

Effect of Six Weeks of Comprehensive Corrective Exercises on Balance and Foot Pressure Pattern in Female Adolescents with Flexible Flat Foot

Fateme Nikkhouamiri¹, Mahdie Akochakian^{*2}, Elham Shirzad Araghi³, Seid Esmail Hosein Nejad⁴

1. PhD Student, Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences

2. Assistant Professor, Department of Sports Injuries, and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, Pardis Kish Campus, University of Tehran, Kish, Iran

3. Assistant Professor, Department of Sports Injuries, and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

4. Assistant Professor, Department of Sports Injuries, and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, University of Mazandaran, Mazandaran, Iran

Received: 2019.October.20 Revised: 2019.November.25 Accepted: 2019.November.30 Published Online: 2019.December.03

ABSTRACT

Background and Aims: The present study was conducted to evaluate the effect of six weeks of comprehensive corrective exercises on balance and foot pressure pattern in female adolescents with flexible flat foot.

Materials and Methods: Participants included 30 students aged 9 to 10 years with flat feet abnormalities randomly selected and divided into two groups of corrective exercise (age: 11.60 ± 1.02 years, height: 148.46 ± 10.29 cm, weight: 47.40 ± 11.69 kg, and body mass index: 21.42 ± 11.92) and control (age: 11.40 ± 0.95 years, height: 148.46 ± 12.67 cm, weight: 47.46 ± 12.28 kg, and body mass index: 21.37 ± 4.28). Questionnaires were used to collect demographic data and Navicular drop method was used to evaluate flat foot abnormality. Foot-related parameters, such as the level of the center of pressure and static balance, were also evaluated using a foot scanner. Descriptive statistics were used to determine the frequencies, central indices, and dispersion in the form of tables and graphs, and univariate and multivariate analysis of covariance was used to examine intergroup differences in research variables.

Results: The results showed that corrective program had a significant effect on static balance with open and closed eyes ($P < 0.01$), and the level of the center of the big toe pressure, first metatarsal bone, second metatarsal, third metatarsal, and midfoot region and inner side of the heel ($P < 0.01$) in the exercise group.

Conclusion: The current study showed that corrective exercises are effective in improving balance and posture of the sole of the feet, so it is recommended that therapists use different exercises related to the trunk and lower limbs in the form of a corrective program to improve children's abnormalities.

Keywords: Corrective Exercises; Balance; Flat foot; Foot pressure; Female Adolescent

How to cite this article: Fateme Nikkhouamiri, Mahdie Akochakian, Elham Shirzad Araghi, Seid Esmail Hosein Nejad. Effect of Six Weeks of Comprehensive Corrective Exercises on Balance and Foot Pressure Pattern in Female Adolescents with Flexible Flat Foot. *J Rehab Med.* 2020; 9(3):72-82.

*Corresponding Author: Mahdie Akochakian. Assistant Professor, Department of Sports Injuries, and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, Pardis Kish Campus, University of Tehran, Kish, Iran

Email: makoochakian@ut.ac.ir

بررسی تاثیر ۶ هفته تمرینات اصلاحی جامع بر تعادل و الگوی تغییرات فشار کف پا دختران نوجوان با کف پای صاف منعطف

فاطمه نیکخو امیری^۱، مهدیه آکوچکیان*^۲، الهام شیرزاد عراقی^۳، سید اسماعیل حسین نژاد^۴

۱. دانشجوی دکتری آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشگاه بین‌المللی کیش دانشگاه تهران، کیش، ایران
۲. استادیار، گروه علوم ورزشی، پردیس بین‌المللی کیش، دانشگاه تهران، کیش، ایران
۳. استادیار، دکتری مهندسی پزشکی/بیومکانیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۴. استادیار، دکتری بیومکانیک ورزشی، دانشگاه مازندران، مازندران، ایران

پذیرش مقاله ۱۳۹۸/۰۹/۰۹

بازنگری مقاله ۱۳۹۸/۰۹/۰۴

دریافت مقاله ۱۳۹۸/۰۷/۲۸

چکیده

مقدمه و اهداف: پژوهش حاضر به بررسی تاثیر ۶ هفته تمرینات اصلاحی جامع بر تعادل و الگوی تغییرات فشار کف پا دختران نوجوان با کف پای صاف منعطف می‌پردازد.

مواد و روش‌ها: آزمودنی‌های تحقیق حاضر شامل ۳۰ نفر از دانش‌آموزان ۹-۱۳ سال دارای ناهنجاری کف پای صاف بودند که به صورت غیرتصادفی هدفمند انتخاب شده و به صورت کاملاً تصادفی به دو گروه تمرین اصلاحی (سن: $11/60 \pm 1/02$ سال، قد: $148/00 \pm 10/29$ سانتی‌متر، وزن: $47/40 \pm 11/69$ کیلوگرم و شاخص توده بدنی: $21/42 \pm 11/92$) و کنترل (سن: $11/40 \pm 0/95$ سال، قد: $148/46 \pm 12/67$ سانتی‌متر، وزن: $47/46 \pm 12/28$ کیلوگرم و شاخص توده بدنی: $21/37 \pm 4/28$) تقسیم شدند. برای جمع‌آوری اطلاعات دموگرافیک از پرسشنامه و برای ارزیابی ناهنجاری کف پای صاف از روش افت ناوی استفاده شد. همچنین پارامترهای مرتبط با کف پا شامل سطح مرکز فشار و تعادل ایستا با استفاده از دستگاه فوت‌اسکن ارزیابی شد. از آمار توصیفی جهت تعیین فراوانی‌ها و شاخص‌های مرکزی و پراکندگی در قالب جدول‌ها و نمودارها و از آزمون تحلیل کوواریانس تک‌متغیره و چندمتغیره جهت بررسی تفاوت‌های بین گروهی در متغیرهای پژوهش استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اعمال برنامه اصلاحی اثر معناداری بر تعادل ایستا با چشمان باز و بسته ($p < 0/01$) و سطح مرکز فشار شست پا، استخوان متاتارسال اول، متاتارسال دوم، متاتارسال سوم و ناحیه میانی پا و بخش داخلی پاشنه ($p < 0/01$) در گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل داشت.

نتیجه‌گیری: تحقیق حاضر نشان داد تمرینات اصلاحی جامع در بهبود تعادل و وضعیت کف پا موثر بوده و بر همین اساس پیشنهاد می‌شود درمانگران در بهبود ناهنجاری‌های کودکان، از تمرینات اصلاحی مرتبط با تنه و اندام تحتانی در قالب برنامه اصلاحی جامع استفاده کنند.

واژه‌های کلیدی: تمرینات اصلاحی جامع؛ تعادل؛ کف پای صاف؛ مرکز فشار؛ دختران نوجوان

مقدمه و اهداف

راه رفتن سیکل بسیار بیچیده‌ای است که اصلی‌ترین حرکت بنیادین به شمار می‌رود و از جمله اختلالات اسکلتی‌ای که ارتباط مستقیم با این حرکت بنیادین دارد، می‌توان به کف پای صاف^۱ اشاره کرد که در آن قوس‌های استاندارد در کف پا وجود ندارد و بدن هنگام راه رفتن، در توزیع متناسب وزن دچار مشکل شده و همه نیروهای وارده از زمین را به بدن اعمال می‌کند و در درازمدت می‌تواند منجر به عوارض زنجیره‌ای اختلالات وضعیتی قامت شود. پای صاف از جمله تغییراتی به شمار می‌رود که احتمالاً منجر به اختلال در کنترل پاسچر^{۱۱}، اختلال در فشارهای کف پا^{۱۲}، بروز آسیب‌های مختلف اندام تحتانی^{۱۱، ۱۲} و تغییر در تحرک‌پذیری مفاصل مچ پا و پا^{۱۳} در زمان تماس پا با زمین می‌شود. به این ترتیب، با توجه به اینکه پا پایین‌ترین قسمت این زنجیره را تشکیل داده و محدوده کوچکی از سطح اتکا را برای حفظ تعادل فراهم می‌کند، تغییرات بیومکانیکی در محدوده سطح اتکا می‌تواند کنترل تعادل و به دنبال آن عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد. شواهد حاکی از آن است که در زمان وقوع ناهنجاری اسکلتی-عضلانی، عضلات و لیگامنت‌های سمت تقعر فعالیت کمتر، عضلات و لیگامنت‌های سمت تحدب فعالیت بیشتری دارند^{۱۳}؛ در نتیجه احتمالاً فعالیت عضلات نسبت به افراد نرمال تغییر کند. همچنین انحراف بخش‌های اسکلتی منجر به افزایش مصرف انرژی و فشارهای مکانیکی می‌گردد.^{۱۵، ۴}

تحقیقات مختلفی نیز در رابطه با تاثیر انواع پاسچر پا بر کنترل پاسچر و تغییر در نقاط فشار کف پا انجام شده است که استنتاج‌های متفاوتی را نشان داده است. در یکی از این تحقیقات سندری^۲ و همکاران (۲۰۰۸) تفاوت معناداری بین تعادل افراد با پای صاف و نرمال مشاهده نکردند.^{۱۵} در پژوهش دیگری دوبهولکار^۳ و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که افراد مبتلا به کف پای صاف نسبت به افراد دارای کف پای طبیعی در تعادل پویا، عملکرد ضعیف‌تری دارند.^{۱۶} از طرف دیگر، خداویسی و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق خود بر روی نوجوانان دختر، در سنجش تعادل پویا با استفاده دستگاه تعادل‌سنج بایودکس، گزارش کردند که در سطح پایدار افراد با کف پای گود عملکرد تعادل پویای ضعیف‌تری نسبت به گروه دارای کف پای طبیعی و صاف داشتند، اما در سطح ناپایدار گروه برخوردار از پای طبیعی عملکرد تعادلی بهتری نسبت به آزمودنی‌های دارای کف پای صاف داشتند.^{۱۷} در تحقیق دیگری داداش‌پور و همکاران (۲۰۱۴) به تاثیر تمرینات زنجیرای بسته حرکات تنه در اصلاح حرکات پرونیشن بیش‌ازحد پا اشاره کردند.^{۱۸} همچنین فکور و دانشمندی (۲۰۱۳) به تاثیر یک برنامه

اصلاحی ۶ هفته‌ای بر بهبود کف پای صاف و تعادل ایستای پسران اشاره کردند.^{۱۹} در پژوهش دیگری بازوند و همکاران (۲۰۱۴) به مقایسه تعادل پویای افراد با ناهنجاری‌های کف پای صاف و گود در راه رفتن پرداختند و گزارش کردند که بین افراد گروه کف پای صاف با نرمال و کف پای گود با نرمال در جهت قدامی-خلفی و داخلی-خارجی تفاوت معناداری وجود دارد.^{۱۱۰} همچنین بیرینسی^۴ و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی که به بررسی ارتباط بین موبیلیتی (جابه‌جایی) قوس طولی داخلی و کنترل پاسچر پرداختند، نشان دادند هنگامی که موبیلیتی قوس کف پا کاهش می‌یابد، انحراف از مرکز تعادل و در نتیجه درجه نوسان افزایش می‌یابد.^{۱۱۱}

همان‌طور که در تحقیقات مختلف نشان داده شده است برنامه‌های تمرینی متفاوتی بر روی افراد با کف پای صاف انجام شده است که هر کدام دارای تاثیرات مربوط به خود بودند، با این حال به نظر می‌رسد برنامه تمرینی‌ای که جامع بوده باشد و عضلات ناحیه تنه، ران، و مچ پا را تقویت کرده و همچنین تمرینات مختلفی در سطوح پایدار و ناپایدار انجام شود بتواند تاثیرات مثبت بیشتری بر این افراد داشته باشد.

با توجه به شیوع بالای ناهنجاری کف پای صاف در میان جوانان و نوجوانان^{۱۱۲} و اثرات منفی این عارضه بر تعادل و ایجاد درد در پی انجام فعالیت‌های روزمره و ایستادن‌های طولانی و نیز تغییر در الگوی فشار کف پا^{۱۱۳} و همچنین از آنجایی که بر اساس مطالعات صورت گرفته در داخل کشور تحقیقی در خصوص تمرینات اصلاحی جامع بر این فاکتورها در دختران نوجوان با کف پای صاف صورت نگرفته و همچنین نتایج تحقیقات در زمینه تاثیر تمرین بر اصلاح کف پا متفاوت است^{۱۱۴} که این نشان-دهنده اهمیت بررسی‌های بیشتر و اعمال تمرینات متفاوت بر این گروه می‌باشد؛ لذا با توجه به جمعیت بالای دختران دارای عارضه کف پای صاف و مشکلات عدیده‌ای که این گروه با آن مواجه‌اند و با توجه به تاثیرگذاری مجموعه عوامل مربوط به زنجیره‌های پروگزیمال و دیستال بر این ناهنجاری، این تحقیق در نظر دارد تا به تحقیق در مورد این مساله بپردازد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود که در بهار ۱۳۹۷ و با کسب مجوز از آموزش و پرورش شهرستان بابل و انتخاب نمونه‌ها از مدارس سطح شهرستان در کانون حرکات اصلاحی آموزش و پرورش این شهرستان انجام شد. تعداد ۳۰ دانش‌آموز دختر ۱۰ تا ۱۳ سال با عارضه کف پای صاف از جامعه آماری ۵۰ نفری ۴ مدرسه دولتی

⁴ Birinci

¹ Flat Foot

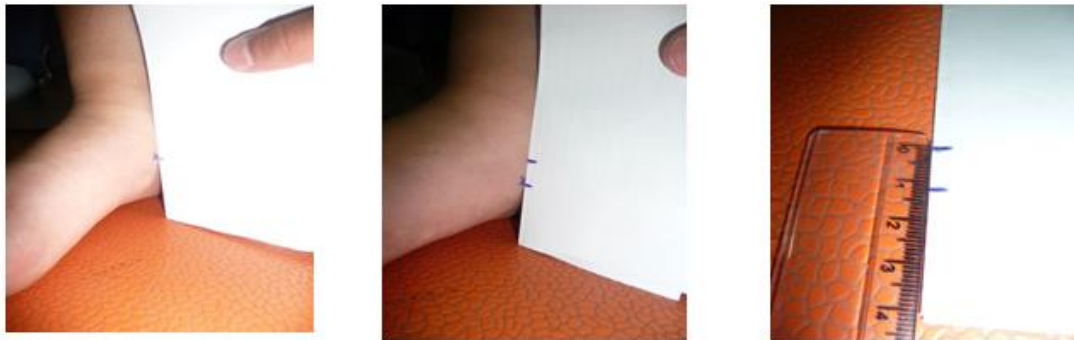
² Sandrey

³ Dabholkar

روش اندازه‌گیری افت استخوان ناوی

افتادگی استخوان ناوی توسط روش بردی اندازه‌گیری شد.^[۴] در این روش ابتدا آزمودنی بر روی یک صندلی قرار گرفت، به‌صورتی که پا در حالت بی‌وزنی قرار داشت. پای فرد را در حالت طبیعی زیرقاپی^۱ قرار داده و سپس با لمس ناحیه داخل مچ پا و هم‌زمان با حرکت اینورشن^۲ و اورشن^۳ محل برجستگی سر استخوان ناوی مشخص و علامت‌گذاری شد. فاصله برجستگی سر استخوان ناوی تا سطح زمین اندازه‌گیری شده و روی کاغذ ثبت شد، از آزمودنی خواسته شد که بایستد و در حالت تحمل وزن مجدداً فاصله برجستگی استخوان ناوی را تا سطح زمین اندازه‌گیری شد. در نهایت با اندازه‌گیری اختلاف بین ۲ بار اندازه‌گیری، میزان افتادگی استخوان ناوی مشخص گردید^[۱۵] (تصویر شماره ۱). آزمودنی‌هایی که میزان افت ناوی بیشتر از ۱۰ میلی‌متر داشتند، به‌عنوان کف پای صاف وارد تحقیق شدند.^[۱۵] دامنه ICC از ۰/۷۳ تا ۰/۹۶ برای پایایی درون آزمونگر و بین آزمونگرها توسط سل و همکاران هنگام استفاده از این تست، گزارش شده است.^[۱۶]

شهر بابل به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند و به‌طور تصادفی در دو گروه کنترل (۱۵ نفر) و تجربی (۱۵ نفر) تقسیم شدند. پس از توجیه اولیه آزمودنی‌ها، از والدین دانش‌آموزان رضایت‌نامه کتبی شرکت در مطالعه اخذ گردید. کف پای صاف به روش افت ناوی ارزیابی شد، به‌طوری که آزمودنی‌های با میزان افت ناوی بیشتر از ۱۰ میلی‌متر به‌عنوان نمونه وارد تحقیق حاضر شدند؛ همچنین آزمودنی‌ها دچار اختلالات ساختاری دیگر همچون تغییرات مرتبط با زانو و یا اختلالات اندام فوقانی که ممکن بود بر تعادل آنها اثر منفی بگذارد، نبودند. همچنین قد و وزن آزمودنی‌ها نیز ارزیابی گردید تا گروه‌های تحقیق از نظر قد و وزن همگن باشند و پس از ارزیابی تعادل و تغییر فشار کف پا که در آزمایشگاه بیومکانیک دانشگاه مازندران انجام شد، آزمودنی‌های گروه تجربی به مدت ۶ هفته برنامه تمرین اصلاحی جامع را در مرکز کانون حرکات اصلاحی آموزش- و پرورش این شهرستان دریافت نمودند و پس از انتهای تمرین مجدداً آزمودنی‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. در صورتی که آزمودنی ۲ جلسه از مجموع جلسات تمرینی را غیبت می‌کرد و یا تمایل به ادامه شرکت در تحقیق حاضر را نداشت، از پروسه تحقیق خارج می‌شد.



تصویر ۱. روش ارزیابی افت ناوی

که ۳ تراپل صحیح از پای راست و همین‌طور پای چپ در دستگاه فوت‌اسکن ذخیره شود، ادامه داشت. بعد از ثبت درست فعالیت کار خاتمه یافت.^[۱۷]

ارزیابی تغییر فشار کف پا

اطلاعات آزمون شامل حداکثر فشار وارده بر مناطق ده‌گانه پا و تغییرات COPX توسط دستگاه فوت‌اسکن (RSscan System) جمع‌آوری شد. این دستگاه یک تصویر پویا از فشارهای وارده بر کف پا هنگام تماس با آن ارائه می‌دهد. بزرگی توزیع فشار با رنگ‌بندی‌های به‌کاررفته مشخص می‌شود. رنگ آبی نماینده کمترین فشار، قرمز نشان‌دهنده بالاترین فشار و رنگ سیاه عدم وجود فشار را نشان می‌دهد. همچنین این دستگاه قابلیت نمایش این تصویر را به‌صورت دوبعدی و سه‌بعدی نیز دارد. این تصویر با توجه به ساختار

ارزیابی تعادل ایستا

برای ارزیابی تعادل ایستا از دستگاه فوت‌اسکن استفاده شد. برای این منظور از آزمودنی خواسته شد با پای برهنه به‌طوری که وزن به‌صورت مساوی بین دو پا تقسیم شده روی دستگاه فوت‌اسکن بایستد و به مدت ۲۰ ثانیه در همان حالت باقی بماند. بعد از انجام تست از وی خواسته شد ۲۰ ثانیه استراحت کند و سپس همان شرایط را با چشمان بسته انجام دهد.^[۱۷]

ارزیابی تعادل پویا

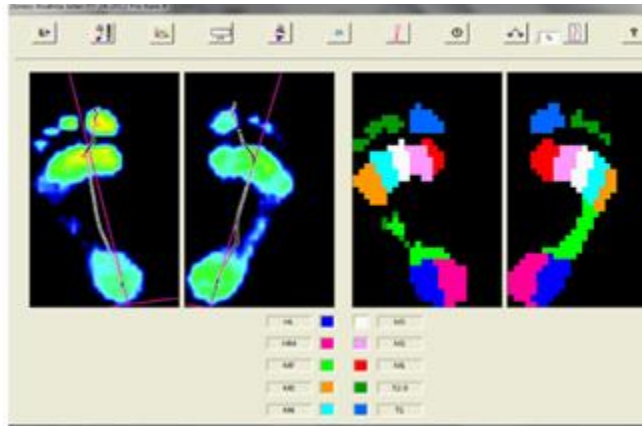
برای ارزیابی تعادل پویا از آزمودنی خواسته شد بعد از گرم کردن روی یک مسیر ۲۰ متری شروع به راه رفتن کند. به وی تذکر داده شد از تنظیم کردن گام‌ها بپرهیزد و به‌صورت کاملاً طبیعی به راه رفتن ادامه دهد. این کار تا هنگامی که

³ Evertion

¹ Subtalar

² Invertion

پا و معیار هندسی از پیش تعریف شده به ده منطقه آناتومیکی حساس به فشار تقسیم بندی می شود و با رنگ های مختلف نشان داده می شود^[۱۳] (تصویر شماره ۲).



تصویر ۲. سمت راست: فشارهای وارده بر کف پا؛ سمت چپ: تقسیم بندی آناتومیکی کف پا

برنامه تمرینی

برنامه تمرینی تحقیق حاضر به مدت ۶ هفته و ۳ جلسه در هفته انجام شد. برنامه تمرینی از تمرینات ابداکشن ران با تراپاند، چرخش خارجی ران با تراپاند، رولینگ کف پا، چرخاندن هر دو مچ به سمت یکدیگر، جمع کردن پارچه با کف پا، بلند کردن پاشنه با کمک صندلی^۱، راه رفتن روی پاشنه با زانوی صاف^۲، راه رفتن آرام (با کنترل پرونیشن پا)، اسکات جفت پا (با کنترل پرونیشن پا)، ایستادن روی یک پا، راه رفتن سریع (با کنترل پرونیشن پا)، اسکات تک پا (با کنترل پرونیشن پا)، چرخاندن هر دو مچ به سمت یکدیگر (با قرار دادن توپ بین دو مچ پا)، برداشتن حلقه های کوچک و قرار

دادن آنها دور یک میله با نوک انگشتان پا، بلند کردن پاشنه با وزنه در دو دست، ایستادن روی یک پا (با وزنه در دو دست) و راه رفتن روی شن (با کنترل پرونیشن پا) تشکیل شد. این ۱۵ تمرین در قالب یک برنامه ۶ هفته ای انجام شد، به گونه ای که ۸ تمرین در هر هفته تمرینی در برنامه قرار گرفته و توسط آزمودنی ها انجام شد. تمامی تمرینات از منابع معتبر انتخاب شدند و با کمک مربیان حرکات اصلاحی و اساتید این رشته مورد تایید قرار گرفتند. گروه کنترل نیز در این دوره به فعالیت های روزانه خود پرداختند و در برنامه تمرینی شرکت نداشتند.^[۱۸-۲۰]

جدول ۱. برنامه تمرینی جامع

تمرین	ست	زمان/تکرار در هر ست	استراحت بین ست (ثانیه)	استراحت پایان ست (ثانیه)	ست	زمان/تکرار در هر ست	استراحت بین ست (ثانیه)	استراحت پایان ست (ثانیه)
	هفته اول				هفته دوم			
پلانک از شکم	۳	۳۰ (S)	۲۰	۶۰	۳	۳۰ (S)	۲۰	۶۰
ابداکشن ران با تراپاند	۳	۱۰ (R)	۱۰	۶۰	۳	۱۰ (S)	۱۰	۶۰
رولینگ کف پا	۳	۱۰ (S)	۱۰	۶۰	۳	۱۰ (S)	۱۰	۶۰
چرخاندن هر دو مچ به سمت یکدیگر	۳	۱۰ (S)	۱۰	۶۰	۳	۱۰ (S)	۱۰	۶۰
جمع کردن پارچه با کف پا	۴	۲۰ (S)	۱۰	۶۰	۴	۲۰ (S)	۱۰	۶۰
Heal Raises (بلند کردن پاشنه با کمک صندلی)	۳	۱۰ (R)	۱۰	۶۰	۳	۱۰ (S)	۱۰	۶۰
ایستادن روی یک پا (با کمک صندلی)	۳	۱۰ (S)	۱۰	۶۰	۳	۱۰ (S)	۱۰	۶۰
Hell Waking (راه رفتن روی پاشنه با زانوی صاف)	۳	۱۰ (S)	۱۰	۶۰	۳	۱۰ (S)	۱۰	۶۰
راه رفتن آرام (با کنترل پرونیشن پا)	۳	۱۰ (S)	۱۰	۶۰	۱۰	۱۰ (S)	۱۰	۶۰
اسکات جفت پا (با کنترل پرونیشن پا)	۳	۱۰ (R)	۱۰	۶۰	۳	۱۰ (S)	۱۰	۶۰

² Hell Waking

¹ Heal Raises

هفته سوم				هفته چهارم			
۳	(S) ۳۰	۲۰	۶۰	۳	(S) ۳۰	۲۰	۶۰
۳	(S) ۴۵	۳۰	۶۰	۳	(S) ۴۵	۳۰	۶۰
۳	(R) ۱۲	۱۵	۶۰	۳	(S) ۱۲	۱۵	۶۰
۴	(S) ۱۵	۱۵	۶۰	۴	(S) ۱۵	۱۵	۶۰
۴	(S) ۱۵	۱۰	۶۰	۴	(S) ۱۵	۱۰	۶۰
۵	(S) ۲۰	۱۰	۶۰	۵	(S) ۲۰	۱۰	۶۰
۳	(R) ۱۰	۱۰	۶۰	۳	(S) ۱۰	۱۰	۶۰
۳	(S) ۱۵	۱۰	۶۰	۳	(S) ۱۵	۱۰	۶۰
۴	(S) ۱۵	۱۵	۶۰	۴	(S) ۱۵	۱۵	۶۰
۳	(S) ۱۵	۱۰	۶۰	۳	(S) ۱۵	۱۰	۶۰
۳	(R) ۱۰	۱۰	۶۰	۳	(S) ۱۰	۱۰	۶۰
هفته پنجم				هفته ششم			
۳	(S) ۳۰	۲۰	۶۰	۳	(S) ۳۰	۲۰	۶۰
۳	(R) ۱۲	۱۵	۶۰	۳	(S) ۱۲	۱۵	۶۰
۳	(R) ۱۵	۲۰	۶۰	۳	(S) ۱۵	۲۰	۶۰
۵	(S) ۱۵	۱۵	۶۰	۵	(S) ۱۵	۱۰	۶۰
۴	(S) ۱۵	۱۵	۶۰	۴	(S) ۱۵	۱۵	۶۰
۳	(R) ۱۰	۱۰	۶۰	۴	(S) ۱۰	۱۰	۶۰
۳	(S) ۱۵	۱۰	۶۰	۳	(S) ۱۵	۱۰	۶۰
۵	(S) ۱۵	۱۵	۶۰	۵	(S) ۱۵	۱۵	۶۰
۴	(R) ۱۵	۱۰	۶۰	۴	(S) ۱۵	۱۰	۶۰
۳	(S) ۱۵	۱۰	۶۰	۳	(S) ۱۵	۱۰	۶۰

در تمام روش‌های آماری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است.

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد مشخصات فردی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی در جدول شماره ۲ آورده شده است.

برای محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات خام از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ استفاده شد. از آمار توصیفی جهت تعیین فراوانی‌ها و شاخص‌های مرکزی و پراکندگی در قالب جدول‌ها و نمودارها و از آزمون تحلیل کوواریانس تک-متغیره و چندمتغیره جهت بررسی تفاوت‌های بین گروهی در متغیرهای پژوهش استفاده شد. به علاوه، اندازه اثر به-وسیله آزمون Et a به دست آمد. همچنین سطح معناداری

جدول ۲. نتایج آمار توصیفی آزمودنی‌ها به تفکیک گروه

متغیر	گروه	انحراف استاندارد ± میانگین
سن (سال)	کنترل	۱۱/۴۰ ± ۰/۹۵
	تجربی	۱۱/۶۰ ± ۱/۰۲
قد (سانتی‌متر)	کنترل	۱۴۸/۴۶ ± ۱۲/۶۷
	تجربی	۱۴۸/۰۰ ± ۱۰/۲۹
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۴۷/۴۶ ± ۱۲/۲۸
	تجربی	۴۷/۴۰ ± ۱۱/۶۹
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	کنترل	۲۱/۳۷ ± ۴/۲۸

۲۱/۴۲±۱۱/۹۲	تجربی	افت ناوی (میلی متر)
۱۳/۷۳±۱/۱۶	کنترل	
۱۳/۶۰±۱/۱۲	تجربی	

تفاوت معناداری بین گروه‌های تحقیق در متغیرهای (سن: $t=0/970$, $p>0/341$; قد: $t=0/747$, $p>0/765$; وزن: $p=0/451$, $t=0/251$; BMI: $p>0/326$) نداشتند؛ بنابراین گروه‌های پژوهش به لحاظ متغیرهای فوق همگن بودند.

جدول ۳. نتایج آمار توصیفی آزمودنی‌ها به تفکیک گروه

متغیر	گروه	پیش آزمون انحراف استاندارد± میانگین	پس آزمون انحراف استاندارد± میانگین
EO.COPx	کنترل	۴/۰۴±۰/۸۱	۴/۱۰±۰/۸۶
	تجربی	۳/۸۵±۰/۷۹	۳/۱۴±۰/۸۶
EO.COPy	کنترل	۲/۶۳±۰/۳۶	۲/۶۸±۰/۳۲
	تجربی	۲/۴۵±۰/۴۷	۲/۱۶±۰/۴۳
EO.Area	کنترل	۱۰/۳۰±۳/۲۹	۱۰/۴۸±۳/۰۸
	تجربی	۹/۲۳±۳/۰۸	۶/۷۰±۲/۹۷
EO.TMV	کنترل	۰/۰۵±۰/۰۰۹	۰/۰۵±۰/۰۱
	تجربی	۰/۰۶±۰/۰۱	۰/۰۴±۰/۰۱
EO.COPx	کنترل	۲/۷۸±۰/۴۱	۲/۷۰±۰/۴۶
	تجربی	۲/۷۲±۰/۴۸	۲/۱۷±۰/۳۷
EO.COPy	کنترل	۱/۷۵±۰/۳۵	۱/۷۷±۰/۳۶
	تجربی	۱/۷۵±۰/۳۰	۱/۴۴±۰/۲۶
EO.Area	کنترل	۴/۶۱±۱/۰۳	۴/۵۴±۱/۰۷
	تجربی	۴/۵۵±۱/۱۸	۳/۰۰۷±۰/۸۴
EO.TMV	کنترل	۰/۰۳±۰/۰۰۶	۰/۰۳±۰/۰۰۹
	تجربی	۰/۰۴±۰/۰۰۹	۰/۰۳±۰/۰۰۸
Toe1	کنترل	۵/۹۲۸±۱/۴۷۴	۵/۹۴۸±۱/۴۹۷
	تجربی	۵/۸۶۶±۱/۴۴۸	۴/۹۴۸±۱/۴۸۹
Toe25	کنترل	۳/۲۶۴±۰/۹۲۸	۳/۴۳۴±۰/۹۷۵
	تجربی	۳/۳۹۰±۰/۹۳۵	۳/۲۷۴±۰/۹۹۱
Meta1	کنترل	۵/۱۹۷±۱/۲۲۴	۵/۲۸۵±۱/۲۴۸
	تجربی	۵/۱۴۰±۱/۳۵۵	۴/۳۵۶±۱/۱۸۱
Meta2	کنترل	۹/۶۹۳±۲/۴۴۵	۹/۸۰۹±۲/۴۸۰
	تجربی	۹/۶۰۴±۲/۶۰۴	۸/۰۹۴±۲/۲۱۷
Meta3	کنترل	۱۲/۴۰۹±۲/۴۵۰	۱۲/۷۷۳±۲/۶۶۸
	تجربی	۱۲/۴۷۵±۲/۴۳۷	۱۱/۶۱۶±۲/۵۵۱
Meta4	کنترل	۱۰/۲۳۴±۲/۲۹۸	۱۰/۰۴۰±۲/۱۵۶
	تجربی	۱۰/۲۷۳±۲/۶۵۰	۱۰/۵۲۷±۲/۵۹۶
Meta5	کنترل	۴/۳۱۴±۱/۰۹۸	۴/۱۳۷±۱/۱۶۱
	تجربی	۴/۲۸۴±۱/۰۸۵	۴/۴۷۴±۱/۱۰۹
Mid	کنترل	۳/۸۵۰±۱/۰۳۴	۳/۹۸۲±۱/۰۹۷
	تجربی	۳/۹۰۴±۱/۰۱۵	۲/۹۶۱±۰/۸۹۴
MH	کنترل	۷/۴۲۷±۱/۷۳۷	۷/۶۱۸±۱/۹۰۰
	تجربی	۷/۵۲۴±۱/۷۴۳	۶/۷۶۲±۱/۵۱۳
LH	کنترل	۶/۲۰۶±۱/۶۶۴	۶/۱۵۲±۱/۵۷۴
	تجربی	۶/۱۵۲±۱/۵۷۴	۶/۳۹۵±۱/۲۲۵

پیش‌آزمون به‌عنوان کووریت (همپراش) در نظر گرفته شد. همچنین برای متغیرهای تعادل ایستا با چشمان بسته و باز و فشار کف پایی در نقاط ده‌گانه ماتریس‌های

در ادامه تحقیق به بررسی تفاوت‌های بین گروهی پرداخته شد. جدول ۴ نتایج این بخش از پژوهش را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که در آزمون تحلیل کوواریانس

کواریانس متغیرهای وابسته به وسیله آزمون M باکس بررسی شد و نتایج این آزمون نشان داد که مفروضه همگنی ماتریس‌های کواریانس برقرار است.

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل کواریانس در متغیرهای وابسته تحقیق

متغیر	منبع	F _۰	df	Sig	Eta
تعادل ایستا با چشمان باز	EO.COPx	۱۱/۹۹۵	۱	۰/۰۰۲	۰/۳۳۳
	EO.COPy	۱۵/۳۸۷	۱	۰/۰۰۱	۰/۳۹۱
	EO.Area	۱۵/۹۴۱	۱	۰/۰۰۱	۰/۳۹۹
تعادل ایستا با چشمان بسته	EO.TMV	۵/۰۴۹	۱	۰/۰۳	۰/۱۷۴
	EC.COPx	۱۶/۵۹۷	۱	۰/۰۰۱	۰/۴۰۹
	EC.COPy	۵/۵۰۹	۱	۰/۰۲	۰/۱۸۷
فشار کف پای در نواحی ده‌گانه پای برتر حین راه رفتن	EC.Area	۱۸/۵۶۲	۱	۰/۰۰۱	۰/۴۳۶
	EC.TMV	۶/۱۴۸	۱	۰/۰۲	۰/۲۰۴
	Toe1	۷/۳۹۸	۱	۰/۰۱	۰/۲۹۱
فشار کف پای در نواحی ده‌گانه پای برتر حین راه رفتن	Toe25	۰/۵۲۵	۱	۰/۴۷	۰/۰۲۸
	Meta1	۱۹/۸۳۹	۱	۰/۰۰۱	۰/۵۲۴
	Meta2	۱۸/۵۷۲	۱	۰/۰۰۱	۰/۵۰۸
	Meta3	۱۴/۵۴۶	۱	۰/۰۰۱	۰/۴۴۷
	Meta4	۰/۷۵۲	۱	۰/۳۹	۰/۰۴۰
فشار کف پای در نواحی ده‌گانه پای برتر حین راه رفتن	Meta5	۰/۸۵۱	۱	۰/۳۶	۰/۰۴۵
	Mid	۱۹/۶۱۳	۱	۰/۰۰۱	۰/۰/۵۲۱
	MH	۷/۱۴۰	۱	۰/۰۱	۰/۲۸۴
	LH	۰/۶۱۲	۱	۰/۴۴	۰/۰۳۳

انگشت شست پا، استخوان متاتارسال اول، متاتارسال دوم، متاتارسال سوم و ناحیه میانی پا و بخش داخلی پاشنه در دختران با کف پای صاف منعطف بود. نتایج تحقیق در زمینه بهبود تعادل با نتایج تحقیق قادریان و همکاران (۲۰۱۶) که به تاثیر معنادار اعمال برنامه طناب-زنی بر بهبود تعادل افراد با کف پای صاف اشاره کردند^[۲۱]، فکور و دانشمندی (۲۰۱۳) که به تاثیر یک برنامه اصلاحی ۶ هفته‌ای بر بهبود کف پای صاف و تعادل ایستای پسران اشاره کردند^[۹]، حبیبیان و همکاران (۲۰۱۷) که به بهبود تعادل تعادل پویای بلافاصله بعد از استفاده از کفی طبی در افراد با کف پای صاف اشاره کردند^[۲۲]، لی و همکاران (۲۰۱۶) که به تاثیر تمرینات تقویتی عضلات درون مفصلی و عضله تیبالیس خلفی (عضلات بین مفصلی) بر بهبود توزیع فشار کف پای و توانایی تعادل پویای بزرگسالان مبتلا به کف پای صاف منعطف اشاره کردند^[۲۳]، هم‌راستا است. همچنین نتایج به‌دست آمده در زمینه تعادل با نتایج تحقیق کیم و جین کیم (۲۰۱۶) که بهبود تعادل به دنبال اعمال تمرین را نشان دادند^[۲۴] و نیز نتایج تحقیق مالیگان و همکاران (۲۰۱۳) که به بررسی تاثیر تمرینات عضلات درون مفصلی کف پا بر قوس

نتایج آزمون تحلیل کواریانس چندمتغیره نشان داد که حداقل در یکی از متغیرهای تعادل ایستا با چشمان باز و بسته تفاوت معناداری بین گروه کنترل و تجربی وجود دارد (Pillai Trace=۰/۵۵۶، F=۶/۵۸۳، Sig=۰/۰۰۱، Eta=۵۵۶۰). در نهایت به‌طور خاص مشخص گردید که در متغیرهای جابه‌جایی مرکز فشار در جهت قدامی-خلفی (COPx)، داخلی-خارجی (COPy)، مقدار ناحیه کل حرکت مرکز فشار (COP Area) و مقدار سرعت متوسط کل حرکت مرکز فشار (TMV) حین آزمون تعادل در حالت چشم باز و چشم بسته تفاوت معناداری بین دو گروه وجود داشت. علاوه بر این، در متغیرهای انگشت شست پا، استخوان متاتارسال اول، متاتارسال دوم، متاتارسال سوم و ناحیه میانی پا و بخش داخلی پاشنه تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده شد (P<۰/۰۵). در سایر نواحی تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده تاثیر معنادار برنامه تمرینی بر تعادل و تغییر فشار کف پای در متغیرهای

بیومکانیک تغییر یافته و تغییرات متعاقب حاصل از این تغییرات مربوط باشد.^[۳۴]

پس از اتمام پروتکل تمرینی، نشان داده شد که افزایش قدرت عضلات اداکتور و چرخاننده ران به عنوان بخشی از تمرینات تاثیر مثبتی در کاهش و اصلاح ناهنجاری پرونیشن پا دارد که این امر می تواند در کاهش خطر ایجاد آسیب نیز موثر باشد. این تحقیق نشان داد رابطه نزدیکی بین پرونیشن پا و ضعف اداکتورها و چرخاننده های خارجی ران وجود دارد که می تواند باعث به وجود آمدن صافی کف پا شود و این تاییدی بر تئوری سندروم انحراف پرونیشن جاندا است و بنابراین در اصلاح صافی کف پا باید بر قسمت های پروگزیمال اندام تحتانی نیز توجه کرد. در طراحی برنامه تمرین اصلاحی موثر باید از تمریناتی استفاده شود که عضلات پروگزیمال پا مانند اداکتور و چرخاننده های خارجی ران تقویت شده و عضلات اداکتور تحت کشش واقع شوند. این عضلات در کنترل حرکت در تمامی اندام تحتانی در صفحه عرضی و فرونتال تاثیرگذار هستند.^[۳۵] احتمالاً با افزایش قدرت اداکتورها و چرخاننده های خارجی و افزایش طول اداکتورها، حرکت چرخش داخلی و نزدیک شدن ران و اندام تحتانی به خط میانی بدن کاهش یافته و کنترل می شود و این کاهش به ناحیه دیستال اندام تحتانی (مچ پا) انتقال داده می شود و بر آن ناحیه اثر گذاشته و موجب اصلاح و کاهش اورژن پا می شود و نهایتاً بهبود شاخص های کنترل پاسچر را به دنبال خواهد داشت.

در نتیجه عضلات مذکور نقش مهمی در هم راستایی اندام تحتانی دارند، زیرا وقتی ناحیه دیستال اندام تحتانی بر جایی ثابت شده باشد، حرکت در یک بخش بر دیگر بخش های زنجیره حرکت اثر می گذارد.^[۳۵] که در مجموع به کاهش پرونیشن می انجامد که نتایج به دست آمده در زمینه فشار نقاط مختلف کف پا نشان دهنده این موضوع است. از این رو، در تحقیق حاضر نیز سعی شد از تمرینات مربوط به زنجیره های بالاتر مانند ناحیه مرکزی بدن نیز استفاده گردد. از طرف دیگر، در ناهنجاری ها پاسچرال، عملکرد حواس حس عمقی^۲ به شکل جزئی یا کلی از بین می رود. این مسئله تاثیر منفی بر راستای پاسچرال بدن داشته که ناهنجاری حاضر را تشدید می کند. بخشی از بهبودی مربوط به نتایج آزمون های عملکردی در این پژوهش ممکن است به دلیل اصلاح وضعیت کف پا و بهبود سفتی و ضعف عضلات مفاصل پروگزیمال پا اتفاق افتاده باشد. در این پژوهش مرحله پایانی تمرینات اصلاحی به تکنیک های انسجام اختصاص یافت. تمرینات انسجام جهت بازآموزی سیستم حرکتی برای بازگشت به یک الگوی حرکتی عملکردی و سینرژیک (حفظ راستای پا در صفحه فرونتال و عدم زاویه دار شدن پا) اعمال شد. استفاده از اعمال چندگانه مفصل، با کمک به بازیابی

طولی-داخلی، مورفولوژی و عملکرد پویا افراد پرداختند و تاثیر مثبت اعمال برنامه قدرتی بر بهبود عملکرد و بهبود قوس کف پا اشاره کردند، هم راستا است.^[۳۵] کف پای صاف با پرونیشن بیش از حد مفصل تحت قاپی همراه است. پرونیشن جبرانی غیرطبیعی ممکن است موجب عدم ثبات و بیش حرکتی مفاصل پا شود^[۳۶]؛ بنابراین کف پای صاف ممکن است حین تحمل وزن ناپایدار بوده و کنترل پاسچر را مختل کند.^[۳۷]

از نقطه نظر دیگر، اختلاف در تعادل پویا بین گروه های کف پای صاف و نرمال می تواند به دو دلیل تفاوت در ساختار و بیومکانیک پا و اختلاف در مشخصه های فیزیولوژیکی مانند اختلاف در گیرنده های حس عمقی، گیرنده های مفصلی یا اختلاف در استراتژی های عضلانی اتفاق بیفتد. اختلال در گیرنده های مکانیکی مفاصل، دوره تاخیری واکنش عضله را افزایش می دهد و مدت زمان اصلاح و بازسازی تعادل را طولانی تر می کند.^[۳۸] از آن جا که تعادل در زنجیره حرکتی بسته حفظ می شود و بر هماهنگی بازخورد و استراتژی های حرکتی بین ران، زانو و مچ پا متکی است، تعادل می تواند با نقص در قدرت و پایداری مکانیکی هر مفصل یا ساختار زنجیره حرکتی اندام تحتانی دچار اختلال گردد.^[۳۹] کف پای صاف و گود می تواند ورودی های محیطی را از طریق تغییر در تحریک پذیری مفصل یا سطح تماس یا تغییر در استراتژی های عضلانی جهت حفظ سطح اتکا پایدار تحت تاثیر قرار دهند. در همین راستا دوبهولکار^۱ و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که افراد مبتلا به کف پای صاف نسبت به افراد دارای کف پای طبیعی در تعادل پویا، عملکرد ضعیف تری دارند.^[۴۰] از سوی دیگر، تغییر در قدرت و فعالیت عضلات اطراف مفصل مچ پا، بر استراتژی های حفظ تعادل تاثیر می گذارد؛ در نتیجه تعادل، کنترل پاسچر و عملکرد تحت تاثیر ساختار پا و قدرت و عملکرد عضلات پا قرار می گیرد. حفظ مناسب قوس های کف پا نیازمند فراهم آمدن ثبات ایستا توسط کپسول و لیگامنت های مفاصل پا و نیز ثبات پویا از طریق عضلات اینترنسیک و اکسترنسیک است.^[۴۱] کف پای صاف منعطف اغلب در اثر ضعف در عضلات اینترنسیک و کسترنسیک ایجاد می شود. تقویت این عضلات این فرآیند را معکوس کرده و از والگوس و اورشن پاشنه جلوگیری می کند که با عدم پرونیشن و کاهش قوس طولی داخلی همراه است.^[۴۲] از طرف دیگر، پای صاف به عنوان یکی از شرایط بدراستایی در اندام، یکی از عوامل درونی در بروز آسیب های ناشی از دویدن است که در عملکرد اندام تحتانی حین حرکت اثرگذار است.^[۴۳] مکانیزم های بالقوه ای که این تغییرات عملکردی پا را با آسیب های ناشی از دویدن و یا پرکاری ارتباط می دهد ممکن است که به

¹ Dabholkar

² Proprioceptive

کرده، سیستم حسی-حرکتی خود را برای ارائه پاسخ‌های مناسب، به منظور کنترل پاسچر آماده می‌کند.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده مبنی بر تاثیر معنادار اعمال برنامه اصلاحی بر بهبود تعادل و الگوی فشار کف پایی در دختران نوجوان مبتلا به کف پای صاف به نظر می‌رسد استفاده از این تمرینات برای کارایی بهتر در زندگی روزمره که به کنترل پاسچر نیاز داشته موثر بوده، و بر این اساس استفاده از این تمرینات در جهت بهبود راستای کف پای این افراد، انتقال صحیح فشار و بهبود تعادل این افراد پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

از تمام دانش آموزان که در تحقیق حاضر شرکت کردند و معلمان که با محقق همکاری کردند، تشکر می‌کنیم.

کنترل عصبی-عضلانی می‌تواند باعث بهبود حرکت هماهنگ در میان عضلات درگیر شود.^[۳۶] به صورت کلی، احتمالاً یکی از دلایل افزایش تعادل به دنبال اعمال این برنامه افزایش قدرت عضلات اندام تحتانی آزمودنی‌ها پس از شرکت در دوره تمرینی و کاهش پرونیشن جبرانی مفصل ساب تالار و افزایش ثبات ساختارهای کف پایی است. تصور بر این است افزایش قدرت در چند هفته اول تمرینات، تطابق‌های دستگاه عصبی می‌باشد.^[۳۲] همچنین ممکن است برنامه تمرینی از طریق اعمال استرس بر دستگاه عصبی-عضلانی باعث افزایش تعادل شده باشد.^[۳۷] علاوه بر تمرینات قدرتی تمرینات مرتبط با حس عمقی نیز ممکن است با آماده‌سازی نرون‌های حرکتی و افزایش هماهنگی و یکپارچگی واحدهای حرکتی، هم-انقباضی عضلات همکار و در نهایت بهبود پاسخ‌های عصبی-عضلانی عملکرد حرکتی را بهبود بخشد. احتمالاً پس از یک دوره تمرینی فرد بر اساس یادگیری و هماهنگی‌های عصبی-عضلانی که در تمرینات کسب

منابع

1. Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2005;60(12):1546-52.
2. Razaighi M, Batt ME. Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait & posture*. 2002;15(3):282-91.
3. Hunt AE, Smith RM. Mechanics and control of the flat versus normal foot during the stance phase of walking. *Clinical biomechanics*. 2004;19(4):391-7.
4. Cote KP, Brunet ME, II BMG, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *Journal of athletic training*. 2005;40(1):41.
5. Sandrey MA, Saintvil AB. Effect of Foot Pronation on Dynamic Balance as Measured by the Star Excursion Balance Test: 2394Board# 174 May 30 2: 00 PM-3: 30 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2008;40(5):S449.
6. Dabholkar A, Shah A, Yardi S. Comparison of dynamic balance between flat feet and normal individuals using star excursion balance test. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*. 2012:33.
7. Granata KP, Orishimo KF. Response of trunk muscle coactivation to changes in spinal stability. *Journal of biomechanics*. 2001;34(9):1117-23.
8. Dadashpoor, A. D. R. M. M. K. A. "The Effect of Closed Chain Hip Exercise in Correcting Foot Hyperpronation." *Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences and Health Services*. 2014; 36(2): 48-55.
9. Fakoorashid, H., & Daneshmandi, H. The effects of a 6 weeks corrective exercise program on improving flat foot and static balance in boys. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2013; 1(2), 52-66.
10. Bazvand, M., Mosavi, S K., Mi'mar, R., Sadeghi, H. Dynamic Postural Comparison during Gait Analysis in Men with Pes Cavus and Pes Planus. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2014; 24 (116) :161-171.
11. Birinci, T. and Demirbas, S.B. Relationship between the mobility of medial longitudinal arch and postural control. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*. 2017; 51(3), pp.233-237.
12. Marras W S, Rangarajulu S L, Lavender IS A. "Truck loading and expectation". *Ergonomics*, 1987; 30, pp:551-562.
13. Esmaili H, Ghasemi M H, Anbarian M, Ghavimi A. Comparison of plantar pressure distribution in runners with different foot structures. *IJRN*. 2018; 5 (1) :8-18.
14. Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement*: John Wiley & Sons; 2009. pp: 123-124.
15. Karatsolis, K., Nikolopoulos, C.S., Papadopoulos, E.S., Vagenas, G., Terzis, E. and Athanasopoulos, S. Eversion and inversion muscle group peak torque in hyperpronated and normal individuals. *The Foot*. 2009; 19(1), 29-35.
16. Sell, K. E., Verity, T. M., Worrell, T. W., Pease, B. J., & Wigglesworth, J. Two measurement techniques for assessing subtalar joint position: a reliability study.

- Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1994; 19(3), 162-167.
17. Degani AM, Leonard CT, Danna-dos-Santos A. The effects of early stages of aging on postural sway: A multiple domain balance assessment using a force platform. *Journal of biomechanics*. 2017;64:8-15.
 18. Sahrmann P, Attin T, Schmidlin PR. Regenerative treatment of peri-implantitis using bone substitutes and membrane: a systematic review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2011 Mar;13(1):46-57.
 19. Kim HY, Shin HS, Ko JH, Cha YH, Ahn JH, Hwang JY. Gait Analysis of Symptomatic Flatfoot in Children: An Observational Study. *Clinics in orthopedic surgery*. 2017;9(3):363-73.
 20. Postural Correction by Jane C Johnson, Jane C Johnson, 2016. p: 13-15.
 21. Ghaderian, Mehdi, Ghasemi, Golamali, Zolaktaf, Vahid. The Effect of Rope Jump Exercise on Postural Control, Static and Dynamic Balance in Flat Foot Students, *Applied Biological Sciences in Sport*, 2016, 4 (8): 58-68.
 22. Habibian S, Saadat M, Salehi R, Mehravar M, Ahmadi P, Jahantabinejad S. Immediate effects of semi-rigid foot insoles on postural stability in individuals with flat foot. *RJMS*. 2016; 23 (146): 46-53.
 23. Lee, D.B. and Choi, J.D. The Effects of Foot Intrinsic Muscle and Tibialis Posterior Strengthening Exercise on Plantar Pressure and Dynamic Balance in Adults Flexible Pes Planus. *Physical Therapy Korea*. 2016. 23(4): 27-37.
 24. Kim E-K, Kim JS. The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal arch and dynamic balance of flexible flatfoot patients. *Journal of physical therapy science*. 2016;28(11):3136-9.
 25. Mulligan EP, Cook PG. Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function. *Manual therapy*. 2013;18(5):425-30.
 26. Winters JM, Woo SL, Delp I. Multiple muscle systems: Biomechanics and movement organization: Springer Science & Business Media; 2012. p: 47-51.
 27. Cobb SC, Tis LL, Johnson BF, Higbie EJ. The effect of forefoot varus on postural stability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2004;34(2):79-85.
 28. Huber FE, Wells CL. Therapeutic exercise: Treatment planning for progression: Elsevier Saunders; 2006. pp: 27-29.
 29. Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Sensorimotor system measurement techniques. *Journal of athletic training*. 2002;37(1):85.
 30. Dabholkar A, Shah A, Yardi S. Comparison of dynamic balance between flat feet and normal individuals using star excursion balance test. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*. 2012;6(3):33-7.
 31. Cael C, Cael C. Functional anatomy: musculoskeletal anatomy, kinesiology, and palpation for manual therapists: Lippincott, Williams & Wilkins; 2010. pp: 192-197.
 32. Stane M, Powers M. 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.
 33. Hillstrom HJ, Song J, Kraszewski AP, Hafer JF, Mootanah R, Dufour AB, et al. Foot type biomechanics part 1: structure and function of the asymptomatic foot. *Gait & posture*. 2013;37(3):445-51.
 34. McPoil TG, Hunt GC. Evaluation and management of foot and ankle disorders: present problems and future directions. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1995;21(6):381-8.
 35. Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2005;13(5):316-25.
 36. Clark M, Lucett S. NASM essentials of corrective exercise training: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. pp: 100.
 37. Lee, B. Jump rope training: Human Kinetics, 1st Edition. 2010. pp: 10-12.