The Effect of a Plyometric Training Program on the Lower Extremity Functional Symmetry of Soccer Players with a History of Lateral Ankle Sprain

Shahverdi M[1], Kuohestani Ordumahalle M.M[2]

Abstract

Purpose: An ankle sprain produces two-way defects that increase the risk of secondary damage to the non-injured limb. Hence, the purpose of this study was to investigate the effect of plyometric training (PT) on lower extremity functional symmetry of soccer players with a history of lateral ankle sprain.

Methods: In this semi-experimental study, 20 male soccer players with a history of one and two-grade external ankle sprain were selected by using sampling method. PT were performed for 6 weeks. To evaluate the functional asymmetry between the lower extremities functional tests including single hop test, triple hop test, crossover hop test, 6m hop test and multiple test were used. The lower extremity symmetry index (LSI) formula was used to assess the degree of asymmetry in healthy and injured leg. Paired t-test was used to compare the performance between the lower limbs and compare the average percentage of lower extremity symmetry.

Results: The results of this study showed that there was a significant difference between two legs in the pre-test. A healthy leg had a better performance than the injured leg in single hop test (p=0.011), triple hop test (p=0.017), crossover hop test (p=0.001), 6m hop test (p=0.001), and multiple hop test (p=0.001); while the post-test showed no significant difference between the lower extremities.

The results of paired t-test showed that there was a significant difference between the average of LSI in the pre and post-tests in single hop test (p=0.024), triple hop test (p=0.039), a crossover hop test (p=0.031), 6m hop test (p=0.004) and multiple hop test (p=0.001).

Conclusion: The results indicated that injured and dominant leg function led to functional asymmetry in two legs, which PT could compensate for this functional asymmetry.

Keywords: Plyometric training, Functional asymmetry, Lower extremity, Soccer players, Lateral ankle sprain.

Received: 2018.04.09 Accepted: 2018.09.24

تأثیر یک دوره تمرینات پلایومتریک بر تقارن عملکردی اندام تحتانی فوتبالیست های با سابقه پیچ خوردگی جانبی مچ پا

مصطفی شاه وردی[۱] ، محمد مهدی کوهستانی اردومحله[۲]

هدف: پیچ خوردگی مچ پا نقص های دو طرفه ای ایجاد می کند که خطر آسیب دیدگی اندام غیر آسیب دیده را به طور ثانویه افزایش می دهد. از این رو، هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر یک دوره تمرینات پلایومتریک (Plyometric) بر تقارن عملکردی اندام تحتانی فوتبالیست های با سابقه پیچ خوردگی جانبی مچ پا بود.

روش بررسی: در این تحقیق نیمه تجربی ۲۰ فوتبالیست مرد با سابقه پیچ خوردگی جانبی درجه یک و یا دو مچ پا به شیوه نمونه گیری هدفمند انتخاب و به مدت ۶ هفته تمرینات پلایومتریک را انجام دادند. برای ارزیابی عدم تقارن عملکردی بین اندام تحتانی از آزمون های عملکردی شامل پرش چندگانه یک پا، پرش یک پا، پرش سه گام یک پا و پرش متقاطع یک پا و پرش یک پا ۶ متر استفاده شد. فرمول شاخص تقارن اندام های تحتانی برای ارزیابی میزان عدم تقارن پای سالم و آسیب دیده بکار گرفته شد. از آزمون تی زوجی برای مقایسه عملکرد بین اندام های تحتانی و مقایسه میانگین درصد شاخص تقارن اندام تحتانی استفاده شد.

یافته ها: تفاوت معناداری در مرحله پیش آزمون بین دو پا وجود دارد و پای سالم عملکرد بهتری نسبت به پای آسیب دیده در آزمون های پرش یک پا (p=۰/۰۱۱)، پرش سه گام یک پا (p=۰/۰۱۷)، پرش متقاطع یک پا (p=۰/۰۰۱)، پرش ۶ متر یک پا (p=۰/۰۰۱) و پرش چندگانه یک پا (p=۰/۰۰۱) داشت. در حالی که در مرحله پس آزمون تفاوت معناداری بین اندام های تحتانی مشاهده نشد. نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که پس از ۶ هفته تمرین پلایومتریک بین میانگین درصد شاخص تقارن اندام های تحتانی در پیش آزمون و پس آزمون تفاوت معناداری در آزمون های پرش یک پا (p=۰/۰۲۴)، پرش سه گام یک پا (p=۰/۰۳۹)، پرش متقاطع یک پا (p=۰/۰۳۱)، پرش ۶ متر یک پا (p=۰/۰۰۴) و پرش چندگانه یک پا (p=۰/۰۰۱) وجود دارد.

نتیجه گیری: نتایج نشان داد آسیب و عملکرد اندام برتر باعث عدم تقارن عملکردی در دو پا می شود که تمرینات پلایومتریک می تواند این عدم تقارن عملکردی را جبران کند.

کلمات کلیدی: تمرینات پلایومتریک، تقارن عملکردی، اندام تحتانی، فوتبالیست ها، پیچ خوردگی جانبی مچ پا

نویسنده مسئول: مصطفی شاه وردی، shahverdi10@ ut.ac.ir، ORCID: 0000-0003-0374-6951

آدرس: تهران، دانشگاه تهران، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه بهداشت و طب ورزشی

۱- کارشناس ارشد آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد روانشناسی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

مقدمه

بررسی عدم تقارن عملکردی[1] در اندام های تحتانی، بخش مهمی از فرآیند شناسایی ورزشکاران در معرض آسیب و همچنین ارزیابی موفقیت برنامه توانبخشی محسوب می شود (۱) به طوری که در سال های اخیر نیز به یک زمینه تحقیقاتی با هدف پیشگیری از آسیب در تیم های ورزشی تبدیل شده است (۲). عدم تقارن عملکردی اندام تحتانی با نقص قدرت بین دو اندام مشخص می شود (۳) و با عدم تعادل عضلانی که نشان دهنده تغییر در نسبت قدرت بین عضلات زوج موافق و مخالف است تفاوت دارد (۵، ۴). عوامل متعددی در ایجاد عدم تقارن قدرت بین دو اندام نقش دارند که می توان به پیشرفت و برتری طرف غالب بدن (۶)، آسیب های قبلی با عدم بازگشت به حالت اولیه موثر (۷)، تکرار تمرینات یکطرفه ورزشی (۸)، منطقه بازی و سن انجام تمرینات حرفه ای اشاره کرد (۳).

نتایج تحقیقات حاکی از آن است وجود عدم تقارن قدرت در بین دو اندام تحتانی کودکان و نوجوانانی که تمرینات ورزشی را در سطح تفریحی یا رقابتی انجام می دهند با خطر بالای آسیب دیدگی مرتبط است (۹). نتایج مطالعه Paterno و همکاران (۱۰) نشان می دهد عدم تقارن عصبی ـ عضلانی اندام تحتانی با بروز آسیب در ارتباط است و می تواند به عنوان عامل پیشگو در آسیب دیدگی مجدد یا آسیب های بعدی استفاده شود. علاوه بر این، Myer و همکاران (۱۱). نشان دادند که عدم تقارن اندام تحتانی ورزشکاران زن در قدرت، هماهنگی و کنترل وضعیت بدنی نسبت به ورزشکاران مرد شایع تر است که این مسئله با میزان بالای بروز آسیب دیدگی در زنان مرتبط است. از سویی دیگر، آسیب های شدید نیز می تواند سیستم های کنترل حسی ـ حرکتی و مکانیسم های محدود کننده فعال اندام تحتانی را در الگوهای ماهر حرکتی تغییر دهد؛ که در این صورت، ساز وکارهای محدود کننده فعال در اطراف مفصل با به حداقل رساندن بارگذاری باعث محافظت در برابر آسیب ها می شوند (۱۲). با این حال در وظایف حرکتی همزمان اندام، این ساز وکارهای ناشی از آسیب دیدگی می توانند باعث عدم تقارن لازم بین اندام ها برای جذب نیروهای مرتبط با مهارت های برگشت ازحرکت انفجاری شود که این امر اندام مقابل را در معرض خطر افزایش آسیب قرار می دهد. به طور مثال، پیچ خوردگی شدید 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 (۱۳). تحقیقات انجام گرفته در این زمینه نیز نشان می دهد که افراد با سابقهٔ پیچ خوردگی جانبی مچ پا به هنگام ایستادن یک پایی روی اندام آسیب دیده در مقایسه با اندام غیرمبتلا یا در مقایسه با افراد سالم، ثبات کمتری دارند (۱۴).

[1] Functional asymmetry

تقریبا در تمام ورزش های رزمی و برخی از ورزش های تیمی عدم تقارن مشخصی در رفتارهای عصبی ـ عضلانی و همچنین به کارگیری منظم اندام های تحتانی برای اجرای موفقیت آمیز حرکات ویژه و مورد نیاز ورزشکاران وجود دارد. فوتبال یکی از انواع ورزش های نامتقارن است که وظایف مختلفی را بر اندام های تحتانی و فوقانی تحمیل می کند. به نظر می رسد این عدم تقارن می تواند بر عملکرد ورزشکار تاثیر گذار باشد (۲). Wong و همکاران (۱۵). با بررسی اختلاف فشار کف پایی بین دو اندام تحتانی در بازیکنان فوتبال با اجرای آزمون های عملکردی بیان کردند که بازیکنان فوتبال در هنگام اجرای تکالیف ورزشی با پای برتر فشار کف پایی بیشتری بر صفحه نیرو در مقایسه با پای غیر برتر وارد می کنند. Barone و همکاران (۱۶) گزارش کردند اکثر ورزشکاران فوتبالیست 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 ـ عضلانی، قدرت و در نهایت تعادل را در پای غیر برتر افزایش دهد. بنابراین، در صورت وجود عدم تقارن عملکردی در ورزشکاران جوان، برنامه های تمرینی جبرانی باید با هدف حذف یا حداقل محدود کردن اثرات منفی آن بر سلامت ورزشکاران جوان در بلند مدت صورت گیرد (۱۷). در این راستا، Sannicandro و همکاران (۱۷) به بررسی تمرینات تعادلی در کاهش عدم تقارن قدرت عضلانی اندام های تحتانی بازیکنان تنیس پرداختند. نتایج آن ها نشان داد که تمرینات تعادلی میزان عدم تقارن در قدرت اندام های تحتانی بازیکنان تنیس را کاهش می دهد.

تمرینات پلایومتریک نیز نوع بسیار محبوب تمرینات جسمانی و ابزار توانبخشی در بهبود آمادگی جسمانی افراد سالم و بهبود وضعیت بیماران است (۱۸). تمرینات پلایومترک شامل حرکات سریع و توانمند درگیر در انقباض برونگرا می باشند که بلافاصله به دنبال آن انقباض درونگرای انفجاری انجام می شود. این تمرینات با چرخه کشش ـ کوتاه شدن همراه است (۱۹) که باعث افزایش تحرک پذیری، حساسیت و واکنش پذیری سیستم عصبی ـ عضلانی، افزایش تعداد فراخوانی واحد حرکتی، افزایش میزان شلیک عصبی و بهبود همزمانی عمل واحدهای حرکتی می شود (۲۰). نتایج مطالعه Huang و همکاران (۲۱) نشان داد که پس از شش هفته انجام تمرینات پلایومتریک، نوسانات وضعیتی در طول ایستادن بر روی یک پا کاهش می یابد و این تمرینات کنترل وضعیت ایستا و پویا را بهبود می بخشند. Chelly و همکاران (۲۲) گزارش کردند که تمرینات کوتاه مدت پلایومتریک می تواند باعث بهبود سرعت، توان پا و میزان پرش بازیکنان فوتبال شود. حال با توجه به مطالب فوق و اهمیت پیشگیری از بروز آسیب های ورزشیو همچنین جستجوی نویسندگان این مقاله به نظر می‌رسد در تحقیقات قبلی به اندازه کافی به اثربخشی تمرینات پلایومتریک بر تقارن عملکردی فوتبالیست های با سابقه پیچ خوردگی جانبی مچ پا توجه نشده است. از این رو، هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر یک دوره تمرینات منتخب پلایومتریک بر تقارن عملکردی اندام تحتانی فوتبالیست های با سابقه پیچ خوردگی جانبی مچ پا به وسیله آزمون های عملکردی می باشد که این آزمون ها می توانند تعادل پویا، قدرت انفجاری، سرعت حرکت و تغییر مسیر را در سطوح مختلف بسنجند.

روش بررسی

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و از حیث هدف کاربردی، با طرح پیش آزمون و پس آزمون بود. جامعه آماری شامل بازیکنان فوتبال مرد با دامنه سنی ۲۰ تا ۲۵ سال شهر قزوین بود که فقط در شش ماه گذشته و نه قبل از آن (و به منظور حذف اثر کاهنده درد بر اجرا)، دچار پیچ خوردگی جانبی درجه یک و یا دو مچ پا شده بودند استفاده شد که نیاز به بی تحرکی کامل مثل استفاده از گچ گیری یا نیاز به جراحی نداشتند. برای تعیین حداقل تعداد نمونه از نرم افزار آماری برآورد حجم نمونه (G*Power) برای توان آزمونی ۰/۹۵، اندازه اثر ۰/۷۷و سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد که بر این اساس تعداد ۲۰ نفر برای این تحقیق تعیین گردید که این تعداد به شیوه نمونه گیری هدفمند و در دسترس انتخاب شدند.

معیارهای ورود به تحقیق شامل ۵ سال سابقه فعالیت منظم در رشته فوتبال، BMI طبیعی، اخذ فرم رضایت نامه کتبی، آزمون پیش شرط انجام تمرینات پلایومتریک بود. معیارهای خروج از تحقیق نیز شامل داشتن سابقه جراحی، داشتن هرگونه علائم مرتبط با آسیب، شکستگی و یا

بیماری های مفصلی، داشتن هرگونه ناهنجاری قابل مشاهده در اندام تحتانی، وجود بیماری های سیستم عصبی و عصبی ـ عضلانی، عدم تمایل آن ها به ادامه روند تحقیق، عدم شرکت آزمودنی ها در دو جلسه تمرینی متوالی یا سه جلسه تمرینی غیر متوالی، آسیب دیدگی و ایجاد درد در طول روند انجام تحقیق بود. پس از ثبت اطلاعات، آزمودنی ها در پیش آزمون شرکت کردند و علاوه بر شرکت در برنامه تمرینی مربوط به رشته خود به مدت ۶ هفته و سه جلسه در هر هفته برنامه تمرینات پلایومتریک Huang و همکاران (۲۱) استفاده شده در این تحقیق را انجام دادند (جدول ۱). آزمودنی ها بین هر دوره تمرین ۳۰ ثانیه و بین هر تمرین ۲ دقیقه استراحت می کردند (۲۳). شدت تمرین در هفته ها با افزایش تعداد تمرین و همچنین با محدود کردن دست ها یعنی از حالت آزاد به دست ها روی سینه و سپس دست ها پشت سر افزایش یافت (۲۴).

عملکرد یک ورزشکار بستگی به عوامل متعدد عصبی ـ عضلانی همچون تعادل، چابکی و تغییر مسیر دارد. به این ترتیب، ارزیابی مؤلفه های مختلف عصبی ـ عضلانی برای تشخیص مناسب عدم تقارن اندام تحتانی می تواند مهم باشد. به ویژه در هنگام ارزیابی تکالیف پرشی، ارزیابی حرکات در تمام محورها برای به دست آوردن یک تصویر جامع از عملکرد ورزشکار حائز اهمیت است (۲۸). به همین دلیل در این تحقیق برای ارزیابی عدم تقارن عملکردی بین دو اندام تحتانی از آزمون پرش چندگانه یک پا[1]برای اندازه گیری تعادل پویا و قدرت انفجاری در سطح Sagittal، Frontal و Diagonal (شکل ۱، الف) و آزمون های ارائه شده توسط Noyes و همکاران (۲۹) استفاده شد که می توانند تعادل پویا، سرعت تغییر مسیر، توان و قدرت انفجاری افراد را در سطح Sagittal و Frontal (۱۶) در افراد سالم وآسیب دیده را ارزیابی کنند (شکل ۱، ب) (۳۱). علاوه بر این، Ross و همکاران (۳۰) پایایی آزمون ـ بازآزمون ۴ آزمون عملکردی فوق را ۰/۹۷ ـ ۰/۹۲ =ICC گزارش کرده اند. پایایی آزمون ـ بازآزمون تست پرش چندگانه یک پا نیز ICC=/۸۳ گزارش شده است (۳۱). این آزمون ها ابتدا بر روی پای غالب آزمودنی ها (پایی که با آن به توپ ضربه می زدند) و سپس بروی پای غیر غالب اجرا شد. برای آشنایی آزمودنی ها با آزمون ها دو تمرین آزمایشی با فاصله استراحت ۲ دقیقه برای هر فرد در نظر گرفته شد. شایان ذکر است که قبل از اجرای آزمون ها و تمرینات، آزمودنی ها به مدت ۱۵ دقیقه برنامه گرم کردن شامل دویدن آرام، تمرینات کششی و سرعتی و همچنین تمرینات ویژه ورزشی را انجام دادند (۱۷). برای ارزیابی میزان عدم تقارن پای سالم و آسیب دیده آزمودنی در اجرای آزمون های عملکردی از فرمول شاخص عدم تقارن اندام های تحتانی[2]استفاده شد (۳۰، ۲۹):

(۱) شاخص تقارن اندام تحتانی با معیار مسافت

$$= \frac{\text{رکورد پای سالم}}{\text{رکورد پای آسیب دیده}} \times 100\%$$

(۲) شاخص تقارن اندام تحتانی با معیار زمان

$$= \frac{\text{رکورد پای آسیب دیده}}{\text{رکورد پای سالم}} \times 100\%$$

نزدیکتر بودن شاخص تقارن به عدد یک نشان دهنده متقارنتر بودن عملکرد فرد می باشد.

تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست‌آمده با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. بدین منظور، با توجه به نتیجه آزمون Kolmogorov–Smirnov (p> ۰/۰۵)، از آزمون تی زوجی[3]برای مقایسه عملکرد بین اندام های تحتانی آزمودنی ها در مرحله پیش آزمون و پس آزمون و همچنین مقایسه میانگین درصد شاخص تقارن اندام تحتانی پیش آزمون و پس آزمون استفاده شد. سطح معناداری آزمون ها نیز ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

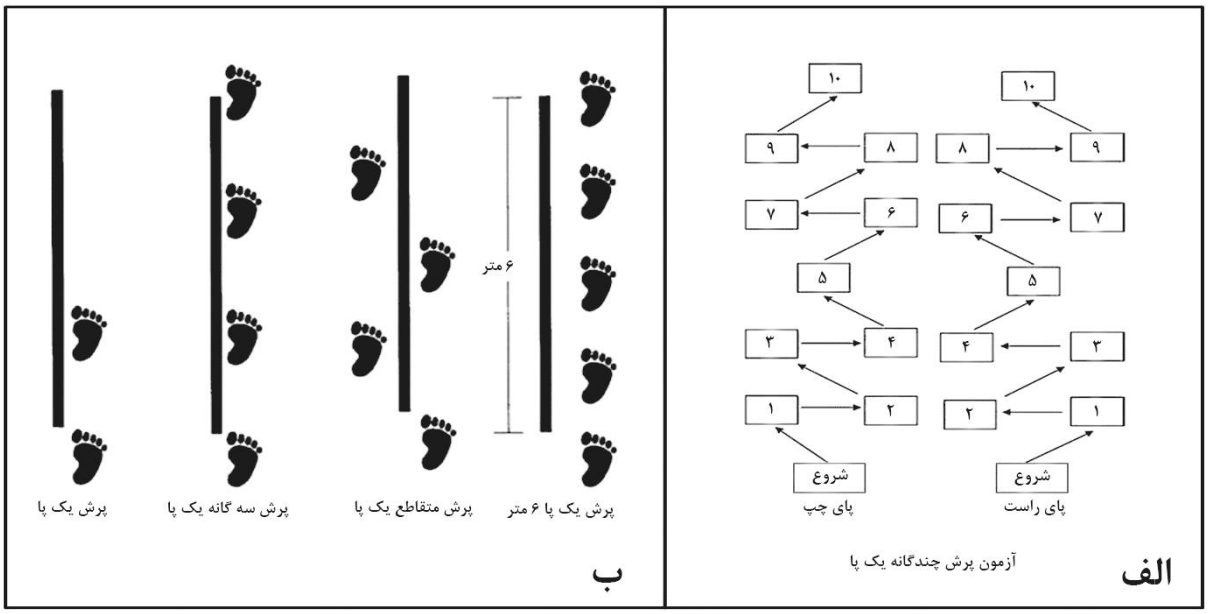
یافته ها

در این تحقیق ۲۰ فوتبالیست مرد با سابقه پیچ خوردگی جانبی درجه یک و یا دو مچ پا با میانگین سنی۱/۵۷± ۲۲/۰۶، میانگین وزن ۳/۹۷±۷۲/۰۶، میانگین قد۴/۶۰± ۱۷۶/۷۳ و میانگین BMI ۲/۳±۲۲/۰۵ به مدت ۶ هفته تمرینات پلایومتریک را انجام دادند. قابل ذکر است که پای آسیب دیده تمام آزمودنی های شرکت کننده در تحقیق

[1] Multiple hop test
[2] Lower Extremity Asymmetry Index (LSI)
[2] Paired T-test

جدول ۱: برنامه تمرینی به کار رفته در تحقیق

هفته	تمرین پلایومتریک	تکرار	دوره
۱ و ۲	پرش اسکات	۱۰	۲
	پریدن با استفاده از حرکات مچ پا	۱۰	۲
	پرش با طی مسیر	۱۰	۲
	پرش به شکل زیگزاگ به جلو	۱۰	۳
	پرش به طرف جلو	۱۰	۳
	پریدن بر روی پله	۸	۲
۳ و ۴	پرش اسکات اسپلیت	۱۰	۲
	لی زدن با طی مسیر	۱۰	۲
	لی زدن به شکل زیگزاگ	۱۰	۳
	لی زدن جانبی به سمت چپ و راست	۱۰	۳
	پرش با زانوی جمع	۱۰	۲
	لی زدن مورب	۸	۲
	پرش بر روی پله	۱۰	۲
۵ و ۶	پرش اسکات با یک پا همراه با پرخش	۱۰	۲
	لی زدن با هدف به سمت چپ و راست	۱۲	۲
	پرش به بالا با طی مسیر	۱۰	۲
	لی زدن زیگزاگ به سمت جلو	۱۰	۳
	لی زدن جانبی	۱۰	۳
	زانو جمع پرش	۱۰	۲
	نردبان چابکی	۳	۱
	پرش بر روی پله	۱۰	۲



شکل ۱: آزمون های به کار رفته در تحقیق (۳۰). آزمون پرش چندگانه یک پا با معیار زمان (الف). آزمون های پرش یک پا، پرش سه گانه یک پا، پرش متقاطع یک پا و پرش یک پا ۶ متر با معیار مسافت (ب).

پای برتر آن ها بود. با توجه به نتیجه آزمون Kolmogorov–Smirnov (p=۰/۵۸۳) و توزیع طبیعی داده های مرتبط با تفاوت عملکرد در پیش و پس آزمون، از آزمون تی زوجی برای مقایسه عملکرد بین اندام- های تحتانی آزمودنی ها در مرحله پیش آزمون و پس آزمون استفاده شد. نتایج نشان داد تفاوت معناداری در مرحله پیش آزمون بین دو پا وجود دارد و پای سالم عملکرد بهتری نسبت به پای آسیب دیده در آزمون های عملکردی داشت، در حالی که در مرحله پس آزمون تفاوت معناداری بین اندام های تحتانی آزمودنی ها مشاهده نشد. همچنین پس از قرار دادن داده ها در فرمول مذکور و بدست آمدن درصد شاخص تقارن اندام تحتانی، نتایج آزمون تی زوجی (با توجه به نتیجه آزمون Kolmogorov–Smirnov) نشان داد که پس از ۶ هفته تمرین پلایومتریک در آزمون های پرش یک پا، پرش سه گام یک پا، پرش متقاطع یک پا، پرش ۶ متر یک پا و پرش چندگانه یک پا بین میانگین درصد شاخص تقارن اندام های تحتانی آزمودنی ها در پیش آزمون و پس آزمون تفاوت معناداری وجود دارد (جدول ۲).

بحث و نتیجه گیری

هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر یک دوره تمرینات پلایومتریک بر تقارن عملکردی اندام تحتانی فوتبالیست- های با سابقه پیچ خوردگی جانبی مچ پا بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که پس از ۶ هفته تمرینات پلایومتریک علاوه بر افزایش عملکرد هر دو پای آزمودنی ها در آزمون های عملکردی، شاخص تقارن عملکردی اندام های تحتانی آنها به عدد یک نزدیکتر شد که این مسئله نشان دهنده اثربخشی تمرینات پلایومتریک بر کاهش معنادار عدم تقارن عملکردی اندام تحتانی فوتبالیست های با سابقه پیچ خوردگی جانبی مچ پا می باشد.

با توجه به جستجوی نویسندگان این پژوهش و عدم دسترسی به مقاله مرتبط با موضوع این پژوهش نتایج بدست آمده در برخی متغیرها با نتایج تحقیقاتHuang و همکاران (۲۱)، ذهبی و همکاران (۲۶)، Hewett و همکاران (۳۲) Cornu و همکاران (۳۳) و کریمی زاده اردکانی و همکاران (۳۶)، همسو بوده و از طرفی با نتایج تحقیقات Rezaeimanesh و همکاران (۲۵)، Kubo و همکاران (۲۷) و Thomas و همکاران (۳۵) ناهمسو می باشد. Rezaeimanesh و همکاران (۲۵) با بررسی تأثیر چهار هفته تمرینات پلایومتریک بر فعالیت الکتریکی عضلات ناحیه ران ۱۴ بازیکن فوتسال بیان کردن که پس از تمرینات پلایومتریک افزایشی در فعالیت الکتریکی عضلات در طی حرکت پرش انفجاری ایجاد نمی شود. Kubo و همکاران (۱۷) نیز تغییری در فعالیت عضلات پلنتار فلکسور و دورسی فلکسور در طی پرش عمودی و پس از تمرینات پلایومتریک مشاهده نکردند. Thomas و همکارانش (۳۵) نیز اثر دو شیوه تمرینات پلایومتریک را بر سرعت پنج، ده، پانزده و بیست متر در بازیکنان بالغ فوتبال مورد بررسی قرار دادند که در نتایج آنها تغییر معناداری مشاهده نشد. دلیل ناهمسو بودن این مطالعات با پژوهش حاضر ممکن است تفاوت در پروتکل تمرینی، استفاده از نمونه های سالم، حجم کل نمونه های تحقیق، مدت زمان تمرین در هر جلسه و زمان کلی تمرینات و آزمون های عملکردی مورد استفاده باشد.

با این حال، تغییرات سریع طول/ تنش در فاز برونگرا تمرینات پلایومتریک، منجر به ایجاد تطابق در دوک های عضلانی و اندام های گلژی تاندون می شود. افزایش حساسیت دوک های عضلانی، ورودی های آوران به سیستم عصبی مرکزی را افزایش داده و حس عمقی را بهبود می دهد. تمرینات پلایومتریک به علت غیر منتظره بودن نوع حرکات حین پرش ها و فرودها، نیازمند فعالیت پیش بین[1] عضلات است. همچنین هنگامی که عضلات مکرراً تحریک می شوند حس عمقی افزایش پیدا کرده و در نتیجه آگاهی نسبت به حس موقعیت مفصل افزایش پیدا می کند (۳۴).

ساز وکار احتمالی که به وسیله آن تمرینات پلایومتریک می تواند نیرو یا توان خروجی را افزایش دهد، در ارتباط با اثر مهاری گیرنده های گلژی تاندون روی تولید نیرو می باشد. از آنجایی که گیرنده های گلژی تاندون به عنوان یک عامل محدود کننده تنش عمل می کنند، میزان نیرویی که می تواند تولید شود را محدود می کنند. آستانه تحریک پذیری گیرنده ها به عنوان یک عامل محدود کننده مطرح می شود. تمرینات پلایومتریک حساسیت گیرنده های گلژی تاندون را کاهش داده و در نتیجه سطح مهار شدن را بالا می برد (۳۷). در واقع چنانچه سطح مهار شدن افزایش

[1] Feedforward

جدول ۲: نتایج آزمون تی زوجی برای بررسی تغییرات درون‌گروهی بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون پس از ۶ هفته تمرین پلایومتریک

متغیرها	پیش آزمون	پس آزمون	T زوجی	p- مقدار
	میانگین±انحراف معیار	**میانگین±انحراف معیار**		
درصد تقارن آزمون پرش یک پا (cm)	۰/۹۵ ±۰/۰۸	۱/۰۲ ±۰/۰۷	-۲/۵۲۹	۰/۰۲۴*
درصد تقارن آزمون پرش سه گام یک پا (cm)	۰/۹۶ ±۰/۰۷	۱ ±۰/۰۲	-۲/۲۸۲	۰/۰۳۹*
درصد تقارن آزمون پرش متقاطع یک پا (cm)	۰/۹۴ ±۰/۰۶	۰/۹۸ ±۰/۰۱	-۲/۳۹۱	۰/۰۳۱*
درصد تقارن آزمون پرش یک پا ۶ متر(s)	۱/۲۶ ±۰/۰۷	۱/۱۸ ±۰/۰۸	۳/۴۹۴	۰/۰۰۴*
درصد تقارن آزمون پرش چندگانه یک پا (s)	۱/۴۵ ±۰/۱۴	۱/۱۹ ±۰/۰۸	۸/۶۸۳	۰/۰۰۱*

*: مقدار $p\leq$ ۰/۰۵ و اختلاف معناداری وجود دارد.

یابد، بار بیشتری بر سیستم عضلانی ـ اسکلتی اعمال می شود و در نتیجه توانایی تولید نیرو افزایش پیدا می کند (۳۷). از آنجا که تمرین های پلایومتریک در چرخه کشش ـ انقباض سبب تغییر سرعت در مرحله انقباض برونگرا و درونگرا می شود، افزایش و تقویت این دو مرحله کاهش فاصله زمانی بین مرحله انقباض برونگرا و درونگرا را به همراه دارد. در نتیجه تمرین های پلایومتریک سبب افزایش و بهبود سرعت می شود (۳۷).

هماهنگی عصبی ـ عضلانی ساز وکار دیگری است که منجر به افزایش توانایی تولید نیرو می شود. سرعت انقباض وابسته به هماهنگی عصبی ـ عضلانی است. تمرینات پلایومتریک با ایجاد هماهنگی عصبی ـ عضلانی و با کشش اولیه انفجاری کارایی عضلات را بهبود می بخشد. تمرینات پلایومتریک احتمالاً با تأثیرگذاری بر فعالیت پیش بین عضلات به اندام ها این امکان را می دهد که در حین انجام حرکات مختلف در محدوده لازم، تحرک داشته باشد و از آسیب هایی که به دلیل تأخیر در فعالیت عضلات، محدودیت دامنه حرکتی و کوتاهی عضلات بوجود می آید، جلوگیری کند. تمرینات پلایومتریک همچنین از تمرینات ثبات دهنده مرکزی نیز برخوردار است و احتمالاً این تمرینات با ایجاد ثبات وضعیتی که برای فرد به وجود می آورند به فرد این امکان را می دهد که در آزمون های عملکردی از شرایط و نتیجه بهتری برخوردار شود. تمرینات ناحیه مرکزی تنه، کارایی سیستم عصبی ـ عضلانی را بهبود می بخشد که موجب حرکت مطلوب مفاصل کمر، لگن و ران در طول زنجیره حرکتی عملکردی، شتاب گیری یا کاهش شتاب مناسب، تعادل عضلانی مناسب، تقویت ثبات ناحیه مرکزی و قدرت عملکردی می شود. این اثرات منجر به عملکرد مطلوب و افزایش قدرت عضلات اندام تحتانی می شود که می تواند تثبیت مفاصل را مناسب تر انجام دهد و در نهایت احتمال بهبود عوامل خطرساز آسیب در اندام تحتانی را کاهش دهد (۳۸).

در استفاده از نتایج به دست آمده از این تحقیق باید به محدودیت های آن همچون عدم کنترل شرایط روحی و روانی و وضعیت تغذیه ای آزمودنی ها توجه ویژه داشت. از سویی دیگر چون سطح آزمودنی های شرکت کننده در این پژوهش متوسط بود از تعمیم دادن نتایج به سایر سطوح ورزشی به ویژه سطح حرفه ای باید اجتناب نمود.

در نهایت، نتایج نشان داد آسیب و عملکرد اندام برتر باعث عدم تقارن عملکردی در دو پا می شود که تمرینات پلایومتریک بعد از ۶ هفته می تواند با افزایش هماهنگی عصبی ـ عضلانی و فعالیت پیش بین عضلات و همچنین کاهش حساسیت گیرنده های گلژی تاندون و در نتیجه افزایش سطح مهار شدن آن ها سبب بهبود نوسانات وضعیتی، قدرت و سرعت حرکت بر روی هر دو پا شده و این عدم تقارن عملکردی را جبران کند. بنابراین، با توجه به نتایج به دست آمده، توصیه می شود این تمرینات در برنامه های توانبخشی و پیشگیری از آسیب مجدد مورد استفاده قرار گیرند.

همچنین پیشنهاد می شود در تحقیقات آتی، برای تعمیم نتایج به سایر رشته ها و سطوح مختلف ورزشی بررسی اثر گذاری تمرینات پلایومتریک برعدم تقارن عملکردی

ورزشکاران رشته های مختلف انجام گیرد و در آن مقایسه ای بین اثر بخشی این تمرینات بر روی ورزشکاران سطح آماتوری و حرفه ای نیز انجام شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری و تلاش های کلیه عزیزان شرکت کننده در این تحقیق تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

1. Fort-Vanmeerhaeghe A, Montalvo MA, a-Rabert SM, Kiefer WA, et al. Neuromuscular asymmetries in the lower limbs of elite female youth basketball players and the application of the skillful limb model of comparison. Physical Therapy in Sport 2015; 16(14): 317-323.

2. Gstöttner M, Neher A, Scholtz A, Millonig M, et al. Balance ability and muscle response of the preferred and nonpreferred leg in soccer players. Motor Control 2009; 13(2): 218-231.

3. Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. Journal of Sports Science and Medicine 2010; 9(3): 364-373.

4. Jones PA, Bampouras TM. A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. . Journal of Strength & Conditioning Research 2010; 24(6): 1553-1558.

5. Schlumberger A, Laube W, Bruhn S, Herbeck B, et al. Muscle imbalances – fact or fiction? Isokinetics and Exercise Science 2006; 14(1): 3-11.

6. Miyaguchi K, Demura S. Specific factors that influence deciding the takeoff leg during jumping movements. Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association 2010; 24(9): 2516-1522.

7. Paterno MV, Ford KR, Myer GD, Heyl R. Limb asymmetries in landing and jumping 2 years following anterior cruciate ligament reconstruction. Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine 2007; 17(4): 258-262.

8. Schiltz M, Lehance C, Maquet D, Bury T, et al. Explosive strength imbalances in professional basketball players. Journal of Athletic Training 2009; 44(1): 39-47.

9. Hickey KC, Quatman CE, Myer GD, Ford KR, et al. Methodological report: dynamic field tests used in an NFL combine setting to identify lower-extremity functional asymmetries. Journal of Strength & Conditioning Research 2009; 23(9): 2500-1506.

10. Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, Rauh MJ, et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. . The American Journal of Sports Medicine 2010; 38(10): 1968-1978.

11. Myer GD, Brent JL, Ford KR, Hewett TE. Real-time assessment and neuromuscular training feedback techniques to prevent ACL injury in female athletes. Strength and Conditioning Journal 2011; 33(3): 21-35.

12. 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): 1842-1850.

13. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Sweeney K, 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.

14. Wang HK, Chen CH, Shiang TY, Jan MH, et al. Risk-factor analysis of high school basketball player ankle injuries : a prospective controlled cohort study evaluating postural sway, ankle strength, and flexibility.Arch phys Med Rehabil 2006; 87(6): 821-825.

15. Wong P, Chamari K, Chaouachi A, Wei Mao D, et al. Difference in plantar pressure between the preferred and nonpreferred feet in four soccer-related movements. Br J Sports Med 2007; 41(2): 84-92.

16. Barone R, Macaluso F, Traina M, Leonardi V, et al. Soccer players have a better standing balance in nondominant one-legged stance. Open access journal of sports medicine 2011; 2: 1-6.

17. Sannicandro I, Cofano G, Rosa AR, Piccinno A. Balance Training Exercises Decrease Lower-Limb Strength Asymmetry in Young Tennis Players. Journal of Sports Science and Medicine 2014; 13(2): 397-402.

muscle-tendon complex and jump performance. Med Sci Sports Exerc 2007; 39(10): 1801-1810.

18. Markovic G, Mikulic P. Neuro musculoskeletal and performance adaptations to lower extremity plyometric training. Sports Med. 2010;40(10):859-895.

19. Ratamess NA. ACSMs foundations of strength training and conditioning: USA Lippincott Publication; 2012: 87-93.

20. Clark M, Lucett S. National academy of sports medicine. NASM essentials of corrective exercise training: USA Lippincott Publication; 2010: 253-268.

21. Huang PY, Chen WL, Lin CF, Lee HJ. Lower extremity biomechanics in athletes with ankle instability after a 6-week integrated training program. J Athl Train 2014; 49(2): 163-172.

22. Chelly MS, Ghenem MA, Abid K, Hermassi S, et al. Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump-and sprint performance of soccer players. Journal of Strength and Conditioning Research 2010; 24(10): 2670-1676.

23. Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, Alcock GK, et al. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. Physical therapy 2007; 87(3): 337-349.

24. Rantalainen T, Hoffrén M, Linnamo V, Heinonen A, et al. Three-month bilateral hopping intervention is ineffective in initiating bone biomarker response in healthy elderly men. European journal of applied physiology 2011; 111(9): 2155-2162.

25. Rezaimanesh D, Amiri-Farsani P, Saidian S. The effect of a 4 week plyometric training period on lower body muscle EMG changes in futsal players. Procedia Social Behavior Sci 2011; 15: 3138-3142.

26. 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): 140-147. [Persian]

27. Kubo K, Morimoto M, Komuro T, Yata H, et al. Effects of plyometric and weight training on

28. Myer GD, Schmitt LC, Brent JL, Ford KR, et al. Utilization of modified NFL combine testing to identify functional deficits in athletes following ACL reconstruction. . The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy 2011; 41(6): 377-387.

29. 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): 513-518.

30. Ross MD, Lanford B, Whelan P. Test-retest reliability of 4 single-leg horizontal hop tests. Journal of Strength &Conditioning 2002; 16(4): 617-622.

31. Eechaute C, Vaes P, Duquet W. The dynamic postural control is impaired in patients with chronic ankle instability reliability and validity of the multiple hop test. Clin J Sport Med 2009; 19(2): 107-114.

32. Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR. Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. . Am J Sports Med 1996; 24(9): 765-773.

33. Cornu C, Almeida SI, Goubel F. Influence of plyometric training on the mechanical impedance of the human ankle joint. . Eur J Appl Physiol 1997; 76(3): 282-288.

34. 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): 540-552. [Persian]

35. Thomas K, French D, Hayes PR. The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. Journal of Strength and Conditioning Research 2009; 23(1): 332-335.

36. 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):1065-1072.

37. Prentice WE, Kaminski TW. Rehabilitation techniques for sports medicine and athletic training.: New York McGraw Hill Publication.; 2004: 406-408.

38. Hadadnezhad M. Compare the performance and plyometric exercises influence on some parameters of EMG in active females with trunk neuromuscular control deficit [Thesis]. Faculty of physical education and sport sciences: Univcity of Tehran; 2013.