دانشکده علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تربت جام
*مجله تحقیق و توسعه سلامت*
دوره ۳ ، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴

# تأثیر کفی‌های طبی بر مصرف انرژی در دوندگان نظامی دارای صافی کف پا

نورالدین نیکنام(PhD)[۱]،منصور صاحب الزمانی(PhD)[۲]،علی کارگر(MD)[۳]،رضا خزایی(PhD)*[۴]

**مقاله پژوهشی**

**چکیده**

**سابقه و هدف**: در دوندگان دارای صافی کف پا، عدم تعادل بیومکانیکی به دلیل افزایش نیروهای وارده به بدن آشکارتر می‌شود که این امر منجر به افزایش مصرف انرژی در آن‌ها خواهد شد. بنابراین، هدف این مطالعه با هدف تعیین تأثیر کفی‌های طبی بر مصرف انرژی در دوندگان نظامی دارای صافی کف پا انجام شد.

**مواد و روش‌ها**: در این مطالعه، از تردمیل و دستگاه Quark b2 برای اندازه‌گیری میزان مصرف اکسیژن استفاده شد. همچنین، یک جفت کفی طبی متناسب با اندازه پای هر بیمار تهیه گردید. ضربان قلب حداکثر، مصرف اکسیژن، و حداکثر مصرف اکسیژن در افراد دارای صافی کف پا با و بدون استفاده از کفی‌های طبی اندازه‌گیری و محاسبه شد.

**یافته‌ها**: پس از استفاده از کفی‌های طبی، میانگین مصرف اکسیژن (VO2) به‌صورت میلی‌لیتر در دقیقه از ۴۶۰۴/۶ به ۴۵۸۸/۳ کاهش یافت ($P<0.036$). همچنین، حداکثر مصرف اکسیژن (VO2 max) به‌صورت میلی‌لیتر در دقیقه به ازای هر کیلوگرم وزن بدن از ۶۵/۲ به ۶۴/۶ کاهش پیدا کرد ($P<0.03$) و ضربان قلب حداکثر نیز از ۱۷۰/۴ به ۱۶۹/۱ کاهش یافت ($P<0.032$). تمامی این کاهش‌ها از نظر آماری معنادار بودند ($P<0.05$).

**نتیجه گیری**: استفاده از کفی‌های طبی می‌تواند شرایط طبیعی‌تری را برای راه‌رفتن افراد دارای صافی کف پا ایجاد کرده و مصرف انرژی آن‌ها را کاهش دهد.

**واژه های کلیدی**: مصرف انرژی، آرتز کف پا، صافی کف پا

**مولف مسئول:** رضا خزایی- دکترای آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، بخش آسیب شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

E-mail: rezakhazaei7091@yahoo.com

تلفن:۰۹۳۹۱۷۸۴۴۱۲

۱. استادیار، گروه بهداشت عمومی، دانشکده علوم پزشکی تربت جام ، تربت جام، خراسان رضوی، ایران

۲. استاد، بخش آسیب شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳. متخصص طب فیزیکی و توانبخشی، کرمان،ایران

۴. دکترای آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، بخش آسیب شناسی و بیومکانیک ورزشی،بخش آسیب شناسی و بیومکانیک ورزشی،دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان،ایران.

**دریافت:** ۱۴۰۴/۰۱/۲۰ **اصلاح:** ۱۴۰۴/۰۲/۲۹ **پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۲/۳۱



[ Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2025-07-13 ]

**مقدمه**

در مقایسه با سایر بخش‌های بدن انسان، پا در طول زندگی تغییرات ساختاری بیشتری را تجربه می‌کند و خود را با تنش‌های مکانیکی مختلف وفق می‌دهد. یکی از مهم‌ترین و متغیرترین ویژگی‌های ساختاری پا، ارتفاع قوس طولی داخلی در هنگام تحمل وزن است (۱). این قوس، عنصری حیاتی برای توزیع مؤثر وزن و حفظ انرژی در فعالیت‌های پویایی مانند راه‌رفتن، دویدن و ایستادن به شمار می‌آید. زمانی که این قوس دچار اختلال شود مانند حالت صافی کف پا عدم کارایی‌های بیومکانیکی قابل‌توجهی رخ می‌دهد که می‌تواند احتمال آسیب‌های اسکلتی-عضلانی را افزایش دهد. صافی کف پا وضعیتی است که در آن قوس داخلی کف پا کاهش یافته یا کاملاً از بین رفته است، که می‌تواند بیومکانیک اندام تحتانی را به‌طور چشمگیری تحت تأثیر قرار دهد. این تغییرات منجر به الگوهای غیرطبیعی راه‌رفتن، فعالیت بیش‌ازحد عضلات و آسیب‌های ناشی از استفاده مفرط می‌شود. دو نوع صافی کف پا وجود دارد: (۱) نوع انعطاف‌پذیر، که در آن قوس در هنگام تحمل وزن فرو می‌ریزد ولی در حالت بدون وزن وجود دارد، (۲) نوع سخت یا خشک، که در آن قوس حتی در حالت بدون بار نیز وجود ندارد. افراد دارای صافی کف پا معمولاً دچار اختلالات بیومکانیکی در ناحیه پا و مچ پا می‌شوند و مشکلاتی از جمله تاندینوپاتی آشیل، درد ساق پا، درد پاشنه، کشیدگی همسترینگ، کشیدگی عضلات چهارسر ران، درد زانو، درد پایین کمر و خستگی زودرس را گزارش می‌کنند ( ۲، ۳، ۴).تغییرات بیومکانیکی ناشی از صافی کف پا عملکرد عضلات اندام تحتانی، به‌ویژه عضلات پا و مچ پا را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خستگی عضلانی در افراد دارای صافی کف پا، به‌ویژه به دلیل فعالیت بیش‌ازحد عضلات تثبیت‌کننده که سعی در جبران کمبود حمایت ساختاری قوس دارند، از شکایات رایج است. مکانیک تغییر یافته پا منجر به افزایش فعالیت عضلات و مصرف انرژی بیش تر می‌شود که می‌تواند به‌صورت خستگی زودهنگام در فعالیت‌های فیزیکی، به‌ویژه راه‌رفتن و دویدن، بروز کند (۵). با توجه به عدم حمایت ساختاری کافی، زوایای مفصلی غیرطبیعی و فشار بیش‌ازحدی بر عضلات، تاندون‌ها و رباط‌های اطراف وارد می‌شود. این وضعیت می‌تواند منجر به الگوهای غیرطبیعی راه‌رفتن شود که در آن پا بیش‌ازحد پرونیت (چرخش به داخل) می‌کند، و این خود باعث ایجاد عدم تعادل های بیش تر بیومکانیکی خواهد شد (۶). درمان‌های رایج برای صافی کف پا شامل استفاده از کفش‌هایی با حمایت قوس داخلی یا ارتزهای سفارشی پا می‌شود. نقش اصلی ارتزها در افراد دارای صافی کف پای انعطاف‌پذیر، اصلاح تراز پا، بازگرداندن وضعیت بدنی طبیعی‌تر و کاهش تنش‌های بیومکانیکی بر پا و اندام تحتانی است. این ابزارها به‌طور گسترده‌ای توسط ورزشکاران از جمله دوندگان برای پیشگیری از آسیب‌ها، تسهیل در روند توان‌بخشی و بهبود عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرند. ارتزها با توزیع مجدد نیروها و ترویج تراز صحیح در حین حرکات پویای بدن عمل می‌کنند (۷،۸).

ارتزهای پا همچنین اثرات مثبتی بر مصرف انرژی در افراد دارای صافی کف پا دارند. به‌عنوان نمونه، "تیجن" و "دنیلسن" گزارش دادند که ارتزهای مچ پا (AFOs) مصرف انرژی را در حین راه‌رفتن روی تردمیل کاهش می‌دهند (۹،۱۰). این کاهش مصرف انرژی به‌ویژه برای کارکنان نظامی، ورزشکاران و افراد فعال که درگیر فعالیت‌های بدنی با شدت بالا هستند، اهمیت دارد. مطالعه‌ای توسط "کوران و همکاران" نیز نشان داد که استفاده از ارتز توسط زنان دارای صافی کف پا هنگام استفاده از کفش پاشنه‌بلند، منجر به کاهش قابل‌توجه در ضربان قلب، مصرف اکسیژن و نسبت تبادل تنفسی در راه‌رفتن روی تردمیل شد (۱۱). این یافته‌ها با مطالعه‌ای از "اتمن و همکاران" نیز هم‌راستا است که کاهش معنی‌داری در مصرف اکسیژن و ضربان قلب در حین راه‌رفتن افراد دارای صافی کف پا با استفاده از ارتزها را نشان داد (۱۲-۱۴).

با توجه به ادبیات تحقیق، کف پای صاف به ارتفاع پایین یا صاف شده قوس طولی داخلی از نظر مورفولوژیکی اشاره دارد. که در آن قوس طولی داخلی به دلیل فشار وزن بدن هنگام راه رفتن پایین آمده و صاف میشود، به عبارت دیگر، کاهش ارتفاع قوس طولی داخلی پا، کف پای صاف نامیده میشود و ممکن است با پرونیشن مرتبط است (۱۵). در افراد دارای صافی کف پا به علت کوتاهی چرخش دهنده های خارجی



[ Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2025-07-13 ]

مثل نازک نی بلند و کوتاه ممکن است پا از حالت طبیعی ۵ تا ۱۵ درجه خود خارج شده و چرخش خارجی پیدا کند از این رو تحمل وزن در افرا دارای صافی کف پا ممکن است از ناحیه خلفی خارجی پاشنه به ناحیه داخلی پاشنه انتقال پیدا کند. در مجموع میتوان این گونه بیان کرد که افراد دارای صافی کف پا، مستعد آسیب در اندام تحتانی خواهند بود (۱۶). بنابراین با توجه به نقش و جایگاه حیاتی ساختار پا در زنجیره حرکتی انسان، ضروری است که با شناخت کامل ناهنجاری کف پای صاف در جهت اصلاح و کاهش عوارض این ناهنجاری ها اقدام شود. بنابراین شناسایی ناهنجاری ها و انحرافات اندام تحتانی قبل از رشد اسکلتی می تواند به مهار ناهنجاری های ثانویه و عوارض متعددی که این تغییر شکل ها در وضعیت بدن انسان ایجاد می کند، کمک کند و اطلاعات مفیدی در اختیار محققین، و متخصصین توانبخشی و ارتوپدی فنی در طراحی تمرینات و مداخلات غیرتهاجمی قرار دهد. بنابراین هدف از این مطالعه تعیین تأثیر کفی‌های طبی بر مصرف انرژی در دوندگان نظامی دارای صافی کف پا بود.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع نیمه‌تجربی و با استفاده از روش نمونه‌گیری غیرتصادفی ساده انجام شد. جامعه‌ی مورد مطالعه شامل ۲۰ سرباز دونده‌ی مرد مبتلا به صافی کف پای انعطاف‌پذیر دوطرفه بود. به‌منظور تعیین حجم نمونه، از فرمول آماری مربوطه استفاده شد و بر اساس آن، ضریب اطمینان ۰/۹۵ و توان آزمون ۸۰ درصد در نظر گرفته شد (۱۷ و ۱۸).

در این مطالعه میزان اکسیژن مصرفی، بیشینه اکسیژن مصرفی و بیشینه ضربان قلب قبل و بعد از استفاده از کفی طبی ارزیابی شد. برای انتخاب اولیه افراد شرکت کننده، قبل از اینکه فرم رضایت نامه و اطلاعات فردی در اختیار آزمودنی ها قرار گیرد، ابتدا بصورت شفاهی و از طریق مصاحبه درباره میزان فعالیت و تمایل آنها برای شرکت در تحقیق اطمینان حاصل شد. در ادامه پس از توضیحات لازم در خصوص اهداف و فواید تحقیق حاضر، فرم رضایت نامه کتبی و پرسشنامه اطلاعات فردی به افرادی که تمایل داشتند درتحقیق شرکت کنند ارائه شد. آزمودنی ها قبل از شرکت در مطالعه پرسشنامه سلامت پزشکی را تکمیل نمودند. ابتدا تمامی آزمودنی ها با چگونگی طرح تحقیق و انجام مراحل و روشهای اندازه گیری پارامترها آشنا شدند. اطلاعات عمومی و مشخصات فردی آنها با استفاده از پرسشنامه مربوطه ثبت و همچنین وزن و قد آزمودنی ها اندازه گیری شد. نمونه‌های تحقیق بصورت نمونه گیری غیرتصادفی از بین سربازان دونده ای که دارای صافی کف پا بودند انتخاب شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل موارد: نداشتن سابقه بیماری‌های قلبی-عروقی، ریوی یا جراحی‌های اندام تحتانی، عدم وجود بدشکلی‌های همراه در اندام تحتانی، و نبود اختلالات روانی. معیار های خروج: مشاهده علائم پاتولوژیک مرتبط با سابقه شکستگی، جراحی یا بیماری‌های مفصلی اندام تحتانی و شرکت نامنظم در مراحل تحقیق و عدم تکمیل آزمون‌های تحقیق بود.

### فرایند اندازه گیری صافی کف پا

برای تشخیص کف پای صاف، از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که می‌توان به علائم ظاهری، تست‌های بالینی و دستگاههای مخصوص اشاره کرد،که در این تحقیق از آزمون افت ناوی برای بررسی کف پای صاف و قوس طولی داخلی پا انجام شد. در این آزمون، شرکت کننده در وضعیت نشسته قرار گرفت و کف پای خود را زمین گذاشت و زانوهای خود را در وضعیت نود درجه خمیدگی نگه داشت. همچنین مفصل مچ پا در وضعیت طبیعی قرار داده شد. در حالتی که وضعیت طبیعی تحت قابی حفظ شده بود، برجسته ترین نقطه استخوان ناوی مشخص شده و با خودکار علامت گذاری شد. سپس ارزیابی کننده، کارتی شاخص را در قسمت داخلی پا از کف زمین به شکل عمودی قرار داد که از استخوان ناوی عبور می کرد. سطح روبه روی برجسته ترین نقطه استخوان ناوی روی کارت علامت گذاری شد. سپس از فرد خواسته شد که بدون تغییردادن وضعیت پاها بایستد و وزن خود را به شکل برابر روی هر دو پا پخش کند. در حالت ایستاده مجدداً برجسته ترین نقطه استخوان ناوی نسبت به زمین تعیین شد و روی کارت علامت گذاری انجام گرفت. در آخر، اختلاف بین ارتفاع استخوان ناوی در وضعیت نشسته و وضعیت ایستاده (تحمل وزن) با یک خطکش اندازه گیری شد. میزان به دست آمده برحسب میلیمتر بود و میزان افتادگی استخوان ناوی را نشان می داد. اگر افت استخوان ناوی به میزان شش تا نه



[ Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2025-07-13 ]

میلیمتر بود، در رنج طبیعی بود و اگر این میزان بیشتر از ۱۰ میلیمتر بود، غیرطبیعی و نشان دهنده صافی کف پا بود. برای رفع خطای اندازه گیری ارتفاع برجستگی استخوان ناوی دو مرتبه اندازه گیری و میانگین لحاظ شد (۱۹). شرکت‌کنندگان کفی‌های سفارشی خود را دریافت کرده و آن‌ها را درون کفش‌های خود قرار دادند و به مدت دو هفته از آن استفاده کردند. بعد از دو هفته استفاده از کفی طبی میزان اکسیژن مصرفی، بیشینه اکسیژن مصرفی و بیشینه ضربان قلب اندازه گیری شد. برای یکسان‌سازی شرایط، یک جفت کفش ورزشی استاندارد در اختیار همه افراد قرار گرفت( شکل یک).

شکل(۱)-کفی طبی

رویه آزمون در دو مرحله انجام شد. در مرحله نخست، شرکت‌کننده کفش دارای کفی را پوشیده و بر روی تردمیل ارگومتر مورد آزمون قرار گرفت. برای اندازه‌گیری مصرف اکسیژن از دستگاه Quark b² ساخت شرکت Costed (ایتالیا) استفاده شد. این سیستم شامل ماسک صورت و جلیقه‌ای بود که توسط شرکت‌کننده پوشیده می‌شد. دستگاه Quark b² در کنار ارگومتر پارامترهای تنفسی و قلبی-عروقی از جمله حداکثر ضربان قلب (تعداد ضربان در دقیقه)، مصرف کل اکسیژن (میلی‌لیتر در دقیقه)، و حداکثر مصرف اکسیژن بر حسب وزن بدن (میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه) را اندازه‌گیری کرد.آزمون طبق دستورالعمل کارخانه سازنده (Costed) اجرا شد. سرعت تردمیل از شش کیلومتر در ساعت شروع شده و در هر دقیقه یک کیلومتر در ساعت افزایش می‌یافت. این پروتکل پیشرونده تا رسیدن شرکت‌کننده به حداکثر مصرف اکسیژن ادامه داشت، که به‌صورت تثبیت منحنی مصرف اکسیژن در نمایشگر دستگاه قابل مشاهده بود .پس از گذشت ۲۴ ساعت، شرکت‌کنندگان برای اجرای مرحله دوم آزمون تحت همان شرایط و پروتکل مشابه بازگشتند. ترتیب آزمون با و بدون استفاده از کفی به‌صورت تصادفی تعیین شد. تمام داده‌های جمع‌آوری‌شده در پرسش‌نامه اختصاصی هر فرد ثبت گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ و در سطح اطمینان نیز P< ۰/۰۵ انجام گرفت. با توجه به تأیید نرمال بودن توزیع متغیرها از طریق آزمون کولموگروف–اسمیرنوف، برای مقایسه نتایج قبل و بعد از مداخله از آزمون t زوجی استفاده شد.

**یافته ها**

در گروه آزمایش، میانگین سن شرکت‌کنندگان ۰/۴ ± ۲۱/۳۹ سال، میانگین قد آن‌ها ۰/۸۵ ± ۱/۷۵ متر، و میانگین وزن آن‌ها ۸/۴۱ ± ۶۸/۱۳ کیلوگرم گزارش شد.

یافته‌های این مطالعه نشان داد که میزان مصرف اکسیژن قبل و پس از استفاده از کفی‌های ارتوتیک سفارشی تفاوت معناداری داشته است (P< ۰/۰۳۶)، به‌طوری‌که مصرف اکسیژن پس از استفاده از کفی کاهش یافته است (جدول ۲). همچنین، حداکثر مصرف اکسیژن شرکت‌کنندگان (Vuma)نیز پس از استفاده از کفی‌ها کاهش معناداری را نشان داد (P< ۰/۰۳) (جدول ۲). علاوه بر این، حداکثر ضربان قلب اندازه‌گیری‌شده قبل و بعد از استفاده از کفی‌ها نیز تفاوت معناداری داشت (P< ۰/۰۳۲)، که نشان‌دهنده کاهش ضربان قلب حداکثری پس از استفاده از کفی‌های ارتوتیک بود (جدول ۱).

این یافته‌ها نشان داد که تجویز و استفاده از کفی‌های سفارشی مناسب در کفش‌های دویدن افراد مبتلا به صافی کف پای انعطاف‌پذیر می‌تواند به اصلاح هم‌راستایی غیرطبیعی مچ پا کمک کند. در نتیجه، این اصلاح ممکن است موجب کاهش سطح فعالیت عضلانی لازم برای تثبیت و کنترل وضعیت بدنی ناهماهنگ شده و در نهایت منجر به کاهش مصرف کلی انرژی گردد. این کاهش شامل هر دو شاخص مصرف کل اکسیژن و حداکثر مصرف اکسیژن بر حسب کیلوگرم وزن بدن است.



[ Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2025-07-13 ]

**جدول ۱ : مقایسه میزان اکسیژن مصرفی، بیشینه اکسیژن مصرفی و بیشینه ضربان قلب قبل و بعد از استفاده از کفی طبی در افراد دونده**

| | میانگین | انحراف معیار | معنی داری |
|---|---|---|---|
| اکسیژن مصرفی قبل از استفاده از کفی طبی(میلی لیتر در دقیقه) | ۴۶۰۴/۶ | ۴۷۷/۸ | ۰/۰۳۶ |
| اکسیژن مصرفی بعد از استفاده از کفی طبی(میلی لیتر در دقیقه) | ۴۵۸۸/۳ | ۴۸۸/۳ | |
| بیشینه اکسیژن مصرفی قبل از استفاده از کفی طبی(برحسب میلی لیتر در دقیقه به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) | ۶۵/۲ | ۶/۷ | ۰/۰۳ |
| بیشینهٔ اکسیژن مصرفی بعد از استفاده از کفی طبی(برحسب میلی لیتر بر دقیقه به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) | ۶۴/۴ | ۶/۸ | |
| بیشینه ضربان قلب قبل از استفاده از کفی طبی(بر حسب تعداد ضربان قلب) | ۱۷۰/۴ | ۶/۳ | ۰/۰۳۲ |
| بیشینه ضربان قلب بعد از استفاده از کفی طبی(بر حسب تعداد ضربان قلب) | ۱۶۹/۱ | ۶/۴ | |

## بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از کفی‌های ارتوتیک سفارشی در سربازان دونده مبتلا به صافی کف پای انعطاف‌پذیر می‌تواند به‌طور معناداری باعث کاهش مصرف اکسیژن، حداکثر مصرف اکسیژن($VO_2max$) و حداکثر ضربان قلب در حین دویدن شود. این یافته‌ها با بدنه‌ی رو به گسترش تحقیقات موجود که مؤثر بودن ارتزها را در بهینه‌سازی بیومکانیک اندام تحتانی و کاهش مصرف انرژی در فعالیت‌های عملکردی نشان می‌دهند، هم‌راستا هستند. پا دیستال ترین جزء اندام تحتانی است که قاعده‌ای نسبتاً کوچک برای ثبات بدن ایجاد میکند. کفی طبی از طریق نگهداری قوس کف پا و افزایش سطح پلانتار، میتولند به طور سیستماتیک فشارهای عبوری از کف پا را کاهش داده و همزمان تحریک لمسی پا را افزایش دهد و به ثبات پاسچر کمک میکند.قوس های کف پایی بر روی توزیع نیرو و فشار کف پایی بسیار تأثیرگذار هستند، زیرا وزن بدن از طریق قاب[1] به قسمت جلو و پاشنه پا تقسیم و سپس به زمین انتقال می یابد. دفورمیتی در قوسهای کف پا به هر دلیلی موجب مشکلات بی شماری در فعالیتهای روزانه افراد می شود و بر عملکرد تعادلی آنها نیز تأثیر میگذارد (۲۰). بی‌ثباتی در مفصل مچ پا همراه با پرونیشن بیش‌ازحد پا به سمت داخل می‌تولند موجب تغییر در الگوی فعالیت عضلات شود، که در نهایت منجر به خستگی عضلانی و آسیب‌های ناشی از استفاده بیش‌ازحد خواهد شد. عوامل متعددی در بروز این آسیب‌ها و خستگی نقش دارند، اما پرونیشن بیش‌ازحد، بار اضافی بر عضلات وارد کرده و نیاز به فعالیت بیشتر را افزایش می‌دهد، در نتیجه خطر آسیب نیز افزایش می‌یابد. افزایش فعالیت عضلانی معمولاً با نیاز بیشتر به اکسیژن و کربوهیدرات، به‌عنوان سوخت‌های اصلی

[1] Tarsus



[ Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2025-07-13 ]

متابولیکی، همراه است. یکی از پیامدهای رایج صافی کف پا، خستگی زودهنگام است که ارتباط مستقیمی با تغییر در فعالیت عضلات و افزایش مصرف اکسیژن دارد. بی‌ثباتی در ساختار پا و چرخش غیرطبیعی آن به سمت داخل، عملکرد عضلات را تحت تأثیر قرار داده و منجر به کارایی بیومکانیکی ضعیف‌تر در حین راه رفتن و دویدن می‌شود (۲۱).

در افراد دارای پای طبیعی در حین راه رفتن به سمت جلو معمولاً تحمل وزن از ناحیه خلفی خارجی پاشنه پا شروع شده به طرف جلو در امتداد طرف خارجی پا پیش رفته و در نزدیکی اولین مفصل متاتارسوفالانژیال ختم می شود. ولی در افراد دارای صافی کف پا به علت کوتاهی چرخش دهنده های خارجی مثل نازک نی بلند و کوتاه ممکن است پا از حالت طبیعی ۵ تا ۱۵ درجه خود خارج شده و چرخش خارجی پیدا کند از این رو تحمل وزن در افرا دارای صافی کف پا ممکن است از ناحیه خلفی خارجی پاشنه به ناحیه داخلی پاشنه انتقال پیدا کند. از این رو این بهم خوردن مسیر تحمل وزن از حالت طبیعی و چرخش خارجی پا میتواند بر مفصل مچ پا اثر سویی بگذارد. طبق نظریه زنجیره حرکتی جاندا اختلال بوجود آمده در یک مفصل میتواند مفاصل نزدیکتر را نیز متاثر سازد و با توجه به اینکه ساختار بدن انسان متشکل از عضلات، استخوان ها اعصاب با یکدیگر در ارتباط هستند (۱۶). به نظر میرسد هر نوع تغییر در عضلات کف پا نه تنها می تواند بر استخوانها و مفاصل آن قسمت تاثیر بگذارد، بلکه طبق نظریه زنجیره حرکتی می تواند بر مفاصل بالاتر نیز تاثیر گذار باشد پس طبق این نظریه نمی توان مشکل کف پای صاف را فقط راستای پا و مچ پا دانست، بلکه این ناهنجاری میتواند بر اندام بالاتر، از جمله زانو، مفصل ران نیز تاثیر گذار باشد (۲۲).

اختلال در ساختار و راستای پا، موجب اعمال نامناسب استرس در زنجیره حرکتی اندام تحتانی می شود، به نظر میرسد کفی طبی بتواند به پاهای بد راستا در جهت تطابق با محیط خارجی کمک کند و استرس های وارد را توزیع و به این ترتیب احتمال آسیب را کاهش دهد ( ۱۶). نتایج پژوهش حاضر با مطالعه روم و همکاران (۲۳) که اظهار داشتند کفی سبب افزایش میزان فاصله دستیابی در تمام جهت ها به جز جهت خارجی شد، همخوانی دارد (۲۳).

در این مطالعه، تمامی شرکت‌کنندگان دارای صافی کف پای انعطاف‌پذیر دوطرفه بودند. احتمالاً ارتزها موجب بهبود تراز بیومکانیکی اندام تحتانی، به‌ویژه در مفاصل مچ پا و زانو، شده‌اند و در نتیجه، فعالیت عضلانی و مصرف اکسیژن تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. اصلاح وضعیت پا توسط کفی‌های ارتوتیک به نظر می‌رسد که الگوهای بارگذاری غیرطبیعی در اندام تحتانی را کاهش داده، خستگی عضلانی را کاهش داده و بازده مکانیکی را افزایش می‌دهد.

علاوه بر این، ارتزهای پا می‌توانند بر پارامترهای جنبشی و حرکتی اندام تحتانی در فعالیت‌های عملکردی مانند راه رفتن و دویدن تأثیر بگذارند و در نتیجه مصرف انرژی را تغییر دهند بدنارچیک و همکاران گزارش دادند که ارتزها می‌توانند فشار کف‌پایی را کاهش داده و راحتی در راه رفتن را بهبود بخشند، که به راه‌رفتنی با بهره‌وری انرژی بیشتر منجر می‌شود همچنین، تغییراتی در پارامترهای کینماتیکی مانند سرعت راه رفتن و طول گام پس از استفاده از ارتز مشاهده کردند ، که نشان می‌دهد ارتزها می‌توانند الگوهای حرکتی در فعالیت‌های دینامیک را بهبود دهند (۲۴).

ارتزها با ایجاد پایداری بیشتر در مفاصل پا و مچ پا، نیاز به فعالیت عضلات تثبیت‌کننده را کاهش داده و در نتیجه مصرف کلی انرژی از جمله $VO_2max$ (نسبت به وزن بدن) و مصرف کل اکسیژن را کاهش می‌دهند. این یافته‌ها با مطالعات هوو و همکاران هم‌راستا است که نشان دادند استفاده از ارتز در زنان استفاده‌کننده از کفش‌های پاشنه‌بلند موجب کاهش ضربان قلب، مصرف اکسیژن و نسبت تبادل تنفسی در حین راه رفتن بر روی تردمیل شد (۲۵). این مطالعات نشان می‌دهند که ارتزها به‌ویژه در کاهش هزینه انرژی در راه‌رفتن یا دویدن طولانی‌مدت مؤثر هستند، جایی که بازدهی اهمیت بیشتری می‌یابد.

اثرات مثبت استفاده از ارتز بر مصرف انرژی همچنین در بیماران مبتلا به همی‌پلژی نیز مشاهده شده است. عبداله و همکاران گزارش کردند که ارتزهای مچ-پا (AFO) مصرف انرژی را در افراد دارای اختلالات عصبی در حین راه رفتن بر روی تردمیل کاهش می‌دهند، که نشان‌دهنده کاربردهای متنوع ارتزها است (۲۴-۲۶). به‌طور مشابه، نسترویکا و همکاران نیز تفاوت‌های معناداری در مصرف اکسیژن و



[ Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2025-07-13 ]

ضربان قلب در افراد دارای صافی کف پا بین شرایط دارای ارتز و فاقد ارتز گزارش کردند. توانایی کفی‌های سفارشی در کاهش مصرف اکسیژن در حین راه رفتن، نقش آن‌ها را در بهبود عملکرد جسمی از طریق کاهش تقاضای انرژی غیرضروری بیشتر تثبیت می‌کند (۲۷).

مطالعات اخیر همچنین بر نقش ارتزها در حفظ سلامت طولانی‌مدت مفاصل و پیشگیری از آسیب‌های ناشی از استفاده بیش‌ازحد تأکید دارند. وسایل ارتوتیک با توزیع یکنواخت‌تر نیروها در سطح پا و مفاصل اندام تحتانی، از وارد آمدن فشار موضعی که می‌تواند منجر به دردهای مزمن یا آسیب شود، جلوگیری می‌کنند. با توجه به روند رو به رشد سالمندی در جمعیت جهانی، شیوع مشکلات مرتبط با پا مانند صافی کف پا و فاسییت پلانتار نیز در حال افزایش است، که نقش ارتزها در مدیریت این شرایط را بیش از پیش حیاتی می‌سازد.علاوه بر این، علاقه‌مندی فزاینده‌ای نسبت به تأثیر ارتزها بر عملکرد ورزشی شکل گرفته است. مطالعات اخیر ون و همکاران نشان داد که دوندگان حرفه‌ای که از کفی‌های سفارشی استفاده می‌کردند، کاهش قابل توجهی در آسیب‌های مرتبط با دویدن و بهبود در شاخص‌های عملکردی مانند طول گام و راندمان دویدن تجربه کردند. این یافته‌ها افق‌های جدیدی را برای تحقیقات در زمینه استفاده از ارتزها نه تنها برای پیشگیری از آسیب، بلکه برای بهبود عملکرد در ورزش‌های پرفشار مانند دویدن و بسکتبال گشوده است (۲۸).

این یافته‌ها حاکی از آن است که ارتزهای پا، از جمله کفی‌های سفارشی، می‌توانند به‌طور مؤثری مصرف انرژی را در افراد دارای اختلالات عصبی-عضلانی یا اسکلتی-عضلانی در طول فعالیت‌های عملکردی کاهش دهند. همچنین، این نتایج نشان‌دهنده پتانسیل استفاده از کفی‌های ارتوتیک برای ارتقاء عملکرد جسمانی و پیشگیری از مشکلات اسکلتی-عضلانی در بلندمدت برای ورزشکاران و افراد فعال است.

با این حال، مطالعه حاضر دارای محدودیت‌هایی نیز بود. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به اندازه‌ی کوچک نمونه، انتخاب شرکت‌کنندگان از یک منطقه جغرافیایی خاص، و عدم کنترل عوامل روان‌شناختی اشاره کرد. عواملی مانند انگیزه فردی یا برداشت ذهنی از راحتی ممکن است بر اثربخشی ارتزها تأثیر بگذارند. علاوه بر این، نبود دوره پیگیری برای ارزیابی اثرات بلندمدت استفاده از کفی ارتوتیک نیز از دیگر محدودیت‌های مطالعه محسوب می‌شود.

پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، اندازه نمونه افزایش یابد، عوامل روان‌شناختی کنترل شوند و دوره پیگیری برای بررسی اثرات ماندگار استفاده از ارتزها در نظر گرفته شود. همچنین، بررسی تأثیر انواع مختلف کفی‌های ارتوتیک بر مصرف انرژی در افراد مبتلا به صافی کف پای سخت[2] و ورزشکاران، و نیز تحلیل اثرات آن‌ها بر عملکرد ورزشی، می‌تواند زمینه تحقیقاتی سودمندی را فراهم کند.

## نتیجه‌گیری

استفاده از کفی‌های ارتوتیک می‌تواند به بازگرداندن الگوهای طبیعی راه رفتن و اصلاح الگوهای بیومکانیکی در افراد مبتلا به صافی کف پا کمک کند. این اصلاحات باعث کاهش نیاز به فعالیت عضلانی بیش‌ازحد شده و در نتیجه، مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. تغییرات حاصل در موقعیت پا، علاوه بر بهبود عملکرد حرکتی، منجر به کاهش مصرف اکسیژن و افزایش کارایی عضلات در حین فعالیت‌های بدنی خواهد شد.

## سپاسگزاری

نویسندگان این مطالعه، صمیمانه از تمامی افرادی که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، به ویژه آزمودنی‌ها و والدین گرامی ایشان که با موافقت و همراهی خود امکان انجام تحقیق را فراهم آوردند و زحمات فراوانی را متحمل شدند، قدردانی می‌نمایند. همچنین تأکید می‌گردد که کلیه ملاحظات اخلاقی در این مطالعه رعایت شده و این پژوهش با شناسه اخلاق IR.IAU.KHUISF.REC.1403.312 در دانشگاه آزاد اسلامی – واحد اصفهان (خوراسگان) ثبت شده است.

[2] Rigid Flatfoot



[ Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2025-07-13 ]

**References**

1. Vanneste, M., & Van Loocke, J. "The role of the medial longitudinal arch in load-bearing and shock absorption." *Foot & Ankle International*,2016: 37(7), 781-788.
2. Pope, R. "Biomechanics of the foot and ankle in running and walking." *Clinical Biomechanics*, 2001:16(9), 574-580.
3. Myerson, M. S., & Anderson, R. B.. "The biomechanics of the foot and ankle in flatfoot deformities." *Orthopedic Clinics of North America*, 2014:45(4), 559-567.
4. Cummings, T. M., & Bennell, K. L. "Biomechanics of the foot and ankle in runners." *Sports Medicine*,2007: 37(3), 177-185.
5. GERRARD, James M., et al. Effect of different orthotic materials on plantar pressures: a systematic review. *Journal of foot and ankle research*, 2020, 13.1: 35.
6. CRAGO, Daniel; ARNOLD, John B.; BISHOP, Christopher. Effect of Foot Orthoses on Running Economy and Foot Longitudinal Arch Motion in Runners With Flat-Arched Feet. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2021, 16.10: 1401-1407.
7. Saxby, F., & Pank, S. "Effectiveness of orthotics in runners with flatfoot." *Journal of Orthopedic Sports Therapy*, 2015:24(4), 231-239.
8. Williams, D., & Richards, R. "Proprioception and foot function in athletes: An investigation on orthotic devices." *Journal of Sports Rehabilitation*,2012: 23(6), 543-551.
9. Tijen, K., et al. "Effects of ankle-foot orthoses on energy expenditure in individuals with hemiplegia." *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2005:86(8), 1599-1604.
10. Danielsen, N., et al. "Effect of AFOs on gait in hemiplegia: A systematic review." *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 2004:41(5), 631-642.
11. Kuran, K., et al. "Effectiveness of foot orthoses in high-heeled shoes: Impact on heart rate and oxygen consumption." *Journal of Applied Physiology*, 2009:106(1), 143-149.
12. Ottman, K., et al. "Foot orthoses and their role in reducing oxygen consumption and heart rate in flatfoot individuals." *Foot Care Journal*, 2011:35(2), 111-115.
13. Kesar, T. M., et al. "Effects of ankle-foot orthosis on energy expenditure in individuals with hemiplegia." *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 2015:52(3), 345-354.
14. Bryan, C., et al. "Improvement in energy consumption using orthotics in individuals with hemiplegia." *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 2016:53(5), 589-595.
15. Toullec E. Adult flatfoot. Orthop Traumatol Surg Res. 2015; 101:11-7.
16. Ueki Y, Sakuma E, Wada I. Pathology and management of flexible flat foot in children. J Orthop Sci. 2019; 24(1):9-13.
17. Davari, S., Bagherpour, T., & Nemati, N. (2023). Comparison of the Effect of Pilates and Core Stability Exercises on Diastasis Recti and the Structural Component in Abdominis Muscles of Primiparous Mothers. Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation, 12(2), 7-18.
18. Tsao, H., & Hodges, P. W. (2008). Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain. Journal of electromyography and kinesiology, 18(4), 559-567
19. Mathieson I, Upton D, Prior TD. Examining the validity of selected measures of foot type: a preliminary study. Journal of the American Podiatric Medical Association. 2004;94(3):275-81.
20. Hamlyn C, Docherty CL, Klossner J. Orthotic intervention and postural stability in participants with functional ankle instability after an accommodation period. Journal of athletic training. 2012;47(2):130-5.
21. Braga UM, Mendonça LD, Mascarenhas RO, Alves CO, Renato Filho GT, 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.
22. Kido M, Ikoma K, Hara Y, Imai K, Maki M, Ikeda T, Fujiwara H, Tokunaga D, Inoue N, Kubo T. 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.

[ Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2025-07-13 ]

23. Rome K, Brown CL. Randomized clinical trial into the impact of rigid foot orthoses on balance parameters in excessively pronated feet. Clinical rehabilitation. 2004;18(6):624-30
24. Bednarczyk E, Sikora S, Kossobudzka-Górska A, Jankowski K, Hernandez-Rodriguez Y. Understanding flat feet: An in-depth analysis of orthotic solutions. Journal of Orthopaedic Reports. 2023:100250.
25. Ho M, Nguyen J, Heales L, Stanton R, Kong PW, Kean C. The biomechanical effects of 3D printed and traditionally made foot orthoses in individuals with unilateral plantar fasciopathy and flat feet. Gait & Posture. 2022;96:257-64.
26. Abd El Megeid Abdallah AA. Effect of unilateral and bilateral use of laterally wedged insoles with arch supports on impact loading in medial knee osteoarthritis. Prosthetics and orthotics international. 2016;40(2):231-9.
27. NESTEROVICA, Darja; VAIVADS, Normunds; STEPENS, Ainars. Relationship of footwear comfort, selected size, and lower leg overuse injuries among infantry soldiers. *BMC musculoskeletal disorders*, 2021, 22: 1-8.
28. VAN ALSENOY, Ken K. *The effect of Custom Foot Orthotic Materials on Running Economy, Comfort, Running Mechanics, and Performance*. 2024. PhD Thesis. Queen Margaret University, Edinburgh.

[ Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2025-07-13 ]

**Torbat Jam University of Medical Sciences**
***Health Research and Development Journal***
Vol. 3, No. 2, May2025

# The Effect of Foot Orthoses on Energy Expenditure in Soliders Runner with Flat Feet

Noureddin Niknam (PhD)[1]، Mansour Sahebozamani(PhD)[2] ,Ali Kargar(MD)[3]، Reza Khazaei(PhD)[4*]

Original Article

***Abstract***

**Background:** In runners with flat feet, biomechanical imbalance becomes more pronounced due to increased forces exerted on the body, which leads to higher energy expenditure. Therefore, this study aimed to determine the effect of orthotic insoles on energy expenditure in military runners with flat feet.

**Methods:** A treadmill and the Quark b2 system were used to measure oxygen consumption. Additionally, a pair of orthotic insoles tailored to the size of each participant's feet was provided. Maximum heart rate, oxygen consumption, and maximum oxygen consumption ($VO_2max$) were measured and calculated for individuals with flat feet, both with and without orthotic insoles.

**Results:** After using the orthotic insoles, the mean oxygen consumption ($VO_2$) in milliliters per minute decreased from 4604.6 to 4588.3 ($P<0.036$). $VO_2max$, measured in milliliters per minute per kilogram of body weight, decreased from 65.2 to 64.6 ($P<0.03$). Maximum heart rate also decreased from 170.4 to 169.1 ($P<0.032$). All these reductions were statistically significant ($P<0.05$).

**Conclusion:** The use of orthotic insoles can help create more natural walking conditions for individuals with flat feet and reduce their energy expenditure.

***Keywords:*** Energy expenditure, Foot orthosis, Flat feet.

**Corresponding author:** Reza Khazaei, Ph.D of corrective exercise and sport injuries, Departmen of Sports Injuries and biomechanics, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
E-mail address: rezakhazaei7091@yahoo.com Tell: 09391784412
1- Assistant Professor, Department of Public Health, Torbat Jam Faculty of Medical Sciences, Torbat Jam, Iran
2- Professor , Departmen of Sports Injuries and biomechanics, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3- Physical medicine and rehabilitation specialist, Kerman, Iran
4- Ph.d of corrective exercise and sport injuries, Departmen of Sports Injuries and biomechanics, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

**Received**: 09.04.2025 **Revised**: 19.05.2025 **Accepted**: 21.05.2025

[ Downloaded from jhrd.trjums.ac.ir on 2025-07-13 ]