Iranian Journal of Rehabilitation Research in Nursing Original Article

Summer 2026, Volume 12, Issue 4

The Effect of Foot Orthoses on Injury Risk Factors in Runners: A Systematic Review

Mohsen Barghamadi[1*], Ladan Barzegarfar[2], Ebrahim Piri[3], Seyyede Maryam Anvari[3]

1- Associate Professor in Sport Biomechanics, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2- M.SC in Sport Biomechanics, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3- PhD in Sport Biomechanics, Department of Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

***Corresponding author:** Mohsen Barghamadi, Associate Professor in Sport Biomechanics, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
E-mail: barghamadi@uma.ac.ir

Received: 2026/06/8 Accepted: 2026/09/18

Abstract

Introduction: Running is one of the most popular forms of physical activity worldwide; however, its repetitive mechanical loading is associated with a substantial risk of lower-extremity musculoskeletal injury. This systematic review evaluated the current evidence regarding the effects of foot orthoses on injury risk factors in runners.

Methods: PubMed, Web of Science, Google Scholar, and PMC were searched for English- and Persian-language articles published from 2000 to June 2026. The initial search yielded 998 records. After removing duplicates and screening titles, abstracts, and full texts in three stages, 987 records were excluded, leaving 11 eligible studies for the final review.

Results: Among the reviewed studies, 72 percent examined the effects of custom orthoses, showing that their use can correct foot motion and reduce abnormal pressures. Also eighteen percent of the articles focused on specialized footwear and found that these shoes reduce fatigue and improve shock absorption. The remaining studies (10 percent) investigated combined interventions such as orthoses with anti-pronation taping or shoes with special soles, which resulted in greater foot stability and increased comfort while running. These results indicate that the use of orthoses and specialized footwear can make running safer and reduce the likelihood of injury for both the general population and professional runners.

Conclusion: The review of the conducted studies showed that custom orthoses and anti-pronation shoes effectively improve biomechanical parameters related to injury, reduce pain, and increase runners' comfort. At the same time, the use of combined interventions provides more sustained protective effects on foot stability and force distribution.

Keywords: Foot orthoses; Runners; Biomechanics; Running.

تابستان ۱۴۰۵، دوره ۱۲، شماره ٤

تاثیر ارتزهای طبی بر عوامل آسیب‌زا در دوندگان: یک مرور سیستماتیک

محسن برغمدی[1*]، لادن برزگرفر[2]، ابراهیم پیری[3]، مریم انواری[3]

۱- دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲- کارشناس ارشد بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳- دکتری بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

***نویسنده مسئول:** محسن برغمدی، دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
ایمیل: Barghamadi@uma.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۸/ ۳/۱۴۰۵ پذیرش مقاله: ۲۷/ ۶/۱۴۰۵

چکیده

مقدمه: دویدن یکی از رایج‌ترین فعالیت‌های ورزشی در سراسر جهان است که به دلیل ماهیت تکراری و نیروهای مکانیکی واردشده به اندام تحتانی، با شیوع بالای آسیب‌های اسکلتی – عضلانی همراه است. لذا هدف از مطالعه‌ی حاضر، بررسی تحقیقات انجام گرفته بر تاثیر ارتزهای طبی بر عوامل آسیب‌زا در دوندگان بود.

روش کار: مطالعه حاضر از نوع مروری نظام‌مند بود. جستجوی مقالات فارسی و لاتین منتشرشده طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ژوئن ۲۰۲۶ در پایگاه‌های PubMed، Web of Science، Google Scholar و PMC انجام گرفت. با استفاده از کلید واژه‌های مطالعه مورد نظر ۹۹۸ مقاله یافت شد. پس از حذف مقالات تکراری و غربالگری در سه مرحله (عنوان، چکیده و متن کامل)، مجموعاً ۹۸۷ مقاله به دلیل عدم انطباق با معیارهای ورود کنار گذاشته شد و در نهایت ۱۱ مقاله واجد شرایط برای تحلیل نهایی در ارتباط با بررسی تاثیر ارتزهای طبی بر عوامل آسیب‌زا در دوندگان انتخاب و بررسی شدند.

یافته ها: در بین مطالعات بررسی‌شده، ۷۲ درصد مقالات اثر ارتزهای سفارشی را بررسی کردند که نشان دادند استفاده از آن‌ها می‌تواند حرکت پا را اصلاح و فشارهای غیرطبیعی را کاهش دهد. همچنین ۱۸ درصد مقالات کفش‌های تخصصی را مطالعه کردند و مشخص شد این کفش‌ها خستگی را کاهش و جذب ضربه را بهبود می‌دهند. باقی مطالعات ۱۰ درصد مداخلات ترکیبی مانند ارتز همراه با نوار ضدپرونیشن یا کفش با زیره ویژه را بررسی کردند که باعث ثبات بیشتر پا و راحتی بیشتر هنگام دویدن می‌شوند. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از ارتزها و کفش‌های تخصصی می‌تواند دویدن را ایمن‌تر و با احتمال آسیب کمتر برای عموم مردم و دوندگان حرفه ای مبدل کند.

نتیجه‌گیری: بررسی مطالعات انجام‌شده نشان‌داد که ارتزهای سفارشی و کفش‌های ضدپرونیشن به طور مؤثر پارامترهای بیومکانیکی مرتبط با آسیب را بهبود می‌بخشند و باعث کاهش درد و افزایش راحتی دوندگان می‌شوند. در عین حال استفاده از مداخلات ترکیبی اثرات محافظتی پایدارتری بر ثبات پا و توزیع نیرو ارائه می‌دهد.

کلیدواژه ها: ارتزهای طبی پا، دوندگان، بیومکانیک، دویدن.

مقدمه

دویدن یکی از پرطرفدارترین فعالیت‌های بدنی است که با وجود فواید فیزیولوژیکی فراوان، با خطر بالای بروز آسیب‌های اسکلتی‌ـعضلانی به‌ویژه در اندام تحتانی همراه است. بررسی‌های اپیدمیولوژیک نشان داده‌اند که حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد از دوندگان در طول سال دچار نوعی آسیب ناشی از استفاده مکرر می‌شوند (۱). شایع‌ترین این آسیب‌ها شامل التهاب فاسیای کف پا، سندرم استرس تیبیایی، سندرم درد پاتلوفمورال و تاندینوپاتی آشیل هستند که اغلب با ناهنجاری‌های بیومکانیکی پا از جمله پرونیشن بیش از حد یا صافی کف پا ارتباط دارند (۲). یکی از رویکردهای مهم در پیشگیری و درمان این آسیب‌ها، استفاده از ارتزهای پا و کفش‌های اصلاحی است که با هدف اصلاح الگوهای حرکتی، توزیع نیرو و کاهش استرس‌های موضعی طراحی می‌شوند (۳). ارتزها با بهبود هم‌ترازی پا و کنترل حرکت‌های ناخواسته، می‌توانند موجب کاهش بارهای مکانیکی در مفاصل اندام تحتانی شوند (۴). به‌طور خاص، مطالعات متعددی نشان داده‌اند که ارتزهای با چگالی دوگانه یا دارای قوس پشتیبان قادر به کاهش نیروی عکس‌العمل زمین و فعالیت بیش از حد عضلات پرونیتور در هنگام دویدن هستند (۵). همچنین، نتایج یک مطالعه‌ی کارآزمایی دوسوکور متقاطع نشان داد که ارتزهای هیبریدی سفارشی می‌توانند اقتصاد دویدن، الگوی حرکتی و راحتی را در دوندگان بهبود دهند (۶).

در بررسی‌های بیومکانیکی، ارتزهای سفارشی نسبت به انواع پیش‌ساخته تأثیرات بارزتری بر کینماتیک پا و توزیع نیرو نشان داده‌اند (۷, ۸). علاوه بر این، استفاده از ارتزهای شخصی‌سازی‌شده در افراد دارای صافی کف پا یا قوس زیاد، موجب بهبود توزیع فشار کف پایی و کاهش بار بر مفصل مچ پا شده است (۹, ۱۰). نتایج مشابهی در مطالعه‌ی زنگ و همکاران نیز گزارش شد که نشان دادند استفاده از کفی‌های اصلاحی در افراد با پرونیشن علامت‌دار باعث اصلاح فوری حرکات سگمنت‌های پا در حین دویدن می‌شود (۱۱).

از منظر بالینی، ارتزها نه‌تنها بر متغیرهای بیومکانیکی بلکه بر شاخص‌های عملکردی و کاهش درد نیز مؤثرند. به‌عنوان مثال، رندروف و همکاران اثربخشی ارتز را در درمان فاسییت کف پایی نشان دادند (۱۲) و هیرچمولر و همکاران نیز گزارش کردند که ارتزهای ورزشی سفارشی موجب کاهش درد ناشی از آسیب‌های استفاده بیش از حد در دوندگان می‌شود (۱۳). نتایج مشابهی در مطالعات داخلی مانند رفیعی و همکاران و رمضانیان نیز دیده شده است که بهبود ثبات و عملکرد اندام تحتانی را گزارش کردند (۱۴, ۱۵).

علاوه بر ارتزها، کفش‌های ضدپرونیشن و با کفی‌های متفاوت نیز به‌عنوان روشی غیرتهاجمی برای کنترل بار مکانیکی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مطالعه‌ی مالیسوکس و همکاران نشان داد که کفش‌های کنترل حرکت می‌توانند نرخ آسیب‌های مرتبط با دویدن را به طور معنی‌داری کاهش دهند (۱۶)، در حالی که اسماعیلی و همکاران گزارش کردند که نوع کفش می‌تواند بر محتوای فرکانسی نیروهای واکنش زمین و ریسک شکستگی‌های استرسی تأثیرگذار باشد (۱۷).

در مجموع، با وجود شواهد متعدد مبنی بر اثرات مثبت ارتزها و کفش‌های اصلاحی، نتایج مطالعات موجود در برخی موارد ناهمسو بوده‌اند که می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع ارتز، جمعیت مورد مطالعه، روش اندازه‌گیری و مدت زمان مداخله باشد (۱۸–۲۰). در همین راستا، اخیراً پروتکل یک کارآزمایی بالینی برای بررسی اثربخشی کفی‌های اختصاصی چاپ سه‌بعدی در دوندگان منتشر شده است (۲۱). بنابراین، مطالعه حاضر با هدف مرور نظام‌مند و جمع‌بندی شواهد موجود درباره اثربخشی ارتزهای طبی و کفش‌های ضدپرونیشن بر متغیرهای بیومکانیکی، عملکردی و عوامل مرتبط با آسیب در دوندگان انجام شد. انتظار می‌رود نتایج این مطالعه بتواند ضمن روشن‌تر کردن میزان اثربخشی این مداخلات، به انتخاب مناسب‌تر راهکارهای پیشگیری و درمان آسیب‌های مرتبط با دویدن و نیز هدایت پژوهش‌های آینده در این حوزه کمک کند.

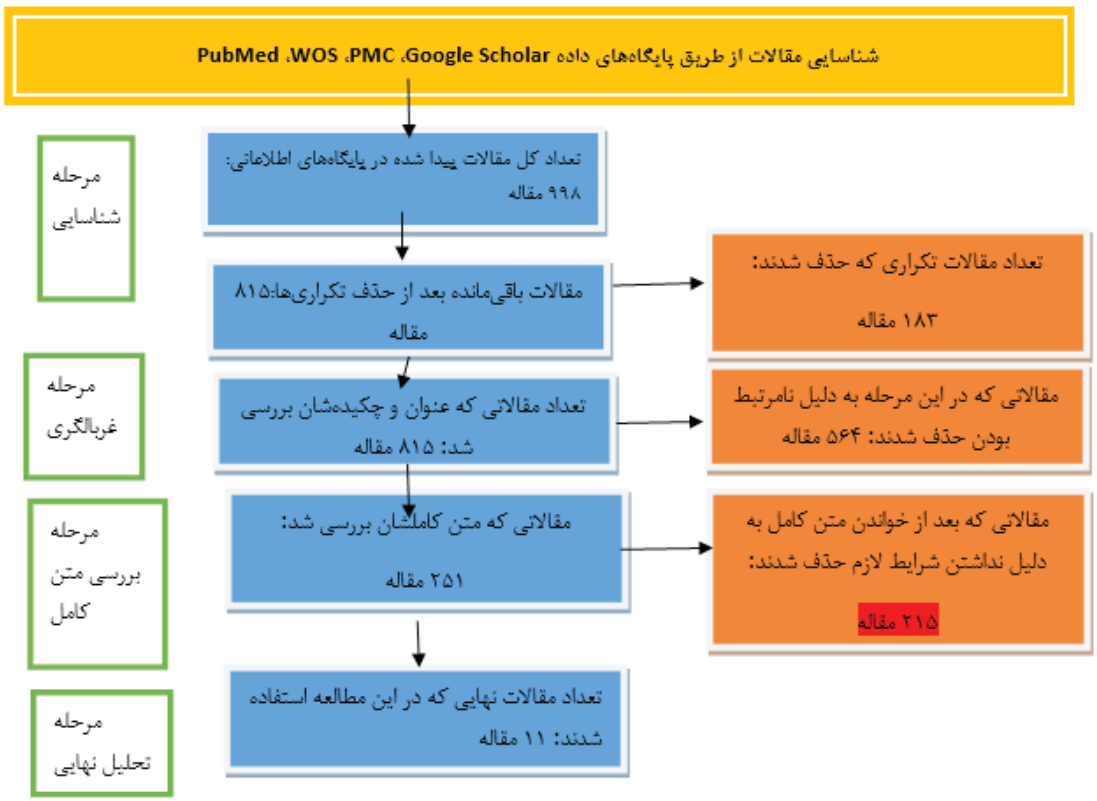
روش کار

مطالعه حاضر یک مرور نظام‌مند است که با هدف بررسی تأثیر ارتزهای طبی بر عوامل آسیب‌زا در دوندگان و بر اساس دستورالعمل‌های PRISMA انجام شد. جست‌وجوی مقالات فارسی و انگلیسی منتشر شده بین سال‌های آپریل ۲۰۰۰ تا ژوئن ۲۰۲۶ در پایگاه‌های PubMed، Web of Science، Google Scholar و PMC با استفاده از کلیدواژه‌های Foot orthoses; Running; Runners; Injuries; Biomechanics و معادل فارسی آن‌ها شامل ارتزهای طبی پا؛ دوندگان؛ عوامل آسیب‌زا و بیومکانیک دویدن انجام گرفت.

در جستوجوی اولیه، ۹۹۸ مقاله شناسایی شد. پس از حذف ۱۸۳ مقاله تکراری، تعداد ۸۱۵ مقاله برای غربالگری عنوان و چکیده وارد شدند. در این مرحله، به دلیل عدم ارتباط با موضوع، نبود بررسی ارتز یا کفش طبی، یا تمرکز نداشتن بر افراد دارای فعالیت بدنی یا سلامت حرکتی، ۵۶۴ مقاله حذف و ۲۵۱ مقاله وارد مرحله بررسی متن کامل شدند. در بررسی متن کامل، ۲۱۵ مقاله به دلیل نداشتن گروه مقایسه، استفادهنشدن از ارتز یا کفش طبی، یا انجام مطالعه بر روی جمعیت عمومی بدون مشارکت فعال در فعالیتهای بدنی یا حوزه سلامت حرکتی کنار گذاشته شدند و ۳۶ مقاله باقی ماند. در مرحله بعد، ارزیابی کیفیت مقالات با استفاده از چکلیست مکمستر انجام شد. ارزیابی کیفیت توسط دو نویسنده بهصورت مستقل انجام شد و در صورت بروز اختلاف، نظر نهایی با مشورت و تأیید نویسنده سوم تعیین شد. مقالات بر اساس امتیازدهی در پنج سطح طبقهبندی شدند: امتیاز ۱۵–۱۶ (عالی)، ۱۳–۱۴ (خوب)، ۱۱–۱۲ (نسبتاً خوب)، ۹–۱۰ (متوسط) و ۰–۸ (ضعیف). مقالاتی که امتیاز پایین داشتند یا از طراحی روششناسی کافی برخوردار نبودند، یعنی ۲۵ مقاله دیگر، حذف شدند.

معیارهای ورود به مطالعه شامل: ۱) مطالعات انجامشده بر روی دوندگان، ورزشکاران یا افراد دارای فعالیت بدنی منظم ۲) استفاده از انواع ارتزهای پا، کفیهای طبی یا کفشهای اصلاحی بهعنوان مداخله ۳) بررسی اثر مداخله بر شاخصهای بیومکانیکی، الگوهای حرکتی، توزیع فشار کف پا، متغیرهای سینماتیکی و سینتیکی یا عوامل خطر مرتبط با آسیبهای اسکلتیعضلانی ۴) برخورداری از گروه کنترل یا شرایط مقایسهای ۵) انتشار به زبان فارسی یا انگلیسی ۶) دسترسی به متن کامل مقاله بودند.

معیارهای خروج شامل: ۱) مطالعات انجامشده بر افراد کمتحرک، غیرفعال یا دارای محدودیتهای شدید حرکتی که با هدف مطالعه همخوانی نداشتند ۲) مطالعات متمرکز بر مداخلات جراحی، دارویی یا سایر مداخلات غیرمرتبط با ارتزهای طبی ۳) مقالات مروری، نامه به سردبیر، خلاصه مقالات همایشها، گزارشهای موردی و پایاننامهها ۴) مطالعات فاقد گروه کنترل ۵) مقالاتی که متن کامل آنها در دسترس نبود و ۶) مقالات منتشرشده به زبانی غیر از فارسی و انگلیسی که در نهایت ۱۱ مقاله برای تحلیل نهایی انتخاب شدند.



شکل ۱. جدول مربوط به نحوهی بررسی کیفیت مقالات

یافته ها

بـر اسـاس معیارهـای ورود جهـت آنالیـز نهایـی ۱۱ مقالـه انتخاب گردیدنـد. نتایـج حاصـل از بررسـی مقـالات بـه طـور خلاصـه در جـدول ۱ ارائـه شـده اسـت. از ۱۱ مقالـه‌ی بررسـی شـده، ۱۸ درصـد (۲ مقالـه) روی هـر دو جنسـیت (۱۶, ۲۲) و ۲۷ درصـد (۳ مقالـه) فقـط روی مـردان (۱۷, ۲۳, ۲۴) و ۲۷ درصـد (۳ مقالـه) فقـط روی زنـان (۱۵, ۱۸, ۲۵) و ۲۷٪ (۳ مقالـه) بـر جنسـیت نامشـخص (۱۳, ۱۹, ۲۰) تمرکـز داشـته‌اند.

جامعـه‌ی مـورد بررسـی در مقـالات عمدتـاً شـامل افـراد فعـال و دونـدگان بـوده اسـت. حجـم نمونه‌هـا بیـن ۱۲ تـا ۳۷۲ نفـر متغیر بـود و افـراد شـرکت‌کننده اغلـب جـوان، فعـال یـا مبتـدی بودنـد کـه ویژگی‌هـای بدنـی آنـان (قـد، وزن و سـن) بـه طـور میانگیـن در متـن مقـالات گـزارش شده‌اسـت. لازم بـه ذکـر اسـت کـه ۶۳ درصـد از مطالعـات (۷مقالـه) بـه بررسـی تأثیـر ارتزهـای طبی و کفش‌هـای ضدپرونیشـن بـر پارامترهـای بیومکانیکـی مرتبـط بـا آسـیب پرداختنـد (۱۷, ۱۸, ۲۰, ۲۲–۲۵) و ۳۶ درصـد (۴ مقالـه) (۱۳, ۱۵, ۱۶, ۱۹) اثـرات بالینـی شـامل درد، راحتـی و پیشـگیری از آسـیب را بررسـی کرده‌انـد. مطالعـات مـورد بررسـی متغیرهـای متنوعـی را شـامل می‌شـدند کـه می‌تـوان آن‌هـا را بـه دو دسـته کلـی پارامترهـای بیومکانیکـی و عملکـردی مرتبـط بـا آسـیب و پارامترهـای بالینـی و پیشـگیری از آسـیب تقسـیم نمـود.

پارامترهـای بیومکانیکـی و عملکـردی مرتبـط بـا آسـیب شـامل نیـروی عکس‌العمـل زمیـن (GRF)، مرکـز فشـار (COP)، زاویه و ممنـت مفاصـل مـچ، زانـو و لگن، تعـادل و کنتـرل حرکتـی بودند؛ ایـن مقـالات نشـان دادنـد کـه اسـتفاده از ارتزهـای سفارشـی و کفش‌هـای ضدپرونیشـن باعـث کاهـش نیـروی عکس‌العمـل زمیـن، کاهـش پرونیشـن مـچ پـا، بهبـود توزیـع فشـار کـف پـا و افزایـش ثبـات و تعـادل می‌شـود (۱۷, ۱۸, ۲۰, ۲۲–۲۵). بـه طـور مشـخص، برغمـدی و همـکاران کاهـش قابـل توجـه اوج نیـروی عکـس العمـل زمیـن و افزایـش زمـان رسـیدن بـه پیـک نیـرو را گـزارش کردنـد کـه منجـر بـه کاهـش آسـیب می‌شـود (۲۳) و رفیعـی و همـکاران نیـز اذعـان داشـتند کـه اسـتفاده از کفـی طبـی می‌توانـد سـرعت راه‌رفتـن را افزایـش دهـد. به‌نظـر می‌رسـد کفی‌هـا در فعالیت‌هـای تعادلـی بـا تقویـت عملکـرد گیرنده‌هـای عمقـی، نوسـانات پاسـچرال را کاهـش می‌دهنـد. (۲۴). همچنیـن، مک‌لیـن و دیکسـون و همکارانشـان نشـان دادنـد کـه ارتزهـا باعـث اصـلاح الگوهـای کینماتیـک انـدام تحتانـی و توزیـع مجـدد نیروهـای کـف پـا می‌شـوند (۱۸, ۲۰). در دونـدگان زن، جعفرنـژاد و همـکاران اثـر کفـش ضدپرونیشـن را در شـرایط خسـتگی و غیرخسـتگی مـورد بررسـی قـرار دادنـد و عملکـرد مثبـت تـوان مفاصـل انـدام تحتانـی و کنتـرل عقـب پـا را در بـا نتیجـه‌ی بهبـودی گـزارش کردنـد (۲۵). بررسـی ترکیبـی ارتـز و تیپینـگ ضدپرونیشـن توسـط عطاابـادی و همـکاران نیـز نشـان داد کـه ارتـز بـه همـراه تیپینـگ اثـر پایدارتـری در کنتـرل مرکـز فشـار و کاهـش پیـک نیـروی عکس‌العمـل زمیـن را دارد (۲۲). در عین‌حـال در مطالعـه‌ای از اسـلامی و همـکاران کـه بـه طـور تخصصـی جنـس ارتزهـا رو هـم بررسـی کـرده بـود، نشـان داد کـه اسـتفاده از کفـش بـا تخـت نانوسـیلیکا در مقایسـه بـا دویـدن بـا پـای برهنـه، پایـداری بیشـتری را در صفحـهٔ فرونتـال ایجـاد میکنـد؛ امـا اسـتفاده از کفـش دارای تخـت نانوسـیلیکا در مقایسـه بـا کفـش دارای تخـت پلـی وینیـل کلرایـد، برتـری ویـژه‌ای در متغیرهـای محتـوای فرکانسـی وابسـته بـه نیـروی عکس‌العمـل زمیـن نشـان نمی‌دهـد.

در مطالعـات مرتبـط بـا پارامترهـای بالینـی و پیشـگیری از آسـیب کـه شـامل شـدت درد، راحتـی، عملکـرد دویـدن و کاهـش نـرخ آسـیب‌های ناشـی از اسـتفاده بیـش از حـد بودنـد (۱۳, ۱۵, ۱۶, ۱۹)؛ نشـان دادنـد کـه ارتزهـا و کفش‌هـای تخصصـی باعـث کاهـش درد، افزایـش راحتـی، کاهـش نـرخ آسـیب‌های ناشـی از اسـتفاده بیـش از حـد و تسـریع بازگشـت بـه دویـدن می‌شـوند. بـه طـور مثـال، رمضانیـان و همـکاران کاهـش معنـی‌دار درد سـاق را در دونـدگان مبتـلا بـه شین‌اسـپلیت گـزارش کردنـد (۱۵) و مالیسـوکس و همـکاران نشـان دادنـد کـه اسـتفاده از کفـش موشـن کنتـرل باعـث کاهـش نـرخ آسـیب‌های اسـکلتی–عضلانـی می‌شـود (۱۶). همچنیـن، هیرچمولـر و همـکاران بهبـود سـریع‌تر در دونـدگان بـا آسـیب‌های اسـتفاده بیـش از حـد و کاهـش درد قابـل توجـه را مشـاهده کردنـد (۱۳) و فورچـون و همـکاران افزایـش راحتـی و کاهـش نسـبی نـرخ آسـیب را گـزارش نمودنـد، هرچنـد اثـر آمـاری محـدود بـود (۱۹).

بررسـی ۱۱ مقالـه‌ی انتخـاب شـده نشـان داد کـه ارتزهـای طبـی و کفش‌هـای ضدپرونیشـن تأثیـر قابـل توجهـی بـر پارامترهـای بیومکانیکـی و بالینـی مرتبـط بـا آسـیب در دونـدگان دارنـد. از ایـن منظـر بـر اسـاس نـوع مداخلـه، یافته‌هـا بـه سـه دسـته ارتزهـای سفارشـی، کفش‌هـای ضـد پرونیشـن، کفش‌هـای موشـن کنتـرل و ارتزهـای ترکیبـی تقسـیم می‌شـوند.

در دسـته‌ی ارتزهـای سفارشـی ۸ مقالـه مـورد بررسـی قـرار گرفتنـد (۱۳, ۱۵, ۱۷–۲۰, ۲۳, ۲۴). نتایـج نشـان دادنـد کـه ارتزهـای سفارشـی باعـث کاهـش نیـروی عکس‌العمـل زمیـن، کاهـش پرونیشـن، اصـلاح الگوهـای کینماتیـک انـدام تحتانـی و

افزایش تعادل و ثبات می‌شوند. به طور مثال، برغمدی و همکاران کاهش قابل توجه اوج نیروی عکس العمل زمین و افزایش زمان رسیدن به پیک نیرو را گزارش کردند (۲۳) و رفیعی و همکاران بهبود عملکرد حرکتی و تعادل را در نوجوانان با کف پای صاف مشاهده کردند (۲۴). همچنین، مک‌لین و همکاران اصلاح الگوهای حرکتی و کاهش پرونیشن بیش از حد را نشان دادند (۱۸). از نظر بالینی، رمضانیان و همکاران کاهش درد ساق را در دوندگان مبتلا به شین اسپلیت گزارش کردند (۱۵). دیکسون و همکاران اصلاح کینماتیک و توزیع نیروهای کف پا را مشاهده کردند (۲۰). از نظر بالینی، فورچون و همکاران افزایش راحتی و کاهش نسبی نرخ آسیب را گزارش کردند، هرچند اثر آماری محدود بود (۱۹). در آخر اسلامی و هیرچمولر اثر بخشی قابل توجه ارتزهای پلی یورتان و استقبال از این نوع کفی در کفش‌ها را گزارش نمودند. دو مطالعه اثر کفش‌های تخصصی ضدپرونیشن و موشن کنترل را بررسی کردند (۱۶, ۲۵). یافته‌ها نشان دادند که این کفش‌ها باعث کنترل پرونیشن بیش از حد، کاهش اجزای فرکانس بالا در نیروی عکس العمل زمین و بهبود جذب ضربه می‌شوند. جعفرنژاد و همکاران کاهش زاویه پرونیشن مچ پا حتی در شرایط خستگی را گزارش کردند (۲۵) .مالیسوکس و همکاران نشان دادند که استفاده از کفش موشن کنترل باعث کاهش نرخ آسیب‌های اسکلتی-عضلانی شد (۱۶).

یک مطالعه اثر مداخلات ترکیبی را همراه با ارتز بررسی کردند (۲۲). نتایج نشان داد که ترکیب ارتز با نوار ضدپرونیشن باعث کاهش جابه‌جایی مرکز فشار، کاهش پیک نیروی عکس العمل زمین و بهبود ثبات حرکتی می‌شود. در این گروه، عطاآبادی و همکاران گزارش کردند که اثر ارتز پایدارترو قوی‌تر از نوار ضد پرونیشن بود (۲۲). در مجموع، شواهد حاصل از این مقالات نشان می‌دهد که ارتزهای طبی و کفش‌های ضدپرونیشن علاوه بر بهبود پارامترهای بیومکانیکی، می‌توانند اثرات بالینی قابل توجهی نیز در کاهش عوامل آسیب‌زا و پیشگیری از آسیب‌های اندام تحتانی داشته باشند.

جدول۱. بررسی تاثیر ارتزهای طبی بر عوامل آسیب‌زا در دوندگان

نویسنده/سال	جامعه آماری	مداخله	تجهیزات مورد استفاده	متغیر مورد بررسی	نتایج
برغمدی و همکاران ۲۰۲۳ (۲۳)	۲۰ بازیکن مرد هندبالیست که ۱۰ نفر دارای پای پرونیت بودند.	کفی طبی با حمایت قوس طولی	کفی طبی با حمایت قوس طولی، صفحه نیرو	اثر کفی طبی با حمایت قوس طولی برمقادیر اوج نیروهای عکس‌العمل زمین و زمان رسیدن به اوج نیروهای عکس‌العمل در هنگام پرش و فرود تکنیک شوت سه گام در هندبالیست‌های دارای پای پرونیت بررسی شد.	استفاده از این نوع کفی می‌تواند منجر به کاهش نیروهای عکس‌العمل زمین و افزایش زمان رسیدن به اوج مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین در هنگام فرود و افزایش نیروها و زمان رسیدن به اوج هنگام پرش درهندبالیست‌های دارای پای پرونیت شود که می‌تواند باعث کاهش آسیب و عملکرد بهتر شود.
عطاآبادی و همکاران ۲۰۲۴ (۲۲)	۲۰ نفر با کف پای صاف منعطف (هردو جنس)	ارتز کف پا، تیپینگ ال‌دی	ارتز کف پا، کفش‌ورزشی، سیستم صفحه نیرو Kis-tler، ۸ عدد دوربین، مارکر رفلکسی، تیپینگ ال‌دی، کلاسترهای ۴ مارکری	مرکز فشار، نیروی عکس‌العمل زمین در جهات عمودی و افقی	تیپینگ ال‌دی در انتقال نیروهای تولیدشده توسط عضلات اندام تحتانی به زمین مؤثرتر از کفی طبی می‌باشد. همچنین اثر کفی طبی باعث کاهش کارایی انتقال نیروی قدامی شد؛ استفاده از کفش کفی طبی و تیپینگ ال‌دی موجب تغییر جابه‌جایی مرکز فشار در انتهای فاز ایستا گردید، اما این تغییرات با افزایش خطر آسیب‌های ناشی از دویدن همراه نبود.

رفیعی و همکاران ۲۰۲۱ (۲۴)	۱۲ نوجوان پسر با کف پای صاف ساختاری	کفی طبی سفارشی	کفی طبی سفارشی،کرنومتر، قدسنج، ترازو، خط‌کش، مت ژیمناستیک، دستگاه تعادل‌سنج ایستا، ۲ قطعه چوب، نوارهای هدایت مسیر ۱۵*۶ سانتی‌متری	عوامل حرکتی و فیزیکی، عملکرد اندام تحتانی و پایداری در نوجوانان مذکر با کف پای صاف	استفاده از کفی طبی می‌تواند سرعت راه‌رفتن را افزایش دهد. به‌نظر می‌رسد کفی‌ها در فعالیت‌های تعادلی با تقویت عملکرد گیرنده‌های عمقی، نوسانات پاسچرال را کاهش می‌دهند.
رمضانیان و همکاران ۲۰۲۰ (۱۵)	۵۰ زن مبتلا به شین‌اسپلیت	ارتزهای حمایت‌کننده قوس کف‌پا	شدت درد (VAS) در طول دوره‌ی دویدن، مقیاس های میزان تغییر گلوبال جهت ارزیابی نتیجه	شدت درد دوندگان شین‌اسپلیت	نتایج مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از ارتز حمایت‌کننده قوس کف پایی همراه با درمان چندمولفه‌ای باعث میشود که شدت درد، شدت آسیب و محدودیت فیزیکی سریع تر کاهش پیدا کند و بیماران مبتلا به شین اسپلینت اثر درمانی درک‌شده بهتری را گزارش کنند.
جعفرنژاد و همکاران ۲۰۱۹ (۲۵)	۲۶ دونده زن مبتلا به پرونیشن مچ‌پا	کفش‌ضد پرونیشن، کفش‌نرمال(خنثی)	کفش ضد پرونیشن، کفش‌نرمال(خنثی)، سیستم Motion Capture ، صفحه نیرو، مارکرهای رفلکسی، تردمیل	کینماتیک و کینتیک مفاصل مچ، زانو و لگن	کفش ضد پرنیشن می‌تواند عملکرد مفاصل اندام تحتانی و کنترل عقب پا را در شرایط خسته و غیرخسته بهبود دهد و همچنین توان مثبت مفصلی را ایجاد کرد.
اسلامی و همکاران ۲۰۱۵ (۱۷)	۱۵ مرد فعال	دو نوع کفش با زیره متفاوت نانوسیلیکا و پی‌وی‌سی	دو نوع کفش با زیره متفاوت نانوسیلیکا و پی‌وی‌سی، صفحه نیرو	مؤلفه‌های فرکانسی نیروی عکس‌العمل زمین	استفاده از کفش با تخت نانوسیلیکا در مقایسه با دویدن با پای برهنه، پایداری بیشتری در صفحهٔ فرونتال ایجاد می کند؛ اما استفاده از کفش دارای تخت نانوسیلیکا در مقایسه با کفش دارای تخت پلی وینیل کلراید، برتری ویژه‌ای در متغیرهای محتوای فرکانسی وابسته به نیروی عکس‌العمل زمین نشان نداد.
مالیسوکس و همکاران ۲۰۱۶ (۱۶)	۳۷۲ دونده تفریحی (هر دو جنس)	دو مدل کفش استاندارد و موشن کنترل	دو مدل کفش استاندارد و موشن کنترل،دیورومتر سختی میدسول، شاخص سنجش وضعیت پا، مقیاس Borg CR-۱۰ برای شدت تمرین	نرخ بروز آسیب‌های اسکلتی‌عضلانی	خطر کلی آسیب در شرکت کنندگان استفاده‌کننده از کفشهای کنترل حرکت کمتر بود.
فورچون و همکاران ۲۰۲۲ (۱۹)	۴۷دونده تفریحی (جنسیت نامشخص)	کفی‌های آماده Aetrex Lv۰۰ Speed Orthotics برای گروه مداخله‌ای، کفش‌های معمولی دویدن شرکت‌کنندگان (گروه کنترل)	کفی‌های آماده Ae-trex Lv۰۰ Speed Orthotics برای گروه مداخله‌ای، کفش‌های معمولی دویدن شرکت‌کنندگان (گروه کنترل)، مقیاس دیداری VAS	نرخ اسیب، راحتی و سرعت	ارتز موجب افزایش احساس راحتی و سرعت دویدن شد. ارتز ممکن است در بلندمدت به کاهش آسیب کمک کند ولی شواهد اولیه محدود است.

دیکسون و همکاران ۲۰۰۸ (۲۰)	۲۲ دونده با آسیب اندام تحتانی بدون جراحی (نامشخص)	کفش سفارشی طراحی‌شده بر اساس داده‌های فشار کف پا	کفش سفارشی طراحی‌شده بر اساس داده‌های فشار کف پا، صفحه نیرو، آنالیز حرکتی، ابزارهای ثبت حرکت و اندازه‌گیری زاویه پا و ساق	کینماتیک اندام تحتانی و فشار کف پا	کاهش فشار در نواحی میانی کف پا و تغییر در زاویه‌ی پرونیشن در فاز برخورد. ارتزها موجب توزیع مجدد نیروها و کاهش فشارهای متمرکز می‌شوند که می‌تواند در پیشگیری از آسیب مؤثر باشد.
مک‌لین و همکاران ۲۰۰۶ (۱۸)	۱۵دونده زن	کفی‌های سفارشی	کفی‌های سفارشی، سیستم تحلیل حرکتی سه بعدی، نیروسنج	دینامیک اندام‌تحتانی و زاویه مفاصل	تغییر در زاویه‌های مچ و زانو و بهبود کنترل پرونیشن در فاز برخورد. ارتز می‌تواند در اصلاح الگوهای بیومکانیکی مرتبط با آسیب مفید باشد.
هیرچمولر و همکاران ۲۰۱۱ (۱۳)	۱۵۹ دونده با آسیب‌های ناشی از استفاده بیش از حد از اندام (نامشخص)	ارتز ورزشی سفارشی پلی یورتان	ارتز ورزشی سفارشی پلی یورتان، مقیاس‌های VAS، ناتوانی، ICI	اثربخشی بالینی بر کاهش درد و بازگشت به دویدن	ارتزهای کفش دویدن سفارشی از فوم پلی‌یورتان یک روش درمانی مؤثر و راحت برای آسیب‌های مزمن ناشی از دویدن هستند و توسط دونده‌های آسیب‌دیده با استقبال خوبی همراه بود.

بحث

هدف از این پژوهش، مرور نظام‌مند و جمع‌بندی شواهد موجود درباره اثربخشی ارتزهای طبی و کفش‌های ضدپرونیشن بر متغیرهای بیومکانیکی، عملکردی و عوامل مرتبط با آسیب در دوندگان بود. آسیب‌های ناشی از دویدن از شایع‌ترین مشکلات اسکلتی-عضلانی در ورزشکاران است و عوامل بیومکانیکی متعددی از جمله پرونیشن بیش از حد پا، افزایش نرخ بارگذاری، توزیع نامناسب فشار کف پا، کاهش ثبات عملکردی و تغییر الگوهای حرکتی اندام تحتانی در بروز آن‌ها نقش دارند. ارتزهای طبی و کفش‌های تخصصی از مهم‌ترین مداخلات مورد استفاده برای اصلاح این عوامل محسوب می‌شوند. نتایج مطالعات بررسی‌شده در این مرور نشان داد که این مداخلات می‌توانند از طریق اصلاح بیومکانیک پا و اندام تحتانی، کاهش نیروهای آسیب‌زا و بهبود عملکرد عصبی-عضلانی، خطر بروز آسیب‌های مرتبط با دویدن را کاهش دهند. یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های اثرگذاری ارتزها، کنترل پرونیشن و اصلاح کینماتیک اندام تحتانی است. پرونیشن بیش از حد موجب افزایش اورژن پاشنه، چرخش داخلی درشت‌نی و ران و در نهایت تغییر راستای حرکتی مفاصل زانو و لگن می‌شود. این تغییرات می‌توانند تنش وارده بر مفصل پاتلوفمورال، نوار ایلیوتیبیال، عضلات ساق و فاشیای پلانتار را افزایش دهند. در این راستا، مک‌لین و همکاران (۱۸) نشان دادند که استفاده از ارتزهای سفارشی موجب تغییر معنی‌دار در زوایای مفاصل مچ و زانو و بهبود کنترل پرونیشن در فاز برخورد می‌شود. همچنین دیکسون و همکاران (۲۰) گزارش کردند که کفش‌های سفارشی طراحی‌شده بر اساس داده‌های فشار کف پا باعث تغییر زاویه پرونیشن و اصلاح الگوهای حرکتی اندام تحتانی می‌شوند. نتایج این دو مطالعه نشان می‌دهد که ارتزها با اصلاح وضعیت پا در لحظه تماس اولیه با زمین، زنجیره حرکتی اندام تحتانی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و از انتقال الگوهای حرکتی نامطلوب به مفاصل پروگزیمال جلوگیری می‌کنند. در همین راستا، جعفرنژاد و همکاران (۲۵) نشان دادند که کفش‌های ضدپرونیشن حتی در شرایط خستگی نیز قادر به کاهش اورژن پاشنه و بهبود عملکرد مفاصل مچ، زانو و لگن هستند. اهمیت این یافته در آن است که بسیاری از آسیب‌های دویدن در شرایط خستگی رخ می‌دهند؛ شرایطی که کنترل عصبی-عضلانی کاهش یافته و احتمال بروز حرکات جبرانی افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، مالیسوکس و همکاران (۱۶) در مطالعه‌ای با حجم نمونه بالا نشان دادند که استفاده از کفش‌های موشن کنترل با کاهش خطر کلی آسیب‌های اسکلتی-عضلانی همراه است. بنابراین مجموعه این مطالعات نشان می‌دهد که کنترل پرونیشن و بهبود راستای حرکتی اندام تحتانی احتمالا یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های محافظتی ارتزها و کفش‌های تخصصی است.

دسته دوم مطالعات بر نقش ارتزها در کاهش بارهای

مکانیکی و بهبود توزیع نیروهای وارد بر اندام تحتانی تأکید دارند. برغمدی و همکاران (۲۳) گزارش کردند که کفی‌های حمایت‌کننده قوس طولی موجب کاهش اوج نیروهای عکس‌العمل زمین و افزایش زمان رسیدن به اوج نیرو در هنگام فرود می‌شوند. از دیدگاه بیومکانیکی، افزایش زمان رسیدن به پیک نیرو باعث کاهش نرخ بارگذاری می‌شود. کاهش نرخ بارگذاری اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا مطالعات متعدد آن را یکی از عوامل خطر اصلی در بروز آسیب‌هایی نظیر شکستگی‌های استرسی، شین‌اسپلینت و درد پاتلوفمورال معرفی کرده‌اند. در همین زمینه، دیکسون و همکاران (۲۰) نشان دادند که ارتزها موجب کاهش فشارهای متمرکز در نواحی میانی کف پا و بازتوزیع بهتر نیروها می‌شوند. این نتایج نشان می‌دهد که ارتزها از طریق افزایش سطح تماس کف پا و توزیع یکنواخت‌تر فشار، از تمرکز تنش در نواحی خاص جلوگیری می‌کنند. عطاآبادی و همکاران (۲۲) نیز نشان دادند که استفاده از ارتز و تیپینگ ال‌دی موجب تغییر مسیر جابه‌جایی مرکز فشار در مراحل انتهایی فاز اتکا می‌شود. اگرچه در این مطالعه تیپینگ در انتقال نیروی پیشران مؤثرتر از ارتز گزارش شد، اما هیچ‌یک از این تغییرات با افزایش خطر آسیب همراه نبود. این یافته نشان می‌دهد که مداخلات مختلف ممکن است از مسیرهای متفاوتی بر بیومکانیک دویدن اثر بگذارند؛ به‌طوری‌که ارتزها بیشتر نقش حمایتی و کنترلی دارند، در حالی که تیپینگ می‌تواند در برخی شرایط انتقال نیرو را تسهیل کند.

مطالعه اسلامی و همکاران (۱۷) تصویر دیگری از اثرات بیومکانیکی کفش‌های تخصصی را نشان داد. نتایج این پژوهش بیانگر آن بود که کفش‌های دارای زیره نانوسیلیکا در مقایسه با دویدن با پای برهنه موجب افزایش پایداری در صفحه فرونتال می‌شوند. احتمالا این اثر ناشی از ویژگی‌های جذب ضربه و میرایی ارتعاشات در مواد به‌کاررفته در زیره کفش است. کاهش ارتعاشات ناشی از برخورد پا با زمین می‌تواند از انتقال نیروهای ضربه‌ای به مفاصل و بافت‌های نرم جلوگیری کند. با این حال، عدم مشاهده تفاوت قابل توجه میان زیره نانوسیلیکا و پلی‌وینیل کلراید نشان می‌دهد که ویژگی‌های مواد به‌تنهایی تعیین‌کننده نیستند و طراحی کلی کفش نیز در عملکرد آن نقش دارد. علاوه بر اثرات مکانیکی، برخی مطالعات به نقش ارتزها در بهبود عملکرد عصبی-عضلانی و ثبات عملکردی اشاره کرده‌اند. رفیعی و همکاران (۲۴) گزارش کردند که استفاده از کفی طبی سفارشی موجب بهبود تعادل و عملکرد اندام تحتانی در نوجوانان دارای کف پای صاف می‌شود. پژوهشگران بیان کردند که افزایش تماس کف پا با سطح ارتز و تحریک بیشتر گیرنده‌های حسی کف پا می‌تواند بازخورد حسی را بهبود بخشد و در نتیجه کنترل پاسچرال را ارتقا دهد. کاهش نوسانات پاسچرال مشاهده‌شده در این مطالعه نیز از همین مکانیسم حمایت می‌کند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که ارتزها صرفاً ابزارهای مکانیکی نیستند و می‌توانند از طریق بهبود عملکرد سیستم حسی-حرکتی نیز بر عملکرد ورزشکاران اثرگذار باشند. در کنار تغییرات بیومکانیکی، مهم‌ترین معیار موفقیت مداخلات اصلاحی، کاهش درد و آسیب است. در این زمینه، رمضانیان و همکاران (۱۵) نشان دادند که استفاده از ارتزهای حمایت‌کننده قوس همراه با درمان چندمولفه‌ای موجب کاهش سریع‌تر درد، شدت آسیب و محدودیت عملکردی در زنان مبتلا به شین‌اسپلینت می‌شود. این نتایج احتمالا ناشی از کاهش تنش‌های تکراری وارد بر ساختارهای داخلی ساق و اصلاح الگوی توزیع فشار کف پا است. همچنین هیرچمولر و همکاران (۱۳) گزارش کردند که ارتزهای سفارشی پلی‌یورتان موجب کاهش درد و تسهیل بازگشت به دویدن در دوندگان مبتلا به آسیب‌های مزمن ناشی از استفاده بیش از حد می‌شوند. از سوی دیگر، فورچون و همکاران (۱۹) افزایش راحتی و سرعت دویدن را در استفاده‌کنندگان از ارتز گزارش کردند، اگرچه کاهش نرخ آسیب از نظر آماری معنی‌دار نبود. تفاوت نتایج این مطالعه با مطالعات رمضانیان و هیرچمولر ممکن است به تفاوت در نوع ارتز، مدت زمان پیگیری، ویژگی‌های آزمودنی‌ها و حجم نمونه مربوط باشد. با این حال، نتایج هر سه مطالعه نشان می‌دهد که ارتزها می‌توانند حداقل از نظر احساس راحتی، کاهش درد و بهبود عملکرد نقش مثبتی داشته باشند.

در مجموع، شواهد موجود نشان می‌دهد که ارتزهای سفارشی و کفش‌های تخصصی از طریق سه مکانیسم اصلی شامل کنترل پرونیشن و اصلاح کینماتیک اندام تحتانی، کاهش بارهای مکانیکی و بهبود توزیع فشار کف پا، و ارتقای عملکرد عصبی-عضلانی و ثبات عملکردی عمل می‌کنند. اگرچه شدت اثرات گزارش‌شده در مطالعات مختلف متفاوت است، اما تقریبا تمامی پژوهش‌ها بر وجود نوعی تأثیر مثبت بیومکانیکی یا بالینی تأکید داشته‌اند. به

نظر می‌رسد ارتزهای سفارشی بیشترین تأثیر را در اصلاح الگوهای حرکتی و کاهش فشارهای موضعی دارند، در حالی که کفش‌های ضدپرونیشن و موشن کنترل بیشتر در کنترل حرکات اضافی پا و کاهش خطر آسیب مؤثر هستند.

محدودیت‌های مطالعات بررسی‌شده باید در تفسیر نتایج مورد توجه قرار گیرد. نخست، ناهمگنی قابل توجهی در ویژگی‌های شرکت‌کنندگان وجود داشت؛ به‌طوری‌که برخی مطالعات روی دوندگان حرفه‌ای، برخی روی دوندگان تفریحی و برخی دیگر روی افراد دارای ناهنجاری‌هایی نظیر کف پای صاف یا پرونیشن بیش از حد انجام شده بودند. دوم، نوع مداخله در مطالعات متفاوت بود و شامل ارتزهای سفارشی، ارتزهای آماده، کفش‌های ضدپرونیشن، کفش‌های موشن کنترل و تیپینگ می‌شد که مقایسه مستقیم نتایج را دشوار می‌کند. سوم، متغیرهای ارزیابی‌شده در مطالعات یکسان نبودند و از شاخص‌های کینماتیکی و کینتیکی تا درد، راحتی، تعادل و نرخ آسیب را شامل می‌شدند. چهارم، بسیاری از مطالعات دارای حجم نمونه محدود بودند و توان آماری کافی برای تعمیم نتایج به همه دوندگان را نداشتند. پنجم، بیشتر پژوهش‌ها اثرات کوتاه‌مدت مداخلات را بررسی کرده‌اند و اطلاعات محدودی درباره سازگاری‌های بلندمدت بیومکانیکی، تغییرات ساختاری بافت‌ها و پایداری اثرات درمانی در دسترس است. همچنین عواملی مانند نوع سطح دویدن، شدت و حجم تمرین، خستگی، ویژگی‌های آنتروپومتریکی و سابقه آسیب در بسیاری از مطالعات به‌طور کامل کنترل نشده بود. بنابراین انجام مطالعات همتراز با نمونه‌های بزرگ‌تر و استفاده از پروتکل‌های استاندارد ارزیابی برای دستیابی به شواهد قوی‌تر ضروری به نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که ارتزهای سفارشی و کفش‌های ضدپرونیشن می‌توانند به طور مؤثر پارامترهای بیومکانیکی مرتبط با آسیب را بهبود می‌بخشند و باعث کاهش درد و افزایش راحتی در حین دویدن می‌شوند. اثر ارتزهای سفارشی بیشترین پایداری و تأثیر را داشت در حالی که کفش‌های ضدپرونیشن بیشتر در کنترل پرونیشن مؤثر بودند. همچنین، اگرچه مطالعات محدودی حاکی از آن هستند که استفاده از مداخلات ترکیبی ممکن است اثرات مطلوبی بر ثبات پا و توزیع نیرو داشته باشد. با توجه به تعداد کم این مطالعات، برای نتیجه‌گیری قطعی درباره برتری این مداخلات، انجام پژوهش‌های بیشتری ضروری است.

سپاسگزاری

از تمامی پژوهشگران در این حوزه کمال تشکر و قدردانی را داریم.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله از نوع مروری است و از اصول اخلاقی پژوهش پیروی شده است.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

Refrences

1. Kakouris N, Yener N, Fong DT. A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners. Journal of sport and health science. 2021;10(5):513-522. DOI: 10.1016/j.jshs.2021.04.001
2. Stefanyshyn DJ, Hettinga BA. Running injuries and orthotics. International SportMed Journal. 2006;7(2):109-119.
3. Bonanno DR, Landorf KB, Munteanu SE, Murley GS, Menz HB. Effectiveness of foot orthoses and shock-absorbing insoles for the prevention of injury: a systematic review and meta-analysis. British journal of sports medicine. 2017;51(286-:(.96 DOI: 10.1136/bjsports-2016-06671
4. Kelly JL, Valier AR. The use of orthotic insoles to prevent lower limb overuse injuries: a critically appraised topic. Journal of Sport Rehabilitation. 2018;27(6):591-595. DOI: 10.1123/jsr.2016-0142
5. Piri E, Sobhani V, Jafarnezhadgero A, Arabzadeh E, Shamsoddini A ,Zago M, et al. Effect of double-density foot orthoses on ground reaction forces and lower limb muscle activities during running in adults with and without pronated feet. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2025;17(1):54. DOI: 10.1186/s13102-025-01095-5
6. Van Alsenoy K, van der Linden ML, Girard O, Ryu JH, Al Raisi L, Santos D. Effects of hybrid custom foot orthoses on running economy, running mechanics and comfort: A double-blinded randomized crossover study. Gait & Posture. 2025;118:45-50. DOI:10.1016/j.gaitpost.2025.01.030
7. Jor A, Lau NW, Daryabor A, Koh MW, Lam W-K, Hobara H, et al. Effects of foot

orthoses on running kinetics and kinematics: A systematic review and meta-analysis. Gait & Posture. 2024;109:240-258. DOI:10.1016/j.gaitpost.2024.02.003
8. 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):143-153. DOI:10.1016/j.foot.2007.02.004
9. Ma M, Song Q, Liu H. The effect of personalized orthopedic insoles on plantar pressure during running in subtle cavus foot. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2024;12:1343001. DOI:10.3389/fbioe.2024.1343001
10. Seo KC, Park KY. The effects of foot orthosis on the gait ability of college students in their 20s with flat feet. Journal of Physical Therapy Science. 2014;26(10):1567-1569. DOI: 10.1589/jpts.26.1567
11. Zhang X, Vanwanseele B. Immediate effects of forefoot wedges on multi-segment foot kinematics during jogging in recreational runners with a symptomatic pronated foot. Frontiers in Physiology. 2023;13:1064240. DOI: 10.3389/fphys.2022.1064240
12. Landorf KB, Keenan A-M, Herbert RD. Effectiveness of foot orthoses to treat plantar fasciitis: a randomized trial. Archives of internal medicine. 2006;166(12):1305-1310. DOI: 10.1001/archinte.166.12.1305
13. Hirschmüller A, Baur H, Müller S, Helwig P, Dickhuth H-H, Mayer F. Clinical effectiveness of customised sport shoe orthoses for overuse injuries in runners: a randomised controlled study. British Journal of Sports Medicine. 2011;45(12):959-965.DOI:10.1136/bjsm.2008.055830
14. Rafiee S, Ghayour Najafabadi M, Sheikhi A, Sobhrakhshan Khah A. Comparing the effect of wearing insoles on some motor-physical factors, lower extremity performance and stability in male adolescents with structural flat foot. Sport Sciences and Health Research. 2021;13(2):209-216. https://doi.org/10.22059/sshr.2021.83242.
15. Ramezanian F, Bagheri S, Naderi A. Effect of Arch Support Foot Orthosis on Pain Severity in Recreational Runners with Shin Splint during Running. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2020;9(4):235-245. DOI: 10.22037/JRM.2020.113394.2359
16. Malisoux L, Chambon N, Delattre N, Gueguen N, Urhausen A, Theisen D. Injury risk in runners using standard or motion control shoes: a randomised controlled trial with participant and assessor blinding. British Journal of Sports Medicine. 2016;50(8):481-487. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095031
17. Eslami M, Khezri D, Hoseinnezhad M. The Effect of Two different Types of Shoes out Soles on the Frequency Content of the Ground Reaction Force Components. Studies in Sport Medicine. 2015;6(16.33-44:(
18. MacLean C, Davis IM, Hamill J. Influence of a custom foot orthotic intervention on lower extremity dynamics in healthy runners. Clinical biomechanics. 2006;21(6):623-630. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2006.01.005
19. Fortune AE, Sims JM, Rhodes SJ, Ampat G. Does orthotics use improve comfort, speed and injury rate during running? Preliminary analysis of a randomised control trial. World Journal of Orthopedics. 2022;13(7):652. DOI:10.5312/wjo.v13.i7.652
20. Dixon SJ, McNally K. Influence of orthotic devices prescribed using pressure data on lower extremity kinematics and pressures beneath the shoe during running. Clinical Biomechanics. 2008;23(5):593-600.DOI:10.1016/j.clinbiomech.2008.01.015
21. Ibrahim S, Djurtoft C, Mellor R, Thorborg K, Lysdal FG. The effectiveness of customised 3D-printed insoles on perceived pain, comfort, and completion time among frequent Park Runners: Study protocol for a pragmatic randomised controlled trial (The ZOLES RCT). The Foot. 2024;58:102068. DOI: 10.1016/j.foot.2024.102068
22. Aghaie Ataabadi P, Abbasi A, Letafatkar A. Short-Term Effects of Foot Orthoses and Antipronation Taping on the Center of Pressure and Ground Reaction Forces of People With Flat Feet During Running. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2024;13(2):274-289. DOI:10.32598/SJRM.13.2.2893
23. Barghamadi M, Shokrzadehsarebanlar M, Nosratihashi A, Piri E, Imani F. Effects of Arch Support Insole on Vertical GRF Variables and Time to Peak Among Handball Players with Pronated Foot During Jump and Landing Three-Step Shot Technique. Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation. 2023;12(1):53-62. DOI: 10.22038/JPSR.2023.68575.2439
24. Rafiei MS, GHAYOUR NM, Sheikhi A, Sobhrakhshan KA. Comparing the effect of wearing insoles on some motor-physical factors, lower extremity performance and stability in male adolescents with structural flat foot. 2021. DOI:10.22059/sshr.2021.83241.
25. Jafarnezhadgero A, Alavi-Mehr SM, Granacher U. Effects of anti-pronation shoes on lower limb kinematics and kinetics in female runners with pronated feet: The role of physical fatigue. PloS one. 2019;14(5):e0216818. DOI: 10.1371/journal.pone.0216818