Iranian Journal of Rehabilitation Research in Nursing Original Article

Autumn 2023, Volume 10, Issue 1

Effect of Using Double Density Spike Shoes and Regular Spike Shoes on the Ground Reaction Force Components Before and After Fatigue

Amirali Jafarnezhadgero[1*], Sadaf Ashari[2], Ehsan Fakhri Mirzanag[3], Kimia Hossinpur[4], Marzieh Pourebrahimi[5]

1-Associate Prof. Dept. of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2- M.Sc of Sport Biomechanics, Dept. of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3- PhD Student of Sport Biomechanics, Dept. of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
4- Bachelor student of physical education and sports sciences, Dept. of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
5- Master of Sports Physiology, Department of Sports, Islamic Azad University of Dehdasht, Dehdasht, Iran.

Corresponding Author: Amirali Jafarnezhadgero: Associate Prof. Dept. of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
Email: amiralijafarnezhad@gmail.com

Received: 2022/10/30 Accepted: 2023/6/19

Abstract

Introduction: In recent years, alterations in shoes insoles are used as an effective factor on running kinematic and kinetics in order to improve performance. Therefore, the purpose of this study was to explore the effects of using double density spike shoes and regular spike shoes on the ground reaction force components before and after fatigue.

Methods: The present study was quasi-experimental. The statistical sample of the present study included 13 female runners (Age: 20.4±2.4). Based on the availability, two models of Nike shoes (Nike, Nike Zoom Rival, USA) were selected. Participants were asked to use both shoes before and after fatigue protocol while the ground reaction forces were recorded. Two way ANOVA with repeated measure was used for statistical analysis at significant level of 0.05.

Results: The results showed that main effect of the shoe for the initial peak values of the ground reaction force along the vertical axis is statistically significant (P=0.005). Paired-wise comparison revealed lower initial peak values of the ground reaction force along the vertical axis while using double density spike shoes than that regular spike shoes. Also, main effect of fatigue for free moment values was statistically significant (P=0.002).

Conclusions: Double-density shoes decreased the free moment and loading rate values compared with regular running shoes.

Keywords: Double density shoes, Pronated foot, Fatigue, Ground reaction forces.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.9]

نشریه پژوهش توانبخشی در پرستاری
مقاله پژوهشی
پاییز ۱۴۰۲، دوره ۱۰، شماره ۱

اثر استفاده از کفش میخی دبل دنسیتی و کفش میخی معمولی بر مولفه‌های نیروی عکس العمل زمین قبل و بعد از خستگی

امیرعلی جعفرنژاد گرو[1*]، صدف اشعاری[2]، احسان فخری میرزانق[3]، کیمیا حسین پور[4]، مرضیه پورابراهیمی[5]

۱- دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳-دانشجوی دکتری بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۴- دانشجوی کارشناسی تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۵- کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دهدشت، دهدشت، ایران.

نویسنده مسئول: امیرعلی جعفرنژادگرو: دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
ایمیل: amiralijafarnezhad@gmail.com

دریافت مقاله: ۲۲/ ۱۲/ ۱۴۰۱ پذیرش مقاله: ۶ / ۵ /۰۲ ۱۴

چکیده

مقدمه: در سال های اخیر، اصلاح ساختار زیره‌کفش‌های ورزشی به عنوان عاملی اثرگذار بر کینتیک و کینماتیک دویدن در راستای بهبود عملکرد ورزشکاران صورت می پذیرد. لذا هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر استفاده از کفش میخی دبل دنسیتی و کفش میخی معمولی بر مولفه های نیروی عکس العمل زمین قبل و بعد از خستگی می باشد.

روش کار: پژوهش حاضر از نوع شبه تجربی بود. نمونه آماری پژوهش حاضر شامل ۱۳ دونده زن (سن: ۲/۴±۲۰/۲ سال) بود. بر اساس در دسترس بودن دو مدل کفش نایک مدل (Nike ، Nike Zoom Rival ، USA) انتخاب شد. از آزمودنی ها خواسته شد یکبار قبل از خستگی و یکبار بعد از اجرای پروتکل خستگی از هر دو کفش استفاده و نیروی عکس العمل زمین ثبت گردید. جهت تحلیل های آماری از آنالیز واریانس دوسویه با اندازه های تکراری (Two way ANOVA with repeated measures) در سطح معنی داری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته ها: نتایج نشان داد، که اثر عامل کفش بر مقادیر اوج اولیه نیروی عکس العمل زمین در راستای محور عمودی به لحاظ آماری معنادار می باشد (P=۰/۰۰۵). مقایسه جفتی نتایج نشان داد، مقادیر اوج اولیه نیروی عکس العمل زمین در راستای محور عمودی در کفش دبل دنسیتی نسبت به کفش کنترل کمتر است. همچنین، اثر عامل کفش بر مقادیر گشتاور آزاد از لحاظ آماری معنادار بود (P=۰/۰۰۲).

نتیجه گیری: کفش دبل دنسیتی مقادیر گشتاور آزاد و نرخ بارگذاری را در مقایسه با کفش عادی کاهش داد.

کلیدواژه ها: کفش دبل دنسیتی، پای پرونیت، خستگی، نیروی عکس العمل زمین.

مقدمه

دویدن یکی از فعالیت های عمومی و محبوب بین جوامع بشری می باشد (۱) که به عنوان یک فعالیت ورزشی تفریحی و رقابتی رواج یافته است. مطالعات قبلی گزارش دادند، که دوندگان حرفه ای در مسافت های طولانی با فشار ۱۵۰ تا ۲۶۰ کیلومتر در طول هفته به تمرینات می پردازند (۲،۳). تمرینات دو اغلب در طول فصل های تمرین به صورت دوره ای انجام می شود و عمدتاً شامل تمرینات ورزشی متوسط تا زیاد در سرعت مسابقه یا کمتر از آن است (۴). تمرینات تناوبی با شدت بالا و رقابت بیش از ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ متر بیشتر در پیست با استفاده از کفش میخی انجام می شود (۴). کفش های ورزشی میخی منجر به افزایش نیروی اصطکاک بین کفش و پیست می گردد و در نهایت منجر به بهبود عملکرد دویدن در ورزشکاران می گردد (۵). مطالعات نشان داده دوندگان حرفه ای در مسافت

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.9]

هـای طولانـی (۵۰۰۰ یـا ۱۰۰۰۰ متـر) از کفـش هـای میخـی مخصـوص دویـدن تقریباً سـه سـاعت در طـول تمرینـات روزانـه و چهـار روز در هفتـه اسـتفاده مـی نماینـد (۶). در مقایسـه بـا کفش-هـای معمولـی دویـدن، کفـش هـای میخـی دارای خاصیـت جـذب شـوک کمتـر و کفـی نـازک تـری هسـتند تـا وزن کفـش کاهـش یابـد (۷). در ایـن شـرایط احتمـال رخـداد آسـیب افزایـش مـی- یابـد. در سـال هـای ۲۰۲۰ تـا ۲۰۲۱، رکوردهـای جهانـی جدیـدی در مسـابقات مختلـف رشـته دو و میدانـی، از جملـه در مـاده هـای اسـتقامت ۵۰۰۰۰ و ۱۰،۰۰۰ متـر در هـر دو بخـش مـردان و زنـان بـه ثبـت رسـید (۸). حـال سـوال ایـن اسـت کـه ایـن کفش¬هـا چـه اثراتـی را بـر روی مکانیـک دویـدن از جملـه متغیرهـای کینتیکـی دارا هسـتند (۸, ۹).

خسـتگی بـه عنـوان عـدم توانایـی فـرد بـرای تولیـد نیـروی مورد نیـاز و یـا ناتوانـی در حفـظ نیـروی تولیدشـده بـرای انجـام یـک فعالیـت تعریـف مـی شـود (۱۰, ۱۱). بـروز خسـتگی از موانـع مهـم اجـرای مطلـوب فعالیـت ورزشـی بـه شـمار مـی رود کـه بـا توجـه بـه نـوع فعالیـت ورزشـی، چندیـن عامـل مـی تواننـد در بـروز خسـتگی نقـش داشـته باشـند (۱۲). همچنیـن خسـتگی مـی توانـد بـر روی یادگیـری و اجـرای حرکتـی و تمرکـز فـرد از دیگـر تأثیـرات مخـرب خسـتگی مـی تـوان بـه کاهـش کنتـرل عصبی-عضلانـی و حسـی-حرکتی اشـاره کـرد کـه در واقـع ایـن اختـلالات مـی توانـد در افزایـش خطـر آسـیب دیدگـی انـدام تحتانـی سـهیم باشـد (۱۳). همچنیـن خسـتگی عـلاوه بـر کاهـش نیـروی مفصـل و فعالیـت عضـلات، موجـب افزایـش گشـتاور (۱۴) تغییـر دامنـه حرکتـی و زوایـای مفصـل مـی شـود (۱۵) و بـه نظـر مـی رسـد خسـتگی ایجـاد شـده بـر روی نیـروی عکـس العمـل نیـز اثرگـذار باشـد.

نیـروی عکـس العمـل زمیـن (GRF) یـک عامـل مهـم در مطالعـه کینتیـک انـدام تحتانـی در حیـن دویـدن اسـت (۱۷,۱۶). کـه در انـواع مطالعـات تجربـی اسـتفاده شـده اسـت. نیـروی عکـس العمـل زمیـن مقـدار نیـروی اعمـال شـده بـر سـطح مـی باشـد، و در برخـی از مطالعـات بـا آسـیب هـای دویـدن گـزارش شـده اسـت (۲۰,۱۸). لـوگان و همـکاران (۸)، تفـاوت در نیـروی عکـس العمـل زمیـن را هنـگام دویـدن بـا کفـش میخـی اسـتقامتی در مقابـل کفـش هـای معمولـی دویـدن (بـدون هیـچ میخـی) در دونـدگان اسـتقامتی دانشـگاهی بررسـی کردنـد. ایـن مطالعـه نشـان داد کـه میـزان نـرخ بارگـذاری ۵۳ درصـد، حداکثـر نیروهـای عمـودی ۲۹ درصـد و حداکثـر نیـروی خلفـی ۳۱ درصـد در مقایسـه بـا کفـش هـای معمولـی دویـدن (۷) در کفـش هـای میخـی بالاتـر بـود. کفـش هـای ورزشـی میخـی معمولـی بـا میـخ هـای بـا سـفتی یکسـان بـرای دونـدگان بـا کـف پـای سـالم طراحـی شـده اسـت، کـه بـا قسـمت پنجـه پـا مـی دونـد. بـا ایـن حـال، بـه نظـر مـی رسـد کفـش هـای ورزشـی میخـی بـا میـخ هـای بـا سـفتی یکسـان بـرای دوندهـای کـه دچـار پـای پرونیـت هسـتند، مناسـب نیسـتند، زیـرا نمـی تواننـد بـا بـی نظمـی مکانیکـی ناشـی از پرونیشـن زیـاد پـا در حیـن دویـدن مقابلـه کننـد (۱۶, ۱۷). مطالعـات نشـان داده اسـت کـه پرونیشـن پـا یـک عامـل خطـر بـرای آسـیب هـای ناشـی از دویـدن بـه ویـژه هنـگام اسـتفاده از کفـش هـای بـا خاصیـت جـذب شـوک پاییـن اسـت (۱۸, ۱۹). شـواهدی وجـود دارد کـه نشـان مـی دهـد نـرخ بارگـذاری بیشـتر مربـوط بـه زمـان کوتـاه رسـیدن بـه حداکثـر نیـروی عکـس العمـل زمیـن در راسـتای محـور عمـودی اسـت، کـه مـی توانـد خطـر ایجـاد صدمـات ناشـی از دویـدن را افزایـش دهـد (۲۰). بـرای دونـدگان، گـزارش شـده اسـت که اوج بیشـتر نیـروی عکـس االعمـل زمیـن منجـر بـه پرونیشـن بیش از حـد در طـی دویـدن مـی شـود مطالعـات اخیـر گـزارش داده انـد کـه از گشـتاورهای آزاد پـا مـی تـوان بـه عنـوان شـاخصی جهـت نمایـش مقادیـر تنـش پیچشـی انـدام تحتانـی اسـتفاده نمـود (۲۱). گشـتاور آزاد اعمـال شـده حـول محـور عمـودی عبورکننـده از مرکـز فشـار بـرای توصیـف بارهـای پیچشـی اسـتفاده شـده و بـا شکسـتگی تنـه اسـتخوان ران در دونـدگان اسـتقامتی مرتبـط مـی باشـد (۲۱). عـلاوه بـر ایـن، نیروهـای وارده شـده ناشـی از ضربـه در هنـگام دویدن باعـث تغییـر در زنجیره سـینماتیکی اندام تحتانـی مـی شـوند (۲۲-۲۵). ایـن متغیرهـای بیومکانیکـی بـرای تعریـف علـت آسـیب هـای ناشـی از دویـدن مهـم هسـتند و بایـد بـرای توصیـف ابزارهـا احتمالـی بـرای کاهش آسـیبهای ناشـی از دویـدن مـورد بررسـی قـرار گیرنـد. لـذا هـدف از پژوهـش حاضـر بررسـی اثـرات اسـتفاده از کفـش میخـی دبـل دنسـیتی و کفـش میخـی معمولـی بـر مولفـه نیـروی عکـس العمـل زمیـن قبـل و بعـد از خسـتگی مـی باشـد.

روش کار

۱۳ دونـده زن اسـتقامتی (سـن: ۲/۴±۲۰/۲ سـال، وزن: ۳/۲±۶۷/۴ کیلوگـرم، قـد: ۷/۱±۱۷۲/۱سـانتی متـر) داوطلبانـه در ایـن مطالعـه حضـور یافتنـد. از تسـت شـوت فوتبـال جهـت تشـخیص پـای برتـر آزمودنـی هـا اسـتفاده شـد. بـا توجـه بـه شـرایط مطالعـه حاضـر افـراد دارای پـای پرونیـت جهـت حضـور در پژوهـش انتخـاب شـدند. افـت اسـتخوان نـاوی بیـش از ۱۰

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.9]

میلی متر (۲۶). الگوی دویدن آزمودنی ها از نوع پاشنه-پنجه و حجم تمرین حداقل ۶۰ کیلومتر در هفته معیارهای ورود به پژوهش حاضر بودند. معیارهای خروج عبارت بودند از: سابقه جراحی اسکلتی عضلانی در تنه یا اندام تحتانی، اختلالات حاد عصبی عضلانی یا ارتوپدی (به جز پرونیشن پا)؛ و عدم تقارن طول اندام تحتانی بالای ۵ میلی متر (۲۷). این روش با استفاده از فاصله بین خار قدامی فوقانی تا قوزک داخلی در حالت خوابیده به پشت اندازه گیری شد. شرکت کنندگان واجد شرایط رضایت کتبی آگاهانه را ارائه کردند. این مطالعه با دستورالعمل های اخلاقی آخرین نسخه اعلامیه هلسینکی مطابقت داشت و توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی اردبیل (IR. ARUMS.REC.1398.408) تأیید شد.

بر اساس در دسترس بودن از دو مدل کفش نایک مدل (Nike ، Nike Zoom Rival ، USA) استفاده شد. جهت تفکیک آنها به دو مدل A و B تقسیم نمودیم. در زیره ای یک جفت از کفش ها مدل A میخ های با سفتی مختلف به کار بردیم، میخ های نرمتر را در قسمت جانبی کفش و میخ های سفت تر یا سخت تر در قسمت داخلی کفش استفاده کردیم (شکل ۱) و مدل B بدون هیچ تغییری در مکانیزم آن استفاده شد و تمامی میخ های آن دارای سفتی یکسانی بودند.

وزن کفش های میخی برای هر دو مدل ۳۱۰±۱۰ گرم بود. علاوه بر اینکه بر روی میخ های کفش جدید تغییرات اتفاق افتاده بود واز دو نوع میخ سفت و نرم در آن استفاده شد. با این حال از لحاظ وزن شبیه کفش های میخی معمولی بود. میخ های نرم و سفت به صورت تخصصی در شهرستان اردبیل توسط کارشناس مربوطه ساخته شد. از آزمون سختی سنج ویکرز برای ارزیابی میزان سختی میخ ها استفاده شد (۲۸). سختی میخ های کفش به ترتیب ۱۹۰±۸ HV30/20 HV30/20,478±09 بود. میخ های نرم از عناصر شمیایی آهن (۹۸/۴۱٪)، منیزیم (۱/۱۱ ٪)، گوگرد (۰/۳۴٪) و سیلیکون (۰/۱۴ درصد) و میخ های سفت از آهن (۹۸/۶۰٪)، منیزیم (۰/۹۳٪) و سیلیکون (۰/۴۷ درصد) تشکیل دادند.

هشت روز قبل از شروع مطالعه، هر شرکت کننده با توجه به اندازه پا، یک جفت کفش میخی معمولی با میخی های با سفتی یکسان (A) و کفش میخی جدید با میخی های با دو سفتی مختلف دریافت کرند (B). از دوندگان شرکت کننده خواسته شد، تا با پوشیدن کفش ها در طول تمرین در روزهای متوالی با دو کفش دویدن آشنا شوند (به عنوان مثال، کفش میخی معمولی با سفتی یکسان در یک روز و یک روز دیگر با کفش جدید با میخ های با دو سفتی مختلف) تا با هر دو نوع کفش آشنا شوند.



تصویر ۱: کفش ورزشی میخی دبل دنسیتی

پروتکل دویدن

شروع آزمون همیشه بین ساعت ۹:۰۰ تا ۱۲:۰۰ صبح برنامه ریزی شده بود، پیش از انجام پروتکل خستگی از شرکت کنندگان خواسته شد یک پروتکل استاندارد گرم کردن ۱۰ دقیقه ای را انجام دهند، که شامل دویدن با شدت کم تا متوسط به مدت ۷ دقیقه و بدنبال آن ۳ دقیقه

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.9]

کشش پویا بود. برای اجرای آزمایشات، یک مسیر ۱۸ متری با صفحه نیروی برتک (شرکت ، OH، Columbus ،Bertec USA) تعبیه شده بود، برای جمع آوری داده های نیروی عکس العمل زمین میزان نرخ نمونه برداری برابر ۱۰۰۰ هرتز استفاده شد. صفحه نیرو ۶۰ سانتیمتر طول و ۴۰ سانتیمتر عرض داشت برای تنظیم قرارگیری پای برتر آزمودنی ها بر روی صفحه نیرو طی دویدن ۶ مرتبه عمل دویدن به طور آزمایشی توسط هر آزمودنی انجام گرفت. پس از آن همه شرکت کنندگان با شرایط آزمایشگاه آشنا بودند و با سرعت ثابت حدود ۴ متر بر ثانیه (۲۹) از روی صفحه نیرو می دویدند. روی صفحه نیرو با یک پوشش از تارتان پوشیده شده بود. از هر آزمودنی در نهایت شش مرحله دیتاگیری با هر کفش انجام شد تا مطمئن شویم که آنها با سرعت ثابت می دوند و در واقع پای غالب آنها به صفحه نیرو برخورد می کنند.

داده های کینتیکی با استفاده از فیلتر باترورث مرتبه چهار با برش فرکانسی ۲۰ هرتز که توسط منحنی باقیمانده ها تعیین شده بود، هموار شد. پارامترهایی که برای تجزیه و تحلیل بیشتر مورد استفاده قرار گرفت، شامل حداکثر مقادیر نیروی عکس العمل زمین در سه بعد و زمان رسیدن به اوج مولفه های داخلی-خارجی (fx)، قدامی-خلفی (fy)، و مولفه عمودی (fz) بود. نیروها با وزن بدن نرمال شد و به عنوان درصدی از وزن بدن گزارش گردیدند.

پروتکل خستگی

پروتکل خستگی با استفاده از تردمیل پیشرفته مدل (Horizon Fitness, Omega GT, USA) بدون شیب انجام شد. در هنگام شروع آزمودنی ها در حالی که با سرعت ۶ کیلومتر در ساعت راه می رفتند پروتکل را شروع کردند و سرعت تردمیل هر ۲ دقیقه یک کیلومتر در ساعت افزایش یافت. از مقیاسی ادراکی بورگ (۶-۲۰) جهت تعیین لحظه نهایی خستگی شرکت کنندگان استفاده شد (۳۰). به محض اینکه شرکت کنندگان ادراک ۱۳ یا بالاتر را در مقیاس بورگ گزارش کردند، سرعت تردمیل ثابت شد تا اجازه دویدن در حالت ثابت را بدهد. در طول مرحله دویدن در حالت پایدار، امتیاز تلاش درک شده هر ۳۰ ثانیه ارزیابی می‌شد و پروتکل خستگی پس از دو دقیقه دویدن در حالت پایدار بیش از ۱۷ در مقیاس ۶ تا ۲۰ بورگ یا ۸۰٪ حداکثر ضربان قلب به پایان می رسید (۳۱). بلافاصله پس از پروتکل خستگی از آزمودنی خواسته شد، مجددا پروتکل دویدن با سرعت مشخص تعیین شده با تکرار تلاش ۶ بار روی صفحه نیرو با کفش معمولی و کفش با میخی های با سفتی مختلف را اجرا کنند.

نرمال بودن توزیع داده ها توسط آزمون شاپیرو ویلک مورد تایید قرار گرفت. جهت تحلیل آماری داده ها از آزمون آنالیز واریانس دوسویه با اندازه های تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. تحلیل آماری با نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

یافته ها

یافته ها نشان داد، که اثر عامل کفش بر مقادیر اوج اولیه نیروی عکس العمل زمین در راستای محور عمودی به لحاظ آماری معنادار می باشد (P=۰/۰۰۵). مطابق جدول ۱ مقایسه جفتی نشان داد، مقادیر اوج اولیه نیروی عکس العمل زمین در راستای محور عمودی در کفش دبل دنسیتی نسبت به کفش کنترل کمتر است. همچنین تحلیل آماری نتایج نشان داد، که اثر عامل کفش بر مقادیر اوج ثانویه نیروی عکس العمل زمین معنادار می باشد (P=۰/۰۰۱). مطابق جدول ۱ مقایسه جفتی نتایج نشان داد، مقادیر اوج ثانویه نیروی عکس العمل زمین در راستای محور عمودی در کفش دبل دنسیتی نسبت به کفش کنترل کمتر است. تحلیل آماری نتایج نشان داد که اثر عامل خستگی بر مقادیر اوج نیروی عکس العمل زمین در راستای محور قدامی معنادار می باشد (P=۰/۰۰۴). مطابق جدول شماره ۱ مقایسه جفتی نتایج نشان داد، مقادیر اوج قدامی نیروی عکس العمل زمین در کفش دبل دنسیتی نسبت به کفش کنترل کمتر است.

نتایج نشان داد، که اثر عامل کفش بر مقادیر اوج مثبت گشتاور آزاد به لحاظ آماری معنادار می باشد (P=۰/۰۳۱). مقایسه جفتی نشان داد که مقادیر اوج مثبت گشتاور آزاد هنگام استفاده از کفش دبل دنسیتی نسبت به کنترل کمتر است.

اثر عامل کفش بر متغیر نرخ بارگذاری به لحاظ آماری معنادار می باشد (P=۰/۰۰۱). نتایج کاهش نرخ بارگذاری در هنگام استفاده از کفش دبل دنسیتی نسبت به کفش کنترل را نشان داد.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.9]

جدول ۱: مقادیر نیروهای عکس العمل زمین قبل و بعد از خستگی طی دویدن با کفش کنترل و دبل دنیسیتی

نیروی عکس العمل زمین	کفش دبل دنسیتی						کفش کنترل		سطح معناداری		
	قبل از خستگی		بعد از خستگی		قبل ازخستگی		بعداز خستگی		کفش	خستگی	اثر کفش*خستگی
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD			
اوج اولیه نیروی عمودی	۱۳۲/۰۰	۴۸/۸۵	۱۳۲/۰۰	۴۷/۹۳	۱۴۸/۱۶	۵۶/۹۳	۱۴۲/۶۳	۵۳/۴۰	۰/۰۰۵	۰/۵۴۵	۰/۵۶۹
اوج دوم نیروی عمودی	۱۹۵/۱۲	۱۷/۷۱	۱۹۷/۰۸	۲۰/۹۲	۲۱۰/۵۱	۳۷/۷۳	۲۰۲/۰۵	۲۲/۸۵	۰/۰۰۱	۰/۲۹۶	۰/۱۰۳
اوج نیروی داخلی	-۰۶/۵۰	۰۵/۱۰	-۰۶/۵۳	۰۵/۱۶	-۰۶/۲۶	۰۵/۹۷	-۰۷/۰۱	۰۶/۹۷	۰/۸۸۷	۰/۴۹۷	۰/۴۸۵
اورج نیروی خارجی	۰۸/۴۹	۰۲/۹۵	۰۸/۶۷	۰۳/۴۸	۰۹/۱۷	۰۴/۱۷	۰۹/۰۸	۰۳/۵۳	۰/۱۷۱	۰/۹۲۸	۰/۷۷۹
اوج نیروی خلفی	-۲۰/۷۱	۰۶/۱۴۱	-۲۲/۹۱	۱۳/۲۷	-۲۲/۸۹	۰۹/۵۸	-۲۱/۳۵	۱۱/۶۸	۰/۸۱۵	۰/۸۲۵	۰/۱۱۱
اوج نیروی قدامی	۲۲/۷۲	۰۵/۹۸	۲۱/۸۰	۰۶/۰۹	۲۳/۷۰	۰۶/۶۲	۲۰/۲۷	۰۸/۷۰	۰/۷۲۰	۰/۰۰۴	۰/۰۶۳
اوج منفی گشتاور آزاد	-۰/۴۲	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۴۴	-۰/۴۷	۰/۳۰	-۰/۴۶	۰/۲۳	۰/۰۶۹	۰/۵۳۲	۰/۵۶۹
اوج مثبت گشتاور آزاد	۰/۷۳	۰/۳۴	۰/۷۴	۰/۳۸	۰/۸۵	۰/۲۹	۰/۸۲	۰/۳۹	۰/۰۳۱	۰/۷۵۴	۰/۶۲۸
نرخ بارگذاری (BW/S)	۴۷/۲۸	۲۴/۵۵	۴۹/۱۲	۲۵/۰۵	۶۱/۵۴	۵۱/۶۳	۶۲/۸۵	۳۷/۸۸	۰/۰۰۱	۰/۶۳۰	۰/۹۴۳

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثرات استفاده از کفش میخی دبل دنسیتی و کفش میخی معمولی بر مولفه نیروی عکس العمل زمین قبل و بعد از خستگی بود. نتایج نشان داد استفاده از میخ های با دو سفتی مختلف در زبره ای کفش های ورزشی میخی منجر به کاهش نیرو عکس العمل زمین (GRF) می گردد. مطالعات نشان داده که GRF بالا منجر به افزایش پرونیشن بیش از حد پا در حین دویدن می شود (۱۶). هچنین افزایش GRF در راستای محور عمودی ممکن است یک عامل خطر مکانیکی برای آسیب های ارتوپدی باشد (۳۲). نتایج پژوهش حاضر نشان داد استفاده از کفش ورزشی میخی با میخ های با دو سفتی مختلف در مقایسه با کفش های معمولی در حین دویدن منجر به کاهش معنادار اوج اولیه مقادیر نیروی عکس العمل زمین در راستای محور عمودی می گردد، در راستای نتایج حاضر جعفرنژاد و همکاران ۲۰۲۱ به بررسی اثرات آنی استفاده از میخ های نرم و سفت در زبره ای کفش های ورزشی میخی استقامتی بر روی نیروهای عکس العمل زمین، زمان رسیدن آنها به اوج، نرخ بارگذاری عمودی، دامنه گشناور لحظه ای آزاد در دوندگان نخبه مرد با پای پرونیت پرداختند، یافته های اصلی مطالعه آنها نشان داد، که دویدن با کفش ورزشی میخی جدید در مقایسه با کفش میخی معمولی منجر به کاهش اوج جانبی و عمودی نیروهای عکس العمل زمین، نرخ بارگذاری و گشتاور آزاد منفی می شود (۱۶). برای دوندگان، قبلاً نشان داده شده که GRF جانبی بالا منجر به پرونیشن بیش از حد در هنگام دویدن می شود (۲۲). با این وجود نتایج مطالعه حاضر تفاوت معناداری بر متغیر نیروی جانبی طی دویدن با کفش میخی جدید دبل دنسیتی با میخی های با دو سفتی متفاوت در مقابل با کفش های میخی معمولی با میخ های با سفتی یکسان نشان نداد، علت تفاوت نتیجه پژوهش با نتایج ادبیات پیشین احتمالا این می باشد، در پژوهش حاضر اثرات آنی بررسی شد، و می بایست در مطالعات بعدی مشخص گردد، که تغییرات نیروی عکس العمل زمین در راستای محور جانبی در حین استفاده از کفش ورزشی میخی دبل دنسیتی بعد از خستگی چگونه می باشد.

متغیر گشتاور آزاد از مؤلفه های نیروهای عکس العمل زمین و مرکز فشار به دست می آید که به عنوان میزان گشتاور وارد بر پا در محل مرکز فشار حول محور عمودی تعریف می شود (۳۳). به طور کلی، نمودار گشتاور آزاد همبستگی بالایی با نمودار نیرو در راستای قدامی-خلفی دارد و دارای شکل سینوسی است که در نتیجه آن گشتاور آزاد در اوج منفی خود در ابتدا به چرخش داخلی متصل می شود، و سپس درست قبل از این که در میانه استقرار قرار بگیرد، یک

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.9]

چرخش مثبت ایجاد می کند که مقاومت در برابر چرخش رو به بیرونی را ایجاد می کند (۳۴). بیان شده که گشتاور آزاد نسبت به نیروی عمودی عکس العمل زمین وابستگی بیشتری به تغییر شکل پیچشی درشت نی طی دویدن دارد (۳۵). هم چنین طی مطالعات گذشته بیان شده است که می توان از شاخص گشتاور آزاد به عنوان یک شاخص جهت تشخیص میزان آسیب شکستکی فشاری و نیروهای پیچشی وارده به اندام تحتانی از طریق زمین، ناشی از خستگی در استخوان درشت نی طی فاز اتکای دویدن باشد (۳۶). در همین راستا نتایج پژوهش حاضر کاهش معنادر گشتاور آزاد اوج مثبت طی استفاده از کفش دبل دنسیتی در مقایسه با کفش میخی معمولی را نشان داد.

نتایج پژوهش حاضر کاهش نرخ بارگذاری طی استفاده از کفش دبل دنسیتی در مقایسه با کفش میخی معمولی را نشان داد. در راستای نتایج پژوهش حاضر سوزانا و همکاران در سال ۲۰۱۰ به بررسی تفاوت‌های نیروهای عکس العمل زمین بین کفش‌های دویدن معمولی، و کفش های میخی استقامتی پرداختند، نتایج نشان داد که برای مردان، نرخ بارگذاری، اوج نیروی عمودی و جانبی در کفش های ورزشی میخی به طور قابل‌توجهی بیشتر از دویدن با کفش های معمولی بود (۳۲). جعفرنژادگرو و همکاران در مطالعه ای به بررسی اثرات استفاده طولانی مدت از کفش کنترل حرکتی روی طیف فرکانس نیروهای عکس العمل زمین طی دویدن در دونده های پای پرونیت پرداختند. با توجه به نتایج پژوهش آنها می توان بیان کرد که استفاده طولانی مدت از کفش های کنترل حرکتی منجر به افزایش پهنای باند فرکانس به طور معناداری می شود که می تواند باعث افزایش درد در اجزای حرکتی و بافت های همبند شود و این افزایش می تواند به علت افزایش به کارگیری این اجزا در حرکت باشد؛ از این رو می توان این امر را به عنوان یک اثر منفی برای استفاده طولانی مدت از کفش کنترل حرکتی بیان کرد، در مطالعه حاضر دویدن با کفش میخی جدید با میخی های با دو سفتی متفاوت در مقابل دویدن با کفش های میخی معمولی با میخ های با سفتی یکسان منجر به کاهش شدید نیروهای عکس العمل زمین به میزان قابل توجهی شد. این اولین مطالعه ای است که شواهد اولیه ای را برای استفاده از کفش های میخی استقامتی با میخی های با دو سفتی متفاوت در دونده های مرد با پای پرونیت قبل و بعد از خستگی را ارائه می دهد. بنابرین مکانیسم هایی دیگری مثل تغییرات فعالیت های برخی از عضلات اندام تحتانی مانند فعالیت عضلات خلفی تیبیالیس ممکن است، باعث کاهش تراکم GRF شوند با این حال، ما در این مطالعه فعالیت عضلات را اندازه گیری نکرده ایم، به همین دلیل این موضوع می تواند در تحقیقات آینده روشن شود. همچنین کفش‌های دویدن میخی برای الگوی میانه پا یا پنجه طراحی شده‌اند در صورتی که ارزیابی ها در پژوهش حاضر به صورت الگوی پاشنه-پنجه انجام شد، پیشنهاد می شود در مطالعات آینده الگوی دویدن پنجه پاشنه مورد بررسی قرار گیرد. همچنین در پژوهش حاضر اثر استفاده از کفش دبل دنسیتی بر عملکرد دو مورد ارزیابی قرار نگرفته است که این مورد نیز نیاز به بررسی علمی در مطالعات آینده دارد.

نتیجه گیری

کفش دبل دنسیتی مقادیر نرخ بارگذاری و گشتاور آزاد و نیروی عمودی را در مقایسه با کفش میخی معمولی کاهش داد.

سپاسگزاری

تقدیر و تشکر از همه کسانی که ما را در انجام هر چه بهتر این پژوهش یاری نمودند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع نداد.

References

1. Jafarnezhadgero AA, Shad MM, Majlesi M, Granacher U. A comparison of running kinetics in children with and without genu varus: A cross sectional study. PloS one. 2017;12(9). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185057
2. Billat V. L'apport de la science dans l'entraînement sportif: l'exemple de la course de fond. Staps. 2001(1):23-43. https://doi.org/10.3917/sta.054.0023
3. Karikosk O. Training volume in distance running. Modern Athlete and Coach. 1984;22(2):18-20.
4. Sampson AD. Differences in Joint Moments at the Hip, Knee, and Ankle While Wearing Running Shoes and Distance Spikes. 2009.
5. Wen S, Zhuang-zhi Y, Shu-peng L, editors. A

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.9]

Novel Digital Spiked Shoes Design and Testing. 2011 International Conference on Future Computer Science and Education; 2011: IEEE. https://doi.org/10.1109/ICFCSE.2011.50

6. Greensword M, Aghazadeh F, Al-Qaisi S. Modified track shoes and their effect on the EMG activity of calf muscles. Work. 2012;41(Supplement 1):1763-70. https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0382-1763
7. Logan S, Hunter I, Hopkins JT, Feland JB, Parcell AC. Ground reaction force differences between running shoes, racing flats, and distance spikes in runners. Journal of sports science & medicine. 2010;9(1):147.
8. Healey L, Bertschy M, Kipp S, Hoogkamer W. Can we quantify the benefits of "super spikes" in track running? Sports Medicine. 2022;52(6):1211-8. https://doi.org/10.1007/s40279-022-01657-4
9. Williams J, Pope S, Cleland J. ‹Genuinely in love with the game'football fan experiences and perceptions of women's football in England. Sport in Society. 2021:1-17.
10. Vuillerme N, Nougier V, Prieur J-M. Can vision compensate for a lower limbs muscular fatigue for controlling posture in humans? Neuroscience letters. 2001;308(2):103-6. https://doi.org/10.1016/S0304-3940(01)01987-5
11. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. Medicine & science in sports & exercise. 1982. https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012
12. Kluka DA. Motor behavior: From learning to performance. (No Title). 1999.
13. Zech A, Steib S, Hentschke C, Eckhardt H, Pfeifer K. Effects of localized and general fatigue on static and dynamic postural control in male team handball athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2012;26(4):1162-8. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822dfbbb
14. Hedayatpour N, Hamedinia M. Fatigue Induced Changes in Knee Joint Force, Angular Velocity and Joint Moments During Saggital Perturbations of Single-Leg Stance. World. 2012;6(3):321-7.
15. Bini RR, Diefenthaeler F, Mota CB. Fatigue effects on the coordinative pattern during cycling: Kinetics and kinematics evaluation. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2010; 20 (1):102-7. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2008.10.003
16. Jafarnezhadgero AA, Fakhri E, Granacher U. Effects of nail softness and stiffness with distance running shoes on ground reaction forces and vertical loading rates in male elite long-distance runners with pronated feet. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2021;13(1):1-9. https://doi.org/10.1186/s13102-021-00352-7
17. Cote KP, Brunet ME, II BMG, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. Journal of athletic training. 2005;40(1):41.
18. Brund RB, Rasmussen S, Kersting UG, Arendt-Nielsen L, Palsson TS. Prediction of running-induced Achilles tendinopathy with pain sensitivity-a 1-year prospective study. Scandinavian journal of pain. 2019;19(1):139-46. https://doi.org/10.1515/sjpain-2018-0084
19. Ramsey CA, Lamb P, Kaur M, Baxter GD, Ribeiro DC. How are running shoes assessed? A systematic review of characteristics and measurement tools used to describe running footwear. Journal of sports sciences. 2019;37(14):1617-29. https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1578449
20. van der Worp H, Vrielink JW, Bredeweg SW. Do runners who suffer injuries have higher vertical ground reaction forces than those who remain injury-free? A systematic review and meta-analysis. British journal of sports medicine. 2016;50(8):450-7. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094924
21. Milner CE, Davis IS, Hamill J. Free moment as a predictor of tibial stress fracture in distance runners. Journal of biomechanics. 2006;39(15):2819-25. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2005.09.022
22. Rodrigues P, TenBroek T, Hamill J. Runners with anterior knee pain use a greater percentage of their available pronation range of motion. Journal of applied biomechanics. 2013;29(2):141-6. https://doi.org/10.1123/jab.29.2.141
23. Aliberti S, Costa MdS, Passaro AdC, Arnone AC, Hirata R, Sacco IC. Influence of patellofemoral pain syndrome on plantar pressure in the foot rollover process during gait. Clinics. 2011;66(3):367-72. https://doi.org/10.1590/S1807-59322011000300001
24. Dicharry J. Kinematics and kinetics of gait: from lab to clinic. Clinics in sports medicine. 2010;29(3):347. https://doi.org/10.1016/j.csm.2010.03.013
25. Dugan SA, Bhat KP. Biomechanics and analysis of running gait. Physical Medicine

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.9]

and Rehabilitation Clinics. 2005;16(3):603-21. https://doi.org/10.1016/j.pmr.2005.02.007

26. Jafarnezhadgero A, Fatollahi A, Sheykholeslami A, Dionisio VC, Akrami M. Long-term training on sand changes lower limb muscle activities during running in runners with over-pronated feet. BioMedical Engineering OnLine. 2021;20:1-18. https://doi.org/10.1186/s12938-021-00955-8
27. Woerman AL, Binder-Macleod SA. Leg length discrepancy assessment: accuracy and precision in five clinical methods of evaluation. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1984;5(5):230-9. https://doi.org/10.2519/jospt.1984.5.5.230
28. Azizi A, Lavaf S, Tabatabaii SH. In vitro evaluation of the effect of three mouthwashes on microhardness of a composite resin.2011:8-13..
29. Sinclair J, Taylor PJ, Edmundson CJ, Brooks D, Hobbs SJ. The influence of footwear kinetic, kinematic and electromyographical parameters on the energy requirements of steady state running. Movement Sport Sciences. 2013 (2):39-49. https://doi.org/10.3917/sm.080.0039
30. Borg G. Borg›s perceived exertion and pain scales: Human kinetics; 1998.
31. Koblbauer IF, van Schooten KS, Verhagen EA, van Dieën JH. Kinematic changes during running-induced fatigue and relations with core endurance in novice runners. Journal of science and medicine in sport. 2014;17(4):419-24. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.05.013
32. Radin EL, Ehrlich MG, Chernack R, Abernethy P, Paul IL, Rose RM. Effect of repetitive impulsive loading on the knee joints of rabbits. Clinical orthopaedics and related research. 1978 (131):288-93. https://doi.org/10.1097/00003086-197803000-00047
33. Almosnino S, Kajaks T, Costigan PA. The free moment in walking and its change with foot rotation angle. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2009;1(1):1-9. https://doi.org/10.1186/1758-2555-1-19
34. Robertson DGE, Caldwell GE, Hamill J, Kamen G, Whittlesey S. Research methods in biomechanics: Human kinetics; 2013. https://doi.org/10.5040/9781492595809
35. Yang P-F, Sanno M, Ganse B, Koy T, Brüggemann G-P, Müller LP, et al. Torsion and antero-posterior bending in the in vivo human tibia loading regimes during walking and running. PloS one. 2014; 9 (4):e94525. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094525
36. Jafarnezhadgero AA, Majlesi M, Azadian E. Gait ground reaction force characteristics in deaf and hearing children. Gait & posture. 2017;53:236-40. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.02.006

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.9]