تأثیر کفش پنج انگشتی بر سرعت بارگذاری نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و درک احساس راحتی در طول فاز اتکای دویدن

سیده زینب حسینی[1]*، منصور اسلامی[1]

۱. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، ساری، ایران.

دریافت: ۱۳۹٤/۲/۲۲ پذیرش: ۱۳۹٤/۵/۲۸

چکیده

هدف: افزایش سرعت بارگذاری نیروی عمودی عکس‌العمل و عدم راحتی کفش در اوایل مرحله ایستا می‌تواند احتمال آسیب‌های بیش‌کاری را افزایش دهد. هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر کفش پنج انگشتی با ارتفاع زیره کم بر سرعت بارگذاری نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و درک احساس راحتی در طول فاز اتکای دویدن بود.

روش‌ها: ۱۵ دانشجوی مرد (سن ۲۰±۲٤/۵ سال، جرم ٤/٦۱± ۷۵/۸ کیلوگرم، قد ٦/٦٤±۱۷۸/٦ سانتی‌متر) در این مطالعه شرکت کردند. آزمودنی‌ها در شرایط کفش پنج انگشتی و کنترل و پابرهنه بر روی صفحه نیروسنج دویدند. سرعت بارگذاری با استفاده از شیب نمودار نیروی عمودی عکس‌العمل و درک راحتی با استفاده از مقیاس درک بینایی (Visual Analog Scale) اندازه‌گیری شد. از تست تی همبسته جهت تحلیل داده‌های درک راحتی و از روش تحلیل واریانس یک عامله جهت تحلیل داده‌های سرعت بارگذاری استفاده شد (P≤۰/۰۵).

یافته‌ها: سرعت بارگذاری نیروی عمودی در سه شرایط تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (P=۰/۱۰). با وجود این، راحتی کفش کنترل در مقایسه با کفش پنج انگشتی به‌طور معنی‌داری ۹۲ /۱۰ درصد بیشتر بود (P=۰/۰۰۱).

نتیجه‌گیری: سرعت بارگذاری در کفش پنج انگشتی در دویدن مشابه حالت پابرهنه است. اما به دلیل راحتی کم افراد هنگام دویدن نمی‌توان آن را در تمرینات ورزشی به‌عنوان یک کفش مطلوب توصیه کرد.

کلید واژگان: کفش ورزشی، دویدن پابرهنه، نیروی عمودی عکس‌العمل زمین، سرعت بارگذاری، احساس راحتی

* نویسنده مسئول: استان مازندران، شهرستان بابلسر، بلوار دانشگاه، پردیس دانشگاه مازندران، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی
تلفن: ۰۹۳۵٦۱٤۸۲۰۹
Email: zi.hoseini@gmail.com

مقدمه

افزایش سرعت بارگذاری نیروی عمودی عکس‌العمل در اوایل مرحله ایستا می‌تواند احتمال آسیب‌های بیش‌کاری از قبیل شکستگی استرسی (Stress Fracture) و التهاب غلاف کف پایی، سندرم درد کشککی رانی (Patella Femoral Syndrome) را در دوندگان افزایش دهد (٤،۳،۲،۱). آگاهی از بارگذاری پا طی دویدن و تغییرات نیروهای عمل‌کننده طی بارگذاری در جلوگیری از وقوع آسیب‌های ناشی از دویدن حائز اهمیت است. در واقع، کاهش نیروهای اعمال شده بر پا، سرعت بارگذاری نیرو و مدت زمان فاز اتکا را کاهش می‌دهد (٤،۲).

عوامل مختلفی در تغییرات بارگذاری نیروی عکس‌العمل زمین (Ground Reaction Force Loading Rates) دخیل هستند که نتایج تحقیقات گذشته به سرعت دویدن، طول گام (۵)، الگوهای

برخورد (۷،٦) و همچنین ویژگی‌های کفش (۱۰،۹،۸) اشاره نمودند. ویژگی‌های ساختاری کفش (شکل هندسی زیره، میزان سختی زیره) نیروهای وارد بر ساختار عضلانی- اسکلتی را تغییر می‌دهد (۹). به‌عنوان نمونه Eslami و همکاران گزارش کردند کفش ناپایدار نیروی عمودی عکس‌العمل (Ground Reaction Force (GRF)) را ۸۰ درصد نسبت به کفش معمولی افزایش می‌دهد (۱۱). همچنین، با استفاده متداول از کفش‌هایی که از قوس پا حمایت می‌کنند و یا دارای کف سفت هستند، ضعف عضلات درون مفصلی پا افزایش می‌یابد. در نتیجه منجر به کاهش قوس طولی داخلی پا و کاهش جذب شوک می‌شود (۱۲،۹).

از سوی دیگر، تحقیقات گزارش کردند دویدن پابرهنه، به‌دلیل تمایل برخورد قسمت قدامی یا میانی پا و حذف اوج اول GRF، تنش‌های مکانیکی ناشی از ضربه پاشنه را کاهش و با فعال شدن عضلات درون مفصلی قدرت پا را افزایش می‌دهد (۱۳،۸). فعالیت عضلانی بر جنبه‌های زیادی از حرکت، از قبیل هندسه کل پا و سرعت فرود اندام تحتانی، ارتعاشات اجزای بافت نرم، بارگذاری مفصل، پایداری طی تماس با زمین تأثیرگذار است و باعث به حداقل رسیدن بارگذاری به اندام تحتانی می‌شود (١٤). همچنین هنگام دویدن پابرهنه، غالب الگوهای برخورد به‌صورت پنجه- پاشه است، عضلات پلانتار فلکسور فعالیت بیشتری خواهند داشت و پا تطابق بیشتری با زمین پیدا می‌کند، جرم مؤثر بدن هنگام برخورد پا با زمین کاهش می‌یابد، در نتیجه سرعت بارگذاری کاهش می‌یابد (۹،۸). با وجود این، دویدن پابرهنه به‌دلیل برخورد با سطوح ناهموار منجر به ضعف عضلات کف پایی می‌شود و آسیب‌های غیرقابل پیش‌بینی را برای دوندگانی که در طولانی مدت با کفش دویده‌اند، در پی خواهد داشت (۱۵). لذا این نتایج متناقض گواه این مدعاست که استفاده از کفش با طراحی مشابه پا، ممکن است بارگذاری وارد بر بدن را کاهش دهد.

به‌تازگی کفش پنج‌انگشتی (Five Finger Shoe) در کانون توجه ورزشکاران، مربیان و متخصصین بالینی قرارگرفته است. Five Finger Shoe دارای پنج انگشت در راستای قدامی و سبک‌تر نسبت به کفش‌های متداول است و عدم پوشش قوس طولی داخلی و ارتفاع کم زیره به مفاصل پا امکان تحرک بیشتری در طول دویدن می‌دهد (١٦،۹). سازندگان بر این باورند که فعالیت با کفش Five Finger Shoe با طراحی مشابه پا، بدن را با مقادیر کمتری از بارگذاری در طول دویدن روبرو می‌کند. همچنین آن را نوعی ابزار تمرینی یا به نوعی بالینی جهت فعالیت‌های ورزشی و توانبخشی توصیه می‌نمایند (١٦). با این‌حال، این فرضیه در مورد دویدن با این کفش‌ها مبهم بوده و توافق عمومی در میان پژوهشگران در مورد فواید آن حاصل نشده است. از سوی دیگر، راحتی کفش با اجرا، آسیب‌ها، فعالیت عضلانی و عوامل بیومکانیکی مرتبط است (۹) و مرتبط با احساسی است که دوندگان در مورد بار وارده بر بدن در طول تمرین تحمل می‌کنند (۱۷). محققان نشان دادند که ارتباط قوی بین مواد و شکل هندسی زیره کفش دوندگان با فشار کف پایی، ضربه و GRF ورودی به بدن وجود دارد (۲۰،۱۹،۱۸). تعدادی از نویسندگان حدس می‌زنند که ویژگی‌های عملکردی و طراحی مناسب کفش، سیستم درک حسی بدن را قادر به تمایز ضربه‌ها با فرکانس و دامنه متفاوت می‌کند (۲۰،۱۹). درک حسی از تمایز ضربه‌ها، به دلیل طراحی مناسب کفش، بار وارده به بدن را کاهش می‌دهد و بهبود عملکرد و راحتی در اجرا را برای ورزشکاران فراهم می‌کند. بنابراین اندازه‌گیری راحتی (افزایش درک حسی ناشی از طراحی مناسب کفش) می‌تواند در انتخاب کفش مناسب برای دوندگان کمک کند (۲۰). به نظر می‌رسد که ارتفاع کم در زیره کفش و ساختار انگشتی پنجه‌ها، میزان راحتی و مقدار نیروی عکس‌العمل زمین، بارهای اعمالی به بدن را هنگام دویدن تغییر دهد. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کفش پنج انگشتی بر سرعت بارگذاری نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و درک احساس راحتی انجام گرفت.

روش‌شناسی

تحقیق حاضر از نوع میدانی و نیمه‌تجربی بود که در آن ۱۵ نفر از بین دانشجویان مرد جوان فعال دانشگاه مازندران به‌صورت در دسترس و آسان انتخاب شدند. حجم نمونه در روش تحلیل توان آزمون (Power analysis) بر اساس مطالعات گذشته بر روی اثرات کینماتیکی و کینیکی کفش و حالت پابرهنه تعیین شد. بر اساس این مطالعات تعداد حداقل ۱۵ آزمودنی برای بررسی تفاوت‌ها مناسب در نظر گرفته شده بود (١٥،١٤). اطلاعات دموگرافیک و شاخص‌های مربوط به آزمودنی‌ها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱
مشخصات دموگرافیکی آزمودنی‌ها

تعداد	سن (سال)	قد(سانتی‌متر)	جرم (کیلوگرم)	شماره کفش
۱۵	۲۴/ ۵±۲	۱۷۸/۶±۶/۶۴	۷۵/۸ ±۴/۶۱	۴۳/۳۸±۱/۰۵

سلامت جسمانی کلیه آزمودنی‌ها قبل از اجرای پروتکل پژوهشی ارزیابی شد و آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه پروتکل تحقیقی را امضا نمودند. هرگونه مشکلات پاسچری و اسکلتی عضلانی و دفورمیتی‌های پایین‌تنه نظیر زانوی پرانتزی و ضربدری، صافی و گودی کف پا، پیچش درشت‌نئی، پیچ‌خوردگی مزمن مچ پا، شکستگی، دررفتگی، بیماری‌هایی نظیر شکستگی استرسی، استئوآرتریت، شین اسپلینت، دردهای ساق و پا به‌عنوان متغیر خروج آزمودنی از مطالعه تعیین شد. بررسی درست بودن این متغیرها از ارزیابی بالینی توسط متخصص و همچنین اطلاعات حاصل از پرسش‌نامه اطلاعات فردی تأیید شد. به این منظور اطمینان حاصل شد که هیچ‌کدام سابقه شکستگی، جراحی، نداشته و در شش ماه گذشته دچار سوختگی، ضرب‌دیدگی و زخم در اندام تحتانی نشده باشند. کلیه آزمودنی‌ها دارای شاخص افتادگی ناوی طبیعی بودند. میزان افتادگی ناوی با استفاده از روش برودی (Brody) ارزیابی شد (۳۰). در این روش ارتفاع برجستگی ناوی از زمین در دو حالت ایستاده و نشسته اندازه‌گیری شده و میزان ۵ تا ۹ میلی‌متر به‌عنوان محدوده شاخص قوس کف پایی طبیعی در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری واروس زانو، فرد با اندام تحتانی برهنه ایستاده، به‌طوری‌که زانوها در اکستنشن کامل (Extension) قوزک‌ها به هم چسبیده و کشکک به‌طرف قدام باشد. آنگاه فاصله بین دو اپی‌کندیل داخلی زانو اندازه‌گیری و مقدار کمتر از ۲ سانتی‌متر به‌عنوان طبیعی در نظر گرفته شد (۳۱). برای والگوس زانو، طی ایستادن و اکستنشن کامل زانوها و کشکک‌های رو به قدام، فاصله بین دو قوزک داخلی پا اندازه و میزان کمتر از ۱۰ سانتی‌متر به‌عنوان طبیعی تعریف شده است (۳۲).

آزمون‌گیری در آزمایشگاه بیومکانیک دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه مازندران انجام شد و بنابراین محل آزمون برای تمامی آزمودنی‌ها یکسان بود. با توجه به اینکه تنظیمات و اصلاحات در الگو و شرایط دویدن در محیط‌های آزمایشگاهی گاهی اوقات ممکن است منجر به گام غیرواقعی و درنتیجه نتایج نامعقول شود. فاصله دویدن تا هدف حداقل با پنج گام و الگوی برخورد در دویدن به‌طور اختیاری صورت گرفت، همچنین به‌منظور کنترل الگوی

شکل ۱. الف) کفش پنج انگشتی، ب) کفش کنترل

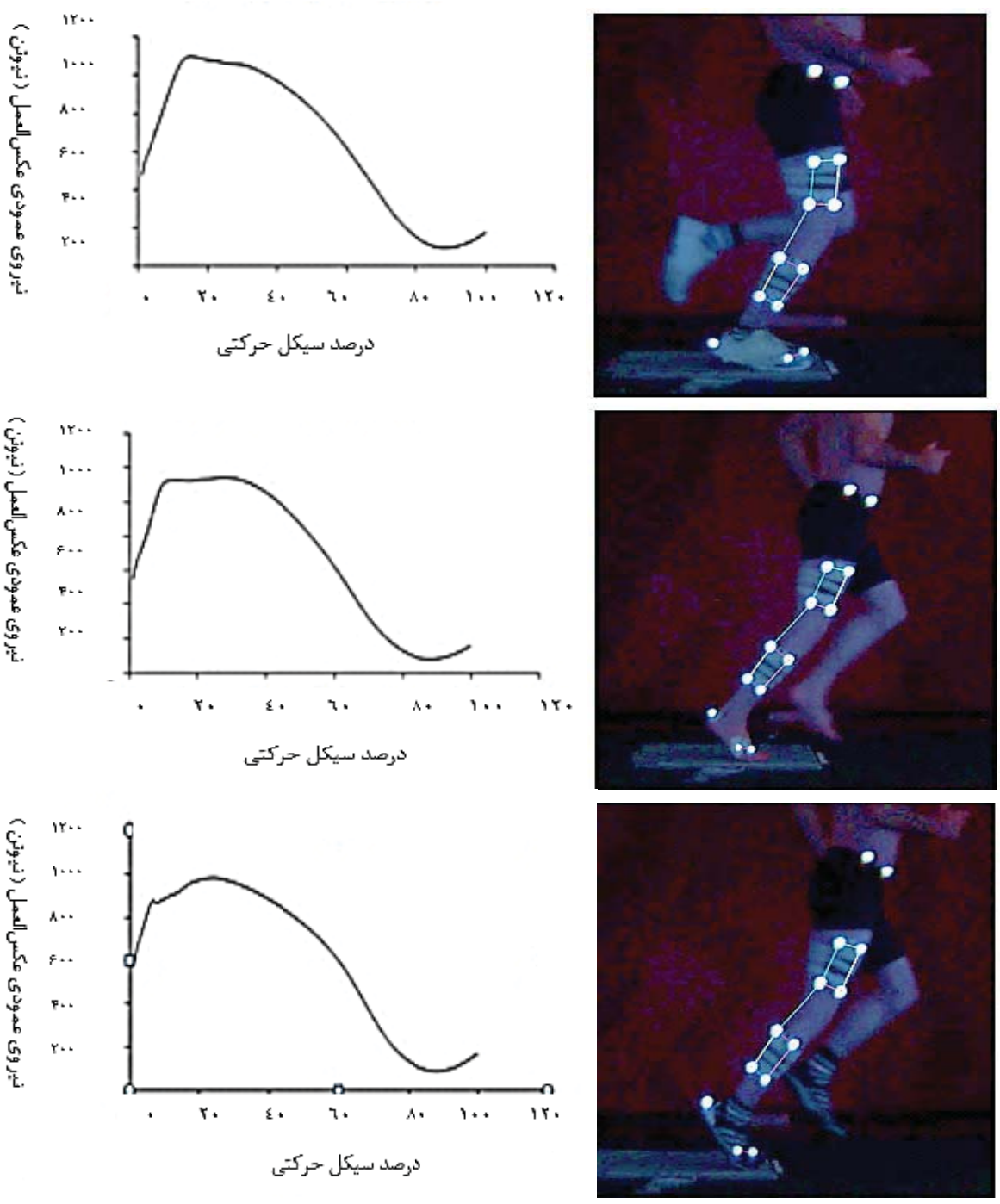
برخورد و تفاوت‌های فردی آزمودنی‌ها، سرعت نیز کنترل گردید. پس از گرم کردن اولیه با کفش‌های تحقیق از آزمودنی‌ها خواسته شد که در مسیر دویدن قرار گرفته و با سرعت ۳ متر بر ثانیه شروع به دویدن نمایند. مسیر دویدن ۲۵ متر بود و صفحه نیروسنج در فاصله ۱۵ متری از نقطه شروع قرار داشت. نحوه کنترل سرعت از دو راه صورت گرفت: ۱) فاصله بین شروع حرکت تا صفحه ۱۵متر بود که این مسیر را هر آزمودنی ظرف ۵ ثانیه طی می‌کرد و زمان با استفاده از کرنومتر توسط دو ناظر ثبت می‌شد تا مطابق فرمول سرعت، سرعت مورد نظر به‌دست آید. ۲) داده‌های هر آزمودنی با استفاده از داده‌های کینماتیکی مورد بررسی قرار می‌گرفت تا از سرعت مورد نظر اطمینان حاصل شود. از صفحه نیرو (Winterhor محل کارخانهKistler، سرعت نمونه‌برداری ۱۰۰۰ فریم در ثانیه، ساخت کشور سوئیس ۲۰۰۹) به‌منظور اندازه‌گیری داده‌های مربوط به نیروی عکس‌العمل زمین استفاده شد. دستگاه مذکور دارای ۶۰ سانتی‌متر طول و عرض ۴۰ سانتی‌متر بود و به‌منظور جلوگیری از استرس آزمودنی هنگام دویدن، در راستای مسیر دویدن، در یک مکان مناسب به‌طوری‌که آزمودنی قادر به تشخیص آن نباشد جاسازی شد. کفش‌های مورد بررسی در این پژوهش شامل کفش کنترل (Saucony) و کفش پنج‌انگشتی (شرکت سازنده: Adidas Adipure، مدل: V۲۰۵۵) می‌شدند (شکل ۱). برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به درک راحتی کفش آزمودنی‌ها، از مقیاس درک بینایی (Visual Analog Scale(VAS)) استفاده شد. این معیار اندازه معتبری را برای ارزیابی درک راحتی فراهم می‌کند (۲۱) و شامل ۹ سؤال حاوی اطلاعاتی از قبیل میزان درک راحتی در قسمت جلوی پا، قوس پا، پاشنه پا و غیره می‌باشد (۹،۲۱). برای هر سؤال رده‌بندی ۰ تا ۱۵ در نظر گرفته‌شده است. امتیاز ۰ عدم راحتی و امتیاز ۱۵ بیشترین میزان راحتی را نشان می‌داد (۲۲) در واقع میانگینی از امتیازبندی ۹ سؤال موجود در پرسشنامه محاسبه شد و مقدار به‌دست‌آمده به‌عنوان میزان راحتی

کلی در نظر گرفته می‌شـــود (۲۲،۹). روایی و اعتبار این روش توسط Mundermann و همکاران سنجیده و تأیید شد (۲۲).

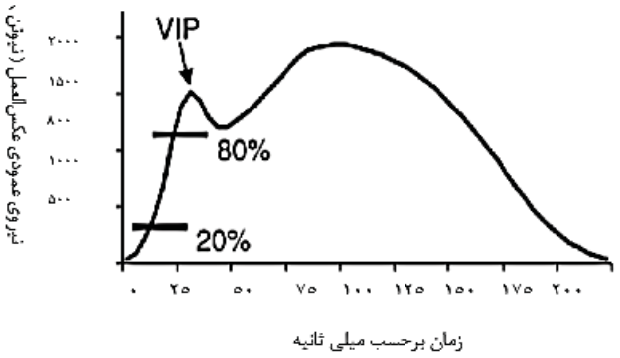
$$C=((S1+S2+S3+S4+S5+S6+S7+S8+S9)/9)$$

C =رده‌بندی راحتی S = رده‌بندی سؤال i در پرسشنامه

آزمودنی‌ها آزمون دویدن را در ســه شرایط کفش پنج انگشتی، کفش کنترل و پابرهنه، با ســه کوشش صحیح انجام دادند. کوشش صحیح شــامل جای‌گذاری مناسب گام روی دستگاه بود که از طریق ارزیابی نمودار عکس‌العمل در دســتگاه و همچنین ارزیابی دیداری دو ناظر



شکل ۲. به‌ترتیب از بالا به پایین وضعیت کفش کنترل، پابرهنه، کفش پنج‌انگشتی



شکل۳. نحوه محاسبه نیروی بارگذاری

کنترل و تأیید شـد (شـکل ۲). کلیه آزمون‌ها، برای هر آزمودنی در یک روز انجام شـد. برای جلوگیری از بروز خسـتگی، وهله‌های ۵ دقیقه‌ای بعد از هر تکرار منظور گردیده بود. از آزمودنی‌ها خواسـته شـد در پایان آزمون پرسشـنامه مربوط بـه درک راحتی آن کفش را تکمیل نمایند.

سرعت بارگذاری عبارت است از شیب تغییرات نیروی عمودی بین ۲۰ درصـد تا ۸۰ درصد حداکثر نیروی عمودی غیرفعال بر حسـب نیروی وزن تقسیم بر زمان (رابطه ۱) (شکل ۳) (۲۳،۱۱).

رابطه ۱

Vertical Average Loading Rate=

[(80%F-20%F)/(80%T-20%T)]

80%F = ۸۰ درصد حداکثر نیروی عمودی غیرفعال

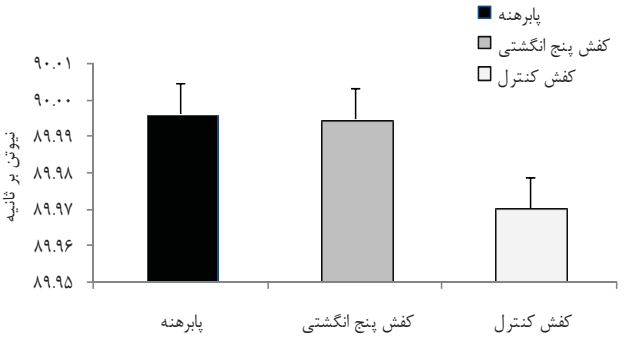
80%T = زمان نیرو

20%F = ۲۰ درصد حداکثر نیروی عمودی غیرفعال

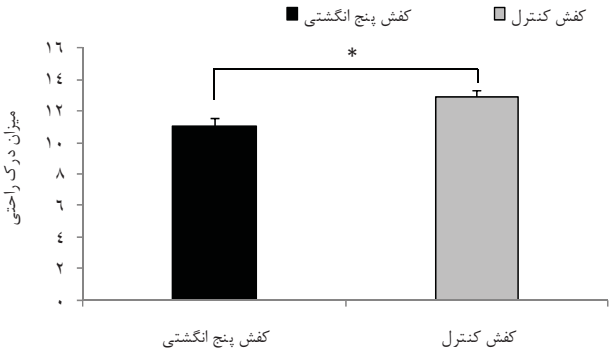
20%T = زمان نیرو

فاز ایسـتا در ایـن تحقیق، از لحظه برخورد پا با زمین تا جدا شـدن پنجه از زمین در نظر گرفته شد و برای ارزیابی پایانی تمام متغیرهای کینتیکی برحسب وزن بدن استاندارد شدند. روایی و اعتبار این روش توسط Woodard سنجش و تأیید شد (۳۸،۲۳،۱۱).

داده‌های مرتبط با نیروی عمودی عکس‌العمل به‌وسیله نرم‌افزار Simi Motion (مدل ۸۵۷۱۶ Unterschleissheim، ساخت کشور آلمان، نسخه ۸/۵ سال ۲۰۱۰) استخراج شده و میانگین داده‌های سه کوشش صحیح به‌عنوان داده آزمودنی در نظر گرفته شـد. از نرم‌افزار MAT-LAB 2012 (ساخت کشور آمریکا؛ شرکت Math Work) به‌منظور آنالیز داده‌های نیرو استفاده شد. به‌منظور فیلتر نمودن داده‌های خام از



نمودار ۱. میانگین و انحراف استاندارد سرعت بارگذاری در سه حالت پابرهنه، کفش کنترل، کفش پنج انگشتی (*سطح معناداری۰/۰۵≥ P)



نمودار۲. میانگین و انحراف استاندارد درک راحتی در سه حالت پابرهنه، کفش کنترل، کفش پنج‌انگشتی (*سطح معناداری۰/۰۵≥P)

تکنیک پایین‌گذر باتروورث با فرکانس برشی ۱۵ استفاده شد. تکنیک تحلیل باقیمانده برای تعیین فرکانس برشی مطلوب مورد استفاده قرار گرفـت. از روش تحلیل واریانس با داده‌هـای تکراری (Repeated Mrasure) به‌منظور آزمون فرض سـرعت بارگیری و آزمون تسـت تی زوجی به‌منظور آزمون فرض درک راحتی، در سـطح اطمینان ۹۵ درصد در نرم افزار SPSS20 (آمریکا؛ شرکت IBM) استفاده شد.

نتایج

به‌منظور بررسـی نرمال بودن داده‌ها، ابتدا کشیدگی و چولگی داده‌ها با نرم‌افزار SPSS ارزیابی شـد. با توجـه به وجود مقادیر چولگی و کشـیدگی در دامنه طبیعی (±۲) شاپیرو ویلک جهت سنجش نهایی انجام گردید. نتایج این آزمون نشان داد که توزیع کلیه متغیرهای مورد بررسی طبیعی است. علاوه بر این، همگنی واریانس‌ها در آزمون لون

(Levene) محرز گردید. با توجه به برقرار شدن فرض‌های لازم، از آزمون پارامتریک برای تحلیل استفاده شد. همچنین به‌منظور کاهش خطای نوع دوم در بررسی دو به دو آزمون‌ها از آزمون بونفرونی (Bonferroni) استفاده شد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه مقدار F =۱/٤٥ و P =۰/۱ نشان می‌دهد در میزان میانگین سرعت بارگذاری بین شرایط مختلف دویدن تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. لذا بر طبق این آزمون فرض صفر قبول، درنتیجه کفش پنج انگشتی بر بارگذاری حاصل از نیروی عمودی عکس‌العمل زمین طی مرحله اتکای دویدن اثر ندارد (نمودار ۱)

همان‌طور که مشاهده می‌شود با توجه به (t =٤/۱۸۸، df =١٤، P=۰/۰۰۱) به‌دست‌آمده از تست تی زوجی میانگین راحتی در کفش کنترل ۱۰/۹۲ درصد نسبت به کفش پنج انگشتی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت؛ لذا فرض صفر رد شده و اختلاف معنی‌داری بین راحتی کفش پنج انگشتی و کفش کنترل طی مرحله اتکای دویدن وجود دارد (نمودار ۲).

بحث

هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر کفش پنج انگشتی بر سرعت بارگذاری نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و درک احساس راحتی در طول فاز اتکای دویدن بود. نتیجه پژوهش حاضر نشان داد که میزان میانگین سرعت بارگذاری در کفش کنترل و کفش پنج انگشتی نسبت به پابرهنه از نظر آماری معنی‌دار نبود. این فرضیه نشان می‌دهد که بین میانگین سرعت بارگذاری در کفش پنج انگشتی نسبت به پابرهنه تفاوتی وجود ندارد، که نشان‌دهنده مشابهت کفش پنج انگشتی و پای‌برهنه در سرعت بارگذاری است. عوامل مختلفی در تغییرات سرعت بارگذاری نیروی عکس‌العمل زمین دخیل هستند که نتایج تحقیقات گذشته به سرعت دویدن، طول گام (۵)، الگوهای برخورد (۷،٦)، و همچنین ویژگی‌های کفش (۱۰،۹،۸)، اشاره نمودند. کنترل سرعت در تحقیق حاضر می‌تواند باعث کنترل و الگوی یکسان (پنجه- پاشنه، پاشنه- پنجه، سینه- پنجه) و طول گام یکسان در آزمودنی‌ها هنگام دویدن در هر سه شرایط باشد (۹،٦). بنابراین نسبت تأثیر آنها کنترل شده است. عدم تفاوت در مؤلفه میانگین سرعت بارگذاری بین شرایط پابرهنه و کفش پنج انگشتی ممکن است به دلیل ویژگی‌های ساختاری کفش پنج انگشتی (شکل هندسی زیره، میزان سختی زیره، تحرک بیشتر قسمت قدامی) و تشابه آن با شرایط پابرهنه باشد. ویژگی‌های ساختاری کفش (شکل هندسی زیره، میزان سختی زیره) بار ورودی و نیروهای وارد بر ساختار عضلانی- اسکلتی را تغییر می‌دهد (۹). احتمالاً به دلیل ساختار مشابه در زیره کفش پنج انگشتی و ارتفاع زیره کم و تحرک بیشتر در قسمت قدامی پا، الگوی برخورد، جذب ضربه، تطابقی مشابه حالت پابرهنه در هنگام برخورد با زمین، ایجاد کرده باشد. هم راستا با نتایج پژوهش حاضر، Shih و همکاران گزارش کردند که مشابهت دویدن با کفش با حالت پابرهنه، مهم‌تر از دویدن با پای‌برهنه به‌منظور کاهش آسیب است، افرادی که با کفش می‌دوند اگر مانند حالت پابرهنه دارای الگوی پنجه باشند، می‌توانند در مرحله بارگذاری و جذب ضربه، مشابه با حالت پابرهنه تطابق بیشتری هنگام برخورد با زمین داشته باشند (٢٤). هنگامی‌که بیشتر فرودها با پنجه اتفاق افتد، جرم مؤثر بدن کاهش، در نتیجه جذب ضربه در مرحله بارگذاری کاهش می‌یابد (۹).

سرعت بارگذاری نیروی عکس‌العمل زمین در طول دویدن پاشنه- پنجه برای توصیف بارگذاری بر روی سیستم عضلانی - اسکلتی به کار گرفته می‌شود که توسط بدن قابل تشخیص است (۲). کفش با ساختار زیره نامناسب حس عمقی را کاهش می‌دهد و تشخیص بارگذاری را کاهش می‌دهد (۹) از دیدگاه Nigg تعدادی از دوندگان پابرهنه به‌دلیل تقویت حس عمقی قادر به سنجش میزان سرعت بارگذاری می‌باشند، درنتیجه قادر به تعدیل سرعت بارگذاری هنگام دویدن پابرهنه هستند (۹). ممکن است ساختار متفاوت Five Finger Shoe، ارتفاع کم در زیره و مواد نرم با خاصیت انعطاف‌پذیری بیشتر، فعالیت عضلات درون مفصلی و مفاصل پا را افزایش داده و موجب بهبود حس عمقی شده باشد. در نتیجه هنگام استفاده از کفش پنج‌انگشتی، سرعت بارگذاری بازخوردی مشابه به حالت پابرهنه داشته باشد. همسو با نتایج پژوهش حاضر، Fong Yan و همکاران در یک مقاله مروری گزارش کردند بین دویدن با کفش و حالت پابرهنه تفاوت معنی‌داری در سرعت بارگذاری وجود ندارد (۲۷). همچنین Squadron و همکاران طی مطالعه‌ای به بررسی نیروی برخورد و فشار کف‌پایی و سرعت بارگذاری در دویدن با کفش و پابرهنه پرداختند و نشان دادند که اختلافی بین ضربه و سرعت بارگذاری بین کفش و حالت پابرهنه وجود ندارد (٢٦). این

در حالی است که Hamill و همکاران طی مطالعه‌ای ویژگی‌های ضربه را در دویدن با پای‌برهنه و با کفش با سرعت اختیاری بررسی کردند و نشان دادند که اختلاف معناداری در مؤلفه‌های ضربه (اوج ضربه، میانگین سرعت بارگذاری، زمان رسیدن به اوج ضربه) بین کفش و پابرهنه اختلاف وجود دارد (۲۸)، که با نتایج پژوهش حاضر در تعارض است. علت این تفاوت احتمالاً به دلیل سرعت اختیاری آزمودنی‌هاست، زیرا در سرعت‌های مختلف، امکان تغییر الگوهای برخورد وجود دارد که منجر به تغییر فرکانس نیرو و نیروی وارد بر بدن می‌شود. Gruber و همکاران گزارش کردند فرکانس و نیروی وارد به بدن هنگام دویدن با الگوی برخورد پنجه و پاشنه مکانیسم اصلی برای افزایش و کاهش شوک و بارگذاری است (۵). از سوی دیگر ممکن است طول گام کوتاه در طول دویدن پابرهنه باعث تفاوت موجود باشد (۲۳). همچنین مطالعه غیرهمسو Samaan و همکاران، تنها نشان دادند که اوج ضربه و بارگذاری در حالت پابرهنه از کفش بیشتر است. علت تعارض این مطالعات با نتایج مطالعه حاضر ممکن است به‌دلیل عدم کنترل سرعت باشد. زیرا در حالت پابرهنه طول گام کوتاه می‌شود که منجر به افزایش سرعت و افزایش دامنه حرکتی اندام تحتانی می‌شود. افزایش سرعت در مرحله میانی نوسان منجر به تغییر الگوی برخورد پا با زمین می‌شود که نقش مهمی در افزایش سرعت بارگذاری و اوج ضربه می‌باشد (۲۳).

نتایج پژوهش حاضر در مورد راحتی نشان داد که میانگین راحتی کفش کنترل نسبت به کفش پنج انگشتی به‌طور معنی‌داری ۱۰/۹۲ درصد بیشتر بود. علت افزایش راحتی در کفش کنترل احتمالاً ناشی از سازگاری آزمودنی‌ها و استفاده مدوام از این نوع کفش در فعالیت‌ها باشد. استفاده از کفش پنج انگشتی نیازمند زمینه‌سازی است تا به‌صورت تدریجی، افراد به این نوع کفش عادت کنند و در فعالیت‌های تمرینی استفاده نمایند. به دلیل تفاوت‌های فردی افراد در چینش انگشتان، شکل و فضای نامناسب انگشتان در طراحی این کفش‌ها، منجر به افزایش فشار به انگشتان شده که زمینه‌ای برای راحتی کمتر هنگام استفاده از کفش پنج انگشتی هنگام دویدن را فراهم می‌کند.

تحقیقات گزارش کردند، واکنش آزمودنی‌ها به کفش و کفی از عوامل گوناگونی شامل، مواد به‌کار برده شده در زیره کفش، عوامل بیومکانیکی (۲٤) عصبی فیزیولوژیکی (۳۳)، آناتومیکی حتی شاید عوامل روان‌شناختی تأثیر می‌پذیرند. بنابراین دلیل احتمالی که می‌توان برای تفاوت میزان درک راحتی بین کفش پنج انگشتی و کفش کنترل توسط آزمودنی‌ها اشاره کرد این است که هر فردی یک آستانه تحریک فشار متفاوتی در کف پای خود دارد. هنگام تماس پا با زمین به‌دلیل ساختار هندسی و مواد به‌کار برده شده در زیره کفش نیروها و فشار وارد شده به پا تغییر می‌کند (۳٤). بر این اساس احتمالاً سیستم حسی بدن بین فشارهای وارده بر بدن از طریق کفش متفاوت عمل می‌کند (۳۵). درصورتی‌که کفش راحتی مناسبی نداشته باشد میزان بار وارده بر مفصل و عضلات افزایش یافته و عضلات برای کنترل و حتی کاهش بار وارده، بیشتر فعالیت می‌کنند که منجر به خستگی زودرس می‌شود. مطالعات قبلی گزارش کردند که خستگی عضله نازک‌نی طویل باعث کاهش تعادل پا می‌شود (۳٦) و خستگی عضله درشت‌نی قدامی باعث آسیب‌های دویدن از قبیل شکستگی ناشی از فشار می‌شود (۳۷)، که تمامی این موارد هنگام استفاده از کفش با ساختار نامناسب مشاهده شده است. بنابراین با توجه به نتایج، تفاوت در میزان درک راحتی را می‌توان احتمالاً با پیش‌بینی و جلوگیری از آسیب‌های دویدن مرتبط دانست. بنابراین می‌توان این‌گونه استنباط کرد که هرچه میزان درک راحتی کفش بیشتر باشد ممکن است احتمال آسیب‌دیدگی در طول فعالیت‌های ورزشی کاهش یابد.

در آزمایشگاه‌های بالینی که اثرات کفش مورد مطالعه قرار می‌گیرد جهت درک بهتر اثرات کفش پنج انگشتی بر متغیرهای کینماتیکی و کینتیکی و فعالیت عضلات، آن را در یک دوره زمانی معین (به‌عنوان مثال ۲ ماه) مورد بررسی قرار دهند. همچنین تأثیر این نوع کفش‌ها به‌دلیل سبک بودن بر اقتصاد دویدن نیز مبهم بوده و پیشنهاد می‌شود برای دستیابی به نتیجه دقیق‌تر در خصوص کفش پنج‌انگشتی مورد توجه قرار گیرد.

در این پژوهش سعی شد که آزمودنی‌ها از نظر فعالیت دویدن در یک سطح انتخاب شوند. قبل از اجرای مهارت توسط آزمودنی‌ها به آنها شیوه درست دویدن پاشنه – پنجه گفته شد تا همه مهارت را به‌خوبی اجرا کنند. همچنین برای کنترل سرعت دویدن آزمودنی‌ها از کرنومتر استفاده شد. علاوه بر این نمودار نیروهای عکس‌العمل زمین که توسط تخته نیروسنج به‌دست می‌آمد هم‌زمان با نمودار الگوی صحیح دویدن پاشنه – پنجه مقایسه می‌شد در صورتی که مطابق با الگو نبود آن تلاش در نظر گرفته نمی‌شد و تلاش مورد نظر دوباره تکرار می‌شد. با این وجود تحقیق با محدودیت‌هایی نیز مواجه بود

که عبارت‌اند از: ۱. داشتن حجم نمونه کم با وجود نرمال بودن توزیع که ممکن اســت بر نتایج اثرگذار باشد، بنابراین پیشنهاد می‌شود این موضــوع در مطالعات آینده با حجم نمونه بالاتر مورد بررســی قرار گیــرد. ۲. عدم کنترل اســترس و تنش ایجاد شــده در آزمودنی‌ها به خاطر قرار گرفتن در شرایط آزمون.۳. استفاده از یک سایز کفش.

نتایج

میزان بار اعمال شده به اندام تحتانی، هنگام دویدن با کفش و پابرهنه به یک مقدار است اما نحوه اعمال بار در دو حالت متفاوت است. در حالت با کفش در مرحله میانی به دلیل ساختار حمایتی، پا سفت شده و تحرک کمتری دارد این درحالی است که در پابرهنه پا تحرک بیشتری دارد و ریز فاکتورهای آسیب را کاهش می‌دهد. هرچند برپایه نتایج تحقیق حاضر، بین مقدار بار اعمال شده به اندام تحتانی در کفش پنج انگشتی نسبت به حالت پابرهنه تفاوتی وجود ندارد و ممکن است به طول عمر ورزشی ورزشکاران و ارتقا سطح اجرای مهارت‌های حرکتی کمک کند؛ اما راحتی کمتر افراد هنگام دویدن با کفش پنج انگشتی ممکن است سطح اجرا را در فعالیت‌های ورزشی تحت تأثیر قرار دهد بنابراین نمی‌توان آن را در تمرینات ورزشی به‌عنوان یک کفش کاملاً مطلوب توصیه کرد. با توجه به نتایج مطالعات گذشته و یافته‌های پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد با در نظر گرفتن تفاوت‌های فردی در چینش انگشتان و ایجاد فضای مناسب برای آن‌ها ممکن است راحتی در اجرا را برای این نوع کفش‌ها به حد مطلوب رساند و به این صورت کفش پنج انگشتی به‌عنوان ابزار مفید برای دوندگان در پیشگیری از آسیب و بهبود عملکرد، نقش بسزایی داشته باشد.

References

1. Hreljac A. Impact and overuse injuries in runners. J Med Sci Sports 2004;36(5),845-849.
2. Zadpoor AA, Nikooyan AA. The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: a systematic review. J Clin biomech 2011;26(1):23-28.
3. Pohl MB, Hamill J, Davis IS. Biomechanical and anatomic factors associated with a history of plantar fasciitis in female runners. J Clin sport med 2009; 19(5):372-376.
4. Milner C E, Ferber R, Pollard CD, Hamill J, Davis IS. Biomechanical factors associated with tibial stress fracture in female runners. J Med Science Sports 2006;38(2):323.
5. Gruber AH, Boyer KA, Derrick TR & Hamill J. Impact shock frequency components and attenuation in rearfoot and forefoot running. J Sport Sci 2014;34(6):453-459.
6. Lieberman DE. Strike type variation among Indians in minimal sandals versus conventional running shoes. J Sport Sci 2014;26(1):23-28.
7. Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA, Daoud AI, D'Andrea S, Davis IS, Pitsiladis Y. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. Nature 2010;463(7280):531-535.
8. Logan S. Hunter I. Hopkins JT, Feland JB, Parcell AC. Ground reaction force differences between running shoes, racing flats, and distance spikes in runners. J sports sci Med 2010;9(1):147.
9. Nigg BM, .Biomechanics of sport shoes . Uni Calgary 2010;463-535.
10. Wiegerinck JI, Boyd J, Yoder JC, Abbey AN, Nunley JA, Queen RM. Differences in plantar loading between training shoes and racing flats at a self-selected running speed. Gait posture 2009;29(3):514-519.
11. Eslami M, amin G, seyed esmaeil H, vahid J,elham G. The effect of shoe type on variables associated with tibial stress fracture injury while jogging in healthy men. Rehabill Sci 2013;9(6):1029-1037.
12. Fereshte H, eslami M, zeynab TL, elham H. Effects of compressive and shear forces on the arch of the foot, ankle at the initiation of gait. J Sports Med 2014;5(2):39.
13. Jenkins DW, Cauthon DJ. Barefoot Running Claims and Controversies A Review of the Literature. J American Med 2011;101(3):231-246.
14. Salzler MJ, Bluman EM, Noonan S, Chiodo CP, Richard J. Injuries Observed in Minimalist Runners. Foot Ankle Int 2012;33(4):262-266.
15. Paquette MR, Zhang S, Baumgartner LD. Acute effects of barefoot, minimal shoes and running shoes on lower limb mechanics in rear and forefoot strike runners. J Footwear Sci 2013;5(1):9-18.
16. Schutte KH. The effect of minimalist shoe training on lower limb kinematics and kinetics in experienced shod runners. Stellenbosch Uni 2012;33(4):262-266.

17. Dinato RC, Ribeiro AP, Butugan MK, Pereira IL, Onodera AN, Sacco IC. Biomechanical variables and perception of comfort in running shoes with different cushioning technologies. J Sci Med Sport 2014;34(6):453-459.
18. Larson P. Comparison of foot strike patterns of barefoot and minimally shod runners in a recreational road race. J Sport Sci 2014;12:143-150.
19. Hein T, Grau S. Can minimal running shoes imitate barefoot heel-toe running patterns? A comparison of lower leg kinematics. J Sport Sci 2014;3(1):33-40.
20. Hamill J, Derrick T, & Holt K. Shock attenuation and stride frequency during running. J Hum Movement Sci 1995;14(1):45-60.
21. Mündermann A, Nigg BM, Stefanyshyn DJ, Humble RN. Development of a reliable method to assess footwear comfort during running. Gait posture 2002;16(1):38-45.
22. Mundermann A, Stefanyshyn DJ, Nigg BM. Relationship between footwear comfort of shoe inserts and anthropometric and sensory factors. J Med Sci Sports 2001;33(11):1939-1945.
23. Samaan CD, Rainbow MJ, Davis IS. Reduction in ground reaction force variables with instructed barefoot running. J Sport Scie 2014;33(4):262-266.
24. Shih Y, Lin KL, Shiang TY. Is the foot striking pattern more important than barefoot or shod conditions in running? Gait posture 2013;38(3):490-494.
25. De Wit B, De Clercq D. & Aerts P. J Biomechanical analysis of the stance phase during barefoot and shod running. J biomech 2000;33(3):269-278.
26. Squadrone R, Gallozzi C. Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. J Sports Med Phy Fitness 2009;49(1):6-13.
27. Fong Yan A, Sinclair PJ, Hiller C, Wegener C, Smith RM. Impact attenuation during weight bearing activities in barefoot vs shod conditions: a systematic review. Gait posture 2013;38(2):1.
28. Hamill J, Russell EM, Gruber AH, Miller R. Impact characteristics in shod and barefoot running. J Footwear Sci 2011;3(1):33-40.
29. Hamill J, Gruber AH, Boyer KA, Derrick TR. Impact shock frequency components and attenuation in rearfoot and forefoot running. J Sport Sci 2014;3(1):33-40.
30. Brody, D. Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. J Orthop Clin 1982;13(3):541-58.
31. Fuss M, Burton FM. Development of standardized test method for characterizing the stiffness of heel sole segments of sport shoes. J Pro Engin 2010;2(2):2801-2804.
32. Akhavi Rad M B, Mehdi Barzi D, Jashn S, Radmanesh M. Prevalence of foot and knee deformities in girls ages 5 School District Tehran. J Hakim Research 2006;9(2):18-23.
33. Barton J, Lees A. Comparison of shoe insole materials by neural network analysis. J Med Bio 1999;34(6):453-459.
34. Nigg BM, Nurse MA, Stefanyshyn DJ. Shoe inserts and orthotics for sport and physical activities. J Med Sci Sports 1999;31:S421-S428.
35. Milani TL, Hennig EM, Lafortune MA. Perceptual and biomechanical variables for running in identical shoe constructions with varying midsole hardness. J Clin biomech 1997;12(5):294-300.
36. Gefen A. Biomechanical analysis of fatigue-related foot injury mechanisms in athletes and recruits during intensive marching. J Med Biolo 2002;40(3):302-310.
37. Andriacchi TP, Kramer GM, Landon GC. The biomechanics of running and knee injuries. J Knee 1985;34(6):453-459.
38. Woodard, CM, James, MK, Messier, SP. Computational methods used in the determination of loading rate: Experimental and clinical implications. J Appl Biomech 1999;15:404-17.

Effect of Five-Finger Shoes on Vertical Ground Reaction Force Loading Rates and Perceived Comfort during the Stance Phase of the Running

Seyede Zeynab Hoseini[1]*, Mansour Eslami[1]

1. Department of Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Mazandaran University, Sari, Iran.

Received: May 12, 2015 Accepted: Aug. 19, 2015

Abstract

Objective: Increased vertical ground reaction force loading rates and lack of comfort footwear in the early stance phase can increase the risk of overuse injuries. The purpose of this study was to investigate the effect of Five-finger shoes on vertical ground reaction force loading rate and perceived comfort during the stance phase of running.

Methods: 15 male students (aged 24 ± 5/24 years, weight 75/8 ± 4/61 kg, height 178/6 ± 6/64 cm) were selected. Subjects were asked to run over a force plate, in control shoe, five finger shoe and barefoot conditions. Loading rate using the slope of the vertical reaction force and perceived comfort were determined using a visual analogue scale. One factor repeated measures ANOVA was used to test the loading rate hypothesis and Paired t-tests was used to test the meaningfulness of perceived comfort (P<0/05).

Results: The effect of shoes on loading rate was found to be not significant (P=0.1). However, comfort of control shoes increased by 10. 92% as compared to that of five-finger shoes (P=0.001).

Conclusion: The loading rate of five-finger shoes is the same as that of barefoot during running; however, as subjects did not perceive them as comfortable as regular shoes are five-finger shoes cannot be advised as a desirable choice in exercises.

Keywords: Sport Shoe, Barefoot Running, Ground Reaction Force, Loading Rate, Perceived Comfort

* Corresponding author:
Department of Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Mazandaran University, Sari, Iran
Tel: 09356148209

Email: zi.hoseini@gmail.com

خانم سیده زینب حسینی، دارای مدرک کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی در سال ۱۳۹۳ از دانشگاه مازندران است. زمینه تحقیقاتی مورد علاقه ایشان بیومکانیک اندام تحتانی و بیومکانیک کفش می‌باشد. ایشان دارای ۳ مقاله ارائه و چاپ شده در همایش‌ها و مجلات داخلی است.

آقای دکتر منصور اسلامی، مدرک دکتری تخصصی خود را در سال ۱۳۸٦ از دانشگاه مونترال دریافت کرد. در حال حاضر ایشان با مرتبه دانشیاری، عضو هیئت‌علمی گروه بیومکانیک، دانشکده تربیت‌بدنی دانشگاه مازندران است. زمینه تحقیقاتی مورد علاقه ایشان، تجزیه و تحلیل راه رفتن در جمعیت‌های کلینیکی، تجزیه و تحلیل راه رفتن و دویدن در ورزشکاران، بیومکانیک مهارت‌های ورزشی، آسیب‌های اندام تحتانی و بیومکانیک کفش می‌باشد. ایشان تاکنون ۳۰ مقاله تخصصی در حوزه بیومکانیک ورزشی در مجلات معتبر داخلی و خارجی منتشر نموده‌اند. لازم به ذکر است ایشان انتشار سه جلد کتاب تألیفی و ترجمه‌ای را نیز در کارنامه خود دارند.