تأثیر تمرینات پلایومتریک بر عملکرد و میزان فعالیت فیدفورواردی عضلات ساق پای زنان فعال مبتلا به بی ثباتی عمکردی مچ پا در فرود تک پا

سمیه مؤمنی*[1]، امیر حسین براتی[2]، امیر لطافت کار[1]، علی اشرف جمشیدی[3]، فریبرز هوانلو[4]

۱) گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲) گروه آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳) گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۴) گروه فیزیولوژی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت:۹۵/۶/۲۰ **تاریخ پذیرش:۹۵/۸/۲۹**

چکیده:

مقدمه: فراخوانی مناسب عضلات اندام تحتانی نقش قابل توجهی در ایجاد ثبات مفصلی بر عهده دارد. هدف این پژوهش، بررسی تأثیر شش هفته تمرینات پلایومتریک بر عملکرد و میزان فعالیت فیدفورواردی عضلات ساق پای زنان فعال دارای بی ثباتی عملکردی مچ پا در فرود تک پا می‌باشد.

مواد و روش ها: ۳۰ زن فعال دارای بی ثباتی عملکردی مچ پا در این تحقیق نیمه تجربی شرکت نمودند. شش هفته پروتکل تمرینات پلایومتریک پی ین هانگ (طی ۱۸ جلسه) بر روی گروه تمرینی انجام گرفت. جهت ارزیابی عملکرد از آزمون های عملکردی (لترال هاپ و مالتیپل هاپ) استفاده شد. فعالیت الکتریکی عضلات پرونئوس لانگوس، تیبیالیس آنتریور و گاستروکنمیوس داخلی در فرود تک پا در پیش آزمون و پس از شش هفته تمرین جمع آوری شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات در میزان معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ و با استفاده از نرم-افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

یافته های پژوهش: نتایج نشان داد پس از شش هفته تمرینات پلایومتریک، زمان انجام مالتیپل هاپ به طور معنی داری کاهش یافت و مسافت لترال هاپ دارای افزایش معنی دار بود. افزایش معنی داری در میزان فعالیت فیدفورواردی عضلات پرونئوس لانگوس و گاستروکنمیوس داخلی گروه تمرینی ایجاد شد ($p\leq ۰/۰۵$)، اما تغییر در میزان فعالیت فیدفورواردی عضلات تیبیالیس آنتریور مشاهده نشد($p>۰/۰۵$).

بحث و نتیجه گیری: تمرینات پلایومتریک با تغییر در میزان فعالیت فیدفورواردی عضلات پرونئوس لانگوس و گاستروکنمیوس داخلی افراد با بی ثباتی عملکردی مچ پا، عملکرد اندام تحتانی را بهبود می بخشد و بهتر است در برنامه های توانبخشی افراد با بی ثباتی عملکردی مچ پا گنجانده شود.

واژه های کلیدی: بی ثباتی عملکردی مچ پا، الکترومایوگرافی، فعالیت فیدفورواردی، عملکرد.

* **نویسنده مسئول:** گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

Email: sm.822003@gmail.com

Copyright © 2017 Journal of Ilam University of Medical Science. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution international 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material, in any medium or format, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.2.42]

مقدمه

اولین بار فریمن در سال ۱۹۶۵ بی ثباتی عملکردی مچ پا را به صورت احساس خالی شدن پا به دنبال صدمات اولیه پیچ خوردگی خارجی مچ پا تعریف کرد (۱). تا به امروز تحقیقات زیادی به بررسی ویژگی های مرتبط با بی ثباتی عملکردی پرداخته اند اما هنوز مکانیزم های به وجود آورنده آن به طور دقیق مشخص نیستند (۲). یکی از فرضیه های احتمالی جهت توجیه بی ثباتی عملکردی مچ پا تغییر پاسخ یا الگوی زمانی- مکانی عضلات است (۳). سیستم عصبی با دو مکانیزم فیدفورواردی و فیدبکی کنترل حرکت بدن را عهده دار است. در مکانیزم های فیدبکی، سیستم عصبی با پالایش سیگنال های حسی اندام و به کار بردن چنین اطلاعاتی به طور مستقیم بر عملکرد اندام تأثیر می گذارد. این کنترل لحظه به لحظه برای تصحیح خطاها را کنترل فیدبکی می گویند (۴). در مکانیزم فیدفورواردی، سیستم عصبی با به‌کارگیری حس های مختلف با توجه به تجربیات قبلی و مدل های درونی، حرکت و وضعیت بدنی را کنترل می کند. شواهد اخیر پیشنهاد می کند که کنترل ثبات پویای مفصل مچ پا از طریق مکانیزم های فیدفورواردی و نه فیدبکی ایجاد می شود و به نظر در افراد مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا کنترل بهم خوردن ثبات پویا عمدتاً تحت تأثیر الگوهای حرکتی فیدفورواردی و نه فیدبکی باشد (۴).

در این ارتباط، برخی از مطالعات کاهش در فعالیت پرونئوس لانگوس پیش از تماس پا با زمین را یافتند که نشان می دهد افراد مبتلا به بی ثباتی عملکردی احتمالاً در کنترل عصبی-عضلانی فیدفورواردی دارای نقصان می باشند (۵).

تأخیر در شروع فعالیت عضلات اندام تحتانی در افراد مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا در مطالعات متعددی نشان داده شده است که مبین کاهش میزان فعالیت می باشد. این تأخیر در عضلات نزدیک نسبت به مفصل مچ پا و به ویژه در عضلات ساق پا مانند پرونئوس لانگوس، تیبیالیس انتریور، گاستروکنمیوس داخلی در افراد مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا در مطالعات مختلف گزارش شده است (۵, ۶).

فعالیت عضلانی که قبل از برخورد پا با زمین شروع می شود، بیانگر یک استراتژی کنترل حرکتی مرکزی یا فیدفورواردی است که عضلات را برای جذب نیروی تماسی آماده می کند. زمان شروع و بزرگی این پاسخ عضلانی توسط سیستم عصبی مرکزی و با تکیه بر حافظه حسی-حرکتی در مورد نیروی عکس العمل زمین در حین فرود پیش بینی می شود (۷). جهت آمادگی برای جذب نیروهای تماسی به هنگام فرود، فعالیت عضلانی در اندام تحتانی قبل از تماس پا با زمین صورت می گیرد، به چنین فعالیتی که از طریق الکترومیوگرافی ثبت می شود، پیش فعالیت گویند که به صورت از قبل برنامه ریزی شده است و توسط مراکز فوق نخاعی کنترل می شود. کنترل زمانبندی این پیش فعالیت عضلانی جهت کنترل سفتی اندام تحتانی در لحضه تماس پا با زمین حیاتی است(۷).

بدون پیش فعالیت عضلات، مکانیزم های رفلکس کششی بدلیل تأخیر در اجرا، نمی توانند چرخش های مفصلی را کنترل کنند. طی مرحله فرود، یکسری وقایع عصبی-عضلانی وجود دارد که پا را آماده برخورد با زمین می کنند از جمله آنها، فعالیت عضلانی قبل از تماس پا با زمین می باشد (۸).

تمرینات پلایومتریک نوع بسیار محبوب تمرینات جسمانی و ابزار توانبخشی در بهبود آمادگی جسمانی افراد سالم و بهبود وضعیت بیماران است (۹). 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- کوتاه شدن همراه است (۱۰). این نوع از تمرینات باعث افزایش تحرک پذیری، حساسیت و واکنش پذیری سیستم عصبی-عضلانی و نیز افزایش توان، افزایش تعداد فراخوانی واحد حرکتی، افزایش میزان شلیک عصبی و بهبود همزمانی عمل واحد های حرکتی می شود (۱۱). کنترل عصبی، شامل اجزای مرکزی و محیطی، نقش کلیدی در تشدید نیرو طی ورزش هایی از نوع کشش-کوتاه شدن را بازی می کند. اهمیت ویژه آن فعال سازی عضله قبل از برخورد با زمین و تسهیل رفلکسی طی اواخر مرحله برونگرا و ابتدای مرحله درونگرا می باشد (۱۲). بنابراین

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.2.42]

فرض اینکه تغییرات ناشی از تمرینات پلایومتریک در کارکرد عضلانی و عملکرد دارای منشأ عصبی باشد، منطقی است.

لذا از آنجایی که مطالعات محدودی نیز تأثیر تمرینات پلایومتریک را بر فعال سازی عضلانی بررسی کرده اند، هدف تحقیق حاضر بررسی تأثیر شش هفته تمرینات پلایومتریک بر عملکرد و میزان فعالیت فیدفورواردی عضلات ساق پای زنان فعال مبتلا به بی ثباتی عمکردی مچ پا در فرود تک پا می باشد.

مواد و روش ها

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی می باشد. در این مطالعه ۳۰ زن مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا با دامنه سنی ۱۸ تا ۳۰ سال که سابقه حداقل سه سال ورزش منظم در رشته های بسکتبال، هندبال و والیبال داشتند و به طور متوسط سه جلسه در هفته ورزش می کردند، به صورت هدفمند انتخاب و به شکل تصادفی به دو گروه تمرین پلایومتریک و کنترل تقسیم شدند (۱۵ نفر در گروه کنترل و ۱۵ نفر در گروه تمرین پلایومتریک).

معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن سابقه حداقل یک بار آسیب چرخش داخلی مچ پا در دو سال گذشته، حداقل دوبار احساس بی ثباتی مچ پا یا احساس خالی شدن مفصل در حین انجام فعالیت های روزمره یا ورزشی در دو سال اخیر، توانایی کامل تحمل وزن، راه رفتن طبیعی، دامنه حرکتی کامل مفصل مچ پا، BMI نرمال (۲۵-۲۰)، عدم سابقه آسیب اندام تحتانی، عدم نشانه های پیچ خوردگی حاد در مچ پا در شش هفته گذشته، عدم سابقه جراحی در اندام تحتانی، عدم اختلالات تعادل مانند اختلالات مرتبط با سیستم دهلیزی، دیابت، ناهنجاری های وضعیتی اندام تحتانی و ستون فقرات، عدم سابقه شرکت در برنامه توانبخشی در شش ماه گذشته و عدم وجود بی ثباتی مکانیکی مفصل مچ پا از طریق مثبت بودن آزمون کشویی قدامی (Anterior drawer test) و چرخش استخوان قاپ (Talar Tilt) می باشد.

معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم تمایل آنها 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 ارزیابی افراد از نظر معیارهای ورود به تحقیق و پس از ارائه توضیحات لازم درباره تحقیق و اطمینان از رعایت اخلاق در پژوهش و اخذ فرم رضایت نامه کتبی، از افراد داوطلب، آزمون پیش شرط انجام تمرینات پلایومتریک گرفته شد (۱۳) و در نهایت افراد دارای معیارهای ورود به تحقیق شناسایی شدند.

پس از حضور در محل آزمایشگاه و نیز اندازه گیری قد و وزن، به مدت پنج دقیقه هر آزمودنی برنامه گرم کردن را انجام داد. سپس از تست های عملکردی لترال هاپ و مالتیپل هاپ استفاده شد و پس از انجام این تست ها، آزمودنی ها وارد مرحله انجام تکلیف فرود تک پا جهت ثبت سیگنال های الکترومیوگرافی شدند. عضلات مورد بررسی در این مطالعه عبارت بودند از: پرونئوس لانگوس، گاستروکنمیوس داخلی و تیبیالیس انتریور. پس از مشخص شدن محل اتصال الکترودهای دستگاه الکترومیوگرافی (EMG)، محل اتصال آنها آماده سازی شد (اصلاح موهای ناحیه و تمیز کردن پوست با استفاده از پنبه و استون). مکان الکترودگذاری بر مبنای روش های ارائه شده در پژوهش های پیشین، به این ترتیب بود:

عضله پرونئوس لانگوس، در ۲۵ درصدی خط میانی سر استخوان فیبولا و قوزک خارجی درست روی برجستگی این عضله، گاستروکنمیوس داخلی، پهنای پنج انگشت پایین چین زانو و بر روی شکم عضله در قسمت داخلی (۱۴) و تیبیالیس انتریور، یک سوم فاصله سر استخوان تیبیا و قوزک داخلی در جهت فیبرهای عضله (۲). پس از ارائه توضیحات کامل در مورد نحوه انجام آزمون فرود تک پا از فرد خواسته شد تا چند بار آزمون را جهت آمادگی انجام دهد. سپس هر فرد سه بار تکلیف فرود تک پا را انجام داده و میانگین سه تکرار صحیح محاسبه و ثبت شد. برنامه تمرینی از جلسه بعد آغاز می شد و ۲۴ ساعت پس از اتمام برنامه تمرینی، پس آزمون به همان شکل که در جلسه پیش آزمون صورت گرفت، تکرار شد.

پروتکل تمرینی: در این تحقیق از پروتکل تمرینات پلایومتریک پی ین هانگ و همکاران به مدت شش

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.2.42]

هفته و ۱۸ جلسه استفاده شد (جدول شماره ۱) (۱۵). زمان استراحت بین هر دوره تمرینی دو دقیقه بود. لازم به ذکر است که پیش از شروع برنامه تمرینی، برنامه گرم کردن عمومی شامل دویدن نرم، حرکات کششی و پویای اندام تحتانی به مدت ۷-۵ دقیقه انجام می گرفت و توضیحات کافی در مورد نحوه انجام تمرین به آزمودنی داده می شد.

جدول شماره ۱. پروتکل تمرینات پلایومتریک

هفته	تمرین پلایومتریک	تکرار	دوره
۱ و ۲	پرش اسکات	۱۰	۲
	پریدن با استفاده از حرکت 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

آزمون مالتیپل هاپ

از جمله تست های عملکردی دینامیکی می باشد که با چسباندن ۱۱ قطعه چسب روی نقاط مشخصی بر روی زمین، مسیری تعیین می شود و فرد باید با حفظ تعادل بر روی پای درگیر و در حالی که دست ها بر روی خار خاصره نگه داشته می شود، روی آن نقاط توقف کند. مدت زمان لازم برای طی این مسیر به عنوان معیاری برای اندازه گیری تعادل دینامیک فرد می باشد (۷). فاصله نقاط با توجه به جدول شماره ۲ تنظیم می شود.

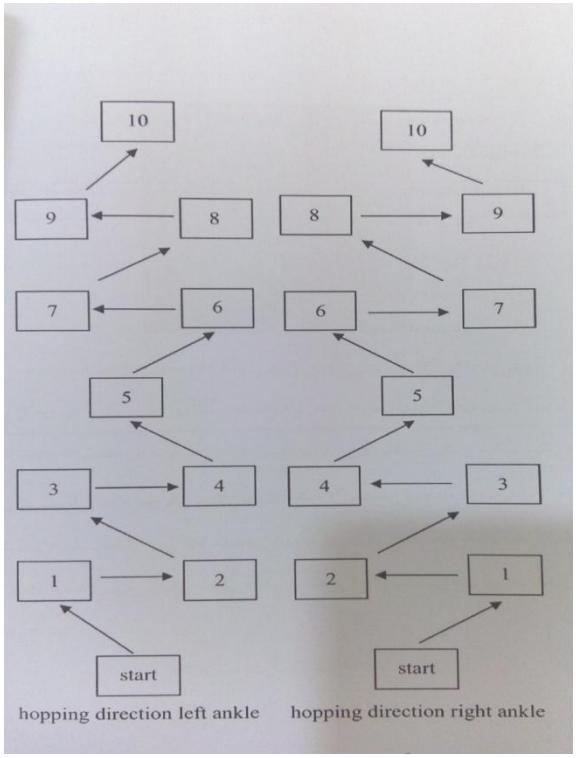
جدول شماره ۲. فواصل بین نقاط در آزمون مالتیپل هاپ

فواصل عرضی(سانتی متر)	فواصل مورب(سانتی متر)	قد(سانتی متر)
۴۹	۹۷	۱۵۰-۱۵۹
۵۲	۹۷/۴	۱۶۰-۱۶۹
۵۶	۹۷/۹	۱۷۰-۱۷۹
۵۹	۹۸/۲	۱۸۰-۱۸۹

ابتدا یک تکرار برای آشنایی انجام می شد و سپس میانگین زمان انجام سه تکرار (۳۰ ثانیه استراحت بین هر تکرار) ثبت می شد. این تست با پایایی آزمون- باز آزمون(ICC=۰/۸۳)، دقت (SEM=۲/۶) جهت ارزیابی کنترل وضعیت داینامیک در بیماران مبتلا به بی ثباتی مچ پا به کار می رود (شکل شماره۱) (۱۶).

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-24]

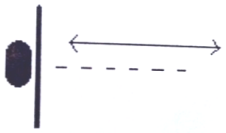
[DOI: 10.29252/sjimu.25.2.42]



شکل شماره ۱. نمایی ازمسیر مالتیپل هاپ

آزمون لترال هاپ

از جمله تست های عملکردی دینامیکی می باشد. میزان مسافت طی شده حین پرش به سمت خارج پا است. برای انجام تست فرد روی یک پا می ایستاد و به سمت خارج پا پرش انجام می داد و مسافت طی شده بر حسب سانتی متر ثبت می شد. فاصله بیشتر به معنای حفظ تعادل بیشتر می باشد. ابتدا جهت آشنایی یک بار تست را انجام می داد و سپس میانگین ۳ تکرار ثبت می شد (شکل شماره ۲) (۷).



شکل شماره ۲. نمایی از آزمون لترال هاپ

مشخصات و چگونگی ثبت داده های الکترومیوگرافی: جهت بررسی فعالیت عضلات از دستگاه الکترومیوگرافی سطحی مدل ME6000 ساخت شرکت Mega کشور فنلاند استفاده شد. در این تحقیق از الکترود های سطحی یک بار مصرف مارک Skintact جنس نقره- کلرید نقره ساخت کشور اتریش استفاده شد. داده های الکترومیوگرافی با فرکانس نمونه برداری (Sampling rate) ۱۰۰۰ هرتز جمع آوری شدند. این سیگنال ها ابتدا به میزان ۱۰ برابر پیش تقویت (Preamplifier) و در محدوده گذردهی (Band pass filter) بین ۲۰ تا ۵۰۰ هرتز فیلتر شدند (۱۷).

جهت محاسبه فعالیت الکتریکی عضلات از سیگنال های ثبت شده در تکلیف فرود تک پا استفاده شد. برای این کار سیگنال های اکترومیوگرافی که تمام موج یک سویه، فیلتر و هموار شده بودند، بین نقاط ۱۶۰ میلی ثانیه پیش از برخورد پا با زمین تا ۴۰ میلی ثانیه پس از زمان برخورد پا با زمین بعنوان میزان فعالیت فیدفورواردی تحت پردازش در حوزه زمان قرار گرفته و

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.2.42]

به وسیله الگوریتم محاسبه ریشه میانگین مربعات (RMS) با ثابت زمانی ۵۰ میلی ثانیه و به وسیله نرم افزار Megawin نسخه ۳ مورد پردازش قرار می گرفت. عدد حاصل از پردازش به وسیله RMS، منعکس کننده میانگین توان یک سیگنال است که میزان یا سطح فعالیت (Activation level) عضله را نشان می دهد (۱۸).

در پردازش سیگنال‌های الکترومیوگرافی، برای اینکه امکان مقایسه بین عضلات مختلف و آزمودنی‌های متفاوت فراهم شود، فعالیت عضله باید به یک مقدار مرجع نرمال (Normalization) شود (۱۷). در این تحقیق مرجع نرمال کردن میزان فعالیت الکتریکی، میانگین اوج دامنه فعالیت الکتریکی هر عضله در پنج تکرار برای هر فرد در نظر گرفته شد. بدین منظور میزان فعالیت الکتریکی به‌دست آمده از تکلیف فرود آمدن بر میزان میانگین اوج دامنه فعالیت الکتریکی هر عضله در پنج تکرار تقسیم شده و میزان فعالیت عضله به صورت درصدی از میانگین اوج دامنه فعالیت الکتریکی بیان می‌شد. فعالیت الکتریکی نرمال شده عضلات در پنج تکرار مختلف تکلیف فرود آمدن محاسبه می‌شد و با گرفتن میانگین بین فعالیت‌های الکتریکی در بازه های زمانی مشخص شده برای فعالیت فیدفورواردی در این پنج تکرار، فعالیت الکتریکی نهایی برای هر عضله در این بازه زمانی محاسبه گردید (۱۷).

تکلیف فرود تک پا: فرد در یک وضعیت متعادل نزدیک به لبه قدامی جعبه ای به ارتفاع ۴۰ سانتی متر، قرار می گرفت. دست ها کنار بدن و پایی که قرار بود آزمون شود تماسی با جعبه نداشت و به صورت معلق در بالای کف اتاق نگه داشته می شد به طوری که پاشنه آن جلوتر از لبه جعبه قرار می گرفت. وزن فرد به طور کامل بر روی پای مقابل تحمل می شد. برای شروع حرکت، فرد ابتدا وزن خود را کمی به جلو انتقال می‌داد و در حالی که تلاش می کرد وضعیت متعادل را حفظ کند بر روی پای مورد آزمون فرود می آمد. از سوییچ پایی به منظور ثبت لحظه تماس پا با زمین استفاده شد. به فرد آموزش داده می شد که بر روی پنجه فرود آید. هر فرد این کار را برای سه بار انجام داد و میانگین سه تکرار صحیح برای محاسبه فعالیت عضلات مورد استفاده قرار گرفت. در صورتی که فرود با پای غیر آزمون صورت می گرفت، فرود همراه با یک جهش کوچک اضافی بود و یا نوسانات زیادی در دست ها، تنه و پای مقابل اتفاق می افتاد، آزمون مجدداً تکرار می شد (۱۳).

روش های آماری: تجزیه و تحلیل داده های خام در دو بخش توصیفی و استنباطی صورت گرفت. جهت تشخیص نرمال بودن داده ها از آزمون کولمگروف اسمیرنف، از آزمون تی مستقل جهت بررسی تفاوت های گروه تمرین و کنترل در پیش از شروع تمرینات و همچنین از آزمون تحلیل واریانس با اندازه های مکرر برای بررسی اثر تعاملی زمان بر گروه استفاده شد. در صورت معنی‌داری اثر تعاملی زمان بر گروه از آزمون تی زوجی برای مقایسه درون گروهی بین متغیرهای پیش آزمون و پس آزمون استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده ها میزان خطای کمتر از ۰/۰۵ با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام گرفت.

یافته های پژوهش

در گروه تجربی، میانگین و انحراف معیار سن ۲۰/۸۷±۲/۰۵ سال، قد ۱۶۵/۱۳±۲/۰۶ سانتی متر، وزن ۶۲/۵۳±۴/۸۹ کیلوگرم و شاخص توده بدنی ۲۲/۳۲±۱/۶۸ کیلوگرم بر متر مربع بود. در گروه کنترل، میانگین و انحراف معیار سن ۲۱/۴۶±۲/۴۱ سال، قد ۱۶۳/۸۹±۳/۱۷ سانتی متر، وزن ۶۳/۴۳±۳/۶۷ کیلوگرم و شاخص توده بدنی ۲۳/۱۴±۱/۴۰ کیلوگرم بر متر مربع بود. نتایج آزمون تی مستقل نشان داد بین سن، قد، وزن و شاخص توده بدن گروه تمرین و کنترل اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($p>۰/۰۵$).

نتایج آزمون تحلیل واریانس اندازه‌های تکراری در ارتباط با میزان فعالیت فیدفورواردی عضلات ساق پای زنان فعال مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا نشان داد که اثر تعاملی زمان (قبل از مداخله و بعد از مداخله) بر گروه (تمرین و کنترل) در عضله پرونئوس لانگوس (p=۰/۰۳۷) و گاستروکنمیوس داخلی معنی دار است (p=۰/۰۰۸). با توجه به معنی‌داری اثر تعاملی زمان بر

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.2.42]

گروه از آزمون تی زوجی جهت بررسی اختلافات درون گروهی (پیش آزمون و پس آزمون) در گروه تمرین و کنترل استفاده شد.

جدول شماره ۳. نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه میزان فعالیت فیدفوروواردی عضلات از پیش آزمون به پس آزمون

		انحراف معیار ± میانگین (پیش آزمون)	انحراف معیار ± میانگین (پس آزمون)	اختلاف میانگین	df	T	P-value
گروه تمرین	پرونئوس لانگوس	۳۳±۱۴	۴۷±۱۴	−۱۳/۸۰	۱۴	−۲/۲۶۳	۰/۰۴*
	تیبیالیس آنتریور	۲۳±۹	۲۵±۱۶	−۲/۴۰		−۰/۶۷۷	۰/۵۰۹
	گاستروکنمیوس	۶۰±۳۳	۹۸±۵۱	−۳۸/۸۰		−۲/۱۹۷	۰/۰۴۵*
گروه کنترل	پرونئوس لانگوس	۳۶±۱۶	۳۴±۱۸	۲/۴۰	۱۴	−۰/۸۱۴	۰/۴۲۹
	تیبیالیس آنتریور	۲۲±۱۰	۲۱±۱۰	۱/۰۰		−۰/۰۳۱	۰/۹۷۶
	گاستروکنمیوس	۵۷±۱۷	۶۰±۱۹	−۳/۱۳		−۰/۲۵۵	۰/۸۰۳

*: نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در مقادیر متغیر از پیش آزمون به پس آزمون (P<۰/۰۵).

نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که پس از شش هفته تمرینات پلایومتریک، افزایش معنی داری در میزان فعالیت فیدفوروواردی عضلات پرونئوس لانگوس و گاسترکنمیوس داخلی گروه تمرین یافت شد (P≤۰/۰۵)، اما هیچ تغییر معنی داری در میزان فعالیت فیدفوروواردی عضله تیبیالیس انتریور مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (جدول شماره ۳).

همچنین نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه میزان فعالیت فیدفوروواری عضلات در پس آزمون نشان داد که اختلاف معنادار در فعالیت پرونئوس لانگوس (p=۰/۰۳۱) و گاستروکنمیوس داخلی (p=۰/۰۱۲) یافت شد اما اختلاف معنادار در فعالیت تیبیالیس آنتریور (p=۰/۴۰۸) بین دو گروه مشاهده نشد.

جدول شماره ۴. نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه نمرات حاصل از تست های عملکردی در گروه های مورد بررسی

گروه	متغیر	اختلاف میانگین	df	T	P-value
گروه تمرین	لترال هاپ (بر حسب سانتیمتر)	−۱۳/۰۰	۱۴	−۶/۲۷۳	۰/۰۰۰۱*
	مالتیپل هاپ (برحسب ثانیه)	۱/۴۶		۶/۲۰۵	۰/۰۰۰۱*
گروه کنترل	لترال هاپ (بر حسب سانتیمتر)	−۰/۳۳	۱۴	−۰/۸۶۳	۰/۴۰۳
	مالتیپل هاپ (برحسب ثانیه)	۰/۲۰		۰/۴۸۰	۰/۶۳۸

*: نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در مقادیر متغیر بین پیش آزمون و پس آزمون (P<۰/۰۵).

با توجه به نتایج بدست آمده از جدول شماره ۴، تفاوت معنی داری در عملکرد گروه کنترل مشاهده نشد (P>۰/۰۵). اما پس از شش هفته تمرین، تغییر معنی داری در عملکرد گروه تمرین به وجود آمد، به نحوی که زمان انجام مالتیپل هاپ بطور معنی داری کاهش یافت و مسافت طی شده در آزمون لترال هاپ دارای افزایش معنی دار بود (P≤۰/۰۵).

بحث و نتیجه گیری

هدف این تحقیق، بررسی تأثیر شش هفته تمرین پلایومتریک بر عملکرد و میزان فعالیت فیدفوروواردی عضلات پرونئوس لانگوس، تیبیالیس انتریور و گاستروکنمیوس زنان فعال مبتلا به بی ثباتی عمکردی مچ پا در فرود تک پا بود. نتایج تحقیق نشان داد که شش هفته تمرینات پلایومتریک منجر به تغییر در میزان فعالیت فیدفوروواردی عضلات پرونئوس لانگوس و گاستروکنمیوس شده و در نتایج آزمون های عملکردی لترال هاپ و مالتیپل هاپ بهبود دیده شد.

از آنجا که تاکنون تحقیقی تأثیر تمرینات پلایومتریک را بر میزان فعالیت فیدفوروواردی عضلات ساق پای زنان فعال مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا بررسی نکرده است، نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر در برخی متغیر ها مانند نوع برنامه تمرینی، عضلات مورد بررسی و برخی شاخص های الکترومیوگرافی با نتایج

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.2.42]

تحقیقات حدادنژاد ، پی ین هانگ، صمدی و همکاران ، وو یی کی و همکاران و اسمائیل و همکاران موافق می باشد (۱۵, ۱۹-۲۲).

حداد نژاد و همکاران در تحقیقی با هدف مقایسه تأثیر تمرینات پلایومتریک بر فعالیت پیش بین عضلات کمری لگنی در افراد فعال مبتلا به نقص کنترل تنه نشان دادند که فعالیت عضلات گلوتئوس مدیوس، اینترنال ابلیک/ترنسورس ابدومینوس، اکسترنال ابلیک و کوادراتوس لومباروم در ۱۵۰- تا ۵۰+ میلی ثانیه نسبت به برخورد پا به زمین حین فرود افزایش می یابد (۲۲). در مطالعات دیگر نیز آمده است که پس از شش هفته انجام تمرینات پلایومتریک، نوسانات وضعیتی در طول ایستادن بر روی یک پا کاهش می یابد و تمرینات پلایومتریک کنترل وضعیت استاتیک و داینامیک را بهبود می بخشند (۱۵). در نتایج تحقیقات صمدی و همکاران نیز کاهش معنادار زمان شروع پیش فعالیت عضلات پرونئوس لانگوس، تیبیالیس انتریور و سولئوس گروه تمرین نسبت به گروه کنترل پس از انجام تمرینات تعادلی، مشاهده شد که بیانگر افزایش فعالیت فیدفورواردی می باشد (۲۱). وو یی کی و همکاران افزایش فعال شدن عضله گاستروسولئوس را پس از چهار و هشت هفته تمرینات پلایومتریک مشاهده کردند (۲۰). اسمائیل و همکاران پس از مقایسه تأثیر شش هفته تمرینات پلایومتریک و مقاومتی نشان دادند که تمرینات پلایومتریک باعث بهبود اجرای عملکردی ورزشکاران می شوند (۱۹).

از سوی دیگر نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق هنری و همکاران (۲۰۱۰) و کوبو و همکاران هم راستا نمی باشد (۲۳, ۲۴). هنری و همکاران در تحقیقی عدم تأثیرگذاری تمرینات پلایومتریک بر زمان واکنش عضله پرونئوس لانگوس را در افراد سالم نشان دادند. کوبو و همکاران تغییری در فعالیت عضلات خم کننده و بازکننده های مچ پا پس از تمرینات پلایومتریک مشاهده نکردند (۲۴). این محققین بهبود اجرای فعالیت های پرشی را پس از تمرینات پلایومتریک با بهبود ویژگی های مکانیکی عضله نسبت به تغییر استراتژی های فعال سازی عضلانی مرتبط دانستند. البته به این نکته نیز باید توجه کرد که این تفاوت ها ممکن است به علت یکسان نبودن معیارهای انتخاب افراد یا تفاوت در روش انجام مطالعه باشد.

عضلات پرونئال عضلات اصلی برون گرداننده مفصل مچ پا بوده و تصور می شود که زمان عکس العمل این عضلات و بزرگی پاسخ آن نقش مهمی در جلوگیری از گشتاورهای درون گرداننده مچ داشته و به حفظ تعادل کمک کند. بنابراین انتظار می رود که این عضلات قبل از برخورد پا با زمین فعال شده و گشتاور برون گرداننده لازم برای مقابله با گشتاور درون گرداننده را تولید کنند (۳). بعد از برخورد پا با زمین و چرخش های مفصلی متعاقب آن تغییر طول سریع و شدید مجموعه تاندونی عضلانی اتفاق می افتد. فعالیت قبل از فرود عضلات مچ پا، این مجموعه را آماده می کند تا این تغییر طول را به طور مناسب کنترل کند (۲۵). عضله پرونئوس لانگوس مسئول اصلی کنترل درجه چرخش خارجی مفصل مچ پا در هنگام فعالیت است و به عنوان مکانیزم دفاعی پویا در برابر گشتاور های درون گرداننده مطرح است (۳۱). کاهش معنی دار در فعالیت عضله پرونئوس لانگوس و افزایش معنی دار چرخش داخلی مچ پا در زمان پیش از برخورد پا با زمین در افراد مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا نسبت به افراد سالم مشاهده گردیده است (۶). اگر مفصل مچ پا در وضعیت چرخش داخلی بیشتر در هنگام تماس پا با زمین قرار گیرد، باری که از جانب خارج به مچ پا وارد می شود،احتمال آسیب و پیچ خوردگی رباط های خارجی را افزایش می دهد (۲۶). تأخیر در زمان شروع فعالیت عضلات تیبیالیس انتریور نسبت به پرونئوس لانگوس نشان دهنده ایجاد یک گشتاور چرخش خارجی محض در مچ پا است که تمایل به متوقف کردن چرخش داخلی مچ پا در هنگام فرود (پیچ خوردگی) دارد (۲۷). در نتایج این تحقیق نیز پس از اجرای برنامه تمرینی میزان فعالیت فیدفورواردی تیبیالیس انتریور افزایش داشته است اما نه به اندازه ای که معنی دار شود که این نتیجه شاید به دلیل کم بودن بار تمرینی باشد. عضله گاستروکنمیوس نیز به عنوان یک عضله دو مفصلی نقش بارزی در حرکات پرشی دارد که نقش این عضله در حرکات انفجاری بیش از حرکات آرام تر و ایزوله تر است (۲۸).

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.2.42]

از بین تمرینات موجود، تمرینات پلایومتریک با اعمال نیروی سریع در ورزشکاران، حین ایجاد تطابق در گیرنده های عضلانی و مفصلی فعالیت فیدفورواردی و فیدبکی را بهبود می بخشد. این تمرینات از طریق تطابق عضلانی در رفلکس کششی، الاستیسیتی و اندام های گلژی تندون نقش مهمی را در فعال شدن عضلانی و فعالیت پیش بین ایفا می کنند (۲۹).

تغییرات سریع طول/ تنش در فاز برونگرا تمرینات پلایومتریک، منجر به ایجاد تطابق در دوک های عضلانی و اندام های گلژی تاندون می شود (۳۰). افزایش حساسیت دوک های عضلانی، ورودی های آوران به سیستم عصبی مرکزی را افزایش داده و حس عمقی را بهبود می دهد (۳۰). تمرینات پلایومتریک به علت غیر منتظره بودن نوع حرکات حین پرش ها و فرودها، نیازمند فعالیت پیش بین 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 (۳۰). مکانیزم 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 کنندهتنش 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. در واقع چنانچه سطح مهار شدن افزایش یابد، بار بیشتری بر سیستم عضلانی اسکلتی اعمال می شود و در نتیجه توانایی تولید نیرو افزایش پیدا می کند. همچنین هماهنگی عصبی عضلانی مکانیزم دیگری است که منجر به افزایش توانایی تولید نیرو می شود. سرعت انقباض وابسته به هماهنگی عصبی عضلانی است. تمرینات پلایومتریک با ایجاد هماهنگی عصبی عضلانی و با کشش اولیه انفجاری کارایی عضلات را بهبود می بخشد (۳۱).

در مطالعه حاضر عملکرد اندام تحتانی از طریق آزمون های لترال هاپ و مالتیپل هاپ مورد ارزیابی قرار گرفته بود. نتایج آزمون های هاپ نشان داد، بعد از اجرای برنامه تمرینی نمره آزمون لترال هاپ افزایش معنادار و آزمون مالتیپل هاپ کاهش معناداری داشته است ($P\leq ۰/۰۵$). در مطالعات قبلی نتایج تست مالتیپل هاپ نشان دهنده افزایش مدت زمان انجام تست در افراد مبتلا به بی ثباتی مزمن مچ پا است (۷). در واقع نیاز بیشتر به به تصحیح وضعیت برای بازگرداندن تعادل، عامل افزایش زمان انجام تست می باشد. نتایج تحقیق حاضر بیانگر آن بود که پس از انجام برنامه تمرینی مدت زمان انجام آزمون کاهش یافت که با نتایج دهقانی و راس همخوان است (۷, ۳۲). دهقانی و همکاران پس از ده جلسه اغتشاش درمانی که عملکرد اندام تحتانی ورزشکاران مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا را توسط آزمون های عملکردی مالتیپل هاپ و لترال هاپ ارزیابی نمودند، در نتایج این تست ها بهبودی قابل ملاحظه ای دریافتند که بیانگر بهبود عملکرد افراد بود. آنها بهبود عملکرد را نتیجه افزایش هماهنگی عصبی عضلانی یافتند که منجر به بهبودی سریعتر ورزشکاران آسیب دیده پس از برنامه اغتشاش درمانی و بازگشت سریعتر آنها به ورزش می شود. این مطلب نیز قابل تأمل است که به دنبال پیچ خوردگی مچ پا فرد دچار علائم درد، عدم تحمل وزن و ترس روی اندام درگیر می شود بنابراین اندام آسیب دیده دچار نقص در عملکرد خود می شوند. همچنین این افراد حین فرود برای افزایش حمایت از مجموعه رباطی خارجی پا سعی در افزایش خم شدن مچ پا دارند که موجب افزایش نیروی عکس العمل زمین و تکنیک اشتباه فرود می شود. این تکنیک اشتباه ممکن است نیازمند افزایش مدت زمان لازم برای حفظ تعادل باشد (۷). فاکتورهای ثبات دهنده سیستم عصبی-عضلانی تنها جزیی از ثبات دینامیک مفصل هستند که می توانند تحت مداخلات درمانی بهبود یابند. توجه به کنترل عصبی-عضلانی در درمان پیچ خوردگی مچ پا یکی از اجزای مهم است (۷). با توجه به اینکه در آزمون مالتیپل هاپ پارامترهای مختلفی مانند کنترل عصبی-عضلانی، دامنه حرکتی، کنترل وضعیت و قدرت دخیل هستند،

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.2.42]

بهبودی در هر یک از این پارامترها می تواند در بهبود نتایج تست مؤثر باشد (۷). طراحی این تمرینات به گونه ای بود که توانایی فرد در ایستادن بر روی یک پا را بهبود ببخشد و موجب بهبود استراتژی های حرکتی شود. این پروتکل از طریق وارد کردن نیروهای بی ثبات کننده به ناحیه مچ پا بصورت کنترل شده و با ماهیت پیشرونده باعث وارد کردن استرس روی سیستم عصبی عضلانی برای ایجاد تطابق در مقابل نیروها از طریق فعال کردن الگوهای جبرانی عضلات می شود. تست مالتیپل هاپ موجب وارد آمدن استرس در صفحه ساژیتال، فرونتال و دیاگونال می شود. در آزمون لترال هاپ با حرکت فرد به سمت خارج و در صفحه فرونتال موجب وارد آمدن استرس روی بافت های خارجی مچ پا (رباط های خارجی و عضلات پرونئال) می شود (۷). با توجه به اینکه تمرینات مورد نظر نیز در هر سه صفحه ساژیتال، فرونتال و دیاگونال بود و مشابه فعالیت های عملکردی و تست های مورد نظر، لذا می توان گفت پروتکل تمرینات پلایومتریک موجب بهبود اجرای تست های هاپ و در نتیجه بهبود کارایی و عملکرد شده است. در بررسی نتایج تست لترال هاپ در گروه تمرین میزان پرش از ۹۳ به ۱۰۶ رسید که بیانگر بهبودی قابل توجه است و این در حالی است که در گروه کنترل تغییری دیده نشده است. مارک و همکاران در بررسی فعالیت عضلات اندام تحتانی طی تمرینات عملکردی در بیماران با و بدون ابتلا به بی ثباتی مزمن مچ پا نیز از تست های لترال هاپ استفاده نمود و عضلات مورد مطالعه ایشان شامل عضلات تیبیالیس انتریور، پرونئوس لانگوس، لترال گاستروکنمیوس، گلوتئوس مدیوس، بایسپس فموریس و رکتوس فموریس بود. این تحقیق از لحاظ بررسی عضلات نزدیک به مچ پا و تست های مورد استفاده با تحقیق حاضر شباهت داشت. آنها بیان نمودند که هرچند تمرکز روش بازتوانی سنتی بر روی عضلات دور تر و به طور ویژه عضلات پرونئال به خاطر توانایی آنها در فراهم کردن ثبات پویای بخش خارجی مچ پا بود اما در مطالعه آنها هیچ نشانی از کمبود در توسعه فعالیت عضلات پرونئال در طول هیچ یک از تکالیف بازتواتی یافت نشد (۳۳).

از بین بخش های مختلف بدن، اندام تحتانی در معرض صدمات ورزشی بیشتری بوده که از جمله شایع ترین این آسیب ها می توان به پارگی رباط صلیبی قدامی و پیچ خوردگی مچ پا و در نتیجه آن، بی ثباتی عملکردی اشاره کرد (۳۴). تمرینات پلایومتریک احتمالاً با تأثیرگذاری بر فعالیت فیدفورواردی 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 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 (۱۳).

نهایتاً می توان نتیجه گرفت که تمرینات پلایومتریک با افزایش میزان فعالیت فیدفورواردی عضلات پرونئوس لانگوس و گاستروکنمیوس داخلی حین فرود، تمرینات مناسبی جهت بهبود عملکرد در افراد مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا می باشند. این تمرینات احتمالاً از طریق بهبود حس عمقی، حس ثبات و کنترل عصبی عضلانی در این امر نقش دارند.

با وجود نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر و بررسی نتایج تحقیقات پیشین به نظر می رسد تمرینات پلایومتریک احتمالاً می توانند در کاهش وقوع بی ثباتی عملکردی مچ پا مؤثر باشد. این تمرینات با تأثیر بر فعال شدن و افزایش فعالیت فیدفورواردی عضلات عملکرد را بهبود می بخشد و از ایجاد مکانیزم های

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.2.42]

مرتبط با آسیب حین فرود پیشگیری می کنند. 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.

سپاسگزاری

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکترای تخصصی آسیب شناسی و حرکات اصلاحی دانشگاه خوارزمی می باشد. بدینوسیله از همکاری صمیمانه کلیه شرکت کنندگانی که ما را در انجام این مطالعه یاری فرمودند، تشکر و قدردانی می نماییم.

References

1. Freeman M, Dean M, Hanham I. The etiology and prevention of functional instability of the foot. J Bone Joint Surg Br1965;47:678-85.

2. Caulfield B, Garrett M. Changes in ground reaction force during jump landing in subjects with functional instability of the ankle joint. Clin Biomech 2004;19:617-21.

3. Suda EY, Amorim CF, Sacco IDE. Influence of ankle functional instability on the ankle electromyography during landing after volleyball blocking. J Electromyogr Kinesiol 2009;19:84-93.

4. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Principles of neural science. 4 th ed. New York McGraw-Hill Publication2000; P. 84-9.

5. Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B. Altered neuromuscular control and ankle joint kinematics during walking in subjects with functional instability of the ankle joint. Am J Sports Med2006;34:1970-6.

6. Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B. Changes in lower limb kinematics kinetics and muscle activity in subjects with functional instability of the ankle joint during a single leg drop jump. J Orthop Res 2006;24:1991-2000.

7. Dehghani V, Amiri A, Jamshidi A. [Perturbation training effect on the performance of people with functional ankle instability]. MS Thesis Tehran Uni Med Sci2012. (Persian)

8. Sadeghigoghari MEI, Maroufi N, Jamshidi AA. [Repeatability of ground reaction force during jump landing in volleyball players with function ankle instability]. J Kerman Uni Med Sci2012;20:63-72. (Persian)

9. Markovic G, Mikulic P. Neuro musculoskeletal and performance adaptations to lower extremity plyometric training. Sports Med 2010;40:859-95.

10. Ratamess NA. ACSMs foundations of strength training and conditioning. USA Lippincott Publication2012; P .87-93.

11. Clark M, Lucett S. National academy of sports medicine. NASM essentials of corrective exercise training. USA Lippincott Publication 2010;P. 253-68.

12. Nicol C, Avela J, Komi PV. The stretch shortening cycle. Sports Med 2006;36:977-99.

13. Hadadnezhad M. [Compare the performance and plyometric exercises influence on some parameters of EMG in active females with Trunk Neuromuscular Control Deficit]. PhD Thesis Tehran Univ2013. (Persian)

14. Sadeghigoghari M, Ebrahimi I, Maroufi N, Jamshidi AA. [Repeatability of ground reaction force during jump-landing in volleyball players with function ankle instability]. J Kerman Uni Med Sci2012;20:63-72.(Persian)

15. 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;49:163.

16. 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;19:107-14.

17. Javdaneh N, Minoonejad H, Shirzad E. [The investigation of the muscle timing of anterior cruciate ligament agonist and antagonist muscle in athletes with hyper pronated feet]. J Mil Med 2016;17:257-64. (Persian)

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.2.42]

18. Pourmahmudian P, Minoonejad H, Jamshidi AA. [Investigating the pattern and activity of vastus medialis and semitendinosus muscles in drop from different heights]. J Rehabil Med 2016;5:31-40. (Persian)
19. Ismail MM, Ibrahim MM, Youssef EF, El Shorbagy KM. Plyometric training versus resistive exercises after acute lateral ankle sprain. Foot Aankle Int 2010;31:523-30.
20. Wu YK, Lien YH, Lin KH, Shih TF, Wang TG, Wang HK. Relationships between three potentiation effects of plyometric training and performance. Scand J Med Sci Sports 2010;20:80-6.
21. Samadi H. [Effect of neuromuscular training on some of the EMG indicator and dynamic postural control in male athletes with functional ankle instability]. PhD Thesis Tehran Uni 2013. (Persian)
22. Hadadnezhad M, Rajabi R, Ashrafjamshidi A, Shirzad E. [The effect of plyometric training on trunk muscle pre-activation in active females with trunk neuromuscular control deficit]. JSSU 2014;21:705-15.(Persian)
23. Henry B, Mcloda T, Docherty CL, Schrader J. The effect of plyometric training on peroneal latency. J Sport Rehabil 2010;19:288-300.
24. Kubo K, Morimoto M, Komuro T, Yata H, Tsunoda N, Kanehisa H, et al. Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. Med Sci Sports Exerc 2007;39:1801-10.
25. Santello M, Mcdonagh M. The control of timing and amplitude of EMG activity in landing movements in humans. Exp Physiol 1998;83:857-74.
26. Samadi H, Rajabi R, Alizadeh MH, Jamshidi AA. [Effect of six weeks neuromuscular training on dynamic postural control and lower extremity function in male athletes with functional ankle instability]. J Sport Med Stud 2014;5:73-90.(Persian)
27. Sheth P, Yu B, Laskowski ER, An KN. Ankle disk training influences reaction times of selected muscles in a simulated ankle sprain. Am J Sports Med 1997;25:538-43.
28. Jafari H, Shahhossein GR, Ebrahimi E, Shaerzade MJ. [Timing and electrical activity of knee related muscles in active and reactive movement paterns in healthy men]. RJMS2003;10:361-72.(Persian)
29. Hewett TE, Torg JS, Boden BP. Video analysis of trunk and knee motion during non contact anterior cruciate ligament injury in female athletes lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. BJSM 2009;43:417-22.
30. Swanik KA, Swanik CB, Lephart SM, Huxel K. The effect of functional training on the incidence of shoulder pain and strength in intercollegiate swimmers. J Sport Rehabil 2002;11:140-54.
31. Prentice WE, Kaminski TW. Rehabilitation techniques for sports medicine and athletic training. New York McGraw Hill Publication 2004;P. 406-8.
32. Ross SE, Guskiewicz KM, Gross MT, Yu B. Assessment tools for identifying functional limitations associated with functional ankle instability. J Athl Train 2008;43:44-50.
33. Feger MA, Donovan L, Hart JM, Hertel J. Lower extremity muscle activation during functional exercises in patients with and without chronic ankle instability. PM R 2014;7:602-11.
34. Jones BH, Thacker SB, Gilchrist J, Kimsey CD, Sosin DM. Prevention of lower extremity stress fractures in athletes and soldiers a systematic review. Epidemiol Rev 2002;24:228-47.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.2.42]

The Effects of Plyometric Training on Performance and the Feed-forward Activation of Calf Muscles in Active Females with Functional Ankle Instability in Single Leg Drop Landing

Momeni S[*1], *Barati A*[2], *Letafatkar A*[1], *Jamshidi A*[3], *Howanloo F*[4]

(Received: September 10, 2016 Accepted: November 19, 2016)

Abstract

Introduction: Appropriate muscle recruitment has a significant role in the stabilization of joints. The aim of this study is to investigate the effects of six weeks Plyometric training on performance and the feed-forward activation of calf muscles in active females with functional ankle instability in single leg drop landing.

Materials & methods: Thirty active females with functional ankle instability participated in this quasi-experimental study. The experimental group underwent six weeks of Pi-Yin Hung Plyometric training protocol during the period of 18 sessions. In order to assess the performance, functional tests (lateral hop and multiple hop tests) and ankle joint function assessment tool were used. Electrical activation assessments of peroneus longus, tibialis anterior and gastrocnemius muscles (in single leg drop landing task) were completed in the pre-test and post-test (after six weeks). SPSS Software version 20 was used in order to analyze the data ($p<0.05$).

Finding: Results revealed that after the implementation of six weeks Plyometric training, multiple hops testing time dropped significantly and lateral hop testing distance had a significant increase.

A significant increase in the feed-forward activation of peroneus longus and medial gastrocnemius was seen ($p\leq0.05$), but there were no significant changes at the feed-forward activation of tibialis anterior ($p>0.05$).

*Discussion & conclusion*s: Plyometric training by changing the feed-forward activation of peroneus longus and medial gastrocnemius muscles, improved lower extremity performance in patients with functional ankle instability and should be incorporated into rehabilitation programs for those with functional ankle instability.

Keywords: Functional ankle instability, Electromyography, Feed-forward activation, Performance

1. Dept of Biomechanics and Sport Medicine, Faculty of Physical Education, Kharazmi University, Tehran, Iran
2. Dept of Sport Medicine, Faculty of Physical Education, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3. Dept of Physiotherapy, Faculty of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4. Depat of Physiology, Faculty of Physical Education, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
** Correspondin author Email:* sm.822003@gmail.com

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.2.42]