

بررسی تأثیر ارتوز دارای حمایت قوس طولی بر توزیع فشار کف پا در افراد مبتلا به صافی کف پای قابل انعطاف

غلامرضا امینیان^{۱*}، محبوبه فرهودی^۲، زهرا صفائی پور^۳، عباس فرجادپزشک^۴

^۱ عضو گروه ارتوز و پروتز دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، ^۲ کارشناس ارشد رشته ارتوز و پروتز، جمعیت هلال احمر شهرستان ری، ^۳ دانشجوی دکتری مهندسی پزشکی گرایش بیومکانیک، عضو گروه ارتوز و پروتز دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، ^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش بیومکانیک ورزش، دانشگاه تربیت معلم تهران.

*نویسنده پاسخگو: آدرس: تهران، اوین، بلوار دانشجو، خیابان کودکان، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، گروه ارتوز و پروتز.
Email: gholamrezaaminian@yahoo.com

چکیده

مقدمه: عارضه صافی کف پا می تواند باعث عوارض و یا درد در مفاصل فوقانی تر و همچنین برهم خوردن توزیع فشار کف پا در بیماران گردد. کفی دارای حمایت قوس طولی یکی از روش های درمانی رایج جهت کاهش عوارض ناشی از این ناهنجاری می باشد که ممکن است با بهبود قوس طولی کف پا به توزیع طبیعی تر فشارهای کف پا یی کمک نماید. هدف: هدف از انجام این مطالعه بررسی توزیع فشارهای کف پای در افراد مبتلا به صافی کف پای قابل انعطاف و تأثیر ارتوزهای دارای حمایت قوس طولی بر توزیع فشار کف پای بود.

مواد و روش ها: مطالعه از نوع شبه تجربی بوده و جامعه در دسترس شامل ۱۲ پسر مبتلا به صافی قابل انعطاف کف پا دو طرفه با محدوده سنی بین ۱۸ تا ۲۸ سال بودند که برای اندازه گیری فشار کف پا از کفی اندازه گیری فشار کف پا با نام تجاری پدار استفاده گردید. سخت افزار این سیستم شامل ۵ سائز مختلف کفی متشکل از ۹۹ سنسور می باشد. آزمون در هر مرحله با ۳ دور پیمودن مسیر مستقیم ۹ متری و با سرعت معمولی در فرکانس ۵۰ هرتز در دو مرحله راه رفتن با کفش و راه رفتن با کفی پیش ساخته با قوس طولی داخلی انجام پذیرفت.

یافته ها: استفاده از کفی سبب کاهش معنادار فشار در ناحیه داخلی پاشنه و افزایش معنادار فشار در ناحیه میانی پا نسبت به کفش شد. حداکثر نیرو با استفاده از کفی در ناحیه پاشنه کاهش یافته و در ناحیه میانی داخلی پا افزایش یافت. همچنین سطح تماس در ناحیه میانی-داخلی پا با استفاده از کفی طبی در مقایسه با کفش به طور چشمگیری افزایش پیدا کرد. بحث: نتایج این مطالعه نشان دهنده آن است که کفی سبب انتقال فشار از سایر نواحی مجاور شامل پاشنه و جلوی پا به ناحیه میانی پا می گردد که با نتایج سایر مطالعات سازگار است و کاهش فشار معنادار در ناحیه پاشنه با استفاده از ارتوز آن را تایید می نماید که ممکن است نشان دهنده عملکرد کفی در جبران عمل از دست رفته قوس طولی در این دفورمیتی باشد.

کلید واژه: کف پای صاف قابل انعطاف، کفی دارای قوس طولی داخلی، توزیع فشار کف پای

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۶

مقدمه

تأثیر ارتوزهای دارای حمایت قوس طولی بر توزیع فشار کف پای در این افراد بود.

مواد و روش‌ها

مطالعه از نوع شبه تجربی بوده و جامعه در دسترس شامل ۱۲ پسر مبتلا به صافی قابل انعطاف کف پا بودند. مقادیر میانگین و انحراف معیار متغیرهای زمینه‌ای نمونه‌ها به ترتیب برابر با سن 22.25 ± 1.54 سال، وزن 72.9 ± 6.05 کیلوگرم و قد 178 ± 3.95 سانتی‌متر بود.

در ابتدا هدف کلی و روش انجام مطالعه برای افراد شرح داده شد. در صورت تمایل فرد به شرکت در مطالعه، معاینات لازم انجام پذیرفت. معیارهای انتخاب افراد در این مطالعه صافی کف پای انعطاف پذیر در هر دو پا، محدوده سنی بین ۱۸ تا ۲۸ سال، دامنه حرکتی و قدرت عضلات طبیعی، عدم وجود صدمات تروماتیک و یا صدمات ناشی از استرس‌های مکرر طی حداقل ۶ ماه گذشته، عدم سابقه جراحی استخوان در اندام تحتانی، عدم وجود اختلالات عصبی یا هرگونه پاتولوژی در پا که باعث تغییر الگوی راه رفتن شود و عدم وجود اختلاف طول در اندام تحتانی و پا بود (۲ و ۴ و ۵ و ۱۲ و ۱۳).

تشخیص صافی کف پای قابل انعطاف دو طرفه افراد، از طریق گرفتن تست تشخیصی افتادگی نایکولار^I و همچنین اندازه‌گیری زاویه ایورژن پاشنه توسط گونیامتر، انجام گردید (۱۴).

سپس اطلاعات مورد نیاز از طریق سؤالات حضوری و پرسش‌نامه توسط آزمونگر ثبت گردید. جهت انجام آزمون از سیستم اندازه‌گیری فشار کف پا با نام تجاری پدار^{II} استفاده شد (۳-۱۵ و ۵). سخت‌افزار این سیستم شامل ۵ سائز مختلف کفی است که هر یک دارای ۹۹ حسگر خازنی بوده و داخل کفش قرار می‌گیرد و فشارهای وارده را اندازه‌گیری می‌کند. بخش دیگر سخت‌افزار جعبه انتقال اطلاعات بوده که داده‌های اندازه‌گیری شده را به روش بی‌سیم به کامپیوتر مخابره می‌کند (شکل ۱). نرم‌افزار دستگاه که توسط شرکت سازنده آن (Novel) طراحی و ارائه شده است قابلیت کالیبره کردن سنسورها، انتقال، ذخیره و نمایش فشارهای وارده شده بر حسگرها را در راه رفتن دارد. روایی و پایایی این سیستم در مطالعات پیشین ثابت شده است (۱۶).

عارضه صافی کف پای انعطاف پذیر شرایطی است که در آن قوس طولی کف پا هنگام تحمل وزن کاهش یافته و یا از بین می‌رود. عملکرد اصلی قوس طولی کف پا جذب و توزیع نیروهای اعمالی به کف پا می‌باشد. در پی کاهش یا از بین رفتن قوس طولی، توزیع فشار کف پای دچار اختلال شده و نیروها به بافت‌های عمقی تر و مفاصل بالاتر وارد می‌شود و منجر به عوارضی نظیر درد در مفصل بالاتر می‌شود. براساس مطالعات، شیوع صدماتی مانند دررفتگی مچ پا و یا سندروم درد پتلوفمورال در زنان در افراد دچار این عارضه بیشتر است (۱-۳). در این راستا لدوکس و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی توزیع نیرو و فشار در مناطق مختلف پا با استفاده از صفحه اندازه‌گیری فشار در افراد دچار صافی پرداختند. براساس نتایج این مطالعه در افراد مبتلا به صافی کف پا میزان نیرو به ترتیب زیر ناحیه پاشنه، انگشت شست، سر اولین، دومین، سومین، چهارمین و پنجمین استخوان متاتارس بیشتر از افراد سالم بود (۴). همچنین کوئین و همکاران نشان دادند که در افراد دچار صافی کف پا در مقایسه با افراد با قوس پای طبیعی میزان سطح تماس و حداکثر نیرو در ناحیه میانی پا بیشتر است (۵).

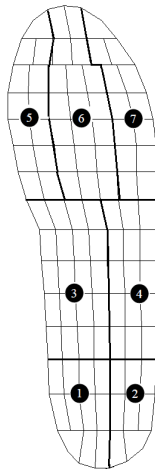
یکی از روش‌های درمانی رایج جهت کاهش عوارض ناشی از این ناهنجاری استفاده از کفی دارای حمایت قوس طولی می‌باشد. براساس مطالعات ارتز با بهبود قوس طولی کف پا منجر به توزیع طبیعی تر فشارهای موضعی در کف پا می‌شود (۶ و ۷).

دموند و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر ارتوزهای پیش‌ساخته و سفارشی دارای قوس طولی را در افراد دچار صافی کف پا مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد استفاده از ارتوزها سبب افزایش سطح تماس در ناحیه میانی پا می‌گردد. براساس این مطالعه کفی همچنین منجر به افزایش فشار در ناحیه میانی پا و کاهش فشار در ناحیه جلو و عقب پا گردید (۸).

تعیین توزیع فشارهای کف پا می‌تواند اطلاعات مفیدی را برای ارزیابی تأثیر اختلال ایجاد شده پا و تأثیر انواع ارتوزهایی درمانی فراهم آورد (۹ و ۱۱). با توجه به این امر که مطالعات محدودی در زمینه تأثیر ارتوزها بر روی الگوی توزیع فشار در افراد مبتلا به صافی کف پا صورت گرفته است، هدف از انجام این مطالعه بررسی توزیع فشار کف پای در افراد مبتلا به صافی کف پای قابل انعطاف و

^I Navicular drop test

^{II} Pedar



شکل ۳: تقسیم‌بندی پا به ۷ منطقه آناتومیکی

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۸ انجام شد. پس از بررسی توزیع نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^{II}، آزمون تی مستقل جهت مقایسه میانگین مقادیر حداکثر فشار، نیرو و سطح تماس در دو حالت مورد بررسی انجام شد. در تمامی آزمون‌های مورد نظر، سطح معناداری کمتر از ۰.۰۵ معنی‌دار محسوب شد.

یافته‌ها

مقادیر میانگین و انحراف معیار متغیرها شامل حداکثر فشار، حداکثر نیرو و سطح تماس به اختصار در جدول ۱ بیان شده‌است. نتایج نشان داد که استفاده از کفی سبب کاهش معنادار فشار در ناحیه داخل پاشنه و افزایش معنادار فشار در ناحیه میانی پا نسبت به کفش شد ($P < 0.05$). از نظر حداکثر نیرو در نواحی میانی-داخلی پا و پاشنه اختلاف معناداری بین دو حالت کفش و کفی طبی وجود داشت به گونه‌ای که حداکثر نیرو با استفاده از کفی در ناحیه پاشنه کاهش یافته و در ناحیه میانی داخلی پا افزایش می‌یافت ($P < 0.05$). نتایج همچنین نشان داد که سطح تماس در ناحیه میانی-داخلی پا با استفاده از کفی طبی در مقایسه با کفش به طور چشمگیری افزایش پیدا کرد ($P < 0.05$).



شکل ۱: بخش سخت‌افزاری دستگاه پدار

جهت آشنایی آزمودنی با آزمون، یک مرحله تست به صورت تمرینی به مدت ۳ دقیقه به همراه مجموعه پدار در یک مسیر ۹ متری از فرد گرفته شد. آزمون در دو مرحله راه رفتن با کفش و راه رفتن با کفی و کفش انجام شد. برای اجتناب از اختلاف در کفش شرکت‌کنندگان، از کفش‌های بند دار با سایز مناسب، سبک و با پاشنه سرتاسری در طی آزمون استفاده شد. کفی استفاده شده در این مطالعه کفی پیش‌ساخته با قوس طولی داخلی بوده که از دولایه سخت‌تر EVA^I در زیر و لایه نرم‌تر چرمی به عنوان لایه رویی تشکیل شده است (شکل ۲). آزمون در هر مرحله با ۳ دور پیمودن مسیر مستقیم ۹ متری و با سرعت معمولی با فرکانس ۵۰ هرتز انجام پذیرفت. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها کف پا به هفت منطقه آناتومیکی شامل ناحیه داخل و خارج پاشنه، ناحیه میانی-داخلی پا، ناحیه میانی-خارجی پا، ناحیه داخل جلوی پا، ناحیه میانی جلوی پا و ناحیه خارج جلوی پا تقسیم‌بندی شد (شکل ۳). پارامترهای محاسبه شده در هر ناحیه شامل حداکثر فشار (کیلوپاسکال)، حداکثر نیرو (نیوتن بر کیلوگرم) و سطح تماس (سانتی‌متر مربع) بود.



شکل ۲: کفی دارای حمایت قوس طولی

^{II} Kolmogorov Smirnov

^I Ethylene vinyl acetate

جدول ۱: مقادیر میانگین و انحراف معیار حداکثر فشار (کیلوپاسکال)، نیرو (نیوتن بر کیلوگرم) و سطح تماس (سانتی‌متر) در نواحی هفت گانه پا

مناطق	ارتز دارای حمایت قوس طولی	کفش	سطح معناداری	
داخل پاشنه	فشار	۱۱۰.۷±۲۵.۱۹	۱۳۷.۲±۲۲.۹۶	*.۰.۲۴
	نیرو	۲.۹۷۷±۰.۷۸۹	۳,۸۰۲ ± ۰,۷۷۰	*.۰.۲۹
	سطح تماس	۱۹.۴±۳.۰۶۵	۲۰.۲۴±۱.۱۳۸	۰.۴۵۶
خارج پاشنه	فشار	۱۱۴.۸±۲۸.۰۱	۱۱۹.۵±۲۷.۱۷	۰.۷۱۰
	نیرو	۲.۲۲۶±۰.۶۸۹	۲.۳۵۹±۰.۶۴۹	۰.۶۶۳
	تماس سطح	۱۴.۴۲±۱.۰۴۷	۱۴.۳۸±۱.۱۲۴	۰.۹۳۹
میانی-داخلی پا	فشار	۵۲.۰۴±۱۹.۷۲	۲۶.۹۸±۱۴.۲۰	*.۰.۰۴
	نیرو	۲.۴۰۳±۱.۱۸۰	۱.۰۳۹±۰.۸۶۵	*.۰.۱۱
	تماس سطح	۲.۴۰۳±۱.۱۸۰	۱.۰۳۹±۰.۸۶۵	*.۰.۱۱
میانی-خارجی پا	فشار	۸۰.۲۷±۱۷.۷۷	۶۰.۲۶±۱۳.۸۵	*.۰.۱۷
	نیرو	۲.۹۵۱±۰.۸۴۸	۲.۲۵۶±۰.۶۳۱	۰.۰۶۶
	سطح تماس	۲۶.۹۷±۱.۸۴۲	۲۷.۲۲±۱.۴۵۶	۰.۷۳۷
داخل جلوی پا	فشار	۱۶۰.۲±۳۱.۰۹	۱۱۳.۹±۳۶.۱۸	۰.۱۷۷
	نیرو	۴.۹۹۱±۱.۱۷۴	۴.۴۰۱±۱.۳۹۷	۰.۳۲۰
	سطح تماس	۲۳.۱۹±۱.۵۰۲	۲۲.۴۸±۱.۸۹۰	۰.۳۷۰
میانی جلوی پا	فشار	۱۱۰.۱±۲۵.۶۶	۱۰۹,۶ ± ۲۸,۰۵	۰.۴۵۸
	نیرو	۴.۳۹۳±۱.۳۰۸	۴,۶۴۹±۱.۳۵۲	۰.۶۷۲
	سطح تماس	۳۲.۱۳±۲.۱۰۹	۳۱.۰۰±۲,۸۸۸	۰.۳۳۱
خارج جلوی پا	فشار	۷۳.۹۷±۱۶.۴۶	۷۹.۸۱±۲۳.۱۱	۰.۵۲۳
	نیرو	۲.۳۵۷±۰.۵۸۹	۲.۵۷۹±۰.۸۵۹	۰.۵۱۰
	سطح تماس	۲۴.۵۵±۱.۶۷۲	۲۳.۲۲±۱,۸۲۷	۰.۰۸۹

بحث

هدف از انجام این مطالعه بررسی تاثیر کفی دارای حمایت قوس طولی بر توزیع فشار در افراد دچار صافی کف پا بود. براساس نتایج در ناحیه پاشنه ارتوز دارای حمایت قوس طولی در مقایسه با کفش سبب کاهش حداکثر فشار و نیرو شد. برخی محققین بر این باورند که این عملکرد کفی به دلیل وجود دو مکانیسم شامل قوس و بخش

فرورفته دربرگیرنده پاشنه^۱ می باشد. بنابراین این کفی با قرارگیری بر روی بافت نرم زیر پاشنه به خوبی نواحی استخوانی پاشنه را پوشش داده و همچنین استخوان کالکانئوس را در موقعیت بهتری نسبت به قبل قرار می‌دهد (۱۷ و ۱۰). ضمن اینکه وجود قوس طولی داخلی در این ارتوز ممکن است باعث انتقال فشارها از ناحیه پاشنه به سمت ناحیه میانی پا شود. که نتایج حاصل از

^۱ Heel cup

پژوهش با نتایج حاصل از مطالعه ردmond (۲۰۰۹) هنگام استفاده از ارتوز دارای حمایت قوس طولی مغایرت دارد. براساس نتایج این محقق کفی با افزایش میزان فشار و مدت زمان بارگذاری در ناحیه میانی پا، زمان بارگذاری در ناحیه جلوی پا را کاهش می‌دهد در نتیجه فشار و نیرو از ناحیه داخل جلوی پا به سمت میانی پا انتقال می‌یابد. علت این تفاوت در نتایج را می‌توان به دلیل استفاده از ارتوز سفارشی‌ساز در مطالعه مورد نظر و استفاده از ارتوز پیش‌ساخته در مطالعه حاضر توضیح داد (۸). تسونگ (۲۰۰۴) بیان کرده‌است که اگر ارتوز به صورت سفارشی‌ساز ساخته‌شود و دارای یک قوس طولی متناسب با پای فرد باشد، فشار را از ناحیه پاشنه و جلوی پا به ناحیه میانی پا انتقال می‌دهد (۱۸). این احتمال وجود دارد که اندازه قوس داخلی ارتوز استفاده‌شده در مطالعه حاضر به حدی نبوده‌است که باعث انتقال فشار از ناحیه داخل جلوی پا به سمت ناحیه میانی پا شود.

نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن هدف این مطالعه که اندازه‌گیری فشار وارد بر کف پا در دو حالت استفاده از کفش و بدون پوشیدن ارتوز و استفاده از کفش به همراه ارتوز دارای حمایت قوس طولی و مقایسه نتایج حاصل از هر آزمون با یکدیگر بود مشاهده‌شد که در ناحیه پاشنه ارتوز دارای حمایت قوس طولی به طور معناداری فشار را کاهش داده‌است، درحالی‌که در قسمت ناحیه میانی پا ارتوز به طور معناداری فشار را افزایش داد. با توجه به نتایج به دست‌آمده می‌توان تصور نمود که ارتوز دارای حمایت قوس طولی سبب انتقال فشار از نواحی با فشار بالا به ناحیه میانی در پای صاف می‌گردد و در واقع عملکرد از دست رفته قوس طولی را در این دفورمیتی جبران می‌کند.

مطالعات تسونگ (۲۰۰۴) و ردmond (۲۰۰۹) آن را تایید می‌نماید (۱۸و۸).

این درحالی‌است که نتایج حاصل از مطالعه نوپک (۱۹۹۳) تفاوت معناداری را در کاهش فشارها با استفاده از کفی در ناحیه پاشنه نشان‌داد (۱۹) که تفاوت ساختاری کفی استفاده‌شده شامل تفاوت در میزان انحنای قوس ارتوز و میزان عمق بخش در برگیرنده پاشنه می‌تواند علت این تناقض باشد.

نتایج این مطالعه نشان‌داد که کفی در مقایسه با کفش سبب افزایش فشار، نیرو و سطح تماس در ناحیه میانی داخل پای آزمودنی‌ها می‌گردد. این امر نشان‌دهنده آن است که کفی سبب انتقال فشار از سایر نواحی مجاور شامل پاشنه و جلوی پا به ناحیه میانی پا می‌گردد که از نتایج سایر مطالعات تبعیت می‌نماید. ردmond و باس پیشنهادکردند که کفی دارای حمایت قوس طولی به دلیل ایجاد قوس طولی داخلی پا سبب انتقال نیرو از نواحی مجاور به ناحیه میانی می‌گردد. افزایش سطح تماس در این ناحیه توسط کفی در مقایسه با کفش نیز این امر را تأیید می‌کند که کفی در ایجاد قوس عملکرد موثری دارد (۱۰و۸).

نتایج نشان‌داد که شاخص میانگین حداکثر فشار در خارج ناحیه میانی پای آزمودنی‌ها نیز با استفاده از کفی افزایش یافته‌است که به دلیل هدف اصلی کفی یعنی اصلاح پرونیشن و انتقال بار به سمت خارج پا می‌باشد. در حالی که نتایج با مطالعه چن (۲۰۱۰) هم‌راستا است (۱۲) ولی با برخی مطالعات مانند ردmond (۲۰۰۹) متفاوت است (۸). لازم به ذکر است نحوه تقسیم‌بندی ناحیه میانی پا در سایر مطالعات متفاوت است به گونه‌ای که یا ناحیه میانی به صورت کلی به عنوان یک ناحیه ارزیابی‌شده و یا تنها ناحیه داخلی میانی پا مورد بررسی قرار گرفته‌است (۸).

همچنین براساس نتایج، شاخص میانگین حداکثر فشار در سه ناحیه جلوی پای آزمودنی‌ها در دو حالت با کفی و کفش تقریباً یکسان بود. نتایج به دست‌آمده در این

منابع

1. Franco AH. Pes cavus and pes planus: analyses and treatment. *Physical Therapy*. 1987;67(5):688-94.
2. Lee MS, Vanore JV, Thomas JL, Catanzariti AR, Kogler G, Kravitz SR, et al. Diagnosis and treatment of adult flatfoot. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2005;44(2):78-113.
3. Chuckpaiwong B, Nunley JA, Mall NA, Queen RM. The effect of foot type on in-shoe plantar pressure during walking and running. *Gait & Posture*. 2008;28(3):405-11.
4. Ledoux WR, Hillstrom HJ. The distributed plantar vertical force of neutrally aligned and pes planus feet. *Gait & Posture*. 2002;15(1):1-9.

5. Queen RM, Mall NA, Nunley JA, Chuckpaiwong B. Differences in plantar loading between flat and normal feet during different athletic tasks. *Gait & Posture*. 2009;29(4):582-6.
6. Landorf KB, Keenan A-M. Efficacy of foot orthoses: what does the literature tell us? *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2000; 90 (3):149-58.
7. Hsu JD, Michael JW, Fisk JR. *AAOS Atlas of orthoses and assistive devices*. Forth ed: Mosby; 2008.
8. Redmond AC, Landorf KB, Keenan A-M. Contoured, prefabricated foot orthoses demonstrate comparable mechanical properties to contoured, customised foot orthoses: a plantar pressure study. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2009;2(20).
9. Wong L, Hunt A, Burns J, Crosbie J. Effect of foot morphology on Center-of-Pressure excursion during barefoot walking. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2008;98(2):112-7.
10. Bus SA, Ulbrecht JS, Cavanagh PR. Pressure relief and load redistribution by custom-made insoles in diabetic patients with neuropathy and foot deformity. *Clinical Biomechanics*. 2004;19(6):629-38.
11. Chen H, Nigg B, Koning J. Relationship between plantar pressure distribution under the foot and insole comfort. *Clinical Biomechanics*. 1994;9(6):335-41.
12. Chen Y-C, Lou S-Z, Huang C-Y, Su F-C. Effects of foot orthoses on gait patterns of flat foot patients. *Clinical Biomechanics*. 2010;25(3):265-70.
13. Leung A, Mak A, Evans J. Biomechanical gait evaluation of the immediate effect of orthotic treatment for flexible flat foot. *Prosthetics and Orthotics International*. 1998; 22(1):25-34
14. Mueller M, Host J, Norton B. Navicular drop as a composite measure of excessive pronation. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 1993;83(4):198-202.
15. Putti A, Arnold G, Abboud R. Foot pressure differences in men and women. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2010;16(1):21-4.
16. Ramanathan AK, Kiran P, Arnold GP, Wang W, Abboud RJ. Repeatability of the Pedar-X® in-shoe pressure measuring system. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2010;16(2):70-3.
17. Stacoff A, Quervain IK-d, Dettwyler M, Wolf P, List R, Ukello T, et al. Biomechanical effects of foot orthoses during walking. *The Foot*. 2007;17(3):143-53.
18. Tsung BYS, Zhang M, Mak AFT, Wong MWN. Effectiveness of insoles on plantar pressure redistribution. *Journal of Rehabilitation Research & Development*. 2004;41(6A): 767-74.
19. Novick A, Stone J, Birke J, Brasseaux D, Broussard J, Hoard A, et al. Reduction of plantar pressure with the rigid relief orthosis. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 1993;83(3):115-22.