

بررسی تاثیر روش‌های مختلف ساخت AFO با استفاده از توزیع فشار در افراد بزرگسال سالم

وحیده مرادی^۱، مجتبی کامیاب^{۲*}، مینا آروین^۳، غلامرضا امینیان^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته ارتز و پروتز-دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه تهران، ^۲ استادیار- عضو هیئت علمی دانشگاه تهران،
^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته ارتز و پروتز- دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه تهران، ^۴ عضو هیئت علمی دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، گروه ارتز و پروتز

*نویسنده پاسخگو: آدرس: تهران، بلوار میرداماد، میدان مادر، خیابان شاه نظری، دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه تهران، گروه ارتز و پروتز،
Email: m-kamyab@tums.ac.ir

چکیده

مقدمه: AFO ها در درمان و کنترل تعداد زیادی از دفورمیتی موثر هستند. این ارتوزها به دو روش مختلف پیش ساخته و ساخته شده از قالب پای فرد ساخته می شوند، هزینه و زمان ساخت کمتر در AFO های پیش ساخته باعث شده است که امروزه تمایل ارتزیست ها و بیماران در استفاده از این ارتوزها افزایش یابد و این در حالی است که شاید تاثیر بیومکانیکی این دو ارتوز یکسان نباشد، بنابراین مقایسه بیومکانیکی این دو روش ساخت AFO و آگاهی از نتایج آن می تواند در تجویز ارتوز مناسب برای بیماران مفید باشد.

هدف: هدف از این مطالعه بررسی تاثیر دو روش ساخت مختلف AFO با استفاده از توزیع فشار در افراد بزرگسال سالم می باشد.

مواد و روش ها: در این مطالعه جهت اندازه گیری و ثبت حداکثر فشار در سطح پلانتار بین پا و AFO از دستگاه پدار استفاده شد. ۲۴ فرد شرکت کننده ۸ متر مسیر راه رفتن را تحت دو شرایط با هر کدام از دو نوع AFO طی کردند.

یافته ها: مقدار میانگین حداکثر فشار در مناطق پاشنه ($P<0,004$)، متاتارس اول ($P<0,001$) و دوم ($P<0,003$) هنگام پوشیدن AFO ساخته شده از قالب پای فرد در مقایسه با AFO پیش ساخته به طور معناداری کاهش یافت. اما در مناطق انگشت دوم ($P<0,027$) و انگشت ۳-۵ ($P<0,003$) این مقدار در AFO پیش ساخته نسبت به AFO ساخته شده از قالب پای فرد به طور معناداری کاهش یافته بود، در سایر مناطق اختلاف بین دو ارتوز معنادار نبود.

بحث و نتیجه گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که تفاوت معناداری در حداکثر فشار در هنگام پوشیدن بین دو ارتوز ساخته شده با روش های مختلف وجود دارد در نتیجه، هنگام تجویز ارتوز در نظر گرفتن این مناطق و نوع بیماری از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد و حتی الامکان از تجویز ارتوزها به جز موارد مذکور باید اجتناب کرد.

کلید واژه: Ankle foot orthosisI، توزیع فشار، راه رفتن

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۶/۲۰

¹ Ankle foot orthosis

مقدمه

حرکات پاتولوژیکال مجموعه مچ و پا به عنوان یک مشکل اصلی در توانبخشی بسیاری از بیماری‌ها به عنوان مثال سکتة مغزی، اختلالات عضلانی و ضایعات نخاعی وجود دارد. AFO ها وسایل کلینیکی هستند که برای برگرداندن حرکات نرمال و یا جلوگیری از حرکات ابنورمال در درمان اختلالاتی که عملکرد عضلات را در ناحیه مچ پا تحت تأثیر قرار می‌دهند استفاده می‌شوند (۴-۱). علاوه بر آن در نوروپاتی محیطی مانند دیابت برای کاهش فشارهای پلانتار نیز تجویز می‌شوند (۵). گرچه آماری در خصوص میزان تجویز AFO در کشور ایران موجود نمی‌باشد، اما نظر صاحب نظران ارتوپدی فنی حاکی از آنست که AFO ها حدود بیست و پنج درصد تمامی ارتوزها را در بر می‌گیرند. به طور معمول این ارتوزها برای کنترل حرکات و موقعیت مچ، جبران ضعف یا تصحیح دفورمیتی به کار می‌روند (۶). در تمرینات کلینیکی، AFO ها برای درمان مشکلات مربوط به گیت استفاده می‌شوند (۹-۷).

علی‌رغم تاثیر وسایل ارتوزی هزینه آن‌ها می‌تواند برای بسیاری از بیماران سنگین باشد، به خصوص ارتوزهای ساخته شده از قالب پای بیمار که هزینه‌ای معادل چند برابر ارتوزهای پیش ساخته دارند، با توجه به اینکه سیستم بیمه در ایران نیز اغلب شامل هزینه وسایل ارتوزی نمی‌شود، زمان و هزینه ساخت کمتر در AFO های پیش ساخته باعث شده است که امروزه تمایل ارتوزیست‌ها یا بیماران برای استفاده از این نوع AFO ها افزایش یابد، اگر چه ممکن است به علت روش ساخت این ارتوزها که به صورت انبوه و در سایزهای مختلف و بدون قالب گیری از پای بیمار می‌باشد این AFO ها تناسب و تطابق کامل با پای بیمار نداشته باشند (۱۰) و در نتیجه از توانایی کافی برای کنترل حرکات مورد نظر در پای بیمار برخوردار نباشند، بنابراین آگاهی از عملکرد AFO ها خیلی مهم می‌باشد و باعث شده است تعداد زیادی از مطالعات کلینیکی (به عنوان مثال گیت آنالیز) و مطالعات مکانیکال را به خود اختصاص دهند، بررسی‌های گذشته نشان می‌دهد اکثر این مطالعات بر روی ارزیابی عملکرد گیت بیماران و یا بر روی تاثیر AFO بر توانایی بیمار برای راه رفتن تمرکز کرده اند و با وجود مطالعات گسترده‌ای که AFO را از جنبه‌های مختلف و پارامترهای گوناگون بررسی کرده است اما تاکنون در هیچ یک از این مطالعات AFO ها از نظر روش ساخت ارزیابی نشده اند.

مطالعات گذشته، اگرچه در زمینه AFO انجام نشده است ولی نشان می‌دهند که روش‌های مختلف ساخت ارتوز باعث اختلاف بین ارتوزها با توجه به مناطق سطح تماس آن‌ها با بدن می‌شود (۱۱). بررسی مطالعات گذشته حاکی از آن است که اندازه گیری فشارهای پلانتار به طور فزاینده‌ای در کاربردهای کلینیکی و تحقیقاتی برای مقایسه الگوی راه رفتن گروه‌های کلینیکی مختلف (۱۲)، ارزیابی اثرات کفش‌ها (۱۴ و ۱۳)، ارزیابی بیماری‌هایی نظیر دیابت (۱۵) و روماتوئید آرتریت، (۱۶، ۱۷) مداخلات ارتوزی (۱۸) و جراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد، بررسی توزیع فشار AFO در اختلالات مختلف در مطالعات گذشته مورد بررسی قرار گرفته است (۱۹ و ۱۸)، اما در هیچ مطالعه‌ای اختلاف توزیع فشار AFO ها با توجه به روش ساخت آن‌ها مورد ارزیابی قرار نگرفته است، بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی دو روش ساخت مختلف AFO با استفاده از توزیع فشار آن‌ها در افراد بزرگسال سالم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه نمونه‌ها به صورت ساده و در دسترس از افراد بزرگسال با پای سالم انتخاب شدند، پیش از انجام آزمون اصلی ابتدا مراحل و اهداف آزمون برای هر فرد توضیح داده شد و فرم رضایت توسط شرکت کنندگان بصورت داوطلبانه تکمیل گردید. اطلاعات مورد نیاز از طریق سوالات حضوری و پرسش‌نامه و معاینات بالینی جمع‌آوری شد. در نهایت ۲۴ فرد که شرایط ورود به مطالعه را داشتند (۱۲ نفر خانم و ۱۲ نفر آقا) در این مطالعه شرکت کردند. میانگین سنی آن‌ها 48.7 ± 24.7 سال بود که در دامنه سنی ۱۹ تا ۳۴ قرار گرفتند. افراد سالم در صورت دارا بودن شرایط زیر از مطالعه خارج شدند: سابقه ابتلا به نارسایی عروقی (۲۱ و ۲۰)، سایر بیماری‌های اسکلتی عضلانی و نورولوژیک (۲۲ و ۲۱)، داشتن ترومای اندام تحتانی و جراحی (۲۲)، داشتن اختلاف طول دو اندام و دفورمیتی‌های پا (۲۳ و ۲۲).

ساخت ارتز

در این بررسی از ارتوز بدون حرکت در ناحیه مچ پا که به دو روش مختلف ساخته شد، استفاده گردید.

AFO ساخته شده از قالب پای فرد: تمامی این AFO ها با قالب گیری مستقیم از پای فرد و در سه مرحله؛ قالب گیری، پرو و تحویل تهیه شدند. همه ارتوزها توسط

تکرار گردید و اطلاعات مربوط به هر پا به صورت جداگانه ثبت شد.

آنالیز داده‌ها بر اساس انحرافات آناتومیکی پا و با استفاده از نرم‌افزار MATLAB انجام شد. بر این اساس پا در سطح پلانتر به ده منطقه آناتومیکی شامل: پاشنه، قسمت میانی پا، سرهای اولین تا پنجمین متاتارسال، انگشت بزرگ پا، انگشت دوم و انگشت سه تا پنجم تقسیم شد. برای هرکدام از مناطق ذکر شده حداکثر فشار از پنج قدم میانی و از میانگین سه بار تکرار آزمون برای هر فرد شرکت کننده محاسبه گردید.

آزمون آماری

جهت وارد کردن داده‌ها و انجام آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ استفاده شد. بعد از وارد کردن داده‌ها و نام‌گذاری آن‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف جهت بررسی توزیع داده‌ها بهره‌گرفتیم، در نهایت با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها برای مقایسه میانگین حداکثر فشار بین دو ارتوز از آزمون تی زوج استفاده شد، در تمامی آزمون‌های آماری، سطح معنی‌داری مساوی با ۰,۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

جدول ۱ نتایج تست راه‌رفتن را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود میانگین حداکثر فشار در AFO ساخته از قالب پای فرد در مناطق پاشنه ($P < 0,004$) متاتارس اول ($P < 0,001$) و متاتارس دوم ($P < 0,003$) به طور معناداری کمتر از AFO پیش‌ساخته می‌باشد، در مناطق ناحیه میانی پا ($P < 0,16$)، متاتارس سوم ($P < 0,18$) و چهارم ($P < 0,87$) نیز مقدار میانگین حداکثر فشار در ارتوز ساخته‌شده از قالب پای فرد در مقایسه با ارتوز پیش‌ساخته کمتر بود اگرچه اختلاف حاصل در این مناطق معنادار نبود.

در مقایسه میانگین حداکثر فشار در سایر مناطق نتایج حاکی از آن بود که مقدار میانگین حداکثر فشار در ارتوز پیش‌ساخته کمتر از ارتوز ساخته‌شده از قالب پای فرد می‌باشد این اختلاف در مناطق انگشتان ۳-۵ ($P < 0,003$) و انگشت دوم ($P < 0,027$) به صورت معنادار می‌باشد و در مناطق انگشت شست ($P < 0,30$) و متاتارس پنجم ($P < 0,31$) اگرچه مقدار میانگین حداکثر فشار در

یک ارتوزیست) و در زاویه ۹۰ مچ پا ساخته شدند. در صورت نیاز در هر مرحله اصلاحات و تنظیمات لازم انجام می‌شد.

AFO پیش‌ساخته: سائز هر فرد گرفته‌شده و بر اساس آن یک AFO پیش‌ساخته خریداری شد.

آزمون اصلی

در این مطالعه از دستگاه Pedar-x System جهت اندازه‌گیری و ثبت فشار AFO بر روی سطح پلانتر پا در طی راه‌رفتن استفاده شد. اعتبار و تکرارپذیری این دستگاه برای ثبت و اندازه‌گیری حداکثر فشار در مطالعات گذشته ثابت شده‌است (۲۰ و ۲۱). برای اطمینان از دقت دستگاه، قبل و بعد از جمع‌آوری داده‌ها، سنسورهای صفحه‌ای با استفاده از نرم‌افزار دستگاه کالیبره و بررسی می‌شدند.

برای اجتناب از اختلاف در کفش‌های افراد شرکت‌کننده، همه افراد از یک نوع کفش (Addidas) با سائز مناسب خود استفاده کردند.

برای جمع‌آوری و ثبت فشارها افراد آزمون راه‌رفتن را در شرایطی که کفی مجهز به سنسور دستگاه پدار در سطح پلانتر بین پا و AFO قرارگرفته بود طی ۲ مرحله مجزا (با AFO ساخته‌شده از قالب پای فرد و AFO پیش‌ساخته) و در شرایطی که AFO را بر روی یک پا (پای غیرغالب) پوشیده بودند در طول یک مسیر مستقیم ۸ متری انجام‌دادند، در پای مقابل نیز برای جلوگیری از ایجاد اختلاف در طول دو اندام یک کفی به ضخامت AFO در داخل کفش قرارگرفت. برای جلوگیری از تاثیر خستگی افراد مراحل آزمون را به صورت تصادفی انجام می‌دادند.

قبل از جمع‌آوری داده‌ها، افراد برای آشنایی با آزمون، دستگاه و ارتوز AFO سه تا پنج دقیقه راه می‌رفتند و بعد از استراحت آزمون اصلی آغاز می‌شد، داده‌ها در دستگاه پدار در ۵۰ Hz جمع‌آوری گردید. در طول انجام آزمون برای جلوگیری از اغتشاش در الگوی راه‌رفتن و اطمینان از الگوی گیت نرمال، کادنس و سرعت راه‌رفتن مشاهده شد اما کنترل نمی‌شد، برای انجام این کار ابتدا از هر فرد خواسته می‌شد که با سرعت معمولی خود راه برود سپس براساس سرعت هر فرد سرعت دستگاه مترنوم تنظیم می‌شد، و بر این اساس آزمون توسط هر فرد با این سرعت که مطابق با سرعت معمولی خود فرد بود در طول مسیر هشت متری صورت می‌گرفت، هر مرحله آزمون سه بار

AFO پیش‌ساخته کمتر از AFO ساخته‌شده از قالب پای فرد می‌باشد اما اختلاف حاصل معنادار نیست.

جدول ۱: مقایسه میانگین حداکثر فشار بین AFO ساخته‌شده از قالب پای فرد و AFO پیش‌ساخته در طول راه‌رفتن

نواحی پا	AFO ساخته‌شده از قالب پای فرد	AFO پیش‌ساخته
پاشنه	103.5 ± 31.22	116.12 ± 25.46
ناحیه میانی	23.85 ± 29.59	26.95 ± 37.48
متاتارس ۱	78.66 ± 35.15	104.83 ± 34.09
متاتارس ۲	90.37 ± 20.33	108.39 ± 20.4
متاتارس ۳	96.19 ± 25.99	103.63 ± 22.62
متاتارس ۴	87.61 ± 25.87	88.34 ± 21.55
متاتارس ۵	75.16 ± 22.87	71.46 ± 20.27
انگشت شست	143.12 ± 46.56	133.35 ± 39.48
انگشت ۲	68.73 ± 29.04	57.4 ± 18.66
انگشت ۳-۵	57.33 ± 25.94	47.49 ± 19.33

حداکثر فشار بر حسب کیلو پاسکال می‌باشد.

داده‌ها با میانگین $\pm$ انحراف معیار نشان داده شده اند.

سطح معناداری > 0.05

بحث

اندازه‌گیری فشارهای پلانتر به طور فزاینده‌ای در کاربردهای کلینیکی و تحقیقاتی برای مقایسه الگوی گیت گروه‌های کلینیکی مختلف و برای ارزیابی اثرات کفش‌ها و مداخلات ارتزی استفاده می‌شود. هدف از مطالعه حاضر مقایسه دو روش ساخت مختلف AFO با استفاده از توزیع فشار آن‌ها می‌باشد.

نتایج حاصل از مطالعه حاضر حاکی از آن بود که میانگین حداکثر فشار در اکثر مناطق در ارتوز ساخته‌شده از قالب پای فرد در مقایسه با ارتوز پیش‌ساخته کمتر بود، این اختلاف در مناطق ناحیه میانی پا، متاتارس سوم و چهارم معنادار نبود و در پاشنه، متاتارس اول و دوم این مقدار به طور معناداری کمتر از ارتوز پیش‌ساخته بود. علت این اختلاف را می‌توان به رابطه نیرو، فشار و سطح تماس نسبت‌داد، در مطالعه حاضر هنگام مقایسه دو ارتوز پاتوبیومکانیک پا یکسان بوده و هر فرد با خود مقایسه

ساخته‌است و در حقیقت وزن افراد یکسان بوده‌است در نتیجه با توجه به ثابت‌بودن نیرو هرگونه تغییرات در فشار را می‌توان به تغییرات ناشی از سطح تماس نسبت‌داد (۲۴)، در حقیقت افزایش سطح تماس AFO ساخته‌شده از قالب پای فرد با سطح پلانتر پادر مناطق مذکور باعث کاهش مقدار میانگین حداکثر فشار شده‌است نتیجه حاصل از آن جهت حائز اهمیت است که می‌توان گفت AFO ساخته‌شده از قالب پای فرد در مقایسه با AFO پیش‌ساخته در این مناطق از تطابق و تناسب بیشتری با پای افراد برخوردار است، مطالعات گذشته نشان داده‌اند ناحیه متاتارس یک تا سه بیشترین مناطق ایجاد زخم در بیماران دیابتی می‌باشند (۲۶ و ۲۵) بنابراین توجه به این نکته در هنگام ارزیابی این بیماران و سایر بیمارانی که نقص خون‌رسانی و یا حسی در آن‌ها وجود دارد از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد و نهایتاً می‌توان این مطلب را استنتاج نمود که در این موارد تجویز ارتوز پیش‌ساخته توصیه نمی‌شود و چنانچه استفاده از آن اجتناب‌ناپذیر است بازبینی روزانه از محل توصیه می‌گردد. اما بررسی نتایج در مناطق متاتارس پنجم، انگشت شست، انگشت دوم و انگشتان ۳-۵ نشان‌داد مقدار میانگین حداکثر فشار در AFO پیش‌ساخته نسبت به AFO ساخته‌شده از قالب پای فرد کمتر می‌باشد این اختلاف در مناطق انگشت دوم و انگشتان ۳-۵ معنادار بود و در دیگر مناطق اختلاف حاصل معنادار نبود، اگرچه علت این اختلاف را می‌توان به اختلاف دو ارتز در سطح تماس نسبت داد اما از طرف دیگر با توجه به مناطق مذکور می‌توان گفت شاید متحرک‌بودن این مناطق در بدست آمدن چنین نتیجه‌ای بی‌تاثیر نبوده‌است، مقایسه این دو ارتز نشان می‌دهد در مناطق پاشنه، ناحیه میانی پا و سرهای متاتارس که به ترتیب اولین مناطق برخورد پا با زمین در طول گیت می‌باشند مقدار حداکثر فشار در AFO پیش‌ساخته نسبت به AFO ساخته‌شده از قالب پای فرد بیشتر می‌باشد و این مقدار فشار بیشتر باعث شده‌است که فرد در جهت کاهش فشار مرحله Push-off گیت را سریع‌تر انجام داده‌است و در حقیقت آنتالجیک گیت داشته‌است، البته تایید این مطلب مستلزم انجام مطالعات بیشتر و بررسی زمانی گیت در طول اندازه‌گیری فشار می‌باشد، در غیر این صورت به نظر می‌رسد که با توجه به نتایج مطالعه می‌توان گفت در هنگام قالب‌گیری و ساخت AFO ساخته‌شده از قالب پای فرد در کشور ایران توجه

نتیجه‌گیری

هدف از مطالعه حاضر مقایسه دو روش ساخت مختلف AFO با استفاده از توزیع فشار در افراد سالم بود، و با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه این دو روش ساخت از نظر توزیع فشار با یکدیگر متفاوت بودند به طوری که در نواحی پاشنه، متاتارس اول و دوم مقدار میانگین حداکثر فشار در AFO ساخته‌شده از قالب پای فرد به طور معناداری کمتر از AFO پیش ساخته بود، این مقدار در نواحی انگشت دوم و انگشتان ۳-۵ در AFO پیش ساخته به طور معناداری کاهش یافته بود، نتایج بدست آمده نشان می‌دهد روش های مختلف ساخت ارتوز باعث اختلاف بین آن ها از نظر توزیع فشار می‌شود. در نتیجه می‌بایست در هنگام تجویز ارتوز دقت لازم در این زمینه صورت گرفته تا مناسب‌ترین ارتوز از نظر توزیع فشار با توجه به هر بیماری تجویز گردد.

بیشتری باید صورت گیرد به خصوص که از متداول‌ترین موارد تجویز AFO بیماران فلج مغزی و سکتة مغزی می‌باشد (۷) مطالعات گذشته نشان می‌دهد دفورمیتی‌های موجود در این بیماری‌ها باعث شده‌است که الگوی توزیع فشار آن‌ها با افراد سالم متفاوت باشد طبق نتایج بدست آمده در این مطالعات در این افراد بر خلاف افراد سالم مقدار حداکثر فشار در ناحیه انگشتان از ناحیه متاتارس‌ها بیشتر می‌باشد (۲۷) در نتیجه با توجه به نتیجه بدست‌آمده در این مطالعه به نظر می‌رسد مطالعات و بررسی‌های بیشتری در زمینه نحوه بارگذاری و توزیع فشار AFO در بیماری‌های مختلف باید صورت بگیرد، تا در نهایت مناسب‌ترین ارتز با توجه به شرایط هر بیماری تجویز گردد.

منابع

1. Rao N, Chaudhuri G, Hasso D, D'Souza K, Wening J, Carlson C, et al. Gait assessment during the initial fitting of an ankle foot orthosis in individuals with stroke. *Disability & Rehabilitation: Assistive Technology*. 2008; 3(4):201-7.
2. Bowers R, Ross K. Development of a best practice statement on the use of ankle-foot orthoses following stroke in Scotland. *Prosthetics and orthotics international*. 2010; 34(3): 245.
3. Kim CM, Eng JJ, Whittaker MW. Effects of a simple functional electric system and/or a hinged ankle-foot orthosis on walking in persons with incomplete spinal cord injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2004;85(10):1718-23.
4. Bakker J, De Groot I, Beckerman H, de Jong B, Lankhorst G. The effects of knee-ankle-foot orthoses in the treatment of Duchenne muscular dystrophy: review of the literature. *Clinical rehabilitation*. 2000;14(4):343
5. Rao N, Aruin AS. Automatic postural responses in individuals with peripheral neuropathy and ankle-foot orthoses. *Diabetes research and clinical practice*. 2006;74(1): 48-56.
6. Hsu JD, Michael JW, Fisk JR. *AAOS atlas of orthoses and assistive devices*: Mosby;2008.
7. Leung J, Moseley A. Impact of Ankle-foot Orthoses on Gait and Leg Muscle Activity in Adults with Hemiplegia:: Systematic literature review. *Physiotherapy*. 2003;89(1): 39-55.
8. Miyazaki S, Yamamoto S, Kubota T. Effect of ankle-foot orthosis on active ankle moment in patients with hemiparesis. *Medical and Biological Engineering and Computing*. 1997;35(4):381-5.
9. Bregman D, Rozumalski A, Koops D, De Groot V, Schwartz M, Harlaar J. A new method for evaluating ankle foot orthosis characteristics: BRUCE. *Gait & posture*. 2009;30(2):144-9.
10. Lusardi MM, Nielsen CC, Edelstein JE. *Orthotics and prosthetics in rehabilitation*: Butterworth-Heinemann; 2000.
11. Guldmond NA, Leffers P, Sanders AP, Emmen H, Schaper NC, Walenkamp GHM. Casting methods and plantar pressure: effects of custom-made foot orthoses on dynamic plantar pressure distribution. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2006;96(1):9.
12. Park ES, Kim HW, Park CI, Rha D, Park CW. Dynamic foot pressure measurements for assessing foot deformity in persons with spastic cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2006;87(5): 703-9
13. Mueller M. Application of plantar pressure assessment in footwear and insert design. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 1999;29(12):747.
14. Mündermann A, Nigg BM, Stefanyshyn DJ, Humble RN. Development of a reliable method to assess footwear comfort during running. *Gait & posture*. 2002;16(1):38-45.
15. 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.
16. Hodge MC, Bach TM, Carter GM. Orthotic management of plantar pressure and pain in rheumatoid arthritis. *Clinical Biomechanics*. 1999;14(8):567-75.
17. Hennessy K, Burns J, Penkala S. Reducing plantar pressure in rheumatoid arthritis: a comparison of running versus off-the-shelf orthopaedic footwear. *Clinical Biomechanics*. 2007;22(8):917-23.
18. Nowak MD, Abu-Hasaballah KS, Cooper PS. Design enhancement of a solid ankle-foot orthosis: Real-time contact pressures evaluation. *Development*. 2000;37(3):273-81
19. Nolan KJ, Hillstrom HJ, Sisto SA, Elovic EP. Plantar pressure measurements to evaluate ankle foot orthoses in hemiplegic stroke patients: A pilot study. *Clinical Biomechanics*. 2008;23(5):703-4
20. Putti A, Arnold G, Cochrane L, Abboud R. The Pedar® in-shoe system: Repeatability and normal pressure values. *Gait & Posture*. 2007;25(3):401-5.
21. Tuna H, Yildiz M, Celtik C, Kokino S. Static and dynamic plantar pressure measurements in adolescents. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2004;38(3):200-5.
22. Ramanathan A, Kiran P, Arnold G, Wang W, Abboud R. Repeatability of the Pedar-X® in-shoe pressure measuring system. *Foot and Ankle Surgery*. 2010;16(2):70-3
23. Speksnijder CM. The higher the heel the higher the forefoot-pressure in ten healthy women .The foot. 2005;15(1):17-21.
24. Orlin MN, McPoil TG. Plantar pressure assessment. *Physical therapy*. 2000;80(4):399.
25. Duckworth T, Boulton A, Betts R, Franks C, Ward J. Plantar pressure measurements and the prevention of ulceration in the diabetic foot. *Journal of Bone and Joint Surgery-British Volume*. 1985;67(1):79.
26. Guldemon NA, Leffers P, Sanders AP, Schaper NC, Nieman F, Walenkamp GHIM. Daily-life activities and in-shoe forefoot plantar pressure in patients with diabetes. *Diabetes research and clinical practice*. 2007;77(2):203-9.
27. Chen C, Hong P, Chou SW, Wu C, Cheng P, Tang F, et al. Ground reaction force patterns in stroke patients with various degrees of motor recovery determined by plantar dynamic analysis. *Chang Gung medical journal*. 2007;62(1):30.