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

غلامرضا امینیان[1*]، محبوبه فرهودی[2]، زهرا صفائی‌پور[3]، عباس فرجادپزشک[4]

[1]عضو گروه ارتوز و پروتز دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، [2]کارشناس‌ارشد رشتهٔ ارتوز و پروتز، جمعیت هلال احمر شهرستان ری، [3]دانشجوی دکتری مهندسی پزشکی گرایش بیومکانیک، عضو گروه ارتوز و پروتز دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، [4]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گرایش بیومکانیک ورزش، دانشگاه تربیت معلم تهران.

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

چکیده

مقدمه: عارضهٔ صافی کف‌پا می‌تواند باعث عوارض و یا درد در مفاصل فوقانی‌تر و همچنین برهم‌خوردن توزیع فشار کف پا در بیماران گردد. کفی دارای حمایت قوس طولی یکی از روش‌های درمانی رایج جهت کاهش عوارض ناشی از این ناهنجاری می‌باشد که ممکن است با بهبود قوس طولی کف‌پا به توزیع طبیعی‌تر فشارهای کف‌پا یی کمک نماید.

هدف: هدف از انجام این مطالعه بررسی توزیع فشارهای کف‌پایی در افراد مبتلا به صافی کف‌پای قابل‌انعطاف و تاثیر ارتوزهای دارای حمایت قوس طولی بر توزیع فشار کف‌پایی بود.

مواد و روش‌ها: مطالعه از نوع شبه‌تجربی بوده و جامعه در دسترس شامل ۱۲ پسر مبتلا به صافی قابل‌انعطاف کف پا دو طرفه با محدودهٔ سنی بین ۱۸ تا ۲۸ سال بودند که برای اندازه‌گیری فشار کف پا ازکفی اندازه‌گیری فشار کف‌پا با نام تجاری پدار استفاده‌گردید. سخت‌افزار این سیستم شامل ۵ سایز مختلف کفی متشکل از ۹۹ سنسور می‌باشد. آزمون در هر مرحله با ۳ دور پیمودن مسیر مستقیم ۹ متری و با سرعت معمولی در فرکانس ۵۰ هرتز در دو مرحله راه‌رفتن با کفش و راه‌رفتن با کفی پیش‌ساخته با قوس طولی داخلی انجام‌پذیرفت.

یافته‌ها: 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 پیداکرد.

بحث: نتایج این مطالعه نشان‌دهنده آن است که کفی سبب انتقال فشار از سایر نواحی مجاور شامل پاشنه و جلوی پا به ناحیه میانی پا می‌گردد که با نتایج سایر مطالعات سازگار است و کاهش فشار معنادار در ناحیهٔ پاشنه با استفاده از ارتوز آن‌را تایید می‌نماید که ممکن است نشان‌دهنده عملکرد کفی در جبران عمل از دست‌رفته قوس طولی در این دفورمیتی باشد.

کلید واژه:کف پای صاف قابل‌انعطاف، کفی دارای قوس طولی داخلی، توزیع فشار کف پایی

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۱/۲۶
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۳/۶

مقدمه

عارضهٔ صافی کف‌پای انعطاف‌پذیر شرایطی است که در آن قوس طولی کف‌پا هنگام تحمل وزن کاهش‌یافته و یا از بین می‌رود. عملکرد اصلی قوس طولی کف‌پا جذب و توزیع نیروهای اعمالی به کف پا می‌باشد. در پی کاهش یا ازبین‌رفتن قوس طولی، توزیع فشار کف‌پایی دچار اختلال‌شده و نیروها به بافت‌های عمقی‌تر و مفاصل بالاتر وارد می‌شود و منجر به عوارضی نظیر درد در مفصل بالاتر می‌شود. براساس مطالعات، شیوع صدماتی مانند دررفتگی مچ‌پا و یا سندروم درد پتلوفمورال در زانو در افراد دچار این عارضه بیشتراست (۱-۳). در این راستا لدوکس و همکاران (۲۰۰۲) به بررسی توزیع نیرو و فشار در مناطق مختلف پا بااستفاده از صفحه اندازه‌گیری فشار در افراد دچار صافی پرداختند. براساس نتایج این مطالعه در افراد مبتلا به صافی کف‌پا میزان نیرو به ترتیب زیر ناحیهٔ پاشنه، انگشت شست، سر اولین، دومین، سومین، چهارمین و پنجمین استخوان متاتارس بیشتر از افراد سالم بود (۴). همچنین کوئین و همکاران نشان‌دادند 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 کف‌پا منجر به توزیع طبیعی‌تر فشارهای موضعی درکف‌پا می‌شود (۶و۷).

دموند و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر ارتوزهای پیش‌ساخته و سفارشی دارای قوس طولی را در افراد دچار صافی کف پا مورد مقایسه قراردادند. نتایج نشان‌داد استفاده از ارتوزها سبب افزایش سطح تماس در ناحیهٔ 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 کف‌پا می‌تواند اطلاعات مفیدی را برای ارزیابی تأثیر اختلال ایجادشده پا و تأثیر انواع ارتوزهایی درمانی فراهم‌آورد (۵و۹-۱۱). با توجه به این امر که مطالعات محدودی در زمینهٔ تأثیر ارتوزها بر روی الگوی توزیع فشار در افراد مبتلا به صافی کف‌پا صورت گرفته‌است، هدف از انجام این مطالعه بررسی توزیع فشار کف‌پایی در افراد مبتلا به صافی کف‌پای قابل‌انعطاف و تاثیر ارتوزهای دارای حمایت قوس طولی بر توزیع فشار کف پایی در این افراد بود.

مواد و روش‌ها

مطالعه از نوع شبه‌تجربی بوده و جامعه در دسترس شامل ۱۲ پسر مبتلا به صافی قابل‌انعطاف کف‌پا بودند. مقادیر میانگین و انحراف معیار متغیرهای زمینه‌ای نمونه‌ها به ترتیب برابر با سن ۱.۵۴±۲۲.۲۵ سال، وزن ۶.۰۵±۷۲.۹ کیلوگرم و قد ۳.۹۵±۱۷۸ سانتی‌متر بود.

در ابتدا هدف کلی و روش انجام مطالعه برای افراد شرح داده‌شد. در صورت تمایل فرد به شرکت در مطالعه، معاینات لازم انجام‌پذیرفت. معیارهای انتخاب افراد در این مطالعه صافی کف‌پای انعطاف‌پذیر در هر دو پا، محدودهٔ سنی بین ۱۸ تا ۲۸ سال، دامنهٔ حرکتی و قدرت عضلات طبیعی، عدم‌وجود صدمات تروماتیک و یا صدمات ناشی از استرس‌های مکرر طی حداقل ۶ ماه گذشته، عدم‌سابقهٔ جراحی استخوان در اندام‌تحتانی، عدم‌وجود اختلالات عصبی یا هرگونه پاتولوژی در پا که باعث تغییر الگوی راه‌رفتن شود و عدم‌وجود اختلاف طول در اندام تحتانی و پا بود (۲و۴و۵و۱۲و۱۳).

تشخیص صافی کف‌پای قابل‌انعطاف دو طرفه افراد، از طریق گرفتن تست تشخیصی افتادگی ناویکولار[I] و همچنین اندازه‌گیری زاویهٔ ایورژن پاشنه توسط گونیامتر، انجام‌گردید (۱۴).

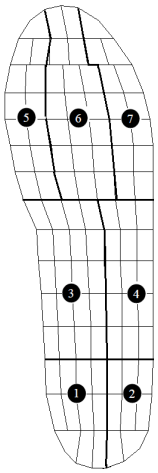
سپس اطلاعات مورد نیاز از طریق سؤالات حضوری و پرسش‌نامه توسط آزمونگر ثبت‌گردید. جهت انجام آزمون از سیستم اندازه‌گیری فشار کف‌پا با نام تجاری پدار[II] استفاده‌شد (۳-۵و۱۵). سخت‌افزار این سیستم شامل ۵سایز مختلف کفی است که هر یک دارای ۹۹ حسگر خازنی بوده و داخل کفش قرار می‌گیرد و فشارهای وارده را اندازه‌گیری می‌کند. بخش دیگر سخت‌افزار جعبه انتقال اطلاعات بوده که داده‌های اندازه‌گیری‌شده را به روش بی‌سیم به کامپیوتر مخابره می‌کند (شکل ۱). نرم‌افزار دستگاه که توسط شرکت سازندهٔ آن (Novel) طراحی و ارائه‌شده‌است قابلیت کالیبره‌کردن سنسورها، انتقال، ذخیره و نمایش فشارهای واردشده بر حسگرها را در راه‌رفتن دارد. روایی و پایایی این سیستم در مطالعات پیشین ثابت شده‌است (۱۶).

[I] Navicular drop test
[II] Pedar

شکل ۱: بخش سخت‌افزاری دستگاه پدار

جهت آشنایی آزمودنی با آزمون، یک مرحله تست به صورت تمرینی به مدت ۳ دقیقه به همراه مجموعهٔ پدار در یک مسیر ۹ متری از فرد گرفته‌شد. آزمون در دو مرحله راه‌رفتن با کفش و راه‌رفتن با کفی و کفش انجام‌شد. برای اجتناب از اختلاف در کفش شرکت‌کنندگان، از کفش‌های بند دار با سایز مناسب، سبک و با پاشنهٔ سرتاسری در طی آزمون استفاده‌شد. کفی استفاده‌شده در این مطالعه کفی پیش‌ساخته با قوس طولی داخلی بوده که از دولایه سخت‌ترEVA[I] در زیر و لایه نرمتر چرمی به عنوان لایه رویی تشکیل‌شده‌است (شکل ۲). آزمون در هر مرحله با ۳ دور پیمودن مسیر مستقیم ۹ متری و با سرعت معمولی با فرکانس ۵۰ هرتز انجام‌پذیرفت. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها کف پا به هفت منطقه آناتومیکی شامل ناحیه داخل و خارج پاشنه، ناحیهٔ میانی- داخلی پا، ناحیه میانی-خارجی پا، ناحیه داخل جلوی پا، ناحیهٔ میانی جلوی پا و ناحیه خارج جلوی پا تقسیم‌بندی شد (شکل ۳). پارامترهای محاسبه‌شده در هر ناحیه شامل حداکثر فشار (کیلوپاسکال)، حداکثر نیرو (نیوتن بر کیلوگرم) و سطح تماس (سانتی‌مترمربع) بود.

شکل۲: کفی دارای حمایت قوس طولی



شکل ۳: تقسیم‌بندی پا به ۷ منطقه آناتومیکی

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۸ انجام‌شد. پس از بررسی توزیع نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف[II]، آزمون تی‌مستقل جهت مقایسهٔ میانگین مقادیر حداکثر فشار، نیرو و سطح تماس در دو حالت مورد بررسی انجام‌شد. 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 نشان‌داد 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 وجوداشت به گونه‌ای که حداکثر نیرو با استفاده از کفی در ناحیه پاشنه کاهش‌یافته و در ناحیه میانی داخلی پا افزایش می‌یافت ($P<0.05$). نتایج همچنین نشان‌داد که سطح تماس در ناحیه میانی-داخلی پا با استفاده از کفی طبی در مقایسه با کفش به طور چشمگیری افزایش پیداکرد ($P<0.05$).

[I] Ethylene vinyl acetate

[II] Kolmogrov Smirnov

جدول ۱: مقادیر میانگین و انحراف‌معیار 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	*۰.۰۲۴
	نیرو	۲.۹۷۷±۰.۷۸۹	۳,۸۰۲ ± ۰,۷۷۰	*۰.۰۲۹
	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	*۰.۰۰۴
	نیرو	۲.۴۰۳±۱.۱۸۰	۱.۰۳۹±۰.۸۶۵	*۰.۰۱۱
	تماس سطح	۲.۴۰۳±۱.۱۸۰	۱.۰۳۹±۰.۸۶۵	*۰.۰۱۱
میانی-خارجی پا	فشار	۸۰.۲۷±۱۷.۷۷	۶۰.۲۶±۱۳.۸۵	*۰.۰۱۷
	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 کف‌پا 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[I]، می باشد. بنابراین این کفی با قرارگیری بر روی بافت نرم زیر پاشنه به خوبی نواحی استخوانی پاشنه را پوشش‌داده و همچنین استخوان کالکانئوس را در موقعیت بهتری نسبت به قبل قرار می‌دهد (۱۰و۱۷). ضمن اینکه وجود قوس طولی داخلی در این ارتوز ممکن است باعث انتقال فشارها از ناحیهٔ پاشنه به سمت ناحیه میانی پا شود. که نتایج حاصل از

[I] Heel cup

مطالعات تسونگ (۲۰۰۴) و ردموند (۲۰۰۹) آن را تایید می‌نماید (۸و۱۸).

این درحالی‌است که نتایج حاصل از مطالعهٔ نویک (۱۹۹۳) تفاوت معناداری را در کاهش فشارها با استفاده از کفی در ناحیه پاشنه نشان‌نداد (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. ردموند 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 تائید می‌کند که کفی در ایجاد قوس عملکرد موثری دارد (۸و۱۰).

نتایج نشان‌داد که شاخص میانگین حداکثر فشار در خارج ناحیهٔ 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 ردموند (۲۰۰۹) متفاوت است (۸). لازم به ذکراست نحوه تقسیم‌بندی ناحیه میانی پا در سایر مطالعات متفاوت است به گونه‌ای که یا ناحیهٔ میانی به صورت کلی به عنوان یک ناحیه ارزیابی‌شده و یا تنها ناحیه داخلی میانی پا مورد بررسی قرارگرفته‌است (۸).

همچنین براساس نتایج، شاخص میانگین حداکثر فشار در سه ناحیهٔ جلوی پای آزمودنی‌ها در دو حالت با کفی و کفش تقریباً یکسان بود. نتایج به دست‌آمده در این پژوهش با نتایج حاصل از مطالعهٔ ردموند (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 ناحیهٔ میانی پا، زمان بارگذاری در ناحیهٔ جلوی پا را کاهش می‌دهد در نتیجه فشار و نیرو از ناحیهٔ داخل جلوی پا به سمت میانی پا انتقال می یابد. علت این تفاوت در نتایج را می‌توان به دلیل استفاده از ارتوز سفارشی‌ساز در مطالعهٔ مورد نظر و استفاده از ارتوز پیش‌ساخته در مطالعهٔ حاضر توضیح‌داد (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 ناحیهٔ پاشنه و جلوی پا به ناحیهٔ میانی پا انتقال می‌دهد (۱۸). این احتمال وجود دارد که اندازهٔ قوس داخلی ارتوز استفاده‌شده در مطالعه حاضر به حدی نبوده‌است که باعث انتقال فشار از ناحیهٔ داخل جلوی پا به سمت ناحیهٔ میانی پا شود.

نتیجه‌گیری

با درنظرگرفتن 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 مقایسهٔ نتایج حاصل از هر آزمون با یکدیگر بود مشاهده‌شد که در ناحیهٔ پاشنه ارتوز دارای حمایت قوس طولی به طور معناداری فشار را کاهش داده‌است، درحالی‌که در قسمت ناحیهٔ 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.

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 feet 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, Ukelo 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.