

Effect of High Heel Shoes on Spatiotemporal and Dynamic Balance during Walking in Young Women

Keyvan Sharifmoradi¹ , Mohammad Taghi Karimi ^{*2} , Mostafa Kamali Ardekani³

1. **PhD.** Department of Sport Sciences, Humanities Sciences School, University of Kashan, Kashan, Iran
2. **PhD.** Department of Orthotics and Prosthetics, School of Rehabilitation Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
3. Orthotics and Prosthetics Department, Isfahan School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Received: 01.August.2019 Revised: 29.August.2019 Accepted: 03.September.2019 Published Online: 08.September.2019

ABSTRACT

Background and Aims: Joint kinematics, muscle activity, plantar pressure, and ankle joint position changes with wearing high heeled shoes can decrease walking stability, so the assessment of walking stability during walking with high heeled shoes is necessary. The aim of the present study was to assess the effect of high heel shoes on spatiotemporal and dynamic stability during walking.

Materials and Methods: Nine girls with the mean weight of 593.25 ± 17.24 N and height of 1.48 ± 0.14 m participated in the present study. Qualysis motion analysis system and a Kistler force plate were used to record data. Visual 3D software was used to extract spatiotemporal and Centre of Mass (COM) variables. SPSS software was used to analyze data, running dependent t-test, at the set point of 0.05.

Results: The mean displacement of the center of mass in the anterior-posterior plane was 96.69 ± 15.66 cm during walking with 6 cm high heeled shoes which was 7.7cm ($P = 0.03$) and 7.45cm ($P = 0.02$) lower compared with walking without shoes and walking with 3-cm high heeled shoes. Walking speed of 3-cm high heeled shoes (1.51 ± 0.17 m / s) ($P < 0.001$) and walking speed without shoe (1.31 ± 0.36 m/s) ($P = 0.02$) were significantly higher than those of walking with 6-cm high heeled shoes.

Conclusion: According to the results, high heeled shoes reduce the dynamic stability of walking. Waking speed and anterior-posterior displacement of COM of walking with 6-cm high heeled shoes decreased, thus decreasing dynamic stability, and endangering users at the risk of collapse and instability and injury. It is advisable that wearing high heeled shoes be avoided in all populations.

Keywords: Dynamic Stability; COM; High heeled shoes; Walking; Kinematics

How to cite this article: Keyvan sharifmoradi, Mohammad Taghi Karimi, Mostafa Kamali Ardekani. Effect of high heel shoes on spatiotemporal and dynamic balance during walking in young woman. J Rehab Med. 2020; 9(2):93-100.

اثر ارتفاع پاشنه بر متغیرهای فضایی زمانی و تعادل دینامیکی راه رفتن در زنان جوان

کیوان شریف مرادی^۱، محمدتقی کریمی*^۲، مصطفی کمالی اردکانی^۳

۱. استادیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

۲. دانشیار، گروه ارتوپدی فنی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

۳. کارشناس ارشد تربیت بدنی، گروه ارتوپدی فنی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

پذیرش مقاله ۱۳۹۸/۰۶/۱۲

بازنگری مقاله ۱۳۹۸/۰۶/۰۷

دریافت مقاله ۱۳۹۸/۰۵/۱۰

چکیده

مقدمه و اهداف: کفش‌های پاشنه‌بلند با ایجاد تغییرات در کینماتیک مفاصل اندام تحتانی، تغییر فعالیت عضلات مختلف و تغییر در فشار کف پای به مراکز بالاتر تعادل دینامیکی، راه رفتن را دستخوش تغییر می‌کنند؛ لذا بررسی تعادل دینامیکی حین راه رفتن از اهمیت برخوردار است. هدف از تحقیق حاضر بررسی ارتفاع‌های مختلف پاشنه بر متغیرهای فضایی زمانی و تعادل دینامیکی راه رفتن می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در تحقیق حاضر تعداد ۹ دختر جوان با دامنه سنی ۱۸ تا ۲۴ سال، قد $1/49 \pm 0/14$ متر و وزن $59/25 \pm 17/24$ نیوتن به صورت تصادفی شرکت کردند. از دستگاه تحلیل حرکتی Qualysis و صفحه نیرو Kistler جهت ثبت داده‌ها استفاده شد. از نرم‌افزار Visual 3D برای استخراج متغیرهای فضایی زمانی و مرکز جرم استفاده شد. نرم‌افزار SPSS Dependent t-test جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها در سطح معناداری ($\alpha=0/05$) به کار گرفته شد.

یافته‌ها: یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد میانگین متغیرهای جابه‌جایی مرکز جرم در صفحه قدامی خلفی حین راه رفتن با کفش پاشنه ۶ سانتی‌متری $96/69 \pm 15/67$ سانتی‌متر به دست آمد که به ترتیب $7/5$ و $7/45$ سانتی‌متر از راه رفتن بدون کفش و راه رفتن با کفش با پاشنه ۳ سانتی‌متری کمتر بود ($P > 0/05$). سرعت راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند ۳ سانتی‌متری $1/51 \pm 0/17$ متر بر ثانیه ($P > 0/01$) و سرعت راه رفتن در وضعیت بدون کفش $1/31 \pm 0/36$ متر بر ثانیه ($P = 0/02$) به دست آمد که به طور معناداری از راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند ۶ سانتی‌متری ($0/95 \pm 0/14$) بیشتر بود.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد کفش پاشنه‌بلند باعث کاهش تعادل دینامیکی راه رفتن می‌گردد. کاهش سرعت راه رفتن و جابه‌جایی قدامی خلفی مرکز ثقل حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند، به دلیل کاهش تعادل دینامیکی، استفاده‌کنندگان را در معرض خطر سقوط و ناپایداری قرار می‌دهد و می‌تواند منجر به ایجاد آسیب و جراحت شود. توصیه می‌شود تمامی افراد از پوشیدن کفش‌های پاشنه‌بلند اجتناب کنند.

واژه‌های کلیدی: تعادل دینامیکی؛ مرکز جرم؛ کفش پاشنه‌بلند؛ راه رفتن؛ متغیرهای کینماتیکی

نویسنده مسئول: محمدتقی کریمی، دانشیار، گروه ارتوپدی فنی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

آدرس ایمیل: mohammad.karimi.bioengineering@gmail.com

مقدمه و اهداف

و پنجم کمری^[۱۰] و سوم و چهارم کمری^[۱۱] نیز حین راه رفتن با کفش‌های پاشنه‌بلند افزایش می‌یابد. با افزایش ارتفاع پاشنه، نیروی ترمززننده قدامی خلفی بزرگتری ایجاد می‌شود که باعث کاهش سریعتر شتاب مرکز جرم می‌شود.^[۱۲] افزایش شتاب مرکز جرم با پوشیدن کفش‌های پاشنه‌بلند در جهت قدامی خلفی^[۱۲] که با افزایش فعالیت عضلات راست‌کننده ستون فقرات^[۱۱] همراه است، حاکی از آن است که جرم تنه و سر که در جهت قدامی خلفی افزایش یافته، باید ثابت شود و خود می‌تواند نشانه کاهش تعادل راه رفتن با کفش‌های پاشنه‌بلند باشد. سرعت راه رفتن از متغیرهای تعادل دینامیکی می‌باشد که با پوشیدن کفش‌های پاشنه‌بلند سرعت و طول گام کاهش می‌یابد.^[۱۳-۱۵] انتقال زود هنگام مرکز فشار به جلوی پا که با محدود شدن طول گام صورت می‌گیرد نیز نشان دیگری از کاهش تعادل راه رفتن می‌باشد؛ بنابراین پوشیدن کفش پاشنه‌بلند نه تنها روانی حرکت راه رفتن را کاهش می‌دهد بلکه باعث کاهش تعادل راه رفتن نیز می‌شود. از آنجا که کاهش تعادل راه رفتن با خطرات سقوط و آسیب‌های ناشی از آن همراه است، با توجه به مطالعات انجام‌شده هدف از تحقیق حاضر بررسی ارتفاع پاشنه بر متغیرهای فضایی زمانی و تعادل دینامیکی راه رفتن بود. فرضیه اصلی تحقیق حاضر این بود که کفش‌های پاشنه‌بلند تغییر معناداری در تعادل راه رفتن ایجاد نمی‌کنند. دیگر فرضیه تحقیق کنونی این بود که متغیرهای فضایی زمانی حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند و بدون کفش مشابه است.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر، یک تحقیق نیمه تجربی بود که در آن تعداد ۹ دختر جوان با دامنه سن ۱۸ تا ۲۴ سال، قد 174 ± 0.49 متر و وزن 59.3 ± 17.24 نیوتن در این تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی انتخاب شدند. معیار ورود به تحقیق حاضر عبارت بود از (۱) تمامی آزمودنی‌ها از سلامت جسمی و توانایی ایستادن و راه رفتن مستقل برخوردار بودند، (۲) عدم استفاده از کفش پاشنه‌بلند در ۹ ماه اخیر و (۳) فاقد هر گونه ناهنجاری در کف پا. تحقیق حاضر در آزمایشگاه عضلانی-اسکلتی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام شد. قبل از جمع‌آوری اطلاعات، کلیه آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه را تکمیل کردند.

روش جمع‌آوری داده‌ها:

جهت اندازه‌گیری داده‌های کینماتیکی و کینتیکی به ترتیب از سیستم تحلیل حرکتی Qualysis شامل ۷ دوربین (شرکت Qualysis کشور سوئیس) و صفحه نیروی Kistler (شرکت Kistler کشور سوئیس) (500×600 میلی‌متر مدل SA 960) استفاده شد. قبل از انجام مراحل تست‌گیری، چگونگی انجام کار برای آزمودنی‌ها تشریح و آزمودنی‌ها چند بار مسیر گام‌برداری را به صورت

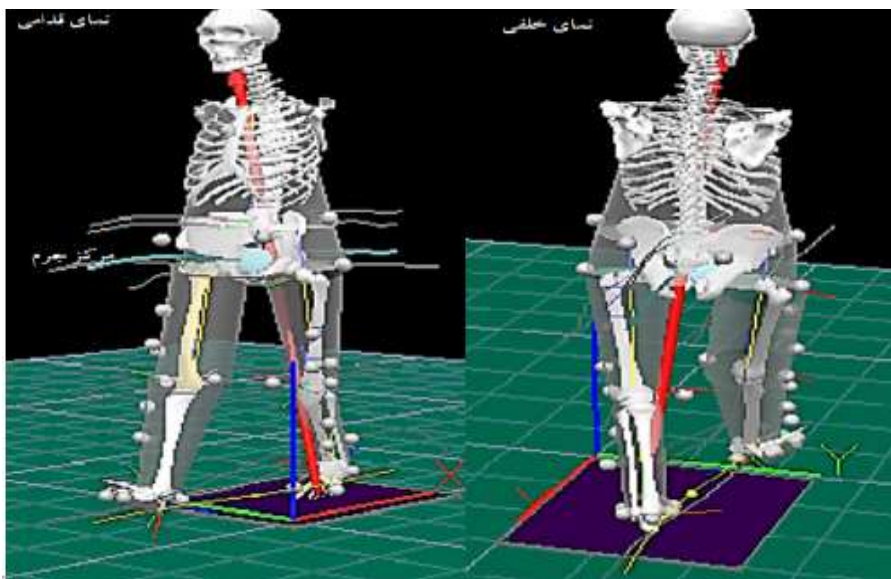
تعادل، توانایی فرد برای حفظ و نگهداری مرکز جرم روی سطح اتکا و توانایی در بازگشت بدن از وضعیت ناپایدار به یک وضعیت پایدار می‌باشد.^[۳-۱] تعادل دینامیکی به حفظ تعادل بدن حین راه رفتن اطلاق می‌شود. راه رفتن، جابه‌جایی بدن از طریق حرکات اندام تحتانی می‌باشد و به عنوان یک حرکت دوطرفه مرکز جرم بدن انسان را با یک حرکت سینوسی به جلو هدایت می‌کند که در آن حداقل انرژی مصرف می‌شود. عوامل زیادی بر تعادل دینامیکی حین راه رفتن موثر می‌باشند که می‌توان به سیستم عصبی-عضلانی، سیستم گوش میانی، گیرنده‌های عمقی، قدرت و انعطاف‌پذیری عضلات و راستای اندام‌ها به خصوص اندام تحتانی اشاره کرد. تغییر و اختلال در هر یک از ساختارهای فوق می‌تواند تعادل دینامیکی راه رفتن را به خطر اندازد. راه رفتن با کفش‌های پاشنه‌بلند تغییراتی در اندام تحتانی ایجاد می‌کند. پوشیدن کفش‌های پاشنه‌بلند کینماتیک مچ پا را تغییر می‌دهد. استراتژی مچ پا حین راه رفتن جهت حفظ و ثبات تعادل دینامیکی از اهمیت زیادی برخوردار است و هنگام ایجاد اختلال در تعادل بسیار حیاتی و ضروری است^[۴] که با تغییر در کینماتیک مچ پا، تغییراتی عمده‌ای در کینماتیک مفصل زانو، لگن و کمر همچنین تغییراتی در فعالیت عضلات اندام تحتانی و کمر و ارسال اطلاعات از سیستم حس عمقی به مراکز بالاتر عصبی صورت می‌گیرد. تغییر در مجموعه این عوامل می‌تواند منجر به تغییر در نگهداری پوسچر و ثبات حین ایستادن و راه رفتن شود. سیستم حسی عمقی اطلاعات را از عضلات پوست و گیرنده‌های مفصلی به مرکز بالاتر ارسال می‌کند. این گیرنده‌های در نظارت آگاهانه بر وضعیت بدن، تعیین موقعیت اندام در فضا و همچنین دامنه و سرعت حرکت آنها دخیل هستند.^[۵] دستگاه سوماتوسنسوری اطلاعات را در مورد موقعیت و حرکت بدن در ارتباط با مرکز سطح اتکا به سیستم عصبی مرکزی ارسال می‌کند^[۶]، این گیرنده‌های محیطی تغییرات موقعیت بدن را تشخیص می‌دهند و نقش مهمی در نگهداری پوسچر بازی می‌کنند^[۷]؛ بنابراین پوشیدن کفش‌های پاشنه‌بلند به دلیل ایجاد تغییرات در مچ پا و همچنین تغییرات در فشار کف پای، باعث تغییر در موقعیت گیرنده‌های حسی عمقی می‌شود که تعادل و پوسچر را تحت تاثیر قرار می‌دهد.^[۸] پوشیدن کفش پاشنه‌بلند بر فعالیت عضلات نیز اثرگذار است. پوشیدن کفش پاشنه‌بلند باعث ایجاد خستگی در عضلات دوقلوی داخلی و خارجی و نازکنی طولی می‌شود که منجر به افزایش اینورژن مچ پا و ناپایداری پا می‌شود.^[۹] افزایش طولانی‌مدت ارتفاع پاشنه بیش از ۵ سانتی‌متر منجر به کاهش تعداد فیبرهای فعال در عضلات دوقلوی داخلی و خارجی می‌گردد که باعث ناپایداری مچ پا می‌شود. همچنین فعالیت عضله راست قدامی را افزایش می‌دهد. از آنجایی که محل ابتدای عضله راست قدامی، خار خارصه‌ای قدامی تحتانی می‌باشد، باعث چرخش لگن رو به جلو می‌شود. فعالیت عضلات راست‌کننده ستون فقرات در سطح مهره‌های چهارم

در این تحقیق، تعادل دینامیکی با استفاده از پارامترهای سرعت راه رفتن، کادنس، طول گام و جابه‌جایی مرکز جرم در جهات مختلف میانی خارجی، قدامی خلفی و عمودی مورد ارزیابی قرار گرفت.^[۱۶، ۱۷]

تعادل دینامیکی با استفاده از ردیابی حرکات مرکز جرم حین راه رفتن اندازه‌گیری شد. نرم‌افزار Visual 3D این امکان را دارد که مرکز جرم آزمودنی را به صورت سه‌بعدی استخراج نماید؛ بنابراین موقعیت مرکز جرم پس از مدل‌سازی بدن آزمودنی در نرم‌افزار Visual 3D استخراج شد. برای همسان‌سازی جابه‌جایی مرکز جرم در جهت داخلی-خارجی و عمودی، مقادیر جابه‌جایی به ترتیب به عرض محدوده اتکا (BOS) و طول اندام تحتانی تقسیم شد. فاصله داخلی-خارجی بین موقعیت مارکرهای متصل‌شده به فوزک خارج (BOS) در سمت چپ و راست به عنوان عرض محدوده اتکا (BOS) تعریف شد. فاصله عمودی بین مفصل ران و زمین به عنوان طول اندام تحتانی تعریف شد (شکل ۱).

پارامترهای منتخب برای تعادل دینامیکی شامل الف) جابه‌جایی در جهت عمودی مرکز جرم نرمالایز شده به طول پا ب) جابه‌جایی در جهت داخلی-خارجی مرکز جرم نرمالایز شده به عرض مرکز اتکا و ج) متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن (سرعت راه رفتن، طول گام و کادنس) می‌باشد.^[۱۶]
^[۱۷] متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن شامل طول گام (فاصله مارکر ایلیاک کرسر از سطح زمین حین فاز استنس راه رفتن)، عرض گام (فاصله بین دو مارکر پاشنه سمت راست و چپ حین راه رفتن در فاز حمایت دوگانه) و سرعت راه رفتن (مسافت جابه‌جاشده طول گام به زمان طی شده) با استفاده از نرم‌افزار QTM استخراج شد.

آزمایشی طی کردند. مدل مارکرگذاری بر اساس مدل توسعه‌یافته در دانشگاه استراسکلاید انجام شد. پس از کالیبراسیون دوربین‌ها و صفحه نیرو، تعداد ۲۶ مارکر منعکس‌کننده نور بر برجستگی‌های استخوانی آزمودنی نصب شد. همچنین چهار کلاستر شامل چهار مارکر بر قسمت میانی ساق و ران سمت چپ و راست متصل شد، یک تست استاتیک درحالی‌که آزمودنی بر روی صفحه نیرو ایستاده بود، گرفته شد. آزمودنی در یک مسیر پیاده‌روی ده متری که صفحه نیرو در وسط این مسیر قرار داشت، گام‌برداری کرد. شروع حرکت آزمودنی با فشردن دکمه استارت شروع شد و از آزمودنی خواسته شد راه برود و پس از عبور از روی صفحه نیرو و ادامه مسیر پنج متری با اعلام توقف از سوی آزمونگر، حرکات آزمودنی ثبت شد. هر آزمودنی ۳ تکرار راه رفتن را انجام داد به طوری که یک پا بر روی صفحه نیرو قرار می‌گرفت. راه رفتن آزمودنی‌ها به صورت تصادفی با کفش پاشنه‌بلند ۶ سانتی متری، با کفش پاشنه‌بلند ۳ سانتی متری و با پای برهنه انجام شد. بین هر تکرار ۳۰ ثانیه استراحت قرار داشت تا از خسته شدن آزمودنی‌ها جلوگیری شود. فرکانس جمع‌آوری داده‌های کینماتیک و کینتیک ۱۰۰ هرتز بود و داده‌ها با فیلتر پایین‌گذر ۱۰ هرتز فیلتر شدند. از نرم‌افزار Qualysis Track Manager نسخه ۷/۵ ساخت شرکت کوالیسیس (کشور آمریکا) جهت ثبت داده‌های فضایی زمانی استفاده شد. خروجی نرم‌افزار Qualysis Track Manager به نرم‌افزار Visual 3D منتقل شد. بعد از مدل‌سازی بدن آزمودنی، متغیرهای مرکز ثقل و متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن جهت ارزیابی تعادل دینامیکی استخراج شد.



شکل ۱. عرض گام و طول پا هنگام راه رفتن در نرم‌افزار Visual 3D

مقایسه بین دو گروه از آزمون تی تست وابسته در محیط نرم‌افزاری SPSS 22 و سطح معناداری ($p > 0.05$) استفاده شد.

تحلیل داده‌ها:

توزیع نرمال داده‌ها توسط نرم‌افزار شاپیرو-ویلک آزمون شد. بعد از اطمینان از توزیع نرمال داده‌ها، جهت

یافته‌ها

بیشتر بود، سرعت راه رفتن با کفش پاشنه بلند ۳ سانتی-متری $1/51 \pm 0/17$ متر بر ثانیه به دست آمد که به طور معناداری از راه رفتن با کفش پاشنه بلند ۶ سانتی-متری ($0/95 \pm 0/14$) بیشتر بود ($P < 0/01$). دیگر متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن با کفش پاشنه بلند ۳ و ۶ سانتی-متری اختلاف معناداری را نشان ندادند ($P > 0/05$).

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن با کفش پاشنه بلند ۳ و ۶ سانتی-متری در جدول ۱ آمده است. همان طوری که مشاهده می‌شود سرعت راه رفتن با کفش پاشنه بلند ۳ سانتی-متری به طور معناداری از سرعت راه رفتن با کفش پاشنه بلند ۶ سانتی-متری

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن با کفش ۳ و ۶ سانتی-متری

متغیرها	کفش پاشنه بلند ۶ سانتی-متر (انحراف استاندارد) میانگین	کفش پاشنه بلند ۳ سانتی-متر (انحراف استاندارد) میانگین	P-value
طول گام (m)	$1/18 \pm 0/05$	$1/19 \pm 0/04$	0/28
طول قدم (m)	$0/16 \pm 0/04$	$0/14 \pm 0/02$	0/20
سرعت (m/s)	$0/95 \pm 0/14$	$1/51 \pm 0/17$	*0/00
کادنس (گام بر دقیقه)	$95/87 \pm 12/57$	$95/63 \pm 10/92$	0/93
استنس (درصد)	$61/07 \pm 4/28$	$61/83 \pm 2/35$	0/69
نوسان (درصد)	$38/93 \pm 4/28$	$38/17 \pm 2/35$	0/69

*معناداری را نشان می‌دهد.

به دست آمد که به طور معناداری از راه رفتن با کفش پاشنه-بلند ۶ سانتی-متری ($0/95 \pm 0/14$) بیشتر بود ($P = 0/02$). در دیگر متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P > 0/05$).

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن با کفش پاشنه بلند ۶ سانتی-متری و بدون کفش در جدول ۲ آمده است. همان طوری که مشاهده می‌شود سرعت راه رفتن در وضعیت بدون کفش $1/31 \pm 0/36$ متر بر ثانیه

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای فضایی زمانی راه رفتن با کفش ۶ سانتی-متری و بدون کفش

متغیرها	کفش پاشنه بلند ۶ سانتی-متر (انحراف استاندارد) میانگین	بدون کفش (انحراف استاندارد) میانگین	P-value
طول گام (m)	$1/18 \pm 0/05$	$1/17 \pm 0/03$	0/43
طول قدم (m)	$0/16 \pm 0/04$	$0/14 \pm 0/02$	0/054
سرعت (m/s)	$0/95 \pm 0/14$	$1/53 \pm 0/36$	*0/02
کادنس (گام بر دقیقه)	$95/87 \pm 12/57$	$95/68 \pm 11/09$	0/95
استنس (درصد)	$61/07 \pm 4/28$	$63/49 \pm 6/86$	0/69
نوسان (درصد)	$38/93 \pm 4/28$	$39/11 \pm 1/21$	0/90

*معناداری را نشان می‌دهد.

سانتی-متری $96/69 \pm 15/67$ سانتی-متر به دست آمد که $7/45$ سانتی-متر از راه رفتن بدون کفش کمتر بود ($P = 0/02$). هیچ‌گونه اختلاف معناداری در دیگر متغیرهای تعادل دینامیکی در صفحه X و Y و Z بین این دو وضعیت مشاهده نشد ($P > 0/05$).

میانگین متغیرهای تعادل دینامیکی در دو وضعیت خام و نرمالایز شده حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند ۳ و ۶ سانتی-متری در جدول ۳ آمده است. همان گونه که مشاهده می‌شود جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحه قدامی خلفی حین راه رفتن با کفش پاشنه ۶

جدول ۳. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای تعادل دینامیکی بین وضعیت راه رفتن با کفش ۳ و ۶ سانتی-متری

متغیرها	کفش پاشنه بلند ۶ سانتی-متر (انحراف استاندارد) میانگین	کفش پاشنه بلند ۳ سانتی-متر (انحراف استاندارد) میانگین	P-value
جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحه قدامی خلفی (سانتی-متر)	$96/69 \pm 15/67$	$104/14 \pm 13/21$	0/02*
جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحه داخلی خارجی (سانتی-متر)	$3/21 \pm 1/53$	$3/60 \pm 0/91$	0/60
جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحه عمودی (سانتی-متر)	$3/12 \pm 0/41$	$3/12 \pm 0/30$	0/98
جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحه قدامی خلفی (نرمالایز شده به طول گام)	$0/83 \pm 0/14$	$0/83 \pm 0/12$	0/90
جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحه داخلی-خارجی (نرمالایز شده به عرض گام)	$0/04 \pm 0/02$	$0/04 \pm 0/01$	0/37
جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحه عمودی (نرمالایز شده به طول پا)	$0/02 \pm 0/00$	$0/02 \pm 0/00$	0/29

*معناداری را نشان می‌دهد.

۷/۵ سانتی‌متر از راه رفتن بدون کفش کمتر بود ($P=0/03$). در دیگر متغیرهای تعادل دینامیکی هیچ‌گونه اختلاف معناداری در متغیرهای تعادل دینامیکی در صفحه X و Y و Z در این دو وضعیت مشاهده نشد ($P>0/05$).

میانگین متغیرهای تعادل دینامیکی در دو وضعیت خام و نرمالایز شده حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند ۶ سانتی‌متری و بدون کفش در جدول ۴ آمده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود جابه‌جایی مرکز جرم در صفحه قدامی خلفی حین راه رفتن با کفش پاشنه ۶ سانتی‌متری $96/69 \pm 15/67$ سانتی‌متر به دست آمد که

جدول ۴. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای تعادل دینامیکی بین وضعیت راه رفتن با کفش ۶ سانتی‌متری و بدون کفش

P-value	کفش پاشنه‌بلند ۶ سانتی‌متر		متغیرها
	بدون کفش (انحراف استاندارد) میانگین	(انحراف استاندارد) میانگین	
0/03*	$104/20 \pm 11/41$	$96/69 \pm 15/67$	جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحه قدامی خلفی (سانتی‌متر)
0/60	$3/89 \pm 1/38$	$3/21 \pm 1/53$	جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحه داخلی-خارجی (سانتی‌متر)
0/08	$2/82 \pm 0/24$	$3/12 \pm 0/41$	جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحه عمودی (سانتی‌متر)
0/15	$0/89 \pm 0/10$	$0/83 \pm 0/14$	جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحه قدامی خلفی (نرمالایز شده به طول گام)
0/30	$0/05 \pm 0/02$	$0/04 \pm 0/02$	جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحه داخلی-خارجی (نرمالایز شده به عرض گام)
0/23	$0/02 \pm 0/00$	$0/02 \pm 0/00$	جابه‌جایی مرکز ثقل در صفحه عمودی (نرمالایز شده به طول پا)

*معناداری را نشان می‌دهد.

باشد که در تحقیقات قبلی ارتفاع پاشنه کفش ۹ سانتی‌متر بود، درحالی‌که در تحقیق حاضر ارتفاع پاشنه کفش ۶ سانتی‌متر بود و این اختلاف ارتفاع در عدم معنادار بودن نتایج نقش داشته باشد.

نتایج تعادل دینامیکی در شرایط نرمالایز شده و نرمالایز نشده اختلاف معناداری بین راه رفتن با کفش پاشنه-بلند ۶ سانتی‌متری با راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند ۳ سانتی-متری و بدون کفش نشان داد. جابه‌جایی مرکز جرم در صفحه قدامی خلفی حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند ۶ سانتی‌متری ۷/۵ و ۷/۴۵ سانتی‌متر کمتر از راه رفتن بدون کفش و راه رفتن با پاشنه ۳ سانتی‌متری بود. اگرچه جابه‌جایی عمودی مرکز جرم تفاوت معناداری را حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند ۶ سانتی‌متری و بدون کفش نشان نداد، ولی به عدد معناداری نزدیک بود ($P=0/08$). جابه‌جایی عمودی مرکز جرم در وضعیت با کفش پاشنه‌بلند ۶ سانتی-متر $3/89$ سانتی‌متر بود که $0/6$ سانتی‌متر از راه رفتن بدون کفش بیشتر بود.

جابه‌جایی عمودی مرکز جرم یک مزیت هنگام راه رفتن محسوب می‌شود.^[۱۹] در نیمه اولیه فاز استنس شتاب مرکز جرم بدن کاهش یافته، به سمت بالا حرکت می‌کند و در نیمه دوم فاز استنس مرکز جرم بدن شتاب گرفته و از ارتفاع آن کاسته می‌شود.^[۱۹] با بالا رفتن مرکز جرم، انرژی پتانسیل ذخیره شده و با پایین آمدن مرکز جرم، انرژی پتانسیل ذخیره شده به انرژی جنبشی تبدیل می‌گردد. پوشیدن کفش پاشنه‌بلند از آن جهت که مچ پا را در وضعیت پلاننار فلکشن

بحث

تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر ارتفاع پاشنه بر متغیرهای فضایی زمانی و تعادل دینامیکی راه رفتن انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که سرعت راه رفتن با پوشیدن کفش پاشنه‌بلند ۶ سانتی‌متری به طور معناداری از سرعت راه رفتن با پوشیدن کفش پاشنه‌بلند ۳ سانتی‌متری و بدون کفش کمتر بود. متغیرهای تعادل دینامیکی حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند ۶ سانتی‌متری هیچ‌گونه تفاوت معناداری با وضعیت راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند ۳ سانتی‌متری و بدون کفش نداشت.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سرعت راه رفتن حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند ۶ سانتی‌متری به طور معناداری از راه رفتن بدون کفش کمتر بود. طول گام، زمان طول گام، کادنس، حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند ۶ سانتی‌متری و بدون کفش هیچ‌گونه تفاوت معناداری نشان نداد. تحقیقات قبلی نشان دادند سرعت راه رفتن حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند در مقایسه با راه رفتن بدون کفش به طور معناداری کاهش می‌یابد^[۱۵-۱۳، ۱۰] و کادنس^[۱۰]، درصد فاز نوسان^[۱۸، ۱۰] و درصد فاز استنس^[۱۸] نیز بدون تغییر باقی می‌ماند که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر همسو می‌باشد؛ از طرفی دیگر، تحقیقات نشان دادند که طول گام، و درصد فاز استنس^[۱۰] حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند کاهش می‌یابد که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مغایر است. شاید علت مغایرت نتایج قبلی با نتایج تحقیق حاضر به این خاطر

پلانتار فلکشن علاوه بر تغییر موقعیت مچ پا، تغییراتی در فشار کف پای ایجاد می‌کند که ارسال اطلاعات به سیستم عصبی جهت ارزیابی موقعیت و فشار کف پای را تغییر می‌دهد که این گیرنده‌های محیطی تغییرات موقعیت بدن را تشخیص می‌دهند و نقش مهمی در نگهداری پوسچر بازی می‌کنند.^[۸] تغییرات ایجادشده در مچ پا و کف پا به همراه تغییرات در فشار کف پای، باعث تغییر در موقعیت گیرنده‌های حسی عمقی می‌شود که اطلاعات ارسالی به مراکز بالاتر عصبی را دستخوش تغییر می‌کند و این مسئله می‌تواند تعادل و پوسچر را تحت تاثیر قرار دهد.^[۸] به علاوه، پوشیدن کفش پاشنه‌بلند از طریق ایجاد خستگی در عضلات دوقلوی داخلی و خارجی و نازک‌کنی طول^[۹] و افزایش فعالیت عضلات راست‌کننده ستون فقرات در سطح مهره‌های چهارم و پنجم کمری^[۱۰] و سوم و چهارم کمری^[۱۱] بر کاهش تعادل اثرگذار است. افزایش طولانی مدت استفاده از کفش با ارتفاع پاشنه بیش از ۵ سانتی‌متر منجر به کاهش تعداد فیبرهای فعال در عضلات دوقلوی داخلی و خارجی می‌گردد که باعث ناپایداری مچ پا می‌شود.

جابه‌جایی قدامی خلفی مرکز جرم حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند ۷/۵ سانتی‌متر از راه رفتن بدون کفش کمتر بود که نشان از کاهش حرکت قدامی خلفی مرکز جرم حین راه رفتن با کفش‌های پاشنه‌بلند می‌باشد.

نتیجه‌گیری

کفش پاشنه‌بلند باعث کاهش تعادل دینامیکی راه رفتن می‌گردد. کاهش سرعت راه رفتن و جابه‌جایی قدامی خلفی مرکز ثقل به همراه افزایش جابه‌جایی عمودی مرکز ثقل حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند، به دلیل کاهش تعادل دینامیکی، استفاده‌کنندگان را در معرض خطر سقوط و ناپایداری قرار می‌دهد و می‌تواند منجر به ایجاد آسیب و جراحت شود. توصیه می‌شود تمامی افراد از پوشیدن کفش‌های پاشنه‌بلند اجتناب کنند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت‌های مرکز تحقیقات عضلانی-اسکلتی دانشکده توانبخشی دانشگاه اصفهان و معاونت پژوهشی دانشگاه اصفهان تشکر می‌گردد.

قفل نگه می‌دارد، نمی‌تواند به خوبی جذب انرژی در نیمه اول فاز استنس و تولید انرژی در نیمه دوم فاز استنس را ایجاد کند؛ بنابراین از حرکات طبیعی مچ پا کاسته می‌شود.

عضلات چهارسرانی و سربینی بزرگ از شتاب مرکز جرم در نیمه اول فاز استنس می‌کاهد، در حالی که عضلات دوقلو و نعلی باعث شتاب بخشیدن به مرکز جرم در نیمه دوم فاز استنس و هل دادن مرکز جرم به جلو و بالا می‌شود.^[۱۰] شاید یکی از دلایل افزایش جابه‌جایی عمودی مرکز جرم حین راه رفتن با کفش‌های پاشنه‌بلند به این خاطر باشد که کفش‌های پاشنه‌بلند مچ پا را در وضعیت پلانتار فلکشن قرار می‌دهد و افزایش پلانتار فلکشن مچ پا زانو به فلکشن می‌رود که باعث تیلت قدامی لگن می‌گردد.^[۱۱] افزایش فلکشن زانو عضله دوقلو استخوان ران را می‌کشد و باعث خم شدن زانو می‌شود. عضله راست قدامی به عنوان نیروی مخالف فعال می‌شود تا از خم شدن بیش از حد زانو جلوگیری کند. وقتی که عضله راست قدامی فعال شد، چون از خار خاصه قدامی تحتانی منشا می‌گیرد باعث تیلت قدامی لگن می‌شود و لوردوز کمری را افزایش می‌دهد.^[۱۲] افزایش فلکشن زانو و لوردوز کمری که در فاز لودینگ صورت می‌گیرد، یک مکانیزم محافظتی برای افزایش انطباق مفصل زانو و افزایش خاصیت جذب نیرو و جلوگیری از آسیب در این مفصل می‌باشد که این مکانیزم باعث کاهش بیشتر ارتفاع مرکز جرم شده، در نتیجه اختلاف ارتفاع عمودی مرکز جرم حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند کاهش می‌یابد. Annoni و همکارانش توضیح دادند که پایین بودن مرکز جرم حین راه رفتن با کفش‌های پاشنه‌بلند ممکن است با این حقیقت تشریح شود که حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند ترکیبی از لوردوز کمری و فلکشن زانو صورت گیرد.^[۱۳]

متغیر سرعت گام‌برداری یک متغیر مهم سنجش تعادل دینامیکی راه رفتن می‌باشد؛ هرچه سرعت گام‌برداری بیشتر باشد، تعادل دینامیکی راه رفتن نیز بیشتر است.^[۱۴] کاهش جابه‌جایی مرکز جرم، در جهات مختلف عمودی، قدامی خلفی و داخلی-خارجی، به شرط ثابت بودن سرعت راه رفتن، نشان‌دهنده افزایش تعادل دینامیکی راه رفتن است. کاهش معناداری در جابه‌جایی قدامی خلفی مرکز جرم، حین راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند از آنجایی که با کاهش سرعت راه رفتن همراه بود، نشان می‌دهد تعادل دینامیکی راه رفتن با کفش پاشنه‌بلند کاهش یافته است. قرار گرفتن پا در وضعیت

منابع

- Jacobson GP. Handbook of balance function testing: Mosby Elsevier Health Science; 1993.
- inter DA, Patla AE, Ishac M, Gage WH. Motor mechanisms of balance during quiet standing. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2003;13(1):49-56.
- Winter DA, Patla AE, Rietdyk S, Ishac MG. Ankle muscle stiffness in the control of balance during quiet standing. Journal of Neurophysiology. 2001;85(6):2630-3.
- Runge C, Shupert C, Horak F, Zajac F. Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. Gait & posture. 1999;10(2):161-70.
- Cohen H. Neurociência para fisioterapeutas: incluindo correlações clínicas: Manole; 2001.
- Snow RE, Williams KR. High heeled shoes: their effect on center of mass position, posture, three-dimensional kinematics, rearfoot motion, and ground reaction forces. Archives of physical medicine and rehabilitation. 1994;75(5):568-76.

7. Jeka J, Schöner G, Dijkstra T, Ribeiro P, Lackner JR. Coupling of fingertip somatosensory information to head and body sway. *Experimental Brain Research*. 1997;113(3):475-83.
8. Gerber SB, Costa RV, Grecco LAC, Pasini H, Marconi NF, Oliveira CS. Interference of high-heeled shoes in static balance among young women. *Human movement science*. 2012;31(5):1247-52.
9. Gefen A, Megido-Ravid M, Itzhak Y, Arcan M. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Gait & Posture*. 2002;15(1):56-63.
10. Lee C-M, Jeong E-H, Freivalds A. Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes. *International journal of industrial ergonomics*. 2001;28(6):321-6.
11. Mika A, Oleksy L, Mika P, Marchewka A, Clark BC. The effect of walking in high-and low-heeled shoes on erector spinae activity and pelvis kinematics during gait. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2012;91(5):425-34.
12. Stefanyshyn DJ, Nigg BM, Fisher V, O'Flynn B, Liu W. The influence of high heeled shoes on kinematics, kinetics, and muscle EMG of normal female gait. *Journal of Applied Biomechanics*. 2000;16(3):309-19.
13. Annoni I, Mapelli A, Sidequersky FV, Zago M, Sforza C. The effect of high-heeled shoes on overground gait kinematics in young healthy women. *Sport Sciences for Health*. 2014;10(2):149-57.
14. Barkema DD, Derrick TR, Martin PE. Heel height affects lower extremity frontal plane joint moments during walking. *Gait & posture*. 2012;35(3):483-8.
15. Chien H-L, Lu T-W, Liu M-W. Control of the motion of the body's center of mass in relation to the center of pressure during high-heeled gait. *Gait & posture*. 2013;38(3):391-6.
16. Buzzi UH, Ulrich BD. Dynamic stability of gait cycles as a function of speed and system constraints. *Motor control*. 2004;8(3):241.
17. Dingwell J, Cusumano J, Sternad D, Cavanagh P. Slower speeds in patients with diabetic neuropathy lead to improved local dynamic stability of continuous overground walking. *Journal of biomechanics*. 2000;33(10):1269-77.
18. Opila-Correia K. Kinematics of high-heeled gait with consideration for age and experience of wearers. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1990;71(11):905-9.
19. Ortega JD, Farley CT. Minimizing center of mass vertical movement increases metabolic cost in walking. *Journal of Applied Physiology*. 2005;99(6):2099-107.
20. Jansen K, De Groote F, Massaad F, Meyns P, Duysens J, Jonkers I. Similar muscles contribute to horizontal and vertical acceleration of center of mass in forward and backward walking: implications for neural control. *Journal of neurophysiology*. 2012;107(12):3385-96.
21. Wiedemeijer MM, Otten E. Effects of high heeled shoes on gait. A review. *Gait & posture*. 2018 ;1;61:423-30.