

Research Paper



## The Effects of Increasing Running Speed on the Displacement and Velocity of the Center of Pressure

Mohadeseh Jafari<sup>1</sup> , Razieh Yousefian Molla<sup>2</sup> , \*Ali Fatahi<sup>1</sup>

1. Department of Sports Biomechanics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

Use your device to scan and  
read the article online



**Citation:** Jafari M, Yousefian Molla R, Fatahi A. The Effects of Increasing Running Speed on the Displacement and Velocity of the Center of Pressure (Persian). Journal of Sport Biomechanics. 2023; 8 (4) :280-290. <https://doi.org/10.61186/JSportBiomech.8.4.280>

<https://doi.org/10.61186/JSportBiomech.8.4.280>



### Article Info:

**Received:** 10 Feb 2022

**Accepted:** 29 Dec 2022

**Available Online:** 16 March 2023

### Keywords:

Running speed,  
Displacement, Sole  
pressure, Runner

## ABSTRACT

**Objective** The aim of this study was to determine the effect of increasing running speed on the displacement and speed of the center of sole pressure.

**Methods** For this purpose, 28 professional runners with at least 5 years of experience in athletics, from among Tehran province teams in the national league, were selected as volunteers as a sample. After completing the informed consent form, the subjects first walked at a speed of 1.2 meters per hour to get acquainted with the treadmill. Then, slowly, the speed reached 2.5 meters per second, and after 3 minutes of running at this speed, the data were recorded for about thirty seconds. The runners then ran on the treadmill at a speed of 3.5 m / s and then at a speed of 4.5 m / s. Data were collected using special markers and 3D cameras. Analysis of variance with repeated measures and Bonferroni post hoc test were also used to analyze the data.

**Results** The results showed that increasing the running speed would have a significant effect on the displacement rate and foot pressure of runners. As the running speed increased, so did the displacement and the pressure of the sole of the foot.

**Conclusion** The results confirm the effect of increasing running speed on the amount of movement and speed of foot pressure.

### \* Corresponding Author:

Ali Fatahi

**Address:** Department of Sports Biomechanics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

**Tel:** +98 (912) 5607581

**E-mail:** ali.fatahi@iauctb.ac.ir

## Extended Abstract

### 1. Introduction

The foot, which has a complex and multi-joint structure, has the greatest effect on the lower body during dynamic movements such as running (3). In this regard, the measurement of foot pressure distribution among the methods of running analysis is a traditional and new method that examines the performance of the foot in static and dynamic conditions (3). By examining the pressure distribution of the sole of the foot, biofeedback rehabilitation can be used to control the posture of walking and running. And useful information can be obtained regarding the structure and function of the foot and the general mechanics of walking and running (5). The maximum pressure of the sole of the foot is used as the maximum load on different areas of the foot during the support phase of walking and running (6). In order to diagnose foot problems, design soles, analyze sports performance, prevent injury and improve balance control (7), information related to the distribution of pressure on the sole of the foot is used. Any change in the pressure patterns of the sole of the foot increases the possibility of tissue damage and pain (8). Despite the importance of measuring plantar pressure, therefore, by reviewing the history of research, little research has been done on the field of plantar pressure in athletes, and so far no research has been done on athletes in the field of athletics.

Although many studies have investigated the effect of structural factors such as age, body mass index, or the use of different devices in measuring pressure, despite the efforts of researchers, there are very few reports about the distribution of plantar pressure in the field. There are sports, especially in athletics, while no research was found that investigated the effect of increasing speed on foot pressure in athletics, so the information related to the standard range of pressure due to the lack of studies in this field is not specifically available. Therefore, the aim of the current study is to determine the effect of increasing running speed on plantar pressure in athletics athletes.

### 2. Methods

In order to carry out the present applied research, which was conducted in a semi-experimental manner, 28 of the elite runners of Tehran province who were in one of the country's athletics league teams voluntarily participated as a sample in the present research. Subjects ran on a treadmill while kinematic data were collected through a 3D imaging system with 12 cameras. The research protocol included the subjects first walking at a speed of 1.2 meters per second to familiarize themselves with the treadmill. Then, slowly, the speed reached 2.5 m/s and after 3 minutes of running at this speed, the data was recorded in about 30 seconds. The runners ran on the treadmill at a speed of 3.5 m/s and then at a speed of 4.5 m/s. And after 3 minutes of running at any speed for 30 seconds, data was collected.

Finally, for the statistical analyses of the data, Kalmogorov Smirnov test, analysis of variance with repeated measures and Bonferroni post hoc test were run using SPSS version 22 software at a significance level of 0.05.

### 3. Results

The results of the analysis of variance with repeated measurements showed that increasing the running speed has a significant effect on the displacement and the speed of the center of pressure of the soles of the runners. Also, the results of the follow-up test showed that between running at a speed of 2.5 m/s and running at a speed of 3.5 m/s ( $p=0.001$ ), between running at a speed of 2.5 m/s and running at a speed of 4.5 m/s ( $p=0.000$ ), and between running at a speed of 3.5 m/s and running at a speed of 4.5 m/s ( $p=0.001$ ), there is a significant difference in the displacement of runners. As the running speed increases, the amount of displacement and the pressure speed of the soles of the feet also increases.

## 4. Conclusion

The results indicated the effect of increasing the running speed on the amount of displacement and the speed of the plantar pressure center in runners. In the explanation of the present finding, it can be stated that any change in the pattern of walking and running affects the distribution of plantar pressure (14). It should be noted that with an increase in running speed, the length of the stride may increase or the frequency may increase, which can be due to the fact that a longer stride length causes an increase in the forces applied to the floor of the foot (15). This may be one of the reasons for increasing the speed of the plantar pressure center. In this regard, Peter and Theodor (2014) concluded that there is a direct relationship between impact speed and plantar pressure (9).

Among other possible mechanisms related to foot pressure, we can mention the effect of fatigue on foot pressure, so that in the condition of fatigue, the reduction of muscle control in the joints of the foot and ankle may lead to the ability to resist torsion disrupting the dynamic form. Even some of the previous studies have related the coefficient of changes of peak pressure to the process of re-controlling the balance (8). In the present study, despite the fact that running did not reach the point of exhaustion, fatigue occurred sooner with the increase in speed and time of running. This may also be another reason for the findings of the present research.

On the other hand, it can be pointed out that when running and increasing the speed, the support phase is reduced and the swing phase is increased. The maximum value of the support phase in running is 20 percent, and this increase and decrease in running can reduce electromyography activity and ground reaction forces (16). But this point should be mentioned that as the time of support decreases while running, the reaction forces of the ground also decrease, which can be accompanied by a decrease in the loading rate during running (17), so it is possible to increase the pressure of the sole of the foot. At the same time, speed increases can be due to the peak contact force of the ground reaction force. However, more research is needed in this field in order to definitely find the most important factors in this field.

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

There were no ethical considerations to be considered in this research.

### Funding

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

### Authors' contributions

All authors equally contributed to preparing article.

### Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

## مقاله پژوهشی

## تأثیر افزایش سرعت دویدن بر میزان جابه‌جایی و سرعت مرکز فشار کف‌پایی

محدثه جعفری راجعونی<sup>۱</sup>، راضیه یوسفیان ملا<sup>۲</sup>، علی فتاحی<sup>۱</sup>

۱. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران.

## اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۲۱ بهمن ۱۴۰۰  
تاریخ پذیرش: ۸ دی ۱۴۰۱  
تاریخ انتشار: ۲۵ اسفند ۱۴۰۱

## چکیده

**هدف** هدف از انجام تحقیق حاضر تعیین تأثیر افزایش سرعت دویدن بر میزان جابه‌جایی و سرعت مرکز فشار کف پای بود.

**روش‌ها** بدین منظور از بین دوندۀ‌های حرفه‌ای با حداقل ۵ سال سابقه تمرین دو و میدانی عضو یکی از تیم‌های استان تهران حاضر در لیگ کشور، به‌صورت داوطلب تعداد ۲۸ نفر به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. آزمودنی‌ها پس از تکمیل فرم رضایت آگاهانه، ابتدا با سرعت ۱/۲ متر بر ساعت جهت آشنایی با تردمیل راه رفتند. در ادامه و به آرامی سرعت به ۲/۵ متر بر ثانیه رسید و بعد از ۳ دقیقه دویدن با این سرعت، در حدود سی ثانیه داده‌ها ضبط شدند. دوندۀ‌ها در مرحله بعد با سرعت ۳/۵ متر بر ثانیه و سپس با سرعت ۴/۵ متر بر ثانیه روی تردمیل دویدند. داده‌ها با استفاده از مارکرهای مخصوص و دوربین‌های تصویربرداری سه‌بعدی جمع‌آوری شد. همچنین جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

**یافته‌ها** نتایج نشان داد افزایش سرعت دویدن بر میزان جابه‌جایی و سرعت فشار کف‌پایی دوندۀ‌ها تأثیر معناداری دارد. به‌طوری‌که با افزایش سرعت دویدن میزان جابه‌جایی و سرعت فشار کف‌پایی نیز افزایش یافت. **نتیجه‌گیری** نتایج تأییدکننده تأثیر افزایش سرعت دویدن بر میزان جابه‌جایی و سرعت فشار کف‌پایی می‌باشد.

## کلید واژه‌ها:

سرعت دویدن، جابه‌جایی،  
سرعت فشار کف‌پایی، دوندۀ

## \*نویسنده مسئول:

علی فتاحی

آدرس: گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تلفن: ۵۶۰۷۵۸۱ (۹۱۲) +۹۸

ایمیل: ali.fatahi@iauctb.ac.ir

## مقدمه

دویدن یکی از متداول‌ترین ورزش‌ها است که به زمان و مکان محدود نمی‌شود. مدارک زیادی مبنی بر اثرات مفید دویدن بر سلامتی از قبیل جلوگیری از بیماری‌ها و کاهش مرگ و میر زودرس وجود دارد (۱). الگوی دویدن به هماهنگی بین عضلات و دامنه حرکتی مناسب و قدرت (۲) لازم دارد. درنهایت، شاید حفظ مفاصل اندام تحتانی، کینتیک، مورفولوژی و خواص مکانیکی در حفظ عملکرد در حین دویدن ضروری باشد.

در این ورزش، پا که ساختار پیچیده و چند مفصلی دارد، بیشترین تأثیر را بر روی اندام تحتانی طی حرکات دینامیک مانند دویدن دارد. پا را می‌توان به‌عنوان تنها بخش بدن معرفی کرد که در حال حرکت با سطوح خارجی تماس پیدا می‌کند و برای حفظ تعادل در طی دویدن نقش مهمی را بر عهده دارد (۳). نیروی کششی، قیچی‌وار و چرخشی در فاز اتکا راه رفتن و دویدن باید توسط اندام تحتانی توزیع شود و اگر این نیروها به‌خوبی توزیع نشود، حرکات به‌صورت غیرطبیعی انجام می‌گیرد و به دنبال آن چرخش و فشار زیاد به بافت‌های نرم آسیب وارد می‌کند و باعث کاهش کارایی عضلات می‌گردد (۴).

اندازه‌گیری توزیع فشار کف‌پایی در بین روش‌های آنالیز دویدن، روشی مرسوم و جدیدی است که در شرایط استاتیکی و دینامیکی عملکرد پا را مورد بررسی قرار می‌دهد (۳). با بررسی توزیع فشار کف‌پایی می‌توان به بازتوانی بیوفیدبک برای کنترل پاسچر راه رفتن و دویدن پرداخت. همچنین با اندازه‌گیری فشار کف پا می‌توان به اطلاعات مفیدی در ارتباط با ساختار و عملکرد پا و مکانیک عمومی راه رفتن و دویدن دست یافت (۵). حداکثر فشار کف‌پایی از میان پارامترهای فشار کف‌پایی به‌عنوان حداکثر بار وارده بر نواحی مختلف پا طی فاز اتکا راه رفتن و دویدن استفاده می‌شود (۶). برای تشخیص مشکلات پا، طراحی کفی، آنالیز عملکرد ورزشی، پیشگیری از آسیب و بهبود کنترل تعادل (۷) از اطلاعات مربوط به توزیع فشار کف‌پایی استفاده می‌شود. هرگونه تغییر در الگوی فشار کف‌پایی احتمال آسیب بافت‌ها و ایجاد درد را افزایش می‌دهد (۸). به‌طور کلی توزیع فشار کف‌پایی اطلاعات مفیدی را در مورد راه رفتن و دویدن در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد (۴). علی‌رغم اهمیت اندازه‌گیری فشار کف پا لذا با مرور پیشینه تحقیق، تحقیقات اندکی در زمینه فشار کف‌پایی ورزشکاران انجام شده است و تاکنون تحقیق هم بر روی ورزشکاران رشته دو و میدانی انجام نشده است. در این بین ئودور و پیتر (۲۰۱۴) از معدود افرادی بودند که به بررسی این مهم در حوزه ورزش پرداختند، آن‌ها در سال ۲۰۱۴ در مطالعه‌ای با عنوان ارتباط بین فشار کف‌پایی و سرعت ضربه در رشته کاراته، متوجه شدند که ارتباط مستقیمی بین سرعت ضربه و فشار کف‌پایی وجود دارد، به‌طوری‌که اگر یکی از آن‌ها کاهش یابد، دیگری نیز کاهش خواهد یافت و اگر یکی از آن‌ها افزایش یابد، دیگری نیز افزایش خواهد یافت (۹). در تحقیق دیگری در همین زمینه طسوجیان و معمار (۱۳۹۵) تحقیقی تحت عنوان بررسی تقارن بین دو پا حین راه رفتن، در پارامترهای منتخب توزیع فشار کف‌پایی کاراته‌کار مرد نخبه انجام داده و نتیجه گرفتند که جز حداکثر نیرو در مسک‌های ۳ و ۴ و حداکثر فشار در مسک، ۴ هیچ‌گونه اختلاف معناداری بین سایر پارامترها وجود نداشت. شاخص تقارن نیز نشان داد که در ناحیه استخوان‌های کف‌پایی اول و دوم حداکثر نیرو و حداکثر فشار پای جلو، در قسمت میانی پا حداکثر نیروی پای جلو، در ناحیه شست حداکثر نیروی پای عقب، در استخوان کف‌پایی پنجم حداکثر فشار پای عقب، در انگشتان سوم تا پنجم تمام پارامترهای پای عقب نسبت به پای دیگر بیشتر است (۱۰).

اگرچه مطالعات زیادی تأثیر عوامل ساختاری مانند سن، شاخص توده بدن و یا کاربرد دستگاه‌های متفاوت در اندازه‌گیری فشار را مورد بررسی قرار داده‌اند، اما باوجود تلاش محققان گزارش‌های بسیار اندکی در خصوص توزیع فشار کف پا در رشته‌های ورزشی

به‌ویژه رشته دوومیدانی وجود دارد، ضمن اینکه هیچ تحقیقی یافت نشد که تأثیر افزایش سرعت را بر فشار کف‌پایی در ورزشکاران دو و میدانی مورد بررسی قرار داده باشد لذا اطلاعات در ارتباط با دامنه استاندارد فشار به علت مطالعات کم در این زمینه به‌طور مشخص در دسترس نیست. از این‌رو هدف از تحقیق حاضر تعیین تأثیر افزایش سرعت دویدن بر فشار کف‌پایی در ورزشکاران دو و میدانی می‌باشد.

## روش شناسی

برای انجام تحقیق کاربردی حاضر که به‌صورت نیمه تجربی انجام شد از بین دوندگاران نخبه استان تهران که در یکی از تیم‌های دو و میدانی لیگ کشور حضور داشتند ۲۸ نفر به‌طور داوطلب به‌عنوان نمونه در تحقیق حاضر شرکت کردند. قبل از انجام تمرینات آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه آگاهانه جهت شرکت در تحقیق را تکمیل کردند. معیارهای ورود به تحقیق عبارت بودند از عدم آسیب‌دیدگی و انجام تمرینات حداقل ۲۰ کیلومتر در هفته بود. همچنین دوندگاری که دارای هرگونه اختلالات عصبی عضلانی بودند از تحقیق خارج شدند.

آزمودنی‌ها روی تردمیل دویدن را انجام دادند درحالی‌که داده‌های کینماتیک از طریق یک سیستم تصویربرداری سه‌بعدی با ۱۲ دوربین جمع‌آوری شد. داده‌های GRF با استفاده از یک تردمیل مجهز به دو کمر بند جمع‌آوری شد (منظور تردمیلی که در میانه آن یک صفحه نیرو تعبیه شده است). دوربین‌ها با هدف فیلم‌برداری از تمام حرکات تردمیل در اطراف آزمایشگاه قرار گرفته بودند و در یک ساختار خرابایی فلزی با طول ۱۱/۵ متر، عرض ۹/۳ متر و ارتفاع ۲/۸ متر نصب شدند. این ساختار امکان قرار دادن برخی دوربین‌ها با ارتفاع‌های مختلف را فراهم می‌کرد. همچنین در این پژوهش از ابزار فورسپلیت که روی صفر تنظیم شده بود جهت ارزیابی COP کف‌پایی استفاده شده است.

در پژوهش حاضر، آزمودنی‌ها بر روی تردمیل مجهز دویدند درحالی‌که داده‌های کینماتیک از طریق یک سیستم سه‌بعدی در فاز استانس دویدن با ثبت ۱۲ دوربین با رزولوشن ۴، نرم افزار کورتکس ۶.۰ و ۴ آنالیز حرکت ساخت سانتاروزا کالیفرنیا آمریکا جمع‌آوری شد. دوربین‌ها در اطراف آزمایشگاه به‌گونه‌ای توزیع شدند، که حجم ضبط حرکت تردمیل را هدف قرار می‌دادند. دوربین‌ها بر یک پایه‌ی فلزی با طول ۱۱/۵ متر و عرض ۹/۳ متر و ارتفاع ۲/۸ متر کارگزاری شدند. این ساختار امکان جابجایی برخی دوربین‌ها در ارتفاع‌های مختلف را فراهم می‌نمود. تردمیل مجهز روی یک چاله نصب شده بود به‌طوری‌که سطح تردمیل برابر با سطح کف آزمایشگاه قرار داشت.

ابتدا آزمودنی فرم رضایت‌نامه را تکمیل کرده و اطلاعاتی در مورد معیارهای ورود به تحقیق، نحوه دویدن و اجرای پروتکل توسط محقق برای وی شرح داده شد. و ویژگی‌های دموگرافیک و شرح حال دویدن او توسط محقق ثبت شد. ۴۸ مارکر منعکس‌کننده نور و ۴ مارکر آناتومیک و دسته‌هایی با چهار نشانگر فنی داخل یک پوسته سفت روی قسمت‌هایی از ران و ساق قرار گرفتند. از این پوسته‌ها جهت توقف دویدن و جلوگیری از آسیب‌دیدگی استفاده شد. صفحه تردمیل صفر شد و از آزمودنی خواسته شد روی تردمیل ایستاده و پروتکل زیر را انجام دهد:

آزمودنی‌ها ابتدا با سرعت ۱/۲ متر بر ثانیه جهت آشنایی با تردمیل راه رفتند. در ادامه و به آرامی سرعت به ۲/۵ متر بر ثانیه رسید و بعد از ۳ دقیقه دویدن با این سرعت، در حدود سی ثانیه داده‌ها ضبط شدند. دوندها در مرحله بعد با سرعت ۳/۵ m/s و سپس با سرعت ۴/۵ m/s روی تردمیل دویدند. و بعد از ۳ دقیقه دویدن با هر سرعت به مدت ۳۰ ثانیه داده‌ها جمع‌آوری شد.

نهایتاً جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار)، آزمون کالموگروف اسمیرنوف جهت بررسی توزیع طبیعی داده‌ها و آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی جهت تجزیه و تحلیل استنباطی داده‌ها استفاده شد. لازم به ذکر است تمام محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. همچنین جهت رسم نمودارهای مربوطه از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

## نتایج

نتایج آمار توصیفی مربوط به متغیرهای تحقیق در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱. نتایج آمار توصیفی مربوط به متغیرهای تحقیق

انحراف معیار	میانگین	
۱۰۹۲۷۰/۳۰۰۲۵	۳۵۲۶۷۲/۸۹۸۰	جابه‌جایی در سرعت ۲/۵ متر بر ثانیه (mm)
۱۳۷۳۷۴/۶۶۵۳۳	۴۰۳۲۵۵/۵۸۵۹	جابه‌جایی در سرعت ۳/۵ متر بر ثانیه (mm)
۱۷۸۲۴۴/۷۲۵۹۹	۵۳۳۲۰۱/۲۰۳۶	جابه‌جایی در سرعت ۴/۵ متر بر ثانیه (mm)
۰/۰۸۰	۰/۲۶۱۲	سرعت مرکز فشار کف‌پایی در سرعت ۲/۵ متر بر ثانیه (mm/s)
۰/۱۰۱	۰/۲۹۸۷	سرعت مرکز فشار کف‌پایی در سرعت ۳/۵ متر بر ثانیه (mm/s)
۰/۱۳۲	۰/۳۹۵۰	سرعت مرکز فشار کف‌پایی در سرعت ۴/۵ متر بر ثانیه (mm/s)

قبل از تجزیه و تحلیل استنباطی داده‌های تحقیق نرمالیت داده‌ها با استفاده از آزمون کالموگروف اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به اینکه سطح معنی‌داری به‌دست‌آمده از ۰/۰۵ بیشتر بود نتیجه گرفتیم توزیع داده‌ها طبیعی است. در ادامه نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد افزایش سرعت دویدن بر میزان جابجایی دوندها تأثیر معناداری دارد. همچنین نتایج آزمون تعقیبی نشان داد بین دویدن با سرعت ۲/۵ متر بر ثانیه با دویدن با سرعت ۳/۵ متر بر ثانیه ( $p=0/001$ )، بین دویدن با سرعت ۲/۵ متر بر ثانیه با دویدن با سرعت ۴/۵ متر بر ثانیه ( $p=0/001$ ) و بین دویدن با سرعت ۳/۵ متر بر ثانیه با دویدن با سرعت ۴/۵ متر بر ثانیه ( $p=0/001$ ) بر میزان جابجایی دوندها تفاوت معناداری وجود دارد. به‌طوری‌که هرچه سرعت دویدن افزایش‌یافته است میزان جابجایی نیز افزایش داشته است (جدول ۱).

در رابطه با تأثیر افزایش سرعت دویدن بر سرعت مرکز فشار کف‌پایی نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد افزایش سرعت دویدن بر سرعت فشار کف‌پایی دوندها تأثیر معناداری دارد. همچنین نتایج آزمون تعقیبی نشان داد بین دویدن با سرعت ۲/۵ متر بر ثانیه با دویدن با سرعت ۳/۵ متر بر ثانیه ( $p=0/001$ )، بین دویدن با سرعت ۲/۵ متر بر ثانیه با دویدن با سرعت ۴/۵ متر بر ثانیه ( $p=0/000$ ) و بین دویدن با سرعت ۳/۵ متر بر ثانیه با دویدن با سرعت ۴/۵ متر بر ثانیه ( $p=0/001$ ) بر سرعت فشار کف‌پایی دوندها تفاوت معناداری وجود دارد. به‌طوری‌که هرچه سرعت دویدن افزایش‌یافته است سرعت فشار کف‌پایی نیز افزایش داشته است (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی جهت مقایسه میزان جابجایی و سرعت مرکز فشار کفپایی در سرعت‌های مختلف

اختلاف میانگین‌ها	سطح معنی‌داری		
۲/۵ متر بر ثانیه-۳/۵ متر بر ثانیه	۰/۰۰۱	میزان جابه‌جایی	-۵۰۵۸۲/۶۸۸
۲/۵ متر بر ثانیه-۴/۵ متر بر ثانیه	۰/۰۰۰		-۱۸۰۵۲۸/۳۰۶
۳/۵ متر بر ثانیه-۴/۵ متر بر ثانیه	۰/۰۰۰		-۱۳۹۹۴۵/۶۱۸
۲/۵ متر بر ثانیه-۳/۵ متر بر ثانیه	۰/۰۰۱	سرعت مرکز فشار کفپایی	-۰/۰۳۷
۲/۵ متر بر ثانیه-۴/۵ متر بر ثانیه	۰/۰۰۰		-۰/۱۳۴
۳/۵ متر بر ثانیه-۴/۵ متر بر ثانیه	۰/۰۰۰		-۰/۰۹۶

## بحث

نحوه توزیع فشار کفپایی و بررسی آن، اطاعات مفیدی از ساختار آناتومیکی پا، عملکرد آن و همچنین بیومکانیک راه رفتن و دویدن را فراهم می‌کند و زمینه‌ای را برای ارزیابی مشکلات اندام تحتانی ایجاد می‌کند (۱۱). هدف از انجام تحقیق حاضر تأثیر افزایش سرعت دویدن بر میزان جابه‌جایی و سرعت مرکز فشار کفپایی در دوندها بود. در دانش ما و با مرور تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور تحقیقی یافت نشد که به بررسی تأثیر سرعت دویدن بر میزان جابه‌جایی و سرعت مرکز فشار کفپایی در دوندها پرداخته باشد. همچنین بیشتر تحقیقات انجام شده بر روی افراد دارای کمردرد بوده است به همین دلیل در ادامه به نتایج تحقیقاتی که به‌نوعی با یافته تحقیق حاضر در ارتباط هستند پرداخته می‌شود. در همین رابطه سیفی اسک شهر و همکاران (۱۳۹۷) تحقیقی تحت عنوان اثر تمرینات الاستیکی راه رفتن بر متغیرهای فشار کفپایی در افراد دارای کمردرد طی دویدن انجام داده و نتیجه گرفتند طی پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون در گروه تجربی میزان اوج نیروی وارده بر بخش خارجی پاشنه بزرگ‌تر می‌باشد. بعلاوه، طی پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون در گروه تجربی میزان اوج فشار وارده بر بخش‌های کفپایی چهارم و کفپایی پنجم کوچک‌تر می‌باشد. همچنین طی پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون در گروه کنترل میزان اوج نیرو وارده بر بخش کفپایی سوم و بخش‌های داخلی و خارجی پاشنه بزرگ‌تر بود (۴) که با نتایج تحقیق حاضر همسو است. در تحقیق دیگری در همین رابطه یزدانی و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیق خود نشان دادند که در افراد دارای زانوی عقب‌رفته اوج فشار در پای راست در نواحی پاشنه داخلی، پاشنه خارجی، میدفوت داخلی و در پای چپ در نواحی میدفوت خارجی و انگشتان سه، چهار و پنج به‌طور معناداری از افراد سالم کمتر بود که نشان می‌دهد با افزایش سرعت راه رفتن میزان فشار به کف پا نیز افزایش یافته است در تحقیق حاضر نیز با افزایش سرعت دویدن سرعت مرکز فشار کفپایی افزایش یافت (۱۲). با این حال مغایر با یافته تحقیق حاضر اسکیل و همکاران (۲۰۰۶) اثر ۴۵ دقیقه دویدن بر روی تردمیل بر توزیع فشار کفپایی بررسی کرده و نتیجه گرفتند تفاوت معنی‌داری بین توزیع فشار کفپایی قبل و بعد خستگی وجود نداشت. دلیل احتمالی تفاوت با یافته تحقیق حاضر احتمالاً به دلیل تفاوت در پروتکل‌ها می‌باشد زیرا در تحقیق اسکیل از ۴۵ دقیقه دویدن با سرعت یکنواخت استفاده شد اما در تحقیق حاضر سرعت دویدن افزایش یافت (۱۳).

در تبیین یافته تحقیق حاضر می‌توان عنوان کرد که هر تغییری در الگوی راه رفتن و دویدن، نحوه توزیع فشار کفپایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۴). با توجه به اینکه با افزایش سرعت دویدن ممکن است طول گام بیشتر شود یا تعداد تواتر افزایش یابد که با توجه به اینکه راه طول گام بلندتر باعث افزایش نیروهای وارده به کف پا می‌شود (۱۵). که



همین امر ممکن است یکی از دلایل افزایش سرعت مرکز فشار کف پای باشد. در همین رابطه پیترو و تئودر (۲۰۱۴) در تحقیقی نتیجه گرفتند بین سرعت ضربه و فشار کف پای ارتباط مستقیمی وجود دارد (۹).

از جمله دیگر مکانیسم‌های احتمالی و مرتبط با فشار کف پا می‌توان به تأثیر خستگی بر فشار کف پا اشاره کرد به طوری که در شرایط خستگی، کاهش کنترل عضلانی در مفاصل -پا مچ ساق ممکن است توانایی مقاومت در برابر اورشن یا و اینورشن به شکل پویا را مختل کنند. حتی بعضی از مطالعات قبلی، ضریب تغییرات اوج فشار را به فرآیند کنترل مجدد تعادل ارتباط داده‌اند (۸) در تحقیق حاضر نیز علی‌رغم اینکه دویدن تا سرحد خستگی پیش نرفت با این حال با افزایش سرعت و زمان دویدن خستگی زودتر اتفاق می‌افتد که این امر نیز ممکن است دلیلی دیگری برای یافته تحقیق حاضر باشد.

از طرف دیگر می‌توان به این نکته اشاره کرد که هنگام دویدن و با افزایش سرعت، از مرحله اتکا کم شده و به مرحله تاب دادن افزوده می‌شود. مقدار بیشینه مرحله اتکا در دویدن ۲۰ درصد است که این افزایش و کاهش دویدن می‌تواند فعالیت الکترومایوگرافی و نیروهای عکس‌العمل زمین را کاهش دهد (۱۶). اما این نکته قابل ذکر می‌باشد که هرچه قدر زمان اتکا هنگام دویدن کاهش پیدا کند نیروهای عکس‌العمل زمین نیز کاهش می‌یابد که می‌تواند با کاهش نرخ بارگذاری هنگام دویدن همراه باشد (۱۷) مطالعات انجام شده توسط چندین محقق، ارتباطی بین میزان اوج تماسی نیروی عمودی عکس‌العمل زمین بالا و نرخ بارگذاری عمودی یا هر دو را به همراه داشته است که موجب آسیب‌های مرتبط با الگوی برخورد می‌شود (۱۸، ۱۹). بنابراین ممکن است افزایش سرعت فشار کف پای همزمان با افزایش سرعت به دلیل میزان اوج تماس نیروی عکس‌العمل زمین باشد. با این حال تحقیقات بیشتری در این زمینه لازم است تا بتوان به‌طور قطع به مهم‌ترین عامل‌ها در این زمینه دست پیدا کرد.

با این حال در تحقیق حاضر توزیع فشار در نقاط مختلف کف پا بررسی نشد تا بتوان به‌طور دقیق‌تر مکانی که بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد را کنترل کرد که از محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌باشد. همچنین عدم ثبت فعالیت میوگرافی جهت بررسی تأثیر خستگی بر متغیرهای تحقیق از جمله دیگر محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌باشد.

## نتیجه‌گیری نهایی

نتایج تحقیق حاضر تأییدکننده تأثیر افزایش سرعت دویدن بر سرعت مرکز فشار کف پای و میزان جابجایی می‌باشد که با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان از آسیب‌های احتمالی جلوگیری کرد. همچنین دیدگاه روشنی در زمینه توزیع فشار بر کف پا در اختیار محققین و مربیان قرارداد تا با استفاده از آن بتوانند به بهترین نحو ممکن برنامه‌ریزی کنند.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

اصول اخلاق تماماً در این مقاله رعایت شده است. شرکت کنندگان اجازه داشتند هر زمان که مایل بودند از پژوهش خارج شوند. همچنین همه شرکت کنندگان در جریان روند پژوهش بودند. اطلاعات آن‌ها محرمانه نگه داشته شد.

## حامی مالی

این پژوهش هیچ گونه کمک مالی از سازمان های دولتی، خصوصی و غیر انتفاعی دریافت نکرده است.

## مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش همه بخش های پژوهش حاضر مشارکت داشته اند.

## تعارض

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

## Reference

1. Lee D-c, Pate RR, Lavie CJ, Sui X, Church TS, Blair SN. Leisure-time running reduces all-cause and cardiovascular mortality risk. Journal of the American College of Cardiology. 2014;64(5):472-81. [DOI:10.1016/j.jacc.2014.04.058] [PMID] [PMCID]
2. Pereira C, Silva J, Sacco I. Effects of mild leg length discrepancy on vertical ground reaction forces in running. Journal of Biomechanics. 2006;39(1):S544. [DOI:10.1016/S0021-9290(06)85237-1]
3. Willwacher S, Goetze I, Fischer KM, Brüggemann G-P. The free moment in running and its relation to joint loading and injury risk. Footwear Science. 2016;8(1):1-11. [DOI:10.1080/19424280.2015.1119890]
4. Sefi Ask Shahr F, Alavi Mehr SM, Jafarnjad Guru AA, Katanchi M. The effect of elastic walking exercises on plantar pressure variables in people with back pain during running. Anesthesia and Pain Scientific Research Quarterly. 2017;8(4):46-59.
5. Menz HB, Dufour AB, Riskowski JL, Hillstrom HJ, Hannan MT. Foot posture, foot function and low back pain: the Framingham Foot Study. Rheumatology. 2013;52(12):2275-82. [DOI:10.1093/rheumatology/ket298] [PMID] [PMCID]
6. Putti A, Arnold G, Abboud R. Foot pressure differences in men and women. Foot and ankle surgery. 2010;16(1):21-4. [DOI:10.1016/j.fas.2009.03.005] [PMID]
7. Vette AH, Funabashi M, Lewicke J, Watkins B, Prowse M, Harding G, et al. Functional, impulse-based quantification of plantar pressure patterns in typical adult gait. Gait & posture. 2019;67:122-7. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2018.09.029] [PMID]
8. Willems TM, De Ridder R, Roosen P. The effect of a long-distance run on plantar pressure distribution during running. Gait & posture. 2012;35(3):405-9. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2011.10.362] [PMID]
9. Daniel TM, Răzvan-Liviu P. Correlation between plantar pressure and striking speed in karate-do. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2014;117:357-60. [DOI:10.1016/j.sbspro.2014.02.227]

10. Tsoujian E, M, Memar R. A research entitled investigation of symmetry between two legs while walking, in selected parameters of sole pressure distribution of an elite male karate practitioner. *Research in Sports Rehabilitation*. 2016;4(8): 61-80.
11. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: translating research into clinical practice*: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
12. Yazdani Sh, Dizji E, Alizadeh F, Memar R. Comparison of peak plantar pressure and the time to reach it during walking at normal speed in people with retrograde knee and healthy people. *Scientific journal of Kurdistan University of Medical Sciences*. 2015;21: 107-117.
13. Schlee G, Milani T, Hein A. Plantar pressure distribution patterns after induced fatigue. *Journal of Biomechanics*. 2006(39):S192. [[DOI:10.1016/S0021-9290\(06\)83688-2](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(06)83688-2)]
14. Zorn A, Schleip R, Klingler W. *Walking with elastic fascia: Saving energy by maintaining balance*. 2010.
15. Sun D, Fekete G, Mei Q, Gu Y. The effect of walking speed on the foot inter-segment kinematics, ground reaction forces and lower limb joint moments. *PeerJ*. 2018;6:e5517. [[DOI:10.7717/peerj.5517](https://doi.org/10.7717/peerj.5517)] [[PMID](#)] [[PMCID](#)]
16. Sosnoff JJ, Socie MJ, Boes MK, Sandroff BM, Pula JH, Suh Y, et al. Mobility, balance and falls in persons with multiple sclerosis. *PLoS ONE*. 2011;6(11):e28021. [[DOI:10.1371/journal.pone.0028021](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028021)] [[PMID](#)] [[PMCID](#)]
17. Salem Y, Scott AH, Karparkin H, Concert G, Haller L, Kaminsky E, et al. Community-based group aquatic programme for individuals with multiple sclerosis: a pilot study. *Disability and rehabilitation*. 2011;33(9):720-8. [[DOI:10.3109/09638288.2010.507855](https://doi.org/10.3109/09638288.2010.507855)] [[PMID](#)]
18. Balouchy R, Ghiasi A, Naderi E, Sodoghi H. The survey of cawthorne and cooksey exercise on the quality of life, balance and fatigue in patients with multiple sclerosis. *Journal of Ilam University of medical science*. 2014;21(7):43-53.
19. Mahali Z, Ebrahimi Atri A, HasanAbadi H, KHoshrafr Yazdi N, Shoeybi A. The effect of tai chi exercise program on balance in women with multiple sclerosis. *Medical-surgical nursing Journal*. 2014;2(3):85-1.