مقاله مروری
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۲۴، آذر ۱۴۰۴، ۸۸۰-۸۵۱

تأثیر نحوه ساخت کفی طبی پا بر کینماتیک مچ پا و پا در افراد دارای کف پای صاف: مرور نظام‌مند و فراتحلیل

علی اسماعیلی[۱]، امیرعلی جعفرنژادگرو[۲]

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۲/۱۵ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۱۴۰۴/۵/۱۳ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۱۴۰۴/۰۷/۲۸ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۷/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: با وجود مطالعات متعدد درباره اثرات کفی‌های طبی پا بر کینماتیک اندام تحتانی، نتایج گزارش شده در افراد دارای کف پای صاف متناقض بوده و به‌ویژه در ارتباط با نقش نحوه ساخت کفی (کفی پیش‌ساخته در مقایسه با کفی سفارشی) شواهد کافی در دسترس نیست. بنابراین، این مرور نظام‌مند و فراتحلیل با هدف تعیین تأثیر نوع ساخت کفی‌های پا بر کینماتیک مفصل‌های پا و مچ‌پا حین راه رفتن در بزرگسالان دارای کف پای صاف انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: پایگاه‌های داده Scopus، PubMed، EMBASE، PEDro و CENTRAL از ابتدا تا آوریل ۲۰۲۵ به‌صورت نظام‌مند جستجو شدند. منابع خاکستری از گوگل اسکالر، ساینس دایرکت، Clinicaltrial.gov، PROQUEST و فهرست منابع مقالات وارد شده نیز بررسی گردیدند.

یافته‌ها: پس از بررسی ۱۹ مطالعه وارد فراتحلیل شدند. بر اساس نتایج فراتحلیل، در شرایط کفی اوج اورژن عقب‌پا ($P<۰/۰۰۱$)، دامنه حرکتی عقب‌پا در صفحه فرونتال ($P=۰/۰۳۰$)، اوج اورژن مچ‌پا ($P<۰/۰۰۱$) کمتر و اوج دورسی‌فلکشن مچ‌پا ($P=۰/۰۰۲$) بیشتر از شرایط کنترل بود. تحلیل زیرگروه‌ها بر اساس روش ساخت کفی نشان داد که در کفی سفارشی به‌طور معناداری اوج اینورژن عقب‌پا ($P=۰/۰۰۹$)، اوج دورسی‌فلکشن مچ‌پا ($P=۰/۰۰۷$) و دامنه حرکتی عقب‌پا در صفحه فرونتال ($P<۰/۰۰۱$) بیشتر و در کفی‌های پیش‌ساخته اوج اورژن مچ‌پا ($P<۰/۰۰۱$) کمتر از شرایط کنترل بود.

نتیجه‌گیری: تفاوت بین کفی‌های سفارشی و پیش‌ساخته، مانند افزایش اوج اینورژن عقب‌پا و دورسی‌فلکشن مچ‌پا در نمونه‌های سفارشی، بر اهمیت طراحی اختصاصی در اصلاح هدف‌مند حرکات پا تأکید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: کفی طبی، پای پرونیت، گام‌برداری، بیومکانیک

ارجاع: اسماعیلی ع، جعفرنژادگرو اع. تأثیر نحوه ساخت کفی طبی پا بر کینماتیک مچ پا و پا در افراد دارای کف پای صاف: مرور نظام‌مند و فراتحلیل. *مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان*، سال ۱۴۰۴، دوره ۲۴، شماره ۹، صفحات: ۸۸۰-۸۵۱.

مقدمه

پا تنها منبع مستقیم تماس با زمین است و بنابراین نقش مهمی در حمایت از وزن بدن، حفظ تعادل وضعیتی و جذب نیروهای عکس‌العمل زمین در خلال فعالیت‌ها یا تمرینات تحمل‌وزن ایفا می‌کند. صافی کف پا ممکن است باعث تغییر در هم‌راستایی اندام تحتانی شود؛ به‌طوری‌که حرکات مفصلی و توزیع

۱- کاندید دکتری بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- (نویسنده مسئول) دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
تلفن: ۰۹۱۰۵۱۴۶۲۱۴، پست الکترونیکی: amiralijafarnezhad@gmail.com

فشار در سطح کف پا را تغییر داده و باعث افزایش تقاضا از عضلات درونی پا برای کنترل تغییر شکل قوس پا شود (۱). تغییرات در ساختار پا نظیر کف پای صاف می‌تواند توزیع بار روی پا را تغییر داده و منجر به تغییرات بیومکانیکی در اندام تحتانی شود. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که افراد دارای کف پای صاف در هنگام راه رفتن پلانتارفلکشن و آبداکشن جلوی پا و چرخش داخلی عقب‌پا پای بیشتری را در مقایسه با افراد با پای نرمال تجربه می‌کنند (۲). بسیاری از مطالعات حاکی از وجود رابطه‌ای علّی بین ساختار پا و تغییرات در کینماتیک اندام تحتانی هستند که ممکن است فرد را مستعد اختلالات کلی اسکلتی-عضلانی نماید (۳). علاوه بر این، گزارش شده است که بروز و توسعه اختلالات اسکلتی-عضلانی با کاهش قدرت عضلات پا و مچ پا و نیز با عملکرد فیزیکی ضعیف مرتبط است (۴). از این رو، درمان کف پای صاف از نظر برخی افراد کلیدی برای جلوگیری از آسیب‌های حاد و مزمن اندام تحتانی محسوب می‌شود (۵).

کفی‌های پا به‌عنوان ابزاری درمانی برای تنظیم بیومکانیک اندام تحتانی به‌کار می‌روند (۶). شواهد بیومکانیکی نشان داده‌اند که استفاده از کفی‌های پا می‌تواند تأثیر مثبتی بر هم‌راستایی قوس طولی داخلی پا داشته باشد (۷). هم‌چنین، کفی‌های پا می‌تواند اورژن مفصل مچ پا را اصلاح کرده، قوس طولی داخلی را بالا برده و از افزایش طول پا جلوگیری کند (۸). با این حال، نتایج متناقضی در مورد اثرات کفی‌های پا بر کینماتیک راه رفتن در افراد دارای کف پای صاف گزارش شده است. عوامل متعددی از قبیل نوع ساخت کفی می‌تواند باعث بروز این نتایج گردد.

برای اصلاح کف پای صاف، انواع مختلف کفی در مطالعات استفاده شده است. برخی محققان از کفی‌های پیش‌ساخته کم‌هزینه استفاده می‌کنند که فقط بر اساس اندازه پا طراحی شده‌اند (۹). در حالی که برخی دیگر کفی‌های پیش‌ساخته را با افزودن گوه‌های داخلی یا خارجی سفارشی‌سازی می‌کنند (۱۰). هم‌چنین، کفی‌های سفارشی که با قالب‌گیری پا ساخته می‌شوند، با هدف قرار دادن مفصل ساب‌تالار در حالت خنثی طراحی می‌شوند (۱۱). دستورات تجویز بسیاری برای کفی‌های طبی با اهداف مختلف وجود دارد که مورد تحقیق و استفاده بالینی قرار گرفته‌اند. مثالی از این موارد، تجویز کفی‌های طبی با تمرکز بر کاهش پرونیشن پا (۶) و کاهش میزان پرونیشن در فاز حمایت همراه با افزایش مدت زمان فاز حمایت (۱۲) است.

علاوه بر تحقیقات اصلی، تعدادی مرور نظام‌مند در سال‌های گذشته انجام شده است، اما اکثر آن‌ها محدودیت‌های قابل توجهی را در مقالات گنجانده شده گزارش کرده‌اند (به عنوان مثال، ناهمگونی، کیفیت پایین، اندازه‌های نمونه کوچک و غیره). اولین مرور نظام‌مند و فراتحلیل در مورد اثرات کاربرد کفی پا بر چرخش خارجی عقب پا در افراد دارای صافی کف پا در سال ۲۰۱۱ انجام شد (۱۳). نویسندگان دریافتند که به ویژه کفی پا سفارشی در کاهش پرونیشن پا مؤثر هستند (۱۳). مقاله مروری نظام‌مند دیگری بر روی بزرگسالان مبتلا به صافی کف پای انعطاف‌پذیر متمرکز شد و شواهد محدودی را در حمایت از ظرفیت بلندمدت کفی پا برای بهبود کینماتیک عقب پا (به عنوان مثال، اوج اورژن عقب پا) یافت (۱۴). یک مرور نظام‌مند اخیر با فراتحلیل نشان داد که کاربرد کفی پا در افراد دارای پست داخلی جلوپا یا هم پست داخلی جلوپا و هم پست عقب‌پا منجر به کاهش زوایای اوج چرخش خارجی عقب پا در بزرگ‌سالان مبتلا به صافی کف پای انعطاف‌پذیر می‌شود (سطح پایین شواهد) (۱۵). این یافته‌های متناقض در تحقیقات اصلی و مرورهای نظام‌مند می‌تواند، از جمله دلایل دیگر، به محدودیت‌های نوع ساخت کفش (کفی پیش‌ساخته و کفی سفارشی) نسبت داده شود. مطالعه مروری نظام‌مند و فراتحلیل دیگری که تأثیر کفی بر زوایا و گشتاور مفاصل اندام تحتانی را مورد بررسی قرار داد، نشان داد که کفی بر برخی از متغیرهای اندام تحتانی تأثیرگذار است. با این حال این مطالعه

CCBY-NC.4.0 DEED

تمامی متغیرهای کینماتیکی مفاصل پا و مچ پا با توجه به ساختار پیچیده و یکپارچه این اندام را مورد بحث و بررسی قرار نداد (۱۶).

انتخاب مدل آماری در فراتحلیل از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا ناهمگونی موجود در طراحی و ویژگی‌های مطالعات اولیه می‌تواند بر نتایج نهایی اثر بگذارد. به دلیل این محدودیت‌ها، به‌روزرسانی و تجمیع مطالعات موجود در مورد تأثیر نوع ساخت کفی‌های پا بر کینماتیک مفاصل پا و مچ پا حین راه رفتن در بزرگسالان دارای کف پای صاف ضروری به‌نظر می‌رسد. این مرور نظام‌مند و فراتحلیل با هدف تعیین تأثیر نوع ساخت کفی‌های پا بر کینماتیک مفاصل پا و مچ پا حین راه رفتن در بزرگسالان دارای کف پای صاف انجام شده است. برخلاف مرورهای نظام‌مند و فراتحلیل‌های قبلی، در این مطالعه تلاش شده است یافته‌ها بر اساس روش‌های تعریف شده برای نوع ساخت کفی گزارش شوند. به دلیل ناهمگونی موجود در طراحی و ویژگی‌های مطالعات اولیه و تأثیر آن‌ها بر نتایج نهایی، استفاده از مدل اثرات تصادفی در این مطالعه، امکان در نظر گرفتن واریانس درون و بین مطالعات را فراهم ساخته و برآورد محافظه‌کارانه‌تری از اثرات واقعی کفی‌های طبی ارائه می‌دهد.

مواد و روش‌ها

در این مرور نظام‌مند و فراتحلیل، با توجه به روش ساخت کفی‌ها، مقالات به دو دسته سفارشی و پیش‌ساخته تقسیم شدند. هم‌چنین، دستورالعمل‌های استاندارد گزارش موارد ترجیحی برای مرورهای نظام‌مند و فراتحلیل‌ها (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses; PRISMA) رعایت شد (۱۷). مطالعه حاضر در دانشگاه محقق اردبیلی و در سال ۱۴۰۴ انجام گردید.

در جدول ۱، کلیدواژه‌ها و استراتژی جستجو ارائه شده‌است. برای جستجوی نظام‌مند و پردازش مقالات احتمالی، از نرم‌افزار اندنوت نسخه ۲۰ (EndNote 20، Bld 14672، Clarivate، فیلادلفیا، ایالات متحده) استفاده شد. رویکرد PICOS (Participants, Intervention, Comparators, Outcomes, Study desigs; PICOS) (شرکت‌کنندگان، مداخله، مقایسه‌کنندگان، نتایج و طراحی مطالعه) برای تعریف معیارهای ورود و خروج مقالات به‌صورت پیش‌فرض استفاده شد. برای ورود در این فراتحلیل، مقالات باید در مجلات دارای داوری همتا و به زبان انگلیسی منتشر شده باشند. مقالاتی که به زبان انگلیسی نوشته نشده بودند، حذف شدند.

مطالعاتی وارد شدند که بر بزرگسالان (≤۱۸ سال) با کف پای صاف متمرکز بودند. تشخیص صافی پا باید با یکی از شاخص‌های معتبر گزارش شده باشد. در صورت گزارش، نوع پای صاف و شدت بر اساس همان مقیاس به‌کاررفته در مطالعه استخراج شد. مطالعاتی که بر کودکان متمرکز بودند، یا تشخیص صافی پا را به‌طور عملیاتی مشخص نکرده بودند، کنار گذاشته شدند. مداخلات شامل کفی‌های طبی سفارشی و پیش‌ساخته بودند که با هدف اصلاح صافی کف پا و بهبود کنترل حرکتی پا در حین راه‌رفتن طراحی و به‌کار گرفته شدند. مداخلات غیرمرتبط، مانند آتل‌ها، نواربندی یا کفش‌های درمانی فاقد کفی مجزا، از مطالعه کنار گذاشته شدند.

پنج پایگاه داده شامل Scopus، PubMed، EMBASE، PEDro و CENTRAL (Cochrane Central Register of Controlled Trials) به‌صورت نظام‌مند از آغاز تا آوریل ۲۰۲۵ جستجو شدند. منابع خاکستری (مانند مقالات کنفرانس‌ها) از Google Scholar، Science Direct، Clinicaltrial.gov، PROQUEST و فهرست منابع مقالات شناسایی شده نیز بررسی شدند. جستجوی ادبیات برای PubMed طراحی شده و برای هر پایگاه داده تطبیق داده شد. اصطلاحات جستجو با استفاده از طرح

CCBY-NC.4.0 DEED

PICOS، کلیدواژه‌های آزاد و سرعنوان‌های موضوعی پزشکی (Mesh) ایجاد شدند.

عناوین و چکیده‌های مقالات توسط دو نویسنده (ع.ا.) و (ی.پ.) بررسی شدند تا مطالعات بالقوه شایسته ورود، مطابق معیارهای پیش‌فرض، شناسایی شوند. در صورت بروز اختلاف‌نظر بین دو نویسنده، نویسنده سوم (ا.ج.) برای رسیدن به اجماع مورد مشورت قرار گرفت. در صورتی که اطلاعات کافی در عنوان و چکیده وجود نداشت، متن کامل بررسی می‌شد.

جدول ۱- استراتژی جستجو

مداخله	AND	جمعیت	AND	متغیر
insert*		pronated feet*		biomech*
OR insole*		OR pronated foot*		OR Kinetic*
OR ortho*		OR flat feet*		OR kinematic*
OR "Shoe insert*"		OR flat foot*		OR Speed
OR "Foot ortho*"		OR flatfeet*		OR force*
OR "Arch support*"		OR flatfoot*		OR motion*
OR "Foot appliance*"		OR pes planus		OR rotation*
OR "arch support*"		OR planovalgus		OR impuls
				OR acceleration
				OR dynamic
				OR power
				OR movement
				OR load*
				OR joint moment*
				OR "ground reaction force*"
				OR mechanic*
				OR torque*
				OR angle*

کیفیت روش‌شناسی مطالعات با استفاده از نسخه اصلاح‌شده چک‌لیست Downs و Black برای کارآزمایی‌های کنترل‌شده غیرتصادفی، توسط دو نویسنده (ع.ا.) و (ا.ج.) ارزیابی گردید (۱۸). از آن‌جا که اغلب مطالعات وارد شده در این مرور، کارآزمایی‌های کنترل‌شده غیرتصادفی یا مطالعات نیمه‌تجربی بودند، نسخه اصلاح‌شده چک‌لیست Downs و Black (۱۹ آیتم) مورد استفاده قرار گرفت. این نسخه، آیتم‌های مرتبط با تصادفی‌سازی و کورسازی مضاعف را که برای مطالعات غیرتصادفی کاربردی ندارند، حذف یا ساده‌سازی کرده است و تمرکز اصلی آن بر گزارش‌دهی، روایی داخلی (کنترل سوءگیری‌ها)، روایی خارجی و توان مطالعه است. بنابراین، این ابزار تطبیق‌یافته، امکان ارزیابی عادلانه کیفیت روش‌شناسی در مطالعات غیرتصادفی را فراهم می‌کند. این چک‌لیست اصلاح‌شده شامل ۱۹ سؤال است که مواردی همچون گزارش‌دهی، اعتبار خارجی، اعتبار داخلی (سوءگیری)، عوامل مخدوش‌کننده و توان آزمون را ارزیابی می‌کند. به طور مشخص، سؤالات ۱ تا ۱۰ به گزارش‌دهی (Reporting)، سؤالات ۱۱ و ۱۲ به روایی خارجی (External validity)، سؤالات ۱۴ تا ۲۰ به روایی داخلی – سوءگیری (Internal validity – bias)، سؤالات ۲۱ تا ۲۵ به روایی داخلی – عوامل مخدوش‌کننده (Internal validity – confounding)، و سؤال ۲۷ به توان مطالعه (Power) مربوط می‌شوند. بدین ترتیب، این چک‌لیست امکان ارزیابی جامع و نظام‌مند کیفیت مطالعات غیرتصادفی را فراهم می‌کند. کیفیت کلی هر مطالعه بر اساس درصد امتیاز به‌دست‌آمده از حداکثر امتیاز (۲۰) محاسبه شد. برای

CCBY-NC.4.0 DEED

طبقه‌بندی کیفیت، دامنه‌های از پیش تعریف‌شده به‌کار رفتند؛ به‌گونه‌ای که امتیاز ۷۵ درصد یا بالاتر به‌عنوان کیفیت بالا، امتیاز ۶۰ تا ۷۴ درصد به‌عنوان کیفیت متوسط، و امتیاز کمتر از ۶۰ درصد به‌عنوان کیفیت پایین در نظر گرفته شد (۱۹). این دامنه‌ها در مطالعات پیشین که از نسخه اصلاح‌شده چک‌لیست Downs و Black استفاده کرده‌اند، به‌کار رفته‌اند و به‌صورت گسترده‌ای در مرورهای نظام‌مند پذیرفته شده‌اند. انتخاب این حدود، امکان مقایسه یکپارچه کیفیت بین مطالعات را فراهم می‌سازد و ارتباط مستقیمی با سطح اعتماد به نتایج مطالعات دارد. به این معنا که مطالعات با کیفیت بالا بیشترین قابلیت اتکا و کمترین خطر سوءگیری را دارند، در حالی‌که مطالعات با کیفیت پایین در معرض خطر بالای خطا و سوءگیری قرار می‌گیرند.

یکی از نویسندگان (ع.ا.) تمام داده‌های مرتبط را مطابق با رویکرد PICOS از مقالات استخراج کرد. داده‌ها توسط نویسنده دیگر (ا.ج.) بررسی شدند تا خطاهای احتمالی کاهش یابد. متغیرهای کینماتیک شامل مقادیر اوج، میانگین زاویه و دامنه حرکت مفاصل بودند. اوج زاویه به‌عنوان بیشترین یا کمترین مقدار زاویه مفصل در طول فاز استانس چرخه گام تعریف شد (مانند بیشترین اورژن عقب‌پا یا بیشترین دورسی‌فلکشن مچ پا). میانگین زاویه به‌عنوان متوسط زاویه مفصل در طول فاز استانس محاسبه گردید. دامنه حرکت مفصل نیز به‌عنوان اختلاف بین بیشترین و کمترین زاویه ثبت‌شده در همان صفحه حرکتی طی فاز استانس تعریف شد. این تعاریف مطابق با رویکرد مطالعات معتبر بیومکانیک راه‌رفتن ارائه و داده‌ها از متن مقالات استخراج شدند. برای مطالعاتی که داده‌های کمی به‌طور مستقیم در متن یا جداول گزارش نشده بود، ابتدا تلاش شد از طریق تماس با نویسنده مسئول مقاله اطلاعات لازم به دست آید. ایمیل نویسنده مسئول هر مقاله بررسی شد و یک پیام رسمی شامل درخواست داده‌های خام مرتبط با متغیرهای کینماتیک ارسال گردید. در صورت عدم دریافت پاسخ یا در مواردی که داده‌ها در دسترس نبودند، از یک نرم‌افزار رایگان مبتنی بر وب (https://plotdigitizer.com/webplotdigitizer-alternative) برای استخراج داده‌ها از نمودارها استفاده گردید.

تحلیل‌های ترکیبی داده‌های کمی با استفاده از نرم‌افزار Cochrane Review Manager نسخه ۵/۱ انجام گردید و به‌صورت نمودارهای جنگلی (Forest plots) نمایش داده شد. برای روشن کردن اثرات کاربرد کفی‌ها در مقایسه با گروه کنترل بر روی متغیرهای کینماتیکی در طول راه رفتن، اختلاف میانگین استاندارد (Standardized Mean Differences; SMD) با فاصله اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از مدل اثرات تصادفی محاسبه شد (۲۲-۲۰). برای ترکیب نتایج، از مدل اثرات تصادفی استفاده شد. انتخاب این مدل به این دلیل بود که مطالعات وارد شده تفاوت‌هایی در طراحی، جمعیت شرکت‌کنندگان (سن، شدت صافی پا)، و نوع مداخله (مواد و طراحی کفی‌ها) داشتند و انتظار می‌رفت این ناهمگنی بر نتایج اثرگذار باشد. مدل اثرات تصادفی با در نظر گرفتن واریانس درون مطالعه‌ای و بین مطالعه‌ای، برآوردی محافظه‌کارانه‌تر و قابل‌اتکاتر از اثر کلی ارائه می‌دهد. بنابراین، این مدل برای شرایطی که ناهمگنی بالینی و روش‌شناسی وجود دارد مناسب‌تر از مدل اثرات ثابت است. اختلاف میانگین استاندارد به عنوان بی اهمیت (۰–۰/۲)، کوچک (۰/۲-۰/۵)، متوسط (۰/۵-۰/۸) و بزرگ (<۰/۸) طبقه‌بندی شدند (۲۰-۲۲). میزان ناهمگونی مطالعات با شاخص I^2 ارزیابی شد و به سه دسته ناهمگونی زیاد (بیش از ۷۵ درصد)، متوسط (۷۵-۵۰ درصد) و پایین (۵۰-۲۵ درصد) تقسیم‌بندی گردید (۲۳).

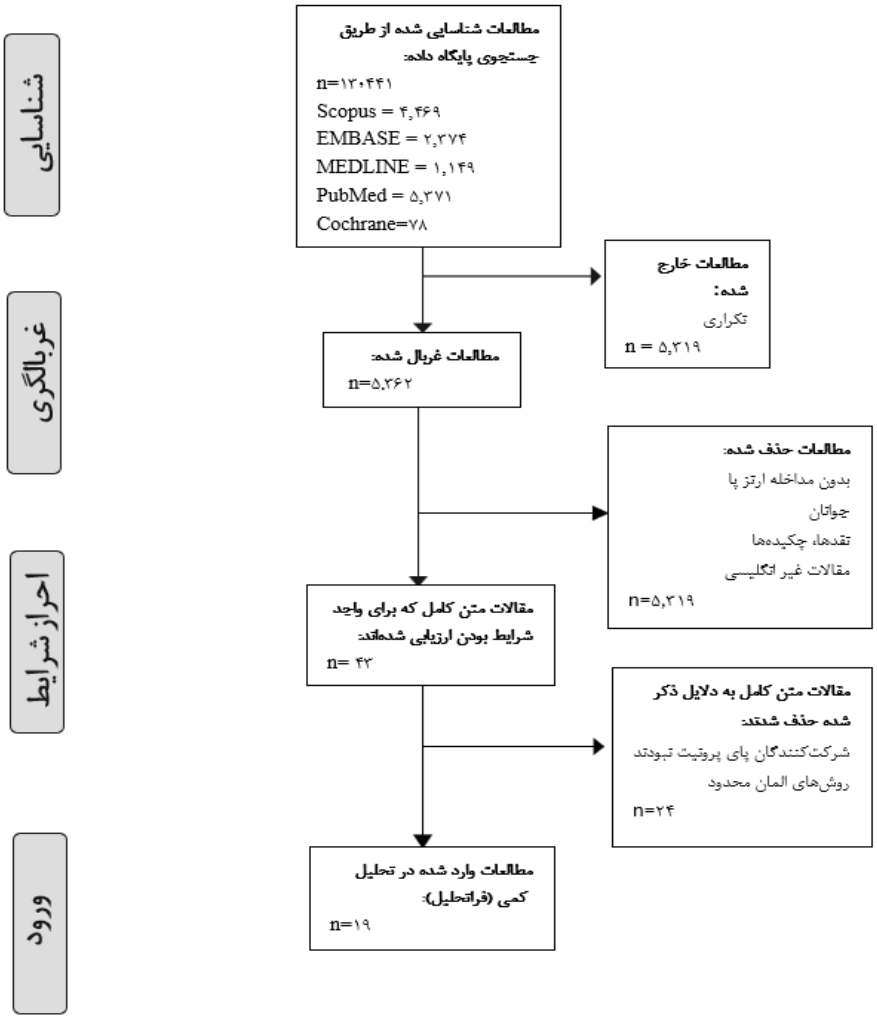
تحلیل‌های حساسیت به‌منظور بررسی پایداری نتایج با حذف مطالعات دارای کیفیت پایین (امتیاز کمتر از ۶۰ درصد) از تحلیل انجام گرفت. ارزیابی سوءگیری انتشار و احتمال ناهمگنی اندازه اثر به‌صورت بصری و با استفاده از نمودار قیفی همراه با نواحی کانتور،

CCBY-NC.4.0 DEED

پس از مرور داده‌های فراتحلیل انجام شد (۲۵). ارتباط بین اندازه اثر و خطای استاندارد به‌طور آماری با استفاده از رگرسیون Egger مورد بررسی قرار گرفت تا مشخص شود آیا نمودار قیفی دارای ناهمگنی است یا خیر (۲۶). در صورت وجود ناهمگنی، اندازه اثر میانگین با تعدیل ناهمگنی به‌وسیله روش trim-and-fill محاسبه و با میانگین اندازه اثر اولیه مقایسه شد تا تعداد مطالعات احتمالی از دست‌رفته تعیین گردد (۲۴). سطح معنی‌داری در آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

جستجوی اولیه ۱۳،۴۴۱ مطالعه را شناسایی کرد. پس از حذف موارد تکراری، ۵۳۶۲ مطالعه باقی ماند. با بررسی عناوین و چکیده‌ها، ۴۳ متن کامل برای بررسی بیشتر انتخاب شدند. در نهایت، ۱۹ مطالعه واجد شرایط برای گنجاندن در این مرور نظام‌مند و فراتحلیل تشخیص داده شدند. تحلیل‌های کمی با استفاده از تمام ۱۹ مقاله انجام شد. شکل ۱، نمودار جریان PRISMA را نشان می‌دهد و فرآیند انتخاب مطالعات را به تصویر می‌کشد.

نتایج



شکل ۱- نمودار جریان PRISMA از مطالعات موجود در این مرور نظام‌مند و فراتحلیل

CCBY-NC.4.0 DEED

جدول ۲، ویژگی‌های مطالعات وارد شده را نشان می‌دهد. در رابطه با روش‌های ساخت، مطالعات از کفی‌های طبی پیش‌ساخته و سفارشی استفاده کردند. به این صورت که ۱۲ مطالعه از روش‌های سفارشی برای ساخت کفی طبی استفاده کردند (۷, ۹, ۲۵-۳۴) و شش مطالعه از کفی‌های طبی پیش‌ساخته بهره بردند (۳۵-۴۰).

Tang و همکاران مقادیر مربوط به شرکت‌کنندگان با و بدون صافی کف پا را گزارش کردند (۳۲). برای اهداف این مطالعه، تنها داده‌های گروه دارای کف پای صاف استخراج شدند. اگر نویسندگان مقادیر مختلفی برای اوج یا میانگین دامنه حرکتی مفصل در فازهای مختلف گزارش کرده بودند، فقط فازی که مقدار بالاتری داشت را در نظر گرفتیم (۳۱, ۳۳, ۳۵, ۴۰). علاوه بر این، مقادیر عددی انواع مختلف کفی‌های طبی مورد استفاده در مطالعات مربوطه گزارش شد (۹, ۲۶, ۲۸, ۲۹, ۳۳-۳۸, ۴۱). داده‌ها از نمودارهای پنج مطالعه استخراج شدند (۹, ۲۷, ۲۸, ۳۴, ۳۶). شاخص‌های مورد بررسی شامل اوج زاویه‌های مفصل‌های عقب پا و مچ پا بودند.

جدول۲- خلاصه مطالعات شامل شده (۱۹ مطالعه) برای تحلیل کمی

نویسندگان (سال)	تعداد نمونه (مرد/زن)؛ میانگین سنی (انحراف معیار)؛ نوع پا	روش ارزیابی وضعیت پا	نوع کفی طبی (طراحی/مواد)	گروه کنترل (کفش/صندل)	پروتکل راه رفتن	خروجی‌ها (زاویه‌ها و پارامترهای حرکتی)
Johanson و همکاران (۱۹۹۴) (۳۸)	۲۲ (۱۳/۹)؛ ۳۰/۵ (۸) سال؛ واروس جلوی پا	واروس جلوپا < ۸°	پیش‌ساخته، واکنش‌پذیر به آب، پستینگ در EVA	فقط کفش (Nike Craft Air)	۳ تا ۶ چرخه روی تردمیل (۴ h/km)	اوج اورژن عقب پا (دو بعدی، نشانگر روی پوست)
Stacoff و همکاران (۲۰۰۷) (۴۲)	۸؛ ۴۷,۴ (۱۸,۶) سال؛ کف پای والگوس	مشاهده بالینی	پستینگ داخلی عقب پا	صندل (Finn Comfort)	۸–۱۰ آزمایش در مسیر مشخص	اوج اورژن عقب پا، دامنه حرکت اورژن عقب پا (سه بعدی)
Kulcu و همکاران (۲۰۰۷) (۳۹)	۳۴ (۹/۲۵)؛ ۴۳/۷ (۹/۷) سال؛ کف پای انعطاف‌پذیر	رادیوگرافی	کفی آماده، تمام قد	صندل پیاده‌روی	بهترین داده از ۳ آزمایش (۱۰ متر مسیر)	زوایای مچ پا (سه بعدی)
Zifchock و Davis (۲۰۰۸) (۳۴)	۱۹؛ ۲۳/۶ (۶/۴) سال؛ قوس پایین پا	شاخص ارتفاع قوس < ۰/۲۹۵	پستینگ داخلی عقب پا: نیمه‌سفارشی و سفارشی	فقط کفش (Nike Pegasus Air)	۵ آزمایش (۷۵ ft. مسیر)	اوج اورژن عقب پا، دامنه حرکت اورژن عقب پا (سه بعدی)
Hurd و همکاران (۲۰۱۰) (۳۷)	۱۵ (۱۱/۴)؛ ۳۴ (۱۰) سال؛ کف پای انعطاف‌پذیر	واروس جلوپا < ۵°	پشتی قوس پا (پیش‌ساخته)	فقط کفش (New Balance)	۳ آزمایش در مسیر مشخص	اوج اورژن عقب و جلوی پا، سه بعدی
Chen و همکاران (۲۰۱۰) (۷)	۱۱ (۵/۶)؛ ۴۵,۹ (۱۵/۶۶) سال؛ پروناسیون یا کف پای صاف	شاخص قوس = ۰/۱۱	سفارشی (EVA + پودر نانو)	کفش ساخته شده با لاستیک و PU	۳ آزمایش در مسیر مشخص	دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن مچ پا، سه بعدی

CCBY-NC.4.0 DEED

Cobb و همکاران (۲۰۱۱) (۲۶)	۱۶ (۹/۷)؛ ۲۵/۴ (۶/۵)؛ قوس کم متحرک	نسبت قوس ≥ ۰/۲۸۷	پشتیبانی قوس: (الف) کفی تمام تماس سفارشی با پشتیبانی قوس طولی داخلی؛ پوسته از پاشنه تا استخوان میانی میانی؛ تمام طول رویه پوشیده شده با وینیل. قوس داخلی میانی میانی + مفصل آرنج: (ب) کفی سنتی متعادل سفارشی با پشتیبانی قوس طولی داخلی و خارجی؛ پوسته از پاشنه تا استخوان میانی میانی میانی؛ تمام طول رویه پوشیده شده با وینیل.	فقط صندل (آبشار مرل)	۵ آزمایش (۱۰ متر مسیر پیاده روی) با سرعت ۱/۳ تا ۱/۴ متر بر ثانیه	کینماتیک (°): اورژن RF و از محور قدامی (Adduction)
Dedieu و همکاران (۲۰۱۳) (۲۷)	۱۲ (۷/۵)؛ ۲۳/۷ (۳/۴)؛ وضعیت استاتیکی اورژن عقب پا	اورژن عقب پا > ۵ درجه و ارتفاع استخوان ناوی	پست RF میانی: سفارشی، سفت و سخت، با پست RF میانی از جنس EVA با چگالی بالا.	پابرهنه	۵ آزمایش (پیاده‌رو) با سرعت دلخواه (کنترل نشده)	کینماتیک (°): اوج انحراف RF; سه بعدی؛ نشانگرهای روی پوست
Telfer و همکاران (۲۰۱۳) (۳۳)	۱۲ (۶/۶)؛ ۲۸ (۷/۳)؛ پای پرونیت	۶-FPI > ۶؛ اورژن پاشنه > ۴ درجه	سفارشی، نیمه صلب، به طول ¾، چاپ سه‌بعدی از جنس پلی‌لاکتید، شامل سطوح مختلف قرارگیری RF میانی: (الف) ۲ درجه، (ب) ۶ درجه، (ج) ۱۰ درجه	فقط کفش (کفش ورزش خنثی)	۷ آزمایش، مسیر راه رفتن، سرعت انتخابی خودکار (کنترل شده) ۳ آزمایش (پیاده‌رو) با سرعت دلخواه (کنترل نشده)	کینماتیک (°): اوج اورژن RF، اوج گشتاور نزدیک شدن جلوی پا، اوج گشتاور چرخش داخلی تیبیا. کینتیک (٪ وزن بدن * قد): اوج گشتاور اورژن RF، گشتاور دور شدن زانو، سه بعدی؛ نشانگرهای روی پوست
Tang و همکاران (۲۰۱۵) (۳۲)	۱۰ (۳/۷); ۲۴/۸ (۸,۸); کف پای صاف	ردپا > ۰/۲۶	پلاستوزوت نیمه سخت ، یک لایه بالایی از جنس PPT، و شامل محل قرارگیری داخلی جلوی پا می‌شود.	پابرهنه و فقط کفش (کفش ورزشی)	۵ آزمایش (۱۰ متر پیاده‌روی) با سرعت دلخواه (کنترل‌شده)	کینماتیک: اوج اورژن عقب پا (°)، دامنه حرکتی اورژن عقب پا (°)، اوج (°). کینتیک: اوج گشتاور اورژن عقب پا ٪BW. (سه بعدی؛ نشانگرهای روی پوست)
Bishop و همکاران (۲۰۱۶) (۲۵)	۱۸ (۷/۱۱)؛ ۲۵/۱ (۲/۸) سال؛ کف پای صاف	NNHT < ۰/۲۱	پست RF خنثی: پلی‌پروپیلن سفارشی با ضخامت ۴ میلی‌متر، پست RF از جنس EVA با چگالی ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع، پوشش بالایی ۱/۵ میلی‌متر	فقط کفش (Asics Pulse-Gel ۳، کفش‌های دویدن خنثی)	۵ آزمایش (۱۰ متر پیاده‌روی) با سرعت دلخواه (کنترل‌شده)	کینماتیک: اوج اورژن عقب پا (°)، دامنه حرکتی اورژن عقب پا (°)، اوج (°). کینتیک: اوج گشتاور اورژن عقب پا ٪BW. (سه بعدی؛ نشانگرهای روی پوست)
Han و همکاران (۲۰۱۹) (۴۱)	۲۸؛ ۲۰/۲۹ (۰/۴۶)؛ کف پای صاف انعطاف‌پذیر	شاخص ارتفاع قوس کمتر از ۰,۳۱ ؛ افتادگی استخوان ناویکولار < ۱۰ میلی‌متر	دو نوع کفی، کفی نوع A که فقط عملکرد پشتیبانی قوس پا را دارد و کفی نوع B که هم پشتیبانی قوس پا و هم پدهای ضربه‌گیر برای عملکرد جذب ضربه را دارد	کفش‌های شخصی (با کفی معمولی)	۵ آزمایش؛ سرعت کنترل‌شده	گشتاور مفصل مچ پا (نیوتن متر بر کیلوگرم) و متغیرهای حرکتی عقب پا (سه بعدی روی پوست)
Peng و همکاران (۲۰۲۰) (۴۰)	۱۵ (۶/۹)؛ ۲۱/۷ (۱,۲)؛ کف پای صاف	شاخص قوس پا ≤ ۰/۲۸	پیش‌ساخته؛ پشتیبانی از قوس پا و کفی های شیب‌دار ۶ درجه‌ای برای قرارگیری قسمت میانی جلوی پا، کفش‌های جهانی مخصوص کف پای صاف، دکتر کونگ، هنگ کنگ، چین	کفش‌های دویدن (ریباک ران سوپریم ۴/۰، ریباک، بوستون، ایالات متحده)	۶ آزمایش؛ سرعت دلخواه، مسیر پیاده روی ۱۰ متری	اوج زوایا و گشتاورهای مفاصل ران، زانو و مچ پا (BH.BW) (سه بعدی)

CCBY-NC.4.0 DEED

Costa و همکاران (۲۰۲۱) (۳۶)	۱۶ (۹/۷)؛ ۲۶/۶۳ (۷/۹۴)؛ پای پرونیت	۶ ≤ ۶-FPI	۴ کفی حمایت‌کننده قوس (EVA) با درجات مختلف گوه داخلی پاشنه (EVA) (۰ درجه، ۳ درجه (A)، ۶ درجه (B) و ۹ درجه (C)). گوه‌های داخلی با استفاده از نوار دو طرفه در زیر کفی‌ها از پاشنه تا انتهای تکیه‌گاه قوس طولی داخلی، درون کفش ثابت شدند. سفارشی، ¾ طول، چاپ سه‌بعدی از نایلون ۱۲، دو جفت با سختی‌های مختلف (انعطاف‌پذیر و سفت)، ارتفاع سلول‌های لانه‌زنبوری در ناحیه قوس داخلی برای فک انعطاف‌پذیر ۲،۰ میلی‌متر و برای فک سفت ۳،۲ میلی‌متر بود. ستون فقرات شامل یک صفحه فیبر کربنی ۲ میلی متری بود. فک انعطاف‌پذیر (الف)، فک انعطاف‌پذیر با ستون فقرات (ب)، فک سفت (ج).	کفشک با گوه ۰ درجه	۵ آزمایش؛ سرعت دلخواه در یک مسیر پیاده‌روی ۱۲ متری	زاویه‌ها و گشتاورهای مچ پا، زانو و ران (نیوتن متر بر کیلوگرم) (سه بعدی روی کفش)
Desmyttere و همکاران (۲۰۲۱) (۲۸)	۱۹ (۱۳/۶)؛ ۳۷/۶ (۱۴)؛	۷،۸ = ۶-FPI		مدل استاندارد کفش دویدن (۸۶۰ v۸، نیو بالانس، آمریکا)	۳۰ ثانیه آخر هر آزمایش ۳ دقیقه‌ای روی تردمیل	کینماتیک مچ پا و پا و گشتاورهای مفصلی. (نیوتن متر/کیلوگرم) (سه بعدی: مارکر روی پوست)
Permsombat و Pensri (۲۰۲۱) (۳۱)	۱۳ (۵/۸)؛ ۲۳/۳ (۳)؛ پای پرونیشن بالا	۱۰/۷ = ۶-FPI	با تکیه‌گاه قوسی: سفارشی، سه‌چهارم طول، سفت، چرم و ترموپلاستیک	شرایط BF	۵ آزمایش؛ (پیاده‌روی ۱۰ متری) با سرعت ۱/۲ متر بر ثانیه	میانگین حرکت مفاصل RF، مچ پا، زانو و ران در هر سه صفحه (سه بعدی: مارکر روی پوست)
Lourenço و همکاران (۲۰۲۲) (۹)	۱۹ (۱۰/۹)؛ ۲۷ (۸/۰۷)؛ پاهای چرخیده به داخل	۹/۸۴ = ۶-FPI	(الف) پیش‌ساخته (EVA) ساخت شرکت Orthopedic e´Dilep Products برزیل، با پشتیبانی قوس طولی داخلی و بدون تکیه‌گاه در زیر RF. (ب) کفی پیش‌ساخته سفارشی با اضافه کردن یک گوه داخلی ۶ درجه در زیر RF. این گوه به صورت سفارشی با دستگاه فرز CNC (کنترل عددی کامپیوتری) و همچنین با استفاده از EVA ساخته شد.	کفش‌های استاندارد (Fit New، s'Bout، Brazil) با کفی کنترلی	۵ آزمایش؛ مسیر پیاده روی ۱۲ متری؛ سرعت دلخواه	زوایا و گشتاورهای صفحه فرونتال مچ پا، صفحه فرونتال زانو و صفحات عرضی ران (نیوتن متر بر کیلوگرم) (سه بعدی: مارکر روی کفش)
Hsu و همکاران (۲۰۲۲) (۲۹)	۱۰ (۵/۵)؛ ۳۰/۷ (۱۲/۸۶)؛ کف پای صاف	FPI-6 = ۷/۱۳ (۱/۴۶) (سمت چپ) و ۷/۳۸ (۲/۰۷) (سمت راست)	کفی‌های چاپ سه‌بعدی، پلی‌اورتان ترموپلاستیک، EVA، (الف) کفی اسکن خودکار: طول ¾ فوت؛ (ب) کفی کامل: طول ¾ فوت؛ (ج) کفی گوه‌ای میانی: طول کامل پا	کفش‌های استاندارد	۵ آزمایش؛ سرعت دلخواه	اوج اورژن مفصل مچ پا، اوج دورسی فلکشن مفصل مچ پا، گشتاور صفحه فرونتال مفصل مچ پا، گشتاور صفحه فرونتال مفصل زانو (نیوتن متر بر کیلوگرم) (سه بعدی: مارکر روی پوست)
Alsaafin و همکاران (۲۰۲۳) (۳۵)	۳۱ (۳۱/۰)؛ ۲۱/۷۴ (۲/۴۹)؛ کف پای صاف	والگوس زاویه حالت ایستادن پاشنه در حالت استراحت (RCSP) ≤۴ درجه	کفی‌های سفت و سخت؛ بر اساس تکنیک کفی معکوس Blake۳۵ ، (الف) زاویه معکوس ۱۵ درجه و (ب) زاویه معکوس ۲۵ درجه	کفش استاندارد	۵ آزمایش؛ ۱۰ متر مسیر پیاده روی با سرعت دلخواه	زوایای مچ پا، زانو و ران (سه بعدی: مارکر روی کفش)

کیفیت روش‌شناسی ۱۹ مطالعه وارد شده بر اساس نسخه اصلاح‌شده چک‌لیست Downs و Black برابر با ۷۴ درصد بود که نشان‌دهنده کیفیت متوسط روش‌شناسی است (جدول ۳). از بین این ۱۹ مطالعه، ۱۲ مطالعه دارای کیفیت بالا بودند و هفت مطالعه کیفیت متوسط داشتند. تنها دو مطالعه از ارزیاب‌هایی استفاده کردند که در طول آزمایش نسبت به شرایط تجربی (کفی طبی یا کنترل) بی‌اطلاع بودند. نویسندگان نه مطالعه محاسبات تحلیل توان اولیه را برای برآورد اندازه نمونه گزارش کردند.

CCBY-NC.4.0 DEED

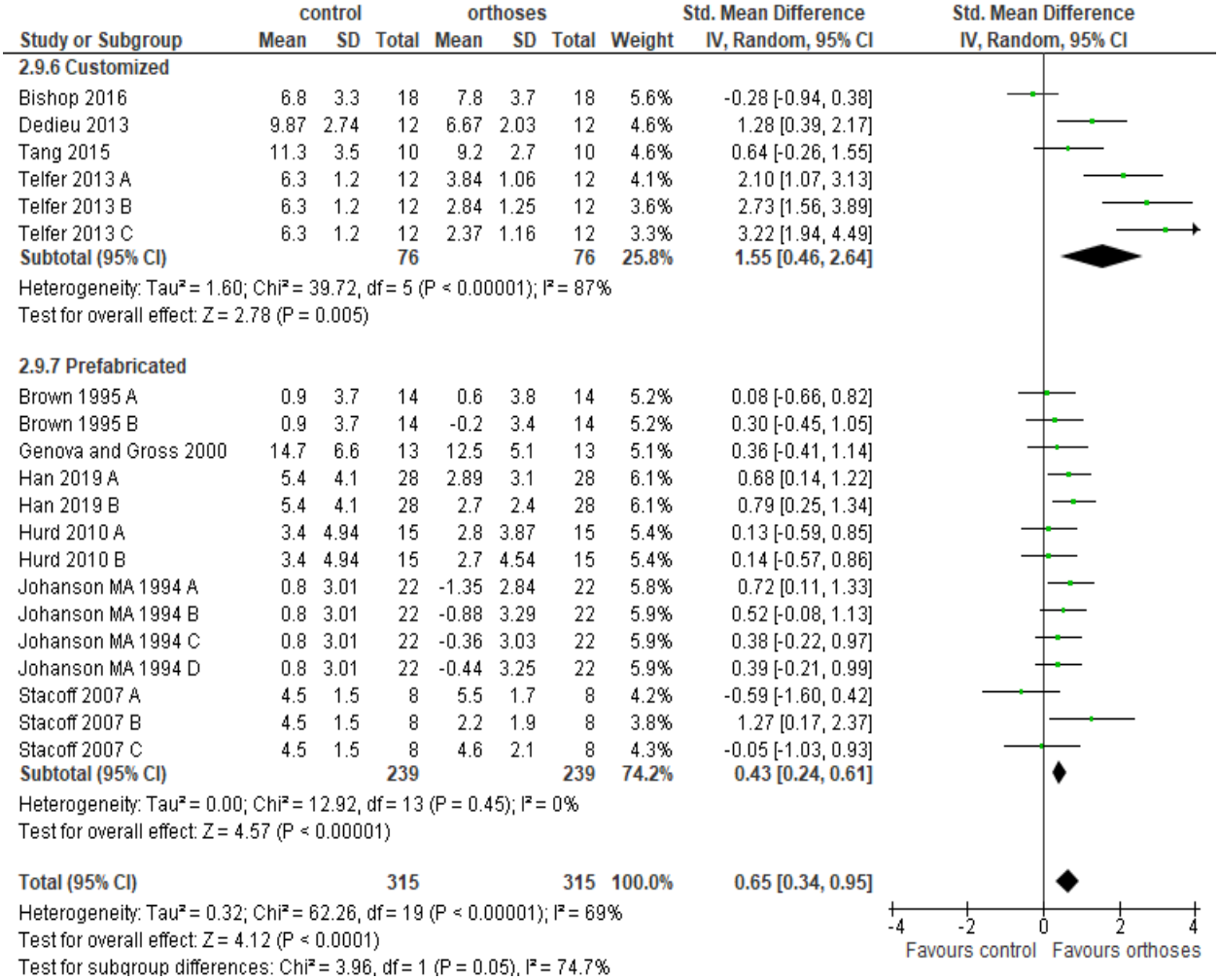
جدول ۳- پرسش‌نامه ارزیابی کیفیت مقالات (Downs & Black)

نویسندگان (سال)	گزارشات										روایی خارجی		روایی داخلی (سوءگیری)					روایی داخلی (موارد مخدوش کننده)			توان	امتیاز (٪)	کیفیت
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۱۰			۱۱	۱۲	۱۴	۱۵	۱۶	۱۸	۲۰	۲۱	۲۲	۲۵	۲۷		
Johanson و همکاران (۱۹۹۴) (۳۸)	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱			۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۷۴	MQ
Stacoff و همکاران (۲۰۰۷) (۴۲)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰			۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۶۳	MQ
Kulcu و همکاران (۲۰۰۷) (۳۹)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰			۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۶۳	MQ
Zifchock و Davis (۲۰۰۸) (۳۴)	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱			۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۷۹	HQ
Hurd و همکاران (۲۰۱۰) (۳۷)	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱			۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۷۹	HQ
Chen و همکاران (۲۰۱۰) (۷)	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱			۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۷۹	HQ
Cobb و همکاران (۲۰۱۱) (۲۶)	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱			۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۷۴	MQ
Dedieu و همکاران (۲۰۱۳) (۲۷)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱			۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۷۴	MQ
Telfer و همکاران (۲۰۱۳) (۳۳)	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱			۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۹۰	HQ
Tang و همکاران (۲۰۱۵) (۳۲)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰			۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۶۹	MQ

CCBY-NC.4.0 DEED

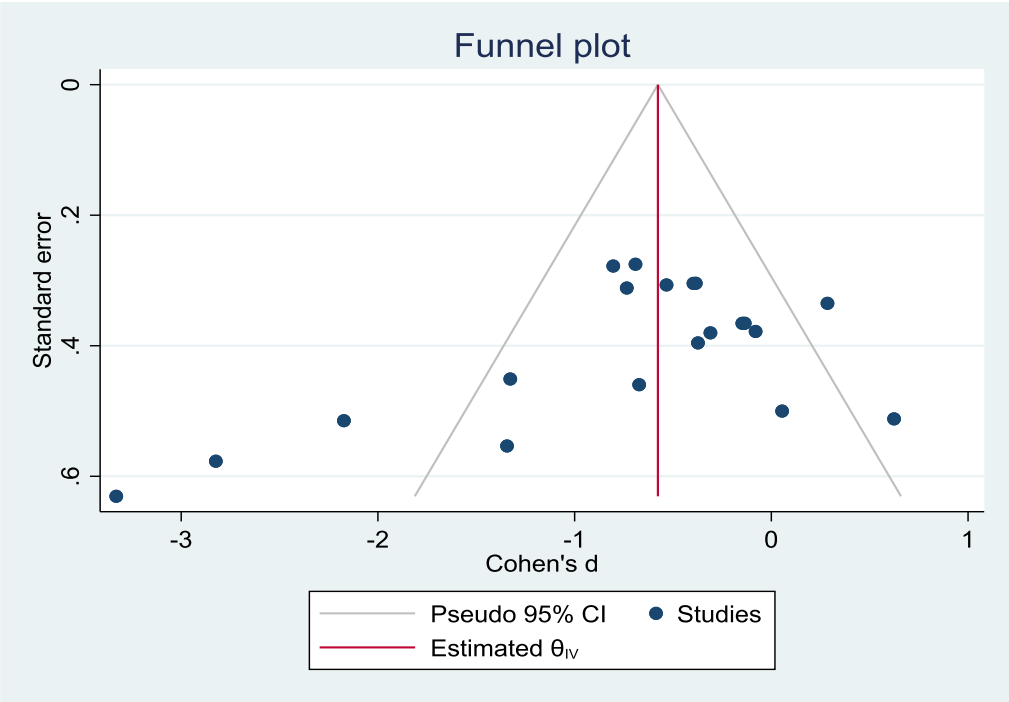
| | | |

فراتحلیل کلی ۱۰ مطالعه نشان‌دهنده تأثیر متوسط کفی طبی با سطح ناهمگنی متوسط بر اوج اورژن عقب پا بود (۱۰ مطالعه: SMDs= ۰/۶۵، ۹۵ درصد فاصله اطمینان ۰/۳۴ تا ۰/۹۵، P<۰/۰۰۱، I^2=۷۱٪). به طور مشخص، در میان ۱۰ مطالعه وارد شده، اوج اورژن عقب پا در شرایط استفاده از کفی طبی به میزان ۱/۷۴ درجه (۹۵ درصد اطمینان ۱/۰۴ تا ۲/۴۴) کمتر از شرایط کنترل بود (شکل ۲). تحلیل زیرگروه‌ها بر اساس روش ساخت کفی نشان داد که اوج اورژن عقب پا به طور معناداری در هر دو نوع کفی طبی پیش‌ساخته (شش مطالعه: SMDs=۰/۴۳، ۹۵ درصد اطمینان ۰/۲۴ تا ۰/۶۱، P<۰/۰۰۱، I^2=۰٪) و سفارشی (چهار مطالعه: SMDs=۱/۵۵، ۹۵٪ فاصله اطمینان ۰/۴۶ تا ۲/۶۴، P=۰/۰۰۵، I^2=۸۷٪) نسبت به شرایط کنترل پایین‌تر بود (شکل ۲). بر اساس نتایج آزمون Egger، شواهدی از سوءگیری انتشار بالقوه وجود داشت (P=۰/۰۰۳). روش trim-and-fill هیچ مطالعه مفقود شده‌ای را شناسایی نکرد، که نشان می‌دهد سوءگیری انتشار تأثیر محسوسی بر نتایج فراتحلیل نداشته است (شکل ۳).



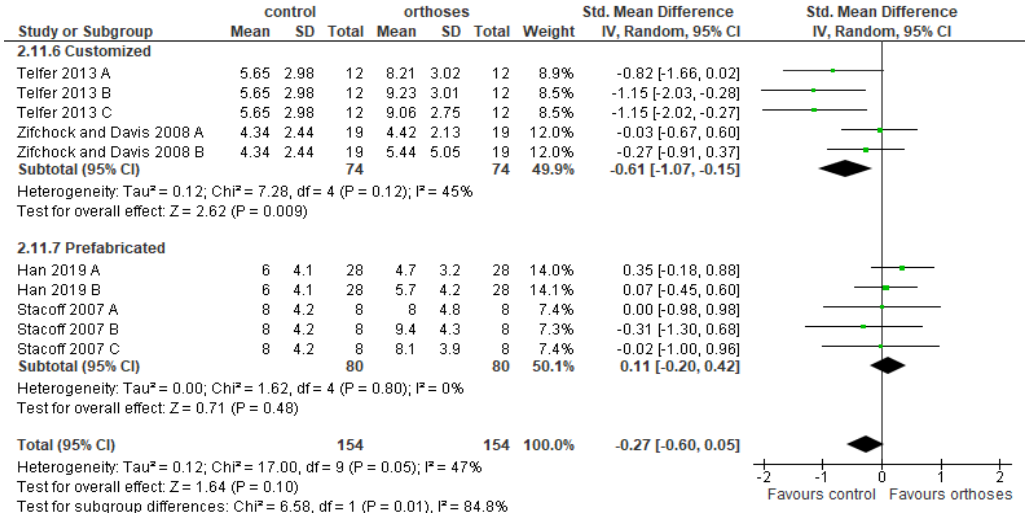
شکل ۲- نمودار جنگلی تأثیر کفی‌های پا بر اوج اورژن عقب‌پا حین راه رفتن در افراد دارای پای صاف. اثر زیر گروهی برای هر پارامتر و اثر کلی به عنوان تفاوت میانگین استاندارد شده (فاصله اطمینان ۹۵ درصد) محاسبه شدند. SD: انحراف استاندارد؛ Std: استاندارد شده

CCBY-NC.4.0 DEED



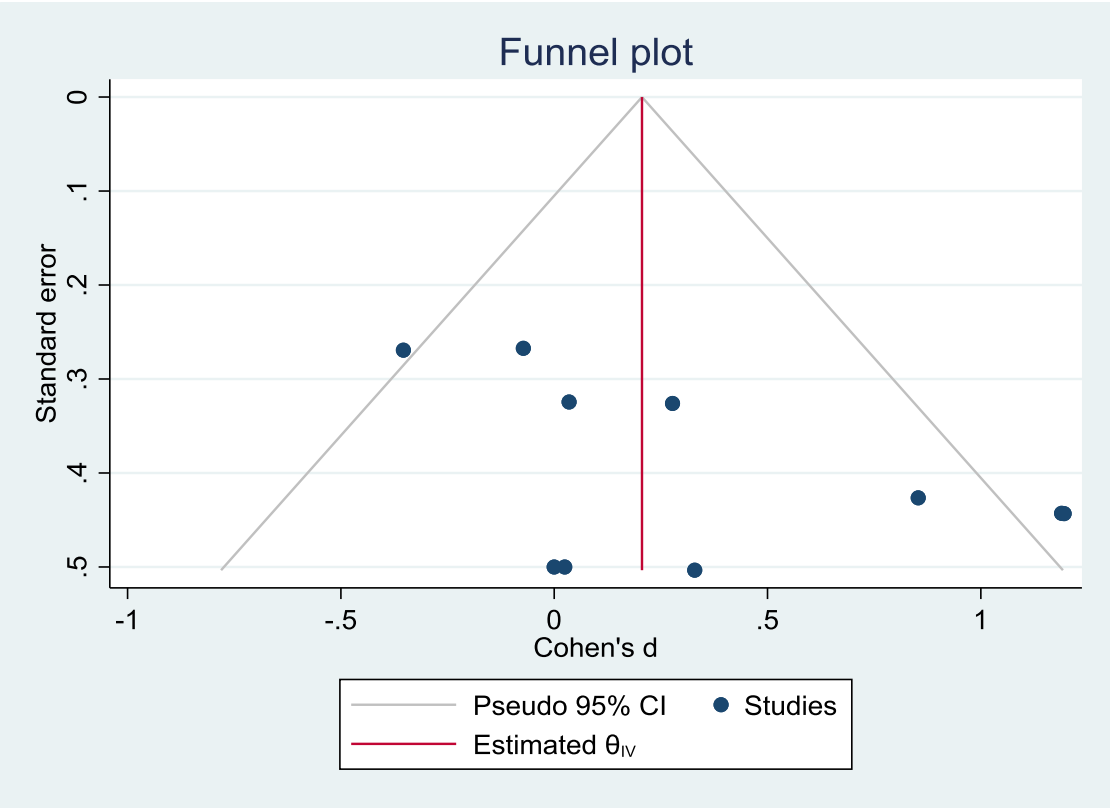
شکل ۳- نمودار قیفی نشان دهنده سوءگیری انتشار برای پارامتر اوج اورژن عقب‌پا

فراتحلیل کلی چهار مطالعه نشان داد که کفی‌ها تأثیری بر اوج اینورژن عقب پا ندارند (۴ مطالعه: SMD=-۰/۲۷، ۹۵ درصد فاصله اطمینان ۰/۶۰ - تا ۰/۰۵، P=۰/۱۰۰، I^2=۴۷٪). تحلیل زیرگروه‌ها بر اساس روش ساخت کفی نشان داد که اوج اینورژن عقب پا به طور معناداری در کفی سفارشی (چهار مطالعه: SMDs=-۰/۶۱، ۹۵ درصد فاصله اطمینان ۱/۰۷- تا ۰/۱۵-، P=۰/۰۰۹، I^2=٪۴۵) نسبت به شرایط کنترل بیشتر بود (شکل ۴). آزمون Egger مبتنی بر رگرسیون، شواهد آماری معناداری از اثرات مطالعات کوچک ارائه داد که نشان‌دهنده وجود سوءگیری انتشار بالقوه در فراتحلیل است (P=۰/۰۲۰). روش trim-and-fill هیچ مطالعه مفقود شده‌ای را شناسایی نکرد که نشان می‌دهد سوءگیری انتشار تأثیر محسوسی بر نتایج فراتحلیل نداشته است (شکل ۵).



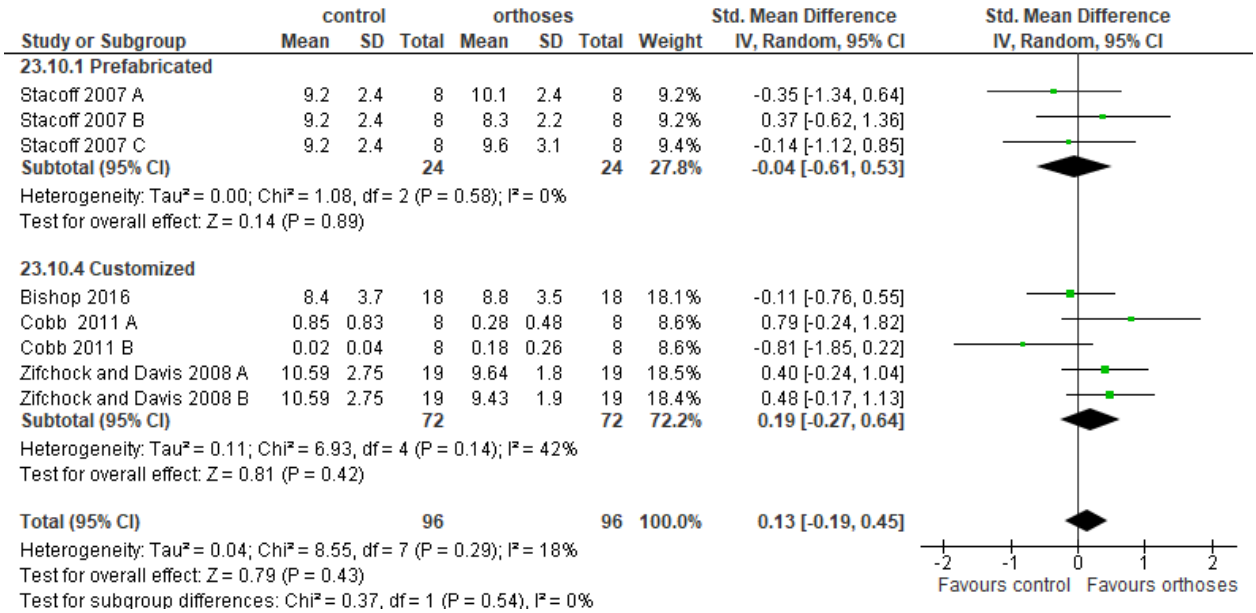
شکل ۴- نمودار جنگلی تأثیر کفی پا بر اوج اینورژن عقب پا حین راه رفتن در افراد دارای پای صاف. اثر زیرگروهی برای هر پارامتر و اثر کلی به عنوان تفاوت میانگین استاندارد شده (فاصله اطمینان ۹۵ درصد) محاسبه شدند. SD: انحراف استاندارد؛ Std: استاندارد شده؛ CI: فاصله اطمینان

CCBY-NC.4.0 DEED



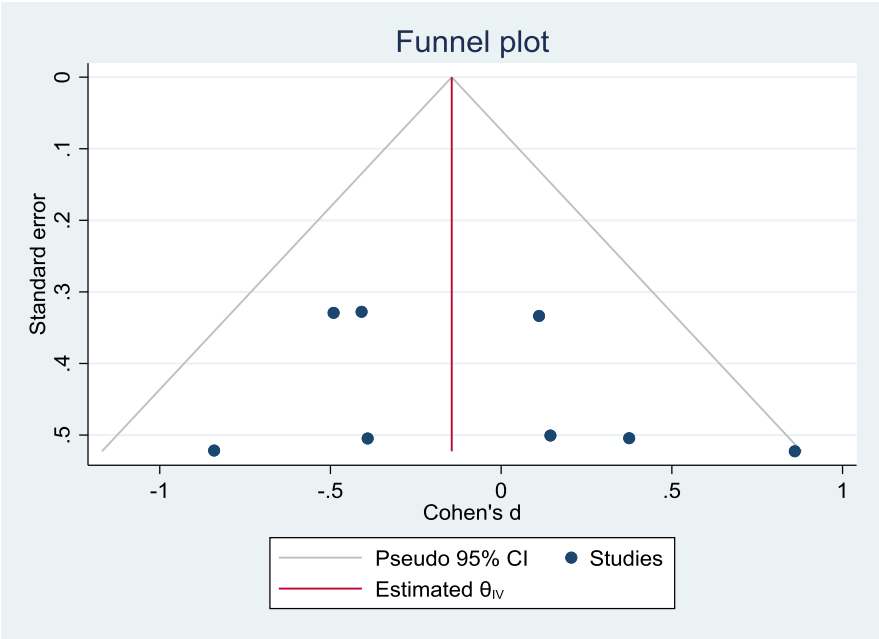
شکل ۵- نمودار قیفی نشان دهنده سوءگیری انتشار برای پارامتر اوج اینورژن عقب پا

فراتحلیل کلی چهار مطالعه و زیرگروه نشان داد که کفی‌ها تأثیر معنی‌داری بر میزان دامنه حرکتی اورژن عقب پا ندارند (SMD=۰/۱۳، ۹۵ درصد فاصله اطمینان ۰/۱۹- تا ۰/۴۵، P=۰/۴۳۰، I^2=٪۱۸) (شکل ۶). بر اساس نتایج آزمون Egger، هیچ شواهدی از سوءگیری انتشار وجود نداشت (P=۰/۳۷۰) (شکل ۷).



شکل ۶- نمودار جنگلی تأثیر کفی پا بر دامنه حرکتی اورژن عقب پا حین راه رفتن در افراد دارای پای صاف. اثر زیرگروهی برای هر پارامتر و اثر کلی به عنوان تفاوت میانگین استاندارد شده (فاصله اطمینان ۹۵٪) محاسبه شدند. SD: انحراف استاندارد؛ Std: استاندارد شده؛ CI: فاصله اطمینان

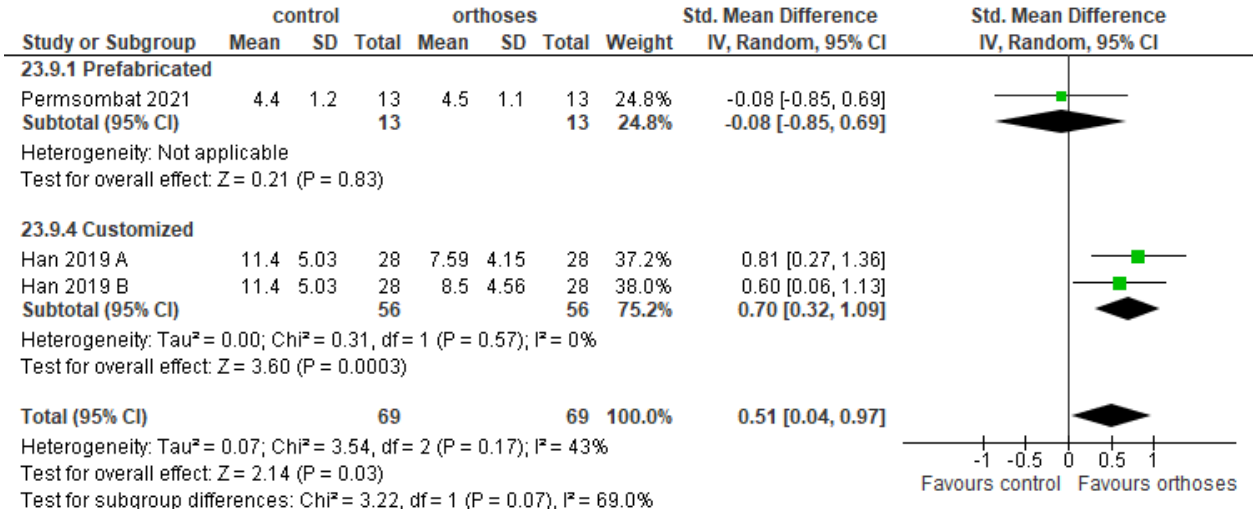
CCBY-NC.4.0 DEED



شکل ۷- نمودار قیفی نشان دهنده سوءگیری انتشار برای پارامتر دامنه حرکتی اورژن عقب پا

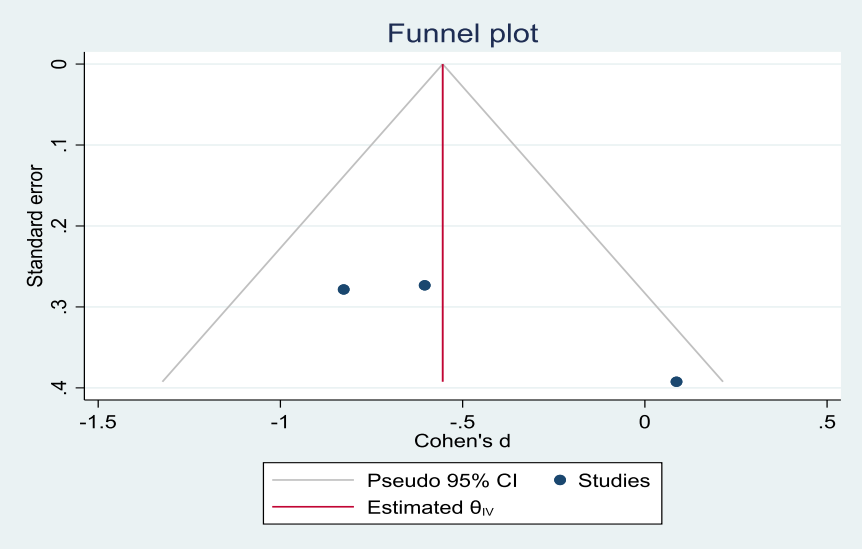
فراتحلیل کلی دو مطالعه نشان داد که کفی‌ها تأثیر متوسطی بر دامنه حرکتی عقب پا در صفحه فرونتال دارند و سطح ناهمگونی کمی مشاهده شد (SMDs =۰/۵۱، ۹۵ درصد فاصله اطمینان ۰/۰۴ تا ۰/۹۷، P=۰/۰۳۰، I^2 =۴۳٪). بنابراین، دامنه حرکتی عقب پا در صفحه فرونتال در شرایط استفاده از کفی ۲/۰۱ درجه (۹۵ درصد فاصله اطمینان ۰/۷۳ تا ۴/۷۶) کمتر از شرایط کنترلی بود.

تحلیل زیرگروه‌ها بر اساس روش ساخت کفی نشان داد که دامنه حرکتی عقب‌پا در صفحه فرونتال به طور معناداری در کفی سفارشی (یک مطالعه: SMDs=۰/۷۰، ۹۵ درصد فاصله اطمینان ۰/۳۲ تا ۱/۰۹، P=۰/۰۰۳، I^2=٪۰) نسبت به شرایط کنترل کمتر بود (شکل ۸). بر اساس نتایج آزمون Egger، هیچ شواهدی از سوءگیری انتشار وجود نداشت (P=۰/۰۷۰) (شکل ۹).



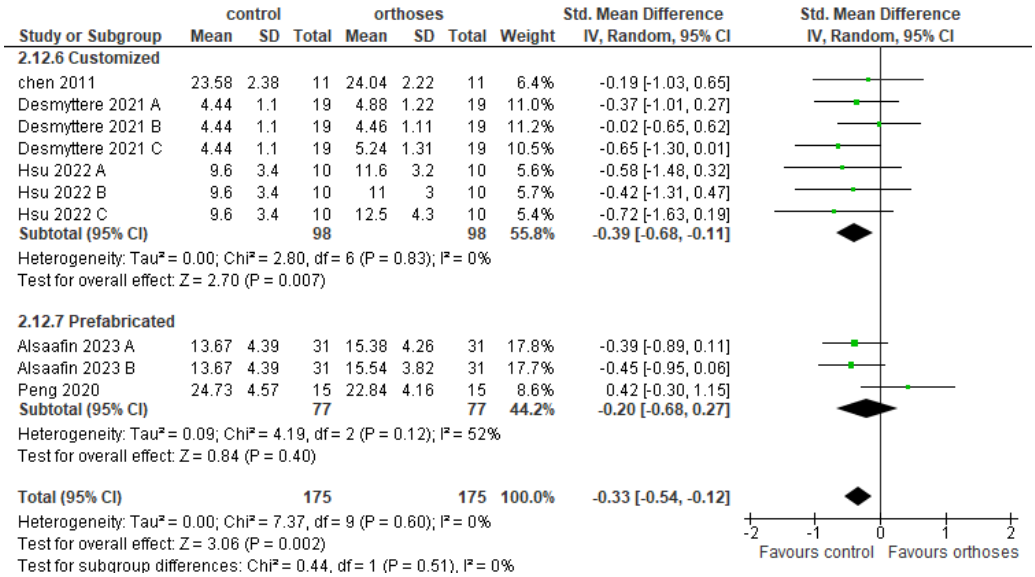
شکل ۸- نمودار جنگلی تأثیر کفی پا بر دامنه حرکتی عقب پا در صفحه فرونتال حین راه رفتن در افراد دارای پای صاف. اثر زیرگروهی برای هر پارامتر و اثر کلی به عنوان تفاوت میانگین استاندارد شده (فاصله اطمینان ۹۵٪) محاسبه شدند. SD: انحراف استاندارد؛ Std: استاندارد شده؛ CI: فاصله اطمینان

CCBY-NC.4.0 DEED



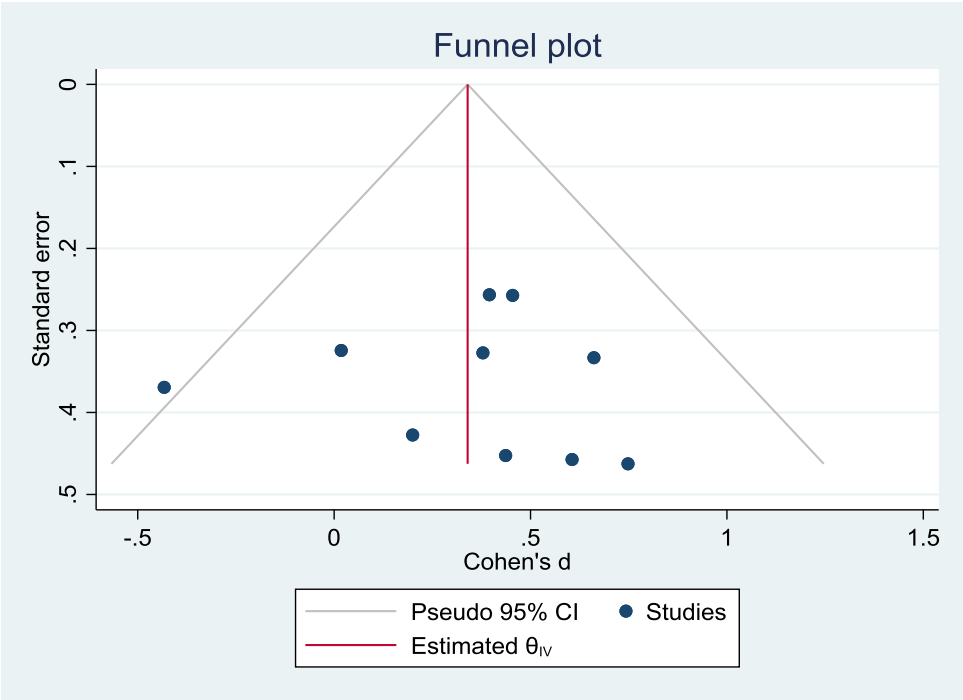
شکل ۹- نمودار قیفی نشان دهنده سوءگیری انتشار برای پارامتر دامنه حرکتی عقب پا

اوج دورسی‌فلکشن مچ پا در پنج مطالعه اندازه‌گیری شد. نتایج فراتحلیل کلی، نشان‌دهنده تأثیرات کمی از استفاده از کفی پا بود (پنج مطالعه: تفاوت میانگین استاندارد شده کوچک (پنج مطالعه: SMDs=-۰/۳۳، ۹۵ درصد فاصله اطمینان ۰/۵۴- تا ۰/۱۲-، P=۰/۰۰۲، I^2=٪۰). به طور خاص‌تر، میانگین اوج دورسی‌فلکشن مچ پا در گروه استفاده از کفی پا، ۰/۶۱ درجه بیشتر از گروه کنترل بود (۹۵ درصد فاصله اطمینان ۱/۰۵ تا ۲/۷۵) (شکل ۶). تجزیه و تحلیل‌های زیرگروه بر اساس روش ساخت کفی پا، نشان داد که اوج دورسی‌فلکشن مچ پا در کفی‌های سفارشی به طور معنی‌داری بیشتر بود (سه مطالعه: SMDs=-۰/۳۹، ۹۵ درصد فاصله اطمینان ۰/۶۸- تا ۰/۱۱-، P=۰/۰۰۷، I^2=٪۰). اما استفاده از کفی‌های پیش‌ساخته تأثیر معنی‌داری بر اوج دورسی‌فلکشن مچ پا نداشت (دو مطالعه: SMDs=-۰/۲۰، ۹۵ درصد فاصله اطمینان ۰/۶۸- تا ۰/۲۷، I^2=٪۵۲) (شکل ۱۰). بر اساس نتایج آزمون Egger، هیچ شواهدی از سوءگیری انتشار وجود نداشت (P=۰/۹۸۰) (شکل ۱۱).



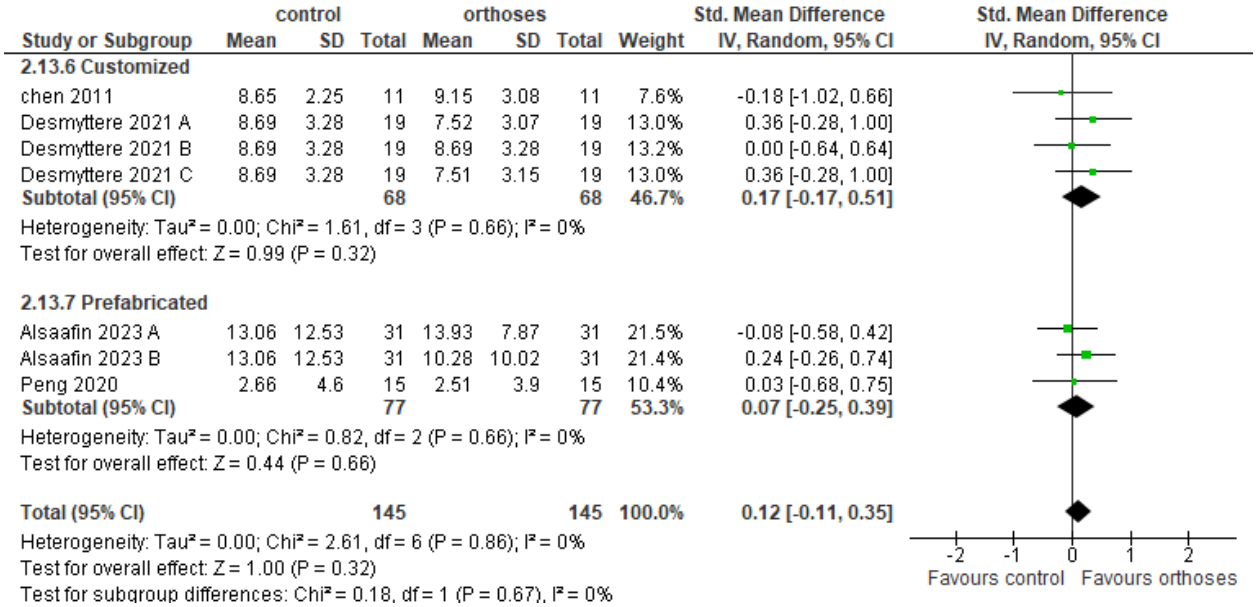
شکل ۱۰- نمودار جنگلی تأثیر کفی پا بر اوج دورسی‌فلکشن مچ پا حین راه رفتن در افراد دارای پای صاف. اثر زیرگروهی برای هر پارامتر و اثر کلی به عنوان تفاوت میانگین استاندارد شده (فاصله اطمینان ۹۵٪) محاسبه شدند. SD: انحراف استاندارد؛ Std: استاندارد شده؛ CI: فاصله اطمینان

CCBY-NC.4.0 DEED



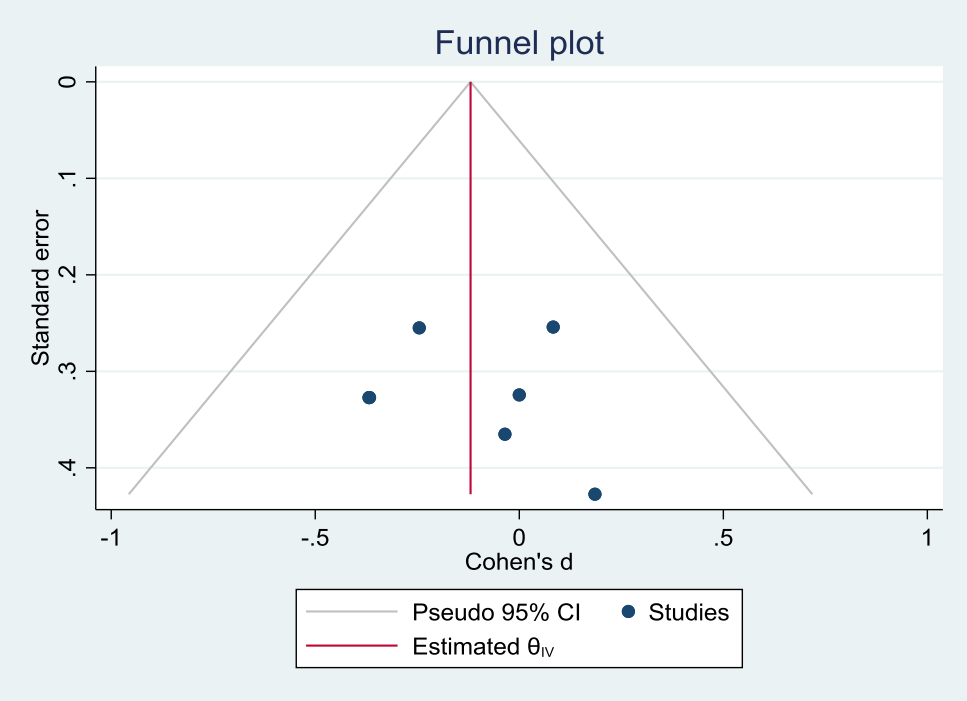
شکل ۱۱- نمودار قیفی نشان دهنده سوءگیری انتشار برای پارامتر اوج دورسی‌فلکشن مچ پا

اوج پلانتارفلکشن مچ پا در چهار مطالعه گزارش شد. فراتحلیل کلی و زیرگروه نشان داد که بین شرایط کنترلی و شرایط استفاده از کفی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. هم‌چنین، هیچ‌گونه ناهمگونی بین نتایج مطالعات مشاهده نشد (I^2=۰٪) (شکل ۱۲). بر اساس نتایج آزمون Egger، هیچ شواهدی از سوءگیری انتشار وجود نداشت (P=۰/۸۲۱) (شکل ۱۳).



شکل ۱۲- نمودار جنگلی تأثیر کفی پا بر اوج پلانتارفلکشن مچ پا حین راه رفتن در افراد دارای پای صاف. اثر زیر گروهی برای هر پارامتر و اثر کلی به عنوان تفاوت میانگین استاندارد شده (فاصله اطمینان ۹۵٪) محاسبه شدند. SD: انحراف استاندارد؛ Std: استاندارد شده؛ CI: فاصله اطمینان

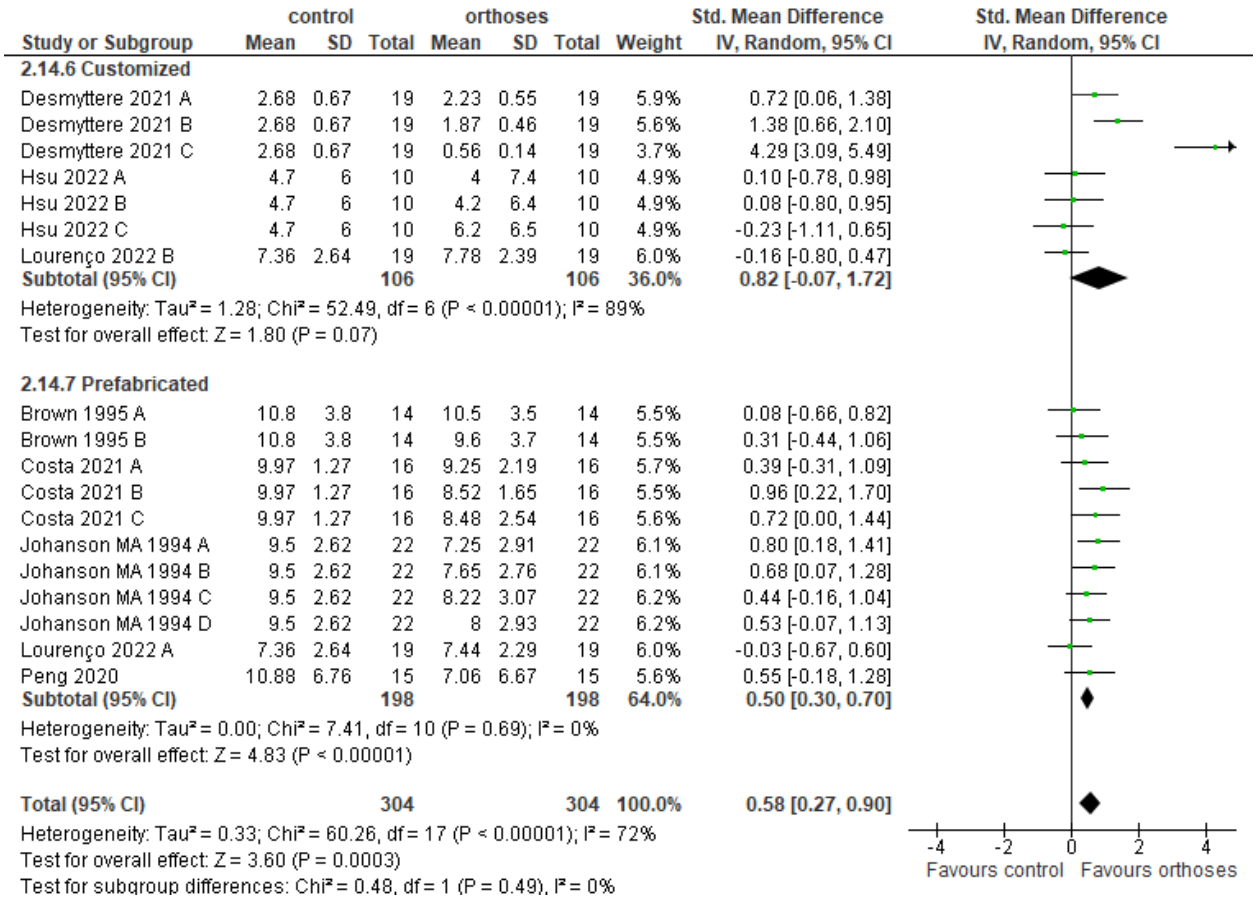
CCBY-NC.4.0 DEED



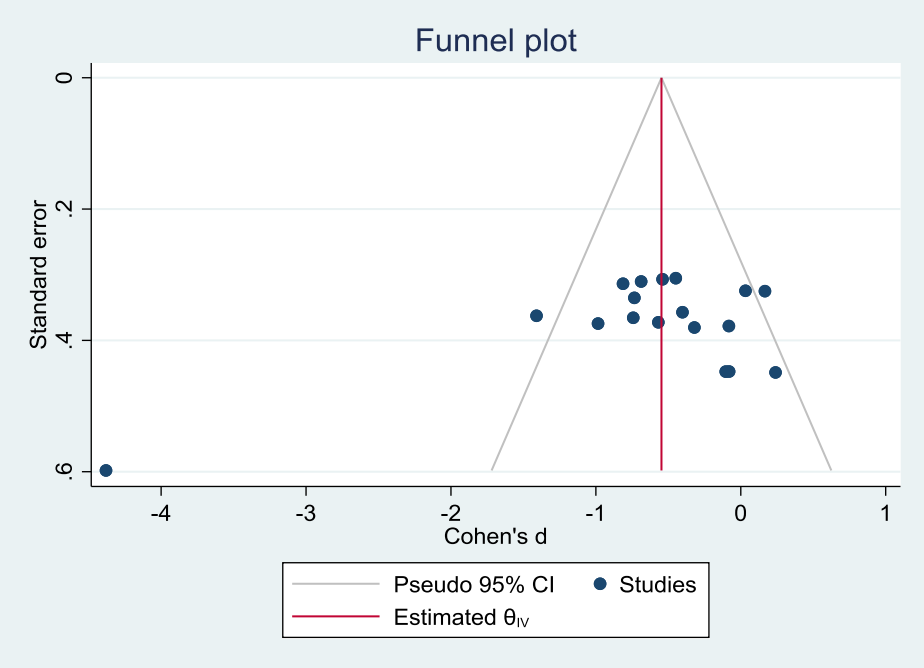
شکل ۱۳- نمودار قیفی نشان دهنده سوءگیری انتشار برای پارامتر اوج پلانتارفلکشن مچ پا

اوج اورژن مچ پا در هفت مطالعه اندازه‌گیری شد. فراتحلیل نشان‌دهنده تأثیرات متوسط معنی‌دار با سطح ناهمگونی متوسط بین مطالعات (I^2=٪۷۲) درمان با کفی پا بود (هفت مطالعه: SMDs=۰/۵۸، ۹۵ درصد فاصله اطمینان ۰/۲۷ تا ۰/۹۰، P=۰/۰۰۳، I^2=٪۷۲) (شکل ۸). به طور خاص‌تر، میانگین اوج اِورژن مچ پا در گروه استفاده از کفی پا، ۱/۱۰ درجه (۹۵ درصد فاصله اطمینان ۰/۵۸ تا ۱/۶۲) کمتر از گروه کنترل بود. تجزیه و تحلیل‌های زیرگروه بر اساس روش ساخت کفی پا، نشان داد که اوج اِورژن مچ پا در کفی‌های پیش‌ساخته به طور معنی‌داری کمتر از شرایط کنترل بود (پنج مطالعه: SMDs=-۰/۴۴، ۹۵ درصد فاصله اطمینان ۰/۲۴ تا ۰/۶۳، P<۰/۰۰۱، I^2=٪۱). اما استفاده از کفی‌های سفارشی تأثیر معنی‌داری بر اوج اِورژن مچ پا نداشت (دو مطالعه: SMDs=۱/۰۰، ۹۵ درصد فاصله اطمینان ۰/۰۳ تا ۲/۰۳، P=۰/۰۶۰، I^2=٪۸۹) (شکل ۱۴). آزمون Egger مبتنی بر رگرسیون، شواهد آماری معناداری از اثرات مطالعات کوچک ارائه داد که نشان‌دهنده وجود سوءگیری انتشار بالقوه در فراتحلیل است (P=۰/۰۰۸). روش trim-and-fill هیچ مطالعه مفقود شده‌ای را شناسایی نکرد، که نشان می‌دهد سوءگیری انتشار تأثیر محسوسی بر نتایج فراتحلیل نداشته است (شکل ۱۵).

CCBY-NC.4.0 DEED



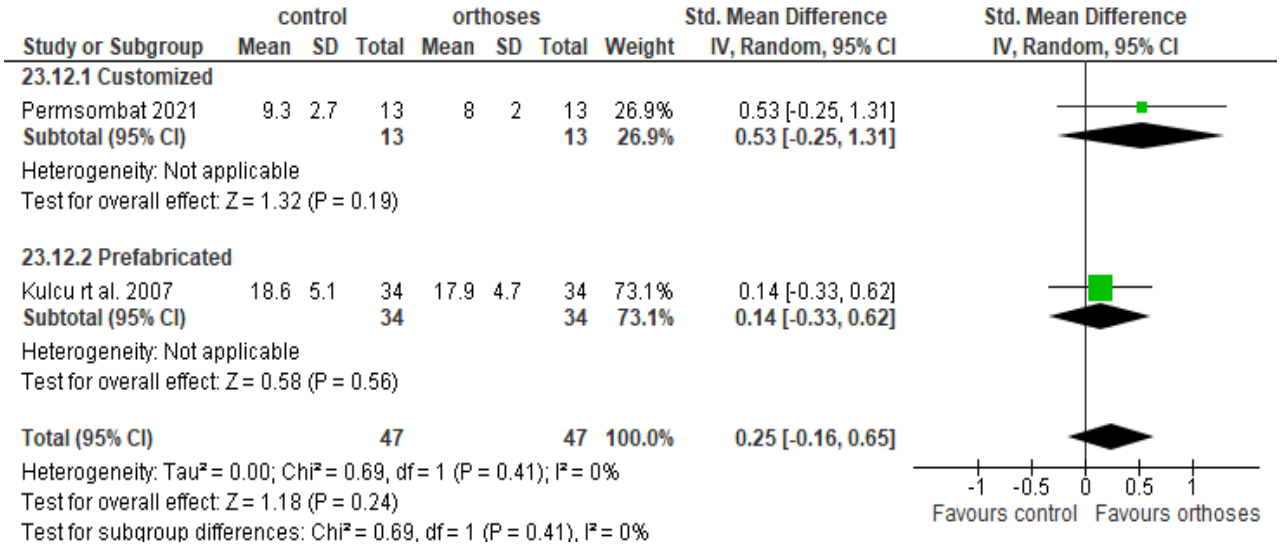
شکل ۱۴- نمودار جنگلی تأثیر کفی پا بر اوج اورژن مچ پا حین راه رفتن در افراد دارای پای صاف. اثر زیر گروهی برای هر پارامتر و اثر کلی به عنوان تفاوت میانگین استاندارد شده (فاصله اطمینان ۹۵٪) محاسبه شدند. SD: انحراف استاندارد؛ Std: استاندارد شده؛ CI: فاصله اطمینان



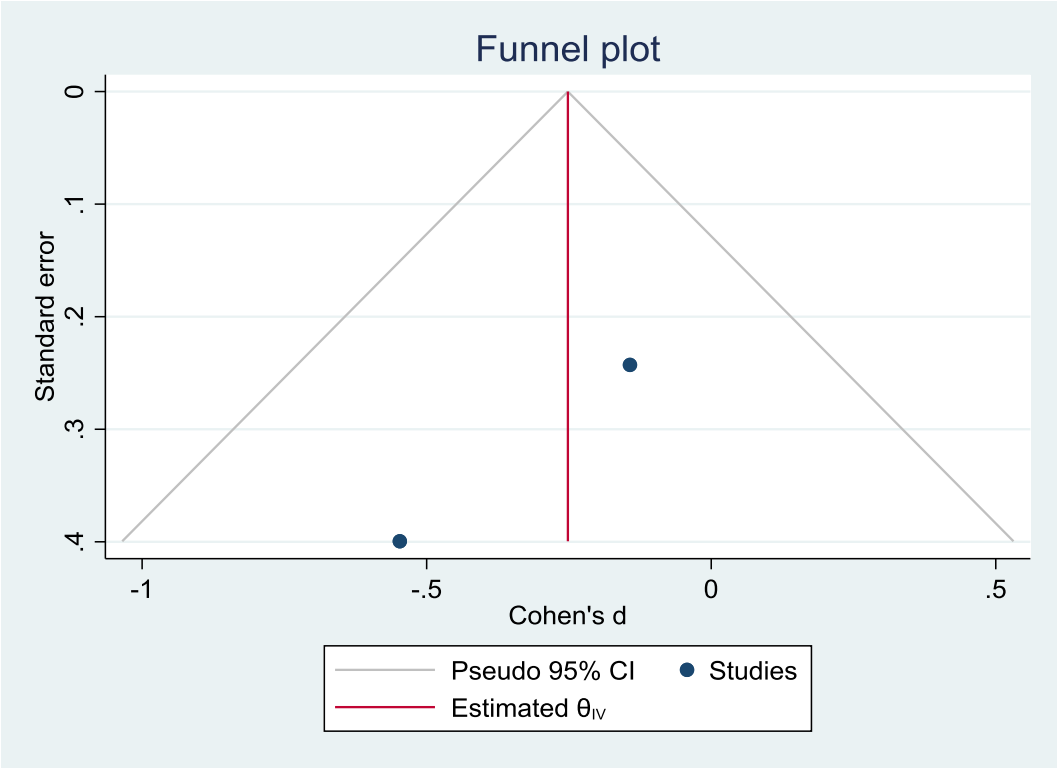
شکل ۱۵- نمودار قیفی نشان دهنده سوءگیری انتشار برای پارامتر اوج اورژن مچ پا

CCBY-NC.4.0 DEED

دامنه حرکتی مچ پا در صفحه قدامی-عقبی در دو مطالعه با استفاده از کفی‌های پیش‌ساخته و سفارشی گزارش شد. فراتحلیل کلی و زیرگروه نشان داد که بین شرایط کنترلی و شرایط استفاده از کفی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. هم‌چنین، هیچ ناهمگونی در نتایج مطالعات مشاهده نشد (I^2=۰٪) (شکل ۱۶). بر اساس نتایج آزمون Egger، هیچ شواهدی از سوءگیری انتشار وجود نداشت (P=۰/۳۸۰) (شکل ۱۷).



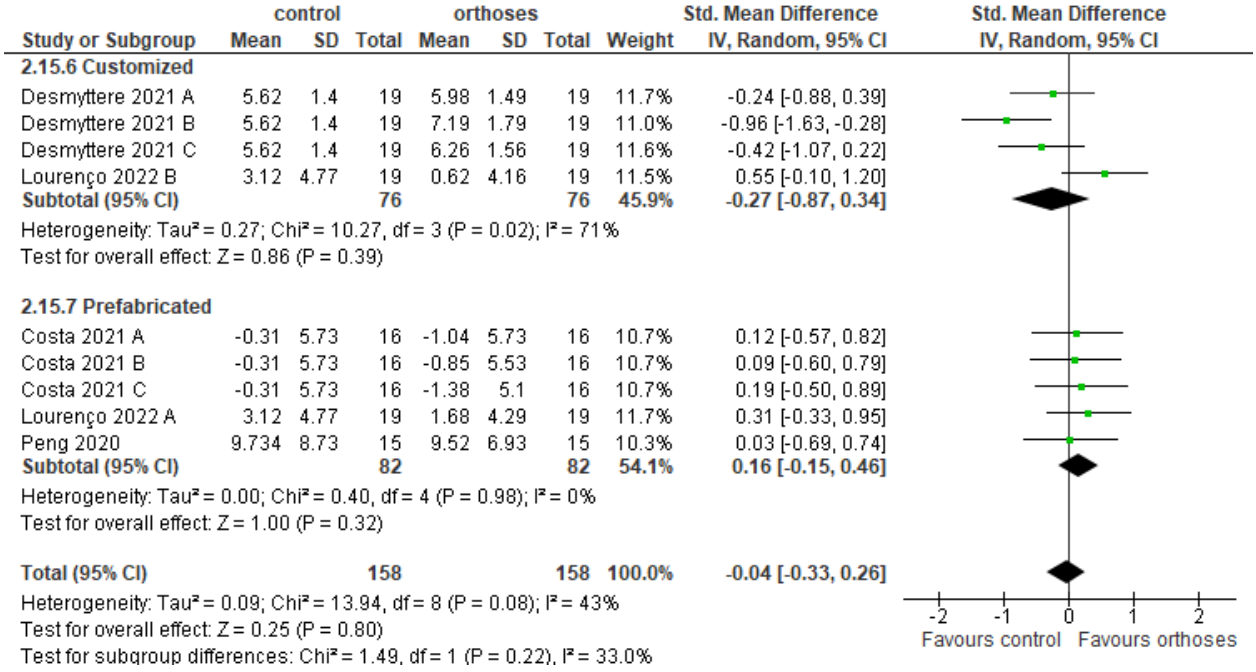
شکل ۱۶- نمودار جنگلی تأثیر کفی پا بر دامنه حرکتی مچ پا در صفحه قدامی-عقبی حین راه رفتن در افراد دارای پای صاف. اثر زیر گروهی برای هر پارامتر و اثر کلی به عنوان تفاوت میانگین استاندارد شده (فاصله اطمینان ۹۵٪) محاسبه شدند. SD انحراف استاندارد؛ Std استاندارد شده؛ CI فاصله اطمینان



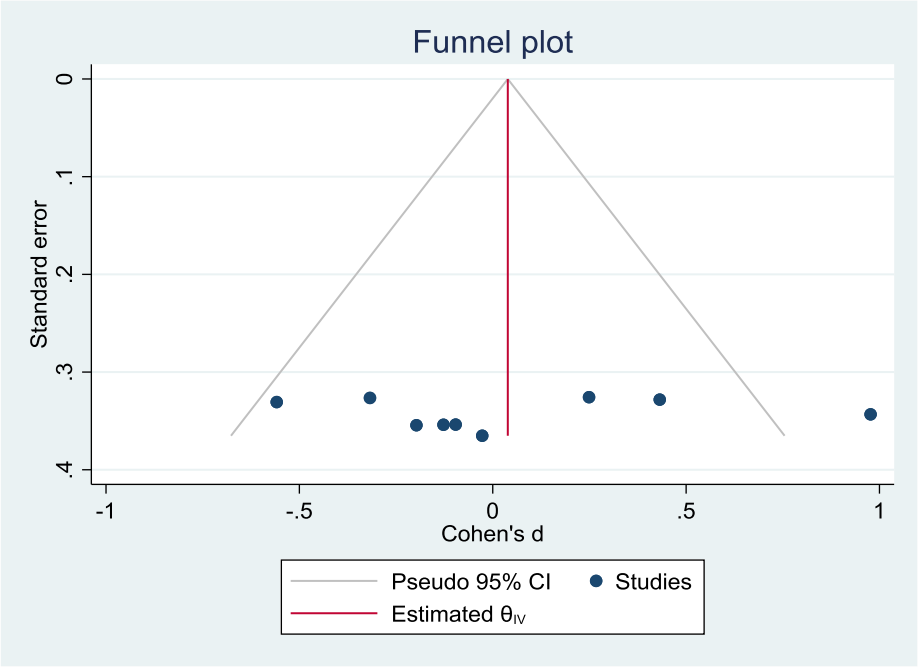
شکل ۱۷- نمودار قیفی نشان دهنده سوءگیری انتشار برای پارامتر دامنه حرکتی مچ پا

CCBY-NC.4.0 DEED

اوج اینورژن مچ پا در چهار مطالعه گزارش شد. فراتحلیل کلی و زیرگروه نشان داد که بین شرایط کنترلی و شرایط استفاده از کفی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. سطح ناهمگونی بین نتایج مطالعات کم بود (I^2=۴۳٪) (شکل ۱۸). بر اساس نتایج آزمون Egger، هیچ شواهدی از سوءگیری انتشار وجود نداشت (P=۰/۸۸۰) (شکل ۱۹).



شکل ۱۸- نمودار جنگلی تأثیر کفی پا بر اوج اینورژن مچ پا در حین راه رفتن در افراد دارای پای صاف. اثر زیر گروهی برای هر پارامتر و اثر کلی به عنوان تفاوت میانگین استاندارد شده (فاصله اطمینان ۹۵٪) محاسبه شدند. SD: انحراف استاندارد؛ Std: استاندارد شده؛ CI: فاصله اطمینان



شکل ۱۹- نمودار قیفی نشان دهنده سوءگیری انتشار برای پارامتر اوج اینورژن مچ پا

CCBY-NC.4.0 DEED

بحث

این مرور نظام‌مند و فراتحلیل با در نظر گرفتن روش‌های مختلف ساخت کفی با هدف تعیین اثرات کاربرد کفی (یک جلسه) بر زوایای مفصل‌های پا و مچ پا در بزرگسالان مبتلا به صافی کف پا در حین راه رفتن انجام شد. با توجه به زوایای مفاصل، فراتحلیل اثرات قابل توجهی از کاربرد کفی بر اوج اورژن عقب پا (کمتر در شرایط کفی)، دامنه حرکتی عقب پا در صفحه فرونتال (کمتر در شرایط کفی)، اوج دورسی فلکشن مچ پا (در شرایط کفی بیشتر) و اورژن مچ پا (در شرایط کفی پایین‌تر) نشان داد. تحلیل زیرگروه‌ها بر اساس روش ساخت کفی نشان داد که اوج اینورژن عقب پا به طور معناداری در کفی سفارشی نسبت به شرایط کنترل بیشتر بود. اوج اورژن عقب پا به طور معناداری در هر دو نوع کفی طبی پیش‌ساخته و سفارشی نسبت به شرایط کنترل پایین‌تر بود. دامنه حرکتی عقب‌پا در صفحه فرونتال به طور معناداری در کفی سفارشی نسبت به شرایط کنترل کمتر بود. اوج دورسی‌فلکشن مچ پا تنها در کفی‌های سفارشی به طور معنی‌داری بیشتر بود. اوج اورژن مچ پا تنها در کفی‌های پیش‌ساخته به طور معنی‌داری کمتر از شرایط کنترل بود.

نتایج این مرور نظام‌مند و فراتحلیل نشان می‌دهد که استفاده از کفی‌ها تأثیر قابل توجهی بر الگوی حرکتی پا و مچ پا در بزرگسالان مبتلا به صافی کف پا دارد. کاهش اوج اورژن عقب پا با یافته‌های مطالعه Desmyttere و همکاران (۱۵) مطابقت دارد. کاهش اوج اورژن عقب پا و کاهش دامنه حرکتی عقب پا در صفحه فرونتال هنگام استفاده از کفی‌ها نشان‌دهنده نقش حمایتی و تثبیت‌کننده این مداخلات ارتوپدی در کنترل حرکات بیش از حد عقب پا است. اورژن بیش‌ازحد عقب‌پا از نظر بیومکانیکی با افزایش چرخش داخلی تیبیا ارتباط دارد که به بروز مکانیک غیرطبیعی زانو و افزایش تنش مفصلی منجر می‌شود. این متغیرها با بسیاری از اختلالات ناشی از استفاده بیش‌ازحد، از جمله درد پاتلوفمورال، سندرم استرس تیبیای داخلی مرتبط هستند (۵). بنابراین، با محدود کردن حرکات عقب‌پا، کفی‌های طبی می‌توانند در کاهش حرکات اورژن نامطلوب که به بروز این اختلالات نسبت داده می‌شود، نقش داشته باشند.

افزایش اوج دورسی‌فلکشن مچ پا در شرایط استفاده از کفی‌ها، به‌ویژه در کفی‌های سفارشی، می‌تواند نشان‌دهنده بهبود عملکرد بیومکانیکی در بیماران دارای صافی کف پا باشد که با یافته‌های Arvin و همکاران (۴۳) و Hsu و همکاران (۲۹) مطابقت دارد. این افزایش ممکن است به دلیل تنظیم مجدد نیروهای اعمالی بر پا و بهبود تراز بیومکانیکی ساختارهای مرتبط باشد که به تسهیل حرکت در صفحه ساجیتال منجر می‌شود (۴۴). با این حال، تفاوت مشاهده‌شده در زاویه اوج دورسی‌فلکشن مچ پا بین شرایط استفاده از کفی پا و شرایط کنترل هم از نظر مقدار مطلق زاویه (۰/۶۱ درجه) و هم از نظر اندازه اثر (۰/۳۳-) کوچک بود که پرسش‌هایی را درباره اهمیت عملکردی آن ایجاد می‌کند. اندازه اثر متناظر (SMD=-۰/۳۳) بر اساس آستانه‌های Cohen (۲۰) نشان‌دهنده یک اثر کوچک اما از نظر آماری معنادار است. این نتایج حاکی از آن است که ویژگی‌های کفی‌های پا می‌توانند تأثیری ظریف بر دورسی‌فلکشن مچ پا داشته باشند، اما بزرگی این اثر احتمالاً برای استنباط سود بالینی کافی نیست و بنابراین باید در چارچوب اهمیت عملکردی محدود تفسیر شود. در مقابل، کاهش اوج اورژن مچ پا در کفی‌های پیش‌ساخته می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر این نوع کفی‌ها در محدود کردن حرکات بیش از حد در صفحه فرونتال

CCBY-NC.4.0 DEED

باشد (۴۴). این یافته با نتایج Telfer و همکاران (۳۳) همخوانی دارد که اثربخشی کفی‌ها بر کینماتیک اورژن عقب‌پا را گزارش کرده‌اند. نتایج Costa و همکاران (۳۶) نیز در همین راستا بوده و همسویی بیشتری با نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد. این یافته می‌تواند در طراحی و تجویز کفی‌های طبی برای بیماران مبتلا به صافی کف پا، خصوصاً در مواردی که هدف کاهش حرکات جبرانی و بهبود عملکرد حرکتی است، نقش مهمی ایفاء کند.

نتایج تحلیل زیرگروه‌ها نشان داد که روش ساخت کفی بر میزان تأثیرگذاری آن بر پارامترهای حرکتی تأثیرگذار است. افزایش اوج اینورژن عقب پا در کفی‌های سفارشی نشان‌دهنده توانایی بیشتر این نوع کفی‌ها در اصلاح و کنترل حرکت است، در حالی که کاهش اوج اورژن عقب پا در هر دو نوع کفی سفارشی و پیش‌ساخته نشان‌دهنده اثرات مشابه این مداخلات در محدود کردن حرکات اضافی این بخش از پا است. کاهش دامنه حرکتی عقب پا در صفحه فرونتال در شرایط استفاده از کفی‌های سفارشی می‌تواند به دلیل طراحی این کفی‌ها برای ارائه ثبات بیشتر باشد که به نوبه خود ممکن است تأثیرات مثبتی بر کنترل حرکات جانبی پا داشته باشد (۴۵). به‌طور کلی، این یافته‌ها نشان می‌دهد که استفاده از کفی‌های طبی، به‌ویژه کفی‌های سفارشی، می‌تواند در بهبود کنترل بیومکانیکی پا و مچ پا در بزرگ‌سالان مبتلا به صافی کف پا مؤثر باشد. با این حال، از آنجا که پاسخ‌های بیومکانیکی ممکن است بسته به ویژگی‌های فردی بیماران متفاوت باشد.

مطالعه حاضر با چند محدودیت همراه بود که باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرد. تعداد مطالعات وارد شده در برخی تحلیل‌ها و به‌ویژه در زیرگروه‌ها محدود بود که این امر می‌تواند قابلیت تعمیم نتایج به کل جمعیت افراد دارای کف پای صاف را کاهش دهد. در برخی موارد داده‌های کمی به‌طور مستقیم در متن یا جداول گزارش نشده بودند و ناچار داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای دیجیتالایزر از نمودارها استخراج شدند. اگرچه این روند بر اساس معیارهای مشخص و توسط دو پژوهشگر مستقل انجام گرفت، اما احتمال بروز خطا در فرآیند استخراج داده‌ها به‌طور کامل قابل حذف نیست. ناهمگونی مشاهده شده در برخی تحلیل‌ها نیز ممکن است ناشی از تفاوت در ویژگی‌های جمعیتی شرکت‌کنندگان (سن، شدت صافی پا، سطح فعالیت بدنی)، نوع مداخله (کفی‌های سفارشی یا پیش‌ساخته و تفاوت در طراحی و مواد) یا روش‌های اندازه‌گیری متغیرهای کینماتیک باشد. با وجود این، آزمون Egger و بررسی نمودارهای قیفی نشان داد که شواهد معناداری از سوءگیری انتشار وجود نداشت و تحلیل حساسیت نیز پایداری نتایج را تأیید کرد. با این حال این عوامل بالقوه و کیفیت متوسط برخی مطالعات می‌توانند بر برآورد اثر کلی تأثیرگذار باشند.

در نهایت، اگرچه مدل اثرات تصادفی برای کاهش اثر ناهمگونی استفاده شد، نتایج باید با احتیاط تفسیر شوند. انجام مطالعات آینده با حجم نمونه بزرگ‌تر، طراحی‌های دقیق‌تر و گزارش‌دهی استاندارد به‌منظور افزایش دقت و قابلیت تعمیم یافته‌ها پیشنهاد می‌شود. تحقیقات بیشتری برای بررسی اثرات بلندمدت این مداخلات و تعیین مناسب‌ترین نوع کفی برای هر فرد مورد نیاز است.

نتیجه‌گیری

نتایج مرور نظام‌مند و فراتحلیل حاضر نشان داد که کفی‌های طبی در افراد دارای کف پای صاف می‌توانند به‌طور معناداری

CCBY-NC.4.0 DEED

موجب کاهش اورژن عقب‌پا و مچ پا و هم‌چنین افزایش دورسی‌فلکشن مچ پا در هنگام راه‌رفتن شوند. علاوه بر این، کفی‌های سفارشی اثرات بارزتری در افزایش اینورژن عقب‌پا و دورسی‌فلکشن مچ پا داشتند، در حالی‌که کفی‌های پیش‌ساخته عمدتاً در کاهش اورژن مچ پا مؤثر بودند. این یافته‌ها نشان‌دهنده نقش بالقوه کفی‌های طبی به‌ویژه نمونه‌های سفارشی در بهبود کنترل حرکتی و اصلاح الگوهای بیومکانیکی در افراد دارای کف پای صاف است. از دیدگاه بهداشتی، استفاده از کفی‌های طبی می‌تواند به‌عنوان رویکردی محافظه‌کارانه در کاهش فشارهای غیرطبیعی و پیشگیری از مشکلات ثانویه اندام تحتانی توصیه شود. با توجه به محدودیت‌های موجود در مطالعات وارد شده (از جمله اندازه نمونه‌های کوچک و ناهمگونی بین طرح‌ها)، این نتایج باید با احتیاط تفسیر شوند و انجام پژوهش‌های آینده با طراحی قوی‌تر و پیگیری بلندمدت ضروری است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بدین‌وسیله از تمامی پژوهشگرانی که مطالعه‌های آن‌ها وارد فراتحلیل حاضر شد، تشکر می‌کنند.

تعارض در منافع: از طرف نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی در مقاله گزارش نشده است.

حامی مالی: پژوهش حاضر فاقد هرگونه حمایت مالی از جانب سازمان های دولتی یا خصوصی بوده است.

ملاحظات اخلاقی (کد اخلاق): مطالعه حاضر از نوع مروری نظام‌مند و فراتحلیل می‌باشد.

مشارکت نویسندگان

- **طراحی ایده:** علی اسماعیلی، امیرعلی جعفرنژادگرو

روش کار: علی اسماعیلی، امیرعلی جعفرنژادگرو

جمع آوری داده: علی اسماعیلی

تجزیه و تحلیل داده‌ها: علی اسماعیلی، امیرعلی جعفرنژادگرو

نظارت: علی اسماعیلی، امیرعلی جعفرنژادگرو

مدیریت پروژه: علی اسماعیلی، امیرعلی جعفرنژادگرو

نگارش پیش نویس اصلی: علی اسماعیلی

نگارش- بررسی و ویرایش: علی اسماعیلی، امیرعلی جعفرنژادگرو

References

1. Okamura K, Kanai S, Fukuda K, Tanaka S, Ono T, Oki S. The effect of additional activation of the plantar intrinsic foot muscles on foot kinematics in flat-footed subjects. *The Foot* 2019; 38: 19-23.

2. Levinger P, Murley GS, Barton CJ, Cotchett MP, McSweeney SR, Menz HB. A comparison of foot kinematics in people with normal-and flat-arched feet using the Oxford Foot Model. *Gait & Posture*. 2010; 32(4): 519-23.

3. Nourbakhsh S-A, Sheikhhoseini R, Piri H, Soltani F, Ebrahimi E. Spatiotemporal and kinematic gait changes in flexible flatfoot: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2025; 20(1): 223.

CCBY-NC.4.0 DEED

4. Angin S, Crofts G, Mickle KJ, Nester CJ. Ultrasound evaluation of foot muscles and plantar fascia in pes planus. *Gait & Posture* 2014; 40(1): 48-52.

5. Neal BS, Griffiths IB, Dowling GJ, Murley GS, Munteanu SE, Franettovich Smith MM, et al. Foot posture as a risk factor for lower limb overuse injury: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Foot and Ankle Research* 2014; 7: 1-13.

6. Jafarnezhadgero A, Esmaeili A, Mousavi SH, Granacher U. Effects of foot orthoses application during walking on lower limb joint angles and moments in adults with flat Feet: A systematic review with Meta-Analysis. *Journal of Biomechanics* 2024; 176:112345.

7. Chen Y-C, Lou S-Z, Huang C-Y, Su F-C. Effects of foot orthoses on gait patterns of flat feet patients. *Clinical Biomechanics* 2010; 25(3): 265-70.

8. Kido M, Ikoma K, Hara Y, Imai K, Maki M, Ikeda T, et al. Effect of therapeutic insoles on the medial longitudinal arch in patients with flatfoot deformity: a three-dimensional loading computed tomography study. *Clinical Biomechanics* 2014; 29(10): 1095-8.

9. Lourenço BM, Magalhães FA, Vieira FM, Reis CK, Costa HS, Araújo VL, et al. An exploration of the effects of prefabricated and customized insoles on lower limb kinetics and kinematics during walking, stepping up and down tasks: A time series analysis. *Gait & Posture* 2022; 98: 297-304.

10. Braga UM, Mendonça LD, Mascarenhas RO, Alves CO, Renato Filho G, Resende RA. Effects of medially wedged insoles on the biomechanics of the lower limbs of runners with excessive foot pronation and foot varus alignment. *Gait & Posture* 2019; 74: 242-9.

11. Gijon-Nogueron G, Cortes-Jeronimo E, Cervera-Marin JA, Diaz-Mohedo E, Lopezosa-Reca E, Fernandez-Sanchez M, et al. The effects of custom-made foot orthosis using the Central Stabilizer Element on foot pain. *Prosthetics and Orthotics International* 2015;39(4):293-9.

12. Michalitsis J, Murphy AT, Rawicki B, Haines TP, Williams C. Full length foot orthoses have an immediate treatment effect and modify gait of children with idiopathic toe walking. *Gait & Posture*. 2019; 68: 227-31.

CCBY-NC.4.0 DEED

13. Cheung RT, Chung RC, Ng GY. Efficacies of different external controls for excessive foot pronation: a meta-analysis. *British journal of Sports Medicine*. 2011; 45(9): 743-51.

14. Banwell HA, Mackintosh S, Thewlis D. Foot orthoses for adults with flexible pes planus: a systematic review. *J Foot Ankle Res* 2014; 7(1): 23.

15. 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. *Clinical Biomechanics* 2018; 59: 117-29.

16. Jafarnezhadgero A, Esmaeili A, Mousavi SH, Granacher U. Effects of foot orthoses application during walking on lower limb joint angles and moments in adults with flat Feet: A systematic review with Meta-Analysis. *Journal of Biomechanics* 2024; 112345.

17. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *International Journal of Surgery* 2021; 88: 105906.

18. 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. *Journal of Epidemiology & Community Health* 1998; 52(6): 377-84.

19. Radzimski AO, Mündermann A, Sole G. Effect of footwear on the external knee adduction moment—a systematic review. *The Knee* 2012; 19(3): 163-75.

20. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences; Hillsdale [etc.]. Lawrence Erlbaum Associates, Cop.: Mahwah, NJ, USA; 1988.

21. Kraemer HC, Kupfer DJ. Size of treatment effects and their importance to clinical research and practice. *Biological Psychiatry* 2006; 59(11): 990-6.

22. McGough JJ, Faraone SV. Estimating the size of treatment effects: moving beyond p values. *Psychiatry (Edgmont)* 2009; 6(10):21.

CCBY-NC.4.0 DEED

23. Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ* 2003; 327(7414): 557-60.

24. Duval S, Tweedie R. Trim and fill: a simple funnel-plot–based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. *Biometrics* 2000; 56(2): 455-63.

25. Bishop C, Arnold JB, May T. Effects of taping and orthoses on foot biomechanics in adults with flat-arched feet. *Medicine and science in Sports and Exercise* 2016; 48(4): 689-96.

26. Cobb SC, Tis LL, Johnson JT, Wang YT, Geil MD. Custom-molded foot-orthosis intervention and multisegment medial foot kinematics during walking. National Athletic Trainers' Association, Inc; 2011; p: 358-65.

27. Dedieu P, Drigeard C, Gjini L, Dal Maso F, Zanone P-G. Effects of foot orthoses on the temporal pattern of muscular activity during walking. *Clinical Biomechanics* 2013; 28(7): 820-4.

28. Desmyttere G, Hajizadeh M, Bleau J, Leteneur S, Begon M. Anti-pronator components are essential to effectively alter lower-limb kinematics and kinetics in individuals with flexible flatfeet. *Clinical Biomechanics* 2021; 86: 105390.

29. Hsu C-Y, Wang C-S, Lin K-W, Chien M-J, Wei S-H, Chen C-S. Biomechanical analysis of the flatfoot with different 3D-printed insoles on the lower extremities. *Bioengineering* 2022; 9(10): 563.

30. Kosonen J, Kulmala J-P, Müller E, Avela J. Effects of medially posted insoles on foot and lower limb mechanics across walking and running in overpronating men. *Journal of Biomechanics* 2017; 54: 58-63.

31. Permsombat P, Pensri P. Effects of customized foot orthoses on lower limbs kinematics in adults with highly pronated foot. *Chulalongkorn Medical Journal* 2021; 65(2): 195-205.

32. Tang SF-T, Chen C-H, Wu C-K, Hong W-H, Chen K-J, Chen C-K. The effects of total contact insole with forefoot medial posting on rearfoot movement and foot pressure distributions in patients with flexible flatfoot. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2015; 129: S8-S11.

CCBY-NC.4.0 DEED

33. Telfer S, Abbott M, Steultjens MP, Woodburn J. Dose–response effects of customised foot orthoses on lower limb kinematics and kinetics in pronated foot type. *Journal of Biomechanics* 2013; 46(9): 1489-95.

34. Zifchock RA, Davis I. A comparison of semi-custom and custom foot orthotic devices in high- and low-arched individuals during walking. *Clinical Biomechanics* 2008; 23(10): 1287-93.

35. Alsaafin N, Saad N, Mohammad Zadeh SA, Hegazy FA. Effect of Different Foot Orthosis Inverted Angles on Walking Kinematics in Females with Flexible Flatfeet. *Journal of Multidisciplinary Healthcare* 2023; 2613-23.

36. Costa BL, Magalhães FA, Araujo VL, Richards J, Vieira FM, Souza TR, et al. Is there a dose-response of medial wedge insoles on lower limb biomechanics in people with pronated feet during walking and running? *Gait & Posture* 2021; 90: 190-6.

37. Hurd WJ, Kavros SJ, Kaufman KR. Comparative biomechanical effectiveness of over-the-counter devices for individuals with a flexible flatfoot secondary to forefoot varus. *Clinical Journal of Sport Medicine* 2010 ;20(6): 428-35.

38. Johanson MA, Donatelli R, Wooden MJ, Andrew PD, Cummings GS. Effects of three different posting methods on controlling abnormal subtalar pronation. *Physical Therapy* 1994; 74(2): 149-58.

39. Kulcu DG, Yavuzer G, Sarmer S, Ergin S. Immediate effects of silicone insoles on gait pattern in patients with flexible flatfoot. Foot & ankle international. 2007; 28(10): 1053-6.

40. Peng Y, Wong DW-C, Wang Y, Chen TL-W, Tan Q, Chen Z, et al. Immediate effects of medially posted insoles on lower limb joint contact forces in adult acquired flatfoot: a pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020; 17(7): 2226.

41. Han K, Bae K, Levine N, Yang J, Lee J-S. Biomechanical effect of foot orthoses on rearfoot motions and joint moment parameters in patients with flexible flatfoot. Medical science monitor: *International Medical Journal of Experimental and Clinical Research* 2019; 25: 5920.

CCBY-NC.4.0 DEED

42. Stacoff A, Kramers-de Quervain I, Dettwyler M, Wolf P, List R, Ukelo T, et al. Biomechanical effects of foot orthoses during walking. *The Foot* 2007; 17(3): 143-53.

43. Arvin M, Kamyab M, Moradi V, Hajiaghaei B, Maroufi N. Influence of modified solid ankle-foot orthosis to be used with and without shoe on dynamic balance and gait characteristic in asymptomatic people. *Prosthetics and Orthotics International* 2013; 37(2): 145-51.

44. Tang Y, Cheng S, Zou L, Zhou L, Liang P, Ren H, Et Al. Effects Of Custom-Made Orthotic Insoles On Lower Limb Biomechanics In Children With Flexible Flat Feet. *Revista de Pielărie Încălțăminte* 2023; 23: 2.

45. Vimal AK, Sharma S, Gahlawat B, Pandian G, Sural S. The effect of customized and silicon insoles on mid-and hindfoot in adult flexible pes planovalgus. *Indian Journal of Orthopaedics* 2022; 56(11): 1897-905.

CCBY-NC.4.0 DEED

The Effect of Foot Orthosis Fabrication Methods on Foot and Ankle Joint Kinematics in People with Flat Feet: A Systematic Review and Meta-Analysis

Ali Esmaeili[1], Amirali Jafarnezhadgero[2]

Received: 05/05/25 Sent for Revision: 04/08/25 Received Revised Manuscript: 20/10/25 Accepted: 22/10/25

Background and Objectives: Despite numerous studies on the effects of foot orthoses on lower limb kinematics, findings in individuals with flat feet remain inconsistent. In particular, the influence of fabrication methods (custom-made vs. prefabricated) is not fully understood. This systematic review and meta-analysis aimed to determine the effects of different fabrication methods of foot orthoses on foot and ankle kinematics during walking in adults with flat feet.

Materials and Methods: Five electronic databases (Scopus, PubMed, EMBASE, PEDro, and CENTRAL) were systematically searched from inception to April 2025. Grey literature sources, including Google Scholar, ScienceDirect, Clinicaltrial.gov, PROQUEST, and the reference lists of the included studies were also reviewed.

Results: Nineteen studies met the eligibility criteria and were included. The pooled results indicated that foot orthoses significantly reduced peak rearfoot eversion ($p<0.001$), rearfoot range of motion in the frontal plane ($p=0.030$), and peak ankle eversion ($p=0.0003$), while increasing peak ankle dorsiflexion ($p=0.002$) compared with the control conditions. Subgroup analyses showed that custom-made orthoses were associated with significantly greater peak rearfoot inversion ($p=0.009$), peak ankle dorsiflexion ($p=0.007$), and frontal plane rearfoot range of motion ($p=0.003$). In contrast, prefabricated orthoses significantly reduced peak ankle eversion ($p<0.001$).

Conclusions: Differences between custom-made and prefabricated orthoses, such as increased peak rearfoot inversion and ankle dorsiflexion in custom-made designs, highlight the importance of individualized fabrication in optimizing foot motion correction for adults with flat feet.

Keywords: Insoles, Pronated feet, Gait, Biomechanics

Funding: This study did not have any funds

Conflict of interest: None declared.

Ethical Considerations (Code of Ethics): Not applicable.

Authors Contributions:

Conceptualization: Ali Esmaeili, AmirAli Jafarnezhadgero

Methodology: Ali Esmaeili, AmirAli Jafarnezhadgero

Data collection: Ali Esmaeili

Formal analysis: Ali Esmaeili, AmirAli Jafarnezhadgero

Supervision: Ali Esmaeili, AmirAli Jafarnezhadgero

Project administration: Ali Esmaeili, AmirAli Jafarnezhadgero

Writing - original draft: Ali Esmaeili

Writing - review and editing: Ali Esmaeili, AmirAli Jafarnezhadgero

Citation: Esmaeili A, Jafarnezhadgero AA. The Effect of Foot Orthosis Fabrication Methods on Foot and Ankle Joint Kinematics in People with Flat Feet: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2025; 24 (9): 851-80. [Farsi]

1- PhD Candidate in Sports Biomechanics, Dept. of Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Associate Prof., Dept.of Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, ORCID: 0000-0002-2739-4340

(Corresponding Author) Tel: 09105146214, E-mail: amiralijafarnezhad@gmail.com

CCBY-NC.4.0 DEED