

The Effect of Rope Jumping Exercise on Postural Control, Static and Dynamic Balance in Male Students with Cavus Foot

Mahdi Ghaderiyan^{1*}, Gholam Ali Ghasemi¹, Vahid Zolaktaj¹

¹Department of Sport Pathology & Corrective Exercises, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

*Corresponding Author:
Mahdi Ghaderiyan,
Department of Sport Pathology & Corrective Exercises, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

Email:
mehdighaderiyan67@gmail.com

Received: 25 Aug, 2015

Accepted: 26 Oct, 2015

Abstract

Background and Objectives: Plantar foot is a very active part in leap activities, such as rope jumping and with its small surface plays an important role in balance control. In this research, the effect of 12 week rope jumping exercise was investigated on postural control and static and dynamic balance in 10-13 years old male students with cavus foot.

Methods: This quasi-experimental study was done on 450 male students aged 13-10 years in Jarghouyeh sofla. After the initial evaluation by pedoscope (qualitative) and then measurement by a foot scanner (quantitative) and Staheli index, 30 students were selected as samples and were divided into two groups (experimental and control, each 15 cases). To measure the postural control, a foot scanner device was used and changes in plantar center of pressure was recorded for 20 seconds. Static balance was evaluated with stork test and dynamic balance by Y balance test. The subjects of the experimental group participated in a rope jumping training protocol three 45-minute sessions per week for 12 weeks. In this period of time, the subjects of the control group did not participate in any regular physical activity program in this time. Data were analyzed using dependent and independent t-tests. The significance level was considered $p < 0/05$.

Results: A 12-week rope jumping exercise improved postural control and static and dynamic balance in patients with cavus foot, which this change was significant ($p < 0.001$).

Conclusion: According to the results of this study, rope jumping can be a useful exercise to improve static and dynamic balance and postural control in individuals with cavus foot.

Keywords: Plyometric exercise; Students; Postural balance; Foot deformity.

تأثیر تمرینات طناب‌زنی بر کنترل قامت، تعادل ایستا و پویای دانش‌آموزان پسر دارای کف پای گود

مهدی قادریان^{*}، غلامعلی قاسمی^۱، وحید ذوالاکتاف^۱

چکیده

زمینه و هدف: کف پا از بخش‌های بسیار فعال در فعالیت‌های جهشی مانند طناب‌زنی بوده و با سطح اندک خود، نقش مهمی در حفظ تعادل ایفا می‌کند. در این تحقیق، تأثیر ۱۲ هفته تمرینات طناب‌زنی بر کنترل قامت، تعادل ایستا و پویای دانش‌آموزان پسر ۱۳-۱۰ ساله دارای کف پای گود بررسی گردید.

روش بررسی: این مطالعه نیمه تجربی بر روی ۴۵۰ نفر از دانش‌آموزان پسر ۱۳-۱۰ ساله بخش جرقویه سفلی انجام شد. پس از ارزیابی اولیه با دستگاه پدسکوپ (کیفی)، سپس اندازه‌گیری با اسکنر کف پا (کمی) و شاخص Staheli Index، تعداد ۳۰ نفر از دانش‌آموزان به‌عنوان نمونه انتخاب و به‌صورت تصادفی به دو گروه (تجربی و کنترل، هر کدام ۱۵ نفر) تقسیم شدند. جهت اندازه‌گیری کنترل قامت از دستگاه فوت‌اسکن استفاده شد و تغییرات مرکز فشار در کف پاها به مدت ۲۰ ثانیه ثبت گردید. تعادل ایستا با آزمون لک‌لک و تعادل پویا با آزمون تعادل Y ارزیابی شد. آزمودنی‌های گروه‌های تجربی به مدت ۱۲ هفته، هر هفته سه جلسه ۴۵ دقیقه‌ای در یک پروتکل تمرین طناب‌زنی شرکت کردند. در طی این مدت، آزمودنی‌های گروه کنترل در هیچ برنامه فعالیت بدنی منظمی شرکت نداشتند. داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری تی وابسته و مستقل تجزیه و تحلیل شدند. سطح معنی‌داری، $p < 0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: انجام ۱۲ هفته تمرینات طناب‌زنی، تعادل ایستا، پویا و کنترل قامت در افراد دارای کف پای گود باعث بهبودی شد که این تأثیر معنی‌دار بود ($p < 0/001$).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این مطالعه، تمرینات طناب‌زنی می‌تواند تمریناتی مفید جهت بهبود تعادل ایستا، پویا و کنترل قامت در افراد دارای کف پای گود باشد.

کلید واژه‌ها: ورزش پلی‌متریک؛ دانش‌آموزان؛ تعادل وضعیت؛ بدفرمی پا.

گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات:

مهدی قادریان، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران؛

آدرس پست الکترونیکی:

mehdighaderiyan67@gmail.com

لطفاً به این مقاله به‌صورت زیر استناد نمایید:

Ghaderiyan M, Ghasemi GhA, Zolaktaf V. The effect of rope jumping exercise on postural control, static and dynamic balance in male students with cavus foot. Qom Univ Med Sci J 2016;10(4):58-68. [Full Text in Persian]

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۴

مقدمه

بر استراتژی‌های حفظ تعادل تأثیر گذاشته و تعادل فرد را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۱). طناب‌زنی فعالیت بدنی کامل و مفرحی است که به‌صورت انفرادی، دو نفره و گروهی، با طناب‌های کوتاه، بلند و یک، دو یا چند طنابی انجام می‌گیرد (۱۲) و عملکرد قلبی - عروقی و سوخت و ساز (۱۳)، هماهنگی، انعطاف‌پذیری، قدرت عضلانی، استقامت و ترکیب بدن را بهبود می‌بخشد (۱۴) که عمدتاً شامل: حرکات میچ پا، زانو، مفصل ران و مفصل شانه است (۱۵). فلاح و همکاران با بررسی تأثیر ۶ هفته تمرینات طناب‌زنی بر تعادل ایستای دانش‌آموزان پسر و دختر کم‌توان ذهنی دریافتند این تمرینات تأثیر معنی‌داری بر تعادل ایستای آزمودنی‌های دختر دارد (۱۶). دودمان و همکاران نیز نشان دادند ۶ هفته تمرینات طناب‌زنی، تعادل دانش‌آموزان را بهبود می‌بخشد (۱۷). Tsai و همکاران در بررسی تأثیر انواع متفاوت ساختار پا بر کنترل قامت ایستاده گزارش کردند افراد دارای پای صاف یا گود؛ کنترل پوسچر ضعیف‌تری نسبت به افراد طبیعی دارند (۱۸).

طناب‌زنی، تمرین ساده‌ای است که با حداقل تجهیزات در هر مکان، زمان و توسط هر فردی قابل اجرا بوده و تأثیر این فعالیت روی بسیاری از مهارت‌های زیست حرکتی و شناختی بررسی شده است، اما تاکنون در هیچ تحقیق مستقلی، اثر طناب‌زنی روی کنترل قامت و تعادل در تعامل با قوس کف پا (از بخش‌های بسیار فعال در این فعالیت)، بررسی نشده است. بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی تعیین تأثیر تمرینات طناب‌زنی روی کنترل قامت، تعادل ایستا و پویای دانش‌آموزان دارای کف پای گود انجام شد.

روش بررسی

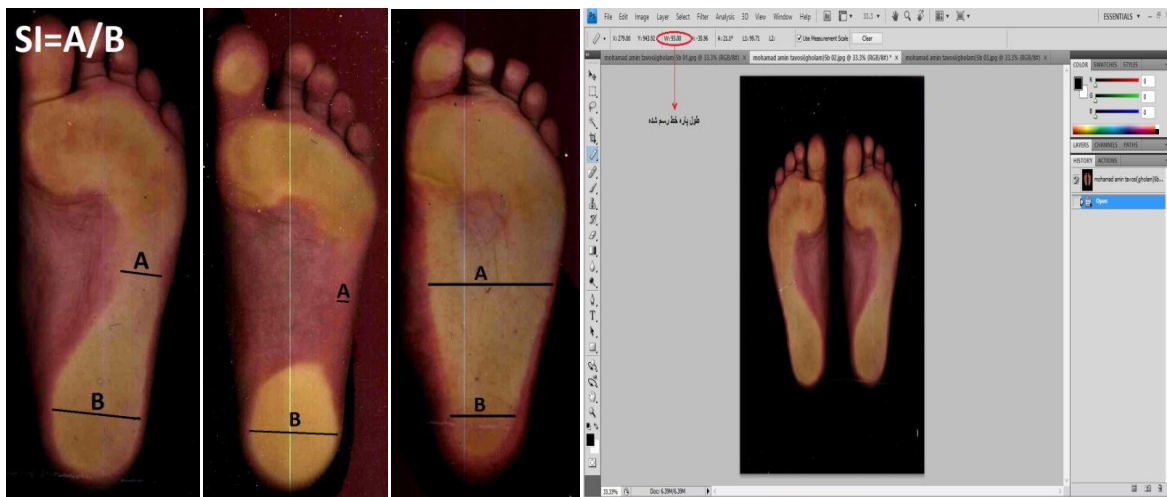
پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش - پس‌آزمون بود. جامعه آماری را دانش‌آموزان پسر ۱۳-۱۰ ساله بخش جرقویه سفلی تشکیل می‌دادند. پس از کسب مجوز از سازمان آموزش و پرورش استان اصفهان، ارزیابی اولیه (جهت مشخص کردن ساختار کف پای ۴۵۰ دانش‌آموز) و گزینش آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه پدسکوپ و به‌صورت کیفی انجام شد. برای ارزیابی دوم (جهت ثبت نقش پای آزمودنی‌ها) از دستگاه اسکنر کف پا (مدل genius-ColorPage-HR7 X Slim، محصول

تعادل از عوامل اساسی و مهم در انجام فعالیت‌های روزانه، اجرای بهینه فعالیت‌های ورزشی و پیشگیری از آسیب می‌باشد (۱). جهت کنترل قامت، فرد باید وضعیت بدن خود را در فضا حفظ کرده و نیروی مناسب را برای حفظ یا تصحیح موقعیت بدن خود، تولید کند که نیازمند ارتباط پیچیده سیستم‌های حسی، عصبی و اسکلتی - عضلانی است (۲). جهت ایستادن، اجزای مرکزی و محیطی سیستم عصبی؛ به‌نحو مطلوبی با یکدیگر عمل کرده و سیستم عصبی مرکزی، درون‌دادهای محیطی را پردازش و مناسب‌ترین پاسخ عضلانی را برای کنترل قامت انتخاب می‌کند (۳). تعادل در زنجیره حرکتی بسته، حفظ شده و در اثر اختلال در ارسال اطلاعات حسی آوران یا اختلال در قدرت و استحکام مکانیکی هریک از مفاصل یا ساختارهای اندام تحتانی مختل می‌شود (۴). همچنین پایین‌ترین قسمت این زنجیره را پا تشکیل داده که محدوده کوچکی از سطح اتکا را برای حفظ تعادل فراهم می‌کند، بنابراین، منطقی است تغییرات بیومکانیکی کوچک آن، کنترل تعادل را تحت تأثیر قرار دهد (۵).

کف پای انسان با سطح اندک خود، نقش مهمی در حفظ تعادل بدن ایفا کرده (۶) و قوس‌های موجود در کف پا، تکانه‌ها و نیروهای وارده از زمین را نیز جذب می‌کند (۷). Hertel و همکاران در بررسی اثر ناهنجاری‌های ساختاری کف پا بر تعادل ایستا دریافتند افراد مبتلا به ساختار آناتومیکی غیرطبیعی کف پا مانند کف پای صاف و گود در مقایسه با افراد سالم، عملکرد تعادلی ضعیف‌تری دارند (۸). Cote و همکاران علاوه بر تعادل ایستا، تعادل پویا را در افراد مبتلا به ناهنجاری‌های کف پا بررسی و دریافتند عملکرد تعادل پویا در افراد مبتلا به ناهنجاری‌های کف پا، ضعیف‌تر از افراد دارای کف پای طبیعی است (۵). خداویسی و همکاران نیز در بررسی تأثیر ناهنجاری‌های کف پای گود و صاف بر تعادل پویای دختران نوجوان و مقایسه آن با آزمودنی سالم نشان دادند افراد مبتلا به ناهنجاری‌های ساختاری پا، عملکرد تعادلی ضعیف‌تری دارند (۹). لذا به‌نظر می‌رسد ساختار پای گود با تغییر در قابلیت حرکت مفصل و کاهش مناطق تماس پا با زمین، داده‌های رسیده از سیستم حسی - پیکری را کاهش می‌دهد (۱۰، ۵) و تغییر در قدرت و فعالیت عضلات اطراف مفصل میچ پا،

درج سن آزمودنی‌ها از پرونده آموزشی آنها استفاده گردید. جهت محاسبه میزان قوس کف پا از دستگاه اسکنر کف پا (مدل Genius ColorPage-HR7X Slim)، محصول کارخانه genius ساخت کشور چین) استفاده شد. بدین منظور از آزمودنی‌ها خواسته شد با پای برهنه، به راحتی و درحالی که وزنشان را به طور مساوی بین دو پا تقسیم کرده‌اند، روی صفحه اسکنر بایستند. پس از ۱۰ ثانیه ایستادن و نقش بستن کف پا روی صفحه اسکنر، از کف پا تصویربرداری و نقش کف پا ثبت گردید و تصاویر با فرمت JPG ذخیره شد. از هر آزمودنی سه آزمون با ۲ دقیقه استراحت بین هر مرتبه به عمل آمد و از واضح‌ترین تصویر برای اندازه‌گیری قوس کف پا استفاده شد. سپس از ابزار خط‌کش (Ruler Tools) در نرم‌افزار فتوشاپ ۶۴ بیتی نسخه ۴، (Adobe Photoshop CS4(64 Bit)) محصول شرکت Adobe Systems، ساخت کشور آمریکا جهت محاسبه میزان قوس کف پا از طریق شاخص Staheli استفاده گردید (۲۶). شاخص Staheli دارای ضریب اعتبار بالاتر از ۰/۷۵ نسبت به آزمون‌های شاخص قوس (Arch Index)، چپاکس-اسمیراک (Chippaux-Smirak Index) و زاویه آلفا (Alpha Angle) بوده و از تقسیم کم‌عرض‌ترین قسمت وسط پا به عریض‌ترین قسمت پشت پا (پاشنه) به دست می‌آید. براساس این شاخص؛ مقادیر $SI < 0/44$ به عنوان کف پای گود، $0/44 \leq SI \leq 0/89$ به عنوان کف پای طبیعی و $SI > 0/89$ به عنوان کف پای صاف بررسی و ارزیابی کمی شد (شکل شماره ۱) (۲۷).

کارخانه genius ساخت کشور چین) استفاده شد و میزان قوس کف پا نیز از طریق شاخص Staheli به صورت کمی مشخص گردید (۱۹). ۳۰ نفر از دانش‌آموزان با تکمیل فرم رضایت‌نامه توسط والدینشان و به شکل داوطلبانه، به عنوان نمونه انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه (هر گروه ۱۵ نفر): تجربی (با میانگین شاخص Staheli ۰/۳۲، قد ۱۴۲/۹۳ سانتی‌متر، وزن ۳۸/۱۳ کیلوگرم و سن ۱۱/۲۰ سال) و کنترل (با میانگین شاخص Staheli ۰/۳۱، قد ۱۴۲/۴۰ سانتی‌متر، وزن ۳۷/۹۳ کیلوگرم و سن ۱۱/۴۶ سال)، قرار گرفتند. در آلفای ۰/۰۵ و $\beta = 0/2$ به دلیل بزرگ بودن حجم تأثیر، حجم نمونه ۱۵ نفر در نظر گرفته شد تا توان آماری برابر ۰/۸ که توان آماری مناسب برای مطالعات تجربی می‌باشد، به دست آید (۲۰). جهت تعیین کنترل قامت از دستگاه فوت‌اسکن استفاده شد و تغییرات مرکز فشار در کف پاها به مدت ۲۰ ثانیه ثبت گردید. تعادل ایستا با آزمون لک‌لک و تعادل پویا با آزمون Y ارزیابی گردید (۲۱-۲۳). شرایط ورود دانش‌آموزان به مطالعه شامل: سن، جنسیت، وضعیت کف پای گود، رضایت آگاهانه و سلامت عمومی بود که از طریق مصاحبه با بهداشتیار مدرسه و مطالعه پرونده پزشکی دانش‌آموزان در مدرسه انجام گرفت. هیچ‌یک از آزمودنی‌ها دارای اختلاف طول پاها، اختلال اسکلتی - عضلانی و سابقه آسیب یا جراحی اندام تحتانی، سابقه شکستگی در استخوان‌های ساق پا، مچ پا و پا، مشکلات ارتوپدی جدی (۲۴)، بیماری‌های عصبی عضلانی، شنوایی، بینایی و سابقه استفاده از کفی طبی نبودند (۲۵). به منظور تعیین وزن و قد آزمودنی‌ها، به ترتیب از ترازوی عقربه‌ای، قدسنج دیواری و برای



شکل شماره ۱: نمونه‌ای از نقش کف پا و نحوه محاسبه قوس کف پا با استفاده از شاخص SI

هر آزمودنی سه کوشش را انجام داده و بهترین زمان، به‌عنوان امتیاز آزمودنی ثبت می‌شود. پیش از اندازه‌گیری، ابتدا به آزمودنی آموزش داده شده که چگونه وضعیت آزمون را اتخاذ کند، پس از آن هر آزمودنی ۳ مرتبه و با فاصله زمانی ۱۵ ثانیه استراحت، به‌منظور از بین بردن اثر یادگیری و گرم کردن، آزمون را به‌صورت تمرینی انجام می‌دهد. هنگام اندازه‌گیری پس از اتخاذ وضعیت آزمون، همزمان با جدا شدن پاشنه پای آزمودنی از زمین با استفاده از زمان‌سنج، زمان ایستادن روی یک پا تا لحظه به‌هم خوردن این وضعیت تا نزدیک صدم ثانیه ثبت می‌شود (شکل ۲) (۲۹،۳۰).



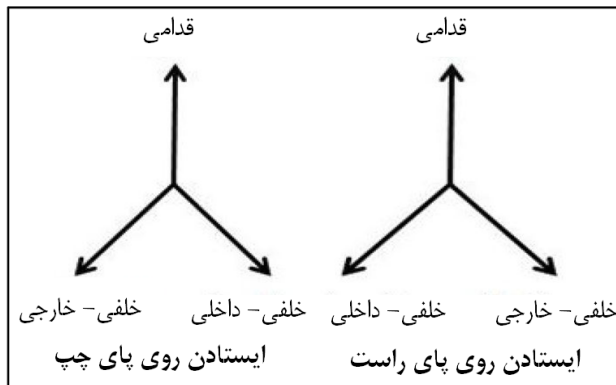
شکل شماره ۲: آزمون تعادل لک‌لک

آزمون، آزمودنی با پای برتر در مرکز دستگاه می‌ایستد و با پای دیگر تا آنجا که خطا نکند (پا از مرکز دستگاه حرکت نکند، روی پای که عمل دستیابی را انجام می‌دهد، تکیه نکند یا آزمودنی نیفتد) در راستای خط موجود به جلو می‌راند و سپس به حالت طبیعی روی دو پا برمی‌گردد. فاصله قسمت متحرک تا مرکز دستگاه، فاصله دستیابی است (۳۲). طول پای افراد بر فاصله دستیابی آنها اثرگذار است. بنابراین، میانگین فاصله دستیابی به طول پای هر آزمودنی تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شده و فاصله دستیابی به‌عنوان درصدی از اندازه طول به‌دست‌آمده محاسبه می‌شود. طول پا از خار خاصه‌ای قدامی فوقانی تا قوزک داخلی، با متر نواری اندازه‌گیری می‌شود، بدین منظور آزمودنی در وضعیت خوابیده به پشت قرار گرفته و زانوهای او در وضعیت اکستنشن قرار داده، به طوری که مچ پاها ۱۵ سانتی‌متر، از هم فاصله داشته باشد (۳۳).

جهت اندازه‌گیری تعادل ایستا، از آزمون تعادلی لک‌لک (Stork Test)، استفاده شد. Janson و Nelson با استفاده از روش بازآزمایی (آزمایش - آزمایش مجدد) ضریب پایایی آن را برابر ۰/۸۷ گزارش کردند (۲۸). در این آزمون، فرد بدون کفش و با چشمان باز روی سطحی صاف؛ درحالی که دستهای خود را بر روی کمر قرار داده و کف پای غیراتکا روی ناحیه داخلی ران پای اتکا کنار زانو قرار گرفته، با حفظ این وضعیت تا حد ممکن بر روی سینه پای اتکا می‌ایستد و به‌علامتی که در مقابل صورت او و در فاصله ۴ متری واقع شده، نگاه می‌کند. زمان حفظ این موقعیت به‌عنوان امتیاز وی ثبت می‌گردد.



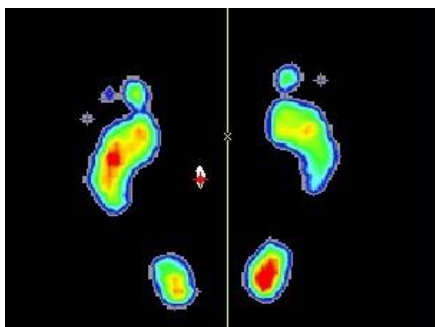
جهت اندازه‌گیری تعادل پویا، از آزمون تعادل Y استفاده گردید. این آزمون برگرفته از آزمون تعادل ستاره است که Gribble آن را به‌عنوان یک آزمون معتبر برای ارزیابی تعادل پویا می‌داند (۳۱). ضریب پایایی درون آزمونگر و بین آزمونگر برای جهات مختلف به ترتیب بین ۰/۸۵-۰/۹۱ و ۰/۹۹-۱/۰۰ و ضریب پایایی درون آزمونگر و بین آزمونگر برای نمره کل به ترتیب بین ۰/۹۱-۰/۹۹ توسط Plisky گزارش شده است (۳۲). در این آزمون سه جهت (قدامی، خلفی- داخلی و خلفی- خارجی) به‌صورت Y و با زوایای ۱۳۵، ۱۳۵ و ۹۰ درجه نسبت به‌هم قرار می‌گیرند (شکل شماره ۳). آزمودنی ۴ بار آزمون را تمرین کرده تا روش اجرای آن را فراگیرد (آزمودنی با پای برتر راست، آزمون را در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و با پای برتر چپ، آزمون در جهت عقربه‌های ساعت انجام می‌دهد). برای اجرای



شکل شماره ۳: آزمون تعادل Y

مدت زمان انجام آزمون، ۳ تکرار ۲۰ ثانیه‌ای همراه با ۲ دقیقه استراحت در بین هر تلاش بود و میانگین داده‌های به‌دست‌آمده به‌عنوان رکورد فرد جهت محاسبات بعدی ثبت گردید. دستگاه فوت‌اسکن سه سری داده شامل: میزان تغییرات مرکز فشار کف پاها در جهات داخلی-خارجی (COF X)، قدامی-خلفی (COF Y) و شاخص کلی (Cof Total Traveled Way) را محاسبه و ارائه داد (شکل شماره ۴).

به‌منظور بررسی وضعیت کنترل قامت از دستگاه فوت‌اسکن به‌منظور بررسی وضعیت کنترل قامت از دستگاه فوت‌اسکن (ساختمان کشور Footscan7 Balance RScan International) استفاده شد و تغییرات مرکز فشار (COF) در کف پاها به‌مدت ۲۰ ثانیه ثبت گردید. بدین منظور از آزمودنی‌ها خواسته شد با پای برهنه، به‌راحتی و درحالی‌که وزنشان را به‌طور مساوی بین دو پا تقسیم کرده‌اند، روی دستگاه بایستند و به‌علامتی که در فاصله ۳ متری قرار دارد نگاه کنند.



Time (ms)	4360		
Selection	19.980 seconds		
Total Time	19.980 seconds		
Recording speed	50 frames/sec		
Total number of frames	999 #Frames		
	Minimum	Maximum	Delta
COF X	269 mm	274 mm	5 mm
COF Y	121 mm	136 mm	15 mm
COF Total traveled way	205 mm		
	COF X	COF Y	
Current COF (mm)	272	127	



شکل شماره ۴: تصویر دستگاه فوت‌اسکن و نقش کف پا در آن

از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف (برای اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها) و آزمون تی‌وابسته (برای تعیین تفاوت درون گروهی) و تی مستقل (برای تعیین تفاوت بین گروهی پس از محاسبه تفاضل نمرات در پیش‌آزمون و پس‌آزمون)، استفاده گردید. سطح معنی‌داری، $p < 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در پیش‌آزمون، دو گروه در هیچ‌یک از متغیرها با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند ($p < 0.05$). اختلاف دو گروه از نظر مشخصات جمعیت‌شناختی، معنی‌دار نبود (جدول شماره ۱).

گروه تمرین، برنامه طناب‌زنی را به مدت ۱۲ هفته و هر هفته ۳ جلسه ۴۵ دقیقه‌ای (در مجموع ۳۶ جلسه) انجام دادند. در هر جلسه پس از ۱۰ دقیقه حرکات گرم کردن؛ برنامه طناب‌زنی با ۱۰ مدل طناب زدن شامل: پرش ساده، مکث روی پا، زیگزآگ، پرش جفت جلو و عقب، پرش قیچی، پرش پروانه، گهواره، جاگینگ، ضربدری، پاشنه پنجه؛ انجام و در پایان، حرکات سردکردن به مدت ۵ دقیقه اجرا شد. برنامه حرکات طناب‌زنی برای هفته اول با ۲۵۰ طناب (پرش) شروع و در آخرین جلسه به ۵۰۰ طناب رسید. آزمودنی‌های گروه کنترل در این مدت از هیچ برنامه فعالیت بدنی منظم پیروی نکردند. محاسبات آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

جدول شماره ۱: مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها

متغیر	تجربی		کنترل	
	میانگین ± انحراف معیار	p	میانگین ± انحراف معیار	p
سن (سال)	۱۱/۲ ± ۰/۸	۰/۳۶	۱۱/۵ ± ۰/۹	۰/۳۶
قد (سانتی‌متر)	۱۴۲/۹ ± ۵	۰/۸۷	۱۴۲/۴ ± ۵	۰/۸۷
وزن (کیلوگرم)	۳۸/۱ ± ۳/۴	۰/۴۲	۳۷/۹ ± ۲/۵	۰/۴۲
قوس کف پا (SI)	۰/۳ ± ۰/۱	۰/۹۳	۰/۳ ± ۰/۱	۰/۹۳

وضعیت قدامی - خلفی، داخلی - خارجی و شاخص کلی) باعث بهبودی شد که این تأثیر معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۰۱$). در گروه کنترل، هیچ‌یک از موارد، تغییر معنی‌داری نداشت ($p < ۰/۰۰۵$).

در این مطالعه، انجام ۱۲ هفته تمرینات طناب‌زنی در گروه تجربی در متغیرهای تعادل ایستا (در هر دوی پای راست و چپ)، تعادل پویا (در هر دو پای راست و چپ و در هر سه جهت قدامی، خلفی - خارجی و خلفی - داخلی) و کنترل قامت (در هر سه

جدول شماره ۲: اطلاعات توصیفی مربوط به شاخص‌های تعادل گروه‌ها در پیش و پس‌آزمون و نتایج آزمون‌های تی وابسته و مستقل

گروه	نوبت آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	اختلاف میانگین‌ها	درون‌گروهی		بین‌گروهی
					p	t	
تعادل ایستا (ثانیه)	تجربی	۸ ± ۱/۵	۹/۸ ± ۲/۱	۱/۷ ± ۰/۹	*.۰/۰۰۱	-۷/۱	۴/۳
	کنترل	۷/۳ ± ۱/۵	۷/۷ ± ۱/۳	۰/۴ ± ۰/۷	۰/۰۶	-۲	
	تجربی	۷/۳ ± ۱	۹/۵ ± ۱/۵	۲/۱ ± ۱/۱	*.۰/۰۰۱	-۷/۱	۴/۱
	کنترل	۷/۱ ± ۱/۶	۷/۶ ± ۱/۷	۰/۵ ± ۱	۰/۰۸۸	-۱/۸	
تعادل پویا (سانتی‌متر)	تجربی	۶۶/۳ ± ۴/۴	۷۳/۷ ± ۵/۷	۷/۴ ± ۵/۹	*.۰/۰۰۱	-۴/۸	۴/۷
	کنترل	۶۷ ± ۴/۶	۶۷/۱ ± ۴/۵	۰/۱ ± ۰/۴	۰/۲۲۶	-۱/۲	
	تجربی	۶۷/۲ ± ۴/۱	۷۶/۶ ± ۱	۹/۴ ± ۱/۹	*.۰/۰۰۱	-۱۸/۶	۱۳/۷
	کنترل	۶۷/۸ ± ۴/۳	۶۸/۲ ± ۴	۰/۴ ± ۱/۶	۰/۴۰۸	-۰/۸	
تعادل ایستا (ثانیه)	تجربی	۶۳/۷ ± ۴/۱	۷۱/۹ ± ۴/۵	۸/۱ ± ۱/۴	*.۰/۰۰۱	-۲۲/۱	۹/۶
	کنترل	۶۴/۴ ± ۴/۲	۶۵/۷ ± ۴/۱	۱/۲ ± ۲/۳	۰/۰۶	-۲/۱	
	تجربی	۶۴/۸ ± ۴/۷	۷۲/۲ ± ۵/۵	۷/۳ ± ۲/۴	*.۰/۰۰۱	-۱۱/۵	۱۱/۷
	کنترل	۶۵/۵ ± ۵/۱	۶۶/۱ ± ۵/۴	۰/۵ ± ۱/۶	۰/۲۶۴	-۱/۱	
تعادل ایستا (ثانیه)	تجربی	۶۹/۲ ± ۵/۹	۷۹/۹ ± ۵/۷	۱۰/۷ ± ۳/۴	*.۰/۰۰۱	-۱۱/۹	۱۰/۹
	کنترل	۶۹/۹ ± ۶/۳	۷۰/۳ ± ۶/۱	۰/۳ ± ۱/۲	۰/۲۴۳	-۱/۲	
	تجربی	۶۸/۱ ± ۴/۷	۷۷/۵ ± ۶/۱	۹/۴ ± ۲/۶	*.۰/۰۰۱	-۱۴/۱	۱۱/۷
	کنترل	۶۸/۸ ± ۴/۸	۶۹/۱ ± ۴/۷	۰/۳ ± ۱/۵	۰/۴۴	-۰/۸	
تعادل ایستا (ثانیه)	تجربی	۱۲/۴ ± ۲/۶	۷/۸ ± ۲/۱	-۴/۶ ± ۰/۹	*.۰/۰۰۱	۱۸/۷	-۸/۳
	کنترل	۱۰/۸ ± ۲/۶	۱۰/۴ ± ۲/۵	-۰/۴ ± ۰/۸	۰/۰۶۵	۲	
	تجربی	۱۱/۱ ± ۲/۴	۷/۱ ± ۱/۸	-۴ ± ۱/۳	*.۰/۰۰۱	۱۱/۴	-۱۳/۵
	کنترل	۱۲/۱ ± ۲/۷	۱۱/۶ ± ۲/۶	-۰/۵ ± ۰/۹	۰/۰۷۴	۱/۹	
شاخص کلی	تجربی	۱۹۵/۷ ± ۱۳/۴	۱۷۸/۸ ± ۱۱/۳	-۱۶/۸ ± ۶/۷	*.۰/۰۰۱	۹/۶	-۸/۷
	کنترل	۱۹۵/۲ ± ۱۳/۵	۱۹۴/۲ ± ۱۲/۹	-۱ ± ۱/۹	۰/۰۷۷	۱/۹	

بحث

تعادل به‌عنوان توانایی حفظ یک وضعیت برای انجام فعالیت‌های ارادی و مقابله با اختلالات (درونی یا بیرونی) و از لحاظ بیومکانیکی، نگهداری مرکز جرم بدن در محدوده سطح اتکا تعریف می‌شود (۳۴) و یکی از مفاهیم بحث‌برانگیز سیستم حسی حرکتی بوده و ارتباط متقابل و پیچیده میان درون‌داده‌های حسی و پاسخ‌های حرکتی مورد نیاز جهت حفظ یا تغییر قامت را بررسی می‌کند (۴). وجود و حفظ تعادل مناسب و طبیعی بدن، در بسیاری از فعالیت‌های روزانه و حین حرکات ورزشی، اهمیت بسیار زیادی دارد و مستلزم تعامل سیستم‌های حسی (بینایی، دهلیزی و حسی پیکری) و سیستم حرکتی است (۳۵). در تحقیقات زیادی، تأثیر تمرینات مختلف بر تعادل سنجیده شده، ولی در تحقیق حاضر برای اولین بار به بررسی تأثیر تمرینات طناب‌زنی بر عملکرد تعادلی افراد مبتلا به پای گود پرداخته شده است. در این پژوهش تأثیر تمرینات طناب‌زنی بر تعادل ایستا، پویا و کنترل قامت، بررسی و نتایج حاصل از آن نشان داد انجام ۱۲ هفته تمرینات طناب‌زنی، میزان تعادل ایستا و پویا، همچنین کنترل قامت افراد دارای کف پای گود را به شکل معنی‌داری بهبود می‌بخشد. پژوهش مشابهی که اثر تمرینات طناب‌زنی بر کنترل قامت افراد با پای گود را بررسی کند به دست نیامد و تنها دو تحقیق به بررسی تأثیر تمرینات طناب‌زنی بر تعادل پرداخته بودند. دودمان و همکاران با بررسی تأثیر ۶ هفته تمرینات طرح ملی طناب‌زنی بر توانایی‌های عاطفی هیجانی و تعادل دانش‌آموزان به این نتیجه دست یافتند که این تمرینات، تعادل دانش‌آموزان را بهبود بخشیده و باعث بهبود رشد هیجانی و عاطفی آنها می‌شود (۱۷). فلاح و همکاران نیز با مطالعه تأثیر ۶ هفته تمرینات طناب‌زنی بر تعادل ایستای دانش‌آموزان پسر و دختر کم‌توان ذهنی، نشان دادند این تمرینات تأثیر معنی‌داری بر تعادل ایستای آزمودنی‌های دختر دارد (۱۶). نتایج این تحقیقات با تحقیق حاضر همخوانی داشت. با توجه به اینکه تمرینات طناب‌زنی، نمونه کم‌شدتی از تمرینات پلائیومتریک است (۳۶، ۱۵)، لذا به چند تحقیق در این زمینه می‌توان اشاره کرد که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند. هادی و همکاران با بررسی تأثیر ۶ هفته تمرینات قدرتی و پلائیومتریک بر تعادل پویای دانشجویان مرد ورزشکار، تأثیر ۶ هفته تمرینات

قدرتی و پلائیومتریک بر تعادل پویای دانشجویان مرد ورزشکار را تأیید کردند (۳۷). همچنین درآهنگ و همکاران با بررسی تأثیر ۲، ۴، ۶ هفته بی‌تمرینی پس از یک دوره تمرین پلائیومتریک بر کنترل قامت مردان دانشجو نشان دادند اعمال یک دوره تمرین پلائیومتریک، تأثیر معنی‌داری بر افزایش کنترل قامت دارد (۳۸). لذا به نظر می‌رسد کف پای گود با تغییر در قابلیت حرکت مفصل و کاهش مناطق تماس پا با زمین، داده‌های رسیده از سیستم حسی پیکری را کاهش می‌دهد (۵، ۱۰). همچنین تغییر در قدرت و فعالیت عضلات اطراف مفصل مچ پا، بر استراتژی‌های حفظ تعادل تأثیر گذاشته که در نتیجه، تعادل فرد تحت تأثیر ساختار پا قرار می‌گیرد (۱۱). طناب‌زنی یک فعالیت جهشی است که طی آن عضلات احاطه‌کننده مچ پا درگیر و تقویت می‌شوند (۳۹). در مطالعه حاضر احتمالاً بهبود تعادل در نتیجه تمرینات طناب‌زنی را می‌توان با افزایش قدرت عضلات اندام تحتانی آزمودنی‌ها پس از شرکت در دوره تمرینی مرتبط دانست. علت اصلی افزایش قدرت در چند هفته اول تمرینات، تطابق در دستگاه عصبی می‌باشد. تصور بر این است که تغییرات دیده شده در ۸-۶ هفته اول، به علت تطابق‌های دستگاه عصبی بوده است (۴۰). از سوی دیگر، احتمال می‌رود در مطالعه حاضر، انجام تمرینات از طریق اعمال استرس بر دستگاه‌های عصبی - عضلانی باعث افزایش تعادل شده است. قدرت عضلات احاطه‌کننده و عمل‌کننده بر مفاصل و هم‌انقباضی آنها جهت تثبیت مفاصل اندام تحتانی، فعالیت گیرنده‌های عمقی و کنترل عصبی عضلانی در حفظ تعادل، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین یکی از عوامل موفقیت در تمرینات طناب‌زنی، تعادل پویا می‌باشد. در این تمرینات، فرد باید به‌هنگام جهش و فرود، تعادل خود را حفظ کند که با سخت‌تر شدن تمرینات، این نیاز بیشتر می‌شود. بنابراین، اجرای موفق تمرینات طناب‌زنی دستگاه عصبی عضلانی، در حفظ تعادل درگیر بوده که این می‌تواند عاملی برای افزایش تعادل فرد باشد. همچنین هماهنگی در این نوع تمرینات می‌تواند در انجام اعمال تعادلی، خود را نشان داده و باعث بهبود تعادل گردد. دلیل اختلال تعادل استاتیکی در بین افراد مبتلا به ساختار کف پای گود نیز می‌تواند به کاهش سطح تماس پا با زمین و در نتیجه سطح اتکای کمتر، از یک‌سو و کاهش میزان داده‌های دریافتی از گیرنده‌های مکانیکی

محدودیت‌ها

در این مطالعه، محدودیت‌هایی وجود داشت که لازم است مورد توجه قرار گیرد. من جمله می‌توان به محدود بودن پیشینه تحقیق در موضوع مورد بررسی پژوهش اشاره کرد. همچنین عدم شرکت دختران در این مطالعه و محدود بودن آن به گروه سنی ۱۰-۱۳ سال از دیگر محدودیت‌های قابل‌اشاره است. از این رو توصیه می‌شود تحقیقی با حضور هر دو جنسیت و با گستره سنی بیشتری انجام گیرد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این مطالعه، تمرینات طناب‌زنی می‌تواند تمریناتی مفید جهت بهبود تعادل ایستا، پویا و کنترل قامت در افراد دارای کف پای گود باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله منتج از پایان‌نامه مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد مهدی قادریان، مصوب دانشگاه اصفهان (با کد ۱۱۵۵۷۴۶) می‌باشد. بدین وسیله از حمایت‌های معاونت پژوهشی دانشگاه اصفهان تقدیر و تشکر می‌گردد. همچنین از اداره آموزش و پرورش جرقویه سفلی، دانش‌آموزان، مدیریت کارکنان مدارس ابتدایی دانش و شهدای شهر نیک‌آباد جرقویه سفلی و تمامی افراد شرکت‌کننده در این طرح صمیمانه تشکر می‌گردد.

کف پا، از سوی دیگر باشد (۹۸). بنابراین، به نظر می‌رسد تمرینات طناب‌زنی با تأثیر بر سیستم حسی عمقی، بتواند عملکرد تعادلی این افراد را بهبود بخشد. با توجه به فعال‌سازی گیرنده‌های حسی (Sensory Receptors) در پی تمرینات جهشی (۱۵)، روشن است این تمرینات می‌توانند بر فعالیت مغز اثرگذار باشند (۳۷). این موضوع، بیانگر آماده‌سازی نورون‌های حرکتی در یک گروه از عضلات و مفاصل برای انجام یک حرکت و سازگاری آن با زمینه محیطی، همچنین افزایش هماهنگی و یک‌پارچگی واحدهای حرکتی، هم‌انقباضی عضلات همکار و افزایش بازدارندگی عضلات مخالف است که در نهایت، باعث بهبود پاسخ‌های عصبی - عضلانی می‌شود و از این طریق می‌تواند عملکرد ورزشی و از آن‌جمله تعادل را بهبود بخشد. بهبود کنترل قامت در افراد دارای پای گود، پس از برنامه تمرینات طناب‌زنی، احتمالاً در اثر مکانیسم‌های عصبی عضلانی مختلف به وجود می‌آید. پس از دوره تمرینی، فرد براساس یادگیری و هماهنگی‌های عصبی عضلانی که در نتیجه تمرینات کسب کرده است، سیستم حسی حرکتی خود را برای ارائه پاسخ‌های مناسب، به‌منظور کنترل قامت آماده می‌کند.

References:

1. Daneshmandi H, Alizade M H, Gharakhanlou R. Corrective exercises. Tehran: SAMT Pub & Sport Sci Res Institute; 2007. p. 111-2. [Text in Persian]
2. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: Theory and practical applications. USA: Lippincott Williams & Wilkins pub; 2001.
3. Frändin K, Sonn U, Svantesson U, Grimby G. Functional balance tests in 76-year-olds in relation to performance, activities of daily living and platform tests. Scand J Rehabil Med 1995;27(4):231-41.
4. Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Sensorimotor system measurement techniques. J Athl Train 2002;37(1):85-98.
5. Cote KP, Brunet ME, Gansneder BG, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. J Athl Train 2005;40(1):41-6.
6. Nashner LM, Black FO, Wall C. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: Patients with vestibular deficits. J Neurosci 1982;2(5):536-44.

7. Razeghi M, Batt ME. Foot type classification: A critical review of current methods. *Gait Posture* 2002;15(3):282-91.
8. Hertel J, Gay MR, Denegar CR. Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. *J Athl Train* 2002;37(2):129-32.
9. Khodaveysi H, Anbariyan M, Farahpoor N, Sazvar A, Jalalvand A. The effect of structural deformities flat and deep foot on dynamic balance in adolescent girls. *Res Sport Sci* 2009;6(2):99-112. [Full Text in Persian]
10. Lin CH, Lee HY, Chen JJ, Lee HM, Kuo MD. Development of a quantitative assessment system for correlation analysis of footprint parameters to postural control in children. *Physiol Meas* 2005;27(2):119-30.
11. Kean CO, Behm DG, Young WB. Fixed foot balance training increases rectus femoris activation during landing and jump height in recreationally active women. *J Sports Sci Med* 2006;5(1):138-48.
12. Ghelichpoor B, Shahbazi M, Bagherzadeh F. The effect of rope jumping national plan on eye– hand coordination in fourth grade elementary school students. *J Motor Learn Mov* 2013;(4):57-69. [Full Text in Persian]
13. Chen CC, Lin SY. The impact of rope jumping exercise on physical fitness of visually impaired students. *Res Dev Disabil* 2011;32(1):25-9.
14. Chen CC, Lin YC. Jumping rope intervention on health-related physical fitness in students with intellectual impairment. *J Hum Res Adult Learn (HRAL)* 2012;8(1):56-62.
15. Lee B. *Jump rope training*. 2nd ed. New York: Human Kinetics pub; 2010. p. 7-25.
16. Fallah F, Sokhanguel Y, Rahimi A. The effect of jumping rope training on static balance in male and female students with intellectual impairment. *Eur J Exp Biol* 2014;4(1):137-41.
17. Dodman K, Majidi H, Abedeni S, Babaie P, Pak IL. The effect of six weeks exercise of Tanavarz (rope dancing) national plan on sensation-motional abilities (static balance, dynamic balance and agility). *Eur J Exp Biol* 2013;3(4):198-202.
18. Tsai LC, Yu B, Mercer VS, Gross MT. Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006;36(12):942-53.
19. Staheli LT, Chew DE, Corbett MA. The longitudinal arch. *J Bone Joint Surg Am* 1987;69(3):426-8.
20. Thomas JR, Silverman S, Nelson J. *Research methods in physical activity*. 7th ed. New York: Human Kinetics Pub; 2015.
21. Hadavi F. *Measurement and evaluation in physical education and exercise science*. Tehran: Hatmi Pub; 2013. [Text in Persian]
22. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006;36(12):911-9.
23. Johnson BL, Nelson JK. *Practical measurement of evaluation in physical education*. 4th ed. New York: Macmillan Pub; 1986. p. 118-20.
24. Arastoe M, Zahednezhad SH, Arastoe A, Negahban H, Goharpay SH. Measurement of ground reaction forces during walking toward the front and rear of the students with flexible flat foot. *J Mod Rehabil* 2012;1(5):1-7. [Full Text in Persian]
25. Fakoor Rashid H, Daneshmandi H. The effects of a 6 weeks corrective exercise program on improving flat foot and static balance in boys. *J Pract Stud Biosci Sport* 2013;1(2):52-66. [Full Text in Persian]
26. Gutiérrez-Vilahú L, Massó-Ortigosa N, Costa-Tutusaus L, Guerra-Balic M. Reliability and validity of the footprint assessment method using photoshop CS5 Software. *J Am Podiatr Med Assoc* 2015;105(3):226-32.

27. Onodera AN, Sacco IC, Morioka EH, Souza PS, de Sá MR, Amadio AC. What is the best method for child longitudinal plantar arch assessment and when does arch maturation occur? *Foot (Edinb)* 2008;18(3):142-9.
28. Nelson JK, Johnson BI. Effects of local and general fatigue on static balance. *Percept Mot Skills* 1973;37(2):615-8.
29. Sadeghi H, Noori S, Nabavinik H. The relationship between some anthropometric characteristics at different levels of difficulty with static, semi-dynamic, dynamic balance in ectomorph and edomorph nonathletic women. *J Res Sports Rehabil* 2014;1(2):65-74. [Full Text in Persian]
30. McCurdy K, Langford G. The relationship between maximum unilateral squat strength and balance in young adult men and women. *J Sports Sci Med* 2006;5(2):282-88.
31. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: A literature and systematic review. *J Athl Train* 2012;47(3):339-57.
32. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther* 2009;4(2):92-9.
33. Gorman PP, Butler RJ, Plisky PJ, Kiesel KB. Upper quarter Y balance test: Reliability and performance comparison between genders in active adults. *J Strength Cond Res* 2012;26(11):3043-8.
34. Ghasemi V, Rajabi R, Alizade MH, Dashti Rostami K. Comparison of dynamic balance in men with different foot. *J Sport Med* 2012;3(1):20-25. [Full Text in Persian]
35. Winter DA, Patla AE, Frank JS. Assessment of balance control in humans. *Med Prog Technol* 1990;16(1-2):31-51.
36. Masterson GL, Brown SP. Effects of weighted rope jump training on power performance tests in collegians. *J Strength Cond Res* 1993;7(2):108-14.
37. Hadi H, Farhady H, Bashiri M. Effect of six week strength and plyometric training on dynamic balance of male athletic students. *J Res Rehabil Sci* 2011;7(2):215-24. [Full Text in Persian]
38. Dezhahang M, Rostamkhany H, Nagiloo Z. The effect of two-, four-and six-week detraining after a period of plyometric training on postural control in male students. *J Res Rehabil Sci* 2011;7(2):141-8. [Full Text in Persian]
39. Cael C. *Functional anatomy: Musculoskeletal anatomy, kinesiology, and palpation for manual therapists*. New York: Lippincott Williams & Wilkins pub; 2011. p. 415-9.
40. Stane ML, Powers ME. The effects of plyometric training on selected measures of leg strength and power when compared to weight training and combination weight and plyometric training. *J Athl Train* 2005;42(3):186-92.