Journal of
Sport Biomechanics

Summer 2021. Vol 7. Issue 2

Research Paper

Comparison of Plantar Force, Pressure and Impulse During Walking in Men and Women With Flat Feet

Negin Soltani[1], ***Ali Jalalvand**[1], **Mohammad Reza Jahani**[1]

1. Department of Physical Education, Faculty of Humanities, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Soltani N, Jalalvand A, Jahani MR. [Comparison of Plantar Force, Pressure and Impulse During Walking in Men and Women With Flat Feet (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2021; 7(1):94-107. https://doi.org/10.32598/biomechanics.7.2.2

https://doi.org/10.32598/biomechanics.7.2.2

CC BY NC

Article Info:

Received: 23 Jun 2021

Accepted: 26 Jun 2021

Available Online: 01 Sep 2021

Keywords:
Plantar pressure distribution, Flat feet, Walking

ABSTRACT

Objective This study aims to compare the variables of plantar force, pressure and impulse during walking in men and women with flat feet.

Methods The study population consists of non-athlete students with and without flat feet. Of these, 48 (male and female) were selected as study samples. The peak pressure, force and impulse on the foot were measured during walking by a foot scanner at a sampling frequency of 253 Hz. Shapiro-Wilks test was used to examine the normality of data distribution, and data analysis was performed using MANOVA in SPSS software, considering the significance level at P<0.05.

Results Men with flat feet had more peak plantar pressure and force in the midfoot than healthy men, and more peak plantar pressure on the hallux. Women with flat feet had more peak plantar pressure and force on the hallux, toes T2-T3-T4-T5, M2 metatarsal head, and midfoot than healthy women. Men with flat feet had peak plantar pressure on the M4 metatarsal head than women with flat feet. Men with flat feet had different plantar impulses in the hallux, M2 metatarsal head, and lateral heal. Women with flat feet had more plantar impulses in the hallux, toes T2-T3-T4-T5, and midfoot than healthy women. There was a significant difference between men and women with flat feet in plantar impulses in metatarsal heads M3 and M4, midfoot, and lateral and medial heels

Conclusion Different effects of gender and sole structure on the distribution of plantar pressure should be considered in the production and design of shoes, medical insoles and special sports footwear.

Extended Abstract

1. Introduction

The foot has a special structure; while providing a reliable level of support for standing, walking and moving, it bears a lot of pressure [1]. In order to stabilize and move the lower limb, the end of lower limb structures including the joints, ligaments, and muscles of the ankle and foot, are designed in such a way that can be able to bear the body weight with the least amount of energy while standing [2]. Foot deformity is one of the most common causes of pain, fatigue and dysfunction [4]. Flat foot is one of the most common foot deformities in the foot, which refers to loss of the medial longitudinal arch of the foot, and varies depending on the severity and amount of medial longitudinal arch loss.

One area that has recently attracted the attention of many researchers in the field of medicine and sports is the analysis of the distribution of plantar pressure. Measuring the plantar pressure distribution is one of the common methods

* *Corresponding Author:*
Ali Jalalvand, PhD.
Address: Department of Physical Education and Sport Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.
Tel: +98 (918) 9513172
E-mail: jalalvand_ali@yahoo.com

Table 1. Comparing peak plantar pressure between men and women with and without flat feet

Peak Plantar Pressure	Mean±SD				Sig.*	Sig.**	Sig.***	Sig.****
	Men		Women					
	Flat Feet	Normal Feet	Flat Feet	Normal Feet				
Hallux	4.82±4.02	9.00±4.79	5.80±0.89	8.70±6.52	0.020	0.033	0.884	0.855.0
Toe T2-T3-T4-T5	2.70±1.66	3.68±1.70	2.38±1.63	4.13±1.91	0.120	0.032	0.842	0.444
M1	5.50±2.99	6.72±3.02	4.99±0.97	6.24±3.72	0.263	0.227	0.640	0.638
M2	8.79±4.75	11.25±4.89	7.29±1.98	10.94±4.61	0.121	0.048	0.590	0.833
M3	15.59±11.98	19.42±8.02	11.08±2.57	14.61±4.75	0.171	0.185	0.113	0.068
M4	15.68±14.17	15.78±5.29	12.65±3.05	9.62±5.85	0.974	0.297	0.327	0.033
M5	9.32±9.18	7.97±3.73	7.75±2.19	6.13±5.72	0.475	0.429	0.470	0.407
Midfoot	4.24±1.77	5.65±1.25	3.98±0.69	5.97±2.18	0.038	0.001	0.673	0.483
Medial heel	8.62±4.15	9.11±3.91	01.65±5.18	8.24±3.20	0.735	0.085	0.171	0.521
Lateral heal	9.82±5.36	8.96±2.37	9.06±1.81	8.69±4.34	0.433	0.787	0.602	0.997

Journal of
Sport Biomechanics

*Comparison between men with and without flat feet; **Comparison between women with and without flat feet; ***Comparison between men and women with normal feet; ****Comparison between men and women with flat feet.

that, while identifying the structural deformities of the foot, examines the performance of the foot in static and dynamic conditions, including walking [6]. Improper distribution of forces can cause abnormal movements and excessive stress and damage the tissues and muscles of the foot [8]. Center of pressure and peak pressure in different plantar areas are major factors in gait studies [9]. Foot plantar pressure analysis has opened up a new perspective on lower limb pathology. Many researchers have used the peak pressure on the foot sole in the stance phase of gait to find the causes of lower limb pain and injury [10]. In people with flat feet, due to the disturbance of the normal body alignment caused by the loss of arch, the amount and direction of the forces applied to the foot may change in different gait phases. Due to the fact that the foot is one of the most important parts of the body while walking, it has three functions: force absorption, ground contact, and transfer of propulsive forces [11]. Measuring the amount of force while walking has recently become a criterion for identifying or classifying people based on the pattern of their use of forces during walking [12]. Other kinetic parameter that is used to identify risk factors is the area under the reaction force curve (Impulse) [13]. Due to scant research on the comparison of plantar pressure variables such as force, pressure and impulse among men and women with flat feet, this study aims to compare the parameters of foot plantar pressure (ground reaction force, plantar pressure and impulse) in young people with flat feet while walking.

2. Methods

The study population consisted of non-athlete students with flat feet and normal feet. Of these, 48 were selected using a convenience sampling method. The peak plantar pressure, peak plantar force and impulse applied to the sole during walking were measured by a foot scanner at a sampling frequency of 253 Hz. Shapiro-Wilks test was used to examine the normality of data distribution, and data analysis was performed using MANOVA in SPSS software, considering the significance level at $P<0.05$.

3. Results

Men with flat feet had more peak plantar pressure and force in the midfoot than healthy men, and more peak plantar pressure on the hallux. Women with flat feet had more peak plantar pressure and force on the hallux, toes T2-T3-T4-T5, M2 metatarsal head, and midfoot than healthy women. Men with flat feet had peak plantar pressure on the M4 metatarsal head than women with flat feet (Table 1). Men with flat feet had different plantar impulses in the hallux, M2 metatarsal head, and lateral heal. Women with flat feet had more plantar impulses in the hallux, toes T2-

T3-T4-T5, and midfoot than healthy women. There was a significant difference between men and women with flat feet in plantar impulses in metatarsal heads M3 and M4, midfoot, and lateral and medial heels

4. Discussion and Conclusion

Different effects of gender and sole structure on the distribution of plantar pressure should be considered in the production and design of shoes, medical insoles and special sports footwear.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of Hamadan University of Medical Scieneces (Code: IR.UMSHA.REC.1398.256). All ethical principles are considered in this article. The participants were informed about the purpose of the research and its implementation stages. They were also assured about the confidentiality of their information. They were free to leave the study whenever they wished, and if desired, the research results would be available to them.

Funding

The paper was extracted from the MA. dissertation of the first author at the Department of Physical Education, Faculty of Humanities, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan.

Authors' contributions

Conceptualization: Ali Jalalvand; Research: Ali Jalalvand, Negin Soltani; Editing and finalizing: All authors.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

مقایسه متغیرهای نیرو، فشار و ایمپالس کف پایی در مردان و زنان مبتلا به کف پای صاف هنگام راه رفتن

نگین سلطانی[۱]، *علی جلالوند[۱]، محمدرضا جهانی[۱]

۱. گروه تربیت‌بدنی، دانشکده علوم انسانی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

اطلاعات مقاله:
تاریخ دریافت: ۰۲ تیر ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۰۵ تیر ۱۴۰۰
تاریخ انتشار: ۱۰ شهریور ۱۴۰۰

کلیدواژه‌ها:
فشار کف پایی، مردان و زنان، کف پای صاف، راه رفتن

چکیده

هدف هدف از این تحقیق مقایسه متغیرهای نیرو، فشار و ایمپالس کف پایی در مردان و زنان مبتلا به کف پای صاف هنگام راه رفتن است.

روش‌ها جامعه آماری این تحقیق را دانشجویان غیرورزشکار مبتلا به کف پای صاف و سالم تشکیل می‌دادند. ۴۸ آزمودنی مرد و زن به صورت در دسترس به‌منزله نمونه‌های پژوهش انتخاب شدند. حداکثر فشار کف پایی، حداکثر نیروی کف پایی و ایمپالس واردشده بر کف پای آزمودنی‌ها هنگام راه رفتن با فرکانس نمونه‌برداری ۲۵۳ هرتز با دستگاه فوت اسکن اندازه‌گیری شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره یا مانووا در نرم‌افزار SPSS صورت گرفت ($P\geq ۰/۰۵$).

یافته‌ها مردان با کف پای صاف در مقایسه با مردان سالم حداکثر فشار و نیروی کف پایی بیشتری در ناحیه میانی پا و حداکثر فشار کف پایی بیشتری در انگشت شست پا دارند. زنان با کف پای صاف در مقایسه با زنان سالم حداکثر فشار و نیروی کف پایی بیشتری در ناحیه انگشت شست پا، انگشتان دوم تا پنجم، متاتارسال دوم و میانی پا دارند. مردان کف پای صاف حداکثر فشار کف پایی بیشتری در متاتارسال چهارم در مقایسه با زنان کف پای صاف دارند. مردان کف پای صاف ایمپالس کف پایی متفاوتی در ناحیه انگشت شست پا، متاتارسال دوم و خارج پاشنه دارند. زنان کف پای صاف در مقایسه با زنان سالم دارای ایمپالس کف پایی بیشتری در انگشت شست پا، انگشتان دوم تا پنجم و میانی پا هستند. اختلاف معناداری بین زنان و مردان مبتلا به کف پای صاف در ایمپالس کف پایی متاتارسال سوم و چهارم، میانی پا، داخل و خارج پاشنه وجود داشت.

نتیجه‌گیری با توجه به نتایج این مطالعه در مقایسه متغیرهای فشار کف پا بین دو جنس با ساختارهای متفاوت پا این‌گونه به نظر می‌رسد که اثرات متفاوت جنسیتی و ساختار کف پا روی توزیع فشار کف پایی در تولید و طراحی کفش، کفی طبی و پاپوش‌های ورزشی اختصاصی بایستی مدنظر قرار گیرد.

مقدمه

پا دارای ساختار ویژه‌ای است که ضمن فراهم کردن سطح اتکای مطمئن برای ایستادن، راه رفتن و حرکات انتقالی فشارهای زیاد واردشده به پا را متحمل می‌شود [۱]. برای ایجاد ثبات و حرکت در بخش اندام تحتانی، ساختارهای انتهایی اندام تحتانی که شامل مفاصل، لیگامان‌ها و عضلات مچ پا و پا است، طوری طراحی شده‌اند که در حالت ایستاده می‌توانند وزن بدن را با حداقل میزان انرژی تحمل کنند [۲].

هنگام راه رفتن پا با مفصل تحت قاپی با سطح زمین سازگاری برقرار کرده و در حفظ تعادل به فرد کمک می‌کند [۳]. ناهنجاری کف پا یکی از عوامل شایع در ایجاد درد، خستگی و اختلال عملکرد هستند [۴].

کف پای صاف یکی از ناهنجاری‌های ساختاری شایع در کف پا است که به کاهش ارتفاع قوس طولی داخلی اطلاق می‌شود و بر اساس میزان شدت و ضعف تغییر شکل، میزان کاهش ارتفاع قوس طولی داخلی متفاوت است. یکی از دلایل این تغییر شکل کوتاهی عضله نازک نی طویل، کشیده شدن عضلات درشت نی قدامی و درشت نی خلفی است [۵].

یکی از حوزه‌هایی که اخیراً توجه بسیاری از محققان را در

* **نویسنده مسئول:**
دکتر علی جلالوند
نشانی: همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، دانشکده علوم انسانی، گروه تربیت‌بدنی.
تلفن: ۹۵۱۳۱۷۲ (۹۱۸) ۹۸+
پست الکترونیکی: jalalvand_ali@yahoo.com

برنامه‌های کاربردی مربوط به پزشکی و ورزشی به خود جلب کرده، تجزیه و تحلیل توزیع فشار کف پا است. یکی از روش‌های متداول و جدید اندازه‌گیری توزیع فشار کف پا است که ضمن مشخص کردن بدشکلی‌های ساختاری پا، عملکرد پا را در شرایط ایستا و پویا به خصوص هنگام راه رفتن به صورت کمّی بررسی می‌کند [۶].

توزیع نامناسب نیروهای کف پایی سبب ظهور حرکات غیرطبیعی و اعمال استرس در ساختارهای اندام تحتانی شده و در بروز اختلال در عملکرد عضلات مؤثر است [۷]. توزیع نامناسب نیروها سبب ایجاد حرکات غیرطبیعی و اعمال استرس زیاد شده و آسیب بافت و عضلات پا را به دنبال خواهد داشت [۸]. مرکز فشار[1] و توزیع حداکثر فشار[2] در نواحی گوناگون کف پا در بررسی‌های مربوط به راه رفتن از فاکتورهای اصلی است که به آن توجه می‌شود [۹].

تجزیه و تحلیل فشار کف پایی، دیدگاه جدیدی در آسیب‌شناسی اندام تحتانی ایجاد کرده است، به طوری که محققان بسیاری از حداکثر فشار واردشده بر سطح زیر پا در مرحله استانس راه رفتن استفاده کرده‌اند تا عوامل ایجاد درد و آسیب اندام تحتانی را مطالعه کنند [۱۰]. همچنین می‌توان گفت در افراد دارای کف پای صاف به علت برهم خوردن راستای طبیعی بدن به دنبال از بین رفتن قوس ممکن است مقدار و جهت نیروهای واردشده به پا در مراحل گوناگون راه رفتن نیز دچار تغییر شود. با توجه به اینکه هنگام راه رفتن، پا یکی از بخش‌های مهم بدن محسوب می‌شود، سه عملکرد جذب نیرو[3]، برخورد پا با زمین و انتقال نیروهای جلوبرنده را بر عهده دارد [۱۱].

اندازه‌گیری مقدار نیرو هنگام راه رفتن به تازگی معیاری برای شناسایی یا طبقه‌بندی افراد بر اساس الگوی استفاده آن‌ها از نیروها در طول زمان راه رفتن مد نظر قرار گرفته است [۱۲]. از دیگر پارامترهای کینتیکی که در بیشتر مطالعات برای شناسایی فاکتورهای خطر ارزیابی می‌شوند، می‌توان به سطح زیر منحنی نیروهای عکس‌العمل (ایمپالس) نیز اشاره کرد [۱۳].

حال با توجه به تحقیقات محدودی که در خصوص بررسی مقایسه متغیرهای فشار کف پایی از قبیل نیرو، فشار و ایمپالس در میان مردان و زنان دارای کف پای صاف وجود دارد، این تحقیق به مقایسه پارامترهای فشار کف پایی (نیروی عکس‌العمل زمین، فشار کف پایی و ایمپالس) در مردان و زنان دارای کف پای صاف هنگام راه رفتن می‌پردازد.

1. Center of Pressure
2. Peak Pressure
3. Force

روش‌شناسی

در این مطالعه توصیفی مقایسه‌ای جامعه آماری شامل دانشجویان غیرورزشکار مبتلا به کف پای صاف و سالم دانشگاه آزاد همدان بود. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی پاور با توان آماری ۰/۸، اندازه اثر ۰/۸ و سطح آلفا ۰/۰۵، تعداد دوازده نفر برای هر گروه برآورد شد [۱۴].

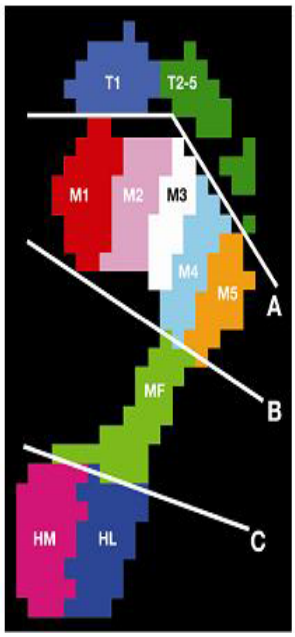
شرکت‌کنندگان در دسترس که شرایط ورود به مطالعه را دارا و حاضر به شرکت در مطالعه بودند (پر کردن رضایت‌نامه) انتخاب شدند. افراد و آزمودنی‌ها از لحاظ جسمی سالم بوده و فقط در قسمت پا تفاوت ساختاری دارند. تمام نمونه‌ها فرم رضایت‌نامه کتبی شرکت در مطالعه را تکمیل و امضا کردند. نداشتن سابقه جراحی، شکستگی، سوختگی، مشکلات عصبی عضلانی، آسیب یا ضربات جدی در اندام تحتانی و استفاده نکردن از اندام مصنوعی در ران، زانو و مچ پا، نداشتن سابقه استفاده از هر نوع کفی طبی یا کفش طبی و نداشتن دیابت و بیماری‌های مربوط به اعصاب پیرامونی از شرایط عمومی آزمودنی‌ها بود.

آزمودنی‌ها بر اساس میزان شاخص نرمالایزشده ناوی به دو گروه سالم و کف پای صاف تقسیم شدند. این شاخص تعیین‌کننده ارتفاع استخوان ناوی نسبت به طول محور بریده‌شده پا است. در این روش تعریف ارتفاع ناوی برابر است با فاصله سطح تماس پا با زمین تا برجستگی استخوان ناوی و تعریف طول محور بریده‌شده پا برابر است با فاصله عمودی بین اولین مفصل کف پایی انگشتی تا خلفی‌ترین بخش پاشنه؛ با تقسیم ارتفاع ناوی بر طول محور بریده‌شده پا یک شاخص به دست می‌آید. در این مورد برای شاخص به‌دست‌آمده مقیاسی تعیین شده است که بر اساس آن اعداد بین ۰/۲۴ تا ۰/۳۰ دارای پای نرمال هستند. هر چقدر میزان این نسبت کمتر باشد (NNHt≥۰/۲۴) کف پای شخص صاف‌تر است و هرچه میزان این نسبت بیشتر باشد (NNHt≤۰/۳۰) کف پای شخص گودتر است [۱۵].

در این پژوهش پای برتر (پای غالب هر فرد) بررسی شده است. برای اندازه‌گیری متغیرهای مربوط به فشار کف پایی و بارگیری مناطق ده‌گانه پا از دستگاه فوت اسکن (Foot Scan; Foot Pressure) استفاده شد. فرکانس نمونه‌برداری این دستگاه ۲۵۳ هرتز در نظر گرفته شد. ابعاد این دستگاه ۱۲ میلی‌متر × ۴۱۸ میلی‌متر × ۱۰۶۸ میلی‌متر است که در مساحت اشغال‌شده خود تعداد ۸۱۹۲ سنسور دارد؛ ابعاد هر سنسور ۵/۰۸ میلی‌متر × ۷/۶۲ میلی‌متر و نوع سنسورهای به‌کاررفته در این دستگاه از نوع مقاومتی[4] است.

نواحی ده‌گانه پا شامل انگشت شست[5]، انگشت‌های دوم تا

4. Resistive
5. Hallux



تصویر ۱. فشارهای واردشده بر پا و تقسیم‌بندی مناطق ده‌گانه کف پا

مجله بیومکانیک ورزشی

پنجم (T2-T3-T4-T5)، متاتارسال‌های اول تا پنجم (M1-M2-M3-M4-M5)، پای میانی[6] و درنهایت پاشنه‌های داخلی و خارجی (HL,HM) است. آزمودنی‌ها با پای برهنه و لباس ورزشی در این آزمایش شرکت کردند. برای آشنایی بیشتر آزمودنی‌ها با مسیر انتخاب‌شده برای راه رفتن، با سرعت معمولی و نرمال مسیر و فاصله ده‌متری را طی کردند. برای انجام این فرایند یک نقطه قرمزرنگ را روی دیوار قرار دادیم و از آزمودنی‌ها خواستیم که هنگام راه رفتن به روبه‌رو، یعنی همان نقطه قرمزرنگ نگاه کنند و به فوت اسکن توجه نکنند تا بتوانند به صورت طبیعی و نرمال گام بردارند (تصویر شماره ۱).

در این پژوهش سرعت راه رفتن کنترل نشد، دلیل این امر این بود که ممکن بود تجویز سرعت به تغییر الگوهای فشار آزمودنی‌ها کمک کند و این مورد از الگوی راه رفتن و گام‌برداری آزمودنی‌ها به صورت طبیعی جلوگیری می‌کرد. حتی از مترونوم هم برای کنترل سرعت استفاده نشد، زیرا راه رفتن به صورت غیرطبیعی درمی‌آمد. به همین علت از همه آزمودنی‌ها خواسته شده که با سرعت معمولی، همیشگی و طبیعی خود گام بردارند. زمانی که آزمودنی‌ها مسیر را طی می‌کردند باید حتماً بعد از گذراندن قدم‌های خود روی فوت اسکن تا آخر راهروی تعیین شده راه می‌رفتند. اگر هنگام گام‌برداری زمانی که آزمودنی‌ها به روبه‌رو نگاه می‌کردند، تعادل‌شان به هم می‌خورد، از نوع دیگر راه رفتن استفاده می‌شد و از آن‌ها خواسته می‌شد که تقریباً دو گام مانده به دستگاه به فوت اسکن نگاه کنند تا دقیقاً پاهایشان روی دستگاه فوت اسکن قرار بگیرد.

در این آزمایش متغیرهای حداکثر فشار، ایمپالس و حداکثر نیروی (درصد وزن بدن) وارد بر نقاط ده‌گانه پا به وسیله دستگاه فوت اسکن ثبت و با استفاده از نرم‌افزار Footscan Gait 2 Gen-eration استخراج شدند. اطلاعات وارد اکسل شدند و داده‌های

6. Midfoot

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی و شاخص افت ناوی در آزمودنی‌های مورد تحقیق

متغیر	گروه‌ها					
	مردان سالم	مردان کف پای صاف	معناداری	زنان سالم	زنان کف پای صاف	معناداری
سن (سال)	۲۴/۱۱±۳/۵۱	۲۳/۲۵±۱/۳۸	۰/۴۶۷	۲۲/۳۳±۵/۱۶	۲۴/۳۳±۲/۵۸	۰/۲۱۷
قد (سانتی‌متر)	۱۷۷/۷۷±۹/۱۶	۱۷۶/۰۰±۹/۷۱	۰/۶۲۷	۱۶۰/۶۶±۵/۱۶	۱۶۶/۶۶±۷/۲۲	۰/۲۳۲
جرم بدن (کیلوگرم)	۷۶/۲۲±۹/۴۱	۷۶/۲۵±۳/۸۰	۰/۹۹۴	۶۶/۳۳±۵/۷۵	۶۸/۶۶±۱۱/۶۷	۰/۶۳۷
شاخص افت ناوی	۰/۲۶±۰/۰۴	۰/۱۹±۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۲۷±۰/۰۴۱	۰/۲۰±۰/۰۳	۰/۰۵

مجله بیومکانیک ورزشی

جدول ۲. مقایسه حداکثر فشار کف پایی واردشده بر مناطق ده‌گانه بین مردان و زنان سالم و مبتلا به کف پای صاف

حداکثر فشار کف پا	میانگین±انحراف‌معیار				معناداری (بین مردان سالم با کف پای صاف)	معناداری (بین زنان سالم با کف پای صاف)	معناداری (بین مردان با زنان سالم)	معناداری (بین مردان با زنان کف پای صاف)
	مردان		زنان					
	کف پای صاف	سالم	کف پای صاف	سالم				
انگشت شست پا	۴/۸۲±۴/۰۲	۹/۰۰±۴/۷۹	۵/۰۸±۰/۹۸	۸/۷۰±۶/۵۲	۰/۰۲۰	۰/۰۳۳	۰/۸۸۴	۰/۸۵۵
انگشتان دوم تا پنجم	۲/۷۰±۱/۶۶	۳/۶۸±۱/۷۰	۲/۸۳±۱/۳۶	۴/۱۳±۱/۹۱	۰/۱۲۰	۰/۰۳۲	۰/۸۴۲	۰/۴۴۴
متاتارسال اول	۵/۵۰±۲/۹۹	۶/۷۲±۳/۰۲	۴/۹۹±۰/۷۹	۶/۲۴±۳/۷۲	۰/۲۶۳	۰/۲۲۷	۰/۶۴۰	۰/۶۳۸
متاتارسال دوم	۸/۷۹±۴/۷۵	۱۱/۲۵±۴/۸۹	۷/۹۲±۱/۹۸	۱۰/۹۴±۴/۶۱	۰/۱۲۱	۰/۰۴۸	۰/۵۹۰	۰/۸۳۳
متاتارسال سوم	۱۵/۵۹±۱۱/۹۸	۱۹/۴۲±۸/۰۲	۱۱/۰۸±۲/۵۷	۱۴/۶۱±۴/۷۵	۰/۱۷۱	۰/۱۸۵	۰/۱۱۳	۰/۰۶۸
متاتارسال چهارم	۱۵/۶۸±۱۴/۱۷	۱۵/۷۸±۵/۹۲	۱۲/۶۵±۳/۰۵	۹/۶۲±۵/۸۵	۰/۹۷۴	۰/۲۹۷	۰/۳۲۷	۰/۰۳۳
متاتارسال پنجم	۹/۳۲±۹/۱۸	۷/۷۹±۳/۳۷	۷/۷۵±۲/۱۹	۶/۱۳±۵/۷۲	۰/۴۷۵	۰/۴۲۹	۰/۴۷۰	۰/۴۰۷
وسط پا	۴/۲۴±۱/۷۷	۵/۵۶±۱/۵۲	۳/۹۸±۰/۶۹	۵/۹۷±۲/۱۸	۰/۰۳۸	۰/۰۰۱	۰/۶۷۳	۰/۴۸۳
داخل پاشنه	۸/۶۲±۴/۱۵	۹/۱۱±۳/۱۹	۱۰/۶۵±۵/۱۸	۸/۲۴±۳/۲۰	۰/۷۳۵	۰/۰۸۵	۰/۱۷۱	۰/۵۲۱
خارج پاشنه	۹/۸۲±۵/۲۶	۸/۶۹±۲/۷۳	۹/۰۶±۱/۸۱	۸/۶۹±۴/۲۴	۰/۴۳۳	۰/۷۸۷	۰/۶۰۲	۰/۹۹۷

مجله بیومکانیک ورزشی

جدول ۳. مقایسه حداکثر نیروی کف پایی واردشده بر مناطق ده‌گانه بین مردان و زنان سالم و مبتلا به کف پای صاف

حداکثر نیروی کف پایی	میانگین±انحراف‌معیار				معناداری (بین مردان سالم با کف پای صاف)	معناداری (بین زنان سالم با کف پای صاف)	معناداری (بین مردان با زنان سالم)	معناداری (بین مردان با زنان کف پای صاف)
	مردان		زنان					
	کف پای صاف	سالم	کف پای صاف	سالم				
انگشت شست پا	۷۸/۰۳±۶۹/۸۲	۸۷/۶۵±۴۳/۲۸	۵۸/۳۸±۱۵/۸۹	۱۲۸/۸۳±۱۰۶/۹۹	۰/۷۱۸	۰/۰۰۷	۰/۴۶۹	۰/۱۰۲
انگشتان دوم تا پنجم	۵۱/۳۸±۴۲/۹۱	۶۰/۴۵±۱۹/۹۹	۴۲/۰۶±۱۶/۶۹	۶۷/۰۰±۲۹/۵۰	۰/۴۰۰	۰/۰۱۸	۰/۳۹۶	۰/۵۱۵
متاتارسال اول	۸۴/۵۲±۶۱/۷۴	۷۹/۵۳±۴۸/۱۴	۶۵/۶۲±۱۹/۸۱	۹۱/۲۰±۶۹/۷۵	۰/۸۰۶	۰/۱۸۹	۰/۳۶۱	۰/۵۳۹
متاتارسال دوم	۱۱۰/۱۳±۶۹/۱۸	۱۲۴/۲۸±۵۸/۷۶	۷۸/۵۰±۲۱/۸۳	۱۳۶/۲۵±۶۷/۴۹	۰/۵۱۳	۰/۰۰۷	۰/۱۵۴	۰/۵۵۴
متاتارسال سوم	۱۶۲/۸۳±۱۴۱/۱۷	۱۸۸/۹۷±۱۰۹/۰۴	۹۳/۷۴±۳۰/۱۸	۱۴۹/۳۰±۶۱/۷۰	۰/۴۴۹	۰/۰۹۵	۰/۰۵۲	۰/۲۲۱
متاتارسال چهارم	۱۶۰/۶۶±۱۴۵/۴۶	۱۴۸/۷۰±۵۳/۹۴	۱۱۴/۹۷±۴۷/۰۶	۹۹/۹۰±۶۱/۱۷	۰/۷۰۳	۰/۶۱۴	۰/۱۵۵	۰/۰۹۹
متاتارسال پنجم	۸۱/۸۴±۵۷/۶۱	۸۸/۸۴±۴۶/۷۱	۸۳/۸۹±۲۴/۴۹	۷۷/۷۴±۸۰/۹۱	۰/۷۴۶	۰/۷۶۶	۰/۹۲۶	۰/۵۸۴
وسط پا	۱۷۲/۲۰±۷۹/۴۴	۲۸۰/۴۴±۱۱۶/۶۸	۱۴۸/۵۶±۴۹/۰۴	۳۱۵/۱۴±۱۴۳/۲۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰	۰/۵۵۸	۰/۳۵۱
داخل پاشنه	۱۵۰/۶۹±۸۰/۶۹	۱۵۳/۲۶±۵۴/۴۸	۱۶۸/۵۹±۸۷/۶۱	۱۳۷/۵۶±۵۹/۷۷	۰/۹۲۱	۰/۲۱۳	۰/۴۹۹	۰/۵۱۸
خارج پاشنه	۱۵۰/۴۰±۷۹/۲۶	۱۱۸/۵۴±۳۶/۴۲	۱۲۴/۴۷±۳۰/۸۳	۱۲۱/۱۳±۵۸/۱۴	۰/۱۲۰	۰/۸۶۳	۰/۲۱۱	۰/۸۹۱

مجله بیومکانیک ورزشی

اصلی برای تجزیه و تحلیل آماری به SPSS (USA) ۲۴/۰ وارد شده و محاسبه نهایی صورت گرفت. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها و امکان استفاده از آزمون‌های پارمتریک، از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آماری آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره یا مانووا در نرم‌افزار SPSS و با سطح معناداری (P≤۰/۰۵) صورت گرفت.

نتایج

مشخصات آزمودنی‌های شرکت‌کننده در این پژوهش در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. نتایج متغیرهای جمعیت‌شناختی (سن، قد و وزن) آزمودنی‌ها در جدول شماره ۱ نشان می‌دهد هیچ تفاوت معناداری بین قد، وزن و سن زنان سالم یا مبتلا و همچنین مردان سالم با مبتلا وجود ندارد (P>۰/۰۵) و فقط از نظر شاخص قوس کف پا بین آن‌ها اختلاف معناداری وجود دارد.نتایج حاصل از مقایسه حداکثر فشار کف پایی نقاط ده‌گانه در بین مردان سالم و مبتلا به عارضه کف پای صاف حاکی از آن بود که مردان مبتلا به کف پای صاف حداکثر فشار کف پایی متفاوتی در ناحیه انگشت شست پا (P=۰/۰۲۰) و ناحیه میانی پا (P=۰/۰۳۸) حس می‌کنند. مردان مبتلا به کف پای صاف در این نواحی حداکثر فشار کف پایی بیشتری را در مقایسه با مردان سالم متحمل می‌شوند.

از طرفی نتایج حاصل از مقایسه حداکثر فشار کف پایی نقاط ده‌گانه در زنان سالم و مبتلا به عارضه کف پای صاف حاکی از آن بود که زنان مبتلا به کف پای صاف حداکثر فشار کف پایی متفاوتی در ناحیه انگشت شست پا (P=۰/۰۳۳)، ناحیه انگشتان دوم تا پنجم (P=۰/۰۳۲)، ناحیه متاتارسال دوم (P=۰/۰۴۸) و میانی پا (P=۰/۰۰۱) دارند. زنان مبتلا به کف پای صاف در این نواحی حداکثر فشار کف پایی بیشتری را در مقایسه با زنان سالم متحمل می‌شوند. نتایج حاصل از بررسی اثر تفاوت جنسیت بر توزیع فشار کف پایی در نقاط ده‌گانه در مردان و زنان سالم حاکی از نبود اختلاف معنادار بین زنان و مردان سالم در حداکثر فشار کف پایی نقاط ده‌گانه بود. نتایج حاصل از بررسی اثر تفاوت جنسیتی بر توزیع فشار کف پایی در نقاط ده‌گانه در مردان و زنان مبتلا به کف پای صاف حکایت از اختلاف معنادار بین زنان و مردان مبتلا به کف پای صاف در حداکثر فشار کف پایی متاتارسال چهارم (P=۰/۰۰۴) داشت. مردان مبتلا به کف پای صاف در این ناحیه حداکثر فشار کف پایی بیشتری را در مقایسه با زنان مبتلا به کف پای صاف متحمل شده‌اند (جدول شماره ۲).

نتایج حاصل از مقایسه حداکثر نیروی کف پایی نقاط ده‌گانه در بین مردان سالم و مبتلا به عارضه کف پای صاف حاکی از آن بود که مردان مبتلا به کف پای صاف حداکثر نیروی کف پایی

جدول ۴. مقایسه ایمپالس واردشده بر مناطق ده‌گانه پا بین مردان و زنان سالم و مبتلا به کف پای صاف

ایمپالس	میانگین±انحراف‌معیار				معناداری (بین مردان سالم با کف پای صاف)	معناداری (بین زنان سالم با کف پای صاف)	معناداری (بین مردان با زنان سالم)	معناداری (بین مردان با زنان کف پای صاف)
	مردان		زنان					
	کف پای صاف	سالم	کف پای صاف	سالم				
انگشت شست پا	۱/۳۰±۱/۴۴	۲/۴۲±۱/۱۴	۱/۱۷±۰/۱۰۰	۲/۳۳±۱/۳۹	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷	۰/۷۶۹	۰/۸۱۲
انگشتان دوم تا پنجم	۰/۷۲±۰/۵۷۷	۱/۰۳±۰/۳۰۴	۰/۶۹۰±۰/۳۸۷	۱/۱۸±۰/۵۶۵	۰/۰۹۲	۰/۰۰۵	۰/۸۳۱	۰/۳۵۴
متاتارسال اول	۲/۰۰±۱/۲۰۹	۲/۴۶±۱/۱۶۱	۱/۸۸±۰/۳۱۱	۲/۱۶±۱/۱۱	۰/۲۲۲	۰/۴۴۸	۰/۷۶۸	۰/۳۹۲
متاتارسال دوم	۳/۲۲±۱/۷۶	۴/۲۷±۱/۷۲	۲/۸۵±۰/۴۰۵	۳/۷۷±۱/۳۲	۰/۰۴۷	۰/۰۶۸	۰/۴۸۹	۰/۳۰۹
متاتارسال سوم	۵/۳۶±۳/۸۴	۶/۷۸±۳/۱۹	۳/۹۰±۰/۸۹۱	۴/۳۶±۱/۳۷	۰/۱۳۵	۰/۶۱۲	۰/۱۳۲	۰/۰۰۸
متاتارسال چهارم	۵/۵۵±۴/۵۰	۵/۴۰±۲/۱۹	۴/۴۶±۱/۴۷	۳/۲۸±۱/۷۶	۰/۸۷۹	۰/۲۱۴	۰/۲۸۲	۰/۰۲۵
متاتارسال پنجم	۳/۱۶±۳/۰۹	۲/۶۷±۰/۹۴۲	۳/۲۰±۲/۱۹	۲/۰۳±۱/۶۶	۰/۵۲۶	۰/۱۱۳	۰/۹۵۹	۰/۳۷۱
وسط پا	۱/۳۸±۰/۶۸۷	۱/۵۶±۰/۵۵۸	۱/۴۳±۰/۴۴۶	۲/۲۹±۱/۰۱	۰/۵۰۰	۰/۰۰۲	۰/۸۴۷	۰/۰۰۶
داخل پاشنه	۲/۳۶±۱/۱۵	۱/۹۲±۰/۶۵۷	۳/۰۲±۱/۰۵	۲/۵۸±۱/۰۱	۰/۲۲۸	۰/۱۹۹	۰/۰۷۶	۰/۰۵۶
خارج پاشنه	۲/۵۵±۱/۴۰	۱/۵۶±۰/۳۲۸	۲/۶۸±۰/۵۳۰	۲/۴۸±۱/۱۱	۰/۰۰۷	۰/۵۵۵	۰/۷۳۴	۰/۰۰۸

متفاوتی در ناحیه میانی پا (P=۰/۰۰۸) دارند. مردان مبتلا به کف پای صاف در این ناحیه حداکثر نیروی کف پایی بیشتری را در مقایسه با مردان سالم متحمل می‌شوند. از طرفی نتایج حاصل از مقایسه حداکثر نیروی کف پایی نقاط ده‌گانه در زنان سالم و مبتلا به عارضه کف پای صاف حاکی از آن بود که زنان مبتلا به کف پای صاف حداکثر نیروی کف پایی متفاوتی در ناحیه انگشت شست پا (P=۰/۰۰۷)، ناحیه انگشتان دوم تا پنجم (P=۰/۰۱۸)، ناحیه متاتارسال دوم (P=۰/۰۰۷) و میانی پا (P=۰/۰۰۰) دارند. زنان مبتلا به کف پای صاف در این نواحی حداکثر نیروی کف پایی بیشتری را در مقایسه با زنان سالم متحمل می‌شوند.

نتایج حاصل از بررسی اثر تفاوت جنسیت بر حداکثر نیروی کف پایی در نقاط ده‌گانه در مردان و زنان سالم حاکی از تمایل به معناداری حداکثر نیروی کف پایی در ناحیه متاتارسال سوم (P=۰/۰۵۲) بین زنان و مردان سالم داشت. مردان در این ناحیه حداکثر نیروی کف پایی بیشتری را در مقایسه با زنان متحمل شده‌اند (جدول شماره ۳).

نتایج حاصل از بررسی اثر تفاوت جنسیتی بر حداکثر نیروی کف پایی در نقاط ده‌گانه در مردان و زنان مبتلا به کف پای صاف حاکی از عدم اختلاف معنادار بین زنان و مردان مبتلا به کف پای صاف در حداکثر نیروی کف پایی نقاط ده‌گانه بود.

نتایج حاصل از مقایسه ایمپالس کف پایی نقاط ده‌گانه در بین مردان سالم و مبتلا به عارضه کف پای صاف حاکی از آن بود که مردان مبتلا به کف پای صاف ایمپالس کف پایی متفاوتی در ناحیه انگشت شست پا (P=۰/۰۱۲)، ناحیه متاتارسال دوم (P=۰/۰۴۷) و ناحیه خارج پاشنه (P=۰/۰۰۷) داشتند. مردان مبتلا به کف پای صاف در مقایسه با مردان سالم در نواحی انگشت شست پا و ناحیه متاتارسال دوم ایمپالس کف پایی بیشتر ولیکن در ناحیه خارج پاشنه ایمپالس کف پایی کمتری داشتند.

از طرفی نتایج حاصل از مقایسه ایمپالس کف پایی نقاط ده‌گانه در زنان سالم و مبتلا به عارضه کف پای صاف حاکی از آن بود که زنان مبتلا به کف پای صاف ایمپالس کف پایی متفاوتی در ناحیه انگشت شست پا (P=۰/۰۰۷)، ناحیه انگشتان دوم تا پنجم (P=۰/۰۰۵) و ناحیه میانی پا (P=۰/۰۰۲) داشتند. زنان مبتلا به کف پای صاف در این نواحی ایمپالس کف پایی بیشتری را در مقایسه با زنان سالم متحمل می‌شوند.

نتایج حاصل از بررسی اثر تفاوت جنسیت بر ایمپالس کف پایی در نقاط ده‌گانه در مردان و زنان سالم حاکی از وجود نداشتن اختلاف معنادار بین زنان و مردان سالم در ایمپالس کف پایی نقاط ده‌گانه بود. نتایج حاصل از بررسی اثر تفاوت جنسیتی بر ایمپالس کف پایی در نقاط ده‌گانه در مردان و زنان مبتلا به کف پای صاف حاکی از اختلاف معنادار بین زنان و مردان مبتلا به کف پای صاف در ایمپالس کف پایی متاتارسال سوم (P=۰/۰۰۸)، متاتارسال چهارم (P=۰/۰۲۵)، ناحیه میانی پا (P=۰/۰۰۶)، ناحیه داخل پاشنه (P=۰/۰۵۶) و ناحیه خارج پاشنه (P=۰/۰۰۸) داشت. مردان مبتلا به کف پای صاف در نواحی متاتارسال سوم، متاتارسال چهارم و ناحیه میانی پا ایمپالس کف پایی بیشتر، ولی در نواحی پاشنه پا ایمپالس کف پایی کمتری را در مقایسه با زنان مبتلا به کف پای صاف متحمل شده‌اند (جدول شماره ۴).

بحث

هدف از این پژوهش مقایسه متغیرهای نیرو، فشار و ایمپالس کف پایی در مردان و زنان مبتلا به کف پای صاف هنگام راه رفتن بود. نتایج حاصل از مقایسه حداکثر فشار کف پایی نقاط ده‌گانه در بین مردان سالم و مبتلا به عارضه کف پای صاف حاکی از آن بود که مردان مبتلا به کف پای صاف در ناحیه انگشت شست پا و ناحیه میانی پا حداکثر فشار کف پایی بیشتری را در مقایسه با مردان سالم تحمل می‌کردند.

همچنین نتایج حاصل از مقایسه حداکثر فشار کف پایی نقاط ده‌گانه در زنان سالم و مبتلا به عارضه کف پای صاف حاکی از آن بود که زنان مبتلا به کف پای صاف در ناحیه انگشت شست پا، ناحیه انگشتان دوم تا پنجم، ناحیه متاتارسال دوم و میانی پا حداکثر فشار کف پایی بیشتری را در مقایسه با زنان سالم متحمل می‌شدند. در ادامه نتایج حاصل از بررسی اثر تفاوت جنسیتی بر توزیع فشار کف پایی در نقاط ده‌گانه در مردان و زنان مبتلا به کف پای صاف نشان داد که مردان مبتلا به کف پای صاف حداکثر فشار کف پایی متاتارسال چهارم بیشتری را در مقایسه با زنان مبتلا به کف پای صاف متحمل شده‌اند.

سایر نتایج حاصل از مقایسه حداکثر نیروی کف پایی نقاط ده‌گانه در بین مردان سالم و مبتلا به عارضه کف پای نشان از این داد که مردان مبتلا به کف پای صاف حداکثر نیروی کف پایی بیشتری را در مقایسه با مردان سالم تحمل کرده‌اند. از طرفی نتایج حاصل از مقایسه حداکثر نیروی کف پایی نقاط ده‌گانه در زنان سالم و مبتلا به عارضه کف پای صاف حاکی از آن بود که زنان مبتلا به کف پای صاف از حداکثر نیروی کف پایی بیشتری در ناحیه انگشت شست پا، ناحیه انگشتان دوم تا پنجم، ناحیه متاتارسال دوم و میانی پا در مقایسه با زنان سالم متحمل شدند.

نتایج حاصل از مقایسه ایمپالس کف پایی نقاط ده‌گانه در بین مردان سالم و مبتلا به عارضه کف پای صاف نیز حاکی از آن بود که مردان مبتلا به کف پای صاف در مقایسه با مردان سالم در نواحی انگشت شست پا و ناحیه متاتارسال دوم ایمپالس کف پایی بیشتر، ولی در ناحیه خارج پاشنه ایمپالس کف پایی کمتری دارند.

از طرفی نتایج حاصل از مقایسه ایمپالس کف پایی نقاط ده‌گانه در زنان سالم و مبتلا به عارضه کف پای صاف حاکی از آن بود که زنان مبتلا به کف پای صاف در ناحیه انگشت شست پا، ناحیه

انگشتان دوم تا پنجم و ناحیه میانی پا ایمپالس کف پایی بیشتری را در مقایسه با زنان سالم متحمل می‌شوند. نتایج حاصل از بررسی اثر تفاوت جنسیتی بر ایمپالس کف پایی در نقاط ده‌گانه در مردان و زنان مبتلا به کف پای صاف حاکی از این بود که مردان دارای کف پای صاف در نواحی متاتارسال سوم، متاتارسال چهارم و ناحیه میانی پا ایمپالس کف پایی بیشتر، ولی در نواحی پاشنه پا ایمپالس کف پایی کمتری را در مقایسه با زنان مبتلا به کف پای صاف تحمل کرده‌اند.

نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه جانلی و همکاران [۱۶] همسو و با نتایج چاک‌پیونگ و همکاران ناهمسو بود. ازجمله دلایل ناهمسو بودن نتایج این پژوهش می‌توان به نوع پوشش پا و پروتکل انجام‌شده اشاره کرد [۱۷]. این موضوع تأییدکننده این است که ساختار متفاوت پا در افراد موجب ایجاد مکانیک متفاوت هنگام راه رفتن افراد می‌شود [۱۸].

از جمله دلایل توجیهی و احتمالی برای این موضوع این است که این افراد به دلیل پرونیشن پاشنه و کاهش قوس طولی داخلی پا دارای بارگیری متفاوت بوده و الگوی حرکتی متفاوتی را نسبت به افراد سالم تجربه می‌کنند که همین موضوع ریسک آسیب‌دیدگی را در افراد بالا می‌برد [۱۹]. همچنین نتایج به‌دست‌آمده با نتایج پرتونن همسو بوده [۲۰] و با نتایج ویرینگ و همکاران ناهمسو بود [۲۱] و از دلایل مهم ناهمسو بودن نتایج این پژوهش می‌توان به تفاوت نژاد آزمودنی‌ها اشاره کرد.

با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده تفاوت در نژاد در ساختار اسکلاتی عضلانی افراد بسیار مهم بوده و نقش تعیین‌کننده‌ای در بروز نتایج متفاوت در پژوهش‌ها دارد؛ بر اساس همین موضوع باید اشاره کرد که جامعه آزمون در این پژوهش از جامعه ایرانی و نژاد آسیایی بودند که با نژاد اروپایی متفاوت است.

از جمله دلایلی که می‌توان برای افزایش فشار مشاهده‌شده در ناحیه‌های مورد نظر در زنان دارای کف پای صاف به آن اشاره کرد، این است که زنان به دلیل اسکلت‌بندی خاص، به شکل ذاتی دارای قوس طولی داخلی کم و همچنین سفتی کم در قسمت لیگامانی این قوس‌ها هستند [۲۲] و زمانی که این شکل ذاتی ساختاری از حالت نرمال بیشتر شود همانند چیزی که در افراد کف پای صاف اتفاق می‌افتد، طبیعتاً میزان بارگذاری و فشار در فاز استانس، به خصوص در ناحیه جلوی پا و ناحیه میانی به دلیل ایجاد مکانیزم جبرانی بیشتر قابل مشاهده است.

در ادامه، نتایج این پژوهش نشان از افزایش نیرو در مردان کف پای صاف نسبت به افراد سالم داشت که این نتایج با لدوکس و همکاران همسو [۲۳] و با نتایج هیل‌استروم و همکاران [۲۴] ناهمسو بود. از جمله دلایل ناهمسو بودن نتایج می‌توان به تفاوت در سن و وزن آزمودنی‌ها اشاره کرد. از جمله دلایل توجیهی این مورد می‌توان به این موضوع اشاره کرد که کاهش قوس پا باعث بر هم خوردن ریتم طبیعی و نرمال حرکات هنگام راه رفتن می‌شود و همچنین افزایش نیروهای وارد در افراد کف پای صاف خواه‌ناخواه منجر به افزایش نیروی کمپرسی بر روی مفاصل اندام تحتانی به خصوص در قسمت مچ و زانو می‌شود.

برای مثال به گفته پست و همکاران [۲۵] عوامل بروز اختلالات اسکلتی عضلانی در زانو را می‌توان در اختلالات مچ پایی که بر اجزای بالاتر زنجیره حرکتی، شامل زانو و ران تأثیرگذار است، جست‌وجو کرد. این موضوع سیکل منظمی که در زنجیره بسته (هنگام بودن پا بر روی زمین) و در زنجیره حرکتی باز (زمانی که پا روی زمین نیست و از یک طرف جایگاه ثابتی ندارد) را دچار اختلال و به ناچار استفاده از مکانیسم‌های جبرانی می‌کند. به نظر می‌رسد نیروی ایجادشده بار بیشتری را به مفاصل اندام تحتانی مانند مینیسک‌ها و لیگامنت‌های زانو به خصوص در قسمت رباط متقاطع قدامی وارد می‌آورد و خطر آسیب را بالاتر می‌برد [۲۶].

در ادامه نتایج این پژوهش مشخص شد در زنان دارای صافی کف پا میزان نیروی واردشده در قسمت انگشت شست پا، ناحیه انگشتان دوم تا پنجم، ناحیه متاتارسال دوم و میانی پا بیشتر بوده که با نتایج هانت و همکاران همسو و با نتایج کویین و همکاران هم‌راستا نبود. از جمله دلایل این موضوع استفاده از سرعت‌های متفاوت هنگام انجام حرکت مورد نظر است [۲۷، ۲۸].

در مورد دلایل احتمالی مطرح برای این افزایش نیرو در این نواحی می‌توان به این موضوع اشاره کرد که با گذشت زمان در فاز استانس راه رفتن شاهد ایفای نقش این مناطق در انتقال وزن هستیم که این عامل به دلیل ساختار خاص استخوان‌های این ناحیه است. اتصال محکم این استخوان‌ها با ناحیه میانی پا و بلندتر و ضخیم‌تر بودن آن سبب شده که یک پایه محکم در ناحیه جلوی پا برای پا ایجاد شده و این ناحیه نسبت به سایر قسمت‌ها تحمل وزن بیشتری و نیروی بالاتری را تجربه کنند [۲۲].

نتایج حاصل از بررسی اثر تفاوت جنسیتی بر ایمپالس کف پایی در نقاط ده‌گانه در مردان و زنان مبتلا به کف پای صاف حاکی از این بود که مردان دارای کف پای صاف در نواحی متاتارسال سوم، متاتارسال چهارم و ناحیه میانی پا ایمپالس کف پایی بیشتر، ولی در نواحی پاشنه پا ایمپالس کف پایی کمتری را در مقایسه با زنان مبتلا به کف پای صاف تحمل کرده‌اند.

نتایج این پژوهش با مطالعات کورن‌وال و همکاران همسو و با نتایج پژوهش‌هایی، ازجمله مانتانا و همکاران متفاوت بود و از اصلی‌ترین دلایل این تفاوت می‌توان به تفاوت بین نوع استراتژی‌های راه رفتن اشاره کرد [۲۹، ۳۰].

از جمله دلایلی که می‌توان نام برد این است که با توجه به رابطه بین الگوی فشار و میزان بار واردشده و تغییرات ایمپالس در نواحی ذکرشده بین افراد دارای کف پای صاف زن و مرد، الگوی آسیب‌دیدگی، فشارهای بالاتر احتمال آسیب‌دیدگی را در طول راه

رفتن بیشتر می‌کند. به نظر می‌رسد توزیع مناسب فشار، نیروها و بارهای وارده در کاهش و جلوگیری از آسیب‌های اسکلتی عضلانی کف پا بسیار مهم است [۳۱]. مطالعات کینتیکی و کینماتیکی نشان داده است که زنان در مقایسه با مردان با سرعت کمتر، طول گام کوتاه‌تر، ولی با توالی گام سریع‌تری راه می‌روند [۳۲]. با توجه به اینکه راه رفتن سریع‌تر و طول گام بلندتر باعث تغییرات در بار و ایمپالس وارده به کف پا می‌شود [۳۳]. به نظر می‌رسد یکی از دلایل افزایش فشار و نیروهای وارده به کف پا مردان می‌تواند راه رفتن سریع‌تر و طول گام بلندتر در مقایسه با زنان باشد.

با در نظر گرفتن این امر که بررسی حاضر در افراد بزرگسال و جوان با پای سالم و کف پای صاف صورت‌گرفته و قابل تعمیم برای همه گروه‌های سنی نیست، پیشنهاد می‌شود تحقیقات بیشتری در دامنه سنی گروه کودکان و افراد سالمند که الگوی راه رفتن متفاوتی دارند و ممکن است دچار سایر اختلالات حرکتی باشند، انجام شود.

این پژوهش نیز مانند سایر پژوهش‌های انجام‌شده محدودیت‌هایی داشته است. از جمله محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به کنترل نکردن سرعت (با توجه به دلایل ذکرشده در پژوهش) که به صورت خودانتخابی توسط افراد شرکت‌کننده بود و همچنین بررسی نشدن متغیرهای کینماتیکی و فعالیت الکترومایوگرافی عضلات به صورت هم‌زمان با سایر مؤلفه‌های مورد بررسی در این پژوهش اشاره کرد.

نتیجه‌گیری نهایی

درک بیومکانیک پا در تعیین نیازهای خاص هر گروه مرد و زن مهم است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه در مقایسه متغیرهای فشار کف پا بین دو جنس، این‌گونه به نظر می‌رسد که می‌توان در قالب‌گیری‌های محصولات تولیدی مختلف اثرات ساختار کف پا روی نحوه توزیع فشار کف پایی را مدنظر قرار داد. برای مثال، این اطلاعات در تولید کفش، کفی طبی و پاپوش‌های ورزشی اختصاصی برای افراد بسیار قابل استفاده و کاربردی است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این پژوهش در کمیته اخلاق پژوهش دانشگاه علوم پزشکی همدان تأیید شد (کد: IR.UMSHA.REC.1398.256). اصول اخلاقی 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 آن ها محرمانه نگه داشته شد.

حامی مالی

این مقاله بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول در گروه تربیت‌بدنی، دانشکده علوم انسانی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی: علی جلالوند؛ تحقیق و بررسی: علی جلالوند، نگین سلطانی؛ ویراستاری و نهایی‌سازی: تمامی نویسندگان.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

Refrences

[1] Levangie PK, Norkin CC. Joint structure and function: A comprehensive analysis. 5th ed. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2011. https://books.google.com/books?id=JXb2AAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq

[2] Kisner C, Colby LA, Borstad J. Therapeutic exercise: Foundations and techniques. 7th ed. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2017. https://books.google.com/books?id=yZc6DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq

[3] Bonato P, Ebenbichler GR, Roy SH, Lehr S, Posch M, Kollmitzer J, et al. Muscle fatigue and fatigue-related biomechanical changes during a cyclic lifting task. Spine. 2003; 28(16):1810-20. [DOI:10.1097/01.BRS.0000087500.70575.45] [PMID]

[4] Pauk J, Daunoraviciene K, Ihnatouski M, Griskevicius J, Raso JV. Analysis of the plantar pressure distribution in children with foot deformities. Acta Bioeng Biomech. 2010; 12(1):29-34. [PMID]

[5] Van Boerum DH, Sangeorzan BJ. Biomechanics and pathophysiology of flat foot. Foot Ankle Clin. 2003; 8(3):419-30. [DOI:10.1016/S1083-7515(03)00084-6] [PMID]

[6] Turner DE, Helliwell PS, Burton AK, Woodburn J. The relationship between passive range of motion and range of motion during gait and plantar pressure measurements. Diabet Med. 2007; 24(11):1240-6. [DOI:10.1111/j.1464-5491.2007.02233.x] [PMID]

[7] Kwon OY, Mueller MJ. Walking patterns used to reduce forefoot plantar pressures in people with diabetic neuropathies. Phys Ther. 2001; 81(2):828-35. [DOI:10.1093/ptj/81.2.828] [PMID]

[8] Safaei-Pour Z, Ebrahimi E, Saeedi H, Kamali M. [Invesigation of dynamic plantar pressure distribution in healthy adults during standing and walking (Persian)]. Arch Rehabil. 2009; 10(2):8-15. http://rehabilitationj.uswr.ac.ir/article-1-325-en.html

[9] Qu X, Yeo JC. Effects of load carriage and fatigue on gait characteristics. J Biomech. 2011; 44(7):1259-63. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2011.02.016] [PMID]

[10] Nagel A, Fernholz F, Kibele C, Rosenbaum D. Long distance running increases plantar pressures beneath the metatarsal heads: A barefoot walking investigation of 200 marathon runners. Gait Posture. 2008; 27(1):152-5. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2006.12.012] [PMID]

[11] Chui KC, Jorge M, Yen SC. Orthotics and prosthetics in rehabilitation. 4th ed. Amsterdam: Elsevier Health Sciences; 2019. https://books.google.com/books?id=ph4zwQEACAAJ&dq

[12] Jenkins J, Ellis C. Using ground reaction forces from gait analysis: Body mass as a weak biometric. In: LaMarca A, Langheinrich M, Truong KN, editors. Pervasive Computing. Pervasive 2007. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 4480. Berlin/Heidelberg: Springer. pp. 251-267. [DOI:10.1007/978-3-540-72037-9_15]

[13] Niu W, Feng T, Jiang C, Zhang M. Peak vertical ground reaction force during two-leg landing: A systematic review and mathematical modeling. Biomed Res Int. 2014; 2014:126860. [DOI:10.1155/2014/126860] [PMID] [PMCID]

[14] Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behav Res Methods. 2007; 39(2):175-91. [DOI:10.3758/BF03193146] [PMID]

[15] Murley GS, Menz HB, Landorf KB. A protocol for classifying normal-and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements. J Foot Ankle Res. 2009; 2:22. [DOI:10.1186/1757-1146-2-22] [PMID] [PMCID]

[16] Jonely H, Brismée JM, Sizer Jr PS, James CR. Relationships between clinical measures of static foot posture and plantar pressure during static standing and walking. Clin Biomech. 2011; 26(8):873-9. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2011.04.008] [PMID]

[17] Chuckpaiwong B, Nunley JA, Mall NA, Queen RM. The effect of foot type on in-shoe plantar pressure during walking and running. Gait Posture. 2008; 28(3):405-11. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2008.01.012] [PMID]

[18] 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]

[19] Buldt AK, Murley GS, Butterworth P, Levinger P, Menz HB, Landorf KB. The relationship between foot posture and lower limb kinematics during walking: A systematic review. Gait Posture. 2013; 38(3):363-72. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2013.01.010] [PMID]

[20] Perttunen J. Foot loading in normal and pathological walking. Jyväskylä: University of Jyväskylä; 2002. https://books.google.com/books?id=mWmzAAAACAAJ&dq

[21] Wearing SC, Urry S, Smeathers JE, Battistutta D. A comparison of gait initiation and termination methods for obtaining plantar foot pressures. Gait Posture. 1999; 10(3):255-63. [DOI:10.1016/S0966-6362(99)00039-9] [PMID]

[22] Zifchock RA, Davis I, Hillstrom H, Song J. The effect of gender, age, and lateral dominance on arch height and arch stiffness. Foot Ankle Int. 2006; 27(5):367-72. [DOI:10.1177/107110070602700509]

[23] Ledoux WR, Hillstrom HJ. The distributed plantar vertical force of neutrally aligned and pes planus feet. Gait Posture. 2002; 15(1):1-9. [DOI:10.1016/S0966-6362(01)00165-5] [PMID]

[24] Hillstrom HJ, Song J, Kraszewski AP, Hafer JF, Mootanah R, Dufour AB, et al. Foot type biomechanics part 1: Structure and function of the asymptomatic foot. Gait Posture. 2013; 37(3):445-51. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2012.09.007] [PMID] [PMCID]

[25] Post WR, Teitge R, Amis A. Patellofemoral malalignment: Looking beyond the viewbox. Clin Sports Med. 2002; 21(3):521-46. [DOI:10.1016/S0278-5919(02)00011-X] [PMID]

[26] Gokeler A, Hof AL, Arnold MP, Dijkstra PU, Postema K, Otten E. Abnormal landing strategies after ACL reconstruction. Scand J Med Sci Sports. 2010; 20(1):e12-9. [DOI:10.1111/j.1600-0838.2008.00873.x] [PMID]

[27] Hunt AE, Smith RM. Mechanics and control of the flat versus normal foot during the stance phase of walking. Clin Biomech. 2004; 19(4):391-7. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2003.12.010] [PMID]

[28] Queen RM, Mall NA, Nunley JA, Chuckpaiwong B. Differences in plantar loading between flat and normal feet during different athletic tasks. Gait Posture. 2009; 29(4):582-6. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2008.12.010] [PMID]

[29] Cornwall MW, McPoil TG, Fishco WD, O'Donnell D, Hunt L, Lane C. The influence of first ray mobility on forefoot plantar pressure and hindfoot kinematics during walking. Foot Ankle Int. 2006; 27(7):539-47. [DOI:10.1177/107110070602700710] [PMID]

[30] Mootanah R, Song J, Lenhoff MW, Hafer JF, Backus SI, Gagnon D, et al. Foot type biomechanics part 2: Are structure and anthropometrics related to function? Gait Posture. 2013; 37(3):452-6. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2012.09.008] [PMID] [PMCID]

[31] Memar R, Noori S. [Comparison of plantar pressure distribution between the right and left foot and their correlation with height

and weight at wrestlers (Persian)]. Res Sport Med Technol. 2016; 14(12):45-57. [DOI: 20.1001.1.22520708.1395.14.12.5.4]

[32] Cho SH, Park JM, Kwon OY. Gender differences in three dimensional gait analysis data from 98 healthy Korean adults. Clin Biomech. 2004; 19(2):145-52. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2003.10.003] [PMID]

[33] 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] [PMID] [PMCID]

This Page Intentionally Left Blank