

بررسی تأثیر پاشنه‌های استاندارد و شیب‌دار، در کفش طبی، بر مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین، در هنگام راه رفتن، در افراد سالم

*عالیه دریابور^۱، حسن سعیدی^۲، مریا یزدانی^۳، محمد صادق قاسمی^۴، محمد کمالی^۵، هدی نبوی^۶، افسانه محمدپور^۷

چکیده

هدف: هنگام راه رفتن طبیعی، نیروهای عمودی عکس‌العمل زمین به صورت تکراری، به سیستم اسکلتی عضلانی بدن منتقل می‌شود. بزرگی این نیروها در زمان برخورد پا با زمین، عاملی مهم در ایجاد ضایعات ناشی از «استفاده بیش‌ازحد» است. هدف این مطالعه بررسی تأثیر دو نوع پاشنه استاندارد و شیب‌دار در کفش طبی، بر مؤلفه‌های عمودی نیروی عکس‌العمل زمین، هنگام راه رفتن، در افراد سالم بود.

روش بررسی: در این مطالعه مداخله‌ای و شبه‌تجربی، سی فرد بزرگسال به صورت غیراحتمالی ساده شرکت داشتند. افراد در سه حالت پابرهنه و استفاده از کفش طبی با پاشنه استاندارد و کفش طبی با پاشنه شیب‌دار، در مسیری هشت‌متری راه رفتند. داده‌های نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در مرحله ابتدایی فاز ایستایی راه رفتن، با استفاده از صفحه نیروسنج کیستلر جمع‌آوری شد. داده‌ها با آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و آنوا تحلیل شد. **یافته‌ها:** نتایج این تحقیق نشان داد که نیروی ضربه‌ای در حالت پابرهنه، در مقایسه با کفش طبی با پاشنه‌های استاندارد و شیب‌دار، افزایش معنادار یافته است ($P < 0/0001$). قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری در کفش طبی با پاشنه شیب‌دار، در مقایسه با کفش طبی با پاشنه استاندارد کاهش معناداری یافته است ($P < 0/05$).

نتیجه‌گیری: استفاده از پاشنه شیب‌دار با تغییر فاصله محل اثر نیروی عکس‌العمل زمین نسبت به محور مفصل مچ، باعث تسهیل راکر اول و کاهش قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری شد. باتوجه به آثار آسیب‌رسان بارهای واردشده به اندام تحتانی، به‌ویژه در مرحله ابتدایی راه رفتن، می‌توان هنگام تجویز کفش طبی در بیماران ارتوپدی، از این نوع پاشنه نیز استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: پاشنه استاندارد، پاشنه شیب‌دار، راه رفتن، نیروی عمودی عکس‌العمل زمین

- ۱- کارشناس ارشد ارتوپدی فنی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۲- دکترای ارتز و پروتز، استادیار دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
- ۳- دانشجوی دکترای ارتوپدی فنی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
- ۴- دکترای بیومکانیک، استادیار دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
- ۵- دکترای آمار زیستی، دانشیار دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
- ۶- کارشناس ارشد مهندسی پزشکی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران
- ۷- کارشناس ارشد مهندسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران ایران

دریافت مقاله: ۹۲/۰۲/۱۱

پذیرش مقاله: ۹۲/۰۳/۲۸

* آدرس نویسنده مسئول:

تهران، میرداماد، میدان محسنی، خیابان شاه نظری، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران، دپارتمان ارتز و پروتز.

* تلفن: ۲۲۲۲۸۰۵۱ (۲۱) ۴۹۸

* رایانامه: r_daryabor@yahoo.com



مقدمه

هنگامی که فرد در حالت ایستاده یا راه رفتن یا دویدن است، فعالیت متقابلی بین بدن و زمین وجود دارد. طی این فعالیت متقابل، وزن بدن از طریق پا به سطح حمایت‌کننده منتقل می‌شود که در مقابل، سطح حمایت‌کننده نیز نیروی عکس‌العمل زمین^۱ را وارد می‌کند. نیروی عکس‌العمل زمین دارای سه مؤلفه عمودی و قدامی خلفی و داخلی خارجی است (۱) که مؤلفه عمودی به دلیل مقدار بیشتر، در اکثر افراد اهمیت بیومکانیکی بیشتری دارد (۲). در مقایسه مراحل مختلف راه رفتن، مرحله تماس اولیه بین پا و زمین، باعث ایجاد نیروهای عمودی فراوانی در اندام تحتانی می‌شود. این نیروها از آنجا اهمیت ویژه‌ای می‌یابد که مقدار آنها تکرار شونده نیز هست. افزایش و تکرار نیروهای ضربه‌ای و نرخ بارگذاری^۲ در فاز ابتدایی راه رفتن، بر سیستم عضلانی اسکلتی آثار آسیب‌رسان می‌گذارد (۳-۵).

بدن دارای چندین ساختار درونی جذب شوک مانند غضروف مفصلی و منیسک و دیسک‌های بین مهره‌ای برای محافظت در برابر این نیروهاست؛ اما این ساختارها گاهی، نمی‌توانند در برابر نیروهای راه رفتن مقاومت کنند و ممکن است بر اثر نیروهای زیاد و تکراری، دچار خستگی مکانیکی شوند. با وجود امکان آسیب‌پذیری بدن در برابر این نیروها، می‌توان با ایجاد مداخلات ارگونومیک در ساختار کفش و کفی، نیروهای عمودی هنگام راه رفتن را کاهش داد و راحتی بیشتری برای فرد فراهم کرد (۴). با توجه به تحقیقات بررسی‌شده، روش‌های مختلفی برای کاهش نیروهای عمودی در هنگام راه رفتن وجود دارد که از میان آن‌ها می‌توان به استفاده از کفی‌های داخلی^۳ (۷، ۶، ۴) یا ایجاد تغییر در جنس و ساختار زیره کفش (۱۰-۸) اشاره کرد.

از درمان‌های تجویز شده برای بیماران ارتوپدی، کفش طبی است. بررسی تحقیقات نشان می‌دهد کفش طبی نسبت به کفش معمولی، در کنترل حرکت مچ و زانو مؤثر است. تغییرات کوچک در ساختار کفش طبی، بر نیروهای عکس‌العمل زمین و گشتاورهای ایجاد شده روی مفاصل زانو و مچ پا، هنگام برخورد پاشنه با زمین، اثر چشمگیری می‌گذارد. این تغییرات بیشتر در سطح کفی خارجی کفش^۴ یا در پاشنه اعمال می‌شود. کفی خارجی و پاشنه‌ها در کفش می‌توانند الگوهای بارگذاری مکانیکی در اندام تحتانی را در فاز ایستایی راه رفتن تغییر دهند (۱۱).

پاشنه یکی از اصلاحات رایج در کفش طبی است و اشکال مختلف آن، در درمان بیماری‌های ارتوپدی (۱۲) و کاهش بارهای وارد به اندام تحتانی (۱۳)، تأثیر بسزایی دارد. مطالعات نشان

داده است که پاشنه شیب‌دار با زاویه ده درجه قدامی، می‌تواند نسبت به پاشنه استاندارد، با افزایش سطح تماس در مرحله «پاسخ به بارگذاری»^۵، نیروی عمودی عکس‌العمل زمین را در افرادی که سکنه مغزی کرده‌اند، کاهش دهد (۱۳).

در زمینه تأثیر پاشنه کفش بر نیروهای عکس‌العمل زمین، تحقیقات متعددی صورت گرفته است؛ اما بیشترین تمرکز این مطالعات بر تأثیرات جنس (۱۵، ۱۴، ۹) و ارتفاع پاشنه (۱۶، ۱۰، ۶) بر نیروی عکس‌العمل زمین است و در زمینه تأثیر ساختار و شکل پاشنه کفش بر نیروی عکس‌العمل زمین، مطالعات بسیار محدودی انجام شده است (۱۷، ۱۳).

کاربرد شکل هندسی پاشنه کفش در کلینیک‌ها رایج است؛ اما شواهد علمی محدودی برای حمایت از آن وجود دارد و ملاک‌های تجویز آن‌ها بر اساس نظریات و مشاهدات تجربی همراه با اندکی مطالعه و تأیید علمی است. بر این اساس، اثر شکل پاشنه کفش بر نیروی عکس‌العمل زمین در هنگام راه رفتن نامعلوم است و نشان‌دادن کمی اثر شکل پاشنه در مراحل مختلف راه رفتن بر نیروی عکس‌العمل زمین، به بررسی نیاز دارد.

هدف این مطالعه بررسی و مقایسه تأثیر دو نوع پاشنه استاندارد^۶ و شیب‌دار^۷ در کفش طبی، بر مؤلفه‌های عمودی نیروی عکس‌العمل زمین، در ابتدای فاز ایستایی راه رفتن، در افراد سالم است؛ اما به دلیل اینکه بسیاری از دفورمیتی‌های پا، نوعی عامل تأثیرگذار مجزا بر تغییرات نیروی عکس‌العمل زمین است، این تحقیق درباره افراد سالم صورت گرفت. این مطالعه با بررسی و مقایسه تغییرات نیروی عکس‌العمل زمین در حالت استفاده از شکل‌های متفاوت پاشنه در افراد سالم، راهنمایی برای تجویز دقیق‌تر کفش‌های طبی با توجه به وضعیت راه رفتن بیمار است.

روش بررسی

در این مطالعه مداخله‌ای و شبه‌تجربی، ۳۰ فرد سالم (۱۲ مرد و ۱۸ زن) در محدوده سنی ۱۸ تا ۳۵ سال، بعد از معاینه بالینی، به صورت داوطلبانه شرکت کردند. میانگین و انحراف معیار وزن و قد و شاخص توده بدنی افراد به ترتیب $62/15 \pm 8/72$ کیلوگرم، $166/44 \pm 0/082$ متر و $22/40 \pm 2/50$ کیلوگرم بر متر مربع بود. نمونه‌گیری به صورت غیراحتمالی ساده از بین دانشجویان و کارکنان دانشگاه علوم بهزیستی و توان‌بخشی انجام شد. حجم نمونه بر اساس فرمول $N = Z_{(1-\alpha/2)}^2 \frac{\delta^2}{d^2}$ به دست آمد. مقدار α برابر با ۰/۰۵ است که بر اساس آن، مقدار $Z_{(1-\alpha/2)}$ از جدول سطح زیر منحنی نرمال برابر ۱/۹۶ است و عدد δ و d



در نهایت، به صورت آماده و پاشنه‌دار در اختیار افراد قرار می‌گرفت. پاشنه استاندارد در این تحقیق، پاشنه مستطیلی شکل بود که دیواره خلفی آن، عمود بر سطح زمین است (شکل ۱) و پاشنه شیب‌دار، پاشنه‌ای بود که دیواره خلفی آن با شیب ۱۰ درجه، به طرف قدام زاویه دارد (۱۹) (شکل ۲). به دلیل مشابه بودن شرایط آزمون، سفتی و ارتفاع پاشنه‌ها برای هر سایز کفش یکسان در نظر گرفته شد. جنس رویه همه کفش‌ها از چرم و جنس پاشنه‌ها از لاستیک اتیل ونیل استات بود. با توجه به اینکه متوسط ارتفاع معمول برای کفش‌های طبی، ۲۵ میلی‌متر است (۲۰)، ارتفاع همه پاشنه‌ها ۲۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد.

بر اساس مطالعات مرتبط (۱۰) و ۷ و ۳/۵۸ در نظر گرفته شد که مقدار ۳۰، π نفر برای مطالعه حاضر به دست آمد. شرایط ورود افراد به مطالعه، نداشتن سوپینیشن یا پرونیشن غیر طبیعی بر حسب شاخص پاسچر یا (داشتن نمره بین ۰ تا +۵) (۱۸)، نداشتن اختلاف طول در اندام تحتانی، عدم راستای نامناسب اندام تحتانی شامل والگوم و وروم و عقب‌زدگی زانو، استفاده نکردن از ارتزهای پا و مبتلانی بودن به بیماری‌های اسکلتی عضلانی بود. این مطالعه به مدت ۵ ماه انجام شد. کفش استفاده شده در این آزمون، کفش طبی خام و بدون پاشنه ساخت هلال احمر بود. پاشنه‌ها برای هر کفش ساخته و به آن متصل شد. هر کفش دو پاشنه استاندارد و شیب‌دار داشت و



شکل ۲. نمونه کفش طبی با پاشنه شیب‌دار



شکل ۱. نمونه کفش طبی با پاشنه استاندارد

آزمایشگاه ارگونومی دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی قرار داشت (شکل ۳).

دستگاه به کار رفته برای جمع‌آوری داده‌های نیروی عکس‌العمل زمین، دستگاه صفحه نیروسنج کیستلر مدل A۹۲۸۶ بود که در



شکل ۳. Force plate walkway در آزمایشگاه ارگونومی دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی



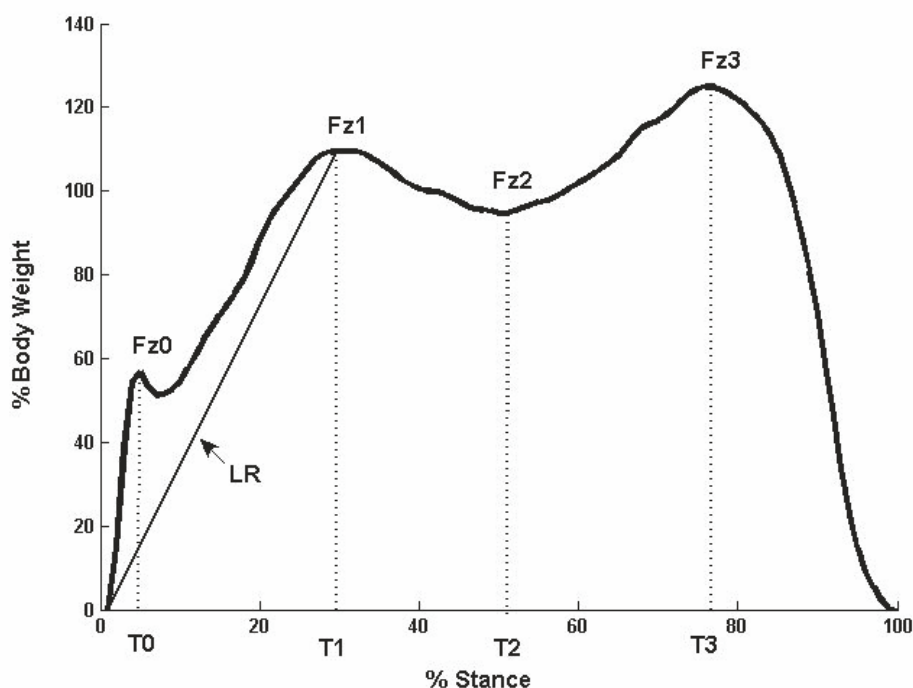
بار راه‌رفتن، دو گام صحیح ثبت می‌شود و بین دو حالت آزمون، پنج دقیقه استراحت در نظر گرفته می‌شود. هنگام اجرای آزمون، فرد برای رسیدن به اولین صفحه نیرو حداقل دو گام برمی‌داشت. سرعت افراد با کرومومتر اندازه‌گیری می‌شد و در صورتی که با سرعت غیرعادی (تند یا خیلی آرام) حرکت می‌کرد یا نگاه خود را به صفحه نیرو جلب می‌کرد یا پایش را خارج از صفحه نیرو قرار می‌داد، آزمون مجدداً تکرار می‌شد. ترتیب وضعیت‌های مختلف نیز به‌طور تصادفی انتخاب شد تا از تأثیر ترتیب آزمون‌ها بر نتایج جلوگیری شود.

متغیرهای نیروی عمودی عکس‌العمل زمین (Fz) که در این تحقیق بررسی شد، شامل نیروی ضربه‌ای (FZ⁰)، زمان نیروی ضربه‌ای (T⁰)، قله اول مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین در مرحله پاسخ به بارگذاری (FZ¹)، زمان قله اول نیروی عمودی (T¹) و نرخ بارگذاری بود (نمودار ۱). نرخ بارگذاری در این تحقیق، از تقسیم قله اول نیروی عکس‌العمل زمین در زمان پاسخ به بارگذاری، تقسیم بر مدت زمان بین تماس اولیه پا و زمان وقوع قله اول محاسبه شد (۱۶).

برای افرادی که شرایط شرکت در تحقیق را داشتند، قبل از ارزیابی و انجام دادن آزمون، روند آن به‌طور کامل توضیح داده می‌شد و سپس، در صورت تمایل فرد به شرکت در تحقیق و پرکردن فرم رضایت‌نامه، معاینه و ارزیابی می‌شد.

قبل از شروع هر حالت آزمون، از فرد خواسته شد تا برای تطابق با کفش، با سرعت مطلوب و طبیعی خود، به مدت پنج دقیقه، در محیط آزمایشگاه راه برود. در ابتدای آزمون برای هر فرد، کالیبره صفحه نیرو با توجه به وزن وی صورت می‌گرفت. همه آنالیزها برای پای غالب انجام شد که برای همه آزمودنی‌ها، پای راست بود. پس از اینکه فرد آمادگی خود را برای آزمون اعلام می‌کرد، از او خواسته می‌شد تا در حالت نگاه به روبه‌رو، با سرعت طبیعی در مسیر هشت‌متری مشخص شده راه برود؛ به طوری که پای غالب فرد در داخل صفحه نیرو سنج قرار بگیرد. آزمون برای هر فرد در سه حالت صورت می‌گرفت:

۱. راه‌رفتن در حالت پابرنه؛
 ۲. راه‌رفتن در حالت استفاده از کفش طبی با پاشنه استاندارد؛
 ۳. راه‌رفتن در حالت استفاده از کفش طبی با پاشنه شیب‌دار.
- برای هر یک از حالت‌ها، فرد حداقل سه بار راه می‌رفت که در هر



نمودار ۱. نمودار نیروی عمودی عکس‌العمل زمین



به طوری که میانگین نیروی ضربه‌ای در حالت پابره‌نه، از سه پاشنه دیگر بیشتر بود. در مقایسه بین پاشنه‌ها، میانگین نیروی ضربه‌ای در پاشنه شیب‌دار نسبت به پاشنه استاندارد افزایش معناداری یافت.

در میانگین زمان نیروی ضربه‌ای، در سه شرط آزمون تفاوت معناداری وجود نداشت ($P > 0.05$). قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در پاشنه استاندارد نسبت به حالت پابره‌نه افزایش معناداری نشان داد ($P < 0.05$); اما بین پای برهنه با پاشنه شیب‌دار در میانگین قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین تفاوت وجود نداشت ($P > 0.05$). زمان وقوع قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در پاشنه‌های استاندارد و شیب‌دار نسبت به حالت پابره‌نه افزایش معناداری یافت ($P < 0.05$). نرخ بارگذاری در پاشنه شیب‌دار نسبت به پای برهنه و پاشنه استاندارد کاهش معناداری یافت ($P < 0.05$). بین حالت پابره‌نه و پاشنه استاندارد در نرخ بارگذاری، تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P = 0.461$). میانگین و انحراف معیار و سطح معناداری داده‌های مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین در ابتدای فاز ایستایی در جدول ۱ بیان شده است.

داده‌های نیروی عکس‌العمل زمین برای هر فرد، با استفاده از نرم‌افزار Bioware جمع‌آوری و براساس وزن وی نرمالیزه شد؛ سپس، داده‌ها وارد برنامه Excel شد و با استفاده از نرم‌افزار MATLAB، متغیرهای مؤلفه عمودی عکس‌العمل زمین استخراج گردید. برای هر فرد به‌طور میانگین، ۶ تست صحیح برای انجام دادن آنالیز آماری استفاده شد؛ سپس، داده‌ها وارد نرم‌افزار SPSS ۱۷ شد. در تمام آزمون‌های آماری، مقدار p کمتر از ۰/۰۵ معنادار در نظر گرفته شد. با توجه به آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، مشخص گردید که توزیع تمام متغیرها نرمال بوده است. سپس، از آزمون ANOVA repeated measure برای ارزیابی و بررسی معنادار بودن داده‌های مربوطه مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین در سه حالت راه‌رفتن پابره‌نه و استفاده از کفش طبی با پاشنه استاندارد و کفش طبی با پاشنه شیب‌دار استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین نیروی ضربه‌ای در حالت پابره‌نه، در مقایسه با کفش با پاشنه‌های شیب‌دار و خلفی مثبت و استاندارد، تفاوت بسیار چشمگیری دارد ($P < 0.0001$);

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین، هنگام راه‌رفتن با پای برهنه و دو نوع پاشنه کفش طبی

متغیر (واحد)	پای برهنه		کفش طبی با پاشنه استاندارد		کفش طبی با پاشنه شیب‌دار	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
	۰/۵۷	۰/۰۷۱	۰/۳۸ * †	۰/۰۷۵	۰/۴۳ *	۰/۰۹۵
Fz (BW%)	۱/۰۶	۰/۰۶۱	۱/۱۰ * †	۰/۰۶۰	۱/۰۵	۰/۰۵۲
Fz (BW%)	۴/۳۲	۰/۹۵	۴/۴۳	۱/۰۲	۴/۳۴	۰/۹۴
OT (stance time%)	۲۳/۶۱	۳/۲۳	۲۵/۳۸ *	۲/۳۳	۲۵/۵۳ *	۲/۴۸
IT (stance time%)	۰/۰۴۶	۰/۰۰۷	۰/۰۴۳ †	۰/۰۰۵	۰/۰۴۱ *	۰/۰۰۵

* تفاوت معنادار ($P < 0.05$) بین حالت پای برهنه و کفش طبی با پاشنه‌های استاندارد و کفش طبی با پاشنه شیب‌دار.

† تفاوت معنادار ($P < 0.05$) بین کفش طبی با پاشنه استاندارد و کفش طبی با پاشنه شیب‌دار.

براساس نتایج، بین نیروی ضربه‌ای که هنگام برخورد پاشنه با زمین در حالت پابره‌نه وارد می‌شود، در مقایسه با کفش با پاشنه‌های شیب‌دار و خلفی مثبت و استاندارد، تفاوت بسیار چشمگیری وجود دارد ($P < 0.0001$); به طوری که میانگین نیروی ضربه‌ای در حالت پابره‌نه، از دو پاشنه دیگر بیشتر بوده است. برای تحلیل این اختلاف، خواص مکانیکی جنس ماده استفاده‌شده در پاشنه‌ها را بررسی می‌کنیم. در ساختار جنس لاستیک پاشنه‌های کفش، ماده اتیل ونیل استات به کار رفته است و احتمالاً کاهش نیروی ضربه‌ای در حالت استفاده از کفش با پاشنه‌های متفاوت نسبت به حالت پابره‌نه، ممکن است به دلیل خاصیت جذب شوک

بحث

افزایش نیروهای عمودی در طول راه‌رفتن به خصوص مرحله ابتدایی فاز راه‌رفتن، ممکن است باعث آسیب‌های ناشی از تکرار، کمردرد و استئوآرتریت زانو، خستگی و... شود (۴). روش‌های مختلفی برای کاهش این نیروها وجود دارد که از میان آن‌ها، می‌توان به استفاده از ساختار جذب شوک به زیره کفش و تغییر در ساختار و شکل پاشنه کفش اشاره کرد. در این تحقیق، تأثیر دو نوع پاشنه کفش بر مؤلفه‌های عمودی نیروی عکس‌العمل زمین در ابتدای فاز ایستایی راه‌رفتن در افراد سالم، بررسی شده است.



جنس ویسکوالاستیک این پاشنه‌ها، هنگام برخورد اولیه با زمین باشد؛ زیرا ماده اتیل ونیل استات به کاررفته در ساختار پاشنه، از مواد ویسکوالاستیک، سبک، مقاوم به فشردگی، انعطاف‌پذیر و جاذب نیروست (۲۱). بنابراین با توجه به شواهد، یکی از عوامل کاهش دهنده نیروی ضربه‌ای هنگام راه رفتن، وجود مواد ویسکوالاستیک در ساختار کفی یا کفش است (۸، ۵).

مطالعه فورنر و همکارانش (۱۹۹۴) نشان داد که تولید و انتقال نیروی ضربه‌ای، از خصوصیات مکانیکی مواد متأثر می‌شود که بزرگ‌ترین نیرو از طریق مواد با سختی کم و ویسکوزیتی زیاد فراهم می‌شود (۲۲). همچنین، مطالعات فونتانا و همکارانش (۲۰۱۲) نشان داد که در مقایسه با حالت پابره‌نه، راه رفتن با کفشی که در ساختار پاشنه آن از مواد ویسکوالاستیک اتیل ونیل استات استفاده شده، باعث کاهش نیروی ضربه‌ای شده است. این محققان بیان کردند که خاصیت مواد جاذب شوک به کاررفته در ساختار پاشنه کفش، باعث می‌شود تا به ناحیه پاشنه آناتومی استرس کمتری وارد شود (۲۳).

پاشنه شیب‌دار در مقایسه با پاشنه استاندارد، نیروی ضربه‌ای را ۰/۰۵۵ افزایش داد که به نظر می‌رسد نوع ساختار پاشنه شیب‌دار به دلیل نداشتن سطح اتکا نسبت به پاشنه خلفی مثبت و پاشنه استاندارد، از مفصل مچ حمایت کمتری می‌کند؛ در نتیجه، احتمالاً به افزایش میزان نیروی عضلانی برای حفظ دامنه حرکت مفصل مچ منجر شده و در نتیجه، در لحظه تماس اولیه پاشنه با زمین، نیروی ضربه‌ای افزایش می‌یابد.

زمان نیروی ضربه‌ای در سه وضعیت پابره‌نه و استفاده از کفش طبی با پاشنه‌های استاندارد و شیب‌دار، تفاوت معناداری نداشت. در توجیه این نبود تفاوت، می‌توان گفت که هنگام راه رفتن طبیعی، در برخورد اولیه پاشنه با زمین، پاشنه به زمین برخورد نمی‌کند (۲۴)؛ در نتیجه اندازه حرکت خطی مفاصل در صفحه حرکت، تقریباً ثابت بوده و میزان نیروی مفصل مچ در پای سالم به وسیله عضلات کنترل شده و ثابت می‌ماند؛ بنابراین، زمان نیروی ضربه‌ای نیز تقریباً در چهار وضعیت آزمون ثابت است.

در مقایسه میانگین قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین، بین حالت پابره‌نه و پاشنه استاندارد تفاوت معناداری مشاهده شد؛ به طوری که پاشنه استاندارد میزان نیرو را ۰/۰۳۸ نسبت به حالت پابره‌نه افزایش داد. از عوامل مؤثر بر قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین، می‌توان به سرعت راه رفتن (۲۵)، افزایش طول مؤثر اندام تحتانی (۶)، جابه‌جایی مرکز جرم بدن (۲۶، ۱۶) و پوشیدن کفش (۲۷، ۲۸) اشاره کرد. به نظر می‌رسد با پوشیدن

کفش، به علت ارتفاع پاشنه کفش و بلندتر شدن طول اندام تحتانی نسبت به حالت پابره‌نه و افزایش ارتفاع مرکز جرم بدن، قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین افزایش می‌یابد.

در تحقیقات گذشته، لی و همکارانش (۲۰۰۳) بیان کردند که ارتفاع پاشنه در کفش با جابه‌جایی مرکز جرم به جلو، باعث افزایش قله اول نیروی عمودی می‌شود (۱۰). فونگ یان و همکارانشان (۲۰۱۲) افزایش قله اول نیروی عمودی در حالت پوشیدن کفش را به دلیل جابه‌جایی مرکز جرم بدن به بالا بیان کردند. مطالعات شاکور و همکاران (۲۰۰۸) (۱۵) و ساکو و همکاران (۲۰۱۰) (۲۷) نشان داد که راه رفتن با کفش در مقایسه با حالت پابره‌نه، باعث افزایش قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در افراد سالم می‌شود. این محققان بیان کردند که کاهش نیروی عمودی هنگام حرکت با پای برهنه، به دلیل راه رفتن محتاطانه‌تر در مقایسه با کفش است. کینان و همکارانشان (۲۰۱۱) افزایش قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین را در حالت پابره‌نه، در مقایسه با کفش در افراد سالم، به تغییر در طول گام و تغییر در گشتاورهای مفاصل زانو و هیپ مرتبط دانستند (۱۴). در این مطالعه نیز شاهد همین نتایج هستیم.

در میانگین «قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین»، بین حالت پابره‌نه و پاشنه شیب‌دار، تفاوت معناداری مشاهده نشد. این موضوع ممکن است به علت رفتار مکانیکی تقریباً یکسان پاشنه شیب‌دار و پای برهنه در قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین باشد؛ زیرا شکل هندسی پاشنه شیب‌دار و شکل آناتومی پاشنه در پای برهنه، به طور تقریبی شبیه هم هستند.

در مقایسه بین پاشنه‌ها، بین پاشنه شیب‌دار نسبت به پاشنه‌های استاندارد در قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین، تفاوت بسیار چشمگیری مشاهده شد ($P < 0/0001$)؛ به طوری که پاشنه شیب‌دار مقدار نیروی عمودی را نسبت به پاشنه استاندارد به گونه‌ای معنادار، ۰/۰۵ کاهش داد. می‌توان این گونه تحلیل کرد که کفش با پاشنه شیب‌دار با اعمال نیروی عضلانی کمتر و در پی آن، با خستگی کمتر مفاصل درگیر در حرکت، یعنی مفاصل مچ و زانو و هیپ، باعث می‌شود حرکت با نرمی بیشتر و کرنش عضلانی کمتر و نیز با غلتش به جلو صورت گیرد؛ بنابراین میزان نیروی عمودی را کاهش داده است (۲۹). شکل هندسی این پاشنه ممکن است با حرکت غلتشی خود، شتاب اولیه در گام برداری را افزایش دهد و به عبارتی، باعث تسهیل راکر اول حرکت شود.

تحقیقات نشان داده است که پاشنه شیب‌دار در مرحله پاسخ به بارگذاری در افراد دچار سکتة مغزی، برای کاهش بار روی اندام



عکس‌العمل زمین است. مقدار نیروی عمودی عکس‌العمل زمین، به‌ویژه در مرحله اولیه فاز ایستایی راه‌رفتن، زیاد است. در سیکل گیت، این مرحله به‌صورت تکرار شونده و در مدت زمان طولانی بر اندام تحتانی اعمال می‌گردد. کاهش دادن این نیروها خطر ایجاد عوارضی مانند کمردرد، استئوآرتریت زانو و آسیب‌های ناشی از تکرار را کمتر می‌کند. یکی از روش‌های کاهش این نیروها، اصلاحات ساختار داخلی یا خارجی کفش‌های طبی است. در دسترس بودن و هزینه کم چنین درمان‌هایی، آن‌ها را جزو گزینه‌های مطلوب درمانی قرار می‌دهد.

در این تحقیق، تأثیر دو شکل مختلف پاشنه کفش بر مؤلفه‌های نیروی عمودی عکس‌العمل، زمین در مرحله اولیه سیکل راه‌رفتن، بررسی شده است. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد کفش‌های طبی با پاشنه‌های متفاوت نسبت به پای برهنه، هر یک به گونه‌ای بر الگوی حرکت در طی چرخه راه‌رفتن تأثیرگذار است. تأثیر هندسه پاشنه بر عملکرد و رفتار مکانیکی مفاصل میچ‌پا، با تنظیم زمان بارگذاری و میزان نیروی اعمالی با سرعت و شتاب متفاوت، یکی از عوامل مهم در طراحی کفش‌های طبی است. پاشنه شیب‌دار در کفش طبی با تغییر فاصله محل اثر نیروی عکس‌العمل زمین نسبت به محور مفصل میچ، باعث تسهیل راکر اول و کاهش قله اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری می‌شود. این را می‌توان در برخی بیماری‌های ارتوپدی که در آن‌ها ممکن است قله اول نیروی عمودی و نرخ بارگذاری در مرحله ابتدایی راه‌رفتن افزایش یابد، یکی از راه‌های درمان ارتزی دانست.

از محدودیت‌های تحقیق حاضر، ناممکن بودن انجام آزمون الکترومیوگرافی عضلانی و دامنه حرکتی مفاصل بود که پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، تحقیقاتی با پاشنه‌های متنوع‌تری درباره جمعیت‌های مختلف بیماران و نیز سایر پارامترهای راه‌رفتن، محل توجه قرار گیرد تا نتایج در درمان‌های کلینیکال کاربرد بیشتری داشته باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله از پایان‌نامه‌ای با عنوان «بررسی تأثیر سه نوع پاشنه استاندارد، خلفی مثبت و شیب‌دار در کفش طبی بر نیروهای عکس‌العمل زمین، در هنگام راه‌رفتن، در افراد سالم» برگرفته شده که با حمایت دانشکده توان‌بخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران (پرودیس میرداماد) اجرا شده است. از کلینیک کفش طبی مرکز جامع توان‌بخشی هلال‌احمر تهران و آزمایشگاه ارگونومی دانشگاه علوم بهزیستی و توان‌بخشی و همه دانشجویان و کارکنان شرکت‌کننده در پژوهش، قدردانی می‌کنیم.

تحتانی کاربرد دارد؛ زیرا در مقایسه با پاشنه استاندارد، در مرحله تماس اولیه پاشنه با زمین، موقعیت نیروی عکس‌العمل زمین را تغییر می‌دهد و با حرکت پا به جلو، به انتقال مرکز فشار به جلو کمک می‌کند و با کم کردن گشتاور خارجی فلکسور زانو، نیاز به انقباض عضله کوآدریسپس را در طول مرحله پاسخ به بارگذاری کاهش می‌دهد. پاشنه شیب‌دار در بیماران سکنه مغزی، به‌عنوان روشی در کاهش نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در فاز «پاسخ به بارگذاری» استفاده می‌شود (۳۰، ۱۳).

بین میانگین نرخ بارگذاری با پاشنه شیب‌دار در مقایسه با پای برهنه، ۰/۰۰۴ کاهش معنادار مشاهده شد. پاشنه استاندارد نرخ بارگذاری را نسبت به حالت پابرهنه ۰/۰۰۲ کاهش داد؛ اما تفاوت معنادار نبود. با توجه به فرمول نرخ بارگذاری $(\frac{F_{Z1}}{T_1})$ ، در پاشنه شیب‌دار در مقایسه با حالت پابرهنه، در میزان F_{Z1} تفاوت معنادار وجود نداشت؛ اما کاهش نرخ بارگذاری در پاشنه شیب‌دار ممکن است به دلیل افزایش T_1 در مقایسه با پای برهنه باشد؛ در نتیجه با افزایش فاصله زمانی از شروع فاز ایستایی تا رسیدن به مرحله پاسخ به بارگذاری، مقدار نیرویی که بر بدن وارد می‌شود، با شتاب کمتری اعمال می‌گردد. ژانگ و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی بیان کردند که در افراد سالم، افزایش نرخ بارگذاری هنگام راه‌رفتن با پای برهنه در مقایسه با کفش، به علت کاهش مدت زمان وقوع قله اول نیروی عکس‌العمل زمین، هنگام راه‌رفتن با پای برهنه است (۳۱).

نرخ بارگذاری $(\frac{F_{Z1}}{T_1})$ در کفش با پاشنه شیب‌دار، در مقایسه با پاشنه استاندارد ۰/۰۰۲ کاهش معناداری نشان داد. با توجه به فرمول نرخ بارگذاری، به علت کاهش معنادار مقدار F_{Z1} در پاشنه شیب‌دار و نبود تفاوت معنادار در مقدار T_1 بین دو پاشنه، نرخ بارگذاری با پاشنه شیب‌دار کاهش معناداری نشان داد. غلتش پاشنه شیب‌دار به سمت جلو و با نیروی عضلانی کمتر، باعث نرمی حرکت شده و سرعت بارگذاری به بدن کاهش می‌یابد. مطالعات نیز نشان داده که پاشنه شیب‌دار نسبت به پاشنه استاندارد، $foot slapping$ را در افراد دچار سکنه مغزی کاهش می‌دهد و باعث می‌شود از پلانتار فلکشن سریع و باضربه به پا هنگام راه‌رفتن جلوگیری شود (۳۰).

چوی و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی بیان کردند که کفش با کفی‌های خارجی گرد و شیب ملایم نسبت به کفش‌های معمولی، به علت حرکت منحنی شکل در کفش، باعث کاهش قله اول نیروی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری می‌شود (۳۱).

نتیجه‌گیری

از نیروهایی که هنگام راه‌رفتن به بدن وارد می‌شود، نیروی



منابع

- 1-Headon R, Curwen R, editors. Recognizing movements from the ground reaction force. 2001 Workshop on Perceptive User Interfaces. 2001:1-8.
- 2-Richards J. Biomechanics in Clinic and Research: An Interactive Teaching and Learning Course. Churchill Livingstone/Elsevier; 2008.
- 3-Riskowski JL, Mikesky AE, Bahamonde RE, Alvey TV, Burr DB. Proprioception, gait kinematics, and rate of loading during walking: are they related? *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*. 2005;5(4):379.
- 4-Creaby MW, May K, Bennell KL. Insole effects on impact loading during walking. *Ergonomics*. 2011;54(7):665-71.
- 5-Whittle MW. Generation and attenuation of transient impulsive forces beneath the foot: a review. *Gait & Posture*. 1999;10(3):264-75.
- 6-Yung-Hui L, Wei-Hsien H. Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and perceived comfort during walking. *Applied Ergonomics*. 2005;36(3):355-62.
- 7-Miller CD, Laskowski ER, Suman VJ. Effect of corrective rearfoot orthotic devices on ground reaction forces during ambulation. *Mayo Clin Proc*. 1996 Aug;71(8):757-62.
- 8-Lafortune MA, Hennig EM. Cushioning properties of footwear during walking: accelerometer and force platform measurements. *Clinical Biomechanics*. 1992;7(3):181-4.
- 9-Koyama K, Umezawa J, Kurihara T, Naito H, Yanagiya T. The influence of position and area of shock absorbing material of shoes on ground reaction force during walking. 6th World Congress of Biomechanics. 2010.
- 10-Li J. Gait and metabolic adaptation of walking with negative heel shoes. *Research in Sports Medicine*. 2003;11(4):277-96.
- 11-Tyrrell W, Carter G. *Therapeutic Footwear: A Comprehensive Guide*. Elsevier Health Sciences; 2008, pp:124-5.
- 12-Xu H, Akai M, Kakurai S, Yokota K, Kaneko H. Effect of shoe modifications on center of pressure and in-shoe plantar pressures. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 1999;78(6):516-24.
- 13-Teasell R. Stroke recovery and rehabilitation. *Stroke*. 2003;34(2):365-6.
- 14-Keenan GS, Franz JR, Dicharry J, Croce UD, Kerrigan DC. Lower limb joint kinetics in walking: The role of industry recommended footwear. *Gait & posture*. 2011;33(3):350-5.
- 15-Shakoor N, Lidtke RH, Sengupta M, Fogg LF, Block JA. Effects of specialized footwear on joint loads in osteoarthritis of the knee. *Arthritis Care & Research*. 2008;59(9):1214-20.
- 16-Barkema D. The effect of heel height on frontal plane joint moments, impact acceleration, and shock attenuation during walking [M.Sc dissertations], *Kinesiology*; 2010.
- 17-Queen RM, Gross MT, Lucas CL, Yu B, Weinhold PS, Kirkendall DT. The Effect of Positive Posterior Heel Flare on Muscle Activation, Kinetics, and Kinematics During Running Gait. University of North Carolina at Chapel Hill; 2004.
- 18-Redmond AC, Crane YZ, Menz HB. Normative values for the foot posture index. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2008;1(1):6.
- 19-Menz HB, Lord ST, McIntosh AS. Slip resistance of casual footwear: implications for falls in older adults. *Gerontology*. 2001;47(3):145-9.
- 20-Hsu JD, Michael J, Fisk J. *AAOS Atlas of Orthoses and Assistive Devices*. Elsevier Health Sciences; 2008, pp:9-51.
- 21-Fornier A, García A-C, Alcántara E, Ramiro J, Hoyos J-V, Vera P. Properties of shoe insert materials related to shock wave transmission during gait. *Foot & Ankle International*. 1995;16(12):778-86.
- 22-Fontanella CG, Forestiero A, Carniel EL, Natali AN. Analysis of heel pad tissues mechanics at the heel strike in bare and shod conditions. *Med Eng Phys*. 2013;35(4):441-7.
- 23-Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation*. 1st ed. St. Louis, Mo: Mosby/Elsevier; 2002.
- 24-Nilsson J, Thorstensson A. Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1989;136(2):217-27.
- 25-Pannell SL. *The Postural and Biomechanical Effects of High Heel Shoes: A Literature Review [Ph.D. dissertation]*, 2012.
- 26-Sacco IC, Akashi PM, Hennig EM. A comparison of lower limb EMG and ground reaction forces between barefoot and shod gait in participants with diabetic neuropathic and healthy controls. *BMC musculoskeletal disorders*. 2010;11(1):24.
- 27-Cavanagh PR, Williams KR, Clarke TE. A comparison of ground reaction forces during walking barefoot and in shoes. *Biomechanics VII-b*. 1981;3:151-6.
- 28-Özkan ÖH. *Technology II of A Research on Footwear and Foot Interaction Through Anatomy and Human Engineering*. İzmir Institute of Technology, İzmir; 2005.
- 29-Goldberg B, Hsu JD, Surgeons AA of O. *Atlas of Orthoses and Assistive Devices*. Mosby; 1997, pp:386-87
- 30-Hang S, Zhang X, Paquette MR. *COMPARISONS OF FLIP-FLOP, SANDAL, BAREFOOT AND RUNNING SHOE IN WALKING*. 2004.
- 31-Choi kj. Analysis of biomechanical differences between general walking shoes and MBT functional walking shoe. Ph.D. Diss. Sungkyunkwan University, Korea. 2003.

The Effect of Standard and Beveled Heels of Orthopedic Shoe on Vertical Ground Reaction Forces During Walking In Healthy Subjects

*Daryabor A. (M.Sc.)¹, Saeedi H(Ph.D.)², Yazdani M (M.Sc.)³, Ghasemi M.S. (Ph.D.)⁴, Kamali M. (Ph.D.)⁵, Nabavi H. (M.Sc.)⁶, Mohammad Pour A. (M.Sc.)⁷

Receive date: 1/05/2013
Accept date: 18/06/2013

- 1- M.Sc. in Orthotics & Prosthetics, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 2- Ph.D. in Orthotics & Prosthetics, Assistant Professor of Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 3- Ph.D. student in Orthotics & Prosthetics, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 4- Ph.D. in Biomechanics, Assistant Professor of Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 5- Ph.D. in Biostatistics, Associate Professor of Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 6- M.Sc. in Biomedical Engineering, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran
- 7- M.Sc. in Biomedical Engineering, Islamic Azad University of Science and Research of Tehran, Tehran, Iran

***Correspondent Author Address:**

Department of orthosis and prosthesis, Rehabilitation college of Tehran university of medical science, Mohseni Squire, Shah Nazari street, Tehran, Iran.

*Tel: +98 (21) 22228051

*E-mail: r_daryabor@yahoo.com

Abstract

Objective: in normal walking, repetitive vertical ground reaction forces are transformed on musculo-skeletal system. Magnitude of force during impact is major contributor to overuse injuries. Purpose of this study was to evaluate the effect of standard and beveled heel at orthopedic shoe on vertical ground reaction forces during walking in healthy subjects.

Materials and Method: 30 healthy adults (12 male, 18 female) participated in this study by simple impossible sampling. Subjects walked along an 8-meter walkway in three different conditions: barefoot, orthopedic shoe with standard heel and orthopedic shoe with beveled heel. Vertical ground reaction force data collected in initial stance phases of walking using Kistler force plate.

Results: Results of this study showed significant increasing in impact force in barefoot compared with orthopedic shoe with standard and beveled heels ($p < 0.0001$). First peak of vertical force and loading rate showed significant reduction in orthopedic shoe with beveled heel compared with orthopedic shoe with standard heel ($p < 0.05$).

Conclusion: using the beveled heel by changing the location of the ground reaction force from the ankle joint axis, facilitated first rocker and reduce first peak of vertical force and loading rate. Because of complication of deleterious loads on lower limb during walking, we could use this type of heel for some of the patient with special orthopedic disease.

Keywords: Standard heel, Beveled heel, Vertical ground reaction force, Walking