

The Effect of High Heel Shoes on Muscles Forces and Joint Contact ForcesSharifmoradi K¹, Karimi M.T²,**Abstract**

Purpose: It is important to recognize the mechanism of forces applied on lower limbs and back during walking with high heel shoes. Raising public awareness about the disadvantages of using these shoes is effective in reducing the incidence of related musculoskeletal disorders. Therefore, the present study aims to investigate the effect of high heel shoes on muscle forces and joint contact forces during walking.

Methods: A total of 9 young girls with a mean age of 21.34 ± 3.83 years, height of 1.49 ± 0.14 meters, and a weight of 593.25 ± 17.24 , were randomly included in this study. The Qualysis motion analyzer and Kistler's Forces Plate were used to record data. Open-SIM software was used to extract muscular force and joint contact force. Data were analyzed by paired sample t-test at the set point of 0.05.

Results: Gluteus medius muscle forces during walking with high heels was 46.4 (N/BW) which was 1.96 (N/BW) greater than walking without shoes ($p=0.02$). The forces applied on the hip joint in mediolateral plane was significantly higher than walking with bare feet ($p=0.001$). The vertical force applied on lumbosacral joint during walking with high heel shoes was significantly greater than walking without shoe ($p<0.001$).

Conclusion: Gletus medius muscle force, hip joint contact force on the frontal plane, and the vertical joint contact force of the lumbosacral joint was significantly increased while walking with high heel shoes. It can be said that continuous use of high-heeled shoes, not only affect the hip joint, but also affect the lumbosacral joint and can be a source of damage to theses joints, and may endanger at the risk of osteoarthritis. Therefore, it is recommended that these users avoid to wearing high heel shoes because of the traumatic consequences.

Keywords: Hip joint, Lumbosacral joint, OpenSim, high heel shoes, Walking

Received: 2018.05.09 Accepted: 2019.06.19

اثر ارتفاع پاشنه کفش بر نیروی عضلانی و نیروی تماس مفصلی حین راه رفتنکیوان شریف مرادی^۱، محمد تقی کریمی^۲

هدف: شناخت مکانیزم نیروهای وارده بر کمر حین راه رفتن با کفش های پاشنه بلند از اهمیت برخوردار است. افزایش آگاهی عمومی در ارتباط با معایب استفاده از این کفش ها، در کاهش بروز اختلالات عضلانی اسکلتی مرتبط موثر است. لذا تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر ارتفاع پاشنه کفش بر نیروی عضلانی و نیروی تماس مفصلی حین راه رفتن می باشد.

روش بررسی: تعداد ۹ دختر جوان با دامنه قد $1/49 \pm 0/14$ متر و وزن $60/53 \pm 1/76$ کیلوگرم به صورت تصادفی در این مطالعه شرکت کردند. مشخصات کینماتیک و کینتکی راه رفتن با کفش پاشنه بلند ۶ سانتی متری و بدون کفش با استفاده از دستگاه تحلیل حرکتی Qualysis و فورس پلیت Kistler ثبت شد. از نرم افزار OpenSim برای استخراج متغیرهای نیروی عضلانی و نیروی تماس مفصلی استفاده شد. از نرم افزار SPSS و روش آماری تی وابسته جهت تجزیه و تحلیل داده ها در سطح معنی داری ($\alpha=0/05$) استفاده شد.

یافته ها: نیروی عضله سرینی میانی حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند $4/46$ بود که $1/96$ (نیوتن/وزن بدن) از راه رفتن بدون کفش بیشتر بود ($p=0/02$). نیروی وارده بر مفصل ران در صفحه داخلی خارجی حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند $4/98$ (نیوتن/وزن بدن) بدست آمد که به طور معنی داری از راه رفتن با پای برهنه بیشتر بود ($p=0/001$). نیروی عمودی تماس

مفصل کمری خاجی حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند ۵۸/۰ (نیوتن/وزن بدن) به طور معنی داری از راه رفتن بدون کفش بیشتر بود ($p=0/001$).

نتیجه گیری: راه رفتن با کفش پاشنه بلند فعالیت عضله سرینی میانی، نیروی تماس مفصل ران در صفحه فرونتال و نیروی عمودی تماس مفصل کمری خاجی را به طور معنی داری افزایش می دهد. شاید بتوان گفت استفاده مداوم از کفش پاشنه بلند بدلیل اعمال نیروی بیشتر تماس مفصلی، نه تنها مفصل کمری خاجی، بلکه مفصل ران را نیز تحت تاثیر قرار می دهد و ممکن است منشا ریز آسیب در این مفاصل گردد و آن ها را در معرض خطر آرتروز قرار دهد.

کلمات کلیدی: مفصل ران، مفصل کمری خاجی، اوپن سیم، کفش پاشنه بلند، راه رفتن

ORCID: 0000-0001-6123-0035

نویسنده مسئول: کیوان شریف مرادی، ksharifmoradi@gmail.com

آدرس: کاشان، دانشگاه کاشان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه تربیت بدنی

۱- استادیار گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

۲- دانشیار گروه ارتوپدی فنی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

مقدمه

استفاده از کفش های پاشنه بلند در بین خانم ها رایج است به طوری که ۷۰٪ زنان کفش های پاشنه بلند می پوشند و ۴۰ درصد از آن ها به طور روزانه از این کفشها استفاده می کنند(۱). اگر چه متخصصان در مورد اثرات زیانبار این کفش ها هشدار می دهند لیکن زنان همچنان به پوشیدن کفش های پاشنه بلند اصرار می ورزند به طوری که امروزه میلیون ها زن از این گونه کفش ها استفاده می کنند (۱).

پوشیدن کفش های پاشنه بلند بر راه رفتن و مشخصه های بیومکانیکی راه رفتن اثر گذار است. با پوشیدن کفش های پاشنه بلند، مچ پا در یک وضعیت پلانتر فلکشن قفل می گردد (۲،۳) دورسی فلکشن کمتر و اوژن کمتر از فاز ضربه پاشنه تا فاز بلند شدن انگشت شست در مفصل تحت قاپی هنگام راه رفتن با کفش های پاشنه بلند مشاهده شد (۴). این وضعیت عملکرد طبیعی مچ پا حین راه رفتن که شامل پلانتر فلکشن^۱ در فاز ضربه پاشنه، دورسی فلکشن^۲ از فاز صاف شدن پا تا فاز بلند شدن پاشنه و یک پلانتر فلکشن از فاز بلند شدن پاشنه تا فاز بلند شدن انگشت شست می باشد را مختل می کند و در سرتاسر فاز ایستایی، پا در یک وضعیت پلانتر فلکشن اجباری کفش باقی می ماند(۵،۶). قرار گرفتن پا در وضعیت پلانتر فلکشن دائمی نه تنها باعث ضعف و درد مچ پا می شود بلکه باعث افزایش فلکشن در

ران و زانو و تغییر در لگن و مهره های کمری می شود (۷-۱۰). قرار گرفتن مچ پا در وضعیت پلانتر فلکشن دائمی با عدم توانایی مچ پا در جذب نیروهای وارده به مفاصل همراه است، به ناچار این نیروها بایستی در مفاصل بالاتر و به مقدار بیشتری جذب شود که افزایش نیروهای تجمعی در کمر می تواند منجر به درد و آسیب در این ناحیه شود.

تحقیقات در زمینه اثر کفش های پاشنه بلند بر کمر نتایج متناقضی را نشان می دهد (۷-۱۰)، برخی تحقیقات افزایش تیلت قدامی لگن (۱۱) و افزایش زاویه قوس کمری (۱۰-۱۵، ۷) برخی دیگر تحقیقات تیلت خلفی لگن و کاهش زاویه قوس کمری (۱۶، ۱۰، ۹) و دیگر تحقیقات عدم تغییر در زاویه قوس کمری با پوشیدن کفش های پاشنه بلند (۸، ۱۷، ۱۸) را گزارش کردند. تحقیقات در ارتباط با اثر کفش های پاشنه بلند بر فعالیت عضلات تنه و کمر حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند نیز نتایج متفاوتی را در این زمینه بیان می کند. برخی تحقیقات عدم تغییر در فعالیت الکتریکی عضلات ارکتور اسپاین (۱۹)، برخی دیگر از تحقیقات عدم تغییر در فعالیت عضلات شکمی (۲۰) و دیگر تحقیقات افزایش اوج فعالیت عضلات کمری را حین پوشیدن کفش های پاشنه بلند گزارش کرده اند (۲۳-۲۱، ۱۰). محققان هیچ گونه تغییری در فعالیت الکتریکی عضلات ارکتور اسپاین زنان (۱۹) و فعالیت عضلات شکمی و پشت (۲۰) هنگام راه رفتن کفش پاشنه بلند مشاهده نکردند.

¹ Plantar Flexion

² Dorsi Flexion

استفاده از آن را افزایش دهد. از آنجایی که ارتقاء بهداشت عمومی در جامعه با افزایش آگاهی اقشار مختلف جامعه امکان پذیر است لذا تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر ارتفاع کفش پاشنه بلند بر نیروی عضلانی و نیروی تماس مفصلی کمری خاجی و ران می باشد.

روش بررسی

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بود. تمامی آزمودنی ها از سلامت جسمی و توانایی ایستادن و راه رفتن مستقل برخوردار بودند. جامعه آماری تحقیق، دانشجویان دانشکده توانبخشی دانشگاه اصفهان می باشد. نمونه آماری این تحقیق به صورت تصادفی از بین دانشجویان دانشکده توانبخشی انتخاب شدند. با توجه به اینکه مدلسازی ۲ نفر از آزمودنی ها، بدلیل ناپدید شدن مارکرها در نرم افزار «Visual 3D» امکان پذیر نبود، آزمودنی های پژوهش ۱۱ نفر در نظر گرفته شد. پارامترهای منتخب در این مطالعه عبارتند از: نیروی تماس مفصل کمری خاجی، نیروی تماس مفصل ران و نیروی عضلات. نیروهای تماس مفصلی و نیروهای عضلانی به جرم بدن هر آزمودنی نرمالایز شدند.

جهت اندازه گیری داده های 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) (۵۰۰*۶۰۰ میلی متر مدل SA 960) استفاده شد (۲۸). پس از کالیبراسیون دوربین ها و صفحه نیرو، تعداد ۲۶ مارکر منعکس کننده نور بر برجستگی های استخوانی آزمودنی نصب شد همچنین چهار کلاستر شامل چهار مارکر بر قسمت میانی ساق و ران سمت چپ و راست متصل می شد، یک آزمون استاتیک در حالی که آزمودنی بر روی صفحه نیرو ایستاده بود گرفته شد سپس ویژگی های راه رفتن آزمودنی ها حین راه رفتن ثبت شد. هر آزمودنی ۳ تکرار راه رفتن را انجام داد به طوری که یک پا بر روی صفحه نیرو قرار می گرفت. راه رفتن آزمودنی ها به صورت تصادفی با کفش پاشنه بلند ۶ سانتی متری و با پای برهنه انجام شد. بین هر تکرار ۳۰ ثانیه استراحت قرار داشت تا از خسته شدن آزمودنی ها جلوگیری شود. فرکانس جمع آوری داده ها ۱۰۰ هرتز بود و داده ها با فیلتر پایین گذر ۱۰ هرتز فیلتر شدند. از نرم افزار

اگر استفاده طولانی مدت از کفش های پاشنه بلند باعث افزایش لوردوز شود ممکن است منجر به تغییرات ساختاری تاندن و عضله گردد. تحقیقات افزایش فعالیت عضلات در پایین کمر هنگام پوشیدن کفش های پاشنه بلند را گزارش کرده است (۲۳-۲۱، ۱۰). با افزایش ارتفاع پاشنه کفش حداکثر الکترومیوگرافی عضلات کمری در ناحیه مهره چهار و پنج کمری به طور معنی داری افزایش یافت (۱۰) و عضلات ارکتور اسپاین زودتر فعال شدند (۲۳). فعالیت زود هنگام عضلات ارکتور اسپاین به همراه افزایش یا کاهش لوردوز کمری، ممکن است فشردگی ستون فقرات را افزایش دهد و در نهایت به خستگی عضلانی و کمردرد منجر شود (۱۰، ۲۰). در حقیقت انقباضات عضلات کمری با حداقل ۲ درصد حداکثر قدرت می تواند اکسیژن بافت را کاهش دهد و انقباضات طولانی مدت ایزومتریک در این شدت با آسیب استرین مکرر کمر ارتباط دارد (۲۴) بنابراین حتی سطوح پایین فعالیت عضلات کمری در دوره های طولانی مدت و بدون وقفه، ممکن است منجر به سازگاری منفی بافتی شود (۲۵).

کفش های پاشنه بلند اثرات منفی چندگانه بر بدن دارند که شامل تغییر در الگوی راه رفتن، پوسچر، کاهش تعادل (۲۶) و افزایش خطر سقوط (۲۷) می باشد. همچنین استفاده دائمی از کفش های پاشنه بلند بر راستای بدن از انگشتان پا تا کمر اثر گذار است به طوری که فشار و ناپایداری بر مچ پا وارد می کند و باعث افزایش خطر آسیب مچ پا می شود. تغییر راستای قامت، باعث تغییر شدت فعالیت الکتریکی و زمان بندی فعالیت عضلات اندام تحتانی و کمر شده (۲۳-۲۱، ۱۰) و همچنین توزیع نیروها را در این مفاصل تغییر می دهند و می تواند منشا بسیاری از دردهای عضلانی اسکلتی در کمر باشد، تغییر توزیع نیروها و فعالیت عضلات کمر می تواند با تغییرات در ساختارهای بافت نرم همراه شود. بررسی میزان فشار وارده بر مهره های کمری حین راه رفتن با کفش های پاشنه بلند به مدلسازی اسکلتی عضلانی حین راه رفتن و محاسبات پیچیده ریاضی نیاز دارد نرم افزار Open-SIM با دارا بودن این قابلیت امکان بررسی نیروهای وارده بر مهره های کمری را فراهم می آورد. شناخت مکانیزم نیروهای وارده بر کمر حین راه رفتن با کفش های پاشنه بلند از اهمیت برخوردار است و می تواند بینش استفاده کننده گان از این کفشها و عواقب

Dynamic (ID), Residual Reduction Algorithm (RRA) انجام شدند. از ابزار (۲۹) Computer Muscle Control Tool (CMC) جهت محاسبه تحرکات عضلانی استفاده شد. مرحله تحلیل نهایی آخرین مرحله محاسبه در نرم افزار Open-SIM بود که در این مرحله نیروی تماس مفصل و نیروی فعال و غیر فعال عضلانی محاسبه شد. نیروی تماس مفصلی مجموع نیروی عکس العمل مفصلی و نیروی تنش عضلانی می باشد که از طریق فرمول ۱ زیر محاسبه می شود:

$$F_{mus} + GRF + JCF_{dist} + JCF_{prox} = M_{seg}.A_{seg}$$

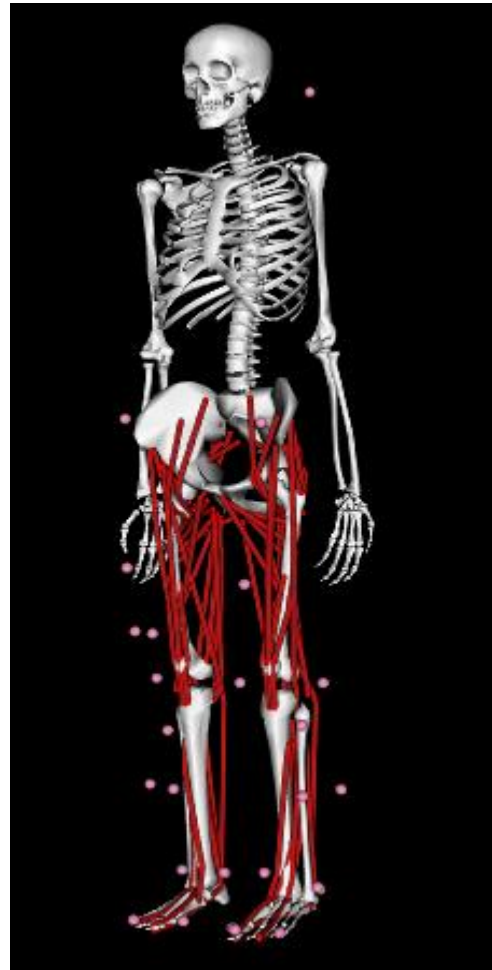
که در این فرمول F_{mus} نیروی عضلانی، GRF نیروی عکس العمل زمین، JCF_{dist} نیروی تماس مفصلی دیستال، JCF_{prox} نیروی تماس مفصلی پروگزیمال می باشد. M_{seg} جرم قطعه و A_{seg} ۶ بعد شتابهای خطی و زاویه ای قطعه می باشد (۳۱، ۳۰).

نرم افزار Open-SIM یک نرم افزار شبیه ساز و آنالیز سیستم اسکلتی عضلانی است که امکان تحلیل حرکات و تخمین نیروهای سطح مفصلی و نیروی تولیدی عضلات توسط این نرم افزار امکان پذیر است. با شبیه سازی سیستم اسکلتی عضلانی امکان تشخیص و درمان حرکات پاتولوژیک و غیر طبیعی وجود دارد (۳۲). نیروی عضلات و نیروی تماس مفصل به وزن بدن هر آزمودنی نرمالایز شد. توزیع نرمال داده ها توسط آزمون شاپیرو-ویلک آزمون شد. بعد از اطمینان از توزیع نرمال داده ها، جهت مقایسه بین دو گروه از آزمون تی وابسته در محیط نرم افزاری SPSS 22 و سطح معنی داری ($p < 0.05$) استفاده شد.

یافته ها

تعداد ۱۱ دختر جوان با دامنه قد $174 \pm 1/49$ متر و وزن $53 \pm 1/76$ کیلوگرم در این تحقیق شرکت کردند. جدول ۱ دامنه حرکتی ران، لگن و تنه را حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند و بدون کفش نشان می دهد نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد اختلاف میانگین داده ها در دو گروه پاشنه ۶ سانتی متری و گروه پای برهنه دارای توزیع نرمال بودند (جدول ۱). بنابراین از آزمون تی

Qualysis Track Manager (نسخه ۷/۵ ساخت شرکت Qualysis، کشور آمریکا) جهت ثبت داده های فضایی زمانی استفاده شد. خروجی نرم افزار Qualysis Track Manager به نرم افزار Open-SIM منتقل شد. بعد از مدل سازی بدن آزمودنی، متغیر های نیروی تماس مفصل کمری خاجی و نیروی عضلانی استخراج شدند (شکل ۱).



شکل ۱: مدل سازی آزمودنی در نرم افزار Open-SIM

داده های کینماتیکی با استفاده از نرم افزار Qualysis Track Manager ثبت شد. داده ها در قالب فایل c3d. به نرم افزار Open-SIM منتقل شد. از نرم افزار Open-SIM (نسخه ۳، تولید دانشگاه استنفورد، آمریکا) به منظور بررسی نیروی تماس مفصلی و نیروی عضلات اطراف مفصل مچ پا استفاده شد. بدین منظور ابتدا مدل استاتیک هر آزمودنی در نرم افزار اوپن سیم Scale شد. سپس با استفاده از تریال های دینامیک، مراحل Inverse kinematic (IK), Inverse

بحث و نتیجه گیری

هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر ارتفاع کفش پاشنه بلند بر نیروی عضلانی و نیروی تماس مفصلی کمری خاجی و ران بود. نتایج نشان داد افزایش ارتفاع پاشنه به طور معنی داری نیروی عضله سرینی میانی، نیروی وارده بر مفصل ران در صفحه داخلی خارجی و نیروی عمودی تماس مفصل کمری خاجی را حین راه رفتن افزایش داد. نتایج نشان داد که نیروی تماس مفصل ران در صفحه عرضی حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند به طور معنی-داری بیشتر از این نیرو در وضعیت راه رفتن بدون کفش بود. از آنجایی که نوسانات در صفحه عرضی بدن حین ایستادن بیشتر از طریق استراتژی های مچ پا و لگن حفظ می شود و این استراتژی حین فاز ایستایی راه رفتن بیشتر به چالش کشیده می شود و از طرف دیگر با افزایش ارتفاع پاشنه، مچ پا در وضعیت پلانتر فلکشن قرار می گیرد (۲) و از آنجایی که تطابق کامل مفصل در این وضعیت وجود ندارد مچ پا ناپایدار می شود (۳، ۳۳) و استراتژی مچ پا جهت حفظ ثبات در صفحه عرضی کاسته می شود بنابراین استراتژی مفصل ران باید کاهش نقش استراتژی مچ پا را جبران کند و فعالیت عضلات در این ناحیه که مسئول نگهداری لگن در صفحه عرضی می باشند را افزایش دهند بعلاوه افزایش ارتفاع لگن از سطح زمین خود نیز می تواند به عنوان عاملی تشدید کننده در جهت ناپایداری لگن در صفحه عرضی عمل کند و مجموعه این عوامل باعث شوند که نیرویی که عضلات سرینی میانی در صفحه عرضی تولید می کند افزایش یابد و منجر به افزایش نیروی تماس مفصلی در صفحه عرضی مفصل ران گردد که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر همخوانی دارد. نتایج همچنین نشان داد که نیروی قدامی خلفی مفصل ران حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند در مقایسه با پای برهنه کاهش می یابد. شاید علت کاهش نیروی قدامی خلفی به این خاطر باشد که اولاً حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند طول گام کاهش می یابد از طرف دیگر به خاطر آن که مرکز جرم بدن کمی رو به جلو قرار می گیرد بدن در یک وضعیت ناپایدار رو به جلو قرار دارد و نیازی به انقباض بیشتر عضلات سرینی بزرگ جهت پیشروی وجود ندارد بنابراین نیروی قدامی خلفی کمتری به مفصل ران وارد می شود. نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد نیروی عضلات سرینی بزرگ و عضله سوئزخاصره

وابسته جهت مقایسه متغیرها استفاده شد. همان گونه که مشاهده می شود حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند هیچ گونه تفاوت معنی داری در دامنه حرکتی مفصل ران، لگن و تنه در مقایسه با راه رفتن با پای برهنه مشاهده نشد (جدول ۱).

اوج نیروی عضلانی عضلات مختلف در جدول ۲ آمده است. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد اختلاف میانگین داده ها در دو گروه پاشنه ۶ سانتی متری و گروه پای برهنه دارای توزیع نرمال بودند (جدول ۲). بنابراین از آزمون تی وابسته جهت مقایسه متغیرها استفاده شد. همان گونه که مشاهده می شود هیچ گونه تفاوت معنی داری در نیروی عضلات حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند در مقایسه با پای برهنه مشاهده نشد ($p > 0.05$). اگر چه هیچ گونه اختلاف معنی داری مشاهده نشد اما اکثر عضلات یک روندی به سوی افزایش نیروی عضلانی حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند نشان دادند. تنها نیروی عضلات سرینی بزرگ و عضله سوئز کاهش داشت. تنها عضله سرینی میانی اختلاف معنی داری را نشان داد. نیروی عضله سرینی میانی حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند ۴/۴۶ بود که به مقدار ۱/۹۶ نیوتن/وزن بدن از راه رفتن بدون کفش بیشتر بود ($p = 0.02$) (جدول ۲)

نیروی تماس مفصل ران و کمری خاجی در جدول ۳ آمده است. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد اختلاف میانگین داده ها در دو گروه پاشنه ۶ سانتی متری و گروه پای برهنه دارای توزیع نرمال بودند (جدول ۳). بنابراین از آزمون تی وابسته جهت مقایسه متغیرها استفاده شد. همان گونه که مشاهده می شود اختلاف معنی داری در نیروی تماس مفصل ران در صفحه قدامی خلفی ($p = 0.01$) و صفحه داخلی خارجی ($p = 0.001$) مشاهده شد. نیروی وارده بر مفصل ران در صفحه داخلی خارجی حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند ۴/۹۸ بدست آمد که به طور معنی داری از راه رفتن با پای برهنه بیشتر بود. نیروی تماس مفصلی عمودی ($p = 0.001$) مفصل کمری خاجی حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند به طور معنی داری از راه رفتن بدون کفش بیشتر بود. نیروی عمودی تماس مفصل کمری خاجی حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند ۰/۵۸ بدست آمد که به طور معنی داری از این نیرو حین راه رفتن بدون کفش بیشتر بود.

جدول ۱: دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی

مفصل	صفحه	پاشنه ۶ سانتی متری میانگین \pm انحراف معیار	پای برهنه میانگین \pm انحراف معیار	p-مقدار آزمون شاپیروویلیک اختلاف دو گروه	p-مقدار
ران	سهمی	۱۱/۵۰ \pm ۳/۱۷	۱۲/۰۱ \pm ۳/۱۶	۰/۸۰	۰/۷۶۶
	افقی	۳۹/۷۶ \pm ۳/۶۸	۳۹/۶۹ \pm ۲/۶۲	۰/۵۷	۰/۹۴۶
	عرضی	۱۴/۰۶ \pm ۵/۴۹	۱۴/۳۸ \pm ۷/۲۲	۰/۵۳	۰/۸۳۴
لگن	قدامی خلفی	۷/۵۸ \pm ۱/۷۳	۶/۳۵ \pm ۱/۶۸	۰/۵۸	۰/۱۴۶
	عمودی	۶/۱۴ \pm ۱/۰۹	۰/۹۳ \pm ۰/۴۴	۰/۲۰	۰/۴۹۱
	داخلی خارجی	۱۶/۶۴ \pm ۷/۴۶	۱۸/۰۸ \pm ۵/۴۹	۰/۷۲	۰/۳۱۵
کمری خاجی	قدامی خلفی	۸/۴۳ \pm ۲/۹۵	۴/۸۹ \pm ۲/۸۸	۰/۰۷	۰/۳۹۸
	عمودی	۶/۶۹ \pm ۱/۲۰	۷/۲۳ \pm ۰/۲۹	۰/۰۶	۰/۴۱۵
	داخلی خارجی	۸/۶۲ \pm ۷/۴۵	۱۰/۱۷ \pm ۹/۰۸	۰/۰۶	۰/۲۴۴

سطح معناداری $p < 0.05$

جدول ۲: نیروی عضلانی عضلات اندام تحتانی و تنه

عضلات	پاشنه ۶ سانتی متری میانگین \pm انحراف معیار	پای برهنه میانگین \pm انحراف معیار	p-مقدار آزمون شاپیروویلیک اختلاف دو گروه	p-مقدار
نزدیک کننده کوتاه	۰/۲۰ \pm ۰/۱۲	۰/۱۴ \pm ۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۱۷۸
نزدیک کننده بلند	۰/۶۵ \pm ۰/۳۴	۰/۴۷ \pm ۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱۴۱
نزدیک کننده بزرگ	۰/۲۴ \pm ۰/۱۱	۰/۱۹ \pm ۰/۰۴	۰/۱۹	۰/۱۹۲
دو سررانی سربلند	۰/۱۴ \pm ۰/۱۲	۰/۰ \pm ۱۴/۱۰	۰/۱۹	۰/۹۱۷
دوسررانی سر کوتاه	۰/۴۱ \pm ۰/۱۴	۰/۳۴ \pm ۰/۱۵	۰/۵۸	۰/۳۲۰
نیمه غشایی	۰/۵۰ \pm ۰/۳۲	۰/۵۷ \pm ۰/۱۸	۰/۶۱	۰/۴۶۸
نیمه وتری	۰/۱۰ \pm ۰/۰۸	۰/۱۳ \pm ۰/۰۶	۰/۶۱	۰/۴۵۷
راست رانی	۱/۶۲ \pm ۰/۳۷	۱/۴۸ \pm ۰/۳۶	۰/۶۱	۰/۳۵۹
سرینی بزرگ	۰/۳۶ \pm ۰/۱۴	۰/۲۹ \pm ۰/۱۵	۰/۵۳	۰/۱۵۱
سرینی میانی	۰/۴۵ \pm ۰/۲۰	۰/۲۵ \pm ۰/۱۱	۰/۶۵	*۰/۰۱۷
سرینی کوچک	۰/۳۴ \pm ۰/۲۲	۰/۲۷ \pm ۰/۲۱	۰/۵۲	۰/۶۲۹
سوئز	۱/۵۸ \pm ۰/۳۱	۱/۴۱ \pm ۰/۴۰	۰/۱۷	۰/۴۴۴
خاصره	۲/۴۰ \pm ۰/۳۴	۲/۴۰ \pm ۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۹۶۹

*معنی داری را نشان می دهد. سطح معناداری $p < 0.05$

جدول ۳: نیروی تماس مفصلی اندام تحتانی

مقدار p	مقدار p-آزمون شاپیروویلیک اختلاف دو گروه	پای برهنه میانگین \pm انحراف معیار	پاشنه ۶ سانتی متری میانگین \pm انحراف معیار	صفحه	مفصل
*۰/۰۰۹	۰/۱۴	۱/۴۷ \pm ۰/۲۷	۲/۳۱ \pm ۰/۶۵	قدامی خلفی	ران
۰/۳۴۴	۰/۰۹	۷/۳۰ \pm ۳/۰۶	۸/۴۲ \pm ۰/۸۱	عمودی	
*۰/۰۰۴	۰/۰۸	۴/۳ \pm ۹۸/۸۵	۱/۰ \pm ۰۴/۹۱	داخلی خارجی	
۰/۰۶۸	۰/۱۰	۰/۲۵ \pm ۰/۱۱	۰/۱۸ \pm ۰/۰۶	قدامی خلفی	کمری خاجی
*۰/۰۰۱	۰/۷۱	۰/۵۸ \pm ۰/۰۲	۰/۵۴ \pm ۰/۰۳	عمودی	
۰/۲۵۷	۰/۱۰	۰/۱۱ \pm ۰/۰۸	۰/۰۹ \pm ۰/۰۴	داخلی خارجی	

*معنی داری را نشان می دهد. سطح معناداری $p < ۰/۰۵$

بلکه مفصل ران را نیز تحت تاثیر قرار می دهد و می تواند منشا ریز آسیب در این مفاصل گردد و آن ها را در معرض خطر آرتروز قرار دهد لذا پیشنهاد می شود استفاده کنندگان از کفش های پاشنه بلند با توجه به عواقب آسیب زای این کفش ها از پوشیدن این کفش ها جدا خودداری نمایند.

محدودیت تحقیق که باید مورد توجه قرار گیرد این که تنها آزمودنی های سالم در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند که باید در تعمیم نتایج به دیگر گروه ها دقت شود.

پیشنهاد می شود تحقیقات آینده روی افرادی که به طور دائمی از کفش پاشنه بلند استفاده می کنند تحقیق صورت گیرد همچنین در تحقیقات آینده نیروهای تماس مفصلی وارده بر کمر و مفصل ران مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مجموعه مرکز تحقیقات عضلانی اسکلتی دانشکده توانبخشی اصفهان و معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان که زمینه انجام آزمایشات را محیا کردند تقدیر و تشکر می گردد.

حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند کمتر از این نیرو حین راه رفتن با پای برهنه بود.

نتایج همچنین نشان داد که نیروی عمودی تماس مفصل کمری خاجی حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند به طور معنی داری از راه رفتن بدون کفش بیشتر بود. با افزایش ارتفاع پاشنه هر دو نیروی برخورد و سرعت بارگذاری افزایش می یابد (۳۴). افزایش نیروی برخورد از یک طرف و عدم جذب نیرو در مچ پا بدلیل قرار گرفتن مچ پا در وضعیت پلانتر فلکشن، منجر به انتقال مستقیم نیرو به مفاصل بالاتر می شود. بنابراین نیروی عمودی وارد شده در مفصل کمری خاجی به طور معنی داری حین راه رفتن با کفش پاشنه بلند بیشتر از راه رفتن بدون کفش می باشد. از طرف دیگر نتایج تحقیقات نشان از افزایش فعالیت عضلات راست کننده ستون فقرات در سطح مهره های سوم، چهارم و پنجم کمری (۱۰،۲۲) و فعالیت زودتر عضلات راست کننده ستون فقرات (۲۳) حین راه رفتن با کفش های پاشنه بلند دارد، افزایش فعالیت و افزایش مدت زمان فعالیت عضلات راست کننده ستون فقرات علاوه بر آن که بار اضافه ای بر دیسک ها بین مهره ای وارد می کنند خود می توانند خستگی را در این عضلات جلو اندازند و منشا دردهای کمر در استفاده کنندگان کفش های پاشنه بلند باشد.

راه رفتن با کفش پاشنه بلند فعالیت عضله سرینی میانی، نیروی تماس مفصل ران در صفحه عرضی و نیروی عمودی تماس مفصل کمری خاجی را به طور معنی داری افزایش می دهد. شاید بتوان گفت استفاده مداوم از کفش پاشنه بلند بدلیل اعمال نیروی تماس مفصل بیشتر، نه تنها می تواند مفصل کمری خاجی را تحت تاثیر قرار دهد

منابع

1. Kerrigan DC, Todd MK, Riley PO. Knee osteoarthritis and high-heeled shoes. *The Lancet* 1998; 351(9113): 1399-1401.
2. Sussman R, D'Amico J. The influence of the height of the heel on the first metatarsophalangeal joint. *Journal of the American Podiatry Association* 1984; 74(10): 504-505.
3. Foster A, Blanchette MG, Chou Y-C, Powers CM. The influence of heel height on frontal plane ankle biomechanics: implications for lateral ankle sprains. *Foot & ankle international* 2012; 33(1): 64-9.
4. Wang C, Geng X, Wang S, Ma X, et al. The impact of high-heeled shoes on ankle complex during walking in young women—In vivo kinematic study based on 3D to 2D registration technique. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2016; 28(2): 7-16.
5. Cronin NJ, Barrett RS, Carty CP. Long-term use of high-heeled shoes alters the neuromechanics of human walking. *Journal of Applied Physiology* 2012; 112(6): 1054-1058.
6. Simonsen EB, Svendsen MB, Nørreslet A, Baldvinsson HK, Heilskov-Hansen T, Larsen PK, et al. Walking on high heels changes muscle activity and the dynamics of human walking significantly. *Journal of applied biomechanics* 2012; 28(1): 20-28.
7. Russell BS. The effect of high-heeled shoes on lumbar lordosis: a narrative review and discussion of the disconnect between Internet content and peer-reviewed literature. *Journal of chiropractic medicine* 2010; 9(4): 166-173.
8. 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): 568-576.
9. Opila KA, Wagner SS, Schiowitz S, Chen J. Postural alignment in barefoot and high-heeled stance. *Spine* 1988; 13(5): 542-547.
10. Lee C-M, Jeong E-H, Freivalds A. Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes. *International journal of industrial ergonomics* 2001; 28(6): 321-326.
11. Ebrahimian M, Ghaffarinejad F, editors. The survey of the effect of heeled shoes on lumbar lordosis and pelvic tilt angles in females 20-30 years old. *Proceedings of the 5th Interdisciplinary World Congress on Low back and pelvic pain;* 2004 ;7-10.
12. Kim B-G, Gong W-T, Kim H-S. The effect of heel-height on the lumbosacral region angle of young ladies. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine* 2007; 2(1): 49-59.
13. 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): 905-909.
14. De Oliveira Pezzan PA, João SMA, Ribeiro AP, Manfio EF. Postural assessment of lumbar lordosis and pelvic alignment angles in adolescent users and nonusers of high-heeled shoes. *Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics* 2011; 34(9): 614-621.
15. Iunes D, Monte-Raso V, Santos C, Castro F, Salgado H. Postural influence of high heels among adult women: analysis by computerized photogrammetry. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 2008; 12(6): 441-446.
16. Franklin ME, Chenier TC, Brauninger L, Cook H, Harris S. Effect of positive heel inclination on posture. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1995; 21(2): 94-99.
17. Giaconi R, Questad K, Ko M, Lehmann J. Footwear and posture. Compensatory strategies for heel height. *American journal of physical medicine & rehabilitation* 1991; 70(5): 246-254.
18. Opila-Correia K. Kinematics of high-heeled gait. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 1990; 71(5): 304-309.

19. Joseph J. The pattern of activity of some muscles in women walking on high heels. *Rheumatology* 1968; 9(7): 295-299.
20. Bendix T, Sørensen SS, Klausen K. Lumbar curve, trunk muscles, and line of gravity with different heel heights. *Spine* 1984; 9(2): 223-227.
21. Mika A, Oleksy Ł, Mikołajczyk E, Marchewka A, Mika P. Changes of bioelectrical activity in cervical paraspinal muscle during gait in low and high heel shoes. *Acta Bioeng Biomech* 2011; 13(1): 27-33.
22. 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): 425-434.
23. Barton CJ, Coyle JA, Tinley P. The effect of heel lifts on trunk muscle activation during gait: a study of young healthy females. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2009; 19(4): 598-606.
24. McGill SM, Hughson RL, Parks K. Lumbar erector spinae oxygenation during prolonged contractions: implications for prolonged work. *Ergonomics* 2000; 43(4): 486-493.
25. Cronin NJ. The effects of high heeled shoes on female gait: a review. *Journal of electromyography and kinesiology* 2014; 24(2): 258-263.
26. Mika A, Kielnar R, Świerczek M. The influence of high-and low-heeled shoes on balance in young women. *Acta of bioengineering and biomechanics*. 2016; 18(3): 97-103.
27. Hapsari VD, Xiong S. Effects of high heeled shoes wearing experience and heel height on human standing balance and functional mobility. *Ergonomics* 2016; 59(2): 249-264.
28. Doets HC, Middelkoop Mv, Houdijk H, Nelissen RG, Veeger H. Gait analysis after successful mobile bearing total ankle replacement. *Foot & ankle international* 2007; 28(3): 313-322.
29. Thelen DG, Anderson FC, Delp SL. Generating dynamic simulations of movement using computed muscle control. *Journal of biomechanics* 2003; 36(3): 321-328.
30. Steele KM, DeMers MS, Schwartz MH, Delp SL. Compressive tibiofemoral force during crouch gait. *Gait & posture* 2012; 35(4): 556-560.
31. Kendella P, Andertona W, Gustafsona JA, Farrokhia S. Quantifying Tibiofemoral Joint Contact Forces in Patients with Knee Osteoarthritis Using OpenSim. *Highlighting Undergraduate Research at the University of Pittsburgh Swanson School of Engineering*. 2015: 48-54.
32. Delp SL, Anderson FC, Arnold AS, Loan P, et al. OpenSim: open-source software to create and analyze dynamic simulations of movement. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on* 2007; 54(11): 1940-1950.
33. Williams CM, Haines TP. An exploration of emergency department presentations related to high heel footwear in Victoria, Australia, 2006–2010. *Journal of foot and ankle research* 2014; 7(1): 4.
34. Voloshin A, Wosk J. An in vivo study of low back pain and shock absorption in the human locomotor system. *Journal of biomechanics* 1982; 15(1): 21-27.