Research Paper: Can unstable shoe be used as a safety training shoe for rehabilitation exercises?

*Gandomkar Amin [1], Eslami Mansour [2], Hosseini nejad Seyed Esmaeil [3], Davood Khezri [1], Vahid Jahedi [1]

1. M.Sc. in Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.
2. Ph.D. in Sport Biomechanics, Assistant Professor, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.
3. Ph.D. Student in Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.

Received: 18 Nov. 2013
Accepted: 24 Aug. 2014

ABSTRACT

Objective Unstable shoe has been recommended as a safety factor for healthy individuals and as a tool for osteoarthritis patients in order to reduce the pain. The aim of this study was to investigate the effect of unstable shoe on biomechanical variables related to injury during running.

Materials & Methods Twenty five healthy young available males (21±2.27 years) participated in this quasi-experimental study. The subjects were asked to run on the force plate barefoot, with unstable shoe and with control shoe. variables of active and passive joint power, peak anterior-posterior forces, active and passive vertical force, loading rate and impulse of posterior and passive vertical forces were recorded using synchronizing force plate and video camera were registered and were calculated in MATLAB software. A repeated measure of ANOVA was used to test the hypothesis in SPSS software (version 20, $p<0.05$).

Results Negative power at Ankle joint decreased significantly by 49%, 35% respectively using unstable shoe compared to control shoe and barefoot conditions ($P=0.02$,$P<0.05$). Furthermore, unstable shoe decreased the active ankle power significantly compared to barefoot condition by 23% ($P=0.01$). Loading rate and peak of passive vertical force, impulse and peak of posterior force increased significantly in unstable shoe compared to control shoe ($P<0.05$).

Conclusion Unstable shoe increased some of running related injuries risk factors such as loading rate and peak of passive vertical force, impulse and peak of posterior force. Furthermore, this shoe could decrease absorption potential shank muscles and ankle active stability compared to the control shoe. However, with increase of ankle active power compared to barefoot and lower anterior force, unstable shoe could improve the ankle joint force generation and propulsion potential.

Keywords:
Unstable shoe, Running, Loading rate, Passive vertical force, Joint power

** Corresponding Author:*
Amin Gandomkar, MSc
Address: Unit 12, Shahed Ave, Farmandari St, Dargaz, Khorasan-Razavi
Tel: +98(938)8289713
E-Mail: amin.gandomkar14@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

آیا می‌توان از کفش ناپایدار به عنوان کفش تمرینی ایمن در تمرینات بازتوانی و توانبخشی استفاده کرد؟

*امین گندمکار[۱]، منصور اسلامی[۲]، سید اسماعیل حسینی‌نژاد[۳]، داود خضری[۱]، وحید جاهدی[۱]

۱. کارشناس ارشد بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه مازندران ،بابلسر، ایران.
۲. استادیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.
۳. دانشجوی دکتری بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.

تاریخ دریافت: ۲۷ آبان ۱۳۹۲
تاریخ پذیرش: ۲ شهریور ۱۳۹۳

چکیده

هدف کفش ناپایدار به عنوان عاملی ایمن برای افراد سالم و ابزاری جهت کاهش درد در افراد استئوآرتریتی حین راه رفتن پیشنهاد شده است. هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر کفش ناپایدار بر متغیرهای بیومکانیکی مرتبط با آسیب (سودمندی آن به عنوان کفش توانبخشی ایمن) هنگام دویدن در افراد سالم بود.

روش بررسی ۲۵ نفر آزمودنی مرد جوان سالم به صورت در دسترس در این مطالعه نیمه تجربی شرکت کرده و در شرایط پابرهنه، باکفش ناپایدار و کفش کنترل، روی صفحه نیروسنج دویدند. متغیرهای توان مفصلی مثبت و منفی، حداکثر نیروی عمودی فعال و غیرفعال، نیروهای قدامی و خلفی، سرعت بارگذاری و ضربه نیروهای عمودی غیرفعال و خلفی طی همزمان سازی دوربین ویدئویی و صفحه نیروسنج ثبت و با استفاده از نرم افزار MATLAB محاسبه گردیدند. آزمون فرضیات با روش تحلیل واریانس باانداز‌ههای تکراری و آزمون تعقیبی توکی درنرم افزار SPSS (نسخه ۲۰) انجام شد (P<۰/۰۵).

یافته‌ها توان منفی مچپا درکفش ناپایدار در مقایسه با کفش کنترل و پای‌برهنه به ترتیب۴۹٪ و۳۵٪ به طور معناداری کاهش یافت (P<۰/۰۵, p=۰/۰۲). کفش ناپایدار توان مثبت مچپا را در مقایسه با پای برهنه ۲۳٪ به صورت معنی‌داری کاهش داد (P=۰/۰۱). متغیرهای حداکثر نیروی عمودی غیرفعال و سرعت بارگذاری آن، حداکثر نیروی خلفی و ضربه ناشی از آن هنگام دویدن با کفش ناپایدار در مقایسه با کفش کنترل به طور معناداری افزایش یافت (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری کفش ناپایداربرخی از ریسک فاکتورهای آسیبی دویدن شامل حداکثر نیروی عمودی غیرفعال و سرعت بارگذاری آن، حداکثرنیروی خلفی و ضربه حاصل از آن را افزایش داد. این کفش با کاهش توان منفی مچ پا نسبت به کفش کنترل، منجر به کاهش ظرفیت جذبی وکنترلی عضلات ساق وپایداری فعال این مفصل می‌شود. با وجود این، با افزایش توان مثبت مچ پا در مقایسه با پای برهنه و کاهش نیروی قدامی، می‌تواند ظرفیت پیشروی وتولید نیرو را در این مفصل بهبود بخشد.

کلید واژه:
کفش ناپایدار، دویدن، سرعت بارگذاری، نیروی عمودی غیرفعال، توان مفصلی

مقدمه

دویدن به عنوان یکی از فعالیت‌های حرکتی پایه در تمرینات بازتوانی و توانبخشی حائز اهمیت است و متخصصین بالینی از مزیت‌های مرتبط با آن جهت بهبود و افزایش عملکردی توانایی‌های حرکتی سود می‌برند. با وجود این، غالباً مراحل ابتدائی تمرین این فعالیت حرکتی به دلیل کاهش ظرفیت ایمنی و سازگاری‌های بدنی، با احتمال بالایی از آسیب دوباره و اختلال عملکردی همراه می‌شود (۱-۴). ارائه روش تمرینی مطلوب برای دوندگان می‌تواند در پیشگیری از آسیب و بهبود عملکرد آنان نقش بسزایی داشته باشد (۴،۶و۸). در ادبیات پژوهشی دویدن، کاهش بارهای اعمال شده به بدن و تقویت ظرفیت پیش‌برندگی به عنوان راه‌کارهای بهینه جهت افزایش ایمنی تمرینات دویدن مورد توجه قرار گرفته است (۳-۶، ۸ و ۹).به این منظور تغییرات عدیده‌ای در روش تمرینی دویدن، صورت گرفته و ابزارهای متفاوت و جدیدی نیز تجویز و توصیه شده است (۳-۵).

کفش تمرینی از مهم‌ترین این موارد به شمار رفته و جهت ایمن‌سازی بیشتر دویدن در کانون توجه محققان و متخصصین بالینی قرار گرفته است. تاکنون تغییرات گسترده‌ای جهت تخصصی نمودن کفش تمرینات حرکتی صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به افزایش ضخامت لایه‌ها (۳، ۵-۷)، کاهش وزن (۵، ۶و۸)، ساختارهای حمایتی (۵،۷و۱۰) و توکفشی

• **نویسنده مسئول:**
امین گندمکار
نشانی: خراسان رضوی، شهرستان درگز، خیابان فرمانداری، بیست متری شاهد، پلاک ۱۲.
تلفن: ۸۲۸۹۷۱۳(۹۳۸)۹۸+
رایانامه: amin.gandomkar14@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

(۵) اشاره نمود.

در مرحله اتکای دویدن معمولاً دو مرحله کلی در الگوی فعالیت عضلانی و انرژی مکانیکی مفاصل اندام تحتانی دیده می‌شود. در بخش اول-تماس پا با زمین تا تماس کامل کف پا[1] - مفاصل در حال جذب و کار منفی هستند (۵). کار منفی عضلات، بار وارد شده به پا را کاهش می‌دهد. افزایش توان بدن در جذب شوک، ایمنی را افزایش داده و ریسک فاکتورهای آسیب دویدن را کاهش می‌دهد (۳-۶، ۸-۱۳). بعضی مطالعات نقش کفش را در کاهش این متغیرها برجسته ساخته‌اند؛ به طوری که بعضی از این کفش‌ها به واسطه‌ی کاهش متغیرهای اوج نیروی عمودی غیرفعال و سرعت اعمال آن، به عنوان عامل ایمن‌تری در جلوگیری از بروز آسیب‌هایی نظیر شکستگی استرسی در دویدن توصیه شده‌اند (۳-۶، ۸، ۱۱-۱۳و ۱۷). از لحظه تماس کامل کف پا با زمین تا جدا شدن پنجه پا[2]، گروه‌های عضلانی در حال تولید نیروی پیشروی بوده و توان مفصلی را مثبت می‌کنند (۵). مقادیر بالای توان مثبت و حاکی از ظرفیت بالای گروه‌های عضلانی در تولید نیروی پیشروی است. در بعضی مطالعات، استفاده از کفش به واسطه‌ی کاهش توان مثبت، کارایی و اقتصاد حرکت را در افراد بهبود بخشیده است (۵، ۱۱، ۱۲و ۱۷). در ادبیات پژوهشی متغیرهای توان مثبت و اوج نیروی قدامی به عنوان شاخص‌هایی از عملکرد بهینه و کارایی بدن در پیشروی در نظر گرفته می‌شود (۳-۵، ۱۱-۱۳و ۱۷).

کفش‌های ناپایدار امروزه به عنوان ابزار بالینی در تمرینات و فعالیت‌های حرکتی رایج شده است. طرح هندسی این کفش‌ها در راستای طولی دارای انحنای گهواره‌ای شکل است. سازندگان کفش‌های ناپایدار مدعی هستند که قوس معکوس زیره‌ی این نوع کفش‌ها با تغییر در جهت و میزان بردار نیروی عکس‌العمل زمین، بخشی از بارهای اعمال شده را در این محور به نیروی پیشران تبدیل نموه و جذب شوک را در پا تسهیل و تقویت می‌کند (۱۱-۱۳). در بعضی از تحقیقات این نوع کفش‌ها به واسطه‌ی کاهش ریسک فاکتورهای آسیبی و بهبود عملکرد حرکتی در راه رفتن و دویدن مورد حمایت قرار گرفته و به عنوان ابزار کاهنده‌ی درد در راه رفتن برای افراد استئوآرتریتی پیشنهاد شده است (۱۱و۱۳). با وجود این، اثرات این نوع کفش‌ها در سایر فعالیت‌های حرکتی نظیر دویدن به خوبی پاسخ داده نشده است. با توجه به اهمیت کفش در تمرینات توانبخشی و بازتوانی، تحقیق حاضر با این سوال که آیا می‌توان کفش ناپایدار را به عنوان ابزار تمرینی ایمن در فعالیت‌های دویدنی در نظر گرفت، انجام شد. هدف ما بررسی جنبه‌های عملکردی اساسی و متغیرهای بازدارنده از آسیب در این نوع کفش هنگام دویدن بود.

روش بررسی

در این تحقیق نیمه تجربی، ۲۵ نفر آزمودنی با پای غالب راست از دانشجویان غیرفعال سالم به صورت در دسترس از دانشجویان دانشگاه مازندران انتخاب شدند. حجم نمونه در روش تحلیل توان آزمون[3] براساس مطالعات گذشته بر روی اثرات کینماتیکی و کینمتیکی کفش ناپایدار تعیین شد (۱۲). بر اساس این مطالعات تعداد حداقل پانزده آزمودنی برای بررسی تفاوت‌ها مناسب در نظر گرفته شده بود.آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه مبنی بر شرکت در آزمون را امضا نمودند. جدول ۱ مشخصات آنتروپومتریکی و دموگرافیکی آزمودنی‌ها را نشان می‌دهد. سلامت جسمانی کلیه آزمودنی‌ها قبل از اجرای پروتکل پژوهشی ارزیابی شد. وجود هرگونه مشکل پاسچری و ناهنجاری‌های اسکلتی، عضلانی عصبی از قبیل شکستگی استرسی، شین اسپلینت، آرتروز، وضعیت‌های واروس و والگوسی زانو، صافی و گودی کف پا، سابقه استفاده طولانی‌مدت از کفش ناپایدار به‌عنوان متغیر خروج برای آزمودنی‌ها در نظر گرفته شد. علاوه بر این اطمینان حاصل شد که هیچ‌کدام در شش ماه گذشته دچار سوختگی، ضرب‌دیدگی و زخم در اندام تحتانی نشده باشند. احراز سلامت آزمودنی‌ها با توجه بر اطلاعات پرسشنامه مشخصات فردی و ارزیابی بالینی کمک آزمونگر متخصص مسجل شد. جهت ارزیابی سلامت پا، میزان افتادگی استخوان ناوی آزمودنی‌ها با استفاده از روش رایج اندازه‌گیری شد. در این روش تفاوت ارتفاع برجستگی استخوان ناوی در دو حالت ایستاده و نشسته اندازه‌گیری شده و میزان ۵-۹ میلی‌متر به عنوان محدوده‌ی طبیعی در نظر گرفته شد (۱۴).

آزمون این پژوهش، سه کوشش متوالی دویدن با سرعت ۳-۳/۵ متر بر ثانیه با الگوی پاشنه-پنجه در وضعیت‌های پای برهنه، کفش کنترل و کفش ناپایدار به طور تصادفی بود. سرعت دویدن آزمودنی‌ها با استفاده از سیستم کنترل سرعت نوری[4] کنترل شد. به منظور جلوگیری از اثرات فوری، قبل از اجرای شرایط دویدن با کفش‌های مختلف، از آن‌ها خواسته شد تا هر یک از کفش‌ها را مدت بیست دقیقه بپوشند و در محوطه آزمایشگاه شروع به گام برداری و دویدن نمایند. نوبت صبح و محوطه‌ای ۲۵ متری برای دویدن آزمودنی‌ها در نظر گرفته شد. کفش‌های مورد بررسی در این پژوهش، کفش ناپایدار (شرکت سازنده: Perfect Steps، مدل: TM ۰۳۰۷۰۹ VP، جنس بدنه: پلی اورتان و توری، جنس Insole: پلی اورتان و لاستیک فلوئوروکربنی) و همچنین کفش کنترل (New Balance ۶۵۸) بود (شکل ۱). این کفش‌ها به منظور مقایسه تأثیر شکل هندسی زیره کفش بر متغیرهای سینتیکی دویدن انتخاب شدند. کفش ناپایدار انحنایی در راستای قدامی– خلفی داشته، در حالی که کفش کنترل دارای زیره معمولی بود.

۱. Foot flat
۲. Toe off
۳. Power analysis
۴. Photo cell

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۱. الف. کفش کنترل؛ ب. کفش ناپایدار.

از دوربین ویدئویی (JVC-۹X۰۰; ۲۰۰ HZ) به منظور اندازه‌گیری داده‌های سینماتیکی استفاده شد. پنج مارکر غیرفعال[۵] ۲۲ میلی‌متری، بر اساس مدل سینماتیک اندام تحتانی (۱۵)، برای تشکیل سیستم اندام‌های پایین‌تنه، روی برجستگی‌های تروکانتر بزرگ ران، لقمه خارجی زانو، قوزک خارجی، برجستگی پاشنه و انتهای استخوان پنجم کف پایی نصب شد. دوربین ویدئویی در محل مناسب نصب و ویژگی‌های تصویربرداری آن کنترل شد. به منظور محاسبه‌ی نیروی عمودی عکس‌العمل از صفحه نیروسنج (Kistler, Winterthur, Switzerland ۹۲۵۳B۱۱; ۲۰۰۹, VP, ۶۰*۴۰ cm) استفاده شد. صفحه نیروسنج در پانزده متری نقطه شروع دویدن در راستای دویدن آزمودنی‌ها قرار گرفته بود. نیروهای عکس‌العمل زمین با فرکانس هزار هرتز نمونه‌گیری گردید. هر یک از داده‌های سینماتیکی و سینتیکی با فرکانس برشی بیست از طریق تکنیک پایین‌گذرباتروورث[۶] فیلتر و به وزن بدن هنجار[۷] گردیدند. مرحله اتکا[۸] از لحظه‌ی برخورد پاشنه[۹] تا جدا شدن پنجه پا[۱۰] از زمین در نظر گرفته شد. برای مشخص شدن شروع و پایان مرحله اتکا، میزان نیروی عکس‌العمل پنج نیوتنی تعیین شد. الگوی پاشنه-پنجه، برخورد و جای‌گذاری صحیح پا بر صفحه نیروسنج و سرعت مناسب به عنوان کوشش صحیح در نظر گرفته شد. کوشش‌های صحیح از طریق ارزیابی نمودار نیروی عکس‌العمل و همچنین بررسی دیداری دو آزمون‌گر کنترل گردیدند. از نرم‌افزار MATLAB (نسخه ۲۰۱۰) به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

متغیرهای پژوهشی شامل حداکثر نیروی عمودی فعال و غیرفعال[۱۱]، حداکثر نیروی خلفی و قدامی[۱۲]، مدت زمان اتکا[۱۳] و ضربه نیروهای غیرفعال عمودی و قدامی خلفی[۱۴]، سرعت بارگذاری نیروی غیرفعال عمودی و خلفی[۱۵] و توان مثبت و منفی مفصلی[۱۶] بودند. سرعت بارگذاری به عنوان میزان شیب تغییرات حداکثر نیروهای غیرفعال عمودی و خلفی بین ۲۰٪ - ۸۰٪ بارگذاری بدن (برای کاهش خطاهای ناشی از این نیروها) بر حسب نیروی وزن تقسیم بر زمان، تعریف شد (۸). حداکثر نیروی خلفی و قدامی از مقادیر حداکثر نیروی عکس‌العمل در راستای قدامی-خلفی طی دو مرحله ضربه پاشنه و پیشروی بدست آمد. مقادیر حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل در مرحله جذب ضربه و پیشروی نیز به ترتیب به عنوان حداکثر نیروی عمودی غیرفعال و فعال در نظر گرفته شد. ضربه نیروی عمودی غیرفعال و نیروی خلفی از طریق انتگرال منحنی نیرو- زمان حین تماس اولیه پا تا تماس کامل کف پا با زمین[۱۷] بر حسب نیوتن در ثانیه به دست آمد. توان مفصلی از طریق گشتاور مفصل مربوطه و سرعت زاویه‌ای اندام‌های تشکیل دهنده‌ی مفصل مذکور محاسبه شد ($P=M*\Delta\omega$). گشتاور مفصلی از طریق مؤلفه‌های عمودی و افقی نیروی عکس‌العمل زمین، با استفاده از تکنیک دینامیک معکوس[۱۸] و معادله‌ی نیوتن-اولر[۱۹] تعیین شد. همچنین از داده‌های سینماتیکی دوربین ویدئویی برای محاسبه سرعت زاویه‌ای مفاصل اندام تحتانی استفاده شد. اوج توان مثبت و منفی در مرحله اتکای دویدن از منحنی توان-زمان در مفاصل مچ، زانو و ران مشخص شد. از آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی، آزمون Leven و شاپیرو-ویلک به ترتیب به منظور تشخیص تفاوت‌ها بین دو نوع کفش، بررسی همگنی واریانس‌ها و همچنین بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها در نرم افزار SPSS (نسخه ۲۰) در سطح معناداری ۹۵٪ استفاده شد. با توجه به برقراری فرض‌های لازم، از آزمون پارامتریک برای تحلیل استفاده شد.

۵. passive Markers
۶. Low-pass second-order zero lag butterworth filter
۷. Normalize
۸. Stance
۹. Heel Contact (Touch down)
۱۰. Toe off (Take off)
۱۱. Peak passive and active Forces
۱۲. Peak posterior and anterior Force
۱۳. Stance Time
۱۴. Passive and a-p impulsive forces
۱۵. vertical and posterior loading rate
۱۶. Joint power
۱۷. Foot Flat
۱۸. Inverse dynamic
۱۹. Newton-Euler

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. ویژگی‌های آنتروپرمتریکی آزمودنی‌ها

مشخصات آنتروپومتریکی	آزمودنی‌ها	مشخصات آنتروپومتریکی	آزمودنی‌ها
جرم (کیلوگرم)	۷۲/۳۰±۸/۸۴	ارتفاع ناوی راست (سانتی‌متر)	۰/۶۲±۰/۰۸
شماره پا (EU)	۴۳/۳۸±۱/۰۵	ارتفاع قوزک خارجی(سانتی‌متر)	۷/۵۱±۰/۶۵
قد (سانتی متر)	۱۷۶/۹۳± ۵/۳۹	ارتفاع ناوی چپ (سانتی‌متر)	۰/۶۷±۱۸
سن (سال)	۲۱±۲/۲۷	فاصله بین قوزک‌ها (سانتی‌متر)	۷/۳۱±۰/۵۵
طول ساق (سانتی‌متر)	۳۷/۹۲±۲/۱۰	فاصله۲ اپی کندیل(سانتی‌متر)	۹/۷۵±۰/۷۳
طول پا (سانتی‌متر)	۲۷/۱۰±۱/۳۶	ارتفاع قوزک داخلی(سانتی‌متر)	۹/۴۵±۰/۶۴
عرض پا (سانتی‌متر)	۹/۷۷±۰/۸۹	قطر پاشنه (سانتی‌متر)	۴/۵۲±۰/۵۴

توانبخشی

یافته‌ها

در این مطالعه نیمه تجربی تعداد ۲۵ نفر مورد ازمون قرار گرفتند که اطلاعات جمعیت شناختی آن ها در جدول یک نشان داده شده است.

اثر اصلی (Main Effect) توان منفی مفصل مچ پا بین سه شرایط تفاوت معنادار داشت (P=۰/۰۱). نتایج آزمون تعقیبی نشان داد که توان منفی مچپا در کفش ناپایدار در مقایسه با کفش کنترل (۲,۴۹٪=p=۰/۰۲) و پای برهنه به طور معناداری کاهش یافت (۳۵٪, p<۰/۰۰۱). اوج توان مثبت در کفش ناپایدار در مقایسه با پای برهنه ۲۳٪ کاهش یافت (p=۰/۰۱). کفش ناپایدار منجر به افزایش معنادار ۳۶٪ در توان منفی زانو در مقایسه با پای برهنه شد (p<۰/۰۰۱). با وجود این، تفاوت معناداری بین دو نوع کفش و همچنین بین کفش کنترل و شرایط پابرهنه در اوج توان منفی و مثبت مفصل زانو یافت نشد. علاوه بر این، در مفصل ران تفاوت معناداری در وضعیت‌های مورد بررسی مشاهده نشد (جدول ۲).

اثر اصلی سرعت بارگذاری نیروی عمودی نیز معنیدار بود (P=۰/۰۱).در آزمون تعقیبی، این متغیر طی استفاده از کفش ناپایدار در مقایسه با کفش کنترل به طور معناداری ۸۰٪ افزایش یافت (p<۰/۰۰۱)، در حالی که کفش کنترل این متغیر را ۴۷٪ در مقایسه با شرایط پابرهنه کاهش داد

(p<۰/۰۰۱). کفش ناپایدار به نسبت کفش کنترل منجر به افزایش ۵۶٪ در سرعت بارگذاری نیروی خلفی شد (p<۰/۰۰۱). علاوه بر این، کفش کنترل در مقایسه با پای برهنه، سرعت بارگذاری نیروی خلفی را افزایش معنادار داد (۴۷٪,P<۰/۰۰۱). کفش ناپایدار در مقایسه با کفش کنترل ۲۷٪ (p=۰/۰۳) و شرایط پابرهنه ۵۲٪ باعث افزایش اوج نیروی خلفی گردید (p<۰/۰۰۱). در مرحله پیشروی، مقادیر اوج نیروی قدامی هنگام استفاده از کفش ناپایدار در مقایسه با شرایط پابرهنه ۱۱٪ (p=۰/۰۴) و کفش کنترل ۱۶٪ کاهش یافت (p<۰/۰۰۱). کفش ناپایدار مقادیر حداکثر نیروی عمودی غیرفعال را به طور معنی‌داری در مقایسه با کفش کنترل ۳۹٪ (p<۰/۰۰۱) و درمقایسه با شرایط پای برهنه ۱۰٪ افزایش داد (p=۰,۰۳). با وجود این، کفش کنترل این مقادیر را در مقایسه با شرایط پابرهنه ۲۱٪ کاهش داد (p<۰/۰۰۱). افزایش ۸۰٪ در میزان ضربه نیروی عمودی غیرفعال در دویدن با کفش‌های ناپایدار در مقایسه با کفش کنترل وجود داشت، در حالی که کفش کنترل در مقایسه با شرایط پابرهنه این متغیر را ۴۰٪ کاهش داد (p<۰/۰۰۱). استفاده از کفش ناپایدار در مقایسه با کفش کنترل ۴۴٪ (p<۰/۰۰۱) و در مقایسه با شرایط پابرهنه ۶۶٪ منجر به افزایش مقدار ضربه نیروی خلفی شده است (p<۰/۰۰۱).

بحث

کفش ناپایدار افزایش معناداری را در اوج نیروی عمودی غیرفعال و اوج نیروی خلفی در مقایسه با کفش کنترل و شرایط پا برهنه ایجاد نموده‌است. نتایج پژوهش بویر و همکاران نیز این یافته را تأیید می‌کند (۱۲). این افزایش را می‌توان به ویژگی بالشتکی کم این کفش‌ها نسبت داد. ویژگی بالشتکی کفش به توانایی زیره کفش در تعدیل نیروهای برخورد اطلاق می‌شود. با وجود این، اوج نیروی عمودی غیرفعال در کفش کنترل به نسبت شرایط پابرهنه هنگام دویدن کاهش یافت. در واقع کاهش این نیرو همان هدفی است که این گونه کفش‌ها (کفش کنترل) برای آن طراحی شده‌اند. مطالعات انجام شده در زمینه آسیب‌های دویدن، اوج نیروهای غیرفعال عمودی و خلفی را به عنوان یکی از ریسک فاکتورهای آسیبی دویدن معرفی نموده‌اند (۳-۶ و ۸-۱۳). به این ترتیب، کفش ناپایدار با افزایش این متغیرها می‌تواند دوندگان را با خطر آسیب‌های مرتبط با دویدن روبرو سازد. نیروی عمودی فعال هنگام استفاده از کفش‌های مورد بررسی تفاوتی را نشان نداد. شرکت‌های سازنده‌ی کفش‌های ناپایداربیان کرده‌اند که کفش ناپایدار با اثر غلتکی، می‌تواند میزان نیروی عمودی فعال

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۲. مقایسه میانگین متغیرهای پژوهشی در شرایط پوششی متفاوت حین دویدن

متغیرهای پژوهشی	کفش ناپایدار	کفش کنترل	پا برهنه	اثر کلی	آزمونهای تعقیبی		
					***	**	*
(BW/s) سرعت بارگذاری نیروی عمودی	۳۷۹/۵۰ (۱۶۵/۰۴)	۲۱۰/۱۷ (۵۹/۸۷)	۴۰۲/۰۷	۰/۰۱	≤۰/۰۰۱	۰/۴۳	≤۰/۰۰۱
(BW/s) سرعت بارگذاری نیروی خلفی	۳۴/۵۵ (۳/۸۰)	۲۴/۳۱ (۱۸/۵۰)	۲۰/۵۱ (۲/۲۰)	۰/۰۲	≤۰/۰۰۱	۰/۵۱	≤۰/۰۰۱
(BW) اوج نیروی خلفی	۱/۵۵ (۰/۷۲)	۱/۲۲ (۰/۳۶)	۱/۰۲ (۰/۵۵)	۰/۰۲	۰/۰۳	≤۰/۰۱	۰/۰۸
(BW) اوج نیروی قدامی	۲/۰۴ (۰/۵۶)	۲/۴۴ (۰/۵۹)	۲/۲۹ (۰/۵۴)	۰/۰۱	≤۰/۰۰۱	۰/۰۴	۰/۱۲
(BW) اوج نیروی عمودی فعال	۱/۶۳ (۲/۵۴)	۱/۶۳ (۱/۸۲)	۱/۵۷ (۲/۱۷)	۰/۰۷	۰/۸۷	۰/۲۲	۰/۱۹
(BW) اوج نیروی عمودی غیرفعال	۱/۲۴ (۲/۴۶)	۰/۸۹ (۲/۶۱)	۱/۱۲ (۲/۰۴)	۰/۰۴	≤۰/۰۰۱	۰/۰۴	≤۰/۰۰۱
(Ns) ضربه نیروی عمودی غیرفعال	۱/۳۰ (۰/۳۸)	۰/۷۲ (۰/۳۰)	۱/۲۱ (۰/۲۸)	۰/۰۲	≤۰/۰۰۱	۰/۲۸	≤۰/۰۰۱
(Ns) ضربه اوج نیروی خلفی	−۰/۱۶ (۰/۰۹۵)	−۰/۱۱ (۰/۰۷۱)	−۰/۱۰ (۰/۰۶۱)	۰/۰۲	≤۰/۰۰۱	≤۰/۰۰۱	۰/۳۴
(ms) مدت زمان اتکا	۹۹ (۰/۱۳۰)	۹۹ (۰/۰۰۸)	۱۰۰ (۰/۰۱۳)	۰/۵۳	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
(W) توان منفی مچ پا	۵۱/۴۴۴ (۴۲/۶۶۰)	۸۱/۷۳۰ (۸۲/۰۲۱)	۷۹/۲۱۵ (۵۵/۰۷۶)	۰/۰۱	۰/۰۲	۱/۰۰	≤۰/۰۰۱
(W) توان منفی زانو	۱۷۵/۸۰۱ (۱۰۰/۸۲۴)	۱۷۱/۷۶۰ (۱۱۲/۳۵۱)	۱۲۸/۷۹۱ (۱۰۲/۲۹۷)	۰/۰۱	۱/۰۰	۰/۱۱	≤۰/۰۰۱
(W)توان منفی ران	۲۲/۸۱ (۱۸/۳۶)	۲۶/۹۱ (۲۵/۴۴)	۲۹/۸۳ (۲۰/۸۱)	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۹
(W) توان مثبت مچ پا	۸۷/۷۱ (۲۹/۸۰)	۱۱۵/۸۱ (۵۵/۷۳)	۱۱۴/۶۵ (۴۶/۵۸)	۰/۰۱	۰/۰۹	۱/۰۰	۰/۰۱
(W) توان مثبت زانو	۳۸/۱۴۶ (۲۱/۴۲۸)	۶۰/۵۳۹ (۹۲/۹۲۷)	۴۱/۲۳۴ (۲۷/۵۵۵)	۰/۳۴	۰/۷۸۸	۱/۰۰	۱/۰۰
(W) توان مثبت ران	۱۲۵/۱۲ (۷۳/۶۲)	۱۶۴/۰۳ (۱۱۷/۹۹)	۱۴۰/۴۸ (۶۱/۵۲)	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۷۶	۰/۳۴

*مقدار معنی‌داری بین کفش ناپایدار و پابرهنه (P<۰/۰۵).** مقدار معنی‌داری بین کفش کنترل و پابرهنه (P<۰/۰۵).***مقدار معنی‌داری بین کفش ناپایدار و کفش کنترل (P<۰/۰۵).

توانبخشی

Archive of SID
www.SID.ir

را کاهش دهد (۱۳). با این وجود، این فرض در مطالعه حاضر در دویدن تأیید نشد.

سرعت بارگذاری نیروی عمودی در کفش ناپایدار در مقایسه با کفش کنترل افزایش یافت. این افزایش می‌تواند ناشی از سفتی زیره این کفش‌ها باشد. در کفش کنترل و اکثر کفش‌های ورزشی دیگر زیره کفش با اعمال ویژگی بالشتکی به عنوان یک فیلتر عمل کرده و سرعت بارگذاری را کاهش می‌دهد. ولی در کفش ناپایدار به علت سفتی زیره کفش و همچنین شکل خاص آن در ناحیه پاشنه، مقدار بار اعمال شده به پاشنه و سرعت بارگذاری افزایش می‌یابد. با توجه به افزایش معنادار سرعت بارگذاری در کفش ناپایدار در مقایسه با پای برهنه می‌توان بیان کرد که ویژگی بالشتکی این نوع کفش از پاشنه پا نیز کمتر است؛ هرچند شناخت ساز و کار آن و درک دقیق‌تر این موضوع نیازمند پژوهش‌های بیشتر است. مطالعه ای در رابطه با کفش ناپایدار، تغییراتی را در سرعت بارگذاری نیروی عمودی حین دویدن مشاهده نکرد (۱۲)، در حالی که در مطالعه حاضر سرعت بارگذاری در کفش ناپایدار به نسبت کفش کنترل به طور معناداری افزایش یافت که همسو با مطالعه دیگری نیز است (۱۶). این تناقض می‌تواند ناشی از سفتی متفاوت نوع دقیق کفش ناپایدار در دو مطالعه باشد. سفتی زیره کفش به طور مستقیم بر سرعت اعمال بار تأثیر می‌گذارد (۵ و ۹). مطالعات پیرامون آسیب‌های ناشی از دویدن نشان می‌دهد که مقدار و سرعت اعمال بار به پا یکی از کلیدی‌ترین شاخص‌های آسیب در دوندگان است (۵، ۸، ۱۲و ۱۶). با این وصف احتمالاً کفش ناپایدار خطر آسیب‌های مرتبط با بارگذاری سریع در دوندگان را افزایش می‌دهد.

در راستای قدامی- خلفی، کفش ناپایدار در مقایسه با کفش کنترل باعث کاهش معنادار سرعت بارگذاری نیروی خلفی شد. در حالی که کفش کنترل در مقایسه با وضعیت پابرهنه افزایش معناداری را در این متغیر نشان داد. کاهش سرعت بارگذاری نیروی خلفی در کفش ناپایدار را می‌توان به شکل هندسی خاص پاشنه این کفش‌ها نسبت داد. به دلیل قوس پاشنه‌ای، در مرحله برخورد پاشنه، نیرو در راستای قدامی–خلفی بازوی گشتاوری کوتاه‌تری به نسبت کفش کنترل دارد که این موضوع باعث کاهش بار در راستای قدامی- خلفی می‌شود. این در حالی است که کفش کنترل در مقایسه با وضعیت پابرهنه به واسطه بازوی گشتاوری بیشتر، باعث افزایش سرعت بارگذاری شده است.

هنگام استفاده از کفش ناپایدار کاهش معناداری در اوج نیروی قدامی در مقایسه با کفش کنترل و شرایط پابرهنه مشاهده شد. مطالعات قبلی این یافته را حمایت می‌کند (۱۲). کفش ناپایدار در بخش قدامی نیز مانند بخش خلفی دارای انحنا است که این به نوبه خود بازوی گشتاوری نیروها در راستای قدامی–خلفی را کوتاه می‌کند. به علاوه برخلاف کفش کنترل، زیره کفش ناپایدار در راستای محور طولی خود داری انحنا نیست، به عبارت دیگر شکل زیره کفش ناپایدار نسبت به صفحه قدامی–خلفی عبوری از وسط آن در دو طرف قرینه است. این موضوع باعث کاهش اثرگذاری بخش قدامی پا و انگشتان به ویژه انگشت شست پا در مرحله پیشروی می‌شود؛ در حالی که نقش این بخش از پا در تولید نیروی قدامی در مرحله پیشران بسیار زیاد است. همچنین به نظر می‌رسد اثر غلتکی این کفش باعث به وجود آمدن یک نیروی پیشبرنده به شکل غیرفعال شده است که این امر نیز می‌تواند در کاهش این متغیر مؤثر باشد.

در کفش ناپایدار، ضربه ناشی از نیروی عمودی و خلفی در مقایسه با کفش کنترل افزایش یافت که همسو با مطالعه‌ای نیز بود (۱۷). این یافته نشان می‌دهد که استفاده از این کفش می‌تواند علاوه بر مقدار اوج، مدت زمان اعمال نیروی اوج را نیز افزایش دهد. از این رو، منجر به افزایش بار وارده به پا شده و در برخوردهای تکراری هنگام دویدن، خطر ایجاد و توسعه آسیب را افزایش دهد. با وجود این، کفش کنترل باعث کاهش مقادیر این متغیرها در مقایسه با پای برهنه شد. بنابراین در بررسی ضربه وارده به پا نیز کفش کنترل شاخص ایمن‌تری را نشان می‌دهد.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که کفش ناپایدار در جذب بهینه‌تر نیروهای اعمال شده به مفصل مچ پا در مقایسه با کفش کنترل برتری ویژه‌ای ندارد. این کفش ظرفیت کمتری در جذب ضربات ناشی از دویدن به نسبت کفش کنترل دارد؛ توان منفی آن حتی از پای برهنه نیز کمتر بوده است. توان منفی کمتر کفش ناپایدار را می‌توان به حذف پاشنه در طراحی این کفش‌ها نسبت داد. به دلیل قوس پاشنه‌ای، هنگام دویدن پاشنه به طور مستقیم با زمین برخورد می‌کند. در واقع شکل قوسی تخت این کفش طول بازوی گشتاور را کاهش داده و نقطه برخورد را از خلفی‌ترین قسمت تخت کفش به بخش‌های میانی‌تر سوق داده است. در حالی که در کفش کنترل، قسمت انتهایی کفش قبل از برخورد قسمت پاشنه‌ای و متحمل بار شدن آن، به زمین برخورد کرده و اندکی از بار را به واسطه بزرگ‌تر بودن بازوی گشتاوری جذب می‌کند. براین اساس کفش ناپایدار پاشنه پا را با زمین روبرو نموده و ضربه، مستقیماً متوجه آن می‌شود. بنابراین استفاده از این نوع کفش نمی‌تواند در جلوگیری از آسیب‌های مفصلی ناشی از ضربات تکراری در مفصل مچ پا مزیتی را در مقایسه با کفش کنترل نشان دهد. به این منظور استفاده از آن در افراد مستعد چنین آسیبی توصیه نمی‌گردد.

کفش ناپایدار منجر به افزایش معنادار ۳۶٪ در توان منفی زانو به نسبت وضعیت پای برهنه شد. این یافته نشان می‌دهد که دویدن با کفش ناپایدار در مقایسه با کفش کنترل تفاوت خاصی جهت فعالیت جذبی ندارد. ولی به نسبت دویدن پابرهنه می‌تواند بار کمتری را متحمل مفصل زانو سازد. این یافته می‌تواند در ارائه روش ایمن‌تر در فعالیت‌های بازتوانی و حرکتی برای افرادی با مشکلات زانو مد نظر قرار گیرد.با وجود این، تغییر معناداری

Archive of SID
www.SID.ir

در سایر وضعیت‌ها مشاهده نشد. در تحقیق حاضر اثرات فوری استفاده از کفش ناپایدار بررسی شد، حال آنکه ممکن است در استفاده طولانی‌مدت اثراتی متفاوت در رابطه با این کفش‌ها مشاهده شود. با توجه به تأثیر پیشبرندگی این کفش‌ها، بررسی اثرات کفش ناپایدار در شرایط فیزیولوژیک خاص، مانند خستگی، به نظر می رسد بتواند به ارائه نظری جامع پیرامون این کفش‌ها کمک کند. علاوه بر این تأثیر عملکردی این نوع کفش ها در افراد با مشکلات پاسچری نیز می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

کفش ناپایدار برخی از ریسک فاکتورهای آسیبی دویدن شامل حداکثر نیروی عمودی غیرفعال و سرعت بارگذاری آن، حداکثر نیروی خلفی و ضربه حاصل از آن را افزایش داد. همچنین این کفش با کاهش توان منفی مچ پا نسبت به کفش کنترل، منجر به کاهش ظرفیت جذبی و کنترلی عضلات ساق و پایداری فعال این مفصل شد. با توجه به موارد فوق، ایمنی مطلوبی را در جلوگیری از آسیب‌های مرتبط با دویدن نمی توان برای کفش ناپایدار در نظر گرفت. با وجود این، با افزایش توان مثبت مچ پا در مقایسه با پای برهنه وکاهش نیروی قدامی، کفش ناپایدار می‌تواند ظرفیت پیشروی و تولید نیرو را در مفصل مچ پا بهبود بخشیده و مزیت عملکردی پیش‌برندگی را برای استفاده کنندگان فراهم نماید.

منابع

[1] Nicola T, Shami A. Rehabilitation of running injuries. Leg Pain in the Running Athlete, 2012; 31 (2): 351-372.

[2] Ribaud A, Tavares I, Viollet E, Julia M, Herisson C, Dupeyron A. Which physical activities and sports can be recommended to chronic low back pain patients after rehabilitation? Annals of Physical and rehabilitation Medicine, 2013; 56; 576-594.

[3] Everett B, Sackiriyas K, Wesley R. A comparison of the spatiotemporal parameters, kinematics, and biomechanics between shod, unshod, and minimally supported running as compared to walking.Physical therapy, 2011; 12: 151-163.

[4] Zadpoor A, AsadiNikooyan A. The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: A systematic review. Clinical Biomechanics, 2011; 26: 23–28.

[5] Nigg B. Biomechanics of Sport Shoes. First Edition. University of Calgary. Calgary, Alberta. 2010; 47: 68, 263: 284.

[6] Wiegerinck J, Boyd J, Yoder J, Abbey A, Nunley J, Mac Queen R. Differences in Plantar Loading between Training Shoes and Racing Flats at a Self-Selected Running Speed. Gait & Posture, 2009; 29: 514–519.

[7] Kutznera, B, Heinleina, B, F. Graichena, A, Bendera, C, A, Rohlmanna, A. Halderd, A. Beierd, G. Bergmanna. Loading of the knee joint during activities of daily living measured in vivo in five subjects. Journal of Biomechanics, 2010; 43: 2164-2173.

[8] Logan S, Ian Hunter J, Ty Hopkins J, Feland B, Parcell A. Ground Reaction Force Differencess Beween Running Shoes, Racing Flats, And Distance Spikes In Runners. Journal of sports science and medicine, 2010; 9: 147-153.

[9] Bischof J, Abbey A, Chuckpaiwong B, Nunley J, Mac Queen R. Three-dimensional ankle kinematics and kinetics during running in women. Gait & Posture, 2010; 31: 502–505.

[10] Chang W, Shih Y, Chen W. Running injuries and association factors in participants of ING Taipei Marathon. Physical Therapey, 2012; 13: 170-174.

[11] Tanaguchi M, Tateuchi H, Takeoka T, Ichihashi N. Kinematic and Kinetic Characteristics of Masai Barefoot Technology Footwear. Gait & Posture, 2012; 35: 567–572.

[12] Boyer K, Andriacchi T. Changes in running kinematics and kinetics in response to a rockered shoe intervention. Clinical Biomechanics, 2009; 24: 872–876.

[13] Nigg BM, Emery C, Hiemstra LA. Unstable Shoe Construction and Reduction of Pain in Osteoarthritis Patients. Medicine Science Sports and Exercise, 2006; 38: 1701–8.

[14] Brody D. Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. The Orthopedic Clinics of North America 1982; 13 (3): 541.

[15] Robertson G, Caldwell G, Hamill J, Kamen G, Whittlesey S. Research methods in Biomechanics. First ed: Human Kinetics, 2009; P 39-50.

[16] Isabel C.N. Sacco, Cristina D. Sartor, Licia P. Cacciari, Andrea N, Onodera, Roberto C, Dinato, Elcio Pantaleão Jr, Alessandra B, Matias, et al. Effect of a rocker non-heeled shoe on EMG and ground reaction forces during gait without previous training. Gait & Posture; 2012; 36: 312–315.

[17] Stöggl T, Haudum A, Birklbauer J, Murrer M, Müller E. Short and long term adaptation of variability during walking using unstable (Mbt) shoes. Clinical Biomechanics, 2010; 25(8): 816-822.

Archive of SID
www.SID.ir