Journal of
Sport Biomechanics

Autumn 2024. Vol 10. Issue 3

Research Paper

# Evaluation of the Effect of Five-Finger Shoes on Calf Muscle Electromyography Activity in Novice Runners

***Behrouz Hajilou[1], Elaheh Azadian[2], Sara Sadeghi[3], Rounak Mohammadi Sasan[4]**

1. Department of Sensorimotor Disabilities, Research Institute of Exceptional Children, Research Institute for Education, Organization for Educational Research and Planning, Tehran, Iran.
2. Department of Motor Behavior, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.
3. Department of Motor Behavior, Faculty of Sports Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
4. Department of Sport Injury and Corrective Exercise, Faculty of Humanities, University College of Omran_Toseeh, Hamedan, Iran.

Use your device to scan and read the article online

**Citation:** Hajilou B, Azadian E, Sadeghi S, Mohammadi Sasan R. Evaluation of the Effect of Five-Finger Shoes on Calf Muscle Electromyography Activity in Novice Runners (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2024;10(3):242-252. https://doi.org/10.21859/JSportBiomech.10.3.1.8

https://doi.org/10.21859/JSportBiomech.10.3.1.8

**Article Info:**

**Received:** 14 Nov. 2024
**Accepted:** 5 Jan. 2024
**Available Online:** 7 Jan. 2025

**Keywords:**

Five-finger shoes,
Electromyography activity,
Running

## ABSTRACT

**Objective** The foot is the most distal part of the moving human body and serves as the sole point of contact with the ground, transmitting significant forces from the ground to the foot. One of the tools used to modulate these forces during running is appropriate footwear. Therefore, this study aimed to investigate the effect of five-finger shoes on the electromyographic activity of calf muscles in novice male runners while running.

**Methods** In this semi-experimental study, 16 novice runners volunteered to participate. The activity of the anterior tibialis, soleus, and medial and lateral gastrocnemius muscles during the absorption and propulsion phases of running in two conditions—barefoot and using Vibram five-finger shoes—was recorded using an electromyography device. A paired t-test was used for data analysis, with a significance level set at $p < 0.05$.

**Results** When running with five-finger shoes, the electromyography activity of the anterior tibialis muscle during the absorption phase ($p = 0.001$) and the soleus ($p = 0.002$) and medial gastrocnemius ($p = 0.010$) muscles during the propulsion phase was significantly higher compared to running barefoot. However, the activity of the lateral gastrocnemius muscle did not show a significant difference compared to the barefoot condition ($p > 0.05$).

**Conclusion** The use of five-finger shoes can be considered a reliable footwear option for sports activities, including running, as the muscle activity during their use is very similar to that during barefoot running.

*** *Corresponding Author:***
**Behrouz Hajilou**
**Address:** Department of Sensorimotor Disabilities, Research Institute of Exceptional Children, Research Institute for Education, Organization for Educational Research and Planning, Tehran, Iran.
**Tel:** +98 (918) 5002618
**E-mail:** behrouz.hajiloo@yahoo.com

## Extended Abstract

### 1. Introduction

The foot plays a critical role in absorbing impact, maintaining dynamic and static balance, and transmitting propulsion forces during running. Running footwear design influences foot biomechanics and muscle activation, which can affect performance and injury risk. The five-finger shoe, categorized as a minimalist shoe, mimics barefoot conditions while providing slight protection and structure. Although studies have examined the effects of minimalist shoes on muscle activity and running biomechanics, findings are varied regarding its advantages and potential limitations. Given the need to evaluate the five-finger shoe's influence on ankle-related muscle activation, this study investigates the electromyographic (EMG) activity in specific lower leg muscles during running in barefoot and five-finger shoe conditions among novice runners.

### 2. Methods

This semi-experimental study involved 16 novice male runners aged 20–30 years. Inclusion criteria required a minimum of one year of running experience and no previous use of five-finger shoes. Exclusion criteria included unwillingness to continue participation, discomfort or pain during testing, or recent musculoskeletal or neurological injuries. After obtaining informed consent, participants' personal information was recorded, and muscle activity data were collected using an 8-channel MegaWin electromyography (EMG) device. Electrodes were placed on the dominant leg's medial gastrocnemius, lateral gastrocnemius, soleus, and tibialis anterior muscles following the SENIAM protocol. Two foot switches were installed on each participant's foot to mark the stance and propulsion phases. Participants completed 20-meter runs at a controlled speed of 3 meters per second in both barefoot and five-finger shoe conditions. Each condition was randomly assigned, and data were collected in three trials for each condition. EMG signals were normalized to maximum voluntary isometric contractions (MVICs) and analyzed using a paired t-test to assess differences between conditions with significance set at $p < 0.05$.

### 3. Results

Table 1 presents the EMG activity comparisons for the selected muscles between barefoot and five-finger shoe conditions. Notably, the tibialis anterior muscle showed significantly higher activation during the contact phase when running with five-finger shoes compared to barefoot ($p = 0.001$). Similarly, the soleus and medial gastrocnemius muscles exhibited increased activation during the propulsion phase in the five-finger shoe condition ($p = 0.002$ and $p = 0.010$, respectively). However, lateral gastrocnemius activity did not differ significantly between conditions ($p > 0.05$).

### 4. Conclusion

This study demonstrated that five-finger shoes increased muscle activity in specific calf muscles during running. Higher tibialis anterior activation in the contact phase suggests an adaptation to the altered foot strike pattern, likely related to heel impact when wearing five-finger shoes. Lieberman et al. (2010) found that barefoot running encourages mid- or forefoot strikes, reducing dorsiflexion and tibialis anterior activity, while minimalist footwear like five-finger shoes allows slight heel strikes, necessitating greater tibialis anterior engagement. Increased soleus and medial gastrocnemius activation in the propulsion phase suggests that five-finger shoes may elicit a foot-strike pattern with greater ground contact duration, engaging calf muscles for enhanced propulsion and support.

Additionally, adaptation to new footwear can impact muscle activation as runners adjust to its unique structure and feel. Warne and Gruber (2017) highlighted that transitioning to minimalist footwear requires neuromuscular adaptation, potentially increasing muscle activity initially. Over time, this adaptation may strengthen lower leg muscles, leading to more efficient running mechanics. Future research should investigate long-term adaptations to five-finger shoes and their impact on muscle activation and running performance. This study's findings suggest that five-finger shoes may be beneficial for novice runners,

offering a muscle activation pattern closer to barefoot running but with added protection. This information can guide sports trainers, therapists, and footwear designers in developing training programs and footwear that enhance performance and reduce injury risk. The findings indicate that five-finger shoes elicit similar muscle activity to barefoot running, with notable increases in tibialis anterior, soleus, and medial gastrocnemius activation. This suggests five-finger shoes could be a viable option for novice runners, potentially aiding in muscle strengthening while providing foot protection. Further studies are recommended to explore long-term adaptations and injury prevention benefits associated with these shoes.

Table 1. Comparison of Muscle Activity in Contact and Propulsion Phases During Running in Barefoot and Five-Finger Shoe Conditions

| Phase | Barefoot | Five-Finger Shoe | t | Sig. |
|---|---|---|---|---|
| Tibialis Anterior | | | | |
| Contact | 0.69 ± 0.18 | 0.93 ± 0.18 | 4.14 | 0.001 |
| Propulsion | 0.46 ± 0.16 | 0.49 ± 0.21 | 0.54 | 0.596 |
| Soleus | | | | |
| Contact | 0.50 ± 0.10 | 0.52 ± 0.30 | 0.23 | 0.822 |
| Propulsion | 0.82 ± 0.13 | 0.85 ± 0.09 | 3.65 | 0.002 |
| Lateral Gastrocnemius | | | | |
| Contact | 0.48 ± 0.18 | 0.50 ± 0.15 | 0.33 | 0.744 |
| Propulsion | 0.69 ± 0.16 | 0.73 ± 0.16 | 0.84 | 0.414 |
| Medial Gastrocnemius | | | | |
| Contact | 0.42 ± 0.17 | 0.49 ± 0.13 | 1.23 | 0.236 |
| Propulsion | 0.68 ± 0.21 | 0.83 ± 0.11 | 2.94 | 0.010 |

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

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

### Funding

This research did not receive any financial support from government, private, or non-profit organizations.

### Authors' contributions

All authors contributed equally to preparing the article.

### Conflicts of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest associated with this article.

## مقاله پژوهشی

# ارزیابی اثر کفش پنج‌انگشتی بر فعالیت الکتریکی عضلات ساق در دوندگان مبتدی

*بهروز حاجیلو[۱]، الهه آزادیان[۲]، سارا صادقی[۳]، روناک محمدی‌ساسان[۴]

۱. گروه معلولیت‌های حسی-حرکتی، پژوهشکده کودکان استثنایی، پژوهشگاه مطالعات آموزش‌وپرورش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی تهران، ایران.

۲. گروه رفتار حرکتی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

۳. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۴. گروه آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، موسسه آموزش عالی عمران و توسعه، همدان، ایران.

**اطلاعات مقاله:**

تاریخ دریافت: ۲۴ آبان ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۶ دی ۱۴۰۳
تاریخ انتشار: ۱۸ دی ۱۴۰۳

**کلید واژه‌ها:**
کفش پنج‌انگشتی، فعالیت الکتریکی عضلات، دویدن

## چکیده

**هدف** پا انتهایی‌ترین بخش بدن انسان در حال حرکت است و به‌عنوان تنها منبع تماس با زمین است و نیروهای زیادی از طرف زمین به پا منتقل می‌شود. یکی از ابزارهای مورد استفاده برای تعدیل این نیروها طی دویدن استفاده از کفش مناسب است؛ بنابراین هدف از این تحقیق تأثیر کفش پنج‌انگشتی بر فعالیت الکتریکی عضلات ساق در دوندگان مرد مبتدی حین دویدن بود.

**روش‌ها** در این تحقیق نیمه تجربی، ۱۶ نفر از دوندگان مبتدی به‌طور داوطلبانه شرکت کردند. فعالیت عضلات درشت‌نئی قدامی، نعلی و دوقلوی داخلی و خارجی در فاز جذب و پیشروی دویدن در دو وضعیت پای برهنه و استفاده از کفش پنج‌انگشتی ویبرام با استفاده از دستگاه الکترومایوگرافی ثبت گردید. از آزمون تی همبسته جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده شد. سطح معنی‌داری $p<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

**یافته‌ها** در وضعیت دویدن با کفش پنج‌انگشتی، فعالیت الکتریکی عضله درشت‌نئی قدامی در مرحله جذب ($p=۰/۰۰۱$)، عضلات نعلی ($p=۰/۰۰۲$) و دوقلوی داخلی ($p=۰/۰۱۰$) طی فاز پیشروی در دویدن به‌طور معنی‌داری در مقایسه با دویدن با پای برهنه بیشتر بود. درحالی‌که فعالیت بخش خارجی عضله دوقلو در مقایسه با وضعیت پابرهنه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p>۰/۰۵$).

**نتیجه‌گیری** استفاده از کفش پنج‌انگشتی می‌تواند به‌عنوان یک کفش و پاپوش مطمئن جهت فعالیت‌های ورزشی از جمله دویدن استفاده شود زیرا فعالیت عضلانی طی استفاده از کفش بسیار نزدیک به فعالیت عضلانی طی دویدن با پای برهنه است.

*نویسنده مسئول:
*بهروز حاجیلو*
آدرس: گروه معلولیت‌های حسی-حرکتی، پژوهشکده کودکان استثنایی، پژوهشگاه مطالعات آموزش‌وپرورش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی تهران، ایران.
تلفن: ۵۰۰۲۶۱۸ (۹۱۸) ۹۸+
ایمیل: behrouz.hajiloo@yahoo.com

## مقدمه

پا یکی از اندام‌های مهم بدن انسان است که با تعامل بین زمین و بدن انسان، سه عملکرد جذب نیروهای برخوردی، حفظ تعادل دینامیکی و استاتیکی و انتقال نیروهای پیش‌رونده طی دویدن را بر عهده دارد (۱). تعدیل نیروهای وارده بر پا و جلوگیری از آسیب‌دیدگی، یکی از نقش‌های استفاده از کفش مناسب است (۲) و تکنیک دویدن تیز تحت تأثیر کفش است (۳). کفش‌های دویدن را به دو طبقه معمولی یا مینیمالیستی تقسیم‌بندی می‌کنند که مطالعات متعددی درباره تأثیر آن‌ها بر جنبه‌های مختلف دویدن مانند عملکرد و الگوی دویدن، بیومکانیک، یا آسیب‌ها انجام شده است (۴-۶).

ازآنجایی‌که پیشرفت‌های زیادی در فناوری کفش‌های دویدن به‌وجود آمده است، اما از زمان معرفی این کفش‌ها، میزان و محل آسیب‌های مزمن دویدن تغییر نکرده که منجر به این تصور می‌شود که پیشرفت در فناوری کفش‌های دویدن تأثیری بر این آسیب‌ها نداشته است (۷). این امر منجر به این پیشنهاد شده است که دویدن با کفش‌های مینیمالیستی که فاقد ویژگی‌های بالشتکی و کنترل حرکت مرتبط با کفش‌های دویدن معمولی هستند، ممکن است با کاهش بروز آسیب‌های دویدن مزمن همراه باشد (۷). بر اساس این تصور، چندین مدل کفش مینیمالیستی در حال حاضر به‌صورت تجاری در دسترس هستند. کفش‌های مینیمالیستی به کفش‌هایی گفته می‌شود که به دلیل انعطاف‌پذیری زیاد، وزن کم، حداقل ضخامت زیره و عدم وجود ابزار تکنولوژیکی، کمترین تداخل را با حرکت طبیعی پا ایجاد می‌کنند. برای طبقه‌بندی کفش به‌عنوان مینیمالیستی، مقیاس مینیمالیستی (MI) ایجاد شد که حداقل امتیاز ۷۰٪ را برای کفشی که مینیمالیست در نظر گرفته شود ایجاد کرد (۸).

مطالعات مختلفی به بررسی تأثیر کفش‌های مختلف بر کینماتیک و فعالیت عضلات پا، طی دویدن پرداخته‌اند. حسینی و اسلامی (۱۳۹۵) نشان دادند کفش پنجانگشتی با زیره کم ارتفاع، سرعت بارگذاری نیروی عکس‌العمل زمین در طول فاز اتکای دویدن نسبت به وضعیت پابرهنه، اختلاف معنی‌داری ندارد، اما به دلیل احساس راحتی کمتر افراد هنگام دویدن نمی‌توان آن را در تمرینات ورزشی به‌عنوان یک کفش مناسب توصیه کرد (۹). هنینیگان و پولارد[1](۲۰۲۰) به بررسی تأثیر کفش ماکسیمال، مینیمالیستی و کفش‌های سنتی بر بیومکانیک دویدن پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد نرخ بارگذاری در کفش‌های مینیمالیستی کمتر از کفش ماکسیمال است. کفش ماکسیمال و مینیمالیستی باعث افزایش اورژن پا نسبت به کفش سنتی شده بود (۱۰). بکر و بورکیا[2](۲۰۲۰) به بررسی تأثیر کفش مینیمالیستی و ماکسیمال بر فعالیت عضلات طی دویدن پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد کفش ماکسیمال باعث افزایش فعالیت عضلات سرینی میانی و نازک‌نی طویل نسبت به کفش مینیمالیستی و سنتی می‌شود ولی فعالیت عضله درشت‌نی قدامی در کفش مینیمال بیشتر از سایر کفش‌ها بود (۱۱). همچنین نتایج یک مطالعه نیز نشان داد استفاده از کفش راکر (ماکسیمال) باعث کاهش اوج فعالیت سرینی میانی و بزرگ طی دویدن در سطح شیب‌دار نسبت به سطح صاف شده است (۱۱).

یکی از کفش‌هایی که اخیراً به مراکز تجاری ورزشی معرفی شده است، کفش‌های پنجانگشتی است که از طبقه‌بندی کفش‌های مینیمالیستی محسوب می‌شود. معدود مطالعات انجام شده نشان می‌دهد استفاده از این کفش هنگام دویدن موجب کاهش نرخ بارگذاری عمودی می‌گردد، بدین معنی که دویدن با کفش پنجانگشتی سودمندتر از دویدن با پای برهنه است که ممکن است به دلیل کاهش خطر احتمالی بروز شکستگی‌های استرسی تیبیا باشد (۱۲). همچنین استفاده از کفش پنجانگشتی موجب حفظ تعادل ایستای بهتر در مقایسه با وضعیت پابرهنه می‌گردد (۱۳). از طرفی مطالعه سینکلر و همکاران (۲۰۱۳)، نشان داد دویدن با کفش مینیمال، همانند دویدن با پای برهنه، نسبت به دویدن با کفش‌های معمولی، با فاکتورهای آسیب‌زا مانند اورژن و ضربه پاشنه، مرتبط است (۱۴).

1. Hannigan and Pollard
2. Backer and Borgia

با توجه به نتایج متناقض و لزوم شناسایی مزایا و معایب این کفش در ورزشکاران، هدف این مطالعه مقایسه فعالیت عضلات مؤثر بر مچ پا حین دویدن با کفش پنجانگشتی و پابرهنه، در دوندگان می‌باشد. با توجه به اطلاعات موجود، فرض می‌گردد میزان فعالیت عضلات منتخب در دو حالت پابرهنه و کفش پنجانگشتی، اختلاف معنی‌داری ندارد.

## روش شناسی

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی بود. جامعه آماری در این پژوهش کلیه مردان ۲۰ تا ۳۰ سال دونده مبتدی شهر تهران بودند که حداقل ۱ سال سابقه دویدن را داشتند (۱۵). با استفاده از نرم‌افزار *G*Power* با اندازه تأثیر ۰/۷ و توان آزمون ۰/۹۵ (۱۶) حداقل حجم نمونه ۱۵ نفر تخمین زده شد، بنابراین ۱۶ نفر به‌صورت در دسترس جهت انجام تحقیق انتخاب شدند. معیار ورود به تحقیق شامل عدم سابقه جراحی، یا آسیب‌های عضلانی–اسکلتی و نورولوژیکی در شش ماه گذشته و همچنین عدم تجربه در استفاده از هرگونه کفش پنجانگشتی بود (۱۳). معیار خروج از تحقیق شامل عدم تمایل به ادامه تحقیق طی فرآیند آزمون، احساس ناراحتی و یا درد حین استفاده از کفش پنجانگشتی و یا دویدن با پای برهنه بود.

پس از حضور آزمودنی‌ها در محل انجام آزمون، نحوه انجام پروتکل پژوهش برای آن‌ها شرح داده شد. سپس بعد از موافقت آزمودنی‌ها، فرم اطلاعات فردی توسط آن‌ها تکمیل شد. جهت ثبت فعالیت الکتریکی عضلات از دستگاه مگاوین ۸ کاناله، ساخت کشور فنلاند استفاده شد. الکترودهای این دستگاه از نوع چسبنده و یک بار مصرف و از آلیاژ کلرید نقره بودند و به الکترودهای مثبت و منفی هر کانال در دستگاه الکترومایوگرافی متصل شدند. این الکترودها حاوی ژل رسانای مخصوص جهت کاهش مقاومت پوست و دریافت بهتر فعالیت الکتریکی عضله و انتقال آن به دستگاه الکترومایوگرافی هستند. جهت الکترودها ابتدا موهای زائد محل مورد نظر با تیغ تراشید شده و پوست با پنبه و الکل طبی تمیز شد. سپس الکترودهای سطحی و چسبنده یک‌بار مصرف کلرید نقره بروی عضلات منتخب بر اساس پروتکل اروپایی[1]نصب گردید (۱۷). در این مطالعه بر روی چهار عضله دوقلوی داخلی، دوقلوی خارجی، نعلی و درشت‌نئی قدامی پای برتر آزمودنی‌ها نصب و فعالیت عضلات طی دویدن ثبت شد (شکل ۱). پای برتر آزمودنی‌ها پایی در نظر گرفته شد که با آن توپ را شوت می‌کردند (۱۸). الکترود زمین نیز بر روی استخوان درشت‌نی نصب شد. شد. فاصله مرکز تا مرکز الکترودها ۲۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. الکترودها و کابل‌ها بر روی پوست ثابت گردید تا در حرکات آزمودنی اختلال ایجاد نکنند. به‌منظور مشخص نمودن فاز تماس و پیشروی دویدن، از دو عدد فوت سویچ که در زیر مفصل بین انگشتی شست پا و در خلفی‌ترین بخش کف‌پایی استخوان پاشنه نصب شده بود استفاده شد (۱۹). از آزمودنی‌ها خواسته شد تا با سرعت ۳ متر بر ثانیه مسیر ۲۰ متری دویدن را طی کنند. برای آشنایی آزمودنی‌ها با مسیر دویدن ۳ مرتبه مسیر مورد نظر توسط آزمودنی‌ها طی شد. برای مقایسه اثر احتمالی سرعت دویدن و کنترل آن در تجزیه‌وتحلیل اطلاعات در طول مسیر، سرعت دویدن فرد با سرعت‌سنج کنترل گردید تا اختلافی در سرعت دویدن نداشته باشند. آزمودنی‌ها در دو وضعیت دویدن با پای برهنه و دویدن با استفاده از کفش پنجانگشتی آزمون را انجام دادند. برای جلوگیری از خستگی سیستماتیک داده‌ها، ثبت داده‌ها از هر وضعیت به‌صورت تصادفی انجام گرفت. از هر وضعیت ۳ نوبت ثبت اطلاعات به عمل آمد. در این مطالعه از کفش پنجانگشتی شرکت ویبرام[2]ساخت کشور آمریکا مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱). با توجه به کیفیت سیگنال‌های فوت سوئیچ گام هفتم یا هشتم برای تجزیه‌وتحلیل انتخاب شد

1. SENIAM (Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles)
2. Vibram

(۲۰). در این پژوهش برای نرمالایز کردن داده‌ها از روش حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک[1]استفاده شد. در این روش آزمودنی‌ها ۳ تکرار ۵ ثانیه‌ای حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک را برای هر عضله یا گروه عضلانی انجام دادند و بین هر تکرار یک دقیقه استراحت کردند. از فیلتر میان‌گذر ۱۰-۴۵۰ برای پالایش داده‌ها استفاده شد. فرکانس نمونه‌برداری برابر ۱۰۰۰ هرتز و نسبت سیگنال به نویز برابر ۹۰ دسی‌بل بود. داده‌ها برای انجام عملیات پوشش خطی[2] تمام یک‌سویه شده[3]و برای هموارسازی با فیلتر باتروورث ۶ هرتز مرتبه ۴ پالایش شدند. درنهایت فعالیت عضلات بر مقدار حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک تقسیم شد و عدد حاصله در ۱۰۰ ضرب گردید تا درصد فعالیت عضله بر مقیاس حداکثر فعالیت آن محاسبه شود.

همه شرکت‌کنندگان مدل یکسانی از کفش Vibram FiveFingers® (KSO) را پوشیدند. اندازه شرکت‌کنندگان با استفاده از راهنمای تناسب در وب‌سایت Vibram اندازه‌گیری شدند. شرکت‌کنندگان فقط مجاز بودند پاهای خود را در VFF حرکت دهند تا مطمئن شوند که همه انگشتان پا در جای درست قرار دارند (۱۳). اطلاعات به دست آمده با استفاده از روش آماری توصیفی و استنباطی پردازش شدند. برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از تی تست وابسته استفاده شد. سطح معنی‌داری در این پژوهش $p < ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

## نتایج

اطلاعات دموگرافیک شرکت‌کنندگان در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج مقایسه بین فعالیت عضلات مؤثر بر مچ پا، در دو وضعیت پابرهنه و پوشیدن کفش پنج‌انگشتی، در جدول ۲ نشان داده شده است. طبق نتایج، در هر دو وضعیت پابرهنه و کفش، میزان فعالیت عضلات منتخب در اکثر موارد مشابه می‌باشد ($p>۰/۰۵$) و اختلاف معنی‌دار فقط در فعالیت عضله ساقی قدامی در فاز تماس و عضله نعلی و دوقلو میانی در فاز پیشروی مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$).

شکل ۱. سمت راست: کفش پنج‌انگشت ویبرام، ساخت کشور امریکا. سمت چپ: الکترود گذاری جهت ثبت فعالیت عضله

1. Maximum voluntary isometric contraction
2. Linear envelope
3. Full rectify

جدول ۱. اطلاعات دموگرافیک شرکت‌کنندگان

| جرم (کیلوگرم) | قد (سانتی‌متر) | سن (سال) | BMI($kg/m^2$) |
|---|---|---|---|
| ۶۸/۱۵±۲/۲۴ | ۱۷۷/۱۲±۱/۲ | ۲۵/۱۶±۱/۱۴ | ۲۲/۱±۱/۱۵ |

جدول ۲. نتایج مقایسه فعالیت عضلات در دو مرحله تماس پا و پیشروی، حین دویدن پابرهنه و با کفش پنجانگشتی

| | مرحله | پابرهنه | کفش پنجانگشتی | t | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| عضله ساقی-قدامی | تماس پا | ۰/۶۹±۰/۱۸ | ۰/۹۳±۰/۱۸ | ۴/۱۴ | ۰/۰۰۱ |
| | پیشروی | ۰/۴۶±۰/۱۶ | ۰/۴۹±۰/۲۱ | ۰/۵۴ | ۰/۵۹۶ |
| عضله نعلی | تماس پا | ۰/۵۰±۰/۱۰ | ۰/۵۲±۰/۳۰ | ۰/۲۳ | ۰/۸۲۲ |
| | پیشروی | ۰/۸۲±۰/۱۳ | ۰/۸۵±۰/۰۹ | ۳/۶۵ | ۰/۰۰۲ |
| عضله دوقلو جانبی | تماس پا | ۰/۴۸±۰/۱۸ | ۰/۵۰±۰/۱۵ | ۰/۳۳ | ۰/۷۴۴ |
| | پیشروی | ۰/۶۹±۰/۱۶ | ۰/۷۳±۰/۱۶ | ۰/۸۴ | ۰/۴۱۴ |
| عضله دوقلو میانی | تماس پا | ۰/۴۲±۰/۱۷ | ۰/۴۹±۰/۱۳ | ۱/۲۳ | ۰/۲۳۶ |
| | پیشروی | ۰/۶۸±۰/۲۱ | ۰/۸۳±۰/۱۱ | ۲/۹۴ | ۰/۰۱ |

## بحث

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر کفش پنجانگشتی بر فعالیت عضلات مؤثر بر مچ پا و مقایسه با وضعیت پابرهنه انجام گردید. تحقیقات در زمینه دویدن و بیومکانیک پا نشان داده است که نوع کفش می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی بر فعالیت عضلات و الگوی دویدن تأثیر بگذارد. کفش‌های پنجانگشتی که به‌عنوان نوعی کفش مینیمالیستی شناخته می‌شوند، طراحی شده‌اند تا حسی نزدیک به دویدن پابرهنه را فراهم کنند. در این مطالعه، فعالیت عضلات نعلی، ساقی قدامی، دوقلوی داخلی و دوقلوی خارجی در دو وضعیت پابرهنه و کفش پنجانگشتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که فعالیت عضلات در این دو وضعیت اغلب مشابه است، اما افزایش معنی‌دار فقط در فعالیت عضله ساقی قدامی در لحظه تماس پا و عضله نعلی و دوقلو میانی در فاز پیشروی هنگام پوشیدن کفش پنجانگشتی مشاهده شد.

در لحظه تماس پا، فعالیت عضله ساقی-قدامی در وضعیت کفش پنجانگشتی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این افزایش ممکن است به تغییر در الگوی ضربه‌گیری و مکانیک پا مرتبط باشد. در وضعیت پابرهنه، پا تمایل دارد تا با قسمت میانی یا جلویی به زمین برخورد کند که منجر به کاهش زاویه دورسی‌فلکشن و نیاز به فعالیت کمتر عضله ساقی-قدامی می‌گردد؛ اما در وضعیت پوشش با کفش پنجانگشتی، تماس اولیه ممکن است بیشتر به سمت پاشنه تمایل داشته باشد که منجر به افزایش فعالیت عضله ساقی قدامی می‌شود (۲۱). لیبرمن و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که دویدن پابرهنه الگوی تماس پا را تغییر داده و منجر به کاهش نیروهای ضربه‌ای می‌شود که نیاز به فعالیت کمتر عضله ساقی قدامی دارد (۲۲). درحالی‌که دویدن با کفش‌های مینیمالیستی مانند کفش پنجانگشتی می‌تواند منجر به فعالیت عضلانی مشابهی شود، اما به دلیل طراحی خاص این کفش‌ها، ممکن است تفاوت‌های جزئی در الگوی فعالیت عضلات نسبت به وضعیت پابرهنه ایجاد شود (۲۳). همچنین عدم تجربه آزمودنی‌ها در دویدن با این کفش‌ها نیز ممکن است یکی از دلایل ایجاد اختلاف در فعالیت عضلات در وضعیت پابرهنه و کفش پنجانگشتی گردد. طبق مطالعه وانرن و

گرابر (۲۰۱۷) انتقال به کفش‌های مینیمالیستی نیاز به تطبیق و در نتیجه تغییر در فعالیت عضلات دارد. این مطالعه تأکید می‌کند که استفاده از کفش‌های مینیمالیستی با تأثیر بر عضلات می‌تواند به‌تدریج منجر به تقویت عضلات پا و بهبود عملکرد دویدن شود (۲۴).

افزایش معنی‌دار در فعالیت عضلات نعلی و دوقلو میانی در فاز پیشروی در وضعیت کفش پنجانگشتی نسبت به وضعیت پابرهنه نیز مشاهده شد. مطالعات اسکادرون و گالوزی (۲۰۰۹) نشان داده‌اند که دویدن با کفش‌های مینیمالیستی می‌تواند الگوی و شدت فعالیت عضلات پا را تغییر دهد (۲۵)، همچنین، برخی پژوهش‌ها نیز گزارش کرده‌اند که استفاده از کفش‌های مینیمالیستی می‌تواند منجر به افزایش فشار و فعالیت بیشتر عضلات پا شود که برای سازگاری و تقویت عضلات در درازمدت مفید است (۸, ۲۶, ۲۷).

## نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که فعالیت عضلات در وضعیت پابرهنه و کفش پنجانگشتی اغلب مشابه است، اما افزایش معنی‌داری در فعالیت عضله ساقی قدامی در لحظه تماس پا و عضلات نعلی و دوقلو میانی در فاز پیشروی هنگام پوشیدن کفش پنجانگشتی مشاهده می‌شود. این نتایج ممکن است تحت تأثیر افزایش دورسی‌فلکشن مچ پا به علت برخورد با پاشنه در هنگام پوشیدن کفش نسبت به دویدن پابرهنه ایجاد شود و یا به دلیل عدم تجربه آزمودنی‌ها در استفاده از کفش پنجانگشتی باشد که منجر به افزایش شدت انقباض برخی عضلات مؤثر بر مچ پا گردید است. تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌تواند به درک بهتری از تأثیر این کفش‌ها بر عملکرد و پیشگیری از آسیب‌ها کمک کند. این یافته‌ها می‌توانند برای مربیان ورزشی، پزشکان و علاقه‌مندان به دویدن مفید باشند تا بهترین روش‌ها را برای بهبود عملکرد و پیشگیری از آسیب‌ها انتخاب کنند.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

تمامی اصول اخلاقی در این پژوهش رعایت شده است. همه شرکت‌کنندگان با رضایت کامل در مطالعه شرکت کردند و به آن‌ها اطمینان داده شد که تمام اطلاعات مربوط به آن‌ها محرمانه باقی خواهد ماند.

### حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

### مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش همه بخش‌های پژوهش حاضر مشارکت داشته‌اند.

### تعارض

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

## Reference

1. Kelly LA, Lichtwark GA, Farris DJ, Cresswell A. Shoes alter the spring-like function of the human foot during running. Journal of The Royal Society Interface. 2016;13(119):20160174. [DOI:10.1098/rsif.2016.0174] [PMID]

2. Hirschmüller A, Baur H, Müller S, Helwig P, Dickhuth H-H, Mayer F. Clinical effectiveness of customised sport shoe orthoses for overuse injuries in runners: a randomised controlled study. British Journal of Sports Medicine. 2011;45(12):959-65. [DOI:10.1136/bjsm.2008.055830] [PMID]

3. García-Arrabé M, García-Fernandez P, Díaz-Arribas MJ, López-Marcos JJ, González-de-la-Flor Á, Estrada-Barranco C, et al. Electromyographic activity of the pelvic floor muscles and internal oblique muscles in women during running with traditional and minimalist shoes: a cross-over clinical trial. Sensors. 2023;23(14):6496. [DOI:10.3390/s23146496] [PMID]

4. Azevedo APdS, Mezêncio B, Amadio AC, Serrao JC. 16 weeks of progressive barefoot running training changes impact force and muscle activation in habitual shod runners. PloS one. 2016;11(12):e0167234. [DOI:10.1371/journal.pone.0167234] [PMID]

5. Gillinov SM, Laux S, Kuivila T, Hass D, Joy SM. Effect of minimalist footwear on running efficiency: A randomized crossover trial. Sports health. 2015;7(3):256-60. [DOI:10.1177/1941738115571093] [PMID]

6. Davis IS, Rice HM, Wearing SC. Why forefoot striking in minimal shoes might positively change the course of running injuries. Journal of sport and health science. 2017;6(2):154-61. [DOI:10.1016/j.jshs.2017.03.013] [PMID]

7. Davis IS. The re-emergence of the minimal running shoe. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2014;44(10):775-84. [DOI:10.2519/jospt.2014.5521] [PMID]

8. Campitelli NA, Spencer SA, Bernhard K, Heard K, Kidon A. Effect of Vibram FiveFingers minimalist shoes on the abductor hallucis muscle. Journal of the American Podiatric Medical Association. 2016;106(5):344-51. [DOI:10.7547/14-084] [PMID]

9. Hoseini SZ, Eslami M. Effect of Five-Finger Shoes on Vertical Ground Reaction Force Loading Rates and Perceived Comfort during the Stance Phase of the Running. Journal of Sport Biomechanics. 2016;2(1):37-47.

10. Hannigan J, Pollard CD. Differences in running biomechanics between a maximal, traditional, and minimal running shoe. Journal of science and medicine in sport. 2020;23(1):15-9. [DOI:10.1016/j.jsams.2019.08.008] [PMID]

11. Becker J, Borgia B. Kinematics and muscle activity when running in partial minimalist, traditional, and maximalist shoes. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2020;50:102379. [DOI:10.1016/j.jelekin.2019.102379] [PMID]

12. Burden S, Maulder P. A biomechanical comparison of the foot strike between running in Vibram Fivefingers® shoes and barefoot/Leah Hutching: Wintec, Hamilton, New Zealand; 2013.

13. Smith BS, Burton B, Johnson D, Kendrick S, Meyer E, Yuan W. Effects of wearing athletic shoes, five-toed shoes, and standing barefoot on balance performance in young adults. International journal of sports physical therapy. 2015;10(1):69.

14. Sinclair J, Hobbs S, Currigan G, Taylor P. A comparison of several barefoot inspired footwear models in relation to barefoot and conventional running footwear. Comparative Exercise Physiology. 2013;9(1):13-21. [DOI:10.3920/CEP13004]

15. Hajiloo B, Anbarian M, Esmaeili H, Mirzapour M. The effects of fatigue on synergy of selected lower limb muscles during running. Journal of Biomechanics. 2020;103:109692. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2020.109692] [PMID]

16. Sepehrian M, Anbarian M, Khotanlou H, Hajilou B. Effects of Cycling-induced Fatigue on Lower Extremity Muscles Synergy in Novice Triathletes. Journal of Advanced Sport Technology. 2022;6(1):103-12.

17. Stegeman D, Hermens H. Standards for surface electromyography: The European project Surface EMG for non-invasive assessment of muscles (SENIAM). Enschede: Roessingh Research and Development. 2007;10:8-12.

18. Schorderet C, Hilfiker R, Allet L. The role of the dominant leg while assessing balance performance. A systematic review and meta-analysis. Gait & posture. 2021;84:66-78. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2020.11.008] [PMID]

19. Alvim F, Cerqueira L, Netto ADA, Leite G, Muniz A. Comparison of five kinematic-based identification methods of foot contact events during treadmill walking and running at different speeds. Journal of applied biomechanics. 2015;31(5):383-8. [DOI:10.1123/jab.2014-0178] [PMID]

20. Winter D. Human balance and posture control during standing and walking. J Neurophysiol. 1998;80:1211. [DOI:10.1152/jn.1998.80.3.1211] [PMID]

21. Beierle R, Burton P, Smith H, Smith M, Ives SJ. The effect of barefoot running on EMG activity in the gastrocnemius and tibialis anterior in active college-aged females. International journal of exercise science. 2019;12(1):1110. [DOI:10.70252/LNVL7215] [PMID]

22. Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA, Daoud AI, D'andrea S, Davis IS, et al. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. Nature. 2010;463(7280):531-5. [DOI:10.1038/nature08723] [PMID]

23. Divert C, Mornieux G, Freychat P, Baly L, Mayer F, Belli A. Barefoot-shod running differences: shoe or mass effect? International journal of sports medicine. 2008;29(06):512-8. [DOI:10.1055/s-2007-989233] [PMID]

24. Warne JP, Gruber AH. Transitioning to minimal footwear: a systematic review of methods and future clinical recommendations. Sports medicine-open. 2017;3:1-21. [DOI:10.1186/s40798-017-0096-x] [PMID]

25. Squadrone R, Gallozzi C. Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. Journal of sports medicine and physical fitness. 2009;49(1):6.

26. Hoitz F, Vienneau J, Nigg BM. Influence of running shoes on muscle activity. PloS one. 2020;15(10):e0239852. [DOI:10.1371/journal.pone.0239852] [PMID]

27. Johnson A, Myrer J, Mitchell U, Hunter I, Ridge S. The effects of a transition to minimalist shoe running on intrinsic foot muscle size. International journal of sports medicine. 2016;37(02):154-8. [DOI:10.1055/s-0036-1585483]