نشریه پژوهش در توانبخشی ورزشی
دوره ۴، شماره ۸، پاییز و زمستان ۱۳۹۵
۳۱- ۴۰
WWW.RSR.BASU.AC.IR
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22084/rsr.2017.9493.1207

بررسی تأثیر دو نوع راکر کفش بر عملکرد بیماران دیابتی در ایستادن و راه رفتن با تأکید بر پارامترهای زمانی- مکانی راه رفتن و سینماتیک

زینب رضائیان[1*]، محمدتقی کریمی[2]، آرزو اشراقی[3]، نیلوفر فرشته نژاد[4]

۱. کارشناس ارشد،گروه ارتز و پروتز، مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی و عضلانی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی اصفهان، اصفهان، ایران

۲. دانشیار، عضو هیأت علمی، گروه ارتز و پروتز، مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی و عضلانی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی اصفهان، اصفهان، ایران

۳. عضو هیأت علمی، گروه ارتز و پروتز، دانشکده مهندسی دانشگاه مالایا، کوالالامپور، مالزی

۴. کارشناس ارشد،گروه ارتز و پروتز، مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی و عضلانی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی اصفهان، اصفهان، ایران

دریافت ۱۰ بمهن ۱۳۹۴؛ پذیرش ۱۹ خرداد ۱۳۹۵

واژگان کلیدی

نروپاتی دیابتی

راکر پنجه

راکر پاشنه

پارامترهای زمانی- مکانی راه رفتن

پارامترهای سینماتیک

چکیده

زمینه و هدف: زخم کف پا یکی از مهم‌ترین عوارض در بیماران دیابتی است. کفش‌های راکری به‌طور معمول برای مدیریت زخم در این بیماران توصیه می‌گردند. بر اساس مقالات موجود، این سؤال مطرح می‌شود که آیا پارامترهای زمانی-مکانی راه رفتن و دامنه حرکتی مفاصل در افراد دیابتی با افراد سالم متفاوت است؟ علاوه بر این به خوبی مشخص نیست که کدام نوع راکر جهت بهبود این پارامترها مؤثرتر می‌باشد؟ بنابراین هدف اصلی این مطالعه پاسخ به این سؤالات بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه از نوع مداخله‌ای-شبه‌تجربی بود. شرکت‌کنندگان این مطالعه ۲۰ نفر بیمار مبتلا به نروپاتی دیابتی و ۲۰نفر فرد سالم بودند. یک سیستم آنالیز حرکت کوالیزیز، متغیرهای زمانی - مکانی راه رفتن و متغیرهای سینماتیک را در طی راه رفتن ثبت کردند. تفاوت بین میانگین‌ها و تأثیرات بین افراد، با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر ارزیابی شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 17 انجام گردید.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد، اختلاف معناداری بین پارامترهای زمانی- مکانی راه رفتن و دامنه‌ی حرکتی مفاصل مچ پا، زانو و ران در دو گروه دیابتی و سالم، در حالی‌که با راکرهای پاشنه و پنجه راه می‌رفتند، وجود نداشت. همچنین تفاوت معناداری بین دو گروه سالم و دیابتی با توجه به پارامترهای فوق‌الذکر وجود نداشت (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: نتایج تأکید داشتند که تفاوت معناداری بین افراد دیابتی و سالم با استفاده از راکرهای مذبور وجود ندارد. بنابراین توصیه می‌گردد که این راکرها طبق نتایج مطالعات قبلی، به‌منظور مدیریت نیروهای اعمالی روی پا، بدون در نظر گرفتن دامنه حرکتی مفاصل استفاده گردد.

* اطلاعات نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۳۲۸۹۰۳۲۹
پست الکترونیکی: rezaeian.zeinab.236@gmail.com

مقدمه

دیابت و زخم‌های ناشی از آن یک مشکل بزرگ اقتصادی، اجتماعی و پزشکی و یک علت عمده قطع عضو غیر تروماتیک در اکثر کشورها به حساب می‌آید (بولتون[1]، ۲۰۰۸؛ پاتون[2] و همکاران، ۲۰۱۱).

معمول‌ترین عواملی که باعث ایجاد زخم در بیماران دیابتی می‌شود، شامل: نوروپاتی محیطی، دفورمیتی پا، تروما، بیماری عروق محیطی و ادمای محیطی می‌باشد، که به استثنای تروما، هیچ‌یک از عوامل بالا، به‌تنهایی ایجاد زخم نمی‌کند (بولتون، ۲۰۰۸).

در افراد دیابتی با اختلال حسی در پا، راه‌کارهای متفاوتی برای کاهش فشارهای کف پایی، به‌واسطه درمان زخم به کار می‌رود، از جمله: گچ‌گیری با تماس کامل، وسایل ارتزی حذف کننده فشار، کفی‌ها و کفش‌های طبی با انواع راکر[3] (کاون[4] و مولر[5]، ۲۰۰۱؛ هوئر[6]، ۲۰۰۸؛ کاواناگ[7]، ۲۰۰۴؛ ساراسواتی[8] و همکاران، ۲۰۱۴).

در کوتاه مدت، از گچ‌گیری با تماس کامل[9] (با حداقل میزان پدگذاری) برای برداشتن وزن از روی زخم‌ها و کاهش نیروهای برشی استفاده می‌شود.

در دراز مدت، توزیع مجدد نیروهای وزن بدن با استفاده از کفش‌های مخصوص صورت می‌گیرد که مرسوم‌تر از آتل گچی هستند (ادموندز[10]، ۱۹۸۶). کفی طبی ساخته شده از جنس فوم پلی اتیلن خواص جذب انرژی داشته و به‌صورت بالشتکی در پا نیروهای وزن را به طور یکسان در تمام سطح کف پا توزیع می‌نماید (پاتون و همکاران، ۲۰۱۱؛ ادموندز، ۱۹۸۶). بر اساس شواهد به‌دست آمده از برخی مطالعات، کفی‌ها در کاهش بروز زخم و همچنین کاهش فشارهای کف پا در افراد دیابتی تأثیر چندانی ندارند (پاتون و همکاران، ۱۹۸۶). وقتی کفی نقاط فشار را به طور کامل از بین نبرد، اصلاح کف کفش ضرورت پیدا می‌کند. در مواقع وجود زخم نیز، راکر محکم برای توزیع وزن، مورد نیاز است، که به حذف نیروهای اعمالی روی پا، کاهش زمان فاز ایستایی و انتگرال‌های نیرو کمک می‌کند (ادموندز، ۱۹۸۶).

طبق آنچه گفته شد، بیشتر راه‌کارهای درمانی برای کاهش نیروهای اعمالی روی پا در این بیماران موقتی بوده و در طولانی مدت مؤثر نمی‌باشند. استفاده از انواع کفش‌های راکری یکی از درمان‌های معمول توصیه شده برای این بیماران است.

سه نوع راکر معمول عبارتند از: راکر پاشنه[11]، راکر پنجه[12] و راکر ترکیبی[13]، که اکثرا برای برداشت نیرو از برخی قسمت‌های پر فشار پا و انتقال به دیگر قسمت‌ها استفاده می‌شوند (تایرل[14] و کارتر[15]، ۲۰۰۸؛ هاتچین[16] و همکاران، ۲۰۰۹).

به طور معمول بیماران دیابتی به استراتژی مشابهی در راه رفتن جهت کاهش نیروهای اعمالی روی پا عادت می‌کنند که در آن سرعت راه رفتن[17] آهسته‌تر، سطح تکیه‌گاه[18] عریض‌تر و زمان ایستادن روی دو پا[19] طولانی‌تر است (هاتچین و همکاران، ۲۰۰۹).

بر اساس مطالعات محققان در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ مشاهده گردید که مدت زمان ایستادن روی دو پا در این بیماران افزایش می‌یابد (ساکو[20] و آمادیو[21]، ۲۰۰۰؛ گیاکوموزی[22] و همکاران، ۲۰۰۲).

در سال ۲۰۰۵ نیز گزارش شد که استفاده از راکر پاشنه در افراد دیابتی هیچ تغییری در طول گام[23] و سرعت راه رفتن ایجاد نکرده است (مایرز[24] و همکاران، ۲۰۰۶).

نتایج مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۹ نشان داد که افزایش فشار کف پایی در قسمت قدامی و میانی پا، به هنگام جدایی پاشنه از زمین می‌تواند منجر به کاهش میزان فلکشن مفصل مچ پا در مرحله ایستایی شود (ساکو و همکاران، ۲۰۰۹).

1.Bolton
2.Paton
3. Rocker
4.Kwon
5.Mueller
6.Hoar
7.Cavanagh
8.Saraswathy
9. Total contact cast
10.Edmonds

11. Heel rocker
12. Toe rocker
13. Double rocker
14.Tyrrell
15.Carter
16.Hutchins
17. Gait Speed
18. Base of support
19. Double limb support
20.Sacco
21.Amadio
22.Giacomozzi
23. Stride Length
24.Myers

در سال ۲۰۰۵، محققان گزارش کردند که در افراد دیابتی، دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا کاهش می‌یابد که این مسئله باعث کاهش طول گام و همچنین کاهش قدرت مفصل مچ پا در طی جدا شدن پنجه پایشان از زمین می‌گردد (رائو[1] و همکاران، ۲۰۰۶).

طی تحقیقاتی در سال ۱۹۹۴ مشاهده گردید که در افراد مبتلا به دیابت محدوده حرکتی، گشتاور و توان مفصل مچ پا در حین راه رفتن، در مقایسه با افراد سالم کمتر است (مولر و همکاران، ۱۹۹۴).

در عین حال، مهم‌ترین سوال مطرح شده این است که آیا استفاده از راکر بر سینماتیک مفاصل تأثیر دارد یا خیر؟

در سال ۲۰۰۷ نیز مشاهده گردید که با پوشیدن راکر ترکیبی در افراد دیابتی، میزان فلکشن مفاصل ران، زانو و مچ پا در میانه فاز ایستایی به‌طور جزئی کاهش می‌یابد (لانگ[2] و همکاران، ۲۰۰۷).

در مطالعه‌ای دیگر در سال ۲۰۰۶ این نتایج به‌دست آمد که اگرچه استفاده از راکر پاشنه در کفش بیماران دیابتی هیچ تغییری در طول گام و سرعت راه رفتنشان ایجاد نکرد ولی منجر به افزایش در میزان اکستنشن مفاصل مچ پا، زانو و ران در میانه فاز ایستایی می‌گردد (مایرز و همکاران، ۲۰۰۶).

با این وجود، مطالعات کمی جهت مقایسه کارایی بین دو نوع راکر پاشنه و پنجه در افراد دیابتی موجود بود. به‌علاوه، به خوبی مشخص نیست که آیا پارامترهای زمانی- مکانی راه رفتن[3] و دامنه حرکتی مفاصل مچ پا، زانو و ران در افراد دیابتی با استفاده از این راکرها، نسبت به افراد سالم متفاوت است یا خیر. به‌علاوه، تعیین تفاوت بین تأثیرات این راکرها در دو گروه شرکت کننده، از دیگر اهداف این مطالعه بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع مداخله‌ای- شبه‌تجربی بود. شرکت کنندگان در این مطالعه ۲۰ نفر بیمار مبتلا به نروپاتی دیابتی و ۲۰ نفر فرد سالم، بین گروه سنی ۶۰-۳۰ سال می‌باشند. علت انتخاب این گروه سنی، عدم وجود نروپاتی در زیر سن ۳۰ سال و کاهش سطح فعالیت در افراد بالای سن ۶۰ سال بود (بولتون، ۲۰۰۸).

تعداد نمونه‌ها بر اساس متوسط تعداد شرکت‌کنندگان در مطالعات قبلی و همچنین با استفاده از نرم افزار Minitab با power = ۰/۸ و p-value =۰/۰۵ تعیین گردید (هوئر، ۲۰۰۸؛ لانگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ ریبر[4] و همکاران، ۱۹۹۷؛ کاراواگی[5] و همکاران، ۲۰۰۰؛ پری[6] و همکاران، ۲۰۰۸؛ کاوروس[7] و همکاران، ۲۰۱۱؛ باس[8] و همکاران، ۲۰۰۹؛ باس و همکاران، ۲۰۰۴؛ لاوری[9] و همکاران، ۱۹۹۷؛ گالدموند[10] و همکاران، ۲۰۰۷؛ پرائت[11] و لاورنس[12]، ۲۰۰۳؛ گیاکالون[13] و همکاران، ۱۹۹۷؛ مولر و دیاموند[14]، ۱۹۸۸؛ اوینگز[15] و همکاران، ۲۰۰۸؛ ون چای[16] و همکاران، ۲۰۰۰؛ چاپمن[17] و همکاران، ۲۰۱۳). افراد سالم از لحاظ سن، قد و وزن با افراد بیمار مطابقت داده شدند. نمونه‌ها از میان پرونده‌های بیماران مبتلا به نروپاتی، از مرکز دیابتی جنان شهر اصفهان به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به کلینیک ارتوپدی فنی دانشکده‌ی توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان ارجاع داده شده و از این بین بر اساس معیارهای زیر انتخاب گردیدند:

۱- سن بین ۶۰-۳۰ سال (اوینگز و همکاران، ۲۰۰۸؛ براون[18] و همکاران، ۲۰۰۴؛ ریبر[19] و همکاران، ۱۹۹۷؛ ریبر و همکاران، ۲۰۰۲).

۲- سابقه ابتلا به نروپاتی دیابتی حداقل ۶ سال (اوینگز و همکاران، ۲۰۰۸؛ براون و همکاران، ۲۰۰۴؛ ریبر و همکاران، ۱۹۹۷؛ ریبر و همکاران، ۲۰۰۲).

۳- توانایی تحمل وزن و فشار در سطح کف‌پایی (ریبر و همکاران، ۱۹۹۷؛ کاراواگی و همکاران، ۲۰۰۰).

1. Rao
2. Long
3. Temporal-spatial gait parameters

4. Reiber
5. Caravaggi
6. Perry
7. Kavros
8. Bus
9. Lavery
10. Guldemond
11. Praet
12. Louwerens
13. Giacalone
14. Diamond
15. Owings
16. Van Schie
17. Chapman
18. Brown
19. Reiber

۴- توانایی ایستادن و راه رفتن بدون کمک عصا یا واکر (اوینگز و همکاران، ۲۰۰۸؛ ریبر و همکاران، ۱۹۹۷؛ کاراواگی و همکاران، ۲۰۰۰).

افرادی که خصوصیات زیر را داشته باشند از مطالعه کنار گذاشته می‌شوند:

۱. داشتن هر گونه دفورمیتی و زخم در سطح کف پایی (اوینگز و همکاران، ۲۰۰۸؛ براون و همکاران، ۲۰۰۴؛ ریبر و همکاران، ۲۰۰۲؛ کاراواگی و همکاران، ۲۰۰۰).

۲. داشتن سابقه‌ی عمل جراحی در کمر و اندام‌های تحتانی در طی شش ماه گذشته(اوینگز و همکاران، ۲۰۰۸؛ ریبر و همکاران، ۱۹۹۷؛ کاراواگی و همکاران، ۲۰۰۰).

افراد سالم از لحاظ سن، قد و وزن با افراد بیمار مطابقت داده شدند. قبل از شرکت دادن افراد در مطالعه و انجام هرگونه مداخله‌ی درمانی فرد را از روند کار تحقیقی آگاه کرده و از او درخواست شد تا فرم رضایت‌نامه‌ی اخلاقی که توسط کمیته‌ی تحقیقاتی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان تهیه شده بود را پر کند. از افراد خواسته شد که همه با کفش‌های مشابه دارای راکر پاشنه و پنجه که به‌طور خاص برای این کار تحقیقی ساخته شده بود، راه بروند. شکل شماره ۱ کفش‌های استفاده شده در این مطالعه را نشان می‌دهد. کفش‌های مورد استفاده در این طرح از جنس چرم و استاندارد از نظر پزشکی بودند که همه توسط یک ارتزیست و به‌صورت خام، بدون راکر و زیره کفش، در یک کارگاه کفاشی ساخته می‌شد. راکر کفش‌ها نیز توسط دو نفر ارتزیست ساخته می‌شد به‌صورتی که تمام راکرهای پنجه را یک نفر و تمام راکرهای پاشنه را دیگری می‌ساخت. راکر پنجه از جنس فوم با دانسیته بالا بود که این لایه فومی ضخامت کامل از پاشنه تا رأس داشته و در این قسمت کاملاً گرد می‌شد تا به ضخامت صفر در پنجه می‌رسید. لبه‌های راکر در قسمت پاشنه نیز به مقدار جزئی گرد می‌شد. محل رأس راکر، پشت سینه پا و حدوداً ٪۶۰-۵۵ کل طول کفش از قسمت پاشنه بود و البته نسبت به محور طولی کفش به‌صورت عمود قرار می‌گرفت. علاوه بر این زاویه راکر پنجه از قسمت قدامی کفش تا زمین حدود ۲۰ درجه بوده و لبه‌های راکر در قسمت پاشنه نیز به مقدار جزئی گرد می‌شد. راکر پاشنه نیز از همان جنس و با همان خصوصیات بود با این تفاوت که زاویه از رأس راکر تا قسمت قدامی ۲۰ درجه و در قسمت قسمت خلفی ۱۵ درجه نسبت به زمین می‌شد (شکل شماره ۱). شکل شماره ۱ کفش‌های استفاده شده در این مطالعه را نشان می‌دهد. طبق مطالعات قبلی جنس زیره کفش باید سخت باشد تا بیشترین میزان کاهش فشار را در این افراد داشته باشیم، بنابراین در آخرین مرحله یک زیره از جنس سخت بر روی راکرها چسبانده می‌شد (چاپمن و همکاران، ۲۰۱۳؛ ون چای و همکاران، ۲۰۰۰).

الف) راکر پاشنه **ب) راکر پنجه**

شکل ۱: کفش‌های راکری مورد استفاده در این مطالعه را نشان می‌دهد.

یک سیستم آنالیز حرکت کوالیزیز، سری یک ساخت کشور سوئد، مجهز به ۷ دوربین اوکوس برای بررسی حرکات مفاصل بدن و یک صفحه نیروی کیسلر (۶۰×۵۰ سانتی‌متر) مدل ۵۲۳۳A۲ ساخت کشور سوئیس برای اندازه‌گیری مرکز فشار و همچنین نیروهای اعمالی به بدن در این مطالعه استفاده شدند. برخی پارامترها همچون محدوده حرکتی مفاصل مچ پا، زانو، ران، لگن و تنه در سه

بعد و همچنین پارامترهای مکانی-زمانی راه رفتن، در طی راه رفتن با هر دو نوع راکر در این مطالعه ارزیابی شدند.

فرآیند اتصال مارکرها از قسمت دیستال اندام تحتانی، مثلاً پنجه پا، شروع شد. مارکرها در حالت نشسته روی پای فرد نصب گردید. محل اتصال مارکرها سر اولین و پنجمین استخوان متاتارس پای راست و چپ، پاشنه پای راست و چپ، قوزک‌های داخلی و خارجی پای راست و چپ، اپی‌کندیل‌های داخلی و خارجی زانوی پای راست و چپ، خارهای خاصره قدامی-فوقانی راست و چپ، خارهای خاصره خلفی-فوقانی راست و چپ، تروکانتر بزرگ راست و چپ، استرنوم و مفاصل آکرومیوکلاویکولار راست و چپ بودند. علاوه بر این، چهار مارکر به‌صورت خوشه‌های چهارتایی که روی یک صفحه لوزی شکل نصب شده بود، با کمک استرپ‌های پهن به قدامی- خارجی ساق و ران پای راست و چپ متصل شدند (صفایی پور[1] و همکاران، ۲۰۰۹).

در ابتدای جلسه افراد برای انجام تست راه رفتن آموزش دیدند. قبل از شروع آزمون با انجام قرعه‌کشی، نوع کفش راکری که فرد ابتدا با آن راه می‌رفت مشخص گردید تا تأثیر خستگی استفاده از هر دو نوع راکر هم‌زمان در یک جلسه حذف گردد و قبل از انجام هر مرحله از تست حدود ۶ دقیقه با هر کفش راه رفتند (چاپمن و همکاران، ۲۰۱۳). ابتدا از افراد خواسته شد که در مرکز فضای کالیبراسیون بایستند و آزمون‌های استاتیک برای ۵ مرتبه موفق انجام شد. سپس از افراد خواسته شد که با سرعت دلخواه در طول آزمایشگاه راه بروند تا تأثیر آنی راکرها بر بیماران سنجیده شود و تست‌ها برای ۱۰ مرتبه موفق برای هر دو پای غالب و غیرغالب تکرار شد. پس از ۱۰ دقیقه استراحت، در همان جلسه تست‌ها با راکر دیگر انجام گرفت (چاپمن و همکاران، ۲۰۱۳). مدت زمان انجام هر دو مرحله از تست برای هر بیمار حدود ۱/۵-۱ ساعت بود. روند نمونه‌گیری از اوایل خرداد ماه تا اواخر شهریور ماه سال ۱۳۹۳ به‌طول انجامید. اطلاعات سکوی نیرو بوسیله نرم‌افزارهای QTM و Visual 3D پردازش گردیدند. این اطلاعات جهت تطابق با فرکانس دوربین‌ها و عدم امکان افزایش فرکانس، با فرکانس ۱۲۰ هرتز جمع‌آوری شد و با یک فیلتر پایین‌گذر Butter worth با فرکانس قطع ۱۰ هرتز فیلتر گردید. در این مطالعه بعضی فاکتورها شبیه پارامترهای زمانی-مکانی راه رفتن (سرعت راه رفتن، طول گام، ریتم راه رفتن و درصد فاز ایستایی) و همچنین میزان دامنه حرکتی مفاصل مچ پا، زانو و ران در ۳ صفحه حرکتی ارزیابی شدند. برای مقایسه مشخصات فردی بین دو گروه شرکت کننده از آزمون تی مستقل استفاده گردید. سپس توزیع نرمال داده‌ها با کمک تست شاپیرو- ویلک محاسبه شده و جهت آنالیز نهایی از تست‌های پارامتریک استفاده گردید. تفاوت بین میانگین‌ها و اثرات بین گروهی، گروه (دیابتی و نرمال)، نوع راکر (پاشنه و پنجه) و سمت پا (غالب و غیرغالب) با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر ارزیابی شد. محاسبات آماری نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS 17 و با سطح معنی‌داری ۰,۰۵ انجام گردید.

یافته‌ها

مشخصات فردی افراد شرکت کننده در تحقیق، در جدول شماره ۱ آمده است. استفاده از آزمون تی مستقل، اختلاف معناداری را بین دو گروه از لحاظ سن، وزن، قد و شاخص توده بدنی نشان نداد (P>۰,۰۵).

جدول ۱: مشخصات فردی افراد شرکت کننده

متغیر مورد بررسی	گروه بیماران	گروه افراد نرمال	P-value
سن (سال)	۴۷/۶۸±۴/۶۹	۴۶/۸۵±۵/۹۹	۰/۶۲
وزن (کیلوگرم)	۷۴/۷۶±۱۳/۹۵	۷۰/۶۷±۷/۰۱	۰/۲۴
قد (متر)	۱/۵۶±۰/۰۴	۱/۵۶±۰/۰۳	۰/۸۷
شاخص توده بدنی $(\frac{\text{کیلوگرم}}{\text{متر}^2})$	۳۰/۵۴±۵/۴	۲۸/۹۵±۲/۵۷	۰/۲۴

نتایج تست شاپیرو-ویلک که برای تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها انجام گرفت نشان داد که برای همه متغیرها (P >۰/۰۵) است و می‌توان گفت با سطح اطمینان ۹۵٪ توزیع داده‌ها نرمال می‌باشد.

1. Safaei-Pour

میانگین و انحراف معیار پارامترهای مکانی-زمانی راه رفتن برای هر دو پای غالب و غیرغالب و هر دو نوع راکر پاشنه و پنجه و همچنین هر دو گروه افراد دیابتی و سالم، در جدول شماره ۲ آورده شده است.

میانگین سرعت راه رفتن افراد دیابتی با راکر پاشنه در پای غالب و غیر غالب ثانیه/متر ۰/۹۸۵±۰/۱۶۶ و ثانیه/متر ۰/۹۹۴±۰/۱۵۳ در مقایسه با افراد سالم با مقادیر ثانیه/متر ۱/۱۶۵±۰/۱۳۵ و ثانیه/متر ۱/۱۴۹±۰/۱۱۸ بود. درصد فاز استانس در افراد دیابتی بسته به نوع راکر بین ۶۶/۵۳±۲/۸۲ و ۶۷,۷۴±۱,۶ در مقایسه با مقادیر ۶۵/۱۵±۱/۹ و ۶۶/۲۳±۱/۵ در افراد سالم متفاوت بود.

جدول ۲: مقادیر میانگین و انحراف معیار متغیرهای زمانی- مکانی راه رفتن با استفاده از دو نوع راکر در دو پای غالب و غیرغالب

گروه	راکر	سمت	ریتم راه رفتن (قدم/دقیقه)	طول گام (متر)	درصد فاز ایستایی (٪ سیکل گیت)	سرعت (متر/ثانیه)
دیابتی	پاشنه	غالب	۱۰۳/۱۹±۱۰/۷۶	۱/۱۴۰±۰/۰۹۸	۶۶/۵۳±۲/۸۲	۰/۹۸۵±۰/۱۶۶
		غیرغالب	۱۰۳/۹۵±۱۰/۷۴	۱/۰۹۱±۰/۲۴۲	۶۶/۸۷±۲/۳۵	۰/۹۹۴±۰/۱۵۳
	پنجه	غالب	۱۰۱/۶۶±۱۱/۸۵	۱/۱۷۱±۰/۱۰۶	۶۷/۸۴±۱/۶	۰/۹۸۹±۰/۱۸۰
		غیرغالب	۱۰۴/۸۶±۱۱/۲۸	۱/۱۷۰±۰/۰۸۳	۶۷/۲۴±۱/۶	۱/۰۲۷±۰/۱۶۵
نرمال	پاشنه	غالب	۱۱۲/۷۸±۹/۴۴	۱/۲۴۳±۰/۰۶۵	۶۶/۲۳±۱/۵	۱/۱۶۵±۰/۱۳۵
		غیرغالب	۱۱۲/۸۴±۸/۹	۱/۲۷۹±۰/۲۶۶	۶۵/۶۷±۰/۹	۱/۱۴۹±۰/۱۱۸
	پنجه	غالب	۱۱۳/۵۷±۱۰/۷۶	۱/۲۴۰±۰/۰۵۰	۶۵/۵۲±۱/۱۱	۱/۱۸۲±۰/۱۲۱
		غیرغالب	۱۱۱/۴۷±۱۱/۲۳	۱/۲۳۳±۰/۰۹۳	۶۵/۱۵±۱/۹	۱/۱۹۱±۰/۲۰۸

مقادیر P-value مربوط به این پارامترها، تأثیر عوامل گروه(دیابتی- نرمال)، راکر(پاشنه- پنجه) و سمت(غالب و غیر غالب) و ترکیب همه‌ی آن‌ها نیز در جدول شماره ۳ آمده است. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود اختلاف عمده‌ای بین افراد دیابتی و سالم در پارامترهای ریتم راه رفتن، طول گام و درصد فاز ایستایی مشاهده می‌شود (P<۰/۰۵). البته در طی راه رفتن با این دو نوع راکر اختلافی بین دو گروه شرکت کننده مشاهده نشد.

جدول ۳: مقادیر P-value متغیرهای زمانی- مکانی راه رفتن با استفاده از دو نوع راکر در دو پای غالب و غیرغالب

عامل موردنظر	ریتم راه رفتن sig	طول گام sig	درصد فاز ایستایی sig	سرعت sig
گروه	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۶۹
راکر	۰/۷۸۲	۰/۴۹۷	۰/۶۴۷	۰/۲۶۳
سمت	۰/۵۴۵	۰/۸۱۵	۰/۲۵۳	۰/۳۷۱
گروه*راکر	۰/۹۹۰	۰/۰۶۰	۰/۰۰۷	۰/۳۱۰
گروه*سمت	۰/۰۳۴	۰/۳۵۱	۰/۴۴۶	۰/۲۹۶
راکر*سمت	۰/۸۸۵	۰/۹۳۷	۰/۴۶۷	۰/۳۷۸
گروه*راکر*سمت	۰/۰۱۴	۰/۲۹۸	۰/۲۸۰	۰/۳۳۱

با وجود اینکه سرعت راه رفتن افراد دیابتی کمتر از افراد سالم بود ولی اختلاف معناداری در این متغیر مشاهده نشد (P>۰/۰۶). همچنین به نظر می‌رسد نوع راکر بر پارامترهای زمانی - مکانی راه رفتن تأثیر ندارد (P>۰/۰۵). با این حال تأثیر استفاده از راکر بر درصد فاز ایستایی در افراد دیابتی بیشتر از افراد سالم بود (P<۰/۰۰۷). هیچ رابطه‌ای بین عامل راکر و سمت و همچنین عامل راکر، گروه و سمت،در این متغیر مشاهده نشد.

میانگین دامنه حرکتی دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن مفصل مچ پا در افراد دیابتی در طی راه رفتن با راکر پاشنه ۳۲/۳۸±۳/۸۹ و با راکر پنجه ۲۴/۹۱±۳/۸۴ درجه در سمت غالب می‌باشد. این مقدار در افراد سالم برای راکرهای

پاشنه و پنجه به ترتیب ۳/۶۱±۳۰/۴۸ و ۲/۹۱±۲۶/۴۵ می‌باشد که طبق نتایج در افراد دیابتی با راکر پاشنه بیشتر بوده است. از طرف دیگر، دامنه‌ی حرکتی مفاصل مچ پا بین دو گروه شرکت‌کننده تفاوتی نداشته است (P>۰/۰۵). ولی نوع راکر و سمت بدن بر دامنه‌ی حرکتی مفصل مچ پا در صفحه فرونتال با تفاوت معناداری تأثیر داشته است (P<۰/۰۵).

دامنه حرکتی مفاصل زانو در صفحات ساجیتال، فرونتال و عرضی، در هر دو گروه و در طی راه رفتن با هر دو نوع راکر، در جدول شماره ۴ آمده است نتایج نشان می‌دهد که در هر سه صفحه حرکتی دامنه حرکتی این مفصل در افراد دیابتی کاهش داشته است.

جدول ۴: مقادیر میانگین و انحراف معیار متغیر دامنه حرکتی مفاصل مچ پا، زانو و هیپ با استفاده از دو نوع راکر در دو پای غالب و غیرغالب

مفصل			مچ پا			زانو			ران		
گروه	راکر	سمت	دورسی فلکشن/ پلانتار فلکشن (درجه)	ابداکشن/ اددکشن (درجه)	چرخش داخلی/ خارجی (درجه)	فلکشن/ اکستنشن (درجه)	ابداکشن/ اددکشن (درجه)	چرخش داخلی/ خارجی (درجه)	فلکشن/ اکستنشن (درجه)	ابداکشن/ اددکشن (درجه)	چرخش داخلی/ خارجی (درجه)
دیابتی	پاشنه	غالب	۳۲/۳۸±۳/۸۹	۱۶/۳۸±۴/۸۱	۱۱/۱۰±۴/۰۰	۶۴/۹۵±۵/۰۸	۱۱/۹۴±۴/۳۶	۱۹/۰۸±۷/۶۵	۴۰/۰۵±۴/۵۰	۱۲/۱۰±۲/۳۲	۱۲/۲۰±۴/۹۸
		غیرغالب	۲۲/۷۸±۴/۰۴	۱۴/۱۹±۳/۵۳	۹/۸۶±۲/۸۶	۶۳/۲۲±۴/۱۸	۱۴/۰۸±۷/۳۵	۱۶/۷۸±۵/۳۳	۴۰/۹۴±۴/۰۹	۱۱/۸۹±۲/۰۸	۱۱/۸۱±۲/۶۲
	پنجه	غالب	۲۴/۹۱±۳/۸۴	۱۵/۰۷±۳/۲۴	۱۱/۴۷±۷/۵۸	۶۴/۳۰±۴/۳۷	۱۲/۴۶±۵/۸۲	۱۷/۳۰±۵/۱۹	۳۹/۴۰±۶/۵۴	۱۱/۴۴±۲/۱۹	۱۱/۳۲±۳/۶۴
		غیرغالب	۲۵/۳۴±۳/۲۳	۱۴/۴۱±۳/۷۰	۱۰/۷۵±۴/۳۴	۶۴/۲۹±۷/۰۰	۱۳/۰۶±۵/۷۵	۱۸/۴۸±۶/۶۲	۴۱/۸۸±۶/۵۳	۱۳/۰۵±۴/۹۷	۱۲/۷۰±۳/۷۸
نرمال	پاشنه	غالب	۳۰/۴۸±۲/۶۱	۱۷/۳۱±۳/۲۵	۱۰/۱۴±۳/۶۷	۶۶/۰۶±۵/۰۱	۱۶/۲۰±۵/۶۱	۲۰/۸۹±۵/۳۱	۴۲/۳۵±۳/۱۸	۱۲/۴۷±۲/۴۴	۱۱/۰۷±۲/۶۹
		غیرغالب	۲۵/۲۸±۴/۱۵	۱۵/۸۰±۴/۳۷	۱۱/۱۵±۳/۴۹	۶۴/۷۰±۴/۹۷	۱۴/۹۱±۶/۲۵	۲۰/۶۲±۶/۰۲	۴۱/۰۴±۳/۶۵	۱۲/۰۱±۲/۱۸	۱۰/۶۰±۲/۶۹
	پنجه	غالب	۲۶/۴۵±۲/۹۱	۱۶/۵۳±۴/۱۸	۹/۹۴±۳/۷۴	۶۵/۸۱±۴/۴۸	۱۲/۴۵±۵/۰۶	۲۰/۳۱±۶/۰۱	۴۲/۰۶±۳/۶۴	۱۲/۰۰۶±۱/۵۶	۹/۹۹±۳/۰۸
		غیرغالب	۲۴/۸۲±۳/۷۹	۱۵/۱۰±۴/۲۳	۹/۸۵±۲/۶۱	۶۵/۱۹±۵/۳۶	۱۵/۷۴±۵/۶۳	۲۱/۲۸±۶/۰۶	۴۰/۷۲±۳/۷۵	۱۱/۴۰±۲/۵۳	۱۰/۵۹±۳/۲۷

در جدول شماره ۵ تأثیرات گروه، راکر، سمت و ترکیب این متغیرها نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود با وجود کاهش، دامنه حرکتی مفصل زانو به پارامترهای گروه، سمت و نوع راکر بستگی ندارد(P>۰/۰۵).

جدول ۵: مقادیر P-value متغیر دامنه حرکتی مفاصل مچ پا، زانو و ران با استفاده از دو نوع راکر در دو پای غالب و غیرغالب

مفصل	مچ پا			زانو			ران		
عامل موردنظر	دورسی فلکشن/ پلانتار فلکشن (درجه)	ابداکشن/ اددکشن (درجه)	چرخش داخلی/ خارجی (درجه)	فلکشن/ اکستنشن (درجه)	ابداکشن/ اددکشن (درجه)	چرخش داخلی/ خارجی (درجه)	فلکشن/ اکستنشن (درجه)	ابداکشن/ اددکشن (درجه)	چرخش داخلی/ خارجی (درجه)
	sig	sig	sig	sig	sig	sig	sig	sig	sig
گروه	۰/۸۸۳	۰/۳۰۷	۰/۵۴۱	۰/۲۸۳	۰/۰۷۱	۰/۰۴۶	۰/۳۳۰	۰/۷۹۸	۰/۱۴۸
راکر	۰/۲۵۸	۰/۰۰۷	۰/۸۹۶	۰/۶۹۴	۰/۳۸۶	۰/۹۹۸	۰/۸۲۰	۰/۴۵۶	۰/۳۳۹
سمت	۰/۰۷۳	۰/۰۰۹	۰/۷۷۶	۰/۱۷۱	۰/۲۴۷	۰/۹۲۷	۰/۸۱۷	۰/۷۸۱	۰/۵۹۴
گروه*راکر	۰/۹۶۲	۰/۷۴۰	۰/۱۲۷	۰/۹۰۲	۰/۳۷۹	۰/۹۵۱	۰/۴۲۴	۰/۲۸۰	۰/۴۰۱
گروه*سمت	۰/۸۰۰	۰/۹۵۷	۰/۳۵۷	۰/۹۰۶	۰/۸۱۱	۰/۴۶۱	۰/۱۲۹	۰/۲۰۳	۰/۵۹۸
راکر*سمت	۰/۱۲۱	۰/۲۳۸	۰/۷۷۰	۰/۲۱۳	۰/۳۵۰	۰/۰۴۹	۰/۳۴۲	۰/۲۱۶	۰/۰۱۶
گروه*راکر* سمت	۰/۴۷۱	۰/۳۶۳	۰/۳۷۴	۰/۴۹۳	۰/۰۵۰	۰/۲۹۸	۰/۵۲۶	۰/۰۲۵	۰/۵۸۴

دامنه حرکتی مفصل ران نیز در این مطالعه ارزیابی شده است. میانگین فلکشن و اکستنشن مفصل ران در افراد دیابتی و در سمت غالب ۴/۵۰±۴۰/۰۵ برای راکر پاشنه و ۶/۵۴±۳۹/۴۰ برای راکر پنجه می‌باشند. در مقابل این مقدار برای راکر پاشنه ۳/۱۸±۴۲/۳۵ و برای راکر پنجه ۳/۶۴±۴۲/۰۶ در افراد سالم به‌دست آمد و طبق نتایج در افراد دیابتی در هر دو راکر کمتر می‌باشد. همان‌طور که دیده می‌شود، دامنه حرکتی مفصل ران به پارامترهای گروه، سمت و نوع راکر بستگی ندارد (P>۰/۰۵).

بحث

هدف از تحقیق حاضر بررسی مقایسه پارامترهای مکانی-زمانی راه رفتن و دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی بین دو گروه سالم و بیمار و تعیین تاثیر دو نوع راکر پاشنه و پنجه بر این پارامترها می‌باشد.

طبق مطالعات گذشته نیز برخی مکانیسم‌ها شبیه کاهش سرعت راه رفتن، افزایش سطح تکیه‌گاه، افزایش زمان تحمل وزن روی دو پا، کاهش طول گام و کاهش محدوده حرکتی مفصل مچ پا، در افراد دیابتی استفاده می‌گردد (پتروفسکی[1] و همکاران، ۲۰۰۵؛ ساکو و آمادیو، ۲۰۰۰؛ کاتولیس[2] و همکاران، ۱۹۹۷؛ مولر و همکاران، ۱۹۹۴؛ رابل[3] و نجفی[4]، ۲۰۱۰؛ ساواچا[5] و همکاران، ۲۰۰۹؛ آلت[6] و همکاران، ۲۰۰۸؛ مولر، ۱۹۹۷؛ رائو و همکاران، ۲۰۰۶).

نتایج این مطالعه نشان داد که به‌طور عمده در افراد دیابتی اکثر پارامترهای مکانی-زمانی راه رفتن شبیه ریتم راه رفتن، طول گام و سرعت کاهش می‌یابد. در مقابل، در این بیماران درصد فاز ایستایی افزایش می‌یابد. زمان فاز ایستایی به عنوان شاخص مهم در بررسی تاثیر مداخلات ارتزی ذکر شده است (رابل و نجفی، ۲۰۱۰؛ آلت و همکاران، ۲۰۰۸؛ ساکو و آمادیو، ۲۰۰۰). برخی مطالعات حاکی از رابطه میان افزایش زمان فاز ایستایی، بی ثباتی و عدم تعادل در این بیماران می‌باشند (رابل و نجفی، ۲۰۱۰؛ آلت و همکاران، ۲۰۰۸؛ گیاکوموزی و همکاران، ۲۰۰۲؛ ساکو و آمادیو، ۲۰۰۰). بنابراین توصیه به استفاده از کفش‌های راکری با سطح تکیه‌گاه عریض‌تر به منظور افزایش ثبات داینامیک، کاهش زمان فاز ایستایی و کاهش فشار کف پایی نموده‌اند. این مداخلات همچنین ممکن است نواحی اعمال نیرو را افزایش و فشارهای کف پایی را کاهش دهند (ساکو و آمادیو، ۲۰۰۰؛ گیاکوموزی و همکاران ، ۲۰۰۲؛ کاواناگ، ۲۰۰۴).

در نهایت طبق نتایج به‌دست آمده، سرعت راه رفتن، طول گام و ریتم راه رفتن در افراد دیابتی و سالم با همدیگر متفاوت است. با این حال، این تفاوت به نوع راکر استفاده شده بستگی ندارد.

همچنین، اختلاف معناداری بین افراد دیابتی و سالم، با توجه به دامنه‌ی حرکتی مفاصل مچ پا، زانو و ران وجود ندارد. به‌علاوه، نوع راکر نیز تأثیری بر دامنه حرکتی دو گروه شرکت کننده به‌خصوص در دو صفحه ساجیتال و عرضی نداشته است.

البته هیچ دلیلی مبنی بر وجود تفاوت بین راکرهای پنجه و پاشنه بر سینماتیک مفاصل اندام تحتانی در دو گروه دیابتی و سالم وجود نداشت. محققان تأکید داشتند که راکر ترکیبی، دامنه حرکتی مفاصل مچ پا و ران را در فاز ایستایی کاهش می‌دهد (لانگ و همکاران ، ۲۰۰۷). در مطالعه‌ای دیگر مشاهده شد که راکر پنجه فقط حرکات مفاصل اندام تحتانی را در فاز ایستایی کاهش می‌دهد، هر چند ممکن است هیچ تأثیری بر پارامترهای زمانی-مکانی مفاصل نداشته باشد (ون بوگارت[7] و همکاران ، ۲۰۰۳).

اما این اولین مطالعه انجام شده جهت مقایسه کارایی راکرهای پنجه و پاشنه بر سینماتیک مفاصل و پارامترهای زمانی-مکانی راه رفتن می‌باشد، با اینکه نتایج تأکید داشتند که در هر دو گروه سالم و دیابتی، تأثیر استفاده از این مداخلات یکسان و ناچیز بود.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که علیرغم تأثیرات جزئی بر دامنه حرکتی مفاصل، نتیجه این مطالعه برای کنار گذاشتن راکر به عنوان مداخله درمانی در این بیماران کافی نمی‌باشد و بر اساس نتایج مطالعات قبلی، این راکرها می‌توانند به‌منظور مدیریت نیروهای اعمالی روی پا استفاده گردند.

1. Petrofsky
2. Katoulis
3. Wrobel
4. Najafi
5. Sawacha
6. Allet
7. Van Bogart

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تأثیر هر دو راکر پنجه و پاشنه برای هر دو گروه دیابتی و سالم یکسان می‌باشد. به‌علاوه، به نظر می‌رسد که تفاوت معناداری بین دو نوع راکر وجود ندارد. به دلیل عدم تأثیر این راکرها بر سینماتیک مفاصل، توصیه می‌شود که این مداخلات طبق نتایج مطالعات گذشته، تنها به‌منظور مدیریت نیروهای اعمالی روی پای افراد دیابتی استفاده گردد.

قابل ذکر است، در این مطالعه به‌علت محدودیت زمانی برای تکمیل کار تحقیقاتی، امکان در نظر گرفتن دوره پیگیری وجود نداشت بنابراین تأثیر آنی راکرها در افراد بررسی گردید، که این می‌تواند مهم‌ترین محدودیت این مطالعه به حساب آید. بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، این تأثیر بعد از یک دوره استفاده نیز ارزیابی گردد. از طرفی محدودیت دیگر استفاده هم‌زمان هر دو نوع راکر در یک جلسه می‌باشد که با وجود در نظر گرفتن زمان استراحت بین دو مرحله تست و انجام قرعه‌کشی جهت حذف تأثیر خستگی، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات بعدی تست‌های مربوطه در دو جلسه مجزا انجام گردد.

References

ALLET, L., ARMAND, S., GOLAY, A., MONNIN, D., DE BIE, R. & DE BRUIN, E. 2008. Gait characteristics of diabetic patients: a systematic review. Diabetes/metabolism research and reviews, 24**,** 173-191.

BOLTON, A. 2008. The diabetic foot: grand overview, epidemiology, and pathogenesis. Diabetes Metab Res Rev, 24**,** S3-6.

BROWN, D., WERTSCH, J. J., HARRIS, G. F., KLEIN, J. & JANISSE, D. 2004. Effect of rocker soles on plantar pressures. Archives of physical medicine and rehabilitation, 85**,** 81-86.

BUS, S. A., ULBRECHT, J. S. & CAVANAGH, P. R. 2004. Pressure relief and load redistribution by custom-made insoles in diabetic patients with neuropathy and foot deformity. Clinical biomechanics (Bristol, Avon), 19**,** 629-638.

BUS, S. A., VAN DEURSEN, R., KANADE, R. V., WISSINK, M., MANNING, E. A., VAN BAAL, J. G. & HARDING, K. G. 2009. Plantar pressure relief in the diabetic foot using forefoot offloading shoes. Gait & posture, 29**,** 618.

CARAVAGGI, C., FAGLIA, E., DE GIGLIO, R., MANTERO, M., QUARANTIELLO, A., SOMMARIVA, E., GINO, M., PRITELLI, C. & MORABITO, A. 2000. Effectiveness and safety of a nonremovable fiberglass off-bearing cast versus a therapeutic shoe in the treatment of neuropathic foot ulcers: a randomized study. Diabetes Care, 23**,** 1746-1751.

CAVANAGH, P. R. 2004. Therapeutic footwear for people with diabetes. Diabetes/metabolism research and reviews, 20**,** S51-S55.

CHAPMAN, J., PREECE, S., BRAUNSTEIN, B., H╟HNE, A., NESTER, C., BRUEGGEMANN, P. & HUTCHINS, S. 2013. Effect of rocker shoe design features on forefoot plantar pressures in people with and without diabetes. Clinical Biomechanics, 28**,** 679-685.

EDMONDS, M. E. 1986. 10-The diabetic foot: Pathophysiology and treatment. Clinics in endocrinology and metabolism, 15**,** 889-916.

GIACALONE, V. F., ARMSTRONG, D. G., ASHRY, H. R., LAVERY, D. C., HARKLESS, L. B. & LAVERY, L. A. 1997. A quantitative assessment of healing sandals and postoperative shoes in offloading the neuropathic diabetic foot. The Journal of foot and ankle surgery, 36**,** 28-30.

GIACOMOZZI, C., CASELLI, A., MACELLARI, V., GIURATO, L., LARDIERI, L. & UCCIOLI, L. 2002. Walking strategy in diabetic patients with peripheral neuropathy. Diabetes Care, 25**,** 1451-1457.

GULDEMOND, N., LEFFERS, P., SCHAPER, N., SANDERS, A., NIEMAN, F., WILLEMS, P. & WALENKAMP, G. 2007. The effects of insole configurations on forefoot plantar pressure and walking convenience in diabetic patients with neuropathic feet. Clinical Biomechanics, 22**,** 81-87.

HOAR, A. 2008. A Case Study for Off-loading. Wound Care Canada, 6**,** 58.

HUTCHINS, S., BOWKER, P., GEARY, N. & RICHARDS, J. 2009. The biomechanics and clinical efficacy of footwear adapted with rocker profilesâ€"Evidence in the literature. The Foot, 19**,** 165-170.

KATOULIS, E. C., EBDON-PARRY, M., LANSHAMMAR, H., VILEIKYTE, L., KULKARNI, J. & BOULTON, A. J. M. 1997. Gait abnormalities in diabetic neuropathy. Diabetes Care, 20**,** 1904-1907.

KAVROS, S. J., VAN STRAATEN, M. G., COLEMAN WOOD, K. A. & KAUFMAN, K. R. 2011. Forefoot plantar pressure reduction of off-the-shelf rocker bottom provisional footwear. Clinical Biomechanics, 26**,** 778-782.

KWON, O. Y. & MUELLER, M. J. 2001. Walking patterns used to reduce forefoot plantar pressures in

people with diabetic neuropathies. Physical therapy, 81**,** 828-835.

LAVERY, L. A., VELA, S. A., FLEISCHLI, J. G., ARMSTRONG, D. G. & LAVERY, D. C. 1997. Reducing plantar pressure in the neuropathic foot: a comparison of footwear. Diabetes Care, 20**,** 1706-1710.

LONG, J. T., KLEIN, J. P., SIROTA, N. M., WERTSCH, J. J., JANISSE, D. & HARRIS, G. F. 2007. Biomechanics of the double rocker sole shoe: gait kinematics and kinetics. Journal of biomechanics, 40**,** 2882-2890.

MUELLER, M. J. & DIAMOND, J. E. 1988. Biomechanical treatment approach to diabetic plantar ulcers. Physical therapy, 68**,** 1917-1920.

MUELLER, M. J. 1997. Therapeutic footwear helps protect the diabetic foot. Journal of the American Podiatric Medical Association, 87**,** 360-364.

MUELLER, M. J., MINOR, S. D., SAHRMANN, S. A., SCHAAF, J. A. & STRUBE, M. J. 1994. Differences in the gait characteristics of patients with diabetes and peripheral neuropathy compared with age-matched controls. Physical therapy, 74**,** 299-308.

MYERS, K., LONG, J., KLEIN, J., WERTSCH, J., JANISSE, D. & HARRIS, G. 2006. Biomechanical implications of the negative heel rocker sole shoe: Gait kinematics and kinetics. Gait & posture, 24**,** 323-330.

OWINGS, T. M., WOERNER, J. L., FRAMPTON, J. D., CAVANAGH, P. R. & BOTEK, G. 2008. Custom therapeutic insoles based on both foot shape and plantar pressure measurement provide enhanced pressure relief. Diabetes Care, 31**,** 839-844.

PATON, J., BRUCE, G., JONES, R. & STENHOUSE, E. 2011. Effectiveness of insoles used for the prevention of ulceration in the neuropathic diabetic foot: a systematic review. Journal of Diabetes and its Complications, 25**,** 52-62.

PATON, J., BRUCE, G., JONES, R. & STENHOUSE, E. Effectiveness of insoles used for the prevention of ulceration in the neuropathic diabetic foot: a systematic review. Journal of diabetes and its complications, 25**,** 52-62.

PERRY, S. D., RADTKE, A., MCILROY, W. E., FERNIE, G. R. & MAKI, B. E. 2008. Efficacy and effectiveness of a balance-enhancing insole. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 63**,** 595-602.

PETROFSKY, J., LEE, S. & BWEIR, S. 2005. Gait characteristics in people with type 2 diabetes mellitus. European journal of applied physiology, 93**,** 640-647.

PRAET, S. F. E. & LOUWERENS, J. W. K. 2003. The influence of shoe design on plantar pressures in neuropathic feet. Diabetes Care, 26**,** 441-445.

RAO, S., SALTZMAN, C. & YACK, H. J. 2006. Ankle ROM and stiffness measured at rest and during gait in individuals with and without diabetic sensory neuropathy. Gait & posture, 24**,** 295-301.

REIBER, G. E., SMITH, D. G., BOONE, D. A., DEL AGUILA, M., BORCHERS, R. E., MATHEWS, D., JOSEPH, A. W. & BURGESS, E. M. 1997. Design and pilot testing of the DVA/Seattle Footwear System for diabetic patients with foot insensitivity. Journal of rehabilitation research and development, 34**,** 1-8.

REIBER, G. E., SMITH, D. G., WALLACE, C., SULLIVAN, K., HAYES, S., VATH, C., MACIEJEWSKI, M. L., YU, O., HEAGERTY, P. J. & LEMASTER, J. 2002. Effect of therapeutic footwear on foot reulceration in patients with diabetes. JAMA: The Journal of the American Medical Association, 287**,** 2552-2558.

SACCO, I. & AMADIO, A. 2000. A study of biomechanical parameters in gait analysis and sensitive cronaxie of diabetic neuropathic patients. Clinical Biomechanics, 15**,** 196-202.

SACCO, I., HAMAMOTO, A., GOMES, A., ONODERA, A., HIRATA, R. P. & HENNIG, E. 2009. Role of ankle mobility in foot rollover during gait in individuals with diabetic neuropathy. Clinical Biomechanics, 24**,** 687-692.

SAFAEI-POUR, Z., EBRAHIMI, E., SAEEDI, H. & KAMALI, M. 2009. Invesigation of Dynamic Plantar Pressure Distribution in Healthy Adults during Standing and Walking. Quarterly Journal of Rehabilitation, 10**,** 0-0.

SARASWATHY, G., GOPALAKRISHNA, G., DAS, B. & VISWANATHAN, V. 2014. RECENT ADVANCES IN DIABETIC FOOT CARE: THE ROLE OF FOOTWEAR AND ORTHOSIS. Diabetes Mellitus and Human Health Care: A Holistic Approach to Diagnosis and Treatment**,** 315.

SAWACHA, Z., GABRIELLA, G., CRISTOFERI, G., GUIOTTO, A., AVOGARO, A. & COBELLI, C. 2009. Diabetic gait and posture abnormalities: A biomechanical investigation through three dimensional gait analysis. Clinical Biomechanics, 24**,** 722-728.

TYRRELL, W. & CARTER, G. 2008. Therapeutic Footwear, A Comprehensive Guide. Recherche, 67**,** 02.

VAN SCHIE, C., ULBRECHT, J., BECKER, M. & CAVANAGH, P. 2000. Design criteria for rigid rocker shoes. Foot and Ankle International, 21**,** 833-844.

VANBOGART, J., KLEIN, J., WERTSCH, J., JANISSE, D. & HARRIS, G. Biomechanics of the toe-only rocker sole shoe: gait kinematics and kinetics. Engineering in Medicine and Biology Society, 2003. Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE, 2003. IEEE, 1881-1884.

WROBEL, J. S. & NAJAFI, B. 2010. Foot Technology, Part 1 of 2: Diabetic Foot Biomechanics and Gait Dysfunction. Journal of diabetes science and technology, 4**,** 833.