

A follow-up Study on the Effect of Neuromuscular Training on Asymmetry of Balance in Athletes with Chronic Ankle Instability

Zahabi E¹, Mohamadjani M¹, Alirezaei- Noghondar F^{2*}, Hashemi- Javaheri SA¹

1- Department of sport injuries and corrective exercise, Physical Education, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

2- Department of Sport Biomechanics Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

* **Corresponding Author:** alirezaee@um.ac.ir

Abstract

Background and Objectives: The ankle sprain is one of the most common sports injuries that cause chronic instabilities in the joint as well as many disorders in the individual's motor pattern and asymmetry in lower extremity function. The aim of this study was to evaluate the effects of neuromuscular training on balance symmetry in patients with chronic ankle sprain.

Materials and Methods: In this semi-experimental study, the population consisted of female young athlete selected from various athletic disciplines, age in the range of 19-26 years. Twenty subjects with chronic ankle instability were selected as a sample by using purposefully available sampling method. Neuromuscular exercises were performed for 6 weeks and 3 sessions per week. The subjects' balance was measured on both injured and non-injured foot before and after the training and after one month of detraining by the Biodex balance system. Data analysis was done by means of ANOVA with repeated measures and dependent t-test at a significant level of ($p < 0.05$).

Results: The results indicated that there was a significant difference between the balance in the non-injured and injured foot in the pretest ($p = 0.05$). Furthermore, no significant difference was observed in the post-test 1 and 2 ($p < 0.05$).

Conclusion: The ankle sprain causes balance asymmetry in two limbs, and neuromuscular training improved the balance on both legs and compensated balance asymmetry. After one month of detraining, the symmetry of balance in both legs was sustained.

Keywords: Ankle sprain; Balance; Asymmetry; Neuromuscular Training

How to cite this article:

Zahabi E, Mohamadjani M, Alirezaei- Noghondar F, Hashemi- Javaheri SA. A follow-up Study on the Effect of Neuromuscular Training on Asymmetry of Balance in Athletes with Chronic Ankle Instability. J Saf Promot Inj Prev. 2017; 5(3):140-7.

تأثیر و ماندگاری یک دوره تمرینی عصبی-عضلانی بر تقارن تعادل ورزشکاران مبتلا به اسپرین مزمن مچ پا

الناز ذهبی^۱، مهسا محمدجانی^۱، فاطمه علیرضایی نقندر^{۲*}، سید علی اکبر هاشمی جواهری^۱۱- گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران
۲- گروه بیومکانیک ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

سابقه و هدف: اسپرین مچ پا یکی از شایع ترین آسیب های ورزشی است که باعث بروز ناپایداری های مزمن در مفصل و اختلالات زیادی در الگوی حرکتی فرد و عدم تقارن در عملکرد اندام تحتانی می شود. هدف از این مطالعه بررسی اثر تمرینات عصبی-عضلانی بر تقارن تعادل در افراد مبتلا به اسپرین مزمن مچ پا می باشد.

روش بررسی: در این مطالعه نیمه تجربی جامعه آماری متشکل از دختران ورزشکار منتخب از رشته های ورزشی با دامنه سنی ۱۹-۲۶ سال بود. ۲۰ آزمودنی مبتلا به بی ثباتی مزمن مچ پا به شیوه نمونه گیری هدفمند و در دسترس انتخاب شدند. تمرینات عصبی-عضلانی به مدت ۶ هفته و ۳ جلسه در هفته اجرا شد و تعادل آزمودنی ها روی هر دو پای آسیب دیده و سالم، قبل، بعد از اجرای تمرینات و پس از یک ماه بی تمرینی به وسیله دستگاه تعادل سنج بایودکس اندازه گیری شد. تجزیه تحلیل داده ها با استفاده از آزمون های آنالیز واریانس با اندازه های تکراری و تی همبسته در سطح معناداری ($p < 0.05$) انجام شد.

یافته ها: نتایج نشان داد که بین تعادل در پای سالم و آسیب دیده در مرحله پیش آزمون تفاوت معناداری وجود داشت ($p = 0.05$). علاوه بر این در مرحله پس آزمون ۱ و ۲ تفاوت معناداری بین دو پا مشاهده نشد ($p > 0.05$).

نتیجه گیری: اسپرین مچ پا باعث عدم تقارن تعادل در دو پا می شود که تمرینات عصبی-عضلانی باعث بهبود تعادل یکسانی روی هر دو پا شد و عدم تقارن تعادل را جبران کرد. بعد از گذشت یک ماه بی تمرینی تقارن تعادل در هر دو پا حفظ شد.

واژگان کلیدی: اسپرین مچ پا، تعادل، عدم تقارن، تمرینات عصبی-عضلانی، ماندگاری

مقدمه

مزمن مفصلی، شلی مفصلی، اسپرین های مکرر مفصل مچ، کاهش دامنه حرکتی، اختلال در عملکرد حس عمقی و نقص حسی حرکتی و همچنین نقص تعادل کرده که در مواردی ممکن است منجر به فقدان عملکرد مناسب ورزشی شود (۲). بدیهی است که ضایعات لیگامان های مچ پا منجر به بروز ناپایداری های مزمن استاتیک و دینامیک در مفصل می شود که اختلالات زیادی را در الگوی حرکتی و ورزشی فرد ایجاد می کند (۳). تحقیقات پیشین عوامل خطرزای اسپرین مچ پا را شلی مفصلی، راستای اندام، زمان عکس العمل عضلات، فقدان حس عمقی مناسب، عدم کنترل نامناسب در چرخش خارجی ناگهانی مچ پای برتر، عدم تعادل عضلانی و ضعف عضلات خارجی ساق پا بیان کرده اند (۴-۷).

آسیب لیگامانی مچ پا در زمره شایع ترین آسیب های ورزشی رشته های مختلف است که در اثر تحمل فشارهای زیاد ناشی از وضعیت ها و حرکات مختلف نظیر راه رفتن، دویدن و پریدن به وجود می آید. لیگامان های مزبور در اثر اعمال نیروهای وارده دچار کشیدگی و پارگی شده و در نتیجه بروز اختلالاتی را در آرتروکینماتیک مفصل و ناپایداری های مکانیکی و عملکردی در پای ورزشکاران مبتلا به دنبال دارد (۱). بروز اسپرین های مچ پا^۱ و به ویژه عود مکرر این آسیب ورزشکاران آسیب دیده را دچار برخی عوارض نظیر ناپایداری

۱. Ankle sprain

آسیب دیدگی باز می‌گرداند (۱۷). همچنین وریس و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه مروری در مورد مداخلات درمانی به کار رفته در بی‌ثباتی مزمن مچ پا بیان کرده‌اند که تمرینات عصبی-عضلانی به تنهایی می‌توانند در درمان بی‌ثباتی مزمن مچ پا مؤثر باشند (۱۸). این تمرینات با بالا بردن کیفیت اعصاب حسی جهت رساندن اطلاعات دقیق و به موقع به سیستم عصبی-مرکزی، این امکان را به این سیستم می‌دهد تا بتواند اعصاب حرکتی عضلات را با یک الگوی مشخص فعال کرده و آگاهی مفصل را بالا برده و موجب کاهش آسیب در اندام شود (۱۹، ۲۰). تحقیقات انجام شده تاثیر تمرین بر عملکرد و تعادل یک پا به ویژه پای آسیب دیده را بررسی کرده اند، ولیکن علی‌رغم اهمیت تقارن در عملکرد اندام تحتانی جهت پیشگیری از بروز آسیب‌های مجدد تحقیقی که تاثیر این گونه تمرینات را بر تقارن تعادل افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا بررسی کند یافت نشد. بنابراین هدف از این مطالعه تاثیر و ماندگاری یک دوره تمرینی عصبی-عضلانی بر تعادل افراد مبتلا به اسپرین مزمن مچ پا و مقایسه تقارن در پای سالم و پای آسیب دیده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و از حیث هدف کاربردی، با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. با توجه به حرفه ای بودن ورزشکاران، از تمرینات آن‌ها در رشته‌های منتخب در سطوح مختلف (لیگ، دانشگاه آزاد، پیام نور و...) بازدید صورت گرفت و از دختران ورزشکاری که مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا بودند، دعوت به عمل آمد. پزشک ارتوپد افرادی که مبتلا به این عارضه بودند را تایید کرد. تعداد حجم نمونه توسط نرم افزار G Power تعیین شد که در آن با تعداد ۲۰ نفر نمونه برای $\alpha=0.05$, $ES=0.5$ و تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری، توان آزمون ۰/۹ را نشان داد. ضمن این که در این تحقیق سه مرحله (پیش‌آزمون، پس‌آزمون و ماندگاری) اندازه‌گیری شد. بنابراین حجم نمونه و روش آماری مورد نظر برای انجام این کار مناسب بود. تعداد ۲۰ دختر ورزشکار (با دامنه سنی ۱۹-۲۶ سال، قد $166 \pm 5/89$ سانتی متر، وزن $62/8 \pm 16/22$ کیلوگرم و شاخص توده بدنی برابر با $22/5 \pm 2/3$) به صورت هدفمند و در دسترس از بعضی رشته‌ها (بسکتبال، والیبال، هندبال و فوتسال) به طور یکسان انتخاب شدند. معیارهای ورود به تحقیق شامل: داشتن سابقه ورزشی بیش از ۴ سال برای دختران ورزشکار، داشتن سابقه حداقل یک بار آسیب چرخش خارجی مچ پا همراه با مدتی محافظت به صورت عدم تحمل وزن و بی‌حرکتی در دو سال گذشته، داشتن حداقل دو بار احساس بی‌ثباتی یا احساس خالی شدن مفصل مچ پا در حین انجام کارهای روزمره یا فعالیت‌های ورزشی در دو سال گذشته، تحمل وزن به طور

کنترل تعادل، فرآیندی فعال است (۸) که حفظ آن در حین اجرای بسیاری از فعالیت‌های ورزشی شرط اساسی و یکی از عوامل آمادگی جسمانی است که می‌توان به وسیله تمرینات خاص آن را توسعه داد (۹). بر اساس فرضیه‌ی سازماندهی حسی، سیستم عصبی مرکزی با پردازش داده‌های سیستم‌های بینایی، وستیبولار و حس عمقی قادر به تنظیم سازوکار مناسب برای کنترل تعادل است و این بدین معناست که حفظ تعادل در زنجیره‌ی حرکتی بسته، به راهبردهای حرکتی و بازخورد هماهنگ بین ران، زانو و مچ پا بستگی دارد که کاهش بازخوردهای آوران یا کاهش قدرت و ثبات مکانیکی هر مفصل به تنهایی یا کل ساختار زنجیره‌ی حرکتی اندام تحتانی، می‌تواند تعادل را دچار اختلال کند (۱۰).

عدم تقارن تعادل بین دو اندام نیز یکی از عوامل خطرزا در ورزشکاران است. عدم تقارن ممکن است در تعادل، شلی مفصلی، عدم تعادل قدرت در عضلات چرخش دهنده داخلی مچ پا و چرخش دهنده خارجی مچ پا و همچنین استفاده از پای برتر نسبت به پای غیر برتری که در معرض نیروهای ناشی از چرخش خارجی مچ پا هنگام پرش قرار دارد، وجود داشته باشد (۱۱). درباره مقایسه توانایی تعادل پای برتر و غیر برتر تحقیقات کمی انجام گرفته است. یکی از مشکلات تحقیق در این زمینه، توافق‌های اندک در تعریف و روش تعیین پای برتر است. جستوتنر و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند در توانایی حفظ تعادل و پاسخ‌های عضلانی بین پای برتر و غیر برتر فوتسالیست‌های آماتور تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (۱۲) که با نتایج متسودا و همکاران (۲۰۰۸) همخوانی دارد (۱۳). در حالی که برونی و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند فوتسالیست‌ها تعادل بیشتری هنگام ایستادن روی پای غیربرتر دارند (۱۴). تحقیقات نشان داده اند که پیچ خوردگی مچ پا در پای برتر به میزان ۲/۴ برابر بیشتر از پای غیر برتر است. آنها معتقدند این امر ناشی از عدم تقارن بین پای برتر و غیر برتر می‌باشد و یکی از دلایل احتمالی افزایش پیچ خوردگی مچ پا در پای برتر عدم تعادل قدرت در عضلات چرخش دهنده داخلی مچ پا و چرخش دهنده خارجی مچ پا در پای برتر و غیر برتر می‌باشد. همچنین پای برتر بیشتر در معرض نیروهای ناشی از چرخش خارجی مچ پا در هنگام پرش نسبت به پای غیربرتر قرار دارد (۱۵). بنابراین انجام مداخلاتی که به تقارن تعادل در پای برتر و غیر برتر ورزشکاران بپردازد، حائز اهمیت است.

تأثیر تمرین در کاهش خطر وقوع مجدد اسپرین مچ پا و بی‌ثباتی عملکردی مچ پا نشان داده شده است (۱۶). رایج‌ترین نوع تمرینات در بازتوانی مچ پا تمرین‌های زنجیره بسته حرکتی مانند تمرین‌های تخته تعادل است. هدف این نوع تمرینات بهبود عملکرد گیرنده‌های مکانیکی و افزایش هماهنگی عصبی-عضلانی، چابکی و تعادل فرد آسیب دیده است که فرد را سریع‌تر به سطح عملکرد قبل از

تکرار ۱۰ ثانیه استراحت جهت جلوگیری از اثر خستگی، به عمل آمد، و میانگین سه تکرار ثبت شد (۲۱). بعد از انجام اندازه گیری پای آسیب دیده، این تست روی پای سالم نیز به همین شیوه اجرا شد.

با توجه به اینکه سازگاری‌های عصبی در اجرای عضلانی در حدود چهار هفته ایجاد می‌شوند (۲۲) و نیز با توجه به توصیه‌های وبستر و گریبل (۲۰۱۰) در مرور نظام بند مطالعات بازتوانی عملکردی برای بی ثباتی مزمن مچ پا، مدت اجرای تمرینات شش هفته بود (۲۳). آزمودنی‌ها در برنامه تمرینات عصبی-عضلانی پیش رونده (پیوست-جدول ۲)، برگرفته از برنامه تمرینی کلارک و بوردن (۲۰۰۵) (۲۴) در ۱۸ جلسه تمرینی به مدت ۶ هفته، هر هفته ۳ جلسه و در مدت زمان ۳۰ دقیقه در هر جلسه، با استفاده از تخته تعادل^۲ (با ابعاد ۴۰ در ۴۰ سانتی متر و ارتفاع ۱۰ سانتی متر) و تخته لغزان^۴ (با قطر ۴۰ سانتی متر و ارتفاع ۱۰ سانتی متر) شرکت کردند (پیوست-جدول ۱). پس از اتمام دوره تمرینی (۲۴ ساعت بعد) از تمام آزمودنی‌ها در تمامی متغیرهای مورد نظر تحقیق، در همان محیط و به همان روش پیش آزمون، پس آزمون به عمل آمد. بعد از گذشت ۴ هفته از تمرینات مجدداً متغیرهای پیشین برای تعیین سطح ماندگاری نیز اندازه‌گیری و ثبت شد. لازم به ذکر است در طول مدت پروتکل تمرینی ورزشکاران و یک ماه پس از آن، تمام فعالیت‌های ورزشکاران تحت نظر بود.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار spss از آزمون‌های آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و از آزمون آماری تی همبسته در سطح معناداری ($p < 0.05$) استفاده شد. همچنین برای اثبات همگنی داخل گروه‌ها از تست لون، جهت توزیع نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد.

کامل روی پای آسیب دیده، داشتن دامنه‌ی حرکتی کامل مفصل مچ پا، پاسخ منفی در اجرای تست کشویی قدامی مفصل مچ پا (جهت تعیین بی ثباتی مکانیکی مفصل مچ پا)، دارا بودن سلامت عمومی جسمی از نظر عدم ابتلا به اختلالات مخچه‌ای، دیداری-شنیداری، اسکلتی عضلانی و نورولوژیکی، شرکت نکردن در برنامه‌های درمانی طی سه ماه اخیر و همچنین نداشتن سابقه جراحی یا شکستگی در مچ پا، زانو، ران، لگن که نیاز به بی‌حرکتی کامل یا گچ گرفتن در شش ماه گذشته، بود. افراد بعد از تشخیص به بی‌ثباتی مزمن مچ پا و احراز شرایط ورود به تحقیق توسط متخصص ارتوپد، فرم رضایت نامه شرکت در پژوهش را پر کردند. به منظور رعایت مسائل اخلاقی و انسانی، به کلیه آزمودنی‌ها این اطمینان داده شد که تمام اطلاعات نزد محقق مانده و فقط از نتایج کلی بهره برداری خواهد شد. همچنین شیوه انجام اندازه‌گیری به طور کامل توضیح داده شد، علارغم اینکه آزمودنی‌ها از هدف انجام تحقیق اطلاعی نداشت. با این وجود چون تمامی آزمودنی‌ها ورزشکاران فعال و ماهری بودند و در کل هفته تمرینات ثابت خود را داشتند و این موضوع تا حد امکان کنترل شد.

شیوه انجام کار

تعادل آزمودنی‌ها هر دو پای آسیب دیده و سالم، ۲۴ ساعت قبل از شروع تمرینات به وسیله دستگاه تعادل سنج بایودکس (مدل 302-Biodex balance SD 950) واقع در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. ابتدا از آزمودنی‌ها خواسته شد تا روی پای که دچار بی‌ثباتی است بایستند، پای غیر اتکا تقریباً ۳۰ درجه فلکشن در ران و ۴۵ درجه فلکشن در زانو داشته باشد و دست‌ها به صورت ضربدری روی سینه قرار گیرد. پس از مشخص شدن مرکز ثقل و ثبت آن، تست تعادل تک پا^۲ (با سطح تیلت ۸، با ۳ تکرار ۲۰ ثانیه‌ای و بین هر

یافته‌ها

جدول ۳۰. میانگین و انحراف استاندارد تعادل در پای سالم و آسیب دیده در مرحله پیش آزمون، پس آزمون ۱ و ۲

متغیر	گروه	مرحله	انحراف استاندارد \pm میانگین	تغییرات بین گروهی در سه مرحله	P	F
تعادل	پای آسیب دیده	پیش آزمون	۳/۱۷±۱/۴۸	۷/۷	۰/۰۰۱	
		پس آزمون ۱	۲/۱۷±۱/۱۴			
		پس آزمون ۲	۱/۷۲±۰/۸۸			
	پای سالم	پیش آزمون	۲/۷۷±۱/۳	۲/۶۴	۰/۰۰۸	
		پس آزمون ۱	۲/۲±۱/۰۴			
		پس آزمون ۲	۱/۹۸±۰/۹۵			

۲. Athletic Single Leg Stability Test

۳. Rocker Board

۴. Wobble Board

جدول ۴. نتایج آزمون تعقیبی توکی در پای آسیب دیده

گروه	مرحله	اختلاف میانگین	سطح معناداری
پای آسیب دیده	پیش‌آزمون-پس‌آزمون ۱	۱/۰۱	۰/۰۲
	پیش‌آزمون-پس‌آزمون ۲	۱/۴۵	۰/۰۰۱
	پس‌آزمون ۱-پس‌آزمون ۲	۰/۴۴	۰/۴۷

جدول ۵. نتایج آزمون تی همبسته برای بررسی تفاوت بین پای سالم و آسیب دیده

متغیر	مرحله	اختلاف میانگین	آماره	سطح معناداری
تعال	پیش‌آزمون	۰/۴	۲/۰۷	۰/۰۵
	پس‌آزمون ۱	۰/۰۳	۰/۱۶	۰/۸۶
	پس‌آزمون ۲	۰/۲۶	۱/۵۹	۰/۱۲

تعال با استفاده از تخته تعادل و تمرینات تعادلی را بررسی کردند و همه نشان دادند که روش های فوق باعث بهبود در تعادل افراد مبتلا به بی ثباتی مزمن می شود (۲۵-۲۷). دلیل احتمالی همخوانی این تحقیقات، انجام تمرینات تعادلی و عصبی-عضلانی با استفاده از تخته تعادل در مدت زمان ۶ هفته است که مشابه با پژوهش حاضر می باشد که با وجود تست های تعادل مختلفی که از افراد متفاوت (ورزشکار، غیرورزشکار، سالم) گرفته شده بود، باز هم نتایج یکسانی روی بهبود تعادل را گزارش کردند. استفاده از تمرینات با تخته تعادل باعث می شود انقباض همزمان عضلات افزایش یافته و باعث ثبات بیشتر در مفاصل بدن شوند. عضلات آنتاگونیست ممکن است در این نوع تمرینات به طور مؤثرتری مورد استفاده قرار گیرند و عدم اطمینان از حرکت را کاهش دهند. (۲۸). با توجه به اینکه هم‌انقباضی و هماهنگی انقباضات عضلات اندام تحتانی حول هر یک از مفاصل جهت تثبیت مفصل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد، احتمالاً یکی از دلایل بهبود تعادل پس از انجام تمرینات تخته تعادل، تقویت عضلات و افزایش هماهنگی انقباضات عضلات همکار می‌باشد. بر خلاف تحقیقات فوق، شری و همکاران (۲۰۰۷)، بلکیرن و همکاران (۲۰۰۰) و کاکس و همکاران (۱۹۹۳) نشان دادند تمرینات بر بهبود تعادل میچ پا تأثیرات معناداری ندارد. علت آن می تواند به دلیل مدت زمان کم تمرین در هر جلسه (۵ دقیقه)، طول دوره پروتکل و همچنین حجم کم نمونه ها (N=۸) در تحقیقات مذکور باشد چرا که بهبود تعادل، احتمالاً نیاز به تمرینات با مدت زمان طولانی تری دارد و اکثر تحقیقات در طی ۶ هفته بهبود در تعادل را گزارش کرده اند (۲۹-۳۱).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد در پیش‌آزمون، تعادل پای سالم و آسیب دیده ورزشکاران متفاوت است. طوری که قبل تمرینات پای

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری نشان داد که اثر تعاملی زمان (پیش‌آزمون - پس‌آزمون ۱ و ۲) بر گروه (پای سالم، پای آسیب دیده) معنی دار بود ($p=0/04$). بنابراین از آزمون تحلیل واریانس برای مقایسه تعادل پیش‌آزمون، پس‌آزمون ۱ و پس‌آزمون ۲، به طور مجزا در هر پا استفاده شد (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که تغییرات در پای آسیب دیده، پس از سه مرحله کاهش نشان داد و معنادار بود ($p<0/05$) اما در پای سالم این تغییرات معنادار نبود ($p>0/05$). برای مقایسه های چندگانه با استفاده از آزمون تعقیبی توکی انجام شد (جدول ۴). همچنین از تست تی همبسته برای مقایسه تعادل بین دو پا به طور مجزا در هر مرحله (پیش‌آزمون، پس‌آزمون ۱ و پس‌آزمون ۲) استفاده شد (جدول ۵) و نتایج نشان داد تفاوت معنی داری در مرحله پیش‌آزمون بین دو پا وجود دارد ($p=0/05$) و پای سالم تعادل بهتری نسبت به پای آسیب دیده داشت، در حالی که در مرحله پس‌آزمون ۱ و ۲ تفاوت معناداری بین دو پا مشاهده نشد ($p>0/05$) و تعادل پای آسیب دیده در مرحله پس‌آزمون ۱ به اندازه تعادل پای سالم شد و پس از یک ماه بی‌تمرینی نتایج در پس‌آزمون ۲ حفظ تقارن تعادل در دو پا را نشان داد.

بحث

هدف از این مطالعه تاثیر و ماندگاری یک دوره تمرینی عصبی-عضلانی بر تعادل افراد مبتلا به اسپرین مزمن میچ پا و مقایسه تقارن در پای سالم و پای آسیب دیده بود. در ارتباط با تاثیر تمرین روی بهبود تعادل پای آسیب دیده نتایج این مطالعه با یافته های صمدی و همکاران (۱۳۹۱)، پاترنو و همکاران (۲۰۰۴) و کیدگل و همکاران (۲۰۰۷) همخوان است. آن ها تاثیر تمرینات عصبی-عضلانی بر

نشان داد پس از گذشت ۶ هفته تمرین در پس آزمون ۱ بین تعادل پای سالم و آسیب دیده تفاوتی وجود نداشت و این بدان معناست که تمرینات باعث ایجاد تعادل یکسانی در هر دو پا شده است. دلیل احتمالی می تواند به این علت باشد که پای آسیب دیده چون در پیش آزمون ضعیف تر بوده است، پیشرفت بیشتری داشته و ماهیت دو طرفه و متقارن تمرینات باعث بهبود شده که در پای آسیب دیده مشهودتر بوده است، به نحوی که تعادل پای آسیب دیده در پس آزمون مشابه پای سالم شد. علاوه بر این آزمودنی ها روی تخته تعادل با هر دو پای خود هم زمان تمرین می کردند و چون تمرینات عصبی-عضلانی به کار رفته در پژوهش حاضر از نوع زنجیره حرکتی بسته بود، به همین دلیل حداکثر تحریک گیرنده های مکانیکی کف پا، عضلات و مفاصل مچ پا ایجاد شد (۳۵).

علاوه بر این نتایج پژوهش حاضر در ارتباط با ماندگاری تقارن تعادل آزمودنی ها نشان داد که پس از یک ماه بی تمرینی، در پس آزمون ۲ نیز بین پای سالم و آسیب دیده تفاوتی ایجاد نشد ($P > 0.05$) به این معنی که اثر تمرینات روی هر دو پا به یک اندازه ماندگار بوده است. از دلایل احتمالی ماندگاری تعادل در این تحقیق می توان به افزایش سازگاری های عصبی ناشی از تمرین مانند به کارگیری واحد های عصبی کارآمدتر، سازماندهی مجدد در قشر حسی-پیکری، افزایش کارایی و قدرت ارتباطات سیناپسی، بهبود کنترل عصبی-عضلانی اشاره کرد. چرا که بهبود عملکرد سیستم عصبی-عضلانی می تواند حساسیت گیرنده های مختلف حسی، عمقی و مفصلی دستگاه عصبی را افزایش دهد و موجب انتقال بهتر پالس های عصبی آوران به مرکز کنترل حرکتی در مغز شود. این امر خود به افزایش سرعت و تحریک الکتریکی اعصاب و ابران جهت فراخوانی و به کارگیری هم زمان واحد های حرکتی کمک می کند که در نهایت سبب بهبود تعادل می شود (۳۶). در خصوص تاثیر ماندگاری تمرینات روی تعادل آزمودنی ها، نتایج پژوهش حاضر با یافته های بارانچی و همکاران (۱۳۹۴) همخوان و با یافته های هولم و همکاران (۲۰۰۴) ناهمخوان بود (۳۷، ۳۸). بارانچی و همکاران تأثیر دوازده هفته تمرینات عملکردی و دوره های مختلف بی تمرینی بر تعادل مردان سالمند را بررسی کردند و نتایج نشان داد سازگاری های به دست آمده تا چهار هفته پس از قطع تمرین حفظ شد. این تمرینات همانند پژوهش حاضر عملکرد سیستم عصبی-عضلانی را بهبود می بخشد و به همین دلیل با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. بر خلاف تحقیق فوق، هولم و همکاران تاثیر ماندگاری تمرینات بر تعادل را مشاهده نکردند. آن ها اثر تمرینات عصبی-عضلانی روی تعادل و عملکرد اندام تحتانی در بازیکنان زن هندبال بعد ۸ هفته و ۱۲ ماه بی تمرینی بررسی کردند و نتایج تغییری در تعادل ایستا ایجاد نکرد. دلیل ناهمخوانی با پژوهش حاضر مدت زمان کم تمرین (۱۵ دقیقه) و زیاد بودن طول دوره بی

آسیب دیده تعادل کمتری نسبت به پای سالم داشته است، این عدم تقارن در تعادل در آزمون های حفظ تعادل روی یک پا، نه تنها به سبب عملکرد اندام برتر بلکه می تواند به دلیل وجود آسیب حاد یا مزمن باشد (۳۲). اکثر تحقیقات انجام شده به مقایسه تعادل در پای برتر و غیر برتر پرداختند و تحقیقی مقایسه پای سالم و آسیب دیده را گزارش نکرده لذا چون همه آزمودنی ها پای برتر آن ها آسیب دیده و تحقیقات نشان داده اند که پیچ خوردگی مچ پا در پای برتر به میزان ۲/۴ برابر بیشتر از پای غیر برتر اتفاق می افتد (۱۵)، بنابراین نتایج این تحقیق با یافته های برونو و همکاران (۲۰۱۱) همخوان و با تحقیق جعفرنژاد (۱۳۸۹) ناهمخوان است. برونو و همکاران گزارش کردند اکثر ورزشکاران به ویژه فوتبالیست ها به علت کنترل یا تعادل بیشتری که هنگام ایستادن روی پای غیر برتر دارند، توپ را با پای برتر خود شوت می کنند و این عامل به مرور زمان منجر به آسیب می شود. همچنین بیان کردند تکرار مهارت های ورزشی با ایستادن روی پای غیر برتر ممکن است حس عمقی، کنترل عصبی عضلانی، قدرت و در نهایت تعادل را در پای غیر برتر افزایش دهد (۱۴). جعفرنژاد گزارش کرد تفاوت معنی داری بین تعادل پای برتر و غیر برتر در دانش آموزان پسر ۱۴-۱۲ ساله وجود دارد که توانایی تعادل پای برتر نسبت به غیر برتر بیشتر است. به نظر او چون افراد در پای برتر خود از هماهنگی عصبی عضلانی و دامنه حرکتی بیشتری برخوردارند و با توجه به اهمیت این عوامل در حفظ بهتر تعادل، به همین دلیل پای برتر تعادل بهتری دارد.

عدم تقارن ایجاد شده ممکن است به طور ثانویه از اضافه بار بیش از حد عصبی عضلانی ناشی از اختلاف عملکرد بین نیاز به بارگیری خاص مفصل مچ پای که به شدت آسیب دیده بر خواسته باشد. چرا که آسیب شدید می تواند سیستم های کنترل حسی حرکتی و مکانیسم های محدود کننده فعال اندام تحتانی را در الگوهای ماهر حرکتی تغییر دهد؛ پس از آن مکانیسم های محدود کننده فعال در اطراف مفصل با به حداقل رساندن بارگذاری باعث محافظت در برابر آسیب ها می شوند (۳۳). با این حال در وظایف حرکتی همزمان اندام، این مکانیسم های ناشی از آسیب دیدگی می توانند باعث عدم تقارن لازم بین اندام ها برای جذب نیروهای مرتبط با مهارت های برگشت از حرکت انفجاری شود و در نتیجه بطور بالقوه اندام مقابل را در معرض خطر افزایش آسیب قرار می دهد (۳۴). همچنین تحقیقات نشان می دهند آسیب شدید اسپرین مچ پا نقص های دو طرفه ای ایجاد می کند که خطر آسیب دیدگی اندام غیر آسیب دیده را به طور ثانویه با عدم تقارنی که توسط نقش جبران کننده در حفاظت از مفصل آسیب دیده ایجاد شده است، افزایش می دهد (۳۴) به همین دلیل تمرینات توانبخشی عصبی-عضلانی تا حدودی توانسته تقارن تعادل را در هر دو پا افزایش دهد. چرا که نتایج پژوهش حاضر

نحوی که به دنبال یک دوره تمرینی عصبی-عضلانی، عدم تقارن تعادل ناشی از آسیب مچ پا جبران گردید.

تشکر و قدردانی

در پایان از کلیه ورزشکارانی که در این پژوهش شرکت نمودند و همچنین کارکنان دانشکده علوم ورزشی دانشگاه فردوسی مشهد به جهت همکاری در این پژوهش، کمال تشکر و قدردانی دارم. این پژوهش برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد با کد طرح ۴۱۱۱۵ می باشد.

تمرینی می تواند باشد چرا که در تحقیق حاضر تاثیر پروتکل تمرینی بعد از یک ماه بی تمرینی بررسی شده است.

در کل نتایج نشان داد آسیب و عملکرد اندام برتر باعث عدم تقارن تعادل در دو پا می شود که تمرینات عصبی-عضلانی بعد از ۶ هفته می تواند با تحریک گیرنده های پا این عدم تقارن تعادل را جبران کند و باعث بهبود تعادل یکسانی روی هر دو پا شود. همچنین بعد از گذشت یک ماه بی تمرینی تقارن تعادل در هر دو پا به علت سازگاریهای عصبی حفظ و ماندگار شد. ضمن این که تاثیر تمرینات عصبی-عضلانی در پای آسیب دیده دارای تاثیر مشهودتری بوده به

References

1. Kofotolis ND, Kellis E, Vlachopoulos SP. Ankle sprain injuries and risk factors in amateur soccer players during a 2-year period. *The American Journal of Sports Medicine*. 2007;35(3):458-66.
2. Konradsen L, Olesen S, Hansen HM. Ankle sensorimotor control and eversion strength after acute ankle inversion injuries. *The American Journal of Sports Medicine*. 1998;26(1):72-7.
3. Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *Journal of athletic training*. 2002;37(4):364.
4. Willems T, Witvrouw E, Verstuyft J, Vaes P, De Clercq D. Proprioception and muscle strength in subjects with a history of ankle sprains and chronic instability. *Journal of athletic training*. 2002;37(4):487.
5. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of athletic training*. 2002;37(1):71.
6. Hald RD, Bottjen EJ. Effect of visual feedback on maximal and submaximal isokinetic test measurements of normal quadriceps and hamstrings. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1987;9(2):86-93.
7. Baltzopoulos V, Williams JG, Brodie DA. Sources of error in isokinetic dynamometry: effects of visual feedback on maximum torque measurements. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1991;13(3):138-42.
8. Gautier G, Thouwarecq R, Larue J. Influence of experience on postural control: effect of expertise in gymnastics. *Journal of Motor Behavior*. 2008;40(5):400-8.
9. Asseman FB, Caron O, Crémieux J. Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? *Gait & posture*. 2008;27(1):76-81.
10. Söderman K, Werner S, Pietilä T, Engström B, Alfredson H. Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. 2000;8(6):356-63.
11. Tropp H, Askling C, Gillquist J. Prevention of ankle sprains. *The American Journal of Sports Medicine*. 1985;13(4):259-62.
12. Gstöttner M, Neher A, Scholtz A, Millonig M, Lember S, Raschner C. Balance ability and muscle response of the preferred and nonpreferred leg in soccer players. *Motor Control*. 2009;13(2):218-31.

13. Matsuda S, Demura S, Uchiyama M. Centre of pressure sway characteristics during static one-legged stance of athletes from different sports. *Journal of sports sciences*. 2008;26(7):775-9.
14. Barone R, Macaluso F, Traina M, Leonardi V, Farina F, Di Felice V. Soccer players have a better standing balance in nondominant one-legged stance. *Open access journal of sports medicine*. 2011;2:1.
15. Leslie M, Zachazewski J, Browne P. Reliability of isokinetic torque values for ankle invertors and evertors. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1990;11(12):612-6.
16. van der Wees PJ, Lensen AF, Hendriks EJ, Stomp DJ, Dekker J, de Bie RA. Effectiveness of exercise therapy and manual mobilisation in acute ankle sprain and functional instability: a systematic review. *Australian Journal of Physiotherapy*. 2006;52(1):27-37.
17. Ergen E, Ulkar B. Proprioception and ankle injuries in soccer. *Clinics in sports medicine*. 2008;27(1):195-217.
18. de Vries J, Krips R, Sierevelt I, Blankevoort L, van Dijk C. Interventions for treating chronic ankle instability. status and date: New search for studies and content updated (conclusions changed), published in. 2011(8).
19. Hrysomallis C. Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports medicine*. 2007;37(6):547-56.
20. Plisky MS, Rauh MJ, Heiderscheit B, Underwood FB, Tank RT. Medial tibial stress syndrome in high school cross-country runners: incidence and risk factors. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2007;37(2):40-7.
21. Glave AP, Didier JJ, Weatherwax J, Browning SJ, Fiaud V. Testing postural stability: are the star excursion balance test and biodex balance system limits of stability tests consistent? *Gait & posture*. 2016;43:225-7.
22. Gabriel DA, Kamen G, Frost G. Neural adaptations to resistive exercise. *Sports Medicine*. 2006;36(2):133-49.
23. Webster KA, Gribble PA. Functional rehabilitation interventions for chronic ankle instability: a systematic review. *Journal of sport rehabilitation*. 2010;19(1):98-114.
24. Clark VM, Burden AM. 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*. 2005;6(4):181-7.
25. Paterno MV, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2004;34(6):305-16.
26. Kidgell DJ, Horvath DM, Jackson BM, Seymour PJ. Effect of six weeks of dura disc and mini-trampoline balance training on postural sway in athletes with functional ankle instability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2007;21(2):466-9.
27. Samadi, Rajabi, Alizadeh, Jamshidi A. The effect of neuromuscular training for six weeks on dynamic postural control and lower limb function male athletes with functional ankle instability. *Journal of Sports Medicine*. 2014;5(14):73-90.
28. Sato K, Mokha M. Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners? *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(1):133-40.
29. 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. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2007;37(6):303-11.

30. Blackburn J, Prentice WE, Guskiewicz KM, Busby MA. Balance and joint stability: the relative contributions of proprioception and muscular strength. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2000;9(4):315-28.
31. Cox ED LS, Irrgangll. Unilateral training of non-injured individuals and the effect on postural sway. *J Sport Rehabil* 1993;2:87-96.
32. Matsuda S, Demura S, Demura T. Examining differences between center of pressure sway in one-legged and two-legged stances for soccer players and typical adults. *Perceptual and motor skills*. 2010;110(3):751-60.
33. Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. Intrinsic risk factors of noncontact ankle sprains in soccer: a prospective study on 100 professional players. *The American journal of sports medicine*. 2012;40(8):1842-50.
34. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Sweeney K, Caulfield B, Ryan J, et al. Lower extremity coordination and symmetry patterns during a drop vertical jump task following acute ankle sprain. *Human movement science*. 2014;38:34-46.
35. Lee AJ, Lin W-H. Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability. *Clinical Biomechanics*. 2008;23(8):1065-72.
36. Stevens JA, Olson S. Reducing falls and resulting hip fractures among older women. *Home care provider*. 2000;5(4):134-41.
37. Akbarnezhad A, Koneshlou S, Baranchi M. The effect of 12 weeks of functional training and different periods of detraining on dynamic balance in elderly men. . 2015.
38. Holm I, Fosdahl MA, Friis A, Risberg MA, Myklebust G, Steen H. Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2004;14(2):88-94.