

## The Effect of Orthopedic Insoles and Gait Strategies on Kinematic Walking Parameters in Individuals with Heel Spur

Mohamad amin Shahbazi<sup>1</sup>, Ali Jalalvand<sup>2\*</sup>

1. MSc Student of Sport biomechanics, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
2. Assistant Professor of Sport biomechanics, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

### ABSTRACT

**Aim and background:** The aim of this study is to investigate the effect of orthopedic insoles and gait strategies on kinematic walking parameters in individuals with heel spur.

**Material and Methods:** A total of 15 patients with heel spur and 15 healthy individuals with similar average height, weight, and age were selected through convenience sampling. The Vicon motion analysis system, equipped with 6 high-speed cameras and a sampling frequency of 100 Hz, was used to evaluate spatiotemporal and spatial walking parameters. A mixed-design repeated measures ANOVA was employed at a significance level of 0.05.

**Results:** Toe-in gait resulted in decreased cadence, ipsilateral foot-off, step length, step time, stride time, step width, and walking speed, while toe-out gait increased ipsilateral foot-off in both groups. In the heel spur group, silicone insoles and heel cups led to increased cadence, stride length, and walking speed, while reducing double-support percentage, stride time, and visual pain intensity compared to gait strategies. Silicone insoles increased step length (compared to normal walking and toe-in gait), decreased step time (compared to normal walking, heel cups, and toe-out gait), and reduced single-support percentage (compared to normal walking and toe-out gait). In heel spur patients, toe-out gait increased double-support percentage and contralateral foot-off, while toe-in gait decreased double-support and single-support percentages.

**Conclusion:** Walking with silicone insoles and heel cups are optimal interventions for improving and enhancing spatiotemporal walking parameters. Silicone insoles are the most effective intervention, while toe-in gait poses a potential risk factor for individuals with heel spur.

**Keywords:** Silicone insoles, heel cups, toe-out gait, toe-in gait, spatiotemporal parameters, pain intensity

►Please cite this paper as:

Shahbazi MA, Jalalvand A [The Effect of Orthopedic Insoles and Gait Strategies on Kinematic Walking Parameters in Individuals with Heel Spur (Persian)]. J Anesth Pain 2024;15(3):57-68.

**Corresponding Author:** Ali Jalalvand, Assistant Professor of Sport Biomechanics, Department of Physical Education and Sport Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

**Email:** jalalvand\_ali@yahoo.com

فصلنامه علمی پژوهشی بیهوشی و درد، دوره ۱۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳

## تأثیر کفی طبی و استراتژی های گیت بر پارامترهای کینماتیکی راه رفتن و شدت بصری درد در افراد مبتلا به خار پاشنه

محمد امین شهبازی<sup>۱</sup>، علی جلالوند<sup>۲\*</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

۲. استادیار بیومکانیک ورزشی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۴

تاریخ بازبینی: ...

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۹/۲

### چکیده

**زمینه و هدف:** هدف از این تحقیق تأثیر کفی طبی و استراتژی های گیت بر پارامترهای کینماتیکی راه رفتن در افراد مبتلا به خار پاشنه می باشد.

**مواد و روش ها:** تعداد ۱۵ بیمار مبتلا به خار پاشنه و ۱۵ فرد سالم به صورت در دسترس با میانگین قد، وزن و سن مشابه در این تحقیق شرکت کردند. از سیستم تحلیل حرکتی وایکان شامل ۶ دوربین پرسرعت با فرکانس نمونه برداری ۱۰۰ هرتز برای ارزیابی پارامترهای فضایی-زمانی و مکانی راه رفتن استفاده شد. آزمون تحلیل واریانس با اندازه های تکراری طرح مختلط در سطح معنی داری ۰/۰۵ استفاده گردید.

**نتایج:** گیت پنجه به داخل سبب کاهش پارامترهای آهنگ گامبرداری، فوت آف پای موافق، طول قدم، زمان قدم، زمان گام، عرض قدم و سرعت راه رفتن، ولیکن گیت پنجه به خارج سبب افزایش فوت آف پای موافق در هر دو گروه می گردد. در گروه مبتلا به خار پاشنه کفی های طبی سیلیکونی و کاپ پاشنه سبب افزایش آهنگ گامبرداری، طول گام، سرعت راه رفتن ولیکن کاهش درصد حمایت دوگانه، زمان گام و شدت بصری درد در مقایسه با استراتژی های گیتی می گردند، کفی طبی سیلیکونی سبب افزایش طول قدم (در مقایسه با راه رفتن عادی و پنجه به داخل)، کاهش زمان قدم (در مقایسه با راه رفتن عادی و کاپ پاشنه و گیت پنجه به خارج) و کاهش درصد حمایت تک گانه (در مقایسه با عادی و پنجه به خارج) می گردد. در افراد مبتلا به خار پاشنه گیت پنجه به خارج سبب افزایش درصد حمایت دوگانه، افزایش فوت آف پای مخالف و گیت پنجه به داخل سبب کاهش درصد حمایت دوگانه، درصد حمایت تک گانه می گردد.

**نتیجه گیری:** راه رفتن با کفی طبی سیلیکونی و کاپ پاشنه مداخله هایی بهینه در بهبود و ارتقاء پارامترهای فضایی-مکانی راه رفتن می باشند. کفی طبی سیلیکونی بهینه ترین مداخله و گیت پنجه به داخل یک ریسک فاکتور احتمالی برای افراد مبتلا به خار پاشنه می باشد.

**واژه های کلیدی:** کفی طبی سیلیکونی، کاپ پاشنه، گیت پنجه به خارج، پنجه به داخل، پارامترهای زمانی-مکانی، شدت درد

نویسنده مسئول: علی جلالوند، استادیار بیومکانیک ورزشی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

پست الکترونیک: jalalvand\_ali@yahoo.com

## مقدمه

یکی از شایع ترین عوامل زمینه ساز درد پاشنه پا، خار پاشنه است که نوعی زائده استخوانی در ناحیه استخوانی پاشنه پا است و موجب ایجاد درد و ناراحتی کف پا می شود. در این عارضه لیگامان هایی که از ابتدا تا انتهای کف پا کشیده شده و متصل کننده استخوان پاشنه پا به پنجه و انگشتان هستند دچار آسیب و درد می شوند. خار پاشنه سبب التهاب کف پا شده که عامل اصلی ایجاد درد در حین راه رفتن در مبتلایان به این عارضه است. شدت در مرکز پاشنه یا لبه داخلی پا بیشتر از سایر نقاط کف پا بوده و اغلب با راه رفتن و وارد آمدن فشار به کف پا تشدید می شود<sup>(۱)</sup>.

درد پاشنه مربوط به خار پاشنه و فاشیای پلانتار ممکن است به خوبی به استراحت پاسخ ندهد. خار پاشنه، بدون توجه به دلیل ایجاد کننده آن، می تواند باعث از کار افتادگی فرد شود. بنابراین بایستی خارپاشنه در افراد مبتلا مورد مداوا قرار گیرند. روش های درمانی برای خار پاشنه شامل فیزیوتراپی، تزریق های موضعی و ضدالتهابی که این تزریق می تواند کورتون یا روش پی آر پی باشد که گاهی نیاز به چندین بار تزریق است. همچنین کاهش وزن، تاثیر بسیار زیادی در جهت درمان این بیماری دارد. اما از آن جایی که پاسخ به جراحی در خار پاشنه معمولا مناسب نیست، بایستی به دنبال راه های درمانی دیگر برای افراد مبتلا به این عارضه بود. یکی از درمان های غیرتهاجمی برای خار پاشنه که در سال های اخیر مورد استفاده قرار گرفته است، کفی طبی می باشد<sup>(۲)</sup>. استفاده از کفی طبی ویژه و کفش مناسب در بهبود عارضه های اسکلتی-عضلانی پا از اهمیت و ضرورت خاصی برخوردار است<sup>(۳)</sup>. کفی طبی یکی از روش های درمانی است که بسیاری از پزشکان پیشنهاد می دهند<sup>(۴)</sup>. هدف استفاده از کفی های طبی را اصلاح نحوه ی تقسیم فشار در کف پا، تقویت تعادل مچ پا و همچنین کاهش فشار وارد شده بر زانوها، مچ و کف پا عنوان می کنند<sup>(۵)</sup>.

کفی طبی خوب خار پاشنه باید در قسمت قرارگیری پاشنه برآمده یا لایه محافظ داشته باشد تا از پاشنه در برابر فشار یا ضربات مکرر و شدید محافظت کند. البته محل قرارگیری پاشنه در بعضی کفی های طبی عمق بیشتری دارد؛ این طراحی نیز مناسب است، البته به شرطی که لایه محافظ کافی بین پاشنه و زمین وجود داشته باشد<sup>(۶)</sup>.

کفی های طبی در کفش افراد مبتلا به خار پاشنه قرار می گیرد تا به اصلاح نحوه راه رفتن و کاهش درد آنها کمک کند. کفی های طبی با خنثی کردن چرخش مچ پا به داخل (پرونیشن) به کاهش درد و درمان خار پاشنه پا کمک و از کشش بیش از حد لیگامان کف پا جلوگیری می کنند<sup>(۷)</sup>. به علاوه در طراحی این کفی ها کم شدن وزن تحمیلی روی پاشنه نیز در نظر گرفته می شود. در قسمت پاشنه این کفی های طبی حرفه ای برای قرار گرفتن خار پاشنه تعبیه می شود تا به این ترتیب شدت برخورد پا با زمین کاهش یابد. اثر این نوع کفی طبی کاهش یا حتی از بین رفتن درد ناشی از خار پاشنه پا است<sup>(۸)</sup>. با کفی های طبی که چرخش بیش از اندازه مچ پا به داخل (پرونیشن) را اصلاح می کند، می توان به درمان درد پاشنه پا اقدام کرد. این کفی ها باید آن قدر سخت و محکم باشند تا از لیگامان کف پا در مقابل کشش غیرضروری محافظت کنند و قوس کف پا را به شیوه ای دینامیک بالا نگه دارند<sup>(۹)</sup>. بنابراین کفی ها می توانند برای درمان و پیشگیری از تکرار این آسیب، کنترل حرکات مچ پا حفظ تعادل بیش تر، کاهش فشارهای بیومکانیکی و جذب شوک استفاده شوند. بسیاری از مراکز تجهیزات پزشکی در تبلیغات خود خاصیت جذب شوک و افزایش پایداری را برای کفی های دارای قوس حمایتی داخلی بیان می کنند<sup>(۸)</sup>. در بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو چرخش پا به سمت بیرون (Toe out) و داخل (Toe in) به ترتیب اوج اولیه و ثانویه گشتاور اداکشنی

وزن و سن مشابه انتخاب شدند. جامعه آماری بیماران این تحقیق مردان مبتلا به خار پاشنه با دامنه سنی ۳۰ تا ۴۹ سال بود که خارپاشنه پاشنه آنها توسط پزشک ارتوپد و با استفاده از عکس رادیوگرافی از نمای کناری پاشنه تایید و از مقیاس عددی - بصری درد حداقل نمره ۳ گرفته بودند. در این پژوهش پای درگیر در گروه مبتلا به خار پاشنه و پای همتا در گروه سالم مورد بررسی قرار گرفته است. پروتکل تحقیق در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان (IR.IAU.H.REC.1403.031) تصویب شد.

در این مطالعه برای ثبت اطلاعات متغیرهای مربوط به پارامترهای فضایی-زمانی و مکانی از ۶ دوربین پرسرعت مادون قرمز وایکان (با فرکانس ۱۰۰ هرتز سرعت) استفاده می‌شود. آزمودنی‌ها در یک مسیر ۱۰ متری که دو نیروسنج در وسط آن تعبیه شده بود اقدام به گامبرداری خواهند کرد، نیروسنج‌ها به گونه ای قرار گرفته اند که آزمودنی‌ها قبل از رسیدن به فوت اسکن حداقل ۲ گام برمی دارند. به منظور تحلیل نهایی داده‌های کینماتیکی از نرم افزارهای Vicon Nexus 1.8.5، Polygon 4.1.2 استفاده گردید. آزمودنی‌ها گیت را در وضعیت‌های مختلف راه رفتن با کفی طبی (سیلیکونی و کاپ پاشنه) و استراتژی‌های گیت (طبیعی، پنجه به خارج، پنجه به داخل) اجرا خواهند کرد. از هر استراتژی سه تریال اخذ می‌گردد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری طرح مختلط در سطح معنی داری ۰/۰۵ انجام گردید.

#### یافته‌ها

نتایج آزمون شاپیروویلیک نشان داد که توزیع اکثر پارامترها نرمال بود. نتایج مقایسه میانگین متغیرهای دموگرافی آزمودنی‌ها حاکی از عدم تفاوت معنی داری بین قد، وزن و سن آزمودنی‌های سالم با بیماران مبتلا به خار پاشنه داشت ( $p > 0/05$ ).

زانو هنگام راه رفتن که یکی از اهداف درمانی در این بیماران است را کاهش می‌دهند<sup>(۹)</sup>. از طرفی اگر بیمار در یک پاسخ جبرانی شیوه راه رفتن خود را برای به حداقل رساندن درد خار پاشنه تغییر دهد با مشکلاتی در ناحیه پا، زانو، مفصل ران یا کمر و پشت بدن نیز مواجه خواهد شد<sup>(۴)</sup>. لذا بررسی تأثیر استراتژی‌ها و مداخلاتی که بتوانند بر انتقال و جابجایی هنگام گیت و سایر مولفه‌های تشدیدکننده پاتولوژی‌های اندام تحتانی تأثیر گذار باشد نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بنابراین با تجزیه و تحلیل بیومکانیکی مداخلاتی از قبیل کفی های طبی، گیت پنجه به خارج و پنجه به داخل این هدف می‌تواند محقق می‌گردد. از طرفی با توجه به مطالعات محدود در مورد بررسی تأثیر این مداخلات بر پارامترهای فضایی-زمانی و مکانی راه رفتن افراد مبتلا به خار پاشنه، یکی از اهداف اصلی مطالعه حاضر بررسی تأثیر مقایسه ایی کفی های طبی و استراتژی‌های گیت بر پارامترهای فضایی-زمانی و مکانی هنگام راه رفتن در افراد مبتلا به خار پاشنه با هدف یافتن باخوردی‌های باتوانی برای این طیف از جامعه است.

#### مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع نیمه تجربی و آزمایشگاهی- توصیفی است. جامعه آماری این پژوهش را مردان (۳۰ تا ۴۹ ساله) تشکیل می‌دادند. آزمودنی‌ها به صورت غیرتصادفی و با استفاده از نمونه‌گیری در دسترس از بین مراجعین به کلینک‌ها و مراکز درمانی که شرایط ورود به مطالعه را دارا و حاضر به شرکت در مطالعه بودند (پرکردن رضایتنامه) انتخاب گردیدند. جهت محاسبه حجم نمونه از نرم افزار جی پاور با توان آزمون آماری ۰/۸۰ و ضریب تأثیر ۰/۸۵ و سطح آلفا ۰/۰۵ استفاده گردید که نمونه آماری برای طرح تحلیل واریانس مختلط ۲۲ نفر برآورد گردید. که تعداد ۳۰ نفر (۱۵ نفر گروه مبتلا به خار پاشنه و ۱۵ نفر افراد سالم کنترل) با استفاده از نمونه‌گیری در دسترس با میانگین قد،

جداول ۱: نتایج مقایسه پارامترهای فضایی-زمانی و مکانی گروه کنترل سالم در مقایسه با گروه مبتلا به خار پاشنه هنگام راه رفتن با کفی های طبی و استراتژی های راه رفتن عادی، پنجه به خارج و پنجه به داخل

حداکثر فشار کف پا	P-value بین گروهی					P-value (اثر مداخله)	P-value (اثر مداخله - گروه)
	راه رفتن عادی	کفی طبی سیلیکونی	کاپ پاشنه	پنجه به خارج	پنجه به داخل		
کادنس (گام در دقیقه)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱
حمایت دوگانه (درصد)	۰/۰۵۷	۰/۰۶۵	۰/۰۴۲	۰/۰۳۸	۰/۰۵۶	۰/۰۰۰	۰/۱۱۷
فوت آف موافق (درصد)	۰/۳۱۷	۰/۷۱۹	۰/۶۹۷	۰/۵۰۰	۰/۰۹۲	۰/۰۰۰	۰/۰۹۷
فوت کانتکت پای مخالف (درصد)	۰/۲۹۸	۰/۵۶۷	۰/۳۹۹	۰/۱۲۶	۰/۰۹۹	۰/۲۱۳	۰/۸۶۹
فوت آف پای مخالف (درصد)	۰/۱۹۰	۰/۲۳۹	۰/۱۷۹	۰/۱۲۹	۰/۲۳۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۷
حمایت تک گانه (درصد)	۰/۱۸۴	۰/۳۸۹	۰/۲۴۶	۰/۲۰۹	۰/۴۶۱	۰/۰۰۲	۰/۰۹۹
طول قدم (متر)	۰/۱۵۱	۰/۴۶۲	۰/۳۲۵	۰/۳۶۳	۰/۴۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱
زمان قدم (ثانیه)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۳۸
عرض قدم (متر)	۰/۲۱۴	۰/۱۸۴	۰/۱۸۶	۰/۱۴۶	۰/۱۵۶	۰/۰۰۰	۰/۴۶۶
طول گام (متر)	۰/۱۲۴	۰/۵۳۷	۰/۲۵۵	۰/۲۹۰	۰/۲۵۹	۰/۰۰۰	۰/۰۱۶
زمان گام (ثانیه)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳
سرعت راه رفتن (m/s)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۴
میزان درد ادراکی بصری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

رفتن ولیکن کاهش درصد حمایت دوگانه، زمان گام و شدت بصری درد در مقایسه با با استراتژی های گیتی می گردند و کفی طبی سیلیکونی بیشترین تاثیر را دارد. کفی طبی سیلیکونی سبب افزایش طول قدم (در مقایسه با راه رفتن عادی و پنجه به داخل)، کاهش زمان قدم (در مقایسه با راه رفتن عادی و کاپ پاشنه و گیت پنجه به خارج) و کاهش درصد حمایت تک گانه (در مقایسه با عادی و پنجه به خارج) می گردد. در افراد مبتلا به خار پاشنه گیت پنجه به خارج سبب افزایش درصد حمایت دوگانه، افزایش فوت آف پای مخالف و گیت پنجه به داخل سبب کاهش درصد حمایت دوگانه، درصد حمایت تک گانه می گردد ( $p \leq 0.05$ )

افراد مبتلا به خار پاشنه از زمان قدم، زمان گام، شدت بصری درد بالاتر (در همه مداخلات)، درصد حمایت دوگانه بالاتری (چین راه رفتن با کاپ پاشنه و پنجه به خارج) ولیکن از آهنگ گامبرداری و سرعت راه رفتن پایین تری (در همه مداخلات) نسبت به گروه کنترل سالم برخوردار می باشند ( $p \leq 0.05$ ). گیت پنجه به داخل سبب کاهش پارامترهای آهنگ گامبرداری، فوت آف پای موافق، طول قدم، زمان قدم، زمان گام، عرض قدم و سرعت راه رفتن ولیکن گیت پنجه به خارج سبب افزایش فوت آف پای موافق در هر دو گروه می گردد. در گروه مبتلا به خار پاشنه کفی های طبی سیلیکونی و کاپ پاشنه سبب افزایش آهنگ گامبرداری، طول گام، سرعت راه

جدول ۲: مقایسه تاثیر کفی های طبی و استراتژی های راه رفتن عادی، پنجه به خارج و پنجه به داخل بر پارامترهای فضایی-زمانی و مکانی گروه سالم و گروه مبتلا به خار پاشنه هنگام راه رفتن

	P (1vs2)	P (1vs3)	P (1vs4)	P (1vs5)	P (2vs3)	P (2vs4)	P (2vs5)	P (3vs4)	P (3vs5)	P (4vs5)
کادنس گروه سالم	۰/۶۷۲	۰/۹۸۹	۰/۲۲۸	۰/۰۰۱	۰/۵۲۹	۰/۱۸۹	۰/۰۰۳	۰/۰۴۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
کادنس گروه خار پاشنه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۵۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
حمایت دوگانه گروه سالم	۰/۲۴۶	۰/۳۴	۰/۹۴۵	۰/۸۰۶	۰/۷۹۲	۰/۱۶۴	۰/۴۰۵	۰/۰۹۸	۰/۳۵۲	۰/۷۶۸
حمایت دوگانه گروه خار پاشنه	۰/۰۶۷	۰/۴۴۵	۰/۰۷۴	۰/۳۳۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۴۵	۰/۰۲۶
فوت آف موافق گروه سالم	۰/۰۶۷	۰/۶۹۳	۰/۰۹۵	۰/۰۷۵	۰/۱۸۵	۰/۰۰۵	۰/۵۹۲	۰/۵۱	۰/۱۸۶	۰/۰۰۷
فوت آف موافق گروه خار پاشنه	۰/۰۷۲	۰/۷۶۲	۰/۴۹۸	۰/۷۴۵	۰/۰۹۵	۰/۰۳۱	۰/۰۴۲	۰/۴۰۷	۰/۸۷۸	۰/۰۰۵
فوت آف پای مخالف گروه سالم	۰/۰۸۵	۰/۰۸۷	۰/۴۹۸	۰/۵۵۶	۰/۹۳	۰/۱	۰/۳۴۵	۰/۱۲	۰/۳۶۴	۰/۷۰۹
فوت آف پای مخالف گروه خار پاشنه	۰/۰۸۳	۰/۶۳۹	۰/۰۰۴	۰/۸۰۱	۰/۰۸۳	۰/۰۰۰	۰/۰۲۵	۰/۰۰۲	۰/۵۰۵	۰/۰۰۰
حمایت تک گانه گروه سالم	۰/۷۰۶	۰/۷۵۹	۰/۲۶۵	۰/۷۲۲	۰/۷۰۶	۰/۳۴۰	۰/۰۶۵	۰/۴۳۳	۰/۷۵۹	۰/۳۴۰
حمایت تک گانه گروه خار پاشنه	۰/۰۱۲	۰/۵۶۵	۰/۴۸۱	۰/۱۳۱	۰/۱۰۸	۰/۰۱۳	۰/۵۹۸	۰/۱۷۱	۰/۵۹۱	۰/۰۱۷
طول قدم گروه سالم	۰/۷۳۵	۰/۸۰۴	۰/۳۷۹	۰/۰۰۰	۰/۵۶۱	۰/۳۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۵۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
طول قدم گروه خار پاشنه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۷۷	۰/۰۸۱	۰/۰۲۴	۰/۰۸۷	۰/۰۰۰	۰/۲۸۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
زمان قدم گروه سالم	۰/۹۶۲	۰/۴۶۳	۰/۴۴۵	۰/۰۰۳	۰/۵۷۷	۰/۵۰۶	۰/۰۱	۰/۵۵۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
زمان قدم خار پاشنه	۰/۰۰۰	۰/۰۸۵	۰/۹۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۱۰۷	۰/۰۸۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
عرض قدم گروه سالم	۰/۸۲۵	۰/۷۹۴	۰/۴۱۷	۰/۰۴۹	۰/۶۴۷	۰/۵۳۱	۰/۱۹۶	۰/۵۱۹	۰/۰۴۸	۰/۰۰۰
عرض قدم خار پاشنه	۰/۱۰۳	۰/۰۶۸	۰/۱۱۱	۰/۱۱۷	۰/۶۰۶	۰/۴۹۲	۰/۰۲۳	۰/۵۹۰	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰
طول گام گروه سالم	۰/۹۶۸	۰/۹۶۷	۰/۳۴۰	۰/۰۰۴	۰/۹۸۱	۰/۴۰۹	۰/۰۱	۰/۱۰۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
طول گام گروه خار پاشنه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۵۰۳	۰/۰۱۹	۰/۰۰۳	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰	۰/۰۹۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
زمان گام گروه سالم	۰/۷۷۵	۰/۹۹۶	۰/۶۵۸	۰/۰۰۲	۰/۷۱۲	۰/۵۹۸	۰/۰۱۲	۰/۵۲۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
زمان گام خار پاشنه	۰/۰۰۰	۰/۰۴۴	۰/۳۱۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۳۷	۰/۰۵	۰/۶۳۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
سرعت راه رفتن گروه سالم	۰/۹۷۲	۰/۹۴۰	۰/۲۷۶	۰/۰۰۲	۰/۹۹۷	۰/۴۱۷	۰/۰۱۳	۰/۰۶۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
سرعت راه رفتن خار پاشنه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۵۲۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۵۳	۰/۰۰۰	۰/۲۴۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱
شدت بصری درد گروه سالم	۰/۳۹۶	۰/۳۹۶	۰/۳۹۶	۰/۳۹۶	۰/۳۹۶	۰/۳۹۶	۰/۳۹۶	۰/۳۹۶	۰/۳۹۶	۰/۳۹۶
شدت بصری درد گروه خار پاشنه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

( ۱=راه رفتن عادی، ۲=کفی طبی سیلیکونی، ۳=کاپ پاشنه، ۴=پنجه به خارج، ۵=پنجه به داخل )

از دلایل توجیهی افزایش زمان آهنگ گامبرداری در افراد سالم و مبتلا به خار پاشنه هنگام راه رفتن با کفی طبی سیلیکونی و

بحث و بررسی

۱. با جذب شوک و ضربه، فشار بر فاشیای کف پا را کاهش و با کاهش درد هنگام تحمل وزن انتقال سریع‌تری در مرحله تحمل وزن روی یک پا فراهم می‌سازند.

۲. به دلیل جنس نرم این کفی‌ها و توزیع یکنواخت فشار، منجر به جلوگیری از نقاط پرفشار در سطح پا شده که باعث کاهش تشدید درد و جابجایی روان‌تر می‌گردند.

۳. با حمایت از قوس پا به الایمنت (راستای قرارگیری) بهتر پا، کاهش فشار بر فاشیای کف پا و افزایش کارایی مرحله‌ی بلند کردن پا کمک می‌کنند.

۴. نرمی و حمایت کفی‌ها درد را کاهش و به فرد امکان یک چرخه‌ی گام برداری عادی‌تر و سریع‌تر را می‌دهد<sup>(۱۵)</sup>.

گیت پنجه به خارج زمان تحمل وزن را به چند دلیل افزایش می‌دهد: کاهش کشش نیم کف پای، پایداری بیشتر به دلیل سطح اتکاء وسیع‌تر و انتقال توزیع فشار از روی مبدأ نیم کف پای به سمت خارج در بیماران مبتلا به خار پاشنه، و لذا افزایش زمان حمایت تک گانه را در پی خواهد داشت. در مقابل گیت پنجه به داخل زمان تحمل وزن را به چند دلیل کاهش می‌دهد: افزایش کشش نیم کف پای، پایداری کمتر به دلیل سطح اتکاء باریک‌تر و انتقال توزیع فشار به سمت داخل و روی مبدأ نیم کف پای در بیماران مبتلا به خار پاشنه، و لذا کاهش زمان حمایت تک گانه را به دنبال خواهد داشت<sup>(۱۶)</sup>.

در توجیه افزایش طول قدم هنگام راه رفتن با کفی‌های طبی می‌توان گفت لایه‌های نرم و حمایت‌کننده کفی‌ها می‌توانند خستگی و ناراحتی پا را کاهش و در نتیجه منجر به الگوی گام‌برداری آرام و با قدم‌های بلندتری خواهند شد<sup>(۱۸)</sup>. همچنین مواد سیلیکونی کفی‌ها سبب تسهیل و افزایش دامنه حرکتی مچ پا می‌شوند، که افزایش دورسی‌فلکشن در هنگام تماس پاشنه با زمین طولانی‌تر شدن طول گام را در پی خواهد داشت<sup>(۱۹)</sup>.

کاپ پاشنه سبب افزایش بازخورد حسی از پا و لذا کنترل دقیق‌تر حرکات پا می‌گردند. و از طرفی بالشتک و حمایت بیشتر این کفی‌ها از پا در حین راه رفتن سبب بهبود الگوی راه رفتن و انتقال سریع‌تر بین فازهای حرکتی و در نتیجه افزایش آهنگ گام‌برداری می‌گردند<sup>(۱۰)</sup>.

در توجیه کاهش درصد حمایت دوگانه هنگام راه رفتن با کفی‌های طبی می‌توان به کاهش ۳۰ درصدی اوج فشارهای کف پا در برخی نواحی هنگام استفاده از این کفی‌ها اشاره کرد که این فشار کمتر ممکن است تخلیه سریع‌تر وزن پا را امکان‌پذیر سازد<sup>(۱۱)</sup>.

افزایش حداکثر پلانتر فلکشن مچ پا در پایان فاز استانس و در نتیجه برداشتن سریع‌تر پا از دلایل توجیهی کاهش فوت آف پای موافق هنگام استفاده از کفی طبی سیلیکونی است<sup>(۱۲)</sup>. در توجیه افزایش زمان فوت آف پای موافق هنگام راه رفتن با پنجه به خارج نیز می‌توان گفت تغییر الایمنت (راستای قرارگیری) و الگوهای توزیع نیرو هنگام اتخاذ این استراتژی سبب تغییر راستای قرارگیری مفاصل اندام تحتانی بالخص افزایش چرخش خارجی مفاصل ران و مچ پا می‌شود. این راستای قرارگیری تغییر یافته بر کارایی انتقال نیرو در زنجیره حرکتی هنگام جدا شدن پا از زمین تأثیر می‌گذارد<sup>(۱۳)</sup>. این الگوی راه رفتن ممکنه سبب اتخاذ یک استراتژی جبرانی برای افزایش پایداری در گیت باشد، چرا که گام‌برداری هنگام راه رفتن با پنجه به خارج با سرعت راه رفتن کمتر همراه است<sup>(۱۴)</sup>. افزایش فوت آف پای مخالف در افراد مبتلا به خار پاشنه هنگام گیت پنجه به خارج را می‌توان احتمالاً به تغییر وضعیت پا و بالتبع آن تغییر توزیع نیروها شده زمان وقوع رویدادها در طول چرخه گام‌برداری نسبت داد.

ظاهراً کفی‌های طبی سیلیکونی زمان تحمل وزن و بالتبع آن زمان حمایت تک گانه را به چند دلیل کاهش می‌دهند:

دیگر راه رفتن با پنجه به داخل معمولاً با افزایش آنتی ورشن فمور (و متعاقباً مکانیسم جبرانی افزایش چرخش داخلی استخوان ران) همراه است. این مکانیسم می تواند به کاهش آبداکشن هیپ حین راه رفتن و بالتبع کاهش فاصله بین پاها شود<sup>(۳۷)</sup>.

در توجیه کاهش طول گام هنگام راه رفتن با پنجه به داخل می توان گفت گیت پنجه به داخل سبب افزایش کشش بر نیام کف پای و پایداری کمتر به دلیل سطح اتکاء باریک تر می گردد<sup>(۱۶، ۱۷)</sup>، بنابراین یکی از مکانیسم های جبرانی کاهش کشش بر نیام کف پای و افزایش پایداری کاهش طول گام می باشد<sup>(۳۸)</sup>. کفی های سیلیکونی پزشکی و پدهای پاشنه با جذب ضربه و کاهش درد می توانند طول گام را در افراد مبتلا به خار پاشنه را افزایش دهند<sup>(۳۹، ۴۰)</sup>. کفی های سیلیکونی نسبت به کاپ پاشنه دارای قوس کف پا بوده و کل پا را تثبیت می کنند، لذا نسبت به پدهای پاشنه پشتیبانی کامل تری از پا به عمل می آورند<sup>(۳۱، ۳۲)</sup>. این کفی ها سبب توزیع بهتر وزن و انتقال انرژی مؤثرتر، بهبود هم راستایی و پشتیبانی در سراسر پا و مچ پا گردیده و الگوی گام برداری کارآمدتری را فراهم می کند و لذا به افزایش طول گام بیشتری می انجامند.

در توجیه کاهش زمان گام هنگام راه رفتن با پنجه به داخل می توان گفت راه رفتن با پنجه به داخل سبب تغییر زاویه حرکت و کاهش طول گام می شود، با کاهش طول گام کوتاه تر هر گام در زمان کمتری کامل می شود<sup>(۳۳)</sup>. راه رفتن با گام به سمت داخل سبب درگیر شدن عضلات متفاوتی در پاها بالاخص عضلات نزدیک کننده و چرخاننده های داخلی ران می گردد. این عضلات می توانند نیروی جلوبرنده سریعتری ایجاد کنند و زمان هر گام را کاهش دهند<sup>(۳۴)</sup>. همچنین هنگام راه رفتن با پنجه به داخل معمولاً دامنه حرکتی مورد نیاز در مفاصل ران، زانو و مچ برای هر گام کاهش می یابد. بنابراین

از دلایل احتمالی کاهش طول قدم هنگام راه رفتن با پنجه به داخل می توان تغییر راستای قرارگیری (الایمنت) لگن خاصره و مفصل هیپ و بالتبع محدودیت در تاب به جلو پا و در نتیجه کوتاه تر شدن گام ها هنگام این الگوی گام برداری اشاره کرد<sup>(۲۰)</sup>. همچنین این الگو سبب کاهش ارتفاع پا از زمین در مرحله نوسان می شود، لذا افراد برای جلوگیری از گیر کردن گام های کوتاه تری برمی دارند<sup>(۳۱)</sup>. به دلیل احساس ناپایداری هنگام گام برداری با پنجه به داخل فرد فاصله مرکز ثقل به سطح اتکاء کاهش و ثبات افزایش و منجر به طول گام کوتاه تر خواهد شد<sup>(۳۲)</sup>.

در بررسی کاهش زمان قدم هنگام راه رفتن با پنجه به داخل می توان گفت در این نوع گیت به منظور حفظ ثبات و پیشروی نیاز به تلاش عضلانی بیشتر و متفاوتی خواهد بود<sup>(۳۳)</sup>. لذا به نظر می رسد به دلیل فعالیت عضلانی متفاوت راندمان گیت و بالتبع زمان قدم تحت الشعاع قرار گرفته است. این نوع گیت با تغییر راستای قرارگیری (الایمنت) اندام تحتانی می تواند تغییر بارهای مفصلی و نحوه توزیع نیروها در مفاصل اندام تحتانی و احتمال بروز برخی از آسیب ها یا شرایط خاص را در طول زمان افزایش دهد. لذا بهتر است افراد از این استراتژی گیتی اجتناب کنند<sup>(۳۴)</sup>.

از دلایل توجیهی که سبب کاهش زمان قدم هنگام استفاده از کفی های سیلیکونی می گردند می توان به برداشتن سریع تر پا در پایان فاز استانس به دلیل افزایش حداکثر پلاننار فلکشن مچ پا<sup>(۱۲)</sup>، تخلیه سریع تر وزن پا به دلیل کاهش اوج فشارهای کف پا در برخی نواحی<sup>(۱۱)</sup>، و کنترل دقیق تر حرکات پا به دلیل افزایش بازخورد حسی از پا اشاره کرد<sup>(۱۰)</sup>.

در توجیه کاهش عرض قدم هنگام راه رفتن با پنجه به داخل می توان گفت این الگو با چرخش داخلی پا و ران همراه است. این چرخش داخلی باعث می شود که پاها به یکدیگر نزدیک تر شوند و در نتیجه عرض قدم کاهش یابد<sup>(۲۵، ۲۶)</sup>. یا از دیدگاهی

پا، افزایش تقویت حس عمقی و بالتبع بهبود تعادل و کنترل حرکت معمولاً تأثیر بیشتری دارند (۳۸-۴۰).

در توجیه تأثیر کفی ها بر کاهش شدت درد در افراد مبتلا به خار پاشنه می توان گفت کفی های طبی سیلیکونی و پدهای پاشنه دارای توانایی بالایی در جذب شوک و کاهش ضربه های وارده به پاشنه هنگام راه رفتن هستند. با این وجود کفی های طبی سیلیکونی فشار را به طور مساوی تری در سراسر پا توزیع می کنند و در نتیجه تمرکز نیروی وارده بر روی خار پاشنه را کاهش می دهند. لذا تأثیر بیشتری در کاهش شدت بصری درد دارند (۱۵، ۴۱). علاوه بر این کفی های سیلیکونی می توانند حمایت و پشتیبانی اضافی بیشتری از قوس پا فراهم کنند، که به کاهش فشار روی پلانتار فاشیای کف پا و در نتیجه کاهش درد مرتبط با خار پاشنه کمک کند (۱۵). و در توجیه افزایش شدت درد در افراد مبتلا به خار پاشنه هنگام راه رفتن با پنجه به خارج می توان گفت هنگام اتخاذ این استراتژی فشار بیشتری بر روی بخش داخلی پا و پاشنه وارد و درد ناشی از خار پاشنه تشدید می گردد. این الگوی راه رفتن ممکن است توزیع وزن بهینه را فراهم نکند و به فشار روی ناحیه آسیب دیده منجر شود (۴۲).

### تشکر و قدردانی

این مطالعه مستخرج از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد می باشد. از تمامی شرکت کنندگان در این پژوهش بخاطر همکاری با گروه تحقیق که اجرای پژوهش حاضر را امکان پذیر نمودند، نهایت قدردانی و سپاس به عمل می آید.

### تعارض منافع

مولفان اعلان می دارند هیچگونه تعارض منافی ندارند و مقاله توسط نویسندگان خوانده شده و مورد قبول قرار گرفته است.

پاها نیازی به طی مسافت زیادی ندارند و زمان گام کاهش می یابد (۳۵).

در توجیه اثربخشی بهتر کفی های سیلیکونی در کاهش زمان گام نسبت به کاپ پاشنه می توان گفت کفی های سیلیکونی پشتیبانی بیشتری در سطح کف پا فراهم می کنند در حالیکه کاپ پاشنه فقط در ناحیه پاشنه این پایداری را فراهم می نماید. لذا پایداری و راحتی در کل چرخه راه رفتن افزایش و این موضوع به گذر سریع تر بین گام ها منجر می شود (۳۶).

در بررسی علل تأثیر گیت پنجه به داخل بر کاهش سرعت راه رفتن در هر دو گروه می توان گفت این گیت سبب تغییر الگوی حرکت، تغییرات کینماتیکی مفاصل اندام تحتانی، و در نتیجه کاهش بازدهی حرکتی می شود. این گیت می تواند نیروهای تماس مفصلی زانو و لگن را افزایش و حرکت را مشکل تر و احتمالاً ناراحت کننده کند و منجر به کاهش سرعت شود (۲۰). علاوه بر این این الگو می تواند سبب تغییر الگوی فعال سازی عضلات اندام تحتانی شود. بعنوان نمونه فعالیت ساقی قدامی افزایش و فعالیت سر داخلی دو قلو کاهش می یابد. این تغییرات در فعالیت عضلات می تواند کارایی و سرعت راه رفتن را تحت تأثیر قرار دهد (۳۷). با اینکه گیت پنجه به داخل می تواند می تواند گشتاور پلانتار فلکشنی عضلات تری سپس (دو قلو و نعلی) را در مرحله پوش آف افزایش دهد، اما الزاماً به بهبود عملکرد کلی راه رفتن منجر نمی شود. این تغییر در وضعیت پا می تواند کارایی مرحله جلو برنده را تحت تأثیر قرار دهد و به کاهش پیشروی رو به جلو منجر شود (۲۰).

در چگونگی تأثیر کفی های بر افزایش سرعت راه رفتن می توان گفت کفی سیلیکونی پزشکی و کفی های مخصوص پاشنه هر دو می توانند سرعت راه رفتن را در افرادی که دچار خار پاشنه هستند افزایش دهند، اما کفی های سیلیکونی به دلایل: پشتیبانی کامل پا، ضربه گیری و نرمی در طول کل پا، کاهش فشارهای بالا در ناحیه پاشنه و توزیع فشار در سطح کل کف

## References

1. Altuntas E, Uzun A. The Relationship Between Age-Related Incidences of Heel Spur With Sex and Side. *International Journal of Morphology*. 2022;40(2).
2. Mortazavi SM, Najafi S, Rezasoltani Z, Ghashang M, Hami Z. The Effect of NaY nano-Zeolite on the Mechanical Properties of Silicon Insoles. *Silicon*. 2022;14(15):9695-700.
3. Levangie PK, Norkin CC. *Joint structure and function: a comprehensive analysis*: FA Davis; 2011.
4. Cham MB, Mohseni-Bandpei MA, Bahramizadeh M, Forogh B, Kalbasi S, Biglarian A. Effects of vibro-medical insoles with and without vibrations on balance control in diabetic patients with mild-to-moderate peripheral neuropathy. *Journal of Biomechanics*. 2020;103:109656.
5. Dobson JA, Riddiford-Harland DL, Bell AF, Wegener C, Steele JR. Effect of shaft stiffness and sole flexibility on perceived comfort and the plantar pressures generated when walking on a simulated underground coal mining surface. *Applied ergonomics*. 2020;84:103024.
6. Nawaz A, Khan U, Zaheer A, Shahzadi A. Prevalence of heel spur in teachers. *Pakistan Journal of Physical Therapy (PJPT)*. 2022.
7. Aydin L, Küçük S, Çetinarslan B, Cantürk Z, Peker A, Ege M, et al., editors. Development and biomechanical validation of medical insoles to prevent foot ulcers on diabetic patients by means of thermoplastic elastomers and additive manufacturing technologies. 2019 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO); 2019: IEEE.
8. Haris F, Liau B-Y, Jan Y-K, Akbari VBH, Primanda Y, Lin K-H, et al. A review of the plantar pressure distribution effects from insole materials and at different walking speeds. *Applied Sciences*. 2021;11(24):11851.
9. Hurwitz DE, Sumner DR, Block JA. Bone density, dynamic joint loading and joint degeneration. *Cells Tissues Organs*. 2001;169(3):201-9.
10. Açak M. The effects of individually designed insoles on pes planus treatment. *Scientific Reports*. 2020;10(1):19715.
11. Shuang J, Haron A, Massey G, Mansoubi M, Dawes H, Bowling FL, et al. The effect of calcaneus and metatarsal head offloading insoles on healthy subjects' gait kinematics, kinetics, asymmetry, and the implications for plantar pressure management: A pilot study. *Plos one*. 2024;19(5):e0303826.
12. Özmanevra R, Angin S, Günel İH, Elvan A. Effect of different insole materials on kinetic and kinematic variables of the walking gait in healthy people. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2018;108(5):390-6.
13. Khan SS, Khan SJ, Usman J. Effects of toe-out and toe-in gait with varying walking speeds on knee joint mechanics and lower limb energetics. *Gait & posture*. 2017;53:185-92.
14. Li B, Zhang X. The dynamic characteristics of the center of pressure for toe-out gait:

- implications for footwear design. *Journal of Leather Science and Engineering*. 2022;4(1):12.
15. Yucel U, Kucuksen S, Cingoz HT, Anliacik E, Ozbek O, Salli A, et al. Full-length silicone insoles versus ultrasound-guided corticosteroid injection in the management of plantar fasciitis: a randomized clinical trial. *Prosthetics and orthotics international*. 2013;37(6):471-6.
  16. Yoo SD, Kim HS, Lee JH, Yun DH, Kim DH, Chon J, et al. Biomechanical parameters in plantar fasciitis measured by gait analysis system with pressure sensor. *Annals of rehabilitation medicine*. 2017;41(6):979-89.
  17. Cervera-Garvi P, Aguilar-Núñez D, Páez-Moguer J, Jerez JM, Navarro-Ledesma S. Differences in the Impact of Plantar Fasciopathy on the Spatio-Temporal Gait Parameters between Participants with Bilateral Plantar Fasciopathy and Healthy Subjects: A Cross-Sectional Study. *Applied Sciences*. 2023;13(4):21.۳۳
  18. Park S-Y, Park D-J. Changes of gait pattern, muscle activity, and perceived comfort in response to variations of height-elevating insoles in young adults. *Journal of exercise rehabilitation*. 2018;14(1):100.
  19. Nagano H, Begg R. A shoe-insole to improve ankle joint mechanics for injury prevention among older adults. *Ergonomics*. 2021;64(10):1271-80.
  20. Karimi MT. Toe-in Gait, Associated Complications, and Available Conservative Treatments: A Systematic Review of Literature. *Journal of Korean Foot and Ankle Society*. 2023;27(1):17-23.
  21. Alcock L, Galna B, Perkins R, Lord S, Rochester L. Step length determines minimum toe clearance in older adults and people with Parkinson's disease. *Journal of biomechanics*. 2018;71:30-6.
  22. Espy DD, Yang F, Bhatt T, Pai Y-C. Independent influence of gait speed and step length on stability and fall risk. *Gait & posture*. 2010;32(3):378-82.
  23. De Pieri E, Romkes J, Wyss C, Brunner R, Viehweger E. Altered muscle contributions are required to support the stance limb during voluntary toe-walking. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2022;10:810560.
  24. Chang A, Hurwitz D, Dunlop D, Song J, Cahue S, Hayes K, et al. The relationship between toe-out angle during gait and progression of medial tibiofemoral osteoarthritis. *Annals of the rheumatic diseases*. 2007;66(10):1271-5.
  25. Wang Y, Mei Q, Jiang H, Hollander K, Van den Berghe P, Fernandez J, et al. The Biomechanical Influence of Step Width on Typical Locomotor Activities: A Systematic Review. *Sports Medicine-Open*. 2024;10(1):83.
  26. Gonzales AS, Saber AY, Ampat G, Mendez MD. Intoeing. 2018.
  27. Li Y, Leong J. Intoeing gait in children. 1999.
  28. Thong-On S, Bovonsunthonchai S, Vachalathiti R, Intiravoranont W, Suwannarat S, Smith R. Effects of strengthening and stretching exercises on the temporospatial gait parameters in patients with plantar fasciitis: A randomized controlled trial. *Annals of rehabilitation medicine*. 2019;43(6):662-76.
  29. Yick KL, Tse C. Textiles and other materials for orthopaedic footwear insoles. *Handbook of footwear design and manufacture: Elsevier*; 2013. p. 341-71.
  30. Urabe Y, Maeda N, Kato S, Shinohara H, Sasadai J. Effect of shoe insole for prevention

- and treatment of lower extremity injuries. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*. 2014;3(4):385-98.
31. Li L, Yang L, Yu F, Shi J, Zhu L, Yang X, et al. 3D printing individualized heel cup for improving the self-reported pain of plantar fasciitis. *Journal of translational medicine*. 2018;16:1-11.
  32. Epishev V, Yakovleva G, Fedorova K. Individual silicone insole design and assessment of effectiveness. *Minerva Ortopedica e Traumatologica*. 2018;69(3):55-9.
  33. Cao Y, Zhuang H, Zhang X, Guo R, Pang H, Zheng P, et al. Impact of foot progression angle on spatiotemporal and plantar loading pattern in intoeing children during gait. *Scientific Reports*. 2024;14(1):1-11.
  34. Neptune RR, Sasaki K. Ankle plantar flexor force production is an important determinant of the preferred walk-to-run transition speed. *Journal of Experimental Biology*. 2005;208(5):799-808.
  35. Winter DA. Biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological 1991.
  36. Nigg B, Wakeling J. Impact forces and muscle tuning: a new paradigm. *Exercise and sport sciences reviews*. 2001;29(1):37-41.
  37. Cui W, Wang C, Chen W, Guo Y, Jia Y, Du W, et al. Effects of toe-out and toe-in gaits on lower-extremity kinematics, dynamics, and electromyography. *Applied Sciences*. 2019;9(23):5245.
  38. Ribeiro AP, João SMA. The effect of short and long-term therapeutic treatment with Insoles and shoes on pain, function, and plantar load parameters of women with plantar fasciitis: a randomized controlled trial. *Medicina*. 2022;58(11):1546.
  39. Lin C-Y, Chen P-Y, Wu S-H, Shau Y-W, Wang C-L. Biomechanical effects of plastic heel cup on plantar fasciitis patients evaluated by ultrasound shear wave elastography. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(8):2150.
  40. Nagano H, Begg RK. Shoe-insole technology for injury prevention in walking. *Sensors*. 2018;18(5):1468.
  41. Shashikant SV. The Efficacy of Orthotics or Insoles and Stretching Exercises for Pain Relief in Patients with Plantar Fasciitis: Rajiv Gandhi University of Health Sciences (India); 2012.
  42. Rosenbaum D, Becker HP. Plantar pressure distribution measurements. Technical background and clinical applications. *Foot and ankle surgery*. 1997;3(1):1-14