نشریه مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش مقاله پژوهشی
دوره ۵، شماره ۱۰، پاییز و زمستان ۱۳۹۶ تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۵

تأثیر ۶ هفته تمرینات پلایومتریک بر کنترل وضعیتی پویا و زمان بندی فعالیت عضلات منتخب در ساق پای زنان دارای بی ثباتی مچ پا

سمیه مؤمنی[1*]، امیر حسین براتی[2]، امیر لطافت کار[3]، علی اشرف جمشیدی[4]، فریبرز هوانلو[5]

۱. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۲. استادیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۳. استادیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۴. دانشیار دانشکده توانبخشی، دانشگاه ایران، تهران، ایران.
۵. دانشیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: تمرینات پلایومتریک احتمالاً منجر به افزایش عملکرد و کاهش خطر آسیب در زنان ورزشکار می شود، اما اثرات آن بر روی بی ثباتی عملکردی مچ پا نامشخص است. هدف این تحقیق بررسی تأثیر شش هفته تمرین پلایومتریک بر عملکرد و زمان بندی فعالیت عضلات منتخب ساق پای زنان فعال مبتلا به بی ثباتی عمکردی مچ پا در فرود تک پا بود. **روش تحقیق:** الکترومیوگرافی سطحی از عضلات نازک نئی بلند، درشت نئی قدامی و دوقلوی داخلی در ۳۰ زن فعال مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا ثبت شد. جهت ارزیابی کنترل وضعیتی پویا نیز از آزمون تعدیل شده ستاره استفاده شد. برنامه تمرینات پلایومتریک پی هانگ (۲۰۱۴) به مدت ۶ هفته و ۱۸ جلسه به اجرا درآمد. تجزیه و تحلیل آماری داده ها با آزمون های t مستقل و وابسته در سطح معنی داری $p<۰/۰۵$ و با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ صورت گرفت. **یافته ها:** افزایش معنی دار زمان شروع فعالیت عضله نازک نئی بلند (p=۰/۰۳)، بهبود کنترل وضعیتی پویا در جهت قدامی (p=۰/۰۰۱)، خلفی - داخلی (p=۰/۰۰۱) و خلفی – خارجی (p=۰/۰۲) و عدم تغییر در فعالیت عضلات درشت نئی قدامی (p=۰/۸۳) و دوقلوی داخلی(p=۰/۶۱) پس از شش هفته تمرین پلایومتریک مشاهده شد. **نتیجه گیری:** تمرینات پلایومتریک با تسریع زمان واکنش در مرحله پیش از فرود، منجر به تغییر در زمان بندی فعالیت عضله نازک نئی بلند و کنترل وضعیتی پویا می شود؛ روندی که احتمالاً می تواند عملکرد اندام تحتانی افراد مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا را بهبود ببخشد.

واژه های کلیدی: بی ثباتی عملکردی مچ پا، الکترومایوگرافی، کنترل وضعیتی پویا.

*نویسنده مسئول، آدرس: تهران، دانشگاه خوارزمی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی؛
پست الکترونیک: sm.822003@gmail.com
DOI: 10.22077/JPSBS.2017.326.1132

مقدمه

بی ثباتی عملکردی مچ پا[1] یکی از مشکلات بالینی بوده که اغلب در ورزشکـاران مشاهـده مـی شود (اخباری و دیگران، ۲۰۰۷). بی ثباتی عملکردی پدیده ای متفاوت و مجزا از بی ثباتی مکانیکی است و بی ثباتی مکانیکی به حرکت مفصل فراتر از محـدوده فیزیولوژیک طبیعی اطلاق می شود؛ در صورتی که در بی ثباتی عملکردی، حرکت مفصل فراتر از کنترل ارادی فرد در محدوده فیزیولوژیک صورت می گیرد (تراپ[2] و دیگران، ۱۹۸۵).

جهت آمادگی برای جذب نیروهای تماسی به هنگام فرود، فعالیت عضلانـی در انـدام تحتانی قبـل از تماس پا با زمیـن صـورت می گیرد، به چنین فعالیتی، پیش فعالیت گویند که به صورت از قبل برنامه ریزی شده صورت می گیرد و توسط مراکز فوق نخاعی کنترل می شود (کامیباياشی و مورو[3]، ۲۰۰۶). کنترل زمان بندی این پیش فعالیت عضلانی جهت کنترل سفتی اندام تحتانی در لحظه تماس پا با زمین، حیاتی است. زمان شروع فعالیت عضلات قبل از تماس پا با زمین، متغیری کلیدی است که سطح مناسب نیروی عضلانی ایجاد شده در لحظه برخورد پا با زمین را تضمین می کند (سانتلو و مک دونا[4]، ۱۹۹۸).

تغییر در زمان شروع پیش فعالیت یک عضله در ارتباط مستقیم با مفاهیم ثبات و پایداری است. چه بسا عضله ای که از قدرت کافی برخوردار باشد، ولی به دلیل فعال نشدن در زمان مناسب، نتواند ثبات مناسب مفصلی را تأمین کند؛ هر چند قدرت و تعادل ارتباط مستقیمی با هم دارند (رحیمی و دیگران، ۲۰۱۶). اهمیت فعال سـازی منـاسب عضـلات که نقش محافظتی و بسیار تعیین کننـده ای در کنترل الگوهای حرکتی مچ پا به هنگام فرود ایفا می کند، در تحقیقات مختلف مورد توجه قرار گرفته است (دلاهانت[5] و دیگران، ۲۰۰۶؛ ۲۰۰۷). فعال بودن عضله نازک نئی بلند موجب می شود ثبات در مفصل ساب تالار افزایش یابد و سرعت گشتاور این عضله به حداکثر برسد و مانعی برای پیچ خوردن مچ پا باشد؛ بنابراین موجب حفاظت از مفصل در مقابل نیروهای سریع وارده و چرخش های ناشی از آن می شود (کاظمی و دیگران، ۲۰۱۳). عضله دوقلو به عنوان یک عضله دو مفصلی در حرکات انفجاری مانند پرش و فرود که کل اندام تحتانی باید یکباره عملکردی را انجام دهد، بیشتر از عضلات است که در حرکات آرام تر نقش دارند؛ و هم انقباضی دو عضله درشت نئی قدامی و دوقلوی داخلی پا ارتباط زیادی با بزرگی نیروی تماسی به هنگام فرود دارند (جعفری و دیگران، ۲۰۰۳). بسیاری از مطالعات انجام شده در سال های اخیر بیانگر توجه عمیق و رو به رشد نسبت به عوامل عصبی- عضلانی در جهت تأمین و حفظ ثبات عملکردی مفصل می باشد. در نگرش جدید دیگری، توانایی تولیـد نیـرو در عضلـه به عنوان تنها عامل مهم در نظر گرفته نمی شود، بلکه میزان سرعت، آمادگی سیستم عصبی- عضلانی و نوع الگو و همکاری عضلات در جهت ایجاد ثبات لحظه به لحظه، حفظ و کنترل وضعیت مفصل؛ بسیار حائز اهمیت است (جعفری و دیگران، ۲۰۰۳).

تحقیقات متعددی در جهت شناسایی این سیستم در بدن به ویژه در اندام تحتانی صورت گرفته است. جهت مطالعه در این زمینه، الکترومیوگرافی[6] به عنوان یک روش و ابزار، جایگاه ویژه ای در بسیاری از مطالعات داشته است؛ روشی که در سنجش زمان بندی فعالیت الکتریکی عضلات جهت شناسایی رفتارها و الگوهای به کارگیری آن ها در حرکات، نقش بارزی دارد (جعفری و دیگران، ۲۰۰۳). در یک مطالعه مروری (شامل ۲۹ مقاله منتشر شده بین سال های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۳) نشان داده شده که بعد از پیچ خوردگی مچ پا، فعالیت الکترومیوگرافی و زمان شروع عضلات فوقانی و تحتانی اندام تحتانی کاهش می یابد و کنترل وضعیت و الگوی حرکتی در این افراد تغییر می کند. تمامی مطالعاتی که به بررسی کنترل وضعیتی پویا و الکترومیوگرافی حین اغتشاش پرداخته اند، نشان دهنده افزایش زمان واکنش در افراد مبتلا به پیـچ خوردگی مچ پا بوده و یک تأخیر در زمان شروع فعالیت عضـلات نـازک نئی متعاقب حرکت کف پا به داخل[7] در افراد با بی ثباتی عملکردی مچ پا، ممکن است توضیحی برای تکرار پیچ خوردگی مچ پا باشد (کاظمی و دیگران، ۲۰۱۳).

تاکنون مطالعات محدودی مبنی بر بررسی فعال شدن عضلانی در افـراد مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا پس از تمرینات عصبی- عضلانی صورت گرفته است و عمده تمرینات شامل تمرینات تعادلی بوده است. از بین تمرینات موجود، تمرینات پلایومتریک به این دلیل تمرینات عصبی- عضلانی واکنشی محسوب می شوند که قدرت تحریک پذیری گیرنده های عصبی

1. Functional ankle instability
2. Tropp
3. Kamibayashi & Muro
4. Santello & McDonagh
5. Delahunt
6. Electromyography
7. Inversion

را افزایش می دهند و واکنش سیستم عصبی- عضلانی را بهبود می بخشند. پیش تر، تمرینات پلایومتریک طراحی شده جهت بهبود کنترل عصبی- عضلانی و ثبات پویا، باعث کاهش جدی آسیب های زانو می شد و خطر آسیب را با افزایش ثبات عملکردی مفاصل اندام تحتانی، کاهش می داد (هانگ[1] و دیگران، ۲۰۱۴).

در کل، اطلاعات محدودی در زمینه اثربخشی این دسته از تمرینات در افراد مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا وجود دارد و برخی از تحقیقات، تغییری را در تأخیر شروع انقباض و رفلکس کششی عضلات، بعد از ۴ هفته تمرینات پلایومتریک مشاهده نکرده اند (پتاچ[2] و دیگران، ۲۰۰۹). علی رغم نتایج ناهمسو، تحقیقات انجام شده در ارتباط با تأثیر تمرینات پلایومتریک در فعال سازی عضلات و پیشگیری از آسیب، استفاده از این تمرینات را بارها در برنامه های پیشگیری از آسیب پیشنهاد کرده است (مایر[3] و دیگران، ۲۰۰۹). از آنجا که وارد عمل شدن در زمان مناسب، یکی از پارامترهای کنترل عصبی- عضلانی طبیعی در نظر گرفته می شود و تاکنون مطالعه ای در زمینه بررسی تأثیر تمرینات پلایومتریک بر زمان بندی عضلات ساق پای زنان فعال انجام نگرفته است؛ و با توجه به اینکه فرود آمدن شایع ترین علت بروز آسیب می باشد، هدف اصلی این مطالعه بررسی تأثیر ۶ هفته تمرینات پلایومتریک بر کنترل وضعیتی پویا و زمان بندی فعالیت عضلات منتخب ساق پای زنان فعال مبتلا به بی ثباتی عمکردی مچ پا در فرود تک پا بود.

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی است. در این مطالعه ۳۰ زن در دامنه سنی ۱۸ تا ۳۰ سال، فعال در رشته های ورزشی بسکتبال، هندبال و والیبال با حداقل سه سال سابقه ورزشی منظم و به طور متوسط سه جلسه تمرین هفتگی؛ مبتلا به بی ثباتی عملکردی مچ پا به صورت هدفمند انتخاب شده و به شکل تصادفی به دو گروه تمرین پلایومتریک (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن سابقه حداقل یک بار آسیب چرخش مچ پا (کف پا رو به داخل) و حداقل دو بار احساس بی ثباتی مچ پا یا احساس خالی شدن مفصل در حین انجام فعالیت های روزمره یا ورزشی در دو سال قبل از مطالعه؛ داشتن حالت راه رفتن طبیعی و دامنه حرکتی کامل مفصل مچ پا؛ برخورداری از نمایه توده بدن طبیعی (۲۵-۲۰ کیلوگرم/متر مربع)؛ عدم سابقه جراحی در اندام تحتانی یا ناهنجاری های وضعیتی اندام تحتانی و ستون فقرات؛ عدم سابقه شرکت در برنامه توانبخشی در ۶ ماه گذشته و عدم وجود بی ثباتی مکانیکی مفصل مچ پا (مشخص شده از طریق مثبت بودن آزمون کشویی قدامی و انحراف استخوان تالوس[4])؛ در نظر گرفته شد. معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم تمایل آزمودنی 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 جمع آوری فهرست کنترل معیارهای ورود به تحقیق و اخذ فرم رضایت نامه کتبی، آزمون های پیش شرط انجام تمرینات پلایومتریک گرفته شد (حدادنژاد و دیگران، ۲۰۱۴) (جدول ۱). هر آزمودنی که توانست آزمون ها را کامل انجام دهد، به عنوان آزمودنی وارد تحقیق شد.

جدول ۱. آزمون های پیش شرط انجام تمرینات پلایومتریک

استاتیک (۳۰ ثانیه در هر وضعیت)	ایستادن روی یک پا	با چشمان باز
		با چشمان بسته
	اسکات ۲۵٪ روی یک پا	با چشمان باز
		با چشمان بسته
	اسکات ۵۰ روی یک پا	با چشمان باز
		با چشمان بسته
ثبات دینامیک	پرش از روی جعبه	بدون احساس درد
قدرت	اسکات ۴۸ درصد وزن بدن	۵ تکرار در ۵ ثانیه

1. Huang 2. Potach 3. Myer 4. Talar tilt

پس از حضور در محل آزمایشگاه و اندازه گیری قد و وزن، آزمودنی ها به مدت ۵ دقیقه برنامه گرم کردن را انجام دادند. سپس از آزمون تعدیل شده ستاره استفاده شد و پس از انجام این آزمون، آزمودنی ها وارد مرحله انجام تکلیف فرود تک پا جهت ثبت سیگنال های الکترومیوگرافی شدند. عضلات مورد بررسی در این مطالعه عبارت بودند از: نازک نئی بلند، دوقلوی داخلی و درشت نئی قدامی. پس از مشخص شدن محل اتصال الکترودهای دستگاه الکترومیوگرافی، محل اتصال الکترودها با تراشیدن موهای زائد و تمیز کردن با الکل آماده شد (اسماعیلی و عنبریان، ۲۰۱۶). مکان الکترودگذاری برای عضلات مورد مطالعه از روی نشانه های استخوانی، بر مبنای روش های ارائه شده در پژوهش های گذشته و به ترتیب زیر بود: عضله نازک نئی بلند در ۲۵ درصدی خط میانی سر استخوان نازک نئی و قوزک خارجی درست روی برجستگی این عضله؛ دوقلوی داخلی پهنای پنج انگشت پایین چین زانو و بر روی شکم عضله در قسمت داخلی (صادقی و دیگران، ۲۰۱۲)؛ و عضله درشت نئی قدامی یک سوم فاصله سر استخوان درشت نی و قوزک داخلی در جهت فیبرهای عضله (کالفیلد[1] و دیگران، ۲۰۰۴). سیگنال های الکترومیوگرافی پای دچار بی ثباتی عملکردی مچ پا در حین تکلیف فرود تک پا ثبت شد. پس از ارائه توضیحات کامل و انجام سه تمرین، از فرد خواسته شد تا سه بار تکلیف فرود تک پا را انجام داده و میانگین زمان شروع فعالیت عضلات در سه تکرار صحیح محاسبه و به عنوان زمان بندی فعالیت عضلات (زمان شروع) ثبت شد. سپس برنامه تمرینی از دو روز بعد آغاز شد. پس آزمون نیز به همان شکل که در جلسه پیش آزمون صورت گرفته بود، دو روز پس از اتمام برنامه تمرینات پلایومتریک تکرار شد.

پروتکل تمرین پلایومتریک: در این تحقیق از پروتکل تمرین پلایومتریک هانگ[2] و دیگران (۲۰۱۴) استفاده شد که به مدت ۶ هفته و در مجمع ۱۸ جلسه می باشد (جدول ۲). تمرینات در سه مرحله و هر مرحله به مدت دو هفته اجرا شد. این پروتکل شامل حرکات پرش اسکات، پرش با استفاده از مچ پا[3]، پرش با طی مسیر، پرش به شکل زیگزاگ به جلو، پرش جانبی، پریدن بر روی پله برای هفته اول و دوم، پس از آن پرش اسکات اسپلیت، لی زدن با طی مسیر، لی زدن به شکل زیگزاگ به طرف جلو، لی زدن جانبی به سمت چپ و راست، پرش با زانوی جمع، لی زدن مورب، پرش بر روی پله، برای هفته های سوم و چهارم می باشد. دو هفته آخر هم شامل حرکات اسکات با یک پا همزمان چرخش، توقف بر روی نقاط هدف با پای چپ و راست، لی زدن با هدف به سمت چپ و راست، پرش به بالا با طی مسیر، لی زدن زیگزاگ به سمت جلو، لی زدن جانبی، زانو جمع پرش، نردبان چابکی و پرش بر روی پله بود. اجرای حرکات تمرینی از ۳ تا ۱۲ تکرار و ۱ تا ۳ ست نوسان داشت. زمان استراحت بین هر نوبت (ست) تمرینی دو دقیقه در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که پیش از شروع برنامه تمرینی، برنامه گرم کردن عمومی انجام گرفت. همچنین نحوه پیشرفت تمرینات در جلسات به این صورت بود که ابتدا تمرینات از سطح آسان شروع شد و به سطح دشوار رسید. برنامه تمرینی هر ۶ جلسه تغییر کرد و در همان ۶ جلسه نیز با توجه به توانایی فرد میزان تکرارهای تمرین افزوده شد. لازم به ذکر است که شدت، مدت، تکرار و نوع حرکات مورد استفاده در این تمرینات بررسی و با توجه به اصل اضافه بار و رویکردهای ACSM طراحی شد.

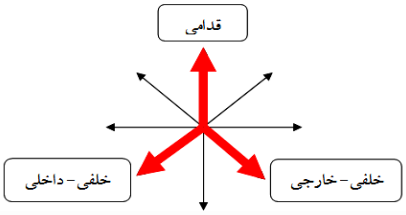
1. Caulfield
2. Huang
3. Ankle jump

جدول ۲. پروتکل تمرینات پلایومتریک

هفته ها	تمرینات پلایومتریک	تکرار	نوبت
۱ و ۲	پرش اسکات	۱۰	۲
	پرش با حرکت مچ پا	۱۰	۲
	پرش طول	۱۰	۲
	پرش زیگزاگ به طرف جلو	۱۰	۳
	پرش به طرفین	۱۰	۳
	پرش بر روی پله	۸	۲
۳ و ۴	پرش اسکات اسپلیت	۱۰	۲
	لی زدن با طی مسیر (راست وچپ)	۱۰	۲
	لی زدن به شکل زیگزاگ (راست وچپ)	۱۰	۳
	لی زدن جانبی (راست و چپ)	۱۰	۳
	پرش با زانوی جمع	۱۰	۲
	لی زدن مورب	۸	۲
	پرش بر روی پله	۱۰	۲
۵ و ۶	پرش اسکات تک پا	۱۰	۲
	لی زدن با هدف به سمت چپ و راست	۱۲	۲
	پرش به بالا با طی مسیر	۱۰	۲
	لی زدن به شکل زیگزاگ (راست و چپ)	۱۰	۳
	لی زدن جانبی (راست و چپ)	۱۰	۳
	پرش با زانوی جمع	۱۰	۲
	نردبان چابکی	۳	۱
	پرش بر روی پله	۱۰	۲

آزمون تعدیل شده ستاره: این آزمون یکی از روش های پایا و معتبر ارزیابی کنترل وضعیتی پویاست (α=۰/۸۶-۰/۹۵) که برای تعیین نقص کنترل عصبی- عضلانی و تغییرات مربوط به بازتوانی در مبتلایان به بی ثباتی عملکردی مچ پا، روشی مناسب به حساب می آید (ICC=۰/۸۰-۰/۹۳) (هال[1] و دیگران، ۲۰۰۷). در این آزمون، سه جهت به صورت Y و با زوایای ۱۳۵، ۱۳۵ و ۹۰ درجه نسبت به هم قرار می گیرند. طول واقعی پا برای نرمال کردن اطلاعات، اندازه گیری می شود. برای اجرای آزمون، آزمودنی در مرکز دستگاه می ایستد و سپس روی یک پا (پای دارای ناپایداری عملکردی مچ پا) قرار می گیرد و با پای دیگر تا آنجا که خطایی مرتکب نشود (پا از مرکز دستگاه حرکت نکند، روی پایی که عمل دستیابی را انجام می دهد، تکیه نکند یا شخص نیفتد) عمل دستیابی را انجام می دهد و به حالت طبیعی روی هر دو پا بر می گردد. فاصله محل تماس تا مرکز، فاصله دستیابی است. هر آزمودنی سه تلاش انجام داد و در نهایت، میانگین آن ها محاسبه گردید و بر اندازه طول پا بر اساس سانتی متر تقسیم و در ۱۰۰ ضرب شد تا فاصله دستیابی بر حسب حسب درصد اندازه طول پا به دست آید (دهنوی و دیگران، ۲۰۱۳).

1. Hale



شکل ۱. مؤلفه های آزمون تعدیل شده ستاره.

مشخصات و چگونگی ثبت داده های الکترومیوگرافی: جهت بررسی زمان بندی فعالیت عضلات از دستگاه الکترومیوگرافی سطحی مدل ME6000 ساخت شرکت Mega کشور فنلاند استفاده شد. در تحقیق حاضر، از الکترودهای سطحی یک بار مصرف با مارک Skintact جنس نقره- کلرید نقره ساخت کشور اتریش استفاده شد. داده های الکترومیوگرافی با فرکانس نمونه برداری ۱۰۰۰ هرتز جمع آوری شدند (جاودانه و دیگران، ۲۰۱۶). برای محاسبه زمان شروع فعالیت عضلات، ابتدا امواج یک سویه شده و سه برابر انحراف استاندارد میزان فعالیت الکتریکی عضلات در خط زمینه، به عنوان آستانه آغاز فعالیت در نظر گرفته می شود. بر طبق قرارداد، هنگامی که فعالیت عضله به آستانه برسد و حداقل به مدت ۲۵ میلی ثانیه بالای سطح آستانه باقی بماند، این نقطه به عنوان زمان آغاز فعالیت در نظر گرفته می شود (مظاهری و دیگران، ۲۰۱۰). در تحقیق حاضر نیز از این روش در بازه زمانی ۳۰۰ میلی ثانیه پیش از برخورد تا ۳۰۰ میلی ثانیه پس از برخورد پا با زمین، استفاده شد. برای انجام محاسبات فوق، ابتدا فایل های ثبت شده در برنامه Megawin به فرمت ASCII تبدیل شد و سپس در برنامه MATLAB مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جاودانه و دیگران، ۲۰۱۶).

تکلیف فرود تک پا: فرد در یک وضعیت متعادل نزدیک به لبه قدامی جعبه ای به ارتفاع ۴۰ سانتی متر، قرار گرفت. دست ها کنار بدن و پایی که قرار بود آزمون شود، به صورت معلق در بالای کف اتاق نگه داشته شد و وزن فرد به طور کامل توسط پای مقابل تحمل شد. برای شروع حرکت، فرد ابتدا وزن خود را کمی به جلو انتقال داد و در حالی که تلاش می کرد وضعیت متعادل را حفظ کند، بر روی پای مورد آزمون فرود آمد. از کلید کف پایی[1] به منظور ثبت لحظه تماس پا با زمین استفاده شد. به فرد آموزش داده شد که بر روی پنجه فرود آید. هر فرد این کار را برای سه بار انجام داد و میانگین زمان شروع فعالیت عضلات در سه تکرار صحیح برای محاسبه زمان بندی فعالیت عضلات (زمان شروع) مورد استفاده قرار گرفت. در صورتی که 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 (حدانژاد و دیگران، ۲۰۱۳).

روش های آماری: تجزیه و تحلیل داده های خام در دو بخش توصیفی و استنباطی صورت گرفت. جهت تشخیص طبیعی بودن داده ها از آزمون کلموگروف- اسمیرنوف[2]، از آزمون t مستقل جهت بررسی تفاوت های بین گروهی و از آزمون t زوجی برای مقایسه درون گروهی بین متغیرهای پیش آزمون و پس آزمون استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده ها در سطح معنی داری $p\leq ۰/۰۵$ با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام گرفت.

یافته ها

نتایج آزمون t مستقل نشان داد که بین سن، قد، وزن و شاخص توده بدن گروه تمرین و کنترل اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($p>۰/۰۵$) (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون t مستقل جهت بررسی وجود اختلاف بین مشخصات دموگرافیک آزمودنی های تحقیق

ویژگی ها	گروه تمرین (N=۱۵)	گروه کنترل (N=۱۵)	لون	اختلاف	p
سن (سال)	۲۰/۸۷±۲/۰۵	۲۱/۴۶±۲/۴۱	۰/۲۴	-۰/۱۷	۰/۷۱
قد (سانتی متر)	۱۶۵/۱۳±۲/۰۶	۱۶۳/۸۹±۳/۱۷	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۸۹
وزن (کیلوگرم)	۶۲/۵۳±۴/۸۹	۶۳/۴۳±۳/۶۷	۰/۱۰	-۰/۱۸	۰/۶۹
شاخص توده بدن (کیلوگرم / مترمربع)	۲۲/۳۲±۱/۶۸	۲۳/۱۴±۱/۴۰	۰/۳۰	-۰/۳۰	۰/۶۱

1. Foot switch 2. Kolmogorov- Smirnov

از آزمـون t زوجـی جهت بررسی اختلافات درون گروهی (پیش آزمون و پس آزمون) و نیز tمستقل برای بررسی تفاوت های بین گروهی در گروه تمرینی و کنترل استفاده شد که نتایج آن در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است.

جدول ۴. نتایج آزمون های t مستقل و زوجی برای مقایسه زمان شروع فعالیت عضلات در دو گروه شرکت کننده

گروه ها	عضلات	پیش آزمون	پس آزمون	t زوجی
گروه تجربی	نازک نئی بلند	۱۱۴±۲۸	۱۴۴±۳۹	۰/۰۳*
گروه کنترل		۱۰۶±۳۳	۱۱۳±۲۵	۰/۴۲
t مستقل		۰/۴۶۸	۰/۰۱*	
گروه تجربی	درشت نئی قدامی	۹۸±۷۲	۱۰۳±۵۹	۰/۸۳
گروه کنترل		۹۶±۷۲	۹۷±۳۷	۰/۹۷
t مستقل		۰/۹۶	۰/۷۳	
گروه تجربی	دوقلوی داخلی	۱۵۲±۴۶	۱۶۰±۲۴	۰/۶۱
گروه کنترل		۱۴۳±۶۲	۱۴۸±۴۵	۰/۸۰
t مستقل		۰/۶۵	۰/۳۵	

*تفاوت معنی داری در سطح p<۰/۰۵.

جدول ۵. نتایج آزمون های t مستقل و زوجی برای مقایسه نمرات تعادل پویا در دو گروه شرکت کننده

گروه ها	جهت ها	پیش آزمون	پس آزمون	t زوجی
تجربی	قدامی	۸۲±۴	۸۸±۵	۰/۰۰۱*
کنترل		۸۴±۷	۸۴±۷	۰/۴۳
t مستقل		۰/۴۷	۰/۰۴*	
تجربی	خلفی داخلی	۸۵±۶	۸۹±۶	۰/۰۰۱*
کنترل		۸۴±۸	۸۵±۱۰	۰/۳۳
t مستقل		۰/۸۲	۰/۰۳*	
تجربی	خلفی خارجی	۸۷±۹	۹۰±۱۲	۰/۰۲*
کنترل		۸۳±۹	۸۳±۱۰	۰/۶۱
t مستقل		۰/۳۰	۰/۰۲*	

*تفاوت معنی داری در سطح p<۰/۰۵.

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۶ هفته تمرینات پلایومتریک منجر به تسریع زمان واکنش در مرحلهٔ پیش از فرود در عضله نازک نئی بلند می شود و کنترل وضعیتی پویا را بهبود می بخشد. تأثیر تمرینات پلایومتریک بر زمان بندی عضلات ساق پا بندرت بررسی شده است و نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر در مورد برخی متغیرها با مطالعات دیگران همخوانی دارد (رضایی منش و دیگران، ۲۰۱۱؛ هنری[1] و دیگران،۲۰۱۰؛ صمدی، ۲۰۱۳؛ هال و دیگران، ۲۰۰۷). رضایی منش و دیگران (۲۰۱۱) نشان داده اند که تمرینات پلایومتریک باعث افزایش تغییرات الکترومیوگرافی در عضلـه دوسـر رانـی در حـرکت قدرتـی اسکات می شود. صمدی (۲۰۱۳) نیز کاهش معنی دار زمان شروع پیش فعالیت عضلات نازک نئی بلنـد، درشـت نئی قـدامی و نعـلی گروه افراد دارای بی ثباتی عملکـردی مـچ پا در گـروه تمـریـن نسبت به گروه کنترل

1. Henry

(افراد دارای بی ثباتی عملکردی) به دست آمده است. هنری و دیگران (۲۰۱۰) عدم تأثیرگذاری تمرینات پلایومتریک بر زمان واکنش عضله نازک نئی بلند در افراد سالم را هم گزارش کرده اند.

نتایج مطالعه حاضر بهبود معنی داری در فواصل دست یابی آزمون تعدیل شده ستاره در جهت های قدامی، خلفی - داخلی و خلفی - خارجی گروه تمرین را در مقایسه با گروه کنترل نشان داد. مشابه نتایج تحقیق حاضر هال و دیگران (۲۰۰۷) گزارش کرده اند که به دنبال انجام یک برنامه برنامه جامع بازتوانی تمرینات سنتی، امتیاز آزمون ستاره در گروه تمرین (افراد دارای بی ثباتی عملکردی)، در مقایسه با گروه کنترل (افراد سالم) بهتر شده است. در مطالعه مذکور نشان داده شده است که انجام تمرینات جامع بازتوانی، می تواند بر کاهش نقص های ایجاد شده در اندام تحتانی تأثیر داشته باشد؛ با این حال مشخص نیست که کدام مؤلفه تمرینات جامع، بیشترین تأثیر را در به حداقل رساندن این نقص ها داشته است (هال و دیگران، ۲۰۰۷). فلیپا[1] و دیگران (۲۰۱۰) در مطالعه خود عنوان می کنند که تمرینات عصبی-عضلانی در ورزشکاران زن جوان، عملکرد را در آزمون ستاره بهبود می بخشد. از آزمون تعدیل شده ستاره جهت نظارت بر پیشرفت توان بخشی، ارزیابی نقص به دنبال یک آسیب و شناسایی ورزشکاران در معرض خطر بالا برای آسیب اندام تحتانی؛ استفاده می شود. آزمون ستاره نیازمند هماهنگی اندام تحتانی، تعادل، انعطاف پذیری و قدرت است. از آنجا که ثبات مرکزی به عنوان جزئی از برنامه درمانی با پیشگیری از آسیب زانو و مچ مطرح است، تحقیقات اخیر استفاده از تمرینات عصبی-عضلانی را پیشنهاد می کنند (فلیپا و دیگران، ۲۰۱۰).

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 لیگامان صلیبی قدامی و اسپرین مچ پا و در نتیجه، بی ثباتی عملکردی اشاره کرد (جونز[2] و دیگران، ۲۰۰۲). تمرینات پلایومتریک احتمالاً با تأثیرگذاری بر زمان بندی فعالیت عضلات، به اندام ها این امکان را می دهد که در حین انجام حرکات مختلف در محدوده لازم، تحرک داشته باشند و از آسیب هایی که به دلیل تاخیر در فعالیت عضلات (عدم تعادل در زمان بندی)، محدودیت دامنه حرکتی و کوتاهی عضلات بوجود می آید؛ پیشگیری کنند. تمرینات پلایومتریک تمرینات ثبات دهنده مرکزی را نیز شامل می شود و احتمالاً با ایجاد ثبات وضعیتی که برای فرد به وجود می آورد، به فرد این امکان را می دهد که در آزمون های عملکردی، نتیجه بهتری کسب کند. تمرینات ناحیه مرکزی تنه کارآیی سیستم عصبی-عضلانی را بهبود بخشیده و موجب حرکت مطلوب مفاصل کمر، لگن و ران در طول زنجیره حرکتی عملکردی، شتاب گیری یا کاهش شتاب مناسب، تعادل عضلانی مناسب، تقویت ثبات پروگزیمال و قدرت عملکردی می شود. این اثرات احتمالاً منجر به عملکرد مطلوب و افزایش قدرت عضلات اندام تحتانی می شود که می تواند تثبیت مفاصل را بهبود بخشیده و در نهایت، احتمال بروز خطر آسیب در اندام تحتانی را کاهش دهد (مظاهری، ۲۰۱۰).

نتیجه گیری: بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر و بررسی نتایج تحقیقات پیشین، احتمالا تمرینات پلایومتریک می توانند در کاهش عوارض حاصل از وقوع بی ثباتی عملکردی مچ پا مؤثر باشند. این تمرینات با تأثیر بر فعال شدن عضلات، از ایجاد مکانیزم های مرتبط با آسیب حین فرود پیشگیری می کنند و تعادل فرد را بهبود می بخشند. با این حال، اظهار نظر دقیق تر در این زمینه، نیاز به تحقیقات مداخله ای با تعداد آزمودنی بیشتر دارد.

قدردانی و تشکر

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.

منابع

Akhbari, B., Ebrahimi, T. E., Salavati, M., & Sanjari, M. A. (2007). A 4 week biodex stability exercise program improved ankle musculature onset, peak latency and balance measures in functionally unstable ankles. *Physical Therapy in Sport,* ***8*****(3), 117-129. [Persian]**

1. Filipa
2. Jones

Caulfield, B., & Garrett, M. (2004). Changes in ground reaction force during jump landing in subjects with functional instability of the ankle joint. *Clinical Biomechanics Journal, 19*(6), 617-621.

Dehnavi, H., Khoramnejad, H., Hasanpanah, H., & Hajibigloo, M. (2013). The effect of fatigue on functional stability in the basketball players with functional ankle instability. *American Journal of Sport Science*, *1*(3), 28-32.

Delahunt, E. (2007). Neuromuscular contributions to functional instability of the ankle joint. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 11*(3), 203-213.

Delahunt, E., Monaghan, K., & Caulfield, B. (2006). Changes in lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity in subjects with functional instability of the ankle joint during a single leg drop jump. *Journal of Orthopaedic Research, 24*(10), 1991-2000.

Esmaeili, H., & Anbarian, M. (2016). The effect of running-induced fatigue on some of lower limb muscles activity during stance phase. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 4*(7), 9-22. [Persian]

Feger, M. A., Donovan, L., Hart, J. M., & Hertel, J. (2015). Lower extremity muscle activation in patients with or without chronic ankle instability during walking. *Journal of Athletic Training, 50*(4), 350-357.

Filipa, A., Byrnes, R., Paterno, M. V., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2010). Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 40*(9), 551-558.

Freeman, M., Dean, M., & Hanham, I. (1965). The etiology and prevention of functional instability of the foot. *Journal of Bone & Joint Surgery*, *47*(4), 678-685.

Hadadnezhad, M., Rajabi, R., Jamshidi, A. A., & Shirzad, E. (2014). The effect of plyometric training on trunk muscle Pre-activation in active females with trunk neuromuscular control deficit. *Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences*, *21*(6), 705-15. [Persian]

Hale, S. A., Hertel, J., & Olmsted-Kramer, L. C. (2007). The effect of a 4 week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 37*(6), 303-311.

Henry, B., McLoda, T., Docherty, C. L., & Schrader, J. (2010). The effect of plyometric training on peroneal latency. *Journal of Sport Rehabilitation, 19*(3), 288-300.

Huang, P. Y., Chen, W. L., Lin, C. F., & Lee, H. J. (2014). Lower extremity biomechanics in athletes with ankle instability after a 6-week integrated training program. *Journal of Athletic Training, 49*(2), 163.

Ismail, M. M., Ibrahim, M. M., Youssef, E. F., & El Shorbagy, K. M. (2010). Plyometric training versus resistive exercises after acute lateral ankle sprain. *Foot & Ankle International, 31*(6), 523-530. [Persian]

Jafari, H., Shah hosseini, M. D., Ebrahimi, E., & Shaterzadeh, M. J. (2003). Timing and electrical activity of knee related muscles in active and reactive movement patterns in healty men. *Journal of Iran University of Medical Sciences, 35*(10), 361-372. [Persian]

Javdaneh, N., Minoonejad, H., & Shirzad, E. (2016). The investigation of the muscle timing of anterior cruciate ligament agonist and antagonist muscle in athletes with hyper pronated feet. *Journal of Military Medicine*,***17*****(4), 257-264. [Persian]**

Jones, B. H., Thacker, S. B., Gilchrist, J., Kimsey, C. D., & Sosin, D. M. (2002). Prevention of lower extremity stress fractures in athletes and soldiers: a systematic review. *Epidemiologic Reviews,* ***24*****(2), 228-247.**

Kamibayashi, K., & Muro, M. (2006). Modulation of pre-programmed muscle activation and stretch reflex to changes of contact surface and visual input during movement to absorb impact. *Journal of Electromyography and Kinesiology,* ***16*****(5), 432-439.**

Kazemi, K., Abdollahi, I. , Arab, A. (2013). Evaluation of the electromyographic activity of distal and proximal muscles of the lower extremity after ankle sprain (Review Article). *Physical Therapy Journal,* **3(3), 46-52.**

Mazaheri, M., Salavati, M., Negahban, H., Sohani, S., Taghizadeh, F., Feizi, A., Parnianpour, M. (2010). Reliability and validity of the Persian version of Foot and Ankle Ability Measure (FAAM) to measure functional limitations in patients with foot and ankle disorders. *Osteoarthritis and Cartilage,* ***18*****(6), 755-759.**

Myer, G. D., Ford, K. R., Brent, J. L., & Hewett, T. E. (2006). The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research,* ***20*****(2), 345-353.**

Potach, D., Katsavelis, D., Karst, G. M., Latin, R., & Stergiou, N. (2009). The effects of a plyometric training program on the latency time of the quadriceps femoris and gastrocnemius short-latency responses. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness,* ***49*****(1), 35.**

Rahimi, A., Balouchi, R., Rasouli, E., & Shahrokhi, M. (2016). The relationship between back extensor muscle strenght with dynamic balance and fear of falling in elderly peopl. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 4* **(7), 114-24. [Persian]**

Rezaimanesh, D., Amiri-Farsani, P., & Saidian, S. (2011). The effect of a 4 week plyometric training period on lower body muscle EMG changes in futsal players. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* ***15*****, 3138-3142. [Persian]**

Sadeghi Goghari, M., Ebrahimi, I., Maroufi, N., & Jamshidi, A. A. (2012). Repeatability of ground reaction force during jump- landing in volleyball players with function ankle instability. *Journal of Kerman University of Medical Sciences*, ***20*****(1), 63-72. [Persian]**

Samadi, H., Rajabi, R., Alizade, M. H., & Jamshidi, A. A. (2014). Effect of Six Weeks Neuromuscular Training on Dynamic Postural Control and Lower Extremity Function in Male Athletes with Functional Ankle Instability. *Sport Medicine Studies Journal*, ***14*****(5), 73-90. [Persian]**

Samadi, H. (2013). *Effect of neuromuscular training on some of the EMG indicator & dynamic postural control in male athletes with functional ankle instability***. Ph.D Thesis, Faculty of Physical Education & Sport Sciences. Tehran University. [Persian]**

Santello, M., & McDonagh, M. (1998). The control of timing and amplitude of EMG activity in landing movements in humans. *Experimental Physiology*, ***83*****(6), 857-874.**

Tropp, H., Odenrick, P., Gillquist, J. (1985). Stabilometry recordings in functional and mechanical instability of the ankle joint. *International Journal of Sports Medicine*, ***6*****(3),180-182.**

Abstract

The effect of 6 weeks of plyometric training on dynamic postural control and timing of selective calf muscles in females with ankle instability

Somayeh Momeni[1]*, Amir Hossein Barati[2], Amir Letafatkar[3], Ali Ashraf Jamshidi[4], Fariborz Howanloo[5]

1. Assistsnce Professor, Facollty of Physical Educabion and Sport Sciences, Payme Noor University, Tehran, Iran.
2. Assistance Professor, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
3. Assistance Professor, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
4. Associate Professor, Faculty of Physical Therapy, Iran University, Tehran, Iran.
5. Associate Professor, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Background and Aim: Plyometric exercises may increase performance and decrease injury risk in female athletes, but its effects on functional ankle instability is unclear. The aim of this study was to evaluate the effect of six weeks of plyometric training on dynamic postural control and timing of selective calf muscles activation in active females with functional ankle instability in single leg drop landing**. Materials and Methods:** Surface electromyography was recorded from peroneus longus, tibialis anterior and medial gastrocnemius muscles of 30 active females with functional ankle instability. Modified star excursion test were used for evaluation of the dynamic postural control. In current study, we used the Pi-Huang (2014) plyometric training protocol for six weeks and 18 sessions. Paired and indipandet t tests in significant level of 0.05 were used for statistical analysis in SPSS software version 20. **Results:** The results indicated a significant increasing in the peroneus longus muscle activity (p=0.03), improving dynamic postural control in (anterior (p=0.001), posterior-medial (p=0.001) and posterior- lateral (p=0.02)) and also no significant changes in onset of tibialis anterior (P=0.83) and medial gastrocnemius (P=0.61) muscles activity after the six-week plyometric training. **Conclusion**: Plyometric training with accelerating the reaction time in prelanding phase, could modified the timing of peroneus longus muscle and dynamic postural control that may improve the lower extremity performance in patients with functional ankle instability.

Keyword: Functional ankle instability, Electromyography, Dynamic postural control.

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, vol. 5, no. 10, Fall & Winter 2017/2018

Received: Oct 26, 2016 Accepted: Feb 13, 2017

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

***Corresponding Author, Address: Faculty of Physical Education & Sport Sciences, Department of Sport Pathology & Corrective Exercises, Khrazmi University, Tehran, Iran;**
Email: sm.822003@gmail.com

DOI: 10.22077/JPSBS.2017.326.1132