DOI: 10.48305/jrrs.2023.41605.1029 Published by Vesnu Publications

بررسی تأثیر کفی طبی نیمه سخت ساخته شده با فن‌آوری CAD/CAM بر روی تعادل و فشار ناشی از صافی کف پای انعطاف‌پذیر در سنین ۱۲ تا ۴۰ سال: یک مرور نظام‌مند

الهه حیدری[۱]، طهمورث طهماسبی[۲]، شهین مجیری[۳]

مقاله مروری

چکیده

مقدمه: صافی کف پای انعطاف‌پذیر، باعث ایجاد فشار در قسمت میانی پا و بر هم خوردن تعادل در مفصل مچ پا در افراد مبتلا می‌شود. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر کفی‌های ساخته شده با فن‌آوری Computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) بر روی فشار و تعادل افراد مبتلا به صافی کف پای انعطاف‌پذیر بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به صورت مرور نظام‌مند و طبق دستورالعمل‌های Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) طراحی گردید. جستجوی گسترده‌ای در مهم‌ترین پایگاه‌های داده‌ای مختلف از جمله PubMed، Web of Science، Embase، Cochrane و Scopus انجام و کیفیت روش‌شناختی تحقیقات وارد شده از طریق چک‌لیست Downs و Black ارزیابی شد. متغیرهای مورد بررسی در این پژوهش‌ها، ارزیابی فشار و تعادل هنگام استفاده از کفی کامپیوتری و جامعه هدف، افراد با سنین بین ۱۲ تا ۴۰ سال بود. در نهایت، نتایج مطالعات مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: در جستجوی الکترونیکی، ۱۶ مقاله معیارهای ورود به تحقیق را داشت که بین سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۰۳ منتشر شده بودند. از بین این مقالات، ۷۵ درصد نشان دهنده تأثیر مثبت کفی‌های ساخته شده با فن‌آوری CAD/CAM بر روی تعادل و فشار کف پا بود و ۲۵ درصد عدم تفاوت کفی‌های کامپیوتری با دیگر کفی‌ها را گزارش کردند.

نتیجه‌گیری: استفاده از فن‌آوری CAD/CAM در ساخت کفی جهت کاهش و توزیع فشار و افزایش تعادل بیماران مبتلا به صافی کف پای انعطاف‌پذیر نقش داشت، اما مطالعات موجود در این زمینه ناکافی بود و نیازمند تحقیقات گسترده‌تر است.

کلید واژه‌ها: کف پای صاف؛ فن‌آوری CAD/CAM؛ کفی نیمه سخت؛ تعادل؛ فشار کف پا

ارجاع: حیدری الهه، طهماسبی طهمورث، مجیری شهین. **بررسی تأثیر کفی طبی نیمه سخت ساخته شده با فن‌آوری CAD/CAM بر روی تعادل و فشار ناشی از صافی کف پای انعطاف‌پذیر در سنین ۱۲ تا ۴۰ سال: یک مرور نظام‌مند.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۴۰۱؛ ۱۸: ۱۱-۱.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۷ تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۱/۱۵

مقدمه

پا در مقایسه با سایر بخش‌های بدن انسان، تغییرات ساختاری بیشتری را از خود نشان می‌دهد (۱). یکی ازمهم‌ترین و متغیرترین ویژگی‌های ساختاری پا، ارتفاع قوس طولی- داخلی به هنگام تحمل وزن می‌باشد (۱). پاها ممکن است در اثر عوامل خارجی، وضعیت‌های خاص یا بیماری‌ها تغییر شکل دهند. بدشکلی پا ممکن است (اما نه همیشه) باعث مشکلاتی مانند درد و تغییر در الگوی راه رفتن شود (۲). در افرادی که دارای قوس‌های افتاده هستند، قوس طولی- داخلی کف پا صاف‌تر از حد معمول است. هنگام ایستادن و راه رفتن، بیشترقسمت‌های پا از پاشنه تا سینه پا با زمین تماس پیدا می‌کند. قوس‌های افتاده پس از چند سال می‌توانند دردناک شوند؛ به ویژه زمانی که بیمار وزن خود را روی آن‌ها قرار می‌دهد. از جمله علل احتمالی افتادگی قوس‌ها می‌توان به ضعف عضلات پا، فشار غیر عادی روی پا و التهاب مفاصل اشاره کرد (۲).

یکی از درمان‌های رایج به منظور کاهش عوارض ناشی از این ضایعه نیز استفاده از کفی‌هاست که حین استفاده، قوس کف پا را به حالت طبیعی برمی‌گرداند و استرس را از روی بافت کاهش می‌دهد (۴، ۳). همچنین، کاهش فعالیت عضلانی که باعث ثبات یا کنترل محور چرخش در پا می‌شود، از دیگر مزایای استفاده از کفی طبی می‌باشد (۵). کفی دارای حمایت قوسی انواع مختلفی دارند که از بین آن‌ها می‌توان به کفی سفارشی ساخت، کفی‌های

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه ارتوز پروتز، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- مربی، گروه ارتوز و پروتز، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۳- دانشجوی دکتری تخصصی، گروه کتابداری و اطلاع‌رسانی پزشکی، دانشکده مدیریت و اطلاع‌رسانی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: الهه حیدری؛ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه ارتوز پروتز، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
Email: e.heidari23@gmail.com

پیش‌ساخته ساپورت قوسی و کفی‌های ساخته شده با فن‌آوری Computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) اشاره کرد. در همین راستا، نتایج پژوهش Daryabor و همکاران نشان داد که بین مطالعات مربوط به سینماتیک و کینتیک راه رفتن در هنگام پوشیدن این کفی‌ها اختلاف وجود داشت. استفاده از مدیال وج (Medial wedge) روی کفی‌های چاپ شده سه بعدی، اثرات مفیدی بر بیومکانیک راه رفتن اندام تحتانی در افراد مبتلا به صافی کف پا دارد. همچنین، آن‌ها نشان دادند که شواهد مستدلی در مقایسه بین کفی‌های چاپ شده سه بعدی و انواع دیگر کفی‌ها وجود نداشت و اختلاف چشمگیری در این خصوص مشاهده نشد (۶). این در حالی است که استفاده از یک کفی پرینت سه بعدی، ممکن است باعث ارتقای احساس راحتی و عملکرد پا در افراد مبتلا به صافی کف پا شود (۷). مطالعات انجام شده، نتایج جامع و مورد توافقی را ارایه نکرده‌اند؛ به طوری که برخی تحقیقات گزارش نمودند که طراحی خاص ارتزهای پا با فن‌آوری CAD/CAM نتوانسته است تفاوت زیادی در توزیع فشار کف پا در این نمونه ایجاد کند (۸). پژوهش‌های بیشتری به منظور تعیین این که آیا نتایج به دست آمده با سیستم‌های اسکن مختلف یا نرم‌افزار طراحی در ارتباط هستند، مورد نیاز می‌باشد. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که همچنان در مورد اثربخشی ارتزهای پا برای صافی کف پای انعطاف‌پذیر کودکان تردیدهایی وجود دارد و تحقیقات گسترده‌تری جهت بررسی محدودیت روش‌شناختی مورد نیاز است (۹). پژوهش‌های مروری پیشین نیز به دلیل کمبود شواهد موجود در زمان انجام طرح، نتوانستند به تصویر روشنی از استفاده از کفی‌های سه بعدی بر تخفیف علایم بیماران دست یابند (۶). علاوه بر این، مطالعات گذشته با استفاده از روش‌های قدیمی‌تر ساخت کفی‌های طبی انجام شده بود و روش‌های جدیدتر مانند کفی‌های ساخته شده با فن‌آوری CAD/CAM را مورد بررسی قرار نداده بودند (۶). با توجه به مطالب ذکر شده، تحقیقات بیشتر و جدیدتری در این خصوص نیاز است که کار نتیجه‌گیری و مقایسه پژوهش‌ها با یکدیگر را در قالب یک مطالعه مروری راحت‌تر کند. بنابراین، انجام یک تحقیق مروری با در نظر گرفتن پیامدهای مورد نظر مانند بررسی تعادل و فشار ضروری به نظر می‌رسد. بر این اساس، هدف از انجام پژوهش حاضر، انجام مرور نظام‌مند به منظور بررسی تأثیر کفی طبی نیمه سخت با استفاده از فن‌آوری CAD/CAM بر صافی کف پای انعطاف‌پذیر در سنین ۱۲ تا ۴۰ سال بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع بررسی سیستماتیک و ثانویه بود که به روش مرور نظام‌مند انجام شد. مقالات منتشر شده با فراخوان کردن افراد ۱۲ تا ۴۰ سال دچار صافی کف پای انعطاف‌پذیر به عنوان جمعیت مورد نظر مورد بررسی قرار گرفتند. مقالات زبان انگلیسی بر اساس استراتژی جستجوی «"flat foot" OR "flat feet" OR "flexible flat foot" OR "flexible flat feet" OR "acquired adult flat foot" OR "acquired adult flatfoot" OR "adult flat foot" OR "pes planus" OR "pes plano valgus" OR "acquired flat feet" OR "foot deformities" OR "flatfoot" OR "semi-rigid insole" OR "semirigid insole") AND ("deformity" OR "foot orthotic device" OR "semi-rigid insole" OR "support" OR "computer-aided design" OR "computer-aided manufacture" OR "CAD/CAM" OR "CAD/CAM" OR "3D printed" OR "insole*" OR "computer numerical control insole*" OR "CNC insole" OR "foot orthoses" OR "insole" OR "arch support" OR "balance") AND ("pressure" OR "plantar pressure" OR "foot plantar pressure" OR "pressure distribution" OR "plantar pressure distribution" OR "pressure distribution insole" OR "pressure distribution foot" OR "pressure distribution feet"» در پایگاه‌های اطلاعاتی Cochrane، Embase، PubMed، Web of Science و Scopus توسط دو محقق مورد جستجو قرار گرفت.

نوع مقالات مورد بررسی شامل کارآزمایی‌های بالینی و مطالعات موردی (Case-report) مرتبط بود. به دلیل رسیدن به جامعیت در بازیابی مقالات، محدودیت زمانی در جستجو اعمال نشد. عدم دسترسی به متن کامل مقاله، عدم تطابق با اهداف مطالعه، مطالعاتی که با استفاده از فن‌آوری CAD/CAM در سایر بیماری‌های غیر مرتبط با کف پای صاف انعطاف‌پذیر انجام شده بود و انتشار به زبان غیر از انگلیسی، به عنوان معیارهای خروج در نظر گرفته شد. پژوهش حاضر بر اساس دستورالعمل‌های Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) طراحی گردید.

دو محقق مقالات مورد نظر را به طور مستقل استخراج کردند. هرگونه اختلاف نظر با نظرسنجی و بحث با یک محقق سوم مورد بررسی قرار گرفت. مقالاتی که داده‌های کافی در جهت هدف مطالعه نداشتند، از تحقیق حذف شدند. کیفیت روش‌شناختی مطالعات وارد شده از طریق نسخه اصلاح شده چک‌لیست Downs و Black (۱۱، ۱۰) که مشتمل بر ۱۷ سؤال بود، ارزیابی گردید (جدول ۱). طبق چک‌لیست مذکور، میانگین نمره قابل کسب ۱۷ بود که کسب نمره ۷ نشان دهنده کیفیت ضعیف، ۸ تا ۱۳ نسبتاً خوب و ۱۴ تا ۱۷ خوب در نظر گرفته شد.

پس از اجرای جستجو با استفاده از واژه‌های تعیین شده، تحت نظارت نویسنده مسؤول، چکیده مقالات استخراج گردید. پس از حذف هم‌پوشانی‌ها، دو پژوهشگر در مرحله اول عنوان و چکیده را از نظر مرتبط بودن بررسی کردند. سپس متن کامل مقالات استخراج و توسط دو پژوهشگر بررسی و غربال شد. اطلاعات مقالات در یک فرم مخصوص استخراج و ثبت گردید.

یافته‌ها

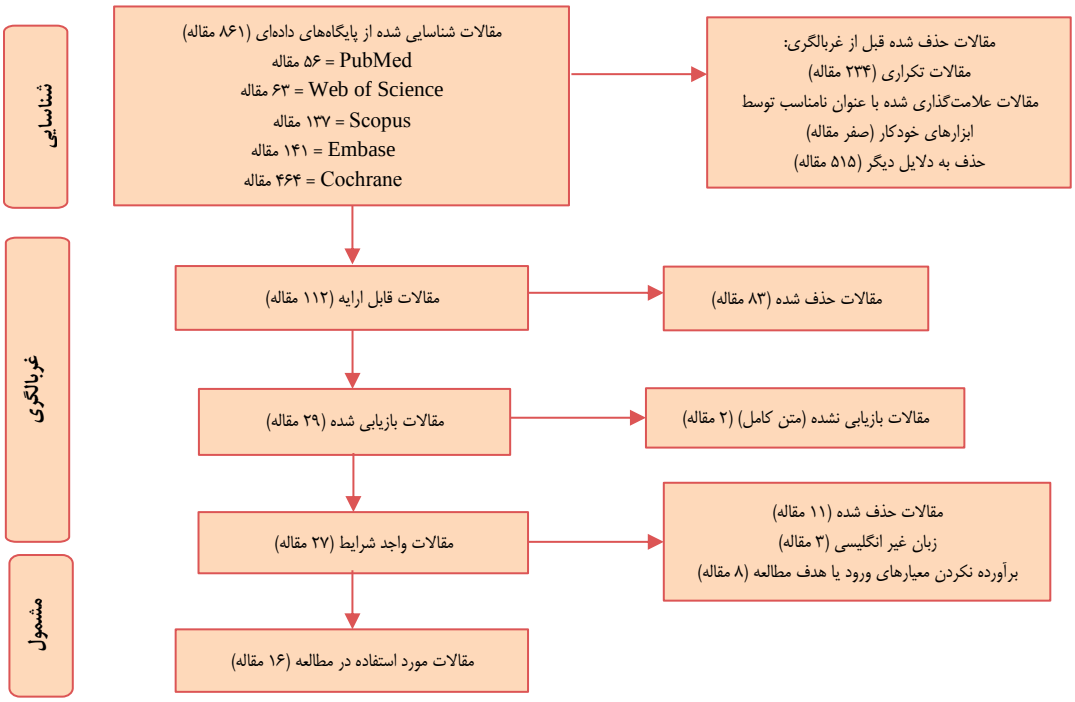
در جستجوی الکترونیکی اولیه، ۸۶۱ مقاله بازیابی و در نرم‌افزار EndNote (EndNote 20.2.1 for Windows, released 11.30.2021, Clarivate, Chandler, AZ, USA) وارد شد. سپس ۵۱۵ مقاله به دلیل مرتبط نبودن نوع بیماری، شاخص اندازه‌گیری شده، مروری بودن مطالعه و... و ۲۳۴ مقاله نیز به دلیل عناوین تکراری از مطالعه خارج شدند. ۱۱۲ مقاله باقی‌مانده وارد مرحله دوم غربالگری گردید. معیار غربالگری در این مرحله، ارتباط با موضوع مورد نظر (با بررسی عنوان و چکیده مقالات) بود که در این مرحله، ۸۳ مقاله حذف شد. از ۲۹ مقاله باقی‌مانده، سه مقاله به دلیل انتشار به زبان غیر (۱۴-۱۲)، دو مقاله به دلیل عدم پاسخ نویسنده به ایمیل‌های فرستاده شده (۱۶، ۱۵)، سه مقاله به دلیل عدم استفاده از فن‌آوری CAD/CAM (۱۸، ۱۷، ۱۴)، یک مطالعه به دلیل عدم بررسی فشار و تعادل بیمار (۲) و چهار مطالعه به دلیل بررسی سایر ناهنجاری‌های پا غیر از کف پای صاف مانند دیابت، پلانتار فاشیاتیس، قوس پای زیاد و کلاب فوت یا مطالعه بر روی افراد سالم (۲۲-۱۹) از پژوهش حذف شدند (شکل ۱).

جدول ۱. چک‌لیست Downs و Black (قسمت اول)

کیفیت	گزارش								اعتبار خارجی	
	Q۱	Q۲	Q۳	Q۴	Q۶	Q۷	Q۹	Q۱۰	Q۱۱	
آیتم	فرضیه/ هدف	نتایج اصلی در Meth/Intro	معیارهای ورود/ خروج	شرح مداخلات	یافته‌های صلی	تغییرپذیری تصادفی	عدم پیگیری	مقادیری احتمال واقعی	نماینده کل جمعیت	
Telfer و همکاران (۲۳)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	
خدایی و همکاران (۸)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	
Kim و همکاران (۳۴)	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	
Joo (۲۴)	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	
de Melo Lopes Martinho Malaquias و همکاران (۲۵)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	
Xu و همکاران (۲۶)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	
Cherni و همکاران (۲۷)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	
Ho و همکاران (۲۸)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	
Hu و همکاران (۲۹)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	
Cheng و همکاران (۳۰)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	
Stolwijk و همکاران (۳۱)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	
Su و همکاران (۳۲)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	
Wang و همکاران (۳۳)	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	
Mo و همکاران (۲)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	
Subramanian و همکاران (۱۱)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	

جدول ۱. چک‌لیست Downs و Black (قسمت دوم)

کیفیت	روایی داخلی- سوگیری					روایی درونی- مخدوش‌کننده		قدرت	مجموع*
	Q۱۴	Q۱۵	Q۱۸	Q۲۰	Q۲۲	Q۲۳	Q۲۶	Q۲۷	Possible ۱۷
آیتم	موضوعات مطالعه کور	اندازه‌گیری‌های کور	آزمون‌های آماری مناسب	معیارهای استفاده شده دقیق	بازه زمانی مشابه	تخصیص تصادفی	نبودن بیماران برای پیگیری	برآورد آماری (قدرت)	-
Telfer و همکاران (۲۳)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱۴
خدایی و همکاران (۸)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱۳
Kim و همکاران (۳۴)	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۸
Joo (۲۴)	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۹
de Melo Lopes Martinho Malaquias و همکاران (۲۵)	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱۰
Xu و همکاران (۲۶)	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱۰
Cherni و همکاران (۲۷)	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱۳
Ho و همکاران (۲۸)	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱۴
Hu و همکاران (۲۹)	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱۳
Cheng و همکاران (۳۰)	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱۱
Stolwijk و همکاران (۳۱)	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱۴
Su و همکاران (۳۲)	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱۰
Wang و همکاران (۳۳)	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۸
Mo و همکاران (۲)	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱۰
Subramanian و همکاران (۱۱)	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱۱

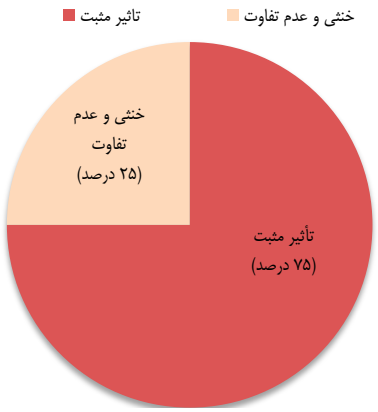


شکل ۱. غربالگری مطالعات بر اساس فلوچارت Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) (۲۳)

در نهایت، ۱۶ مقاله به منظور بررسی نهایی در راستای هدف مطالعه انتخاب گردید (۲۵–۲۲، ۱۱، ۸) (جدول ۲).

مطالعات به صورت کلینیکال ترایال و شبه تجربی و در کشورهای انگلستان، چین، ایران، اتریش، هلند و ترکیه، هنگ‌کنگ و جمهوری چک انجام شده بودند. مقالات موجود در این مرور سیستماتیک بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۲ منتشر شده بودند (جدول ۲).

در شکل ۲ نتایج حاصل از تحقیق به صورت درصد نمایش داده شده است.



شکل ۲. درصد تأثیرات مثبت، منفی و خنثی استفاده از کفی‌های ساخته شده با فن‌آوری Computer-aided design/Computer-aided manufacturing (CAD/CAM)

بحث

بررسی‌های صورت گرفته در پژوهش حاضر نشان داد بیمارانی که از کفی‌های ساخته شده با فن‌آوری CAD/CAM استفاده می‌کنند، احساس راحتی بیشتری دارند (۲۶–۲۲) و باعث افزایش تعادل و ثبات آن‌ها حین راه رفتن می‌شود. ممکن است کاهش درد هنگام استفاده از کفی، با توزیع مجدد فشار کف پا در حین راه رفتن یا دویدن مرتبط باشد که این موضوع می‌تواند در اثر نوع طراحی کفی از جهت اعمال مدیال وج و پد ناویکولار باشد، اما این نتایج قابل تعمیم نیست و شواهد قابل اطمینانی در این خصوص وجود ندارد؛ چرا که برخی از مطالعات انجام شده، تفاوتی را میان استفاده از این نوع کفی‌ها با کفی‌های پیش ساخته یا سنتی گزارش نکردند (۲۷، ۸). از طرف دیگر، تعداد تحقیقات انجام شده و دارای معیارهای ورود در این زمینه کم بود. از این‌رو، نتایج ۷۵ درصد پژوهش‌ها نشان داد که پوشیدن کفی‌های ساخته شده با فن‌آوری CAD/CAM به طور بالقوه مفیدتر از کفی‌های پیش ساخته است (۳۴–۲۸، ۲۵، ۲۴) و ۲۵ درصد مقالات به عدم تفاوت تأثیر کفی‌های کامپیوتری و سنتی اشاره کردند ()؛ البته باید مد نظر داشت که فن‌آوری CAD/CAM یک رویکرد نوین در طراحی به شمار می‌رود.

مطالعات متعددی اثرات انواع مختلف کفی بر روی بیومکانیک راه رفتن در افراد دارای کف پای صاف را بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیق Daryabor و همکاران نشان داد که کفی‌های چاپ سه بعدی با گوه داخلی می‌تواند بیومکانیک اندام تحتانی را بهبود بخشد (۶). همچنین، پژوهش Desmyttere و همکاران به این نتیجه دست یافت که کفی‌های چاپ سه بعدی می‌توانند راحتی و عملکرد پا را در افراد دارای کف پای صاف بهبود بخشند (۳۵).

جدول ۲. لیست مقالات یافت شده از سال ۲۰۲۲-۲۰۰۳

منابع	کشور	نوع مطالعه	میانگین سنی (سال)	نمونه‌ها (مرد/ زن)	روش تشخیص	نوع کفی استفاده شده	سیستم پرینت سه بعدی	پیگیری	پیامدها
Talfer و همکاران (۲۳)	انگلستان	نیمه تجربی	۲۹/۹	۱۲ نفر	RCSP و FPI	کفی پرینت سه بعدی سفارشی با پایه خارجی پشتی از ۶ درجه جانبی تا ۱۰ درجه داخلی	RapMan; Bits from Bytes, Clevedon, UK	۲ هفته	اگرچه با گرفتن EMG تدثیر معنی‌داری بر روی فعالیت عضلانی پا نداشت، اما باعث توزیع نرمال فشار کف پایی شد.
خدایی و همکاران (۸)	ایران	نیمه تجربی	۲۲/۹	۱۹ نفر (۲ مرد و ۱۷ زن)	FPI	کفی CNC از جنس EVA و کفی پیش ساخته پا	TekScan MatScan® system	بلافاصله	هم CAD/CAM و هم کفی پیش ساخته، فشار را در بیمارانی که کف پای صاف انعطاف‌پذیر داشتند، با یک الگو تقسیم کرد. طراحی ویژه کفی CAD/CAM نمی‌تواند تفاوت زیادی در توزیع فشار کف پا ایجاد کند.
Hu و همکاران (۲۹)	اتریش	نیمه تجربی	گزارش نشده	گزارش نشده	NTNH	مقایسه کفی پیش ساخته و کفی ساخته شده توسط پرینتر سه بعدی	J750 PolyJet 3D printer	۲ هفته	استفاده از کفی ساخته شده با پرینتر سه بعدی، باعث افزایش تعادل در راه رفتن و ساپورت بهتر قوس طولی داخلی از جهت تطابق بیشتر با کف پا و در نتیجه، راحتی بیمار می‌شود.
Kim و همکاران (۳۴)	کره جنوبی	نیمه تجربی	۲۲/۹	۱۵ نفر (گزارش نشده)	NDT	کفی پرینت سه بعدی	Cubicon® 3DP-110F, Hyvision, Korea	گزارش نشده	اگرچه کفی‌های پرینت سه بعدی سفارشی روی زوایای مفصل و نیروهای واکنش زمین مؤثر نبودند، اما بر مسیر فشار مرکزی در طول فاز استانس تأثیر مثبتی گذاشتند.
Joo (۲۴)	کره جنوبی	نیمه تجربی	۲۲/۹	۱۵ نفر (گزارش نشده)	RCSP	کفی پرینت سه بعدی کفی پیش ساخته	EinScan-Pro, Hustem, Korea and EinScan-Pro software, Hustem, Korea	گزارش نشده	کفی‌های سفارشی سازی شده با پرینت سه بعدی با تغییر مسیر فشار مرکزی، تا حدودی بر توزیع فشار افراد با کف پای صاف تأثیر داشت.
Xu و همکاران (۲۶)	چین	کنترل شده تصادفی یک سو کور	۳۸/۸	۸۰ نفر (۴۰ مرد و ۴۰ زن)	FPI	کفی پرینت سه بعدی سفارشی از جنس EVA، کفی پیش ساخته که جنس آن ذکر نشده است.	Bodyarch X1 Printer®	۸ هفته	کفی‌های پرینت سه بعدی سفارشی شده با توزیع فشار در ناحیه وسط پا، فشار روی متاتارس‌ها را کاهش داد. کفی‌های پرینت سه بعدی سفارشی مؤثرتر از کفی‌های پیش ساخته بودند و راحتی بهتری را برای بیماران مبتلا به صافی کف پا ارایه کردند.
de Melo Lopes Martinho و Malaquias همکاران (۲۵)	انگلستان	نیمه تجربی	۴۰/۲	۱۸ نفر (گزارش نشده)	Dynamic plantar pressure data	کفی پرینت سه بعدی کفی با فوم EVA	RS scan International, Belgium	بلافاصله	استفاده از هر دو نوع کفی در افراد با کف پای صاف، وضعیت پویای پا را اصلاح می‌کند و در نتیجه، ارتفاع قوس را افزایش می‌دهد و باعث افزایش تعادل شد. تفاوت معنی‌داری بین دو کفی وجود نداشت.
Cherni و همکاران (۲۷)	کانادا	نیمه تجربی	۳۷/۶	۱۹ نفر (۶ مرد و ۱۳ زن)	FPI	دو جفت کفی ساخته شده با پرینتر سه بعدی با درجه سختی متفاوت	گزارش نشده	بلافاصله	سختی ارتز پا و افزودن پستینگ بر فشار کف پا در حین راه رفتن تأثیر می‌گذارد. سختی ارتز پا فشارهای کف پا را در زیر ناحیه میانی پا تغییر می‌دهد.
Ho و همکاران (۲۸)	استرالیا	کارآزمایی بالینی متقاطع یک سو کور	۴۵/۸	۱۳ نفر (۵ مرد و ۸ زن)	FPI	کفی پرینت سه بعدی و کفی سنتی	پیش ساخته تجاری	بلافاصله	در افراد مبتلا به کف پای صاف، استفاده از کفی‌های پرینت سه بعدی به همان اندازه کفی‌های سنتی ساخته شده، در تغییر بیومکانیک و حفظ تعادل در مفاصل مچ پا مؤثر است.

جدول ۲. لیست مقالات یافت شده از سال ۲۰۲۲-۲۰۰۳ (ادامه)

منابع	کشور	نوع مطالعه	میانگین سنی (سال)	نمونه‌ها (مرد/ زن)	روش تشخیص	نوع کفی استفاده شده	سیستم پرینت سه بعدی	پیگیری	پیامدها
Cheng و همکاران (۳۰)	چین	کارآزمایی متقاطع تصادفی	۲۰/۴	۱۰ نفر (۴ مرد و ۶ زن)	PAI و NDT	پرینت سه بعدی سفارشی	Nmotion Orthotic Lab, Knoxville, TN, USA	بلافاصله	افزایش فشار در قسمت میانی پا که نشان دهنده حمایت از قوس طولی- داخلی بود، اندازه‌گیری شد. همچنین، اصلاح پرونیتیشن و اورژن پاشنه را به همراه داشت.
Stolwijk و همکاران (۳۱)	هلند	نیمه تجربی	۵۴/۹	۲۲۳ نفر (۷۳ مرد و ۱۹۳ زن)	AI	کفی پرینت سه بعدی	Precision 3D Limited, UK	بلافاصله	کفی‌های طراحی شده به همه گروه‌ها با مشکلات مختلف ارایه شد. توزیع فشار کف پا برای همه گروه‌ها یکسان بود.
Su و همکاران (۳۲)	چین	مطالعه موردی	۱۲	پسر ۱۲ ساله	NDT	کفی پرینت سه بعدی	Infoot, I-Ware Laboratory Co. Ltd. JPN	بلافاصله	به طور کلی، جنس کفی و طراحی آن تأثیر مثبتی بر اصلاح صافی کف پا داشت، اما منجر به افزایش فشار بر روی مفاصل و لیگامان‌ها شد.
Wang و همکاران (۳۳)	چین	نیمه تجربی	۲۶/۳	۵۰ نفر (۱۹ مرد و ۳۱ زن)	AI	کفی پرینت سه بعدی	IFOOT-DK3, Shenzhen, Guangdong, China	بعد از سه ماه تا یک سال	کفی‌های ساخته شده با پرینتر سه بعدی می‌توانند به کاهش فشار، رفع خستگی، تسکین درد و بهبود ثبات و پشتیبانی از حرکت پا کمک کنند.
Mo و همکاران (۲)	هنگ‌کنگ	نیمه تجربی	۳۶/۴	۱۳ زن	Static and dynamic measurements of the hindfoot in clinical	کفی پرینت سه بعدی	Ideamaker, Raise3D, Costa Mesa, CA, USA	بلافاصله	دو گروهی که از کفی‌های ساخته شده با روش سنتی قالب‌گیری و کفی ساخته شده با پرینتر سه بعدی استفاده کرده بودند، نسبت به گروهی که هیچ ارتزی دریافت نکردند، احساس راحتی بیشتری داشتند و کنترل مچ پا در آن‌ها بهتر صورت گرفته بود. این موضوع نشان می‌دهد ارتزهای ساخته شده با فن آوری CAD/CAM می‌توانند جایگزین مناسبی برای ارتزهای قالب‌گیری با روش سنتی باشند
Subramanian و همکاران (۱۱)	کانادا	نیمه تجربی	۳۷/۶	۱۹ نفر (۱۳ زن و ۶ مرد)	FPI	کفی پرینت سه بعدی	Unable to determine	بلافاصله	هرچه درجه سختی کفی بیشتر باشد، توزیع و افزایش فشار بیشتر می‌شود، اما در میزان فعالیت عضلات تأثیری ندارد.
Jandova و Mendricky (۲۲)	جمهوری چک	نیمه تجربی	۴۰/۶	۵۱ نفر	FPI	کفی پرینت سه بعدی و EVA	Unable to determine	بلافاصله	هر دو کفی سفارشی ساخت با کمک توزیع فشار، باعث کاهش فشار در بیماران دارای بدشکلی‌های کف پا شد و به دنبال آن، رضایت افراد را به همراه داشت. در نهایت، کفی‌های ساخته شده با پرینتر سه بعدی و کفی‌های CNC از جهت تطابق بیشتر آن با کف پا پیشنهاد گردید.

FPI: foot posture index; RCSP: Resting calcaneal stance position; NTNH: Normalized truncated navicular height; EMG: Electromyography; CAD/CAM: Computer-aided design-Computer-aided manufacturing; NDT: Navicular drop test; CNC: Computer numerical control; EVA: Ethylene-Vinyl Acetate; PAI: Plantar arch index; AI: Arch index

http://jrrs.mui.ac.ir

نتایج مطالعه Yurt و همکاران که انواع مختلف کفی‌های سفارشی را در افراد مبتلا به کفی دردناک، انعطاف‌پذیر و صاف مقایسه کرد، نشان داد که دو نوع کفی سفارشی و پیش ساخته، درد را در مقایسه با کفی‌های آماده کاهش می‌دهد (۳۶).

تحقیق دیگری شاخص‌های سه گروه از افراد دارای کف پای صاف را در حین دویدن با و بدون کفی مقایسه و نتیجه‌گیری کرد کسانی که از کفی‌های ساخته شده با قالب‌گیری سنتی یا چاپ سه بعدی استفاده می‌کنند، کنترل مفصل مچ پای بهتری نسبت به کسانی که کفی ندارند، دارند (۱۳). در پژوهش دیگری، کفی‌های چاپ سه بعدی با درجات سختی متفاوت، به ۱۹ نفر با کف پای صاف ارایه و مشخص گردید که توزیع فشار و میزان آن در کفی‌هایی با درجه سختی بالاتر، قابل توجه‌تر است (۳۷).

Anggoro و همکاران دو نوع کفی پیش ساخته و کفی ساخته شده با استفاده از فن‌آوری CAD/CAM را در افراد دارای کف پای صاف با میانگین سنی ۳۸ سال مقایسه کردند و دریافتند که کفی‌های ساخته شده با استفاده از فن‌آوری CAD/CAM با توزیع یکنواخت در قسمت میانی، باعث کاهش فشار بر روی استخوان‌های متاتارس و به دنبال آن، راحتی بهتر بیماران می‌شود و توجه به تجویز این نوع کفی را ضروری می‌کند (۳۸).

ارتز پا روش محبوبی برای درمان بیماران مبتلا به صافی کف پا می‌باشد. با این حال، شواهد بیشتری برای اثبات اثربخشی آن‌ها در توان‌بخشی چنین بیمارانی مورد نیاز است. یک مطالعه مروری نتوانست شواهد قوی برای حمایت از استفاده طولانی مدت از کفی برای بهبود مشکل ساختاری کف پای صاف انعطاف‌پذیر کودکان پیدا کند. تحقیق مروری دیگری گزارش کرد که صافی کف پای کودکان، با رشد آن‌ها بهبود می‌یابد (۳۵). نتایج چندین پژوهش نشان داده است که کفی‌ها می‌توانند بر صافی و اصلاح ساختاری کفی تأثیر مثبتی بگذارند. انتخاب درمان و اصلاح ساختاری پا ممکن است به ویژگی‌های بیمار، نوع فعالیت و ترجیحات شخصی بستگی داشته باشد. به عنوان مثال، سه نوع مداخله از جمله کفی‌های طبی، ساق‌ها و کینزیوتیپینگ ورزشی، به بیماران در مطالعه Hu و همکاران داده شد و هر سه آن‌ها پرونیشن و انحراف پا را کنترل کردند (۲۹).

علاوه بر این، یک تحقیق مروری روی صافی کف پا در کودکان نشان داد که کفی‌ها باعث انحراف پاشنه پا و چرخش پا به سمت بیرون می‌شوند. با این حال، هنوز شواهد کافی در این زمینه وجود ندارد (۴۰). بر اساس نتایج برخی پژوهش‌ها، استفاده از کفی ابتدا ممکن است فشار را در ناحیه میانی پا افزایش دهد که نشان دهنده حمایت از قوس طولی- داخلی و اصلاح پرونیشن پا است (۴۱)، اما استفاده طولانی مدت از آن‌ها می‌تواند فشار را کاهش دهد و ثبات را بهبود بخشد (۳۴) و از حرکت پا حمایت کند و در نتیجه، منجر به بهبود تعادل گردد (۴۳، ۴۲).

مطالعاتی که به مقایسه کفی‌های طبی طراحی شده با استفاده از فن‌آوری CAD/CAM و روش‌های سنتی پرداختند، هیچ تفاوتی را در تأثیر این کفی‌ها بر فعالیت ماهیچه‌ها گزارش نکردند. با این حال، آن‌ها در تغییرات بیومکانیکی و حفظ تعادل در مفصل مچ پا متفاوت بودند (۴۴، ۳۳، ۱۳). چندین تحقیق تفاوت‌های قابل توجهی را بین انواع مختلف کفی نشان داده‌اند. کسانی که از کفی ساخته شده با چاپگر سه بعدی استفاده کرده بودند، کنترل و تعادل بهتری را در مچ پای شخصی شده مشاهده نمودند (۲۷، ۲). همچنین، کفی‌های کامپیوتری با پای فرد سازگارتر و در اندازه‌گیری دقیق‌تر از کفی‌های سنتی می‌باشد (۳۲).

کفی‌ها اغلب برای توزیع فشار کف پا و افزایش راحتی بیمار استفاده می‌شود. نتایج پژوهش‌های اخیر نشان داده است که کفی‌های سفارشی‌سازی شده تولید شده با پرینترهای سه بعدی و ماشین‌های CNC نسبت به نمونه‌های پیش‌ساخته، مؤثرتر می‌باشد و رضایت بیماران را افزایش می‌دهد (۲۹). به عنوان مثال، نتایج مطالعات نشان داده است که رایانه‌های کفی فشار را بر روی استخوان‌های متاتارس کاهش می‌دهند و آن را به طور مساوی در بین پاها توزیع می‌کنند (۴۵، ۴۰، ۲۵) و در نتیجه، باعث اصلاح ساختاری کف پا، افزایش ثبات مفصل مچ پا و بهبود تعادل می‌شود (۲۸). این امر شخصی‌سازی کفی را به یک گزینه درمانی مؤثر تبدیل می‌کند که می‌تواند متناسب با نیازهای فردی هر بیمار طراحی گردد.

بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، تحقیق Stolwijk و همکاران که شامل ۲۲۳ شرکت‌کننده بود (۳۱)، قابل اعتمادتر از پژوهش Ho و همکاران است (۲۸)؛ چرا که تعداد بیماران گزارش نشده بود. نتایج مطالعه Stolwijk و همکاران نشان داد که کفی‌های طراحی شده توسط کامپیوتر نسبت به کفی‌های سنتی توزیع فشار بهتری دارند (۳۱).

طراحی و ساخت ارتز و پروتز با استفاده از فن‌آوری CAD/CAM، روش نوین و نوآورانه‌ای است که توجه جهانیان از جمله کشورهای در حال توسعه را به خود جلب کرده است. این فن‌آوری در تمامی انواع طراحی و ساخت دستگاه‌ها به جزء کفی‌ها کاربرد دارد. با این حال، در ایجاد بریس‌های ستون فقرات مختلف که سبک‌تر و نازک‌تر است و راحتی بیشتری را برای بیماران فراهم می‌کنند، موفق بوده است (۴۶). محدودیت‌های تحقیق حاضر شامل کیفیت روش‌شناختی پژوهش‌ها و ناهمگونی در بررسی نتایج پژوهش است. محدودیت‌های دیگر شامل حجم نمونه، تکنیک‌های نمونه‌گیری، معیارهای تشخیصی، روش‌های درمانی، اجرای مداخله و شاخص‌های مرتبط و فقدان اقدامات ارزیابی جامع می‌باشد. همچنین، حفظ تعادل افراد، ارتباط مستقیمی با وضعیت جسمانی و شدت مشکلات بیماران مبتلا به کف پای صاف دارد (۴۷).

با وجود پیشرفت‌هایی که در کفی‌های ساخته شده با فن‌آوری CAD/CAM ایجاد شده است، برخی مشکلات هنوز برای افراد دارای کف پای صاف وجود دارد، اما با توجه به اثربخشی این فن‌آوری نسبت به سایر روش‌ها، می‌توان پیشنهاد کرد که سیاست‌گذاران سلامت آن را به کلینیک‌ها معرفی کنند تا پیشرفت چشمگیری در معاینات بالینی و نسخه‌های کفی ایجاد شود. همچنین، با گسترش این فن‌آوری می‌توان افراد بیشتری را به عنوان متخصص در طراحی و ساخت این کفی‌ها آموزش داد و به کار گرفت.

این محدودیت‌ها ارزیابی بیماران را چالش‌برانگیز می‌کند. اگرچه نتایج مطالعه حاضر به دلیل بررسی نتایج مختلف و تعداد کم تحقیقات، ضعیف بود، برخی از پژوهش‌ها نشان دادند که کفی‌های طبی ساخته شده با فن‌آوری CAD/CAM ممکن است به طور مثبت تعادل را افزایش و درد را کاهش دهد، عملکرد بیومکانیکی و توزیع فشار پا را بهبود بخشد و به طور کلی، آسایش بیماران را فراهم نماید. با این حال، شواهد کافی برای مقایسه کفی‌های ساخته شده با فن‌آوری CAD/CAM با کفی‌های سنتی در حالت‌های مختلف راه رفتن یا دویدن وجود نداشت. بنابراین، مطالعات بیشتری برای به دست آوردن شواهد قابل توجه‌تر از اثرات کفی‌های طبی ساخته شده با فن‌آوری CAD/CAM بر روی کفی‌های تخت انعطاف‌پذیر مورد نیاز است.

http://jrrs.mui.ac.ir

محدودیت‌ها

از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به کیفیت روش‌شناختی تحقیقات انجام شده و ناهمگونی در بررسی پیامدهای مورد نظر اشاره کرد. مواردی مانند اندازه نمونه و تکنیک‌های نمونه‌گیری، معیارهای تشخیصی، روش‌های درمانی، اجرای مداخله و شاخص‌های مرتبط با آن و فقدان معیارهای جامع در ارزیابی پیامدها را می‌توان به عنوان محدودیت‌های دیگر در نظر گرفت. از طرف دیگر، اندازه‌گیری درد از جمله مفاهیم ذهنی و بررسی و تأیید آن دشوار می‌باشد؛ چرا که ممکن است به شخصیت و ویژگی‌های فرهنگی و شخصیتی افراد مرتبط باشد. همچنین، حفظ وضعیت تعادلی افراد به طور مستقیم وابسته به شرایط جسمانی و شدت مشکلات بیمار مبتلا به صافی کف پا است. بدین ترتیب، موارد مذکور ارزیابی بیماران را مشکل می‌سازد و در نهایت، با توجه به این که پژوهش مشابهی در این زمینه انجام نشده بود، امکان مقایسه با موارد مشابه وجود نداشت.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود حتی طراحی کفی‌ها منطبق با روش‌های روز مانند فن‌آوری CAD/CAM و بر طبق شرایط بیماران صورت گیرد. هرچند خلأ پژوهشی در این زمینه وجود دارد، اما مشخص است که طراحی و استفاده از این ارتزها می‌تواند تا حدودی به بهبود برخی مشکلات بیماران مبتلا به صافی کف پا کمک کند. بهتر است پژوهش‌های بیشتری در آینده در این زمینه صورت گیرد و لزوم انجام مطالعات بیشتر کلینیکی و آینده‌نگر برای بررسی دقیق‌تر و رسیدن به یک نتیجه‌گیری قابل اتکا ضروری به نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر به دلیل بررسی پیامدهای مختلف و تعداد کم مطالعات، نتایج ضعیفی به دست آمد. هرچند نتایج مشترک برخی تحقیقات نشان داد که کفی‌های طبی ساخته شده با فن‌آوری CAD/CAM ممکن است تا حدودی بر افزایش تعادل و کاهش درد، بهبود عملکرد بیومکانیک و توزیع فشار پا و به طور کلی، راحتی بیماران تأثیر مثبتی بگذارد، شواهد کافی برای به دست آوردن یک نتیجه از مقایسه کفی‌های ساخته شده با فن‌آوری CAD/CAM با کفی‌های سنتی در حالات مختلف راه رفتن یا دویدن وجود نداشت. از این‌رو، پژوهش‌های بیشتری در این خصوص نیاز است تا بتوان شواهد قوی‌تری از اثرات کفی طبی ساخته شده با فن‌آوری CAD/CAM بر کف پای صاف انعطاف‌پذیر به دست آورد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد، مصوب دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد. بدین وسیله از سرکار خانم شهین مجیری که در جمع‌آوری داده‌ها همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

نقش نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی مطالعه: الهه حیدری
خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه: طهمورث طهماسبی، الهه حیدری
جمع‌آوری داده‌ها: الهه حیدری، شهین مجیری
تحلیل و تفسیر نتایج: الهه حیدری، طهمورث طهماسبی، شهین مجیری
تنظیم دست‌نوشته: الهه حیدری، طهمورث طهماسبی، شهین مجیری
ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی: الهه حیدری، طهمورث طهماسبی، شهین مجیری
تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله: الهه حیدری، طهمورث طهماسبی، شهین مجیری
مسؤولیت حفظ یک پارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران: الهه حیدری، طهمورث طهماسبی، شهین مجیری

منابع مالی

تحقیق حاضر بر اساس تحلیل ثانویه بخشی از اطلاعات مستخرج از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد مصوب دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد که بدون حمایت مالی انجام شد. دانشگاه علوم پزشکی اصفهان در جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل داده‌ها، گزارش آن‌ها، تنظیم دست‌نوشته و تأیید نهایی مقاله برای انتشار اعمال نظر نداشته است.

تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند. جناب آقای طهمورث طهماسبی بودجه برای مطالعات پایه مرتبط با این مقاله را از دانشگاه علوم پزشکی اصفهان جذب نمود و به عنوان هیأت علمی گروه ارتوز و پروتز در این دانشگاه مشغول به فعالیت می‌باشند. الهه حیدری و شهین مجیری از سال ۱۳۹۶ به ترتیب دانشجوی مقاطع کارشناسی ارشد ارتوز پروتز و دکتری تخصصی اطلاع‌رسانی پزشکی در دانشکده‌های توان‌بخشی و مدیریت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشند.

References

1. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: A useful measure from footprints. J Biomech 1987; 20(5): 547-51.
2. Mo S, Leung SHS, Chan ZYS, Sze LKY, Mok KM, Yung PSH, et al. The biomechanical difference between running with traditional and 3D printed orthoses. J Sports Sci 2019; 37(19): 2191-7.
3. Tsung BY, Zhang M, Mak AF, Wong MW. Effectiveness of insoles on plantar pressure redistribution. J Rehabil Res Dev 2004; 41(6A): 767-74.
4. Paiehdar S, Saeedi H, Ahmadi A, Kamali M, Mohammadi M. The comparison of the immediate effect of 3 functional, UCBL and modified UCBL foot orthotics impact on dynamic balance in subjects with flexible flatfoot. J Rehab 2014; 14(4): 66-73. [In Persian].
5. Nawoczenski DA, Ludewig PM. Electromyographic effects of foot orthotics on selected lower extremity muscles during running. Arch Phys Med Rehabil 1999; 80(5): 540-4.
6. Daryabor A, Kobayashi T, Saeedi H, Lyons SM, Maeda N, Naimi SS. Effect of 3D printed insoles for people with flatfeet: A systematic review. Assist Technol 2023; 35(2): 169-79.

7. Hessert MJ, Vyas M, Leach J, Hu K, Lipsitz LA, Novak V. Foot pressure distribution during walking in young and old adults. BMC Geriatr 2005; 5: 8.
8. Khodaei B, Saeedi H, Jalali M, Farzadi M, Norouzi E. Comparison of plantar pressure distribution in CAD-CAM and prefabricated foot orthoses in patients with flexible flatfeet. Foot (Edinb) 2017; 33: 76-80.
9. Dars S, Uden H, Banwell HA, Kumar S. The effectiveness of non-surgical intervention (Foot Orthoses) for paediatric flexible pes planus: A systematic review: Update. PLoS One 2018; 13(2): e0193060.
10. Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. J Epidemiol Community Health 1998; 52(6): 377-84.
11. Subramanian SK, Caramba SM, Hernandez OL, Morgan QT, Cross MK, Hirschhauser CS. Is the Downs and Black scale a better tool to appraise the quality of the studies using virtual rehabilitation for post-stroke upper limb rehabilitation? Proceedings of the 2019 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR); 2019 July 21-24; Tel Aviv, Israel.
12. Erdemir A, Saucerman JJ, Lemmon D, Loppnow B, Turso B, Ulbrecht JS, et al. Local plantar pressure relief in therapeutic footwear: Design guidelines from finite element models. J Biomech 2005; 38(9): 1798-806.
13. Ciobanu O. [The use of CAD/CAM and rapid fabrication technologies in prosthesis and orthotics manufacturing]. Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi 2012; 116(2): 642-8.
14. Liu X, Rizza R, Valin S, Al-Ramahi J, Lyon R, Thometz J. Fluoroscopy and dynamic pressure-based foot orthoses for children with flatfoot. J Prosthet Orthot 2019; 31(2): 145-51.
15. Ilavarasi K. Effectiveness of 3D foot scanner designed and fabricated customized foot insole in the management of children with flat foot. Komarapalayam, India: JKK Muniraja Medical Research Foundation; 2018.
16. Bok SK, Kim BO, Lim JH, Ahn SY. Effects of custom-made rigid foot orthosis on pes planus in children over 6 years old. Ann Rehabil Med 2014; 38(3): 369-75.
17. Bok SK, Lee H, Kim BO, Ahn S, Song Y, Park I. The effect of different foot orthosis inverted angles on plantar pressure in children with flexible flatfeet. PLoS One 2016; 11(7): e0159831.
18. Yildiz K, Medetalibeyoglu F, Kaymaz I, Ulusoy GR. Triad of foot deformities and its conservative treatment: With a 3D customized insole. Proc Inst Mech Eng H 2021; 235(7): 780-91.
19. D'Amico M, Kinel E, Roncoletta P, Gnaldi A, Ceppitelli C, Belli F, et al. Data-driven CAD-CAM vs traditional total contact custom insoles: A novel quantitative-statistical framework for the evaluation of insoles offloading performance in diabetic foot. PLoS One 2021; 16(3): e0247915.
20. Jin H, Xu R, Wang J. The effects of short-term wearing of customized 3d printed single-sided lateral wedge insoles on lower limbs in healthy males: A randomized controlled trial. Med Sci Monit 2019; 25: 7720-7.
21. Balsdon MER, Dombroski CE. Custom-made foot orthoses with and without heel plugs and their effect on plantar pressures during treadmill walking. Prosthet Orthot Int 2022; 46(4): e357-e361.
22. Jandova S, Mendricky R. Benefits of 3D printed and customized anatomical footwear insoles for plantar pressure distribution. 3D Print Addit Manuf 2022; 9(6): 547-56.
23. Telfer S, Abbott M, Steultjens M, Rafferty D, Woodburn J. Dose-response effects of customised foot orthoses on lower limb muscle activity and plantar pressures in pronated foot type. Gait Posture 2013; 38(3): 443-9.
24. Joo JY. Effects of customized 3D-printed insoles on the kinematics of flat-footed walking and running. Korean Journal of Applied Biomechanics 2018; 28(4): 237-44.
25. de Melo Lopes Martinho Malaquias T, Solten JV, Jonkers I, De Groote F. A combined multibody and plantar pressure approach to estimate and predict foot kinematics applied to 3D-printed insoles [PhD Thesis]. Leuven, Belgium: Katholieke Universiteit Leuven; 2019.
26. Xu R, Wang Z, Ren Z, Ma T, Jia Z, Fang S, et al. comparative study of the effects of customized 3d printed insole and prefabricated insole on plantar pressure and comfort in patients with symptomatic flatfoot. Med Sci Monit 2019; 25: 3510-9.
27. Cherni Y, Desmyttere G, Hajizadeh M, Bleau J, Mercier C, Begon M. Effect of 3D printed foot orthoses stiffness on muscle activity and plantar pressures in individuals with flexible flatfeet: A statistical non-parametric mapping study. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2022; 92: 105553.
28. Ho M, Nguyen J, Heales L, Stanton R, Kong PW, Kean C. The biomechanical effects of 3D printed and traditionally made foot orthoses in individuals with unilateral plantar fasciopathy and flat feet. Gait Posture 2022; 96: 257-64.
29. Hu CW, Nguyen CT, Holbling D, Pang TY, Baca A, Dabnichki P. A novel 3D printed personalised insole for

improvement of flat foot arch compression and recoil˜ preliminary study. Proc Inst Mech Eng Pt L J Mater Des Appl 2022; 237(2): 329-42.
30. Cheng KW, Peng Y, Chen TL, Zhang G, Cheung JC, Lam WK, et al. A Three-dimensional printed foot orthosis for flexible flatfoot: an exploratory biomechanical study on arch support reinforcement and undercut. Materials (Basel) 2021; 14(18): 5297.
31. Stolwijk NM, Louwerens JW, Nienhuis B, Duysens J, Keijsers NL. Plantar pressure with and without custom insoles in patients with common foot complaints. Foot Ankle Int 2011; 32(1): 57-65.
32. Su S, Mo Z, Guo J, Fan Y. The effect of arch height and material hardness of personalized insole on correction and tissues of flatfoot. J Healthc Eng 2017; 2017: 8614341.
33. Wang Y, Jiang W, Gan Y, Yu Y, Dai K. Clinical observation of 3D printing technology in insoles for flexible flatfoot patients. J Shanghai Jiaotong Univ 2021; 26(3): 398-403.
34. Kim, Young-Kwan and Joo, Ji-Yong. Effects of custom-made 3d printed insoles for flat-foot people on gait parameters: A preliminary study. ISBS Proceedings Archive 2017; 35(1): 223.
35. Desmyttere G, Hajizadeh M, Bleau J, Begon M. Effect of foot orthosis design on lower limb joint kinematics and kinetics during walking in flexible pes planovalgus: A systematic review and meta-analysis. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2018; 59: 117-29.
36. Yurt Y, Sener G, Yakut Y. The effect of different foot orthoses on pain and health related quality of life in painful flexible flat foot: A randomized controlled trial. Eur J Phys Rehabil Med 2019; 55(1): 95-102.
37. Haris F, Liau BY, Jan YK, Akbari VB, Primanda Y, Lin KH, et al. A review of the plantar pressure distribution effects from insole materials and at different walking speeds. Appl Sci 2021; 11(24): 11851.
38. Anggoro PW, Bawono B, Jamari J, Tauviqirrahman M, Bayuseno AP. Advanced design and manufacturing of custom orthotics insoles based on hybrid Taguchi-response surface method. Heliyon 2021; 7(3): e06481.
39. Girard O, Morin JB, Ryu JH, Van AK. Custom foot orthoses improve performance, but do not modify the biomechanical manifestation of fatigue, during repeated treadmill sprints. Eur J Appl Physiol 2020; 120(9): 2037-45.
40. Cheung RT, Chung RC, Ng GY. Efficacies of different external controls for excessive foot pronation: A meta-analysis. Br J Sports Med 2011; 45(9): 743-51.
41. Hamblen DL, Simpson H. Adams's outline of orthopaedics. Edinburgh, UK: Elsevier Health Sciences; 2009.
42. Bowen TR, Miller F, Castagno P, Richards J, Lipton G. A method of dynamic foot-pressure measurement for the evaluation of pediatric orthopaedic foot deformities. J Pediatr Orthop 1998; 18(6): 789-93.
43. Zhai JN, Wang J, Qiu YS. Plantar pressure differences among adults with mild flexible flatfoot, severe flexible flatfoot and normal foot when walking on level surface, walking upstairs and downstairs. J Phys Ther Sci 2017; 29(4): 641-6.
44. Lee SW, Choi JH, Kwon HJ, Song KS. Effect of pressure based customized 3-dimensional printing insole in pediatric flexible flat foot patients. J Korean Foot Ankle Soc 2020; 24(3): 113-9.
45. Moon D, Jung J. Effect of incorporating short-foot exercises in the balance rehabilitation of flat foot: A randomized controlled trial. Healthcare (Basel) 2021; 9(10): 1358.
46. Bidari S, Kamyab M, Ghandhari H, Komeili A. Efficacy of computer-aided design and manufacturing versus computer-aided design and finite element modeling technologies in brace management of idiopathic scoliosis: A narrative review. Asian Spine J 2021; 15(2): 271-82.
47. Ploner M, Lee MC, Wiech K, Bingel U, Tracey I. Prestimulus functional connectivity determines pain perception in humans. Proc Natl Acad Sci USA 2010; 107(1): 355-60.

www.mui.ac.ir

DOI: 10.48305/jrrs.2023.41605.1029 Published by Vesnu Publications

Investigating the Effect of Semi-Hard Medical Insoles Made with CAD-CAM Technology on Balance and Pressure Caused by Flexible Flatfoot in the Ages of 12 to 40 Years: Systematic Review

Elahe Heidari[1], Tahmoures Tahmasbi[2], Shahin Mojiri[3]

Review Article

Abstract

Introduction: Flexible flatfoot causes pain in higher joints and disturbs the pressure distribution of soles in affected people. In this study, we aimed to determine the effect of three-dimensional (3D)-printed insoles and computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) in reducing pressure and pain in people with flexible flatfoot.

Materials and Methods: The present study was designed as a systematic review based on Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines. An extensive search was conducted in the most important databases including PubMed, Web of Science, Embase, Cochrane, and Scopus. The methodological quality of the included studies was evaluated through Downs and Black's checklist. A form was also designed to extract the most important findings of the studies based on the research objectives, and finally the results of the studies were evaluated.

Results: In the electronic search, 19 articles that met the inclusion criteria were published between 2003 and 2022. Insoles that used 3D-design technology and CAD/CAM might have a positive effect on pain and function and distribution of foot pressure in patients with flat feet during the period of patient investigation. But there was no reliable evidence due to the examination of different outcomes and the small number of studies in this regard.

Conclusion: Although the use of 3D insoles and CAD/CAM played a role in reducing pressure and pain and increasing the comfort of patients with flexible flatfoot, the evidence in this field is insufficient and requires more studies.

Keywords: Foot orthosis; Flatfoot; Pes planus; CAD/CAM; 3D-printed insole

Citation: Heidari E, Tahmasbi T, Mojiri S. **Investigating the Effect of Semi-Hard Medical Insoles Made with CAD-CAM Technology on Balance and Pressure Caused by Flexible Flatfoot in the Ages of 12 to 40 Years: Systematic Review.** J Res Rehabil Sci 2022; 18: 1-11.

Received date: 05.03.2022 Accept date: 27.03.2022 Published: 04.04.2022

1- MSc Student, Department of Orthotics and Prosthetics, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- Lecturer, Department of Orthotics and Prosthetics, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
3- PhD Student, Department of Medical Information, School of Management, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Elahe Heidari; MSc Student, Department of Orthotics and Prosthetics, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: e.heidari23@gmail.com