقیق آگاهی نداشته باشد، مقادیر عملکرد خوداظهاری و حس وضعیت مفصل توسط همکاران تحقیق ثبت شد و محقق از مقادیر آنها تا پایان تحقیق بی اطلاع بود.

۲۸ دانشجوی تربیت بدنی ورزشکار پسر مبتلا به بی ثباتی عملکردی در این مطالعه شرکت داشتند. تعداد نمونه با استفاده از نتایج مطالعات قبلی و فرمول آماری تعیین حجم نمونه^۱ برای هر گروه حداقل ۱۲ نفر محاسبه شد که با احتساب ریزش احتمالی نمونه‌ها، ۱۴ آزمودنی برای شرکت در هر گروه در نظر گرفته شد. ملاک‌های ورود به تحقیق عبارت بودند از: سن بین ۱۸ تا ۳۰ سال، سابقه حداقل یک بار آسیب اینورشنی مچ پا در دو سال گذشته که نیازمند مدتی محافظت به صورت عدم تحمل وزن و بی تحرکی بوده باشد؛ حداقل دو بار احساس بی ثباتی مچ پا یا احساس خالی شدن^۲ مفصل در حین انجام فعالیت‌های روزمره یا ورزشی در دو سال گذشته؛ توانایی نمونه در تحمل وزن به طور کامل، راه رفتن طبیعی و دامنه کامل حرکتی مفصل مچ پا هنگام تحقیق حاضر. ملاک‌های عدم ورود به تحقیق داشتن سابقه آسیب در اندام تحتانی، داشتن نشانه‌های پیچ خوردگی حاد در مچ پا (مانند التهاب و

$$1. n = \frac{(z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta})^2 \sigma^2}{\delta^2}$$

2. Giving Way

حساسیت) در شش هفته گذشته، داشتن سابقه جراحی در اندام تحتانی، اختلالات تعادل مانند بیماری‌ها سیستمیک، دیابت، اختلالات وضعیتی اندام تحتانی، ستون فقرات و کف پا، داشتن سابقه شرکت در برنامه توانبخشی در شش ماه گذشته و داشتن بی‌ثباتی مکانیکی مفصل مچ پا از طریق مثبت بودن آزمون کشویی قدامی^۱ و تیلت تالار^۲ در معاینه پزشک متخصص بود. ملاک‌های خروج از تحقیق عبارت بودند از: عدم رضایت فرد برای ادامه همکاری؛ ایجاد درد در حین آزمون‌ها، به‌صورتی که فرد قادر به همکاری نباشد؛ تشخیص محقق به اینکه فرد در طول مطالعه همکاری مناسب را نخواهد داشت؛ شرکت نکردن در پس‌آزمون حداکثر یک هفته پس از پایان برنامه تمرینی و غیبت در چهار جلسه تمرینی. پیش از اندازه‌گیری‌ها همه نمونه‌ها برگه رضایت آگاهانه شرکت در مطالعه را امضا کردند. پس از کسب رضایت آگاهانه، نمونه‌ها توسط همکار محقق به‌صورت تصادفی به دو گروه تمرین ((میانگین \pm انحراف استاندارد) سن، $21/11 \pm 0/93$ سال؛ وزن، $71/11 \pm 10/9$ کیلوگرم؛ قد $179/56 \pm 3/64$ سانتی‌متر؛ شاخص توده بدن $21/81 \pm 2/89$ کیلوگرم بر متر مربع) و کنترل ((میانگین \pm انحراف استاندارد) سن، $21/33 \pm 1/56$ سال؛ وزن، $68/85 \pm 6/06$ کیلوگرم؛ قد $177/25 \pm 9/7$ سانتی‌متر؛ شاخص توده بدن $21/91 \pm 1/67$ کیلوگرم بر متر مربع) تقسیم شدند.

اندازه‌گیری حس وضعیت مفصل

برای اندازه‌گیری حس وضعیت مفصل از گونیامتر حس عمقی مچ پا با ضریب همبستگی درون‌آزمونگر $0/97$ و ضریب همبستگی برون‌آزمونگر $0/87$ استفاده شد. با توجه به تحقیقات قبلی زاویه‌های مورد نظر برای بازسازی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه اینورشن انتخاب شدند. نشان داده شده است افراد اغلب در این دامنه حرکتی، در طول فعالیت ورزشی دچار آسیب می‌شوند (۴۱). برای کاهش تأثیر عوامل دیگر و تغییر خطا انتخاب زاویه هدف برای هر آزمودنی به‌صورت تصادفی انجام گرفت (۴۱).

به‌منظور اندازه‌گیری گونیامتر حس عمقی مچ پای مبتلا به بی‌ثباتی، آزمودنی با پای برهنه به‌طوری‌که زانو در زاویه ۷۰ درجه فلکشن باشد، روی صندلی قرار می‌گرفت. سپس پای خود را درحالی‌که مچ پایش ۲۰ درجه پلانتر فلکشن داشت، روی سطح گونیامتر قرار می‌داد. برای اندازه‌گیری زاویه‌های مذکور از گونیامتر ساده مطابق روش رجیبی و کریم‌زاده اردکانی (۱۳۹۱) استفاده شد (۳۳). در ادامه بندهای گونیامتر روی پای آزمودنی بسته می‌شد (شکل ۱). این گونیامتر قابلیت چرخش به سمت

1. Anterior Drawer Test
2. Talar Tilt Test

اینورشن و اورشن را دارد و براساس محور اصلی پا مقدار زاویه چرخش را نشان می‌دهد. هر آزمودنی به گونه‌ای پای خود را روی سطح گونیامتر قرار می‌داد که شاخص تعیین شده برای پاشنه در مرکز آن قرار داشت و انگشت دوم پا نیز روی شاخص مرکزی گونیا متر قرار می‌گرفت (۳۳).



شکل ۱. نحوه نشستن و قرارگیری پا روی گونیامتر

در این تحقیق برای اندازه‌گیری حس وضعیت مفصل از روش بازسازی وضعیت قبلی به صورت فعال^۱ استفاده شد. بدین منظور پای آزمودنی به صورت تصادفی توسط آزمونگر به یکی از زاویه‌های هدف ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه هدایت (۴۱) شده و در موقعیت زاویه هدف به مدت ۵ ثانیه نگاه داشته می‌شد و پس از آن به زاویه صفر درجه برگردانده می‌شد (شکل ۲). سپس با بستن چشم آزمودنی با چشم‌پند (به منظور جلوگیری از بازخورد بینایی) از او خواسته می‌شد تا زاویه هدف را با چشمان بسته به صورت فعال سه مرتبه بازسازی کند. میانگین اختلاف بین زاویه هدف و زاویه بازسازی شده در سه تکرار به عنوان امتیاز آزمودنی در این تست لحاظ شد.



شکل ۲. نحوه اندازه‌گیری و هدایت به سمت زاویه هدف

1. Reproduction of active position sense

مقیاس سنجش توانایی پا و مچ پا^۱

همه آزمودنی‌ها پرسشنامه اندازه‌گیری توانایی مچ پا و پا در فعالیت‌های روزانه و ورزش را به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد در ابتدا و انتهای تحقیق تکمیل کردند. پرسشنامه اندازه‌گیری توانایی مچ پا و پا برای ارزیابی خوداظهاری عملکرد بدنی افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا طراحی شده است و به‌منظور اندازه‌گیری عینی اختلالات اسکلتی عضلانی اندام تحتانی، مچ پا و پا استفاده می‌شود (۲۵). بخش مرتبط با اندازه‌گیری توانایی مچ پا و پا در فعالیت‌های روزانه این

پرسشنامه، دارای ۲۱ سؤال مرتبط با فعالیت‌های زندگی روزمره؛ و بخش مرتبط با فعالیت‌های ورزشی، دارای ۸ سؤال است که ناتوانی‌های ناشی از آسیب مچ پا در اجرای فعالیت‌های بدنی و ورزشی را ارزیابی می‌کند. این پرسشنامه‌ها ابزاری پایا و معتبر برای ارزیابی عملکرد بدنی به‌طور خوداظهاری هستند. پایایی این پرسشنامه برای فعالیت بدنی روزانه و ورزشی به‌ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۸۷ گزارش شده است (۲۵). این مقادیر برای نسخه فارسی این پرسشنامه به‌ترتیب ۰/۹۷ و ۰/۹۴ گزارش شده است (۲۶). در این پرسشنامه هر سؤال با یک جواب پاسخ داده می‌شود که نزدیک‌ترین توصیف برای موقعیت سؤال شده در هفته گذشته است. چنانچه به دلایلی فعالیت به‌دلیل وجود مشکل در ناحیه دیگری از بدن دچار محدودیت شده باشد، پاسخ "بی‌ارتباط است" به سؤال داده می‌شود. فعالیت بدنی با نمره‌های ۴، ۳، ۲، ۱، ۰ و غیرمرتبط رتبه‌بندی می‌شود که به‌ترتیب در محدوده بدون هیچ‌گونه سختی، کمی سخت است، سخت است، واقعاً سخت است، نمی‌توانم و بی‌ارتباط است، دسته‌بندی می‌شود. نمره پرسشنامه اندازه‌گیری توانایی مچ پا و پا در فعالیت‌های روزانه درصدی از یک نمره کلی ۴۸ است، درحالی‌که نمره پرسشنامه مربوط به فعالیت‌های ورزشی درصدی از یک نمره کلی ۳۲ است (۲۶).

برنامه تمرینی

شرکت‌کنندگان گروه تمرین در برنامه تمرینات عصبی-عضلانی پیش‌رونده برگرفته از برنامه تمرینی کلارک و بوردن (۲۰۰۵) (۶) در ۱۸ جلسه تمرینی تحت نظارت به‌صورت سه جلسه در هر هفته شرکت کردند. با توجه به اینکه سازگاری‌های عصبی در اجرای عضلانی در حدود چهار هفته ایجاد می‌شوند (۱۵) و توصیه‌های وبستر و گریبیل (۲۰۱۰) در مرور نظام‌مند مداخلات بازتوانی عملکردی برای بی‌ثباتی مچ پا (۴۴)، مدت اجرای تمرینات شش هفته در نظر گرفته شد. هر جلسه تمرینی حدود ۱۵ دقیقه به طول انجامید و شامل برنامه گرم کردن استاندارد ۵ دقیقه رکاب زدن روی دوچرخه ثابت و

1. Foot and Ankle Ability Measure

کشش عضلات اندام تحتانی بود. تمرینات با استفاده از تخته تعادل با ابعاد ۴۰ در ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و تخته لغزان با قطر ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر انجام گرفت. شرکت‌کنندگان گروه تمرین برنامه تمرینات عصبی-عضلانی مندرج در جدول ۱ را با توجه به برنامه پیش‌رونده نمایش داده‌شده در جدول ۲ اجرا کردند. محقق چگونگی انجام هر تمرین را پیش از اجرا برای شرکت‌کنندگان به صورت عملی اجرا می‌کرد و توضیحات آن در کتابچه‌ای که در اختیار شرکت‌کنندگان بود، شرح داده شده بود. در سطوح اولیه انجام تمرینات به منظور کاهش سختی انجام تمرینات یک تشک تمرینی در زیر تخته تعادل قرار می‌گرفت. مطابق جدول پیشرفت تمرینات، محقق شرکت‌کنندگان را ترغیب می‌کرد تا با قرار دادن دست‌ها روی پهلوها تا حد امکان کمک گرفتن از ثبات اندام فوقانی در اجرای تمرینات را به حداقل برسانند. در صورت نیاز در اولین وهله انجام هر تمرین، انجام آن با کمک محقق صورت می‌گرفت. زمان انجام تمرینات با استفاده از زمان‌سنج و توسط محقق کنترل می‌شد.

هرچند ۲۸ شرکت‌کننده در تحقیق شرکت کردند، داده‌های ۴ شرکت‌کننده (۲ نفر گروه کنترل، ۲ نفر گروه تمرین) در تجزیه و تحلیل نهایی لحاظ نشد. در گروه کنترل دو نفر در پس‌آزمون شرکت نکردند و در گروه تمرین یک نفر به دلایل شخصی از ادامه تمرینات انصراف داد و یک نفر به دلیل غیبت در چهار جلسه پایانی تمرینی از مطالعه کنار گذاشته شد.

جدول ۱. شرح تمرینات تخته تعادل گروه تمرین

شماره تمرین	دستورالعمل
۱	ایستادن با پاهای موازی روی تخته و سپس تخته را به سمت عقب و جلو حرکت دادن. ادامه حرکت به مدت ۳۰ ثانیه، سپس ۱۰ ثانیه استراحت.
۲	ایستادن با پاهای موازی روی تخته و سپس تخته را به سمت طرفین حرکت دادن. ادامه حرکت به مدت ۳۰ ثانیه، سپس ۱۰ ثانیه استراحت.
۳	ایستادن روی تخته لغزان درحالی‌که پاها از یکدیگر کمی بازند (در حدود ۲۰ درجه) و در یک حرکت دورانی تخته را از جلو به سمت طرفین حرکت دادن. ادامه حرکت به مدت ۳۰ ثانیه ادامه، سپس ۱۰ ثانیه استراحت
۴	تکرار تمرینات ۱ تا ۳ درحالی‌که زانوها کمی خم است و دست‌ها روی باسن قرار گرفته است.
۵	ایستادن با پای آسیب‌دیده روی تخته و حفظ تعادل تخته به مدت ۱۰ ثانیه، تکرار تمرین در شش وهله با استراحت‌های ۱۰ ثانیه‌ای بین هر دو تکرار
	چنانچه در مرحله ۵ تعادل بدون به هم خوردن ثبات تخته حفظ شد، پس از آن تمرین با چشم بسته کامل می‌شود.

جدول ۲. برنامه پیش‌رونده گروه تمرینی

شماره تمرین - تعداد تکرار - وضعیت چشم‌ها	هفته
تمرین ۱ - تمرین ۲ - تکرار ۱۰ - چشم باز - آشنایی با تمرین ۳ روی پد - آشنایی با تمرین ۱ و ۲ با چشم بسته	اول
تمرین ۱ - تمرین ۲ - تکرار چشم باز - ۴ تکرار چشم بسته - تمرین ۳ - تکرار ۵ - چشم باز - آشنایی با تمرین ۳ چشم بسته روی پد	دوم
تمرین ۱ - تمرین ۲ - تکرار چشم بسته - تمرین ۳ - ۵ تکرار چشم باز - ۵ تکرار چشم بسته	سوم
تمرین ۴ (۱) - تمرین ۴ (۲) - تکرار ۱۰ - چشم باز - تمرین ۴ (۳) - ۵ تکرار - با چشم باز - تمرین ۴ (۳) - آشنایی با تمرین ۴ (۱)، ۴ (۲)، ۴ (۳) با چشم بسته	چهارم
تمرین ۴ (۱) - تمرین ۴ (۲) - تکرار چشم باز - ۴ تکرار چشم بسته - تمرین ۴ (۳) - ۵ تکرار چشم باز - ۳ تکرار چشم بسته - آشنایی با تمرین ۵ روی پد	پنجم
تمرین ۴ (۱) - تمرین ۴ (۲) - تکرار ۴ - چشم بسته - تمرین ۴ (۳) - ۵ تکرار چشم بار - ۵ تکرار چشم بسته - تمرین ۵ - در صورت تکمیل تمرین ۵ انجام تمرین ۶	ششم

روش آماری

از آزمون تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری به منظور بررسی اثر تعاملی زمان (دارای ۲ سطح قبل از مداخله و بعد از مداخله) بر گروه (دو گروه تمرین و کنترل) در مقادیر حس وضعیت مفصل و عملکرد خوداظهاری استفاده شد. در صورت معناداری اثر تعاملی زمان بر گروه از آزمون‌های تعقیبی تی زوجی برای مقایسه درون‌گروهی بین متغیرهای پیش‌آزمون و پس‌آزمون و تی مستقل برای مقایسه بین‌گروهی متغیرها در پس‌آزمون استفاده شد. همچنین، به منظور بررسی وجود اختلاف در مشخصات آنتروپومتریکی بین گروه تمرین و کنترل از آزمون تی مستقل و برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها در هر متغیر از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد.

اندازه اثر^۱ برنامه تمرینی برای هر یک از اختلافات معنادار متغیرهای بین‌گروهی به روش دی کوهن^۲ سنجیده شدند. اندازه اثر ۰/۲ تا ۰/۵ کوچک، اندازه اثر ۰/۵ تا ۰/۸ متوسط و اندازه اثر ۰/۸ به بالا بزرگ در نظر گرفته شد (۷). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ تحت ویندوز و در سطح آلفای کوچک‌تر و برابر ۰/۰۵ انجام گرفت.

1. Effect Size
2. Cohen's d

یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که در تمامی متغیرهای مطالعه توزیع داده‌ها نرمال است. همچنین نتایج آزمون تی مستقل نشان داد بین سن، قد، وزن و شاخص توده بدن بین گروه تمرین و کنترل اختلاف معناداری وجود ندارد ($P > 0/05$).

نتایج آزمون آماری تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری نشان داد که تعامل زمان \times گروه برای میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل مچ پا ($F_{2,40} = 4/28, P = 0/04$) و مقادیر مقیاس سنجش توانایی پا و مچ در فعالیت‌های روزانه ($F_{2,40} = 8/13, P = 0/009$) و ورزشی ($F_{2,40} = 18/65, P = 0/001$) معنادار است.

مقایسه این یافته‌ها با استفاده از آزمون تی زوجی در گروه تمرین نشان داد که در مقادیر میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل مچ پا و مقادیر مقیاس سنجش توانایی پا و مچ پا در فعالیت‌های روزانه و ورزشی بهبود معناداری در امتیازهای پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون وجود داشت (جدول ۳). همچنین، با استفاده از آزمون تی مستقل نشان داده شد که در پس‌آزمون، امتیاز گروه تمرین در مقادیر پرسشنامه‌های اندازه‌گیری توانایی مچ پا و پا در فعالیت‌های روزانه و ورزشی و نیز مقادیر میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل مچ پا بهتر از امتیاز پس‌آزمون در گروه کنترل است (جدول ۳).

جدول ۳. مقادیر میانگین، انحراف استاندارد و فاصله اطمینان^۱ ($\pm 95\%$) خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل مچ پا و پرسشنامه اندازه‌گیری توانایی مچ پا و پا در پیش‌آزمون و پس‌آزمون برای گروه کنترل و تمرین

اندازه اثر	پس‌آزمون		پیش‌آزمون		میانگین خطای مطلق بازسازی زاویه مفصل (95% CI)
	تمرین	کنترل	تمرین	کنترل	
- 0/95	$0/19 \pm 1/36$ *† (0/87-1/85)	$1/14 \pm 2/14$ (1/65-2/63)	$0/88 \pm 2/23$ (1/69-2/77)	$0/91 \pm 2/36$ (1/82-2/90)	
1/6	$4/62 \pm 96/15$ *† -100/01 (92/21)	$8/09 \pm 85/58$ (81/63-89/52)	$8/98 \pm 83/44$ (77/12-89/77)	$11/95 \pm 82/35$ (76/03-88/68)	FAAM (%95 CI)
2/39	$8/46 \pm 92/04$ *† -98/64 (85/45)	$13/07 \pm 65/73$ (59/14-72/33)	$19/00 \pm 65/44$ (55/52-75/36)	$13/72 \pm 66/01$ (56/09-75/93)	FAAM sport (%95 CI)

*. میزان امتیاز بیشتر معنادار گروه تمرین نسبت به گروه کنترل در پس‌آزمون ($P < 0/05$)

†. میزان امتیاز بیشتر معنادار پس‌آزمون گروه تمرین نسبت به پیش‌آزمون ($P < 0/01$)

1. Confidence Interval (CI)

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که انجام شش هفته تمرینات پیش‌رونده تحت نظارت عصبی-عضلانی با تخته تعادل و تخته لغزان به‌طور معناداری حس وضعیت مفصل اندازه‌گیری‌شده توسط گونیامتر حس عمقی مچ پا و عملکرد خوداظهاری اندازه‌گیری‌شده توسط پرسشنامه اندازه‌گیری توانایی مچ پا را در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بهبود می‌بخشد.

یکی از مکانیسم‌ها و ریسک‌فاکتورهای رایج اسپرین خارجی مچ پا، تماس پا با زمین همراه با اینورشن بیش‌ازحد است. در عین حال نشان داده شده است افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در تشخیص وضعیت مفصل در حرکات اینورشن و پلاننار فلکشن دچار نقص‌اند (۲۲). تمرینات تخته لغزان یا تخته تعادل یکی از روش‌های رایج در بازتوانی بی‌ثباتی عملکردی مچ پا است که برای کمک به بازآموزی سیستم حس عمقی از طریق بهبود عملکرد گیرنده‌های مکانیکی مفصل و بازگرداندن حلقه بازخورد عصبی-عضلانی نرمال، طراحی شده است (۳۷). کلارک و بردن^۱ (۲۰۰۵) در بررسی اثر چهار هفته برنامه تمرینی تخته تعادل بر روی افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی نشان دادند که این برنامه تمرینی موجب بهبود حس ثبات می‌شود (۶). همچنین روزی و همکاران (۱۹۹۹) بهبود در عملکرد را پس از چهار هفته تمرین تعادلی گزارش کردند (۳۷). اسکیر و همکاران (۲۰۰۷) نیز بهبود چشمگیری را در حس عمقی (پیش‌آزمون ۱۰ درجه اینورشن $1/16 \pm 2/35$ ، پس‌آزمون $0/62 \pm 1/33$ و پیش‌آزمون ۲۰ درجه اینورشن، $2/16 \pm 3/10$ ، پس‌آزمون $0/98 \pm 2/19$) پس از برنامه تمرینی ایزوکینتیک گزارش کرده‌اند (۴۰). کوگالان^۲ و همکاران (۲۰۰۷) نیز به بررسی چهار هفته تمرینات عصبی-عضلانی بر الگوی راه رفتن در مفصل مچ پا پرداختند. در مطالعه آنها آزمودنی‌ها ۷ فرد سالم و ۳ فرد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بودند که وضعیت و سرعت مفصل آنها در صفحه فرونتال و ساجیتال در طول راه رفتن و دویدن روی تردمیل بررسی شد. یافته‌ها نشان داد پس از تمرینات تغییری در وضعیت مفصل این افراد مشاهده نشد (۹). کوگالان و همکاران حجم کم نمونه آماری، استفاده از گروه سالم به‌عنوان گروه کنترل، انجام تمرینات بدون نظارت محقق و ناکافی بودن مدت تمرینات برای ایجاد تغییرات قابل اندازه‌گیری در کینماتیک راه رفتن را دلایل احتمالی عدم مشاهده اثر این تمرینات در وضعیت مفصل مچ پا گزارش کرده‌اند (۹).

-
1. Clark & Burden
 2. Goughlan

نتایج این مطالعه بهبود معناداری را در مقادیر زاویه بازسازی مفصل مچ پای گروه تمرین در مقایسه با مقادیر پس‌آزمون گروه کنترل نشان داد. اندازه اثر میزان بهبود در مقادیر این متغیر ۰/۹۵ بود که بزرگ است (۷). با توجه به مکانیسم تمرین با تخته لغزان و تخته تعادل فرد برای حفظ تعادل به فعالیت عضلات نازک نئی و عضله ساقی خلفی (چرخش‌دهنده‌های داخلی و خارجی) نیاز دارد. به نظر می‌رسد افزایش حس وضعیت مفصل در حرکت اینورشن پس از دوره تمرینی به علت تأثیر این تمرینات بر مکانورسپتورهای این عضلات، که در فعالیت‌های عادی فعال نیستند، باشد که در نتیجه آن درون‌داد-های ارسالی این گیرنده‌ها به سطوح بالاتر افزایش یافته و به بهبود واکنش‌های عضلانی یا تغییر جهت حرکات مفصلی منجر شده و از این طریق موجب بهبود حس وضعیت مفصل در حرکت اینورشن شده است (۱۴).

علت احتمالی دیگر افزایش حس وضعیت مفصل در این تحقیق را می‌توان به بهبود قدرت عضلات مربوطه نیز نسبت داد. نشان داده شده است که شش هفته تمرینات پیش‌رونده عصبی-عضلانی با تخته تعادل موجب افزایش قدرت و فعالیت عضلانی عضلات ساق پا در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا می‌شود (۳۸). بهبود حس وضعیت مفصل پس از به‌دست آمدن قدرت در عضلات ممکن است به دو دلیل باشد: اول اینکه، عدم تعادل بین قدرت عضلات اینورتور و اورتور ممکن است موجب بی‌ثباتی مکانیکی مفصل مچ پا و متعاقب آن تحریک پایانه‌های آزاد عصبی شود. افزایش قدرت احتمالاً از طریق بهبود تعادل بیومکانیکی مچ پا به حذف تحریک پایانه‌های آزاد عصبی و در نتیجه افزایش انتقال تارهای نوع A بتا به سیستم عصبی مرکزی منجر می‌شود که این مسئله باعث تحریک حس عمقی و افزایش حس وضعیت مفصل می‌شود (۴۰). دلیل دوم، ممکن است افزایش فعالیت دوک‌های عضلانی و ارگان‌های وتری گلژی باشد. هنگامی که مفصل حرکت می‌کند، باید ایمپالس‌ها از سطوح مختلف سیستم عصبی برای فراهم کردن سیگنال‌های حس عمقی بالا بیابند که این شامل ورودی‌های آورانی لیگامنت-ها و کپسول مفصلی و علاوه بر آنها ورودی گیرنده‌های حس عمقی موجود در پوست، عضلات (دوک‌های عضلانی) و تاندون‌ها (ارگان وتری گلژی) می‌شود. پس از تقویت ساختارهای عضلانی افزایش توانایی حس عمقی از طریق تحریک گیرنده‌های دوک‌های عضلانی و ارگان‌های وتری گلژی صورت می‌گیرد. دوک‌های عضلانی تحریک را از وایبران‌های عصبی گاما به‌صورت ایستا و پویا دریافت می‌کنند. احتمالاً تمرینات زنجیره بسته تخته تعادل با افزایش قدرت سبب افزایش فعالیت وایبران‌های گاما و در نتیجه افزایش دقت حس وضعیت مفصل شده است (۱۳).

در مطالعه حاضر پس از انجام شش هفته تمرینات پیش‌رونده تحت نظارت عصبی-عضلانی با تخته تعادل ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بهبود معناداری در عملکرد خوداظهاری گزارش کردند. اندازه اثر میزان بهبود در مقادیر پرسشنامه‌های اندازه‌گیری توانایی مچ پا و پا در فعالیت‌های روزانه و ورزشی در مقایسه با گروه کنترل در پس‌آزمون به ترتیب ۱/۶ و ۲/۳۹ بود که هر دو این اندازه اثرها بزرگ‌اند. در مقایسه با پیش‌آزمون تغییر معناداری در مقدار عملکرد گروه کنترل در امتیاز این دو پرسشنامه در پس‌آزمون مشاهده نشد، که نشان می‌دهد برنامه تمرینی در بازگرداندن عملکرد خوداظهاری مؤثر بوده است. مشابه نتایج این تحقیق روزی و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که انجام چهار هفته تمرینات تعادلی بر روی بایودکس در گروه افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا امتیاز ابزار ارزیابی عملکرد مچ پا در مقایسه با گروه کنترل سالم را به‌طور معناداری افزایش داده بود (۳۷). کلارک و بوردن (۲۰۰۵) نیز با استفاده از همین پرسشنامه گزارش کردند که مقادیر درک ثبات مفصل مچ پا پس از انجام چهار هفته تمرینات تعادلی بر روی تخته تعادل افزایش معناداری نشان داد (۶). مک کیون و همکاران (۲۰۰۸) نیز نشان دادند که انجام چهار هفته تمرینات تعادلی پویا می‌تواند به ارتقای عملکرد خوداظهاری اندازه‌گیری‌شده توسط پرسشنامه شاخص ناتوانی مچ پا و پا در فعالیت‌های روزانه و ورزشی افراد غیرورزشکار مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بینجامد (۲۸). در همین زمینه وبستر و گریبل^۱ (۲۰۱۰) در مرور نظام‌مند مداخلات بازتوانی عملکردی برای بی‌ثباتی مزمن مچ پا اظهار داشتند که استفاده از تمرینات بازتوانی زنجیره بسته به مدت چهار تا شش هفته و سه تا چهار جلسه در هفته به بهبود معنادار عملکرد خوداظهاری افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا می‌انجامد (۴۴) که با نتایج پژوهش حاضر همسوست. دلیل احتمالی بهبود در مقادیر عملکرد خوداظهاری شرکت‌کنندگان در تمرینات عصبی-عضلانی احتمالاً ناشی از کاهش محدودیت‌های به‌وجودآمده بر سیستم حسی-حرکتی در نتیجه این تمرینات (۲۸) است. بررسی تحریک‌پذیری قشر-حرکتی عضله نازک‌نی بلند در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا، ارتباط معناداری را میان مقادیر شاخص ناتوانی مچ پا و پا در فعالیت‌های روزانه و ورزشی و تحریک‌پذیری قشر-حرکتی عضله نازک‌نی نشان داده است (۲). کلارک و بوردن (۲۰۰۵) نیز پس از اجرای چهار هفته تمرینات تخته تعادل و تخته لغزان در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا کاهش معناداری را در تأخیر زمان شروع فعالیت عضلات نازک‌نی، و درشت‌نی قدامی گزارش کرده‌اند (۶).

با توجه به نتایج دو مطالعه مذکور، بهبود نشان داده شده در عملکرد خوداظهاری نمونه‌های مطالعه حاضر احتمالاً ناشی از تغییر در تحریک‌پذیری قشر-حرکتی عضلات ثبات‌دهنده ناحیهٔ مچ پا است. برنامهٔ تمرینی به‌کارگرفته شده در مطالعه حاضر با استفاده از تختهٔ تعادل و تختهٔ لغزان انجام گرفت. تختهٔ تعادل و تختهٔ لغزان اغلب به‌عنوان وسیلهٔ اصلی در پروتکل‌های بازتوانی اسپرین حاد و نیمه‌حاد استفاده می‌شود. در همین زمینه وستر^۱ و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که برنامه‌های تمرینی تختهٔ تعادل ابزاری مؤثر برای تمرین و پیشگیری از آسیب مجدد مچ پا پس از وقوع اولین آسیب مچ پا هستند (۴۵). نتایج مطالعهٔ وبستر و گریبیل (۲۰۱۰) در مرور نظام‌مند مداخلات بازتوانی عملکردی برای بی‌ثباتی مزمن مچ پا نیز تأکید دارد که انجام تمرینات تختهٔ تعادل در بازتوانی مراحل چندگانهٔ بی‌ثباتی مچ پا بسیار تأثیرگذار است (۴۴). نتایج مطالعه حاضر نیز مؤثر بودن انجام تمرینات بازتوانی تختهٔ تعادل و تختهٔ لغزان در بهبود عملکرد خوداظهاری و حس وضعیت مفصل ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا را نشان داد.

هرچند تغییراتی در مقادیر عملکرد خوداظهاری شده و حس وضعیت مفصل نمونه‌ها پس از انجام تمرینات عصبی-عضلانی با تختهٔ تعادل و تختهٔ لغزان مشاهده شد، هنوز مشخص نشده است که آیا این تغییرات ایجاد شده در سیستم حسی-حرکتی به کاهش خطر آسیب مجدد در این افراد بینجامد، از این رو پیشنهاد می‌شود اثر تمرینات عصبی-عضلانی با تختهٔ تعادل و تختهٔ لغزان به‌عنوان درمانی پیشگیرانه در کاهش وقوع اسپرین مچ پا در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا به‌صورت نظام‌مند مطالعه شود. همچنین، برای بررسی ماندگاری اثر این تمرینات، پیگیری نتایج پیشنهاد می‌شود. در تفسیر و به‌کارگیری یافته‌های تحقیق حاضر باید عملکردی نبودن آزمون اندازه‌گیری حس وضعیت مفصل و احتمال خطای حسی ناشی از تماس گونیامتر با پوست بدن را لحاظ کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد شش هفته تمرینات پیش‌رونده تحت نظارت عصبی-عضلانی با تختهٔ تعادل و تختهٔ لغزان، به‌طور معناداری عملکرد خوداظهاری اندازه‌گیری شده با پرسشنامهٔ اندازه‌گیری توانایی مچ پا و حس وضعیت مفصل اندازه‌گیری شده توسط گونیامتر حس عمقی مچ پای ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی

عملکردی مچ پا را بهبود می‌بخشد. به نظر انجام تمرینات پیش‌رونده تحت نظارت عصبی-عضلانی با تخته تعادل و تخته لغزان توانایی سیستم حسی-حرکتی را در غلبه بر محدودیت‌های به‌وجودآمده بر سیستم حسی-حرکتی در نتیجه بی‌ثباتی عملکردی افزایش می‌دهد.

منابع و مآخذ

1. Bouët, V. and Y. Gahery. (2000). "Muscular exercise improves knee position sense in humans". *Neuroscience letters*. 289(2): p. 143-146.
2. Bowker, S., et al. (2016). "Neural Excitability and Joint Laxity in Chronic Ankle Instability, Coper, and Control Groups". *Journal of athletic training*. 51(4): p. 336-343.
3. Boyle, J. and V. Negus. (1998). "Joint position sense in the recurrently sprained ankle". *Australian Journal of Physiotherapy*. 44(3): p. 159-163.
4. Brooks, S., B. Potter, and J. Rainey. (1981). "Treatment for partial tears of the lateral ligament of the ankle: a prospective trial". *Br Med J (Clin Res Ed)*. 282(6264): p. 606-607.
5. Clark, F., R. Burgess, J.W. Chapin, and W. Lipscomb. (1985). "Role of intramuscular receptors in the awareness of limb position". *Journal of Neurophysiology*. 54(6): p. 1529-1540.
6. Clark, V.M. and A.M. Burden. (2005). "A 4-week wobble board exercise programme improved muscle onset latency and perceived stability in individuals with a functionally unstable ankle". *Physical therapy in sport*. 6(4): p. 181-187.
7. Cohen, J. (1992). "Statistical power analysis". *Current directions in psychological science*. 1(3): p. 98-101.
8. Cordova, M.L., C.D. Ingersoll, and R.M. Palmieri. (2002). "Efficacy of prophylactic ankle support: an experimental perspective". *Journal of Athletic Training*. 37(4): p. 446.
9. Coughlan, G. and B. Caulfield. (2007). "A 4-week neuromuscular training program and gait patterns at the ankle joint". *Journal of athletic training*. 42(1): p. 51.
10. de Vries, J.S., R. Krips, I.N. Sierevelt, L. Blankevoort, and C. van Dijk. (2011). "Interventions for treating chronic ankle instability". *The Cochrane Library*.
11. de Vries, J.S., R. Krips, I.N. Sierevelt, L. Blankevoort, and C. van Dijk. (2011). "Interventions for treating chronic ankle instability". *Cochrane Database Syst Rev*. 8.

12. Devanne, H. and B. Maton. (1998). "Role of proprioceptive information in the temporal coordination between joints". *Experimental brain research*. 119(1): p. 58-64.
13. Docherty, C.L., J.H. Moore, and B.L. Arnold. (1998). "Effects of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankles". *Journal of athletic training*. 33(4): p. 310.
14. Fitzgerald, D., N. Trakarnratanakul, B. Smyth, and B. Caulfield. (2010). "Effects of a wobble board-based therapeutic exergaming system for balance training on dynamic postural stability and intrinsic motivation levels". *J Orthop Sports Phys Ther*. 40(1): p. 11-9.
15. Gabriel, D.A., G. Kamen, and G. Frost. (2006). "Neural adaptations to resistive exercise". *Sports Medicine*. 36(2): p. 133-149.
16. Gerber, J.P., G.N. Williams, C.R. Scoville, R.A. Arciero, and D.C. Taylor. (1998). "Persistent disability associated with ankle sprains: a prospective examination of an athletic population". *Foot & Ankle International*. 19(10): p. 653-660.
17. Hale, S.A., J. Hertel, and L.C. Olmsted-Kramer. (2007). "The effect of a 4-week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability". *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 37(6): p. 303-311.
18. Handoll, H.H., B.H. Rowe, K.M. Quinn, and R. de Bie. (2011). "Interventions for preventing ankle ligament injuries". *The Cochrane Library*.
19. Heitkamp, H.-C., T. Horstmann, F. Mayer, J. Weller, and H.-H. Dickhuth. (2001). "Gain in strength and muscular balance after balance training". *International Journal of Sports Medicine*. 22(04): p. 285-290.
20. Hertel, J. (2002). "Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability". *Journal of athletic training*. 37(4): p. 364.
21. Kaminski, T.W. and T.M. Gerlach. (2001). "The effect of tape and neoprene ankle supports on ankle joint position sense". *Physical Therapy in Sport*. 2(3): p. 132-140.
22. Konradsen, L. and P. Magnusson. (2000). "Increased inversion angle replication error in functional ankle instability". *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 8(4): p. 246-251.
23. Konradsen, L., J. Ravn, and A. Sorensen. (1993). "Proprioception at the ankle: the effect of anaesthetic blockade of ligament receptors". *Bone & Joint Journal*. 75(3): p. 433-436.

24. Lephart, S.M., D.M. Pincivero, J.L. Giraido, and F.H. Fu. (1997). "The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries". *The American journal of sports medicine*. 25(1): p. 130-137.
25. Martin, R.L., J.J. Irrgang, R.G. Burdett, S.F. Conti, and J.M. Van Swearingen. (2005). "Evidence of validity for the Foot and Ankle Ability Measure (FAAM)". *Foot & Ankle International*. 26(11): p. 968-983.
26. Mazaheri, M., et al. (2010). "Reliability and validity of the Persian version of foot and ankle ability measure (FAAM) to measure functional limitations in patients with foot and ankle disorders". *Osteoarthritis and Cartilage*. 18(6): p. 755.
27. McKeon, P.O. and J. Hertel. (2008). "Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part II: is balance training clinically effective?". *Journal of athletic training*. 43(3): p. 305-315.
28. McKeon, P.O., et al. (2008). "Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability". *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 40(10): p. 1810.
29. Mirbagheri, M., H. Barbeau, and R. Kearney. (2000). "Intrinsic and reflex contributions to human ankle stiffness: variation with activation level and position". *Experimental Brain Research*. 135(4): p. 423-436.
30. O'Driscoll, J., F. Kerin, and E. Delahunt. (2011). "Effect of a 6-week dynamic neuromuscular training programme on ankle joint function: a case report". *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 3(1): p. 1.
31. Olmsted, L.C., C.R. Carcia, J. Hertel, and S.J. Shultz. (2002). "Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability". *Journal of athletic training*. 37(4): p. 501.
32. Payne, K.A., K. Berg, and R.W. Latin. (1997). "Ankle injuries and ankle strength, flexibility, and proprioception in college basketball players". *Journal of athletic training*. 32(3): p. 221.
33. Rajabi, R. and M. Karimizadeh Ardakani. (2013). "Construction and Reliability study of the Iranian New Device for Measuring Ankle Proprioceptive". *Studies in Sport Medicine*. 12: p. 43-52. (In Persian).
34. Refshauge, K.M., S.L. Kilbreath, and J. Raymond. (2000). "The effect of recurrent ankle inversion sprain and taping on proprioception at the ankle". *Medicine and science in sports and exercise*. 32(1): p. 10-15.
35. Richie, D.H. (2001). "Functional instability of the ankle and the role of neuromuscular control: a comprehensive review". *The journal of foot and ankle surgery*. 40(4): p. 240-251.

36. Rosenbaum, D., H.P. Becker, H. Gerngross, and L. Claes. (2000). "Peroneal reaction times for diagnosis of functional ankle instability". *Foot and ankle surgery*. 6(1): p. 31-38.
37. Rozzi, S.L., S.M. Lephart, R. Sterner, and L. Kuligowski. (1999). "Balance training for persons with functionally unstable ankles". *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 29(8): p. 478-486.
38. Samadi, H., The effect of neuromuscular training on electromyographic parameters of selective calf muscles in male athletes with functional ankle instability, in Faculty of Physical Education and Sport Sciences. 2013, University of Tehran. p. 67-87. (In Persian).
39. Sammarco, G.J., "Rehabilitation of the foot and ankle". 1995: Mosby Incorporated.
40. Sekir, U., Y. Yildiz, B. Hazneci, F. Ors, and T. Aydin. (2007). "Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability". *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. 15(5): p. 654-664.
41. Spanos, S., M. Brunswic, and E. Billis. (2008). "The effect of taping on the proprioception of the ankle in a non-weight bearing position, amongst injured athletes". *The foot*. 18(1): p. 25-33.
42. van der Wees, P.J., et al. (2006). "Effectiveness of exercise therapy and manual mobilisation in acute ankle sprain and functional instability: a systematic review". *Australian Journal of Physiotherapy*. 52(1): p. 27-37.
43. Van Deursen, R.W.M., M.M. Sanchez, J.S. Ulbrecht, and P. Cavanagh. (1998). "The role of muscle spindles in ankle movement perception in human subjects with diabetic neuropathy". *Experimental brain research*. 120(1): p. 1-8.
44. Webster, K.A. and P.A. Gribble. (2010). "Functional rehabilitation interventions for chronic ankle instability: a systematic review". *J Sport Rehabil*. 19(1): p. 98-114.
45. Wester, J.U., S.M. Jespersen, K.D. Nielsen, and L. Neumann. (1996). "Wobble board training after partial sprains of the lateral ligaments of the ankle: a prospective randomized study". *J Orthop Sports Phys Ther*. 23(5): p. 332-6.
46. Wilkerson, G.B. and A.J. Nitz. (2010). "Dynamic ankle stability: mechanical and neuromuscular interrelationships". *JSR*. 3(1).
47. Willems, T., E. Witvrouw, J. Verstuyft, P. Vaes, and D. De Clercq. (2002). "Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability". *Journal of athletic training*. 37(4): p. 487.

The Effect of Six Weeks of Neuromuscular Training on Joint Position Sense and Lower Extremity Function in Male Athletes with Functional Ankle Instability

Hadi Samadi^{*1} - Reza Rajabi² - Mohammad Karimizadeh Ardakani³

1. Assistant Professor, Department of Sport Injury and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran, 2. Professor, Department of Sport Medicine, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran, 3. Ph.D. Student of Sport Injury and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

(Received:2016/9/26;Accepted:2017/1/24)

Abstract

Lateral ankle sprain is the most common ligament injury in athletes and functional instability is one of the disabling consequences of the ankle sprain. The aim of the current study was to investigate the effect of six weeks of supervised neuromuscular training on joint position sense and lower extremity function in athletes with functional ankle instability. 28 male athletes suffering from functional instability voluntarily participated in this study and randomly divided into a training group (n=14) and a control group (n=14). Lower extremity function was measured using Foot and Ankle Ability Measure (FAAM) and FAAM Sport and joint position sense was measured by Ankle Proprioception Goniometer. The data analysis showed had a significant improvement in average absolute error of the reproduction of ankle joint angle in inversion in the experimental group compared with the control group (P<0.05). Also, the training subjects showed a significant improvement in the scores of FAAM and FAAM Sport compared with the control group (P<0.01). Six weeks of progressive supervised neuromuscular training with wobble board and rocker board significantly improved lower extremity function and joint position sense in athletes with functional ankle instability.

Keywords

functional instability, joint position sense, neuromuscular training.

* . Corresponding Author: Email: hadi.samadi@srttu.edu ; Tel: +989132850157