



## مقایسه میزان جابجایی مرکز فشار کف پا در دانش‌آموزان پسر ۱۰-۱۳ ساله دارای کف پای طبیعی، صاف و گود

مهدی قادریان<sup>۱\*</sup>، غلامعلی قاسمی<sup>۲</sup>

۱. کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه اصفهان
۲. دانشیار گروه آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه اصفهان

دریافت ۱۳ آبان ۱۳۹۴؛ پذیرش ۶ تیر ۱۳۹۵

### چکیده

زمینه و هدف: کف پا با سطح اندک خود نقش مهمی در حفظ تعادل ایفا می‌کند و تغییرات بیومکانیکی کوچک در آن ممکن است کنترل پاسچر را تحت تأثیر قرار دهد. هدف پژوهش حاضر، مقایسه میزان جابجایی مرکز فشار کف پا در دانش‌آموزان دارای کف پای طبیعی، صاف و گود بود. روش‌بررسی: جامعه‌ی آماری این مطالعه‌ی علی-مقایسه‌ای پس‌رویدادی، ۴۵۰ نفر از دانش‌آموزان پسر ۱۰ تا ۱۳ ساله بخش جرقویه سفلی بود. پس از ارزیابی اولیه با دستگاه پدسکوپ (کیفی) و سپس اندازه‌گیری با اسکنر کف پا (کمی) و شاخص استاهلی (Staheli index)، تعداد ۹۰ نفر از دانش‌آموزان به‌عنوان نمونه انتخاب و در سه گروه ۳۰ نفری کف پای طبیعی (میانگین شاخص استاهلی ۰/۵۴)، قد ۱۴۴/۷۹ سانتیمتر، وزن ۳۸/۷ کیلوگرم و سن ۱۰/۸۷ (سال)، صاف (میانگین شاخص استاهلی ۱/۰۱)، قد ۱۴۴/۷۹ سانتیمتر، وزن ۴۱/۸۷ کیلوگرم و سن ۱۰/۹۵ (سال) و گود (میانگین شاخص استاهلی ۰/۳۱)، قد ۱۴۴/۵۳ سانتیمتر، وزن ۳۷/۱۰ کیلوگرم و سن ۱۰/۹۳ (سال) قرار گرفتند. میزان جابجایی مرکز فشار کف پا با استفاده از دستگاه فوت اسکن و به مدت ۲۰ ثانیه ثبت گردید. از تحلیل واریانس یک‌سویه و آزمون تعقیبی توکی در بسته آماری اس پی اس ویرایش ۲۲ جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها استفاده شد. یافته‌ها: در شاخص کلی کنترل پاسچر بین همه گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). در شاخص داخلی خارجی بین گروه‌های کف پای صاف و گود ( $P < 0.05$ ) و همچنین کف پای صاف و طبیعی ( $P < 0.01$ ) و در شاخص قدامی خلفی بین گروه‌های کف پای صاف و طبیعی ( $P < 0.01$ ) همچنین کف پای گود و طبیعی ( $P < 0.05$ ) تفاوت معنادار بود. نتیجه‌گیری: به‌نظر می‌رسد که ساختار آناتومیکی پا بر میزان جابجایی مرکز فشار مؤثر است. بنابراین پیشنهاد می‌شود این تأثیر در موقعیت‌های کلینیکی و پژوهشی مورد توجه قرار گیرد.

### واژگان کلیدی

مرکز فشار (COP)

تعادل

کنترل پاسچر

نوجوان

کف پای صاف

کف پای گود

## مقدمه

تعادل و کنترل پاسچر به عنوان توانایی حفظ یک وضعیت برای انجام فعالیت‌های ارادی و مقابله با اغتشاشات (درونی یا بیرونی) و از لحاظ بیومکانیکی، نگهداری مرکز جرم بدن در محدوده‌ی سطح اتکا تعریف می‌شود (قاسمی، رجبی، علیزاده، دشتی رستمی، ۲۰۱۲: ۲۰). تعادل و کنترل پاسچر از مفاهیم بحث برانگیز سیستم حسی حرکتی بوده و ارتباط متقابل و پیچیده میان درون‌داده‌های حسی و پاسخ‌های حرکتی مورد نیاز جهت حفظ یا تغییر پاسچر را بررسی می‌کند (ریمن، میرز، لیپارت<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲: ۸۵). وجود و حفظ تعادل و پاسچر 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 حس پیکری) و سیستم حرکتی است (وینتر، پالا، فرانک<sup>۲</sup>، ۱۹۹۰: ۳۱). جهت ایستادن اجزای مرکزی و محیطی سیستم عصبی به‌طور مداوم برای حفظ راستای بدن و حفظ مرکز ثقل در محدوده سطح اتکا به نحو مطلوبی با یکدیگر عمل می‌کنند. سیستم عصبی مرکزی، درون‌داده‌های محیطی را پردازش کرده و مناسب‌ترین پاسخ عضلانی را برای کنترل پاسچر و وضعیت بدن انتخاب می‌کند (فرانک، سون، وانسون، گریمی<sup>۳</sup>، ۱۹۹۵: ۲۷).

اغلب برای سنجش کنترل پاسچر، از اندازه‌گیری مقدار نوسانات بدن و جابجایی مرکز فشار (COP) استفاده می‌شود (تی‌سای، مرکر، گروس<sup>۴</sup>، ۲۰۰۶: ۹۴۲). طی ایستادن، کنترل پاسچر از طریق تلاش مداوم اسکلتی، عضلانی، بینایی، سیستم حس عمقی و سیستم دهلیزی حفظ می‌شود. اندازه‌گیری نوسانات پاسچر روش ساده و معمول برای ارزیابی کنترل پاسچر طی ایستادن است. جابه‌جایی مرکز فشار به‌طور وسیعی برای استنباط سازوکارهای نورولوژیک و بیومکانیکی کنترل پاسچر استفاده می‌شود (پتمو، اسمیت، فورد، راو، هووت<sup>۵</sup>، ۲۰۱۳: ۱۳۶). نوسان پاسچرال حرکات مرکز ثقل در محدوده‌ی سطح اتکا برای حفظ کنترل پاسچرال بوده و دامنه و الگوی آن نتیجه‌ی ترکیب پویای ورودی‌های حسی تنه و اندام تحتانی، به‌علاوه هماهنگی

پاسخ‌های عصبی-عضلانی است (پترکا، لوگلین<sup>۶</sup>، ۲۰۰۴: ۴۱۰). از آنجا که تعادل در زنجیره‌ی حرکتی بسته حفظ می‌شود و به بازخورد ادغام شده‌ی حرکات مفاصل لگن، زانو و مچ پا متکی است، ممکن است در اثر اختلال در ارسال اطلاعات حسی آوران یا اختلال در قدرت و استحکام مکانیکی هر یک از مفاصل یا ساختار متعلق به اندام تحتانی مختل شود (ریمن، میرز، لیپارت<sup>۷</sup>، ۲۰۰۲: ۸۵). به این ترتیب با توجه به اینکه پا پایین‌ترین قسمت این زنجیره را تشکیل می‌دهد و محدوده‌ی کوچکی از سطح اتکا را برای حفظ تعادل فراهم می‌کند، منطقی به نظر می‌رسد که تغییرات بیومکانیکی کوچک در محدوده‌ی سطح اتکا ممکن است کنترل پاسچر و تعادل را تحت تأثیر قرار دهد. حفظ تعادل بدن در حالت ایستا به‌طور معمول مقیاس شناسایی عملکرد اندام تحتانی بدن محسوب می‌شود (کات، برون، شولتز<sup>۸</sup>، ۲۰۰۵: ۴۱). بدن متشکل از مجموعه‌ای از بخش‌های منعطف است که به‌صورت قائم نگه داشته شده و در آن مرکز جرم در ارتفاع بالاتری نسبت به سطح اتکای کوچکی به نام پاها قرار گرفته است. بنابراین بدن در این وضعیت به‌طور ذاتی ثبات و پایداری کمی دارد (نشنر، بلاک، وال<sup>۹</sup>، ۱۹۸۲: ۵۳۶). با این وجود، کف پای انسان با سطح اندک خود، نقش مهمی در حفظ تعادل و کنترل پاسچر ایفا کرده و قوس‌های موجود در کف پا، تکانه‌ها و نیروهای وارده از زمین را جذب می‌کند (رازقی، بت<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۲: ۲۸۲). وجود ناهنجاری در ساختار کف پا ممکن است بر عملکرد فرد در موقعیت‌های مختلف تأثیر بگذارد. ناهنجاری‌های کف پای صاف و گود ممکن است درون داده‌های محیطی ارسال شده از حس‌های عمقی را مختل کند (تی‌سانگ، ژانگ، فن، بون<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۳: ۵۱۷). کف پای صاف ممکن است با پرونیشن بیش از حد مفصل تحت قاپی<sup>۱۲</sup> مرتبط باشد که این پرونیشن جبرانی غیرطبیعی ممکن است موجب عدم ثبات و بیش حرکتی مفاصل پا شود. همچنین، کف پای گود که با سوپینیشن بیش از حد مفصل تحت قاپی همراه است، به دلیل سطح اتکای کمی که پا در حالت تحمل وزن نسبت به پای طبیعی

6. Peterka, R. J., &amp; Laughlin, P. J.

7. Riemann, Bryan L, Myers, Joseph B, Lephart, Scott M

8. Cote, Karen P, Brunet, Michael E, II, Bruce M Gansneder, Shultz, Sandra J

9. Nashner, Lewis M, Black, F Owen, Wall, CIII

10. Razeghi, Mohsen, Batt, Mark Edward

11. Tsung, Bonnie Yuk San, Zhang, Ming, Fan, Yu Bo,

Boone, David Alan

12. Subtalar

1. Riemann, Bryan L, Myers, Joseph B, Lephart, Scott M

2. Winter, David A, Patla, Aftab E, Frank, James S

3. Frändin, K, Sonn, U, Svantesson, U, Grimby, G

4. Tsai, Liang-Ching, Yu, Bing Mercer, Vicki S, Gross, Michael T

5. Paterno, M. V., Schmitt, L. C., Ford, K. R., Rauh, M. J., &amp; Hewett, T. E.

دارد، ممکن است بر کنترل پاسچر تأثیر منفی داشته باشد (گاسکیویس، پرین<sup>۱</sup>، ۱۹۹۶: ۴۵). بنابراین کف پای صاف و گود ممکن است حین تحمل وزن ناپایدار باشند و کنترل پاسچر را مختل کنند (کوب، تیس، جانسون، هگبی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴: ۷۹).

کات و همکاران (۲۰۰۵: ۴۱) عملکرد تعادلی ایستا و پویا را در افراد مبتلا به ناهنجاری‌های کف پا بررسی کردند. نتایج نشان داد که عملکرد تعادل ایستا و پویا در افراد با ناهنجاری‌های کف پا، ضعیف‌تر از افراد با کف پای طبیعی است. هرتل و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۲: ۱۲۹) اطلاعاتی ارائه دادند که نشان می‌دهد افرادی که دارای پای صاف بودند، تفاوت معنی‌داری را در سرعت جابجایی مرکز فشار در مقایسه با افراد دارای پای نرمال نشان ندادند. تی سای و همکاران (۲۰۰۶: ۹۴۲) در تحقیق خود با عنوان بررسی تأثیر انواع متفاوت ساختار پا بر کنترل پاسچر ایستاده، ساختار کف پا را با استفاده از اثر نقش کف پا مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که افراد دارای پای صاف یا گود، کنترل پاسچر ضعیف‌تری نسبت به افراد با کف پای طبیعی داشتند. کوب و همکاران (۲۰۰۴: ۷۹) گزارش کردند افراد دارای پای چرخیده به خارج (بیش از ۷ درجه) به‌طور معنی‌داری استحکام پاسچر ضعیف‌تری داشتند. عبدلی و همکاران (۲۰۱۱: ۳۸۱) در بررسی رابطه قوس طولی داخلی کف پا با برخی شاخص‌های حرکتی منتخب کودکان ۱۱ تا ۱۴ ساله نشان دادند که عامل تعادل با میزان قوس طولی کف پا رابطه مثبت و معنی‌داری دارد. سنجش کنترل پاسچر در طب ورزش برای انتخاب ورزشکاران با استعداد و ورزشکاران در معرض خطر آسیب‌دیدگی و برای پیشگیری از آسیب‌های ورزشی استفاده و اغلب با شاخص‌های به‌دست آمده از مرکز فشار مانند میزان جابجایی مرکز فشار تفسیر می‌شود (هاریسون، لیتل وود<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰: ۲۱).

کنترل پاسچر اغلب با نتایج ضد و نقیضی همراه بوده است. این نتایج ضد و نقیض در ارزیابی کف پا با روش مشاهده‌ای، نشان‌دهنده وجود خطای اندازه‌گیری زیادی در این روش‌ها بوده و ممکن است اهداف محقق از پژوهش را به‌صورت دقیق برآورده نکند. با استفاده از روش‌های اندازه‌گیری نوین و کمی‌سازی نقش پا، می‌توان به‌صورت دقیق‌تر این موضوع را بررسی کرد. با توجه به نقش تعیین‌کننده‌ی تعادل و کنترل پاسچر در روند رشد و تکامل حرکتی در کودکی و نوجوانی، تأثیر بدشکلی ساختاری پا بر حفظ تعادل و پاسچر مناسب بدن در این دوران، به‌ویژه در پژوهش‌های داخلی و روی جامعه‌ی ایرانی، بررسی نشده است. با توجه به اینکه ارائه برنامه‌های درمانی و اصلاحی برای ناهنجاری‌های کف پا در این دوران اثربخشی بهتری دارد، اهمیت این موضوع دو چندان می‌شود. بنابراین، هدف از این پژوهش، مقایسه میزان جابجایی مرکز فشار کف پا و کنترل پاسچر در دانش‌آموزان پسر ۱۰ تا ۱۳ سال دارای کف پای طبیعی، صاف و گود بود.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش یک مطالعه‌ی علی-مقایسه‌ای پس‌رویدادی بود. جامعه‌ی آماری تحقیق دانش‌آموزان پسر ۱۰ تا ۱۳ ساله بخش جرقویه سفلی اصفهان بودند که جهت دسترسی و گزینش نمونه‌ها مورد مطالعه قرار گرفتند. ضمن کسب مجوز از سازمان آموزش و پرورش استان اصفهان به شماره ۲۳۸۵۷۹ مورخ ۹۳/۰۹/۰۴، ارزیابی اولیه جهت مشخص کردن ساختار کف پای ۴۵۰ دانش‌آموز این مدارس و گزینش آزمودنی‌های تحقیق، با استفاده از دستگاه پدسکوپ و به صورت کیفی انجام شد و ارزیابی دوم جهت ثبت نقش پای آزمودنی‌ها، با استفاده از دستگاه اسکنر کف پا انجام و میزان قوس کف پا از طریق شاخص استاهلی<sup>۵</sup> به‌صورت کمی مشخص گردید. ۹۰ نفر از دانش‌آموزان با پرکردن فرم رضایت‌نامه توسط والدینشان و به شکل داوطلبانه به‌عنوان نمونه انتخاب شدند و بر اساس شاخص استاهلی در سه گروه ۳۰ نفری کف پای گود، طبیعی و صاف قرار گرفتند. جابجایی مرکز فشار کف پاها با استفاده از دستگاه فوت‌اسکن به مدت ۲۰ ثانیه ثبت گردید. شرایط ورود دانش‌آموزان به این تحقیق شامل سن ۱۰ تا ۱۳ سال،

در بیشتر تحقیقات مذکور که تاکنون در این زمینه انجام گرفته است، ناهنجاری‌های کف پا با استفاده از روش‌های مشاهده‌ای و قدیمی و یا به صورت کیفی بررسی و ارزیابی شده است و اثر ویژگی‌های آناتومیکی بر تعادل و

در بیشتر تحقیقات مذکور که تاکنون در این زمینه انجام گرفته است، ناهنجاری‌های کف پا با استفاده از روش‌های مشاهده‌ای و قدیمی و یا به صورت کیفی بررسی و ارزیابی شده است و اثر ویژگی‌های آناتومیکی بر تعادل و

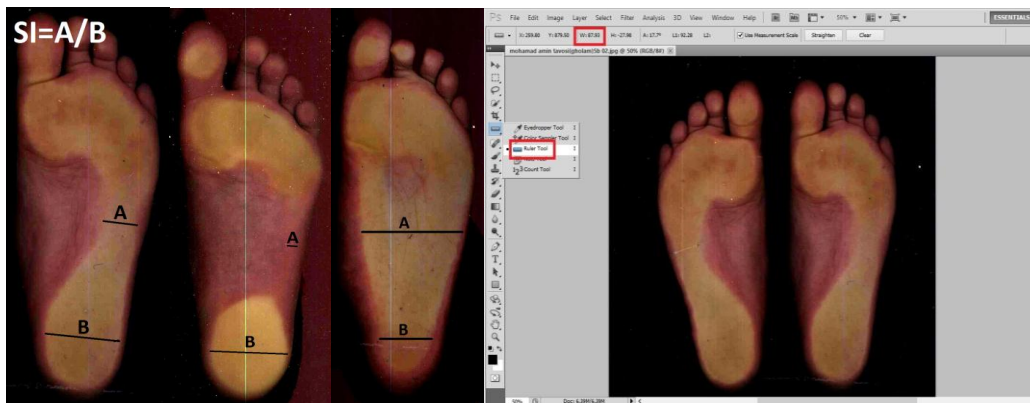
1. Guskiewicz, Kevin M, Perrin, David H
2. Cobb, Stephen C, Tis, Laurie L, Johnson, Benjamin F, Higbie, Elizabeth J
3. Hertel, Jay, Gay, Michael R, Denegar, Craig R
4. Harrison, P. L., & Little wood, C.

بایستند. پس از ۱۰ ثانیه ایستادن و نقش بستن کف پا روی صفحه اسکنر، از کف پا تصویربرداری و نقش کف پا ثبت شد و تصاویر با فرمت JPG ذخیره گردید. از هر آزمودنی سه آزمون با ۲ دقیقه استراحت بین هر مرتبه به عمل آمده و از واضح‌ترین تصویر برای اندازه‌گیری قوس کف پا استفاده شد. سپس از ابزار خط کش<sup>۲</sup> در نرم‌افزار فتوشاپ ۶۴ بیتی ورژن ۳۵ جهت محاسبه میزان قوس کف پا از طریق شاخص استاهلی استفاده شد (گوتیز، ماسو، کاستا، گویرا<sup>۳</sup>، ۲۰۱۵: ۲۲۶). شاخص استاهلی دارای ضریب اعتبار بالاتر از ۷۵ درصد نسبت به آزمون‌های شاخص قوس<sup>۴</sup>، چپپاکس-اسمیراک<sup>۵</sup> و زاویه آلفا<sup>۶</sup> است و از تقسیم کم‌عرض‌ترین قسمت وسط پا به عریض‌ترین قسمت پشت پا (پاشنه) حاصل و بر اساس این شاخص مقادیر  $SI < 0/44$  به‌عنوان کف پای گود،  $0/44 \leq SI \leq 0/89$  به‌عنوان کف پای طبیعی و  $SI > 0/89$  و ارزیابی کمی شد (آنودرا، ساکو، موریوکا، سوزا، آمادیو<sup>۷</sup>، ۲۰۰۸: ۱۴۲؛ استاهلی، چپو، کوربت<sup>۸</sup>، ۱۹۸۷: ۴۲۶).

جنسیت پسر، دارا بودن وضعیت کف پای صاف، گود یا طبیعی در هر دو پا، سلامت عمومی و رضایت آگاهانه بود. هیچ یک از آزمودنی‌ها سابقه‌ی ابتلا به بیماری‌های عصبی-عضلانی، شنوایی، بینایی و آسم، چاقی مفرط و همچنین شکستگی یا عمل جراحی در اندام تحتانی، کوتاهی در پاها، چسبندگی استخوان‌ها، درد در ناحیه‌ی پا و استفاده از کفی طبی را نداشتند (ارسطویی، زاهدان زاده، نگهبان، گهرایی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲: ۱). به منظور تعیین وزن و قد آزمودنی‌ها به ترتیب از ترازو و قدسنج دیواری و برای درج سن آزمودنی‌ها از پرونده‌ی آموزشی آنها استفاده شد.

### نحوه مشخص کردن میزان قوس کف پا

جهت محاسبه میزان قوس کف پا از دستگاه اسکنر کف پا (مدل Genius ColorPage-HR7X Slim ساخت کشور چین) استفاده گردید. به این منظور از آزمودنی‌ها خواسته شد با پای برهنه، به راحتی و در حالی که وزنشان را به‌طور مساوی بین دو پا تقسیم کرده‌اند، روی صفحه اسکنر



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

### نحوه اندازه‌گیری میزان جابجایی مرکز فشار<sup>۱</sup>

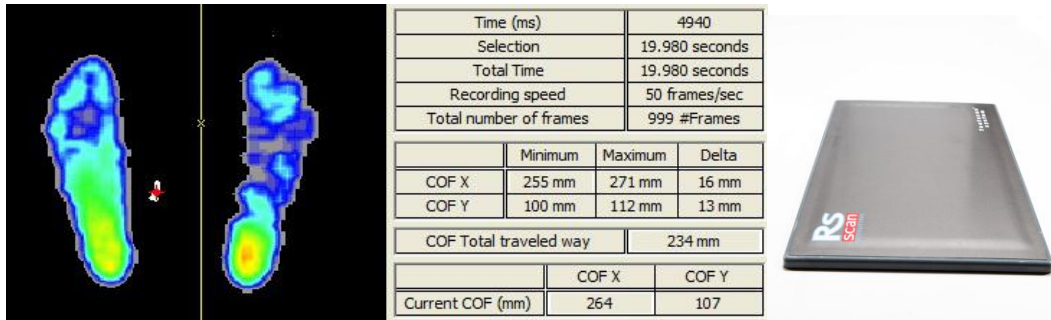
جهت اندازه‌گیری میزان جابجایی مرکز فشار (COP) در کف پاها از دستگاه فوت اسکنر RSscan footscan7 balance International ساخت کشور بلژیک استفاده گردید. دستگاه دارای ابعاد  $40 \times 60$  سانتی‌متر و ۴۰۹۶ حسگر با فرکانس نمونه‌گیری ۵۰۰ هر ترمی باشد.

2. ruler tools
3. Adobe Photoshop CS5(64 Bit)
4. Gutiérrez-Vilalú L, Massó-Ortigosa N, Costa-Tutusaus L, Guerra-Balic M
5. Arch Index(AI)
6. Chippaux- Smirak Index(CSI)
7. Alpha Angle(AA)
8. Onodera, Andrea Naomi, Sacco, Isabel Camargo Neves, Morioka, Eliana Harumi, Souza, Priscila Saraiva, de Sa, Marcia Regina, Amadio, Alberto Carlos
9. Staheli LT, Chew DE, Corbett M

1. Arastoe, M., Zahednezhad, S. H., Arastoe, A., Negahban, H., & Goharpay, S. H

تلاش بود و میانگین داده‌های به‌دست آمده به‌عنوان رکورد فرد جهت محاسبات بعدی ثبت گردید. دستگاه فوت اسکن سه سری داده شامل میزان جابجایی مرکز فشار کف پاها در جهات داخلی- خارجی<sup>۱</sup>، قدامی- خلفی<sup>۲</sup> و شاخص کلی<sup>۳</sup> را محاسبه و ارائه می‌دهد.

به این منظور از آزمودنی‌ها خواسته شد با پای برهنه، به راحتی و در حالی که وزنشان را به‌طور مساوی بین دو پا تقسیم کرده‌اند، روی دستگاه بایستند و به علامتی که در فاصله ۴ متری قرار دارد نگاه کند. مدت زمان انجام آزمون ۳ تکرار ۲۰ ثانیه‌ای همراه با ۲ دقیقه استراحت در بین هر



شکل ۲: تصویر دستگاه فوت اسکن و نقش کف پا در آن

**یافته‌های تحقیق**

در جدول ۱ مشخصات جمعیت شناختی و قوس کف پای آزمودنی‌ها ارائه داده شده است. خصوصیات جمعیت شناختی سه گروه تحقیق توسط آزمون تحلیل واریانس یک طرفه مقایسه شد. با توجه به اینکه هیچ تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود نداشت، می‌توان آنها را از حیث جمعیت شناسی همگن در نظر گرفت.

جهت خلاصه‌سازی و مرتب‌نمودن داده‌ها از آمار توصیفی در قالب آماره‌هایی چون میانگین و انحراف استاندارد و برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون کلموگوروف-اسمیرنوف<sup>۴</sup> استفاده شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، روش پارامتریک تحلیل واریانس یک سویه<sup>۵</sup> و آزمون تعقیبی توکی<sup>۶</sup> (HSD) جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات به‌کار رفت. کلیه عملیات آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۲ انجام گردید و سطح معنی‌داری  $p < 0.05$  در نظر گرفته شد.

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد وزن، قد، سن و میزان قوس کف پای آزمودنی‌ها

عوامل	کف پای طبیعی	کف پای گود	کف پای صاف	P	F
سن (سال)	10/87 ± 0/82	10/93 ± 0/87	10/95 ± 0/91	0/93	0/07
قد (سانتی متر)	144/50 ± 7/97	144/53 ± 7/10	144/79 ± 7/71	0/99	0/01
وزن (کیلوگرم)	38/70 ± 10/35	37/10 ± 8/28	41/40 ± 10/84	0/24	1/45
شاخص توده بدنی (kg/m <sup>2</sup> )	18/24 ± 2/76	17/70 ± 3/08	19/57 ± 3/86	0/08	2/62
قوس کف پا	0/54 ± 0/06	0/31 ± 0/11	1/01 ± 0/14		

قدامی- خلفی در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود میانگین جابجایی مرکز فشار کف پاها در گروه کف پای طبیعی نسبت به کف پای صاف و گود

اطلاعات مربوط به میزان جابجایی مرکز فشار کف پاهای تمام آزمودنی‌ها در سه گروه کف پای صاف، گود و طبیعی و در سه وضعیت شاخص کلی، داخلی- خارجی و

1. Center Of pressure X (COPX)  
 2. Center Of pressure Y (COP Y)  
 3. Center Of pressure (COP) Total traveled way

4. Kolmogorov–Smirnov Test  
 5. One Way ANOVA  
 6. tukey

کف پای صاف نسبت به کف پای گود بیشتر و به همراه آن تعادل ایستا و کنترل پاسچر کمتر است.

کمتر بوده و به تبع آن تعادل ایستا و کنترل پاسچر بیشتر است، همچنین میزان جابجایی مرکز فشار کف پا در گروه

جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد میزان جابجایی مرکز فشار کف پاها

شاخص	نوع پا	تعداد	میانگین $\pm$ انحراف استاندارد (میلی متر)
کلی شاخص	کف پای صاف	۳۰	$241/57 \pm 34/02$
	کف پای گود	۳۰	$217/12 \pm 39/39$
	کف پای طبیعی	۳۰	$195/70 \pm 25/40$
داخلی - خارجی	کف پای صاف	۳۰	$13/17 \pm 6/40$
	کف پای گود	۳۰	$10/57 \pm 2/55$
	کف پای طبیعی	۳۰	$9/93 \pm 2/26$
قدامی - خلفی	کف پای صاف	۳۰	$14/63 \pm 5/76$
	کف پای گود	۳۰	$12/60 \pm 2/50$
	کف پای طبیعی	۳۰	$10/13 \pm 2/30$

نتایج آن در جدول ۳ ارائه گردیده است، یافته‌ها نشان می‌دهد که در تمام وضعیت‌ها تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود دارد ( $P < 0/05$ ).

به منظور ارزیابی تفاوت بین سه گروه کف پای صاف، طبیعی و گود با توجه به میزان جابجایی مرکز فشار کف پاها، تحلیل واریانس یک سویه (ANOVA) انجام گرفت که

جدول ۳: نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه به منظور نشان دادن تفاوت‌های گروهی

شاخص	منابع	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذور	F	P
کلی شاخص	بین گروه‌ها	۳۱۶۰۱/۲۷	۲	۱۵۸۰۰/۶۳	۱۴/۱۳	*.۰/۰۰۱
	درون گروه‌ها	۹۷۲۷۷/۱۳	۸۷	۱۱۱۸/۱۳		
	مجموع	۱۲۸۸۷۸/۴۰	۸۹			
داخلی - خارجی	بین گروه‌ها	۱۷۶/۱۶	۲	۸۸/۰۸	۵/۰۳	*.۰/۰۰۹
	درون گروه‌ها	۱۵۲۳/۹۰	۸۷	۱۷/۵۲		
	مجموع	۱۷۰۰/۰۶	۸۹			
قدامی - خلفی	بین گروه‌ها	۳۰۴/۶۹	۲	۱۵۲/۳۴	۱۰/۲۱	*.۰/۰۰۱
	درون گروه‌ها	۱۲۹۷/۶۳	۸۷	۱۴/۹۱		
	مجموع	۱۶۰۲/۳۲	۸۹			

\*معنی داری در سطح ( $P < 0/05$ )

کف پای صاف و طبیعی تفاوت معناداری مشاهده شد ( $P < 0/01$ ) ولی بین گروه‌های کف پای گود و کف پای طبیعی تفاوت معنادار نبود ( $P = 0/828$ ). در شاخص قدامی - خلفی بین گروه‌های کف پای صاف و کف پای گود تفاوت معنادار مشاهده نشد ( $P = 0/109$ ) ولی بین گروه‌های کف پای صاف و طبیعی تفاوت معنادار بود ( $P = 0/001$ ) و همچنین بین گروه‌های کف پای گود و طبیعی تفاوت معنادار بود ( $P = 0/04$ ).

برای تعیین معناداری بین میانگین‌های مربوط به گروه‌های مورد مطالعه، از آزمون تعقیبی توکی (HSD) استفاده شد که نتایج این آزمون در جدول ۴ آمده است.

همان گونه که در جدول شماره ۴ مشاهده می‌شود، در شاخص کلی جابجایی مرکز فشار بین گروه‌های کف پای صاف و گود ( $P = 0/016$ )، بین گروه‌های کف پای صاف و طبیعی ( $P < 0/001$ ) و بین گروه‌های کف پای گود و طبیعی ( $P = 0/039$ ) تفاوت معناداری مشاهده گردید. در شاخص داخلی - خارجی بین گروه‌های کف پای صاف و گود تفاوت معنادار بود ( $P = 0/047$ ) و همچنین بین گروه‌های

جدول ۴: نتایج آزمون تعقیبی توکی (HSD) متغیر میزان جابجایی مرکز فشار بین وضعیت های مختلف گروه های سه گانه

P	Std. Error	میانگین جابجایی (I-J)	گروه (J)	گروه (I)	متغیر وابسته
*.۰/۰۱۶	۸/۶۳	۲۴/۴۳	کف پای گود	کف پای صاف	شاخص کلی
*.۰/۰۰۱	۸/۶۳	۴۵/۸۷	کف پای طبیعی	کف پای صاف	
*.۰/۰۱۶	۸/۶۳	-۲۴/۴۳	کف پای صاف	کف پای گود	
*.۰/۰۳۹	۸/۶۳	۲۱/۴۳	کف پای طبیعی	کف پای گود	
*.۰/۰۰۱	۸/۶۳	-۴۵/۸۷	کف پای صاف	کف پای طبیعی	داخلی - خارجی
*.۰/۰۳۹	۸/۶۳	-۲۱/۴۳	کف پای گود	کف پای طبیعی	
*.۰/۰۴۷	۱/۰۸	۲/۶۰	کف پای گود	کف پای صاف	
*.۰/۰۱	۱/۰۸	۳/۲۳	کف پای طبیعی	کف پای صاف	
*.۰/۰۴۷	۱/۰۸	-۲/۶۰	کف پای صاف	کف پای گود	قدامی - خلفی
.۰/۸۲۸	۱/۰۸	.۰/۶۳	کف پای طبیعی	کف پای گود	
*.۰/۰۱	۱/۰۸	-۳/۲۳	کف پای صاف	کف پای طبیعی	
.۰/۸۲۸	۱/۰۸	-۰/۶۳	کف پای گود	کف پای طبیعی	
.۰/۱۰۹	.۰/۹۹	۲/۰۳	کف پای گود	کف پای صاف	قدامی - خلفی
*.۰/۰۰۱	.۰/۹۹	۴/۵۰	کف پای طبیعی	کف پای صاف	
.۰/۱۰۹	.۰/۹۹	-۲/۰۳	کف پای صاف	کف پای گود	
*.۰/۰۴	.۰/۹۹	۲/۴۷	کف پای طبیعی	کف پای گود	
*.۰/۰۰۱	.۰/۹۹	-۴/۵۰	کف پای صاف	کف پای طبیعی	قدامی - خلفی
*.۰/۰۴	.۰/۹۹	-۲/۴۷	کف پای گود	کف پای طبیعی	

\*معنی داری در سطح ( $P < 0.05$ )

## بحث

آزمودنی‌ها داشت. در شاخص داخلی- خارجی، کاهش قوس طولی داخلی (کف پای صاف) باعث افزایش جابجایی مرکز فشار کف پا و کاهش کنترل پاسچر آزمودنی‌ها نسبت به وضعیت‌های کف پای طبیعی و کف پای گود گشت ولی تفاوت معناداری بین دو گروه کف پای طبیعی و کف پای گود مشاهده نشد. در شاخص قدامی- خلفی هر دو وضعیت کف پای صاف و گود باعث کاهش کنترل پاسچر نسبت به وضعیت کف پای طبیعی گردید ولی بین دو گروه کف پای صاف و گود تفاوت معناداری یافت نشد.

تعادل در زنجیره حرکتی بسته حفظ می‌شود و به بازخورد ادغام شده حرکات مفاصل لگن، زانو و مچ پا متکی است و ممکن است در اثر اختلال در ارسال اطلاعات حسی آوران یا اختلال در قدرت و استحکام مکانیکی هریک از مفاصل یا ساختار متعلق به اندام تحتانی مختل شود (آکلند، الیوت، بلومفیلد، ۲۰۰۹: ۲۱۱). اندام تحتانی با مجموعه ای از مفاصل، یک واحد حرکتی را تشکیل می‌دهد که تأمین کننده ثبات، جذب کننده فشار و تولیدکننده نیرو بوده (برونفیلد<sup>۱</sup>، ۲۰۱۰) و عملکرد این بخش‌ها در ارتباط با هم

تعادل یکی از مفاهیم بحث برانگیز سیستم حسی- حرکتی بوده و کف پای انسان با سطح اندک خود، نقش مهمی در حفظ آن ایفا می‌کند از این‌رو تغییرات بیومکانیکی کوچک در محدوده سطح اتکا ممکن است کنترل پاسچر را تحت تأثیر قرار دهد. این پژوهش، اثرات تغییر در قوس طولی داخلی کف پا مشتمل بر کف پای صاف، گود و طبیعی بر میزان جابجایی مرکز فشار (COP) کف پا در دانش‌آموزان پسر ۱۰ تا ۱۳ سال را بررسی کرد و نتایج نشان داد که میانگین جابجایی مرکز فشار کف پا در گروه کف پای طبیعی نسبت به کف پای صاف و گود کمتر بوده و به تبع آن کنترل پاسچر و تعادل بهتر است، همچنین میزان جابجایی مرکز فشار کف پا در گروه کف پای صاف نسبت به کف پای گود بیشتر و به همراه آن کنترل پاسچر کمتر است، بنابراین میزان قوس طولی داخلی کف پا بر کنترل پاسچر آزمودنی‌ها در هر سه وضعیت شاخص کلی، شاخص داخلی- خارجی و شاخص قدامی- خلفی تأثیرگذار است. در وضعیت شاخص کلی، کاهش قوس کف پا تأثیر بیشتری نسبت به افزایش قوس کف پا بر کاهش کنترل پاسچر

عملکرد تعادلی افراد را در دو مقوله میزان انحراف مرکز فشار و سرعت انحراف مرکز فشار بررسی کردند. آنها نشان دادند که میزان انحراف مرکز فشار پا در افراد با کف پای گود بیشتر از افرادی با کف پای طبیعی است. به عبارت دیگر، افراد با کف پای گود تعادل کمتری نسبت به افراد با کف پای طبیعی دارند و میزان انحراف مرکز فشار پا در افراد با کف پای صاف و طبیعی مشابه بود. از طرفی اختلاف معنی داری در سرعت انحراف مرکز فشار در بین انواع کف پا مشاهده نشد. انحراف بیشتر مرکز فشار در افراد با کف پای گود ممکن است به دلیل سطح تماس کمتر پای این افراد با سطح زمین باشد که این سطح تماس کمتر با سطح زمین موجب دریافت اطلاعات حسی کمتری از کف پا نسبت به افراد دو گروه دیگر می‌شود؛ نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش حاضر همخوانی کامل ندارد که دلیل آن ممکن است تعداد کم آزمودنی‌ها در تحقیق هرتل و یا تفاوت جامعه ایرانی با جامعه تحقیق وی باشد. کات و همکاران (۲۰۰۵: ۴۱) در تحقیق خود تعادل ایستا و پویای افراد با کف پای سوپینیت و پرونیت را با استفاده از سیستم Chatteex System Balance بررسی کردند. در این تحقیق تفاوتی بین تعادل ایستای افراد با کف پای گود و صاف با کف پای طبیعی دیده نشد. این نتایج با یافته‌های تحقیق حاضر همسو نیستند و دلیل آن احتمالاً تفاوت در ابزار اندازه‌گیری کننده تعادل و همچنین تفاوت گروه سنی آزمودنی‌ها باشد.

پا آخرین قسمت زنجیره حرکتی بسته است که نقش مهمی در تعادل و کنترل پاسچر دارد؛ بنابراین وقتی که قسمتی از این زنجیره ناتوان، ضعیف، مبتلا به ناهنجاری یا آسیب شود، روی سایر قسمت‌های زنجیره بدن تأثیر می‌گذارد. محققان پی برده‌اند که تعادل و کنترل پاسچر از طریق تغییرات ورودی‌های محیطی که عامل ثانویه آسیب مفصل است، تحت تأثیر قرار می‌گیرد (پارک، لی، لوکارت، کیم، ۲۰۱۱: ۱) بنابراین منطقی به نظر می‌رسد که ابتلا به ناهنجاری‌های کف پای صاف یا گود بر تعادل و کنترل پاسچر مؤثر باشد. در پای سوپینیت، کف پا با قوس زیاد به اندازه کافی با سطوح زیرینش سازگار نمی‌شود و افزایش جابجایی مرکز فشار در افراد با پای گود ممکن است به دلیل ناحیه تماس کمتر بین سطح کف پا و فوت اسکن در

است (چین، هرتل<sup>۱</sup>، ۲۰۱۰: ۱۵۷). ساختار و عملکرد مچ پا و پا به هنگام جذب فشار و اعمال نیرو، تأثیر زیادی روی بخش‌های بالاتر اندام تحتانی داشته (داوید<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴: ۵۰۲) و اولین اجزایی هستند که جذب فشار را انجام می‌دهند (آکلند، الیوت، بلومفیلد<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹: ۲۱۱). در صورت کارایی این مفاصل، قابلیت انجام روان و به موقع حرکات در دامنه حرکتی مورد نیاز تأمین می‌شود (کافمن، برودین، شافر، جانسون، کالسون<sup>۴</sup>، ۱۹۹۹: ۸۵۸). وجود ناهنجاری در ساختار کف پا ممکن است بر عملکرد فرد در موقعیت‌های مختلف تأثیر بگذارد و عملکرد مؤثر پا در تأمین دامنه حرکتی مورد نیاز جهت انجام روان و به موقع حرکات را تا حد زیادی مخدوش می‌کند (ویلیامز، مک کلاهی، همیل<sup>۵</sup>، ۲۰۰۱: ۳۴۱).

در مرور ادبیات تحقیق، تی سای و همکاران (۲۰۰۶: ۹۴۲) تأثیر انواع متفاوت ساختار پا بر کنترل پاسچر ایستاده را بررسی کردند. محققان برای ارزیابی کنترل پاسچر از دستگاه سکوی نیرو مدل Bertec استفاده کردند. متغیرهای مورد ارزیابی در این تحقیق شامل سرعت متوسط جابجایی، انحراف معیار و حداکثر جابجایی مرکز فشار در صفحه داخلی خارجی و زمان کلی ایستادن روی یک پا بود. نتایج نشان داد که افراد دارای پای طبیعی از کنترل پاسچر بهتری نسبت به افراد دارای کف پای صاف و گود برخوردارند. کات و همکاران (۲۰۰۵: ۴۱) پس از تحقیق روی پایداری ایستا و پویا در افراد دچار ناهنجاری پای چرخیده به داخل و خارج، گزارش دادند که پایداری ایستا و پویا در افراد با انواع مختلف پا تحت تأثیر قرار می‌گیرد و در واقع نوع و ساختمان پا بر پایداری ایستا و پویا تأثیرگذار است. عبدلی و همکاران (۲۰۱۱: ۳۸۱) رابطه قوس طولی داخلی کف پا با برخی شاخص‌های حرکتی منتخب کودکان ۱۱ تا ۱۴ ساله را بررسی کردند، نتایج تحقیق نشان داد که متغیر تعادل با میزان قوس طولی کف پا رابطه مثبت و معنی داری دارد. این نتایج با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. هرتل و همکاران (۲۰۰۲: ۱۲۹) اثر ناهنجاری‌های ساختار کف پا بر تعادل ایستا را با استفاده از صفحه نیروسنج AMTI و

1. Chinn, Lisa, Hertel, Jay
2. Davis, Irene S
3. Ackland, Timothy R, Elliott, Bruce, Bloomfield, John
4. Kaufman, Kenton R, Brodine, Stephanie K, Shaffer, Richard A, Johnson, Chrisanna W, Cullison, Thomas R
5. Williams iii, Dorsey S, McClay, Irene S, Hamill, Joseph

6. Park, S H. Lee, K. Lockhart, T. Kim, S.



ضعیف‌تری دارند (شارمن<sup>۵</sup>، ۲۰۰۲: ۱). همین‌طور ممکن است استفاده روزمره از مساحت بیشتر سطح کف پا در افراد با کف پای صاف به ضعف و عدم کارایی سیستم عضلانی و راهبرد مچ پا برای حفظ تعادل منجر شده باشد (بهانون<sup>۶</sup>، ۱۹۹۷: ۱۵). پای گود و صاف ممکن است نیروی عکس العمل زمین را در صفحه‌ی فرونتال و موقعیت مرکز فشار را تغییر دهند (تی سای، مرکر، گروس، ۲۰۰۶: ۹۴۲) که احتمالاً به تغییر در بکارگیری راهبردهای کنترل تعادل در این افراد می‌انجامد.

پای صاف و گود با پرونیشن و سوپینیشن بیش از حد مفصل تحت قاپی مرتبط است. این ناهنجارها ممکن است درون داده‌های محیطی ارسال شده از حس‌های عمقی را مختل کند (تی سانگ، ژانگ، فن، بون، ۲۰۰۳: ۵۱۷). کف پای صاف ممکن است با پرونیشن بیش از حد مفصل تحت قاپی مرتبط باشد. پرونیشن جبرانی غیرطبیعی ممکن است موجب عدم ثبات و بیش حرکتی مفاصل پا شود. از طرف دیگر، کف پای گود که با سوپینیشن بیش از حد مفصل تحت قاپی همراه است، به دلیل سطح اتکای کمی که پا در حالت تحمل وزن نسبت به پای طبیعی دارد، ممکن است بر کنترل پاسچر تأثیر منفی داشته باشد (گاسکیویس، پرین، ۱۹۹۶: ۴۵). همچنین اختلال در بکارگیری بهینه راهبرد مچ پا و استفاده از راهبردهای حفظ تعادل در مفاصل پروگزیمال به اختلال در کنترل پاسچر بیانجامد. بنابراین کف پای صاف و گود ممکن است حین تحمل وزن ناپایدار باشند و کنترل پاسچر و تعادل را مختل کنند (کوب، تیس، جانسون، هگی، ۲۰۰۴: ۷۹).

### نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که میزان قوس طولی داخلی کف پا بر کنترل پاسچر تأثیرگذار است. قوس طولی داخلی کف پا میزان مطلوبی دارد که افزایش (کف پای گود) یا کاهش (کف پای صاف) آن می‌تواند باعث کاهش کنترل پاسچر نسبت به وضعیت کف پای طبیعی گردد.

مقایسه با افراد با ساختار پای نرمال باشد. داشتن ناحیه‌ی سطح تماس کمتر ممکن است به دو روش در کنترل پاسچر ایجاد اختلال کند: اول اینکه ساختار پای سوپینیت، مرکز فشار را در طی پرونیشن به سمت مدیال انتقال می‌دهد (یلفانی، امینی، رئیسی، ۲۰۱۵: ۱۴۳). پای گود از طریق محدودیت‌های فیزیولوژیکی در دامنه‌ی حرکتی مفصل ساب تالار و میدتارسال، محدود می‌شود و هیچ سازوکار حمایتی بین قسمت داخلی پا و صفحه فوت اسکن وجود ندارد. بازخورد اطلاعات حس عمقی طی حرکات مفصل نه تنها به اطلاعات حسی گیرنده‌های مفصلی (شامل لیگامان‌ها و کپسول مفصلی) بلکه به اطلاعات مختلف دریافتی از گیرنده‌های پوستی و گیرنده‌های مکانیکی عضلات نیز بستگی دارد (مارتین، مک پویل<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵: ۵۶۴). بنابراین احتمال دوم این است که گودی کف پا موجب کاهش اطلاعات حسی پوستی دریافتی از ساختار کف پا نسبت به افراد با کف پای نرمال می‌شود، زیرا ناحیه‌ی سراسری کمتری در سطح کف پای گود در ارتباط با صفحه فوت اسکن وجود دارد. این امر موجب سازوکار ضعیف‌تر کنترل پاسچر در افراد با ساختار پای گود می‌شود. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که فعالیت‌های سیستم‌های آوران حسی کف‌پایی برای نظام کنترل پاسچر مهم هستند (رابینز، گنگنون، دیز، کیس، هویت<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵: ۱۴۸۳). از طرف دیگر، ممکن است دلیل اختلاف بین افراد دارای کف پای صاف و طبیعی این باشد که صافی بیش از حد در قوس داخلی در افراد دارای کف پای صاف یک وضعیت بیش از حد متحرک<sup>۳</sup> را ایجاد می‌کند که متعاقباً سبب ایجاد دامنه‌ی بالاتری از فعالیت عضلات احاطه کننده و سیستم عصبی مشارکت کننده و ناپایداری پاسچرال می‌شود (اسپینک، فتوح آبادی، وی، هیل، لورد<sup>۴</sup>، ۲۰۱۱: ۶۸).

همچنین به نظر می‌رسد این افراد به دلیل وجود ناهنجاری، قادر به استفاده بهینه از راهبرد مچ پا برای کنترل پاسچر نیستند و با بکارگیری راهبردهای حفظ تعادل در مفاصل پروگزیمال، در کنترل پاسچر عملکرد

1. Martin, R. L., & McPoil, T. G

2. Robbins, J., Gangnon, R. E., Theis, S. M., Kays, S. A., Hewitt, A. L., & Hind, J. A.

3. hypermobile

4. Spink, M. J., Fotoohabadi, M. R., Wee, E., Hill, K. D., Lord, S. R., & Menz, H. B.

5. Sahrman, S

6. Bohannon, R. W.

## پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که کنترل پاسچر در حالت ایستا تحت تأثیر ساختار آناتومیکی پا می‌باشد و این تأثیر باید در موقعیت‌های کلینیکی و همچنین پژوهشی مورد توجه قرار گیرد. از این رو توصیه می‌شود محققانی که قصد مطالعه در زمینه کنترل پاسچر، تعادل و دیگر زمینه‌های مشابه را دارند، در کنار سایر مشخصه‌ها مانند سن، جنسیت، سطح فعالیت بدنی و غیره، نوع آناتومیکی پا را نیز به عنوان عاملی تأثیرگذار مد نظر قرار دهند.

## محدودیت‌ها

در این مطالعه محدودیت‌هایی وجود داشت که لازم است مورد توجه قرار گیرد. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به عدم شرکت دختران در این مطالعه و همچنین عدم ارزیابی تعادل پویا اشاره کرد. از این رو توصیه می‌شود تحقیقی با حضور هر دو جنس و روی کنترل پاسچر و تعادل پویا انجام شود.

## تشکر و قدردانی

محققان از همکاری کلیه افراد شرکت کننده در این طرح و مدیریت و کارکنان مدارس ابتدایی دانش و شهدای شهر نیک آباد جرقویه سفلی صمیمانه تشکر می‌نمایند.

## References

- Abdoli, B., Teymoori, M., Zamani Sani, S. H., Zeraatkar, M., Hovanloo, F. (2011). Relationship between Plantar longitudinal arches and Some Selected Motor Parameters in Children aging 11 to 14 years. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*, 7(3). (In Persian)
- Ackland, T. R., Elliott, B., & Bloomfield, J. (2009). *Applied anatomy and biomechanics in sport: Human Kinetics*.
- Arastoe, M., Zahednezhad, S. H., Arastoe, A., Negahban, H., & Goharpay, S. H. (2012). Measurement of ground reaction forces during walking toward the front and rear of the students with flexible flat foot. *J modern rehabilitation School of Medical Sciences*, 1(5), 1-7.
- Bohannon, R. W. (1997). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20—79 years: reference values and determinants. *Age and Ageing*, 26(1), 15-19.
- Burnfield, M. (2010). Gait Analysis: Normal and Pathological Function. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9: 353.
- Chinn, L., & Hertel, J. (2010). Rehabilitation of ankle and foot injuries in athletes. *Clinics in Sports Medicine*, 29(1), 157-167.
- Cobb, S. C., Tis, L. L., Johnson, B. F., & Higbie, E. J. (2004). The effect of forefoot varus on postural stability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 34(2), 79-85.
- Cote, K. P., Brunet, M. E., II, B. M. G., & Shultz, S. J. (2005). Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *Journal of Athletic Training*, 40(1), 41.
- Davis, I. S. (2004). How do we accurately measure foot motion? *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 34(9), 502-503.
- Frändin, K., Sonn, U., Svantesson, U., & Grimby, G. (1995). Functional balance tests in 76-year-olds in relation to performance, activities of daily living and platform tests. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 27(4), 231-241.
- Ghasemi v, rajabi r, alizade m h, dashti rostami k. (2012) Comparison of dynamic balance in men with different foot. *Journal of Sport Medicine*. 3 (1):5-20. (In Persian)
- Guskiewicz, K. M., & Perrin, D. H. (1996). Research and clinical applications of assessing balance. *Journal of Sport Rehabilitation*, 5, 45-63.
- Gutiérrez-Vilalú L, Massó-Ortigosa N, Costa-Tutusaus L, Guerra-Balic M. (2015). Reliability and Validity of the Footprint Assessment Method Using Photoshop CS5 Software. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 105(3), 226-232.
- Harrison, P. L., & Littlewoods, C. (2010). Relationship between pes planus foot type and postural stability. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*, 4(3), 21-4.
- Hertel, J., Gay, M. R., & Denegar, C. R. (2002). Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. *Journal of Athletic Training*, 37(2): 129.
- Kaufman, K. R., Brodine, S. K., Shaffer, R. A., Johnson, C. W., & Cullison, T. R. (1999). The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 27(5), 585-593.
- Martin, R. L., & McPoil, T. G. (2005). Reliability of ankle goniometric measurements: a literature review. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 95(6), 564-572.
- Nashner, L. M., Black, F. O., & Wall, C. (1982). Adaptation to altered support and visual conditions

- during stance: patients with vestibular deficits. *The Journal of Neuroscience*, 2(5), 536-544.
- Onodera, A. N., Sacco, I. C. N., Morioka, E. H., Souza, P. S., de Sá, M. R., & Amadio, A. C. (2008). What is the best method for child longitudinal plantar arch assessment and when does arch maturation occur? *The Foot*, 18(3), 142-149.
- Park, S. H., Lee, K., Lockhart, T., & Kim, S. (2011). Effects of sound on postural stability during quiet standing. *J Neuroeng Rehabil*, 8(1), 67-72.
- Paterno, M. V., Schmitt, L. C., Ford, K. R., Rauh, M. J., & Hewett, T. E. (2013). Altered postural sway persists after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *Gait & Posture*, 38(1), 136-140.
- Peterka, R. J., & Loughlin, P. J. (2004). Dynamic regulation of sensorimotor integration in human postural control. *Journal of Neurophysiology*, 91(1), 410-423.
- Razeghi, M., & Batt, M. E. (2002). Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait & Posture*, 15(3), 282-291.
- Riemann, B. L., Myers, J. B., & Lephart, S. M. (2002). Sensorimotor system measurement techniques. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 85.
- Robbins, J., Gangnon, R. E., Theis, S. M., Kays, S. A., Hewitt, A. L., & Hind, J. A. (2005). The effects of lingual exercise on swallowing in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(9), 1483-1489.
- Sahrman, S. (2002). "Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes". Elsevier Health Sciences Publication, chapter1, P: 1-3.
- Spink, M. J., Fotoohabadi, M. R., Wee, E., Hill, K. D., Lord, S. R., & Menz, H. B. (2011). Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(1), 68-75.
- Staheli LT, Chew DE, Corbett M. (1987). The longitudinal arch. *J Bone Joint Surg Am.*; 69(3):426-428.
- Tsai, L.-C., Yu, B., Mercer, V. S., & Gross, M. T. (2006). Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 942-953.
- Tsung, B. Y. S., Zhang, M., Fan, Y. B., & Boone, D. A. (2003). Quantitative comparison of plantar foot shapes under different weight-bearing conditions. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 40(6), 517-526.
- Williams Iii, D. S., McClay, I. S., & Hamill, J. (2001). Arch structure and injury patterns in runners. *Clinical Biomechanics*, 16(4), 341-347.
- Winter, D. A., Patla, A. E., & Frank, J. S. (1990). Assessment of balance control in humans. *Med Prog Technol*, 16(1-2), 31-51.
- Yalfani A, Amini Semiromi E, Raeisi Z. (2015). The Effect of Musculoskeletal Abnormalities of Pes Planus, Pes Cavus and Hallux Valgus on Postural Sways during Quiet Stance, *Journal of Sport Medicine*, 7(1): 143-162. (In Persian)