

## تقارن توزیع فشار کف پای و شاخص خط سیر مرکز فشار در دختران نوجوان فعال مبتلا به صافی کف پا: مطالعه مقطعی

زهره کریمی<sup>۱</sup>، علی فتاحی<sup>۲</sup>، محمدعلی آذربایجانی<sup>۳</sup>، علی شریف‌نژاد<sup>۴</sup>

### مقاله پژوهشی

### چکیده

**مقدمه:** پژوهش حاضر با هدف مقایسه تقارن توزیع فشار کف پای و شاخص خط سیر مرکز فشار (CPEI یا Center of Pressure Excursion Index) بین دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به ناهنجاری صافی کف پا انجام گردید.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه مقطعی بر روی ۳۴ نفر از دختران نوجوان فعال در محدوده سنی ۱۴ تا ۱۷ سال انجام شد. شرکت‌کنندگان به صورت در دسترس انتخاب شدند. به منظور ارزیابی و تعیین پای برتر و غیر برتر آزمودنی‌ها، از آزمون سقوط در حالت چشم بسته و پرسش‌نامه پای برتر Waterloo، جهت سنجش افت استخوان نایوکولار از روش Brody و برای ارزیابی متغیرهای توزیع فشار کف پای از دستگاه سنجش فشار کف پا استفاده گردید. توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk و مقایسه شاخص‌های توزیع فشار کف پای بین دو گروه با استفاده از آزمون Independent t در سطح معنی داری  $P < 0.05$  مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

**یافته‌ها:** اختلاف معنی داری بین دو گروه سالم و مبتلا به صافی کف پا در متغیرهای تقارن توزیع و بیشینه فشار وجود نداشت ( $P > 0.05$ )؛ در حالی که در شاخص‌های تقارن بیشینه فشار مناطق ده گانه، تنها تقارن اولین تارسال ( $P = 0.040$ ) و تقارن داخل پاشنه ( $P = 0.050$ )، بین دو گروه اختلاف معنی داری را نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** دختران نوجوان مبتلا به صافی کف پا از تقارن کمتری در نقاط متاتارس اول و داخل پاشنه نسبت به افراد سالم برخوردار بودند. همچنین، به دلیل تماس بیشتر سطح داخلی پای دختران نوجوان مبتلا به صافی کف پا با سطح زمین، میزان فشار وارد آمده به لبه داخلی پاشنه و متاتارس اول در آن‌ها نسبت به افراد سالم بیشتر می‌باشد، اما الگوی توزیع فشار کف پای و شاخص CPEI در هر دو گروه تا حدودی یکسان است و تفاوتی بین آن‌ها مشاهده نشد.

**کلیدواژه‌ها:** تقارن؛ توزیع فشار کف پای؛ شاخص خط سیر مرکز فشار؛ صافی کف پا؛ دختران نوجوان؛ فعال

**ارجاع:** کریمی زهره، فتاحی علی، آذربایجانی محمدعلی، شریف‌نژاد علی. تقارن توزیع فشار کف پای و شاخص خط سیر مرکز فشار در دختران نوجوان فعال مبتلا به صافی کف پا: مطالعه مقطعی. پژوهش در علوم توانبخشی، ۱۴۰۰؛ ۱۷: ۶۱-۵۳.

تاریخ چاپ: ۱۴۰۰/۴/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۱۵

(۳). در این عارضه، سر استخوان تالوس و نایوکولار به سمت داخل و پایین چرخیده و راستای مرکز گرانش به سمت داخل متمایل می‌شود که ممکن است موجب افزایش فشار بر روی بخش‌های پروگزیمال متاتارسالو فالانژیال (Metatarsophalangeal یا MTP) و انگشتان پا شود (۴). از طرف دیگر، در هنگام ایستادن بخش عمده‌ای از وزن بدن از طریق مفصل ساب‌تالار خلفی (Subtalar joint) به پاشنه یا انتقال داده می‌شود و بقیه آن از طریق دو مسیر کلی به جلوی پا منتقل می‌گردد (۲). از آنجایی که محور حرکتی تالوس به طرف داخل تمایل دارد، قسمت اعظم بار اعمال شده به پاشنه از طریق مفصل

### مقدمه

مچ پا آخرین سگمنت در انتهای زنجیره حرکتی و کف پا، مرز مشترک توزیع نیرو بین اندام تحتانی و زمین است که نقش بسزایی در جذب نیرو، توزیع فشار، حفظ تعادل و انتقال نیروهای پیش‌برنده دارد (۱). پا در مقایسه با سایر بخش‌های بدن، تغییرات ساختاری و عملکردی بیشتری را از خود نشان می‌دهد (۲). یکی از مهم‌ترین و متغیرترین ویژگی‌های ساختاری پا، کاهش ارتفاع قوس طولی داخلی هنگام تحمل وزن بدن است که اگر به مقدار غیر طبیعی اتفاق افتد، موجب بدشکلی در ساختار اسکلتی مچ پا و عارضه صافی کف پا می‌شود

- ۱- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- ۲- استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- ۳- استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- ۴- استادیار، گروه بیومکانیک و فناوری ورزشی، پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران

**نویسنده مسؤول:** علی فتاحی؛ استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Email: ali.fatahi@iauctb.ac.ir

تمرینات اصلاحی و طراحی تجهیزات پزشکی مناسب از جمله کفی طبی، ارتوز و پروتز در اختیار مربیان، کارشناسان و متخصصان علوم ورزشی و پزشکی قرار دهد. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، مقایسه تقارن توزیع فشار کف پای و شاخص CPEI بین دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به ناهنجاری صافی کف پا بود.

### مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع مقطعی و کاربردی بود که در بازه زمانی اسفند سال ۱۳۹۹ تا تیر سال ۱۴۰۰ از طریق فراخوان کانون‌های ورزشی و حرکات اصلاحی آموزش و پرورش منطقه ۶ تهران انجام شد. روش تحقیق به تأیید کارگروه اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی ایران رسید و کد اخلاق IR.SSRLREC.1400.1181 اخذ گردید. تمامی ملاحظات اخلاقی بر اساس دستورالعمل Helsinki رعایت شد. جامعه آماری پژوهش را دختران نوجوان فعال شهر تهران با محدوده سنی ۱۴ تا ۱۷ تشکیل دادند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G\*Power (G\*Power 3.1.9.7 freeware, University of Dusseldorf, Dusseldorf, Germany) تعیین گردید (۳۴ = حجم نمونه کل،  $\alpha = 0.05$ ،  $\beta = 0.87$  = اندازه اثر با در نظر گرفتن حداقل ۱۰ درصد احتمال ریزش) که در پیشینه مطالعه (۱۴، ۹) مورد تأیید بود. ۳۴ دختر نوجوان فعال (۱۸ نفر دارای کف پای صاف و ۱۶ نفر سالم) مطابق با معیارهای ورود و خروج از بین جامعه آماری به صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شدند. معیارهای ورود در دختران نوجوان مبتلا به صافی کف پا شامل داشتن کف پای صاف و میزان افت استخوان ناوی بیش از ۱۰ میلی‌متر بود (۱۶) که توسط پزشک ارتوپد و کارشناسان حرکات اصلاحی مورد بررسی قرار گرفت. وجود هرگونه آسیب تروماتیک، سابقه عمل جراحی و مشکلات ارتوپدی به ویژه در اندام تحتانی، ابتلا به بیماری‌های دیابت و ناراحتی‌های قلبی، مشکلات حاد بینایی و شنوایی و چاقی یا شاخص توده بدنی (Body mass index یا BMI) بیشتر از ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع به عنوان معیارهای خروج در نظر گرفته شد. فرایند اندازه‌گیری پس از تکمیل کردن فرم رضایت آگاهانه توسط پدر یا مادر شرکت‌کننده در ایستگاه‌های مشخص صورت گرفت. ابتدا وزن و قد آزمودنی‌ها به ترتیب با استفاده از ترازوی دیجیتال (مدل Bs101، شرکت سه‌سند، ایران) با دقت ۰/۵ کیلوگرم و قدسنج دیواری مثلثی (26SM، شرکت Seca، آلمان) با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید. این ابزارها قبل از انجام تحقیق کالیبره شدند. برای تعیین پای برتر و غیر برتر آزمودنی‌ها، از آزمون سقوط در حالت چشم بسته و پرسش‌نامه پای برتر Waterloo (۱۰) استفاده شد.

تقسیم‌بندی گروه‌های مبتلا به کف پای صاف و سالم، بر اساس سنجش میزان افت استخوان ناوی از طریق روش Bordy انجام شد (۱۶). ابتدا از آزمودنی درخواست شد تا روی صندلی بنشیند و پای خود را در حالت بی‌وزنی (به طوری که زاویه بین ران و زانو ۹۰ درجه باشد) و به صورت طبیعی قرار دهد (پا بدون تحمل وزن در تماس با زمین است). سپس زایده استخوان ناوی علامت‌گذاری و فاصله آن تا سطح زمین به وسیله کولیس دیجیتال (شرکت قامت پویان، ایران) با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد (شکل ۱، قسمت الف). مجدد از آزمودنی درخواست گردید تا بایستد و وزن خود را روی هر دو پا به طور مساوی تقسیم کند. در این حالت نیز فاصله بین برجستگی زایده استخوان ناوی تا سطح زمین اندازه‌گیری شد (شکل ۱، قسمت ب). جهت تعیین

تالوکالکانونوویکولار (Talocalcaneonavicular Joint یا TNJ) و در امتداد قوس طولی داخلی به متاتارسال اول تا سوم منتقل می‌شود و سپس به زمین می‌رسد (۵). از سوی دیگر، پرونیشن بیش از حد مچ پا در فاز استانس در هنگام راه رفتن، موجب تماس زودهنگام بخش داخلی کف پا با سطح زمین می‌شود که این امر دو عملکرد مهم مفصل مچ پا یعنی ۱. تطبیق کنترل شده پا با سطح زمین در هنگام راه رفتن و جذب و ۲. توزیع و انتقال مؤثر نیروی عکس‌العمل از زمین به مچ پا را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱). بنابراین، هرگونه بدشکلی و تغییر شکل در ساختار آناتومیکی مچ پا، ممکن است موجب اختلال در توزیع و انتقال نیرو در مفصل مچ پا و سایر بخش‌های اندام تحتانی شود (۴).

اندازه‌گیری توزیع فشار کف پای از روش‌های کمی و متداول جهت بررسی ناهنجاری‌های ساختاری و عملکردی مچ پا در شرایط استاتیک و دینامیک است (۶). یکی از شاخص‌های مهم قابل استخراج از خط سیر مرکز فشار (CPE یا CPE Index) در هنگام راه رفتن، شاخص CPEI است که جهت بررسی و ارزیابی دقیق اختلالات و ناهنجاری پا از جمله سوپینیشن و پرونیشن مورد استفاده قرار می‌گیرد (۷). در هنگام راه رفتن، نیروی عکس‌العمل زمین ابتدا به سطح زیرین پاشنه وارد می‌شود (۱). با ادامه فاز استانس و قرار گرفتن کامل کف پا روی زمین، مرکز فشار به سرعت از پشت پا به جلو منتقل می‌شود تا به انگشت شست برسد (۲). از طرف دیگر، حرکت پرونیشن پا در مرحله استانس راه رفتن امری ضروری است که موجب تعدیل و توزیع نیروهای تماسی وارد شده از سطح زمین به کف پا می‌شود (۸). در افراد مبتلا به صافی کف پا، میزان پرونیشن به دلیل کاهش ارتفاع قوس طولی داخلی و تغییر راستای آناتومیکی مفاصل مچ پا افزایش می‌یابد و در نتیجه، از میزان تحبذ منحنی مرکز فشار کاسته و از حالت طبیعی خارج می‌شود (۹). از این‌رو، بررسی و ارزیابی دقیق ناهنجاری‌های پا جهت اصلاح و پیشگیری از بروز اختلالات ساختاری و عملکردی در سایر بخش‌های اندام تحتانی و طراحی تجهیزات مناسب پزشکی مانند کفی، ارتوز و پروتز بسیار حایز اهمیت است (۴).

بر اساس یافته‌های به دست آمده از تحقیقات پیشین، صافی کف پا موجب تماس زودهنگام بخش داخلی کف پا با سطح زمین در فاز استانس راه رفتن می‌شود (۱۰) و الگوی دویدن پنجه-پاشنه در مقایسه با سایر الگوهای دویدن برای افراد دارای کف پای صاف مناسب‌تر است (۱۱). اغلب پژوهشگران اعتقاد دارند که ناهنجاری‌های مچ پا، نقش بسزایی در جذب، توزیع و انتقال فشارهای وارد آمده به کف پا دارد و بیشینه فشار کف پای در گروه مبتلا به صافی کف پا در قسمت داخلی پاشنه، انگشتان پا و سر متاتارس دوم و سوم بیشتر از افراد سالم است (۱۲، ۴). همچنین، به نظر می‌رسد متغیرهای جنسیت، سن و جرم بدن بر روی توزیع فشارهای کف پای افراد مؤثر (۱۳) و برتر یا غیر برتر بودن پا در این مسأله بی‌اثر می‌باشد (۱۴).

با وجود اهمیت و شناخت ناهنجاری‌های پا، مطالعات انجام شده در حوزه بررسی توزیع و CPE کف پای در گروه‌های سنی نوجوان، محدود و پراکنده است و اغلب محققان به مقایسه، تجزیه و تحلیل تقارن و توزیع فشار کف پای در بین افراد سالم و ورزشکار پرداخته‌اند (۱۵، ۱۴). لازم به ذکر است که عارضه کف پای صاف و پرونیشن در بین کودکان و نوجوانان بسیار شایع است (۹). از این‌رو، ارزیابی و مقایسه شاخص توزیع فشار کف پای و بررسی تقارن و CPEI در بین افراد مبتلا به ناهنجاری مچ پا و سالم، می‌تواند اطلاعات مناسبی برای پیشگیری از بروز آسیب و ناهنجاری در سایر بخش‌های بدن، ارایه برنامه

موفق از او به ثبت می‌رسید. سپس اطلاعات مربوط به توزیع فشار کف پای برای هر پا به ۱۰ ناحیه آناتومیکی حساس به فشار تقسیم شد و مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۲، قسمت الف). شاخص‌های بیشینه فشار (Kpa)، سطح تماس (cm<sup>2</sup>)، ایمپالس (Kpa) و بیشینه نیرو (Kpa) برای تمامی نقاط ده‌گانه توسط نرم‌افزار دستگاه بررسی و محاسبه گردید. اطلاعات دقیق نرم‌افزار دستگاه در سایت C:\Payatek\PT-ScanSuit قابل مشاهده است.

به منظور ارزیابی شاخص CPEI، فریم تجمیعی مربوط به اطلاعات کل توزیع فشار کف پای در فاز استانس مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا مطابق شکل ۲ (قسمت ب)، CPE و عرض پا (خط جداکننده یک سوم سطح جلوی پا از قسمت میانی) و خط Construction از اولین نقطه شروع منحنی مرکز فشار به نقطه انتهایی آن توسط نرم‌افزار PT-ScanSuit (شرکت پایافناوران فردوسی، ایران) ترسیم شد. مطابق قسمت ب در شکل ۲، خط AD جداکننده یک سوم قدامی از یک سوم میانی سطح پا می‌باشد. محل تقاطع خطوط AD و Construction، نقطه B و محل تقاطع خط AD و منحنی مرکز فشار نقطه C می‌باشد. فاصله بین محل تقاطع نقاط B و C محاسبه گردید و سپس برای محاسبه شاخص CPEI از رابطه ۱ (۱۸) استفاده شد.

$$\text{رابطه ۱. محاسبه شاخص CPEI: } \text{CPEI} = \text{BC}/\text{AD}$$

برای بررسی تقارن در شاخص‌های منتخب بین اندام برتر و غیر برتر از رابطه ۲ استفاده شد. در این رابطه، X2 متغیر پای برتر و X1 متغیر پای غیر برتر است. تقارن مطلوب بین دو پا با استفاده از شاخص تقارن مساوی با صفر مشخص می‌شود؛ چنانچه شاخص تقارن بیش از ۱۰ درصد باشد، بیانگر عدم تقارن بین متغیرهای پای برتر و غیر برتر می‌باشد. همچنین، علامت مثبت نشان دهنده بزرگ‌تر بودن متغیر در پای برتر و علامت منفی نشان دهنده بزرگ‌تر بودن متغیر در پای غیر برتر است (۱۴، ۱۵).

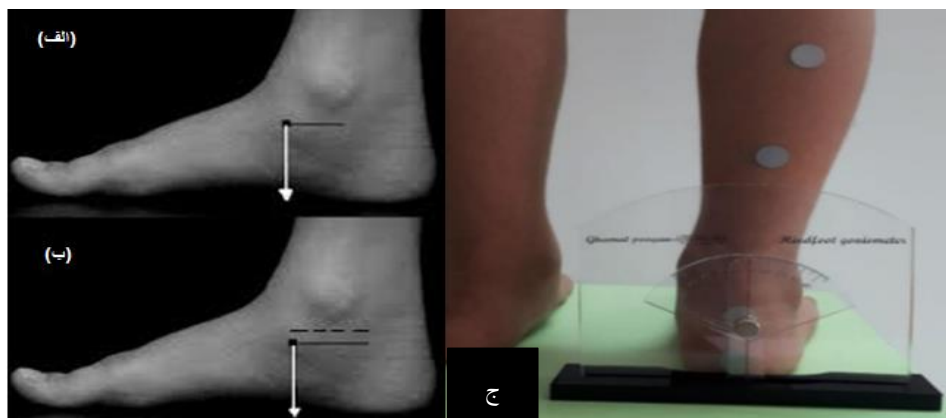
رابطه ۲. بررسی تقارن در بین دو اندام:

$$\text{SI} (\%) = 100 \times \frac{(X2 - X1)}{0.5 \times (X2 + X1)}$$

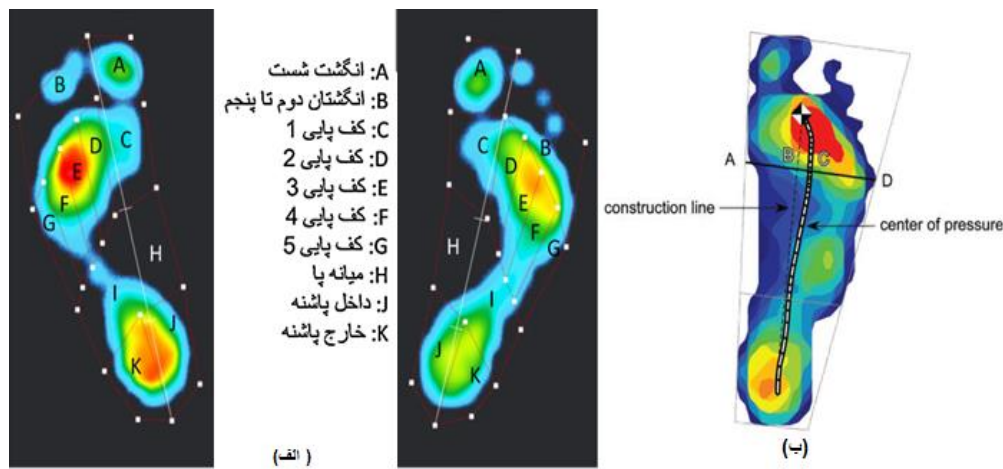
میزان افت استخوان ناوی، مقادیر اندازه‌گیری شده در حالت نشسته از حالت ایستاده کسر گردید. در صورتی که اختلاف اندازه این دو حالت بین ۵ تا ۹ میلی‌متر باشد، قوس کف پای فرد طبیعی و اگر ۱۰ میلی‌متر و بیشتر از آن باشد، فرد دارای کف پای صاف است (۱۶، ۱۷). علاوه بر این، صافی کف پا اغلب با اورژن بیش از حد پاشنه همراه است (۲)، به همین دلیل، جهت اطمینان بیشتر برای تشخیص عارضه کف پای صاف، پرونیشن میج پا از طریق اندازه‌گیری چرخش پاشنه (زاویه پشت پا) نیز مورد بررسی قرار گرفت؛ بدین صورت که در حالت ایستاده برجستگی خلفی استخوان پاشنه و راستای تاندون آشیل آزمودنی‌ها علامت‌گذاری گردید و سپس زاویه بین بازوی کوچک (در راستای پاشنه) و بازوی بزرگ‌تر (در راستای آشیل) با گونیامتر (شرکت قامت پویان، ایران) با دقت ۱ درجه اندازه‌گیری شد (شکل ۱، قسمت ج). همچنین، طول کف پا، از بلندترین انگشت پا تا انتهای پاشنه با کولیس اندازه‌گیری و ثبت گردید.

به منظور ارزیابی متغیرهای توزیع فشار کف پای، از سیستم ثبت فشار کف پا Foot Pressure Scanner (مدل PT-Scan4452F100، شرکت پایافناوران فردوسی، ایران) در ابعاد ۵۵ × ۶۴/۵ سانتی‌متر مربع و سطح فعال حسگری به مساحت ۴۱ × ۴۱ سانتی‌متر مربع با فرکانس ۵۰ هرتز، وضوح تصویر ۰/۰۷ سانتی‌متر مربع و دقت اندازه‌گیری فشار ۱۰ ± درصدی استفاده گردید. این دستگاه از یک صفحه با قاب فلزی تشکیل شده است که بر روی زمین و هموار با سطح نصب می‌شود. با ایستادن آزمودنی بر روی صفحه فلزی، اطلاعات توزیع فشار کف پای شخص در حالت ایستا و در حین گام برداشتن در حالت داینامیک توسط سیستم ثبت می‌گردد. این دستگاه دارای استاندارد ISO13485 و استاندارد ایمنی الکتریکی و نویز IEC60601 می‌باشد و روانی و پایایی آن پیش‌تر تأیید شده است (۱۸).

دستگاه در مسیری به طول ۶ متر قرار داده شد تا از هرگونه کاهش یا افزایش شتاب در آغاز و پایان فعالیت جلوگیری شود. ابتدا از آزمودنی‌ها درخواست شد تا چندین مرتبه به صورت طبیعی و با پای برهنه طول مسیر را به صورت آزمایشی جهت آشنایی با روش ارزیابی راه بروند. پس از شروع آزمون، از فرد درخواست گردید تا در مسیر مشخص شده با سرعت طبیعی راه برود. چنانچه فرد بدون تغییر در الگوی طبیعی راه رفتن، پای خود را در مرکز صفحه قرار می‌داد، این تکرار به عنوان تکراری



شکل ۱. نحوه نشستن فرد برای ثبت ارتفاع استخوان ناویکولار (الف)، نحوه اندازه‌گیری ارتفاع استخوان ناویکولار (ب)، خطوط مورد استفاده در محاسبه زاویه والگوس پاشنه (ج)



شکل ۲. نواحی ده‌گانه محاسبه فشار کف پا (الف)، راهنماها و شاخص‌های مورد استفاده در محاسبه Center of Pressure Excursion Index (CPEI) (ب)

پایی، تقارن بیشینه نیرو و تقارن بیشینه سطح تماس برای کل کف پا مشاهده نشد (جدول ۳) ( $P \geq 0/05$ ).

بر اساس یافته‌های به دست آمده از جدول ۴، در شاخص‌های تقارن بیشینه، فشار مناطق ده‌گانه فقط در تقارن استخوان تارسال اول بین دو گروه سالم و مبتلا به صافی کف پا اختلاف معنی‌داری را نشان داد ( $P = 0/04$ ). لازم به ذکر است که تقارن بیشینه فشار منطقه داخل پاشنه نیز تفاوت معنی‌داری داشت ( $P = 0/05$ ).

### بحث

هدف از انجام پژوهش حاضر، مقایسه تقارن توزیع فشار کف پای و شاخص CPEI بین دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به ناهنجاری صافی کف پا بود. نتایج نشان داد که هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در متغیرهای تقارن سطح تماس بخش پسین، میانه، پیشین و تقارن ایمپالس این نواحی در هنگام ایستادن بین دو گروه سالم و مبتلا به صافی کف پا وجود نداشت. همچنین، در هیچ‌کدام از متغیرهای تقارن بیشینه فشار کف پای کل، تقارن بیشینه نیروی کل و تقارن بیشینه سطح تماس کل نیز تفاوت دو گروه معنی‌دار نشد، اما در شاخص‌های تقارن بیشینه فشار مناطق ده‌گانه، بین متغیر تقارن اولین استخوان تارسال و تقارن داخل پاشنه دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به صافی کف پا اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید که احتمالاً به دلیل کاهش ارتفاع استخوان نای و چرخش سر استخوان تالوس به سمت داخل و پایین می‌باشد؛ چرا که این عوامل موجب تمایل راستای نیروی گرانش به لبه داخلی کف پا و چرخش پاشنه به سمت خارج خواهد شد (۱، ۳).

روش جمع‌آوری اطلاعات تحقیق به صورت میدانی بود. پروتکل جمع‌آوری داده‌ها در هر مرحله پس از آماده کردن آزمودنی‌ها به دقت بازبینی شد و تمامی موارد به طور کامل و در زمان تعیین شده اجرا گردید. برای بررسی توزیع داده‌ها از آزمون Shapiro-Wilk و جهت مقایسه شاخص‌های توزیع فشار کف پای بین دو گروه دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به صافی کف پا از آزمون Independent t در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ (IBM Corporation, Armonk, NY) استفاده شد.

### یافته‌ها

مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. ۱۸ نفر دختر نوجوان فعال مبتلا به صافی کف پا و ۱۶ نفر دختر نوجوان فعال سالم در پژوهش حاضر شرکت نمودند. تمام شرکت‌کنندگان مراحل تحقیق را به طور کامل طی کردند. نرمال بودن توزیع داده‌ها برای متغیرها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk تأیید شد ( $P > 0/05$ ). بر اساس مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها، دو گروه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ( $P > 0/05$ ); هرچند دختران مبتلا به صافی کف پا از BMI بیشتری نسبت به افراد سالم برخوردار بودند.

مطابق یافته‌های جدول ۲، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در متغیرهای تقارن توزیع فشار (تقارن سطح تماس ناحیه پسین، میانی و پیشین پا و تقارن ایمپالس آن‌ها) در هنگام ایستادن بین دو گروه سالم و مبتلا به کف پای صاف مشاهده نشد ( $P \geq 0/05$ ).

اختلاف معنی‌داری بین هیچ‌کدام از متغیرهای تقارن بیشینه فشار کف

جدول ۱. مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها در دو گروه دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به صافی کف پا

گروه	تعداد	سن (سال)	قد (متر)	وزن (کیلوگرم)	BMI (کیلوگرم بر مترمربع)
مبتلا به صافی کف پا	۱۸	$17/16 \pm 1/54$	$1/67 \pm 0/02$	$62/38 \pm 5/63$	$22/17 \pm 2/46$
سالم	۱۶	$16/70 \pm 1/16$	$1/67 \pm 0/02$	$56/30 \pm 6/06$	$20/67 \pm 2/50$
مقدار P تفاوت دو گروه		0/51	0/18	0/13	0/06

BMI: Body mass index

جدول ۲. مقایسه شاخص‌های تقارن توزیع فشار (سطح تماس و ایمپالس) بین دو گروه سالم و مبتلا به صافی کف پا

شاخص تقارن متغیر فشار (درصد)	ناحیه کف پا	گروه (تعداد)	میانگین $\pm$ انحراف معیار	T	درجه آزادی	مقدار P
سطح تماس	پسین	سالم (۱۶)	$1/74 \pm 0/46$	-0/59	31	0/56
		صافی کف پا (۱۸)	$-1/25 \pm 0/62$			
	میانه	سالم (۱۶)	$-9/29 \pm 2/16$	-1/55	31	0/13
ایمپالس	پیشین	سالم (۱۶)	$3/49 \pm 1/73$	1/72	30	0/09
		صافی کف پا (۱۸)	$-2/50 \pm 1/26$			
	پسین	سالم (۱۶)	$-4/94 \pm 1/16$	-0/83	31	0/41
	میانه	سالم (۱۶)	$-10/05 \pm 1/02$	-0/41	30	0/60
		صافی کف پا (۱۸)	$4/06 \pm 1/36$			
	پیشین	سالم (۱۶)	$2/42 \pm 0/53$	-0/12	32	0/91
	صافی کف پا (۱۸)	$2/85 \pm 1/36$				

بین افراد مبتلا به صافی کف پا و سالم مشاهده کردند، اما میزان پلانتر فلکشن مچ پا در فاز استانس راه رفتن در افراد مبتلا به صافی کف پا بیشتر از گروه سالم بود (۱۰) که احتمالاً این تغییر دامنه حرکتی به عنوان یک مکانیسم جبرانی جهت حفظ تعادل و تعدیل فشار و نیرو در حین راه رفتن به وجود آمده است (۲). افراد در شرایط خاص، به طور مثال بروز ناهنجاری، ضعف عضلات، اختلالات عصبی-عضلانی یا اختلاف طول در ساختار آناتومیکی استخوان، تمایلی سیستماتیک به سمت یک اندام پیدا می‌کنند که این امر موجب عدم تقارن و بروز مشکلات ثانویه در سایر بخش‌های بدن خواهد شد (۹، ۱۱، ۱۹). از طرف دیگر، انسان در سنین کودکی از عدم تقارن بالایی هنگام راه رفتن برخوردار است که با رسیدن به دوره جوانی، این عدم تقارن کاهش و مجدد با رسیدن به دوران کهنسالی، افزایش پیدا می‌کند (۳). Perttunen و همکاران (۱۹) و Lythgo و همکاران (۲۰) اعتقاد دارند که راه رفتن با سرعت‌های مختلف در نوجوانان سالم کاملاً متقارن است و توزیع فشار کف پای در نوجوانان دارای اختلاف طول پا در هنگام راه رفتن بین دو اندام نامتقارن است. از طرف دیگر، فرجاد پزشک و همکاران (۱۴) و معمار و همکاران (۱۵) پس از بررسی تقارن توزیع فشار کف پای در اندام برتر و غیر برتر ورزشکاران، دریافتند که اختلاف معنی‌داری در توزیع فشار کف پای بین دو اندام آزمودنی‌ها وجود دارد؛ به طوری که سطح تماس انگشت شست و سه انگشت آخر در پای برتر و پیشینه فشار بر روی نقاط متاتارس اول و دوم، انگشت شست و انگشتان سوم تا پنجم در پای غیر برتر بیشتر است که با یافته‌های بررسی حاضر مغایرت داشت که شاید به دلیل تفاوت در دامنه سنی، جنسیت، میزان فعالیت بدنی افراد و ابزار اندازه‌گیری باشد (۲۰، ۱۵).

اغلب پژوهشگران اعتقاد دارند که از نظر آناتومیکی در هنگام ایستادن بر روی دو پا، استخوان تالوس حدود ۵۰ درصد وزن بدن را تحمل می‌کند و از این میزان، حدود ۵۰ درصد آن از طریق مفصل ساب‌تالار به پاشنه و ۵۰ درصد بقیه از طریق دو مسیر به جلوی پا منتقل می‌شود (۴، ۳)؛ در حالی که بر اساس برخی منابع، پاشنه حدود ۲ تا ۳ برابر بیش از جلوی پا وزن بدن را دریافت می‌کند (۱) و گروهی دیگر معتقد هستند که پاشنه مشابه با جلوی پا، در تحمل وزن بدن مشارکت دارد (۲). بنابراین، دیدگاه‌های متفاوتی از نظر الگو و نحوه توزیع فشار کف پای در حالت ایستاده وجود دارد، اما بروز ناهنجاری و عارضه در ساختار آناتومیکی پا ممکن است موجب تغییراتی در جذب و توزیع انتقال فشار در کف پا شود (۱۲، ۶). نتایج مطالعات پیشین نشان داده است که افراد مبتلا به صافی کف پا، هنگام راه رفتن در مرحله تماس کف پا با زمین، قادر نیستند که به سرعت مفصل مچ پا را در هنگام جدا شدن پنجه پا از سطح زمین در راستای طبیعی خود نگه دارند و تمایل به تغییر جهت مرکز فشار به سمت لبه داخلی پا دارند و این عوامل موجب تغییراتی در شاخص‌های توزیع فشار کف پای و CPE خواهد شد (۹، ۶، ۳) که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت. همچنین، به اعتقاد برخی از پژوهشگران، بخش داخلی کف پای افراد مبتلا به صافی کف پا در فاز استانس راه رفتن سریع‌تر از افراد سالم با زمین برخورد می‌کند. در نتیجه، این عامل بر روی دو عملکرد ضروری پا شامل «تطبیق کنترل شده کف پا با سطح زمین در هنگام راه رفتن و انتقال مناسب نیروهای وارده شده بر مفاصل مچ پا» تأثیر می‌گذارد و ممکن است موجب توزیع نامناسب فشارهای کف پای و بروز مشکل در سایر بخش‌های اندام تحتانی شود (۱۳-۱۱). جهانی و جلاوند در مطالعه خود، اختلاف ناچیزی در شاخص‌های توزیع فشار کف پای

جدول ۳. مقایسه شاخص‌های تقارن پیشینه فشار، نیرو و سطح تماس کل کف پا بین دو گروه سالم و مبتلا به صافی کف پا

تقارن پیشینه متغیر کل کف پا (درصد)	گروه (تعداد)	میانگین $\pm$ انحراف معیار	T	درجه آزادی	مقدار P
فشار	سالم (۱۶)	$-2/27 \pm 1/06$	-0/06	29	0/95
	صافی کف پا (۱۸)	$-1/75 \pm 1/02$			
نیرو	سالم (۱۶)	$0/67 \pm 0/16$	-1/23	29	0/23
	صافی کف پا (۱۸)	$5/57 \pm 1/63$			
سطح تماس	سالم (۱۶)	$-2/19 \pm 1/73$	-0/35	29	0/73
	صافی کف پا (۱۸)	$-0/07 \pm 0/26$			

جدول ۴. مقایسه شاخص‌های تقارن بیشینه فشار منطقه‌ای (مناطق ده‌گانه) بین دو گروه سالم و مبتلا به صافی کف پا

تقارن بیشینه فشار برای منطقه (درصد)	گروه (تعداد)	میانگین $\pm$ انحراف معیار	T	درجه آزادی	مقدار P
تارس ۱	سالم (۱۶)	$۵/۳۴ \pm ۱/۱۶$	۲/۱۴	۳۱	۰/۰۴
	صافی کف پا (۱۸)	$-۴۳/۲۵ \pm ۱/۰۲$			
تارس ۲-۵	سالم (۱۶)	$۱۷/۲۹ \pm ۲/۱۶$	۱/۳۴	۳۲	۰/۱۹
	صافی کف پا (۱۸)	$-۲۰/۹۵ \pm ۱/۴۶$			
متاتارس ۱	سالم (۱۶)	$۹/۳۹ \pm ۱/۷۳$	۰/۹۰	۳۲	۰/۳۸
	صافی کف پا (۱۸)	$-۹/۴۰ \pm ۱/۲۶$			
متاتارس ۲	سالم (۱۶)	$-۱۵/۹۴ \pm ۱/۱۶$	-۱/۱۲	۳۲	۰/۲۷
	صافی کف پا (۱۸)	$۴/۲۵ \pm ۱/۰۲$			
متاتارس ۳	سالم (۱۶)	$۰/۷۹ \pm ۰/۱۶$	-۱/۷۱	۳۲	۰/۱۰
	صافی کف پا (۱۸)	$۲۶/۶۵ \pm ۱/۳۶$			
متاتارس ۴	سالم (۱۶)	$۱/۳۹ \pm ۰/۷۳$	-۰/۷۷	۳۲	۰/۴۵
	صافی کف پا (۱۸)	$۶/۴۰ \pm ۱/۳۶$			
متاتارس ۵	سالم (۱۶)	$۱۰/۳۴ \pm ۱/۱۶$	-۰/۱۰	۳۲	۰/۹۲
	صافی کف پا (۱۸)	$۱۳/۲۵ \pm ۱/۰۶$			
داخل بخش پیشین پا	سالم (۱۶)	$-۱۴/۷۹ \pm ۲/۱۶$	-۱/۶۷	۳۲	۰/۱۱
	صافی کف پا (۱۸)	$۱۷/۶۵ \pm ۲/۳۶$			
داخل پاشنه	سالم (۱۶)	$-۱۲/۳۹ \pm ۳/۷۳$	-۲/۰۱	۳۲	۰/۰۵
	صافی کف پا (۱۸)	$۶/۸۹ \pm ۱/۳۶$			
خارج پاشنه	سالم (۱۶)	$۰/۳۹ \pm ۱/۱۶$	۰/۲۳	۳۲	۰/۸۲
	صافی کف پا (۱۸)	$۰/۰۷ \pm ۰/۲۶$			

\* اختلاف معنی‌دار در سطح  $P \leq ۰/۰۵$ 

### پیشنهادها

با توجه به بررسی مطالعات انجام شده، پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آینده علاوه بر ارزیابی‌های ساختار مچ پا با توجه به همسان‌سازی شاخص‌های سن، جنسیت، قد، وزن، سطح فعالیت بدنی، نوع و مدل پا، میزان بدشکلی در هر سگمنت از مفاصل مچ پا و تأثیر برنامه‌های تمرینی و اصلاحی بر روی گروه‌های سالم و دچار عارضه نیز بررسی شود. پیشنهاد می‌گردد به دلیل تفاوت فیزیولوژیکی دختران و پسران، در پژوهش‌های آینده به بررسی الگوهای مختلف راه رفتن و دویدن در دو جنس با در نظر گرفتن مدل پا در گروه‌های سنی مختلف و در افراد دارای انواع ناهنجاری‌ها پرداخته شود. همچنین، اندازه‌گیری فعالیت الکتریکی عضلات اندام تحتانی به ویژه مچ پا، اندازه‌گیری نیروی عکس‌العمل زمین در راستاهای داخلی-خارجی و قدامی-خلفی در انواع مدل پا و الگوهای مختلف گام برداشتن ارزشمند خواهد بود.

### نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد دختران نوجوان مبتلا به صافی کف پا از تقارن کمتری در نقاط متاتارس اول و داخل پاشنه نسبت به افراد سالم برخوردار هستند. همچنین، به دلیل تماس بیشتر سطح داخلی پای دختران نوجوان مبتلا به صافی کف پا با سطح زمین، میزان فشار وارد شده به لبه داخلی و متاتارس اول در آن‌ها نسبت به افراد سالم بیشتر است، اما الگوی توزیع فشار کف پای و شاخص CPEI در هر دو گروه به نسبت یکسان است و تفاوتی بین آن‌ها مشاهده نمی‌شود. با این وجود، مطالعات و مستندات علمی بیشتری جهت تعمیم و کاربردی نتایج مورد نیاز است.

با وجود این که در تحقیق حاضر، دیدگاه و اختلاف نظرات متفاوتی در مورد توزیع فشار کف پای و تقارن شاخص‌های مرتبط با آن وجود داشت، اما بیشتر پژوهش‌ها اختلاف ناچیزی در متغیرهای تقارن توزیع فشار (مناطق ده‌گانه) بین افراد مبتلا به صافی کف پا و سالم گزارش کردند و دلیل عدم تقارن بین پای برتر و غیر برتر را بروز تغییرات بیومکانیکی به واسطه ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی، اختلاف طول در ساختار آناتومیکی استخوان و اختلالات عصبی-عضلانی دانستند (۱۵، ۱۴، ۵). از این‌رو، با در نظر گرفتن این که عارضه کف پای صاف اغلب با اورژن بیش از حد پاشنه همراه است و پاشنه نقش بسزایی در تحمل و انتقال وزن از بخش عقب پا به جلوی پا دارد، بروز هرگونه ناهنجاری در ساختار آناتومیکی مفاصل مچ پا، می‌تواند موجب عدم جذب و توزیع نامناسب نیروهای وارد شده از سطح زمین به مچ پا شود (۱۲، ۱۱، ۷). از طرف دیگر، به دلیل این که محور حرکتی استخوان قاپ نیز به سمت داخل تمایل دارد و قسمت بیشتر بار اعمال شده از طریق مفصل تالونابیکولار و در امتداد قوس طولی-داخلی به استخوان متاتارسال اول تا سوم منتقل می‌شود، صافی کف باعث می‌شود تا راستای مرکز گرانش به سمت داخل متمایل گردد و مقدار بیشینه فشار در قسمت داخلی بخش پیشین کف پا بیشتر شود (۱۲، ۹).

### محدودیت‌ها

از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به کوچک بودن حجم نمونه و انتخاب شرکت‌کنندگان از یک مرکز درمانی خاص اشاره کرد که تعمیم نتایج را محدود می‌کند.

محمدعلی آذربایجانی، زهرا کریمی

مسئولیت حفظ و یکپارچگی فرایند مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران: زهرا کریمی، علی فتاحی، علی شریف‌نژاد، محمدعلی آذربایجانی

### منابع مالی

مطالعه حاضر بر اساس تحلیل اطلاعات مستخرج از رساله مقطع دکتری تخصصی بیومکانیک ورزشی با کد اخلاق SSRI.REC-2107-1140 و بدون حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز تنظیم گردید. این دانشگاه در جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و گزارش آن‌ها، تنظیم دست‌نوشته و تأیید نهایی مقاله برای انتشار اعمال نظر نداشته است.

### تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند. دکتر علی فتاحی از سال ۱۳۹۸ به عنوان استادیار و دکتر محمدعلی آذربایجانی از سال ۱۳۸۰ به عنوان استاد تمام در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز و دکتر محمدعلی شریف‌نژاد از سال ۱۳۹۶ به عنوان استادیار در دانشگاه علوم پزشکی ایران به عنوان رئیس پژوهشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی مشغول به فعالیت می‌باشند. زهرا کریمی از سال ۱۳۹۷ دانشجوی مقطع دکتری تخصصی بیومکانیک ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز می‌باشد.

### تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از رساله دکتری تخصصی با کد اخلاق SSRI.REC-2107-1140، مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از آقای دکتر امیرعلی جعفرنژادگرو جهت مشاوره و در اختیار قرار دادن تجربیاتشان پیرو مطالعات صورت گرفته در حوزه مچ پا، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

### نقش نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی مطالعه: علی فتاحی، زهرا کریمی  
جذب منابع مالی برای انجام مطالعه: زهرا کریمی، علی فتاحی  
خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه: زهرا کریمی، علی فتاحی، علی شریف‌نژاد، محمدعلی آذربایجانی  
جمع‌آوری داده‌ها: زهرا کریمی  
تحلیل و تفسیر نتایج: علی فتاحی، زهرا کریمی  
خدمات تخصصی آمار: علی فتاحی، زهرا کریمی، محمدعلی آذربایجانی  
تنظیم دست‌نوشته: زهرا کریمی، علی فتاحی، علی شریف‌نژاد، محمدعلی آذربایجانی  
ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی: علی فتاحی، علی شریف‌نژاد، محمدعلی آذربایجانی، زهرا کریمی  
تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله: علی فتاحی، علی شریف‌نژاد،

### References

1. Hamill J, Knutzen K, Derrick TR. Biomechanical basis of human movement. 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams and Wilkins; 2009. p. 311-2.
2. Oatis CA. Kinesiology: The Mechanics and Pathomechanics of Human Movement. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins; 2009.
3. Dehghani M, Jaafarnejad A, Azizian N, Alavi Mehr SM. Effects of walking with internal and external attention on the balance and plantar pressure pattern in patients with low back pain. J Rehab Med 2019; 8(4): 227-35. [In Persian].
4. Buldt AK, Forghany S, Landorf KB, Murley GS, Levinger P, Menz HB. Centre of pressure characteristics in normal, planus and cavus feet. J Foot Ankle Res 2018; 11: 3.
5. Stamm SE, Chiu LZ. Calcaneal plantar flexion during the stance phase of gait. J Appl Biomech 2016; 32(2): 205-9.
6. Lee SY, Hertel J. Effect of static foot alignment on plantar-pressure measures during running. J Sport Rehabil 2012; 21(2): 137-43.
7. Putti AB, Arnold GP, Cochrane LA, Abboud RJ. Normal pressure values and repeatability of the Emed ST4 system. Gait Posture 2008; 27(3): 501-5.
8. Emami A, Hadadnezhad M, Svoboda Z, Abbasi A. Effect of technique correction protocol on hamstring muscle activity following fatigue protocol in patients with pronation. Jundishapur Sci Med J 2020; 19(1): 53-68. [In Persian].
9. Golchini A, Rahnama N, Lotfi Foroushani M. Effect of corrective exercises with a new approach on the isometric strength in people with pronation distortion syndrome. Journal of Paramedical Sciences and Rehabilitation 2021; 9(4): 41-60. [In Persian].
10. Jahani MR, Jalalvand A. A study to evaluate spatial, temporal, distance running parameters in man patients of flat foot. Beyhagh 2019; 24(4): 25-35. [In Persian].
11. Jafarnejadgero A, Ghane G, Valizadeh Orang A, Mokhtari Malek Abadi A. A comparison of planatar pressure variables during three differntrunning patterns in pronated feet individuals with and without low back pain. J Anesth Pain 2020; 11(3): 77-87. [In Persian].
12. Beinabaji H, Anbarian M, Sokhangouei Y. The effect of flat foot on lower limb muscles activity pattern and plantar pressure characteristics during walking. J Res Rehabil Sci 2012; 8(8Suppl):1328-41. [In Persian].

13. Zulkifli SS, Loh WP. A state-of-the-art review of foot pressure. *Foot Ankle Surg* 2020; 26(1): 25-32.
14. Farjad-Pezeshk A, Sadeghi H, Farzadi M. Comparison of plantar pressure distribution and vertical ground reaction force between dominant and non-dominant limb in healthy subjects using principle component analysis (PCA) technique. *J Rehab* 2013; 14(1): 91-102. [In Persian].
15. Memar R, Ghasempour H, Farjad Pezeshk SA, Shirazikhah M. the symmetry in the selected plantar pressure distribution parameters of the elderly subject with lower limb discrepancy (LLD). *Salmand Iran J Ageing* 2012; 7(3): 38-44. [In Persian].
16. Onodera AN, Sacco IC, Morioka EH, Souza PS, de Sa 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.
17. Nguyen AD, Shultz SJ. Sex differences in clinical measures of lower extremity alignment. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007; 37(7): 389-98.
18. Tohidinezhad F, Khorsand A, Zakavi SR, Rezvani R, Zarei-Ghanavati S, Abrishami M, et al. The burden and predisposing factors of non-communicable diseases in Mashhad University of Medical Sciences personnel: A prospective 15-year organizational cohort study protocol and baseline assessment. *BMC Public Health* 2020; 20(1): 1637.
19. Perttunen JR, Anttila E, Sodergard J, Merikanto J, Komi PV. Gait asymmetry in patients with limb length discrepancy. *Scand J Med Sci Sports* 2004; 14(1): 49-56.
20. Lythgo N, Wilson C, Galea MP. Gait symmetry in school-aged children and young adults whilst walking at slow, normal and fast speeds. *Proceedings of the 6<sup>th</sup> World Congress of Biomechanics (WCB 2010)*; 2010 Aug 1-6; Singapore.



## Symmetry of Plantar Pressure Distribution and Center of Pressure Excursion Index in Active Female Adolescents with Foot Pronation: Cross-Sectional Study

Zahra Koreili<sup>1</sup>, Ali Fatahi<sup>2</sup>, Mohammad Ali Azarbaijany<sup>3</sup>, Ali Sharifnezhad<sup>4</sup>

### Original Article

#### Abstract

**Introduction:** The purpose of the present study was to compare the symmetry of the distribution of plantar pressure and the center of pressure excursion index (CPEI) in active female adolescents with and without foot pronation disorder.

**Materials and Methods:** This cross-sectional study was conducted on 34 physically active female adolescents with and without foot pronation aging 14 to 17 years. The participants were included through convenient sampling. Dominant leg was determined using blindfolded fall test and Waterloo dominant leg questionnaire. Brody method and foot pressure measurement system were used to measure navicular bone position and plantar pressure distribution, respectively. Data distribution was determined by Shapiro-Wilk test and between-group comparison of parameters concerning plantar pressure distribution was conducted using independent t-test at the significance level of  $\alpha \leq 0.05$ .

**Results:** There was no significant difference in the symmetry of the distribution of plantar pressure and maximal plantar pressure between two groups ( $P > 0.05$ ); however, among the symmetry indices of decuple maximal plantar pressure zones, the maximal pressure at first metatarsus ( $P = 0.04$ ) and the medial heel ( $P = 0.05$ ) was significantly different between groups.

**Conclusion:** It seems that the symmetry at first metatarsus and medial heel was less in female adolescents with foot pronation disorders compared to that of healthy group. In addition, these girls showed higher pressures at medial heel and first metatarsus probably because of wider contact between the medial region of their foot and the ground. However, the pattern of distribution of plantar pressure and CPEI was almost the same in both groups without significant difference.

**Keywords:** Symmetry; Plantar pressure distribution; Center of pressure excursion index; Foot pronation; Female adolescents; Physically active

**Citation:** Koreili Z, Fatahi A, Azarbaijany MA, Sharifnezhad A. **Symmetry of Plantar Pressure Distribution and Center of Pressure Excursion Index in Active Female Adolescents with Foot Pronation: Cross-Sectional Study.** J Res Rehabil Sci 2021; 17: 53-61.

Received date: 04.04.2021

Accept date: 17.05.2021

Published: 06.07.2021

1- PhD Student, Department of Sports Biomechanics, School of Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Department of Sports Biomechanics, School of Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran

3- Professor, Department of Sports Physiology, School of Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran

4- Assistant Professor, Department of Sports Biomechanics and Technology, Sport Sciences Research Institute, Tehran, Iran

**Corresponding Author:** Ali Fatahi; Assistant Professor, Department of Sports Biomechanics, School of Physical Education and Sports Sciences, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran; Email: ali.fatahi@iauctb.ac.ir