

Research Paper

Effect of Offloading Plantar Pressure on Peak Pressure in Ten Plantar Regions and Gait Speed in Men With Diabetes and Active Diabetic Foot Ulcers, and Healthy Men



*Mohsen Jafarzadeh¹, *Ali Tavakoli Golpayegani^{2,3}, Farhad Tabatabai Ghomsheh⁴

1. Department of Biomedical Engineering, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Biomedical Engineering, Research Center of Technology and Engineering, Standard Research Institute, Karaj, Iran.
3. Graduate School of Health, University of Technology of Sydney, Sydney, Australia.
4. Pediatric Neurorehabilitation Research Center, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.



Citation Jafarzadeh M, Tavakoli Golpayegani A, Tabatabai Ghomsheh F. [Effect of Offloading Plantar Pressure on Peak Pressure in Ten Plantar Regions and Gait Speed in Men With Diabetes and Active Diabetic Foot Ulcers, and Healthy Men (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 11(6):864-877. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.6.2>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.6.2>



ABSTRACT

Background and Aims Diabetes is associated with dysfunction and damage in various organs due to abnormal pressure on ten plantar regions. This study aims to compare the effect of offloading plantar pressure on peak pressure of ten plantar regions and gait speed in men with diabetes and active diabetic foot ulcers, and healthy men.

Methods This is a causal-comparative study. Participants were 30 healthy men, 30 diabetic men and 30 men with active diabetic foot ulcers who needed no leg amputation according to their physicians. Sampling was done using random and convenience methods. Diabetic foot ulcers were classified based on the Meggitt-Wagner classification criteria, according to which grade 1 indicates grade 1 indicates a superficial ulcer and was used as a criterion for selecting people with diabetic foot ulcers. Plantar pressure variables were recorded using RScan software (RScan International, Belgium; 0.5×0.5×0.02 m, 4363 sensors) at a sampling frequency of 300 Hz and the gait speed was measured using a digital stopwatch. Correct walking considered as the full impact of the foot on the middle of the foot scan machine. Data were analyzed using independent t-test in SPSS software, version 24.

Results The peak pressure in the metatarsal 3 ($P<0.001$), metatarsal 4 ($P=0.020$), medial heel ($P=0.004$) and lateral heel ($P=0.007$) in the diabetic foot ulcer group significantly increased compared to the diabetic group. In addition, the peak pressure in the medial heel ($P=0.013$) and lateral heel ($P=0.019$) in the diabetic group significantly decreased compared to the healthy group.

Conclusion Men with diabetic foot ulcers are more exposed to abnormal peak pressures in different plantar regions, which can cause irreversible clinical injuries. Diabetic men have a lower gait speed than healthy men which can be important in their rehabilitation.

Keywords Peak pressure, Diabetes, Diabetic foot ulcers, Gait speed

Received: 20 Mar 2021

Accepted: 11 May 2021

Available Online: 21 Jan 2023

* Corresponding Author:

Mohsen Jafarzadeh

Address: Department of Biomedical Engineering, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

Tel: +98 (914) 4580562

E-Mail: mjs_6325@yahoo.com

* Corresponding Author:

Ali Tavakoli Golpayegani

Address: Department of Biomedical Engineering, Research Center of Technology and Engineering, Standard Research Institute, Karaj, Iran.

Tel: +98 (914) 4580562

E-Mail: tavakoli.golpa@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

The prevalence of diabetes is increasing in both developed and developing countries. The underlying causes of this disease include the lack of physical activity, eating high-calorie foods, and obesity. According to the International Diabetes Federation Atlas report in 2015 (seventh edition), the prevalence of diabetes in Iran, as one of the developing countries, was 5.97% (4.6 million people) and it was expected that this amount would increase to 12.19% (9.37 million people) by 2040. The lack of blood sugar control in diabetic people has long-term adverse effects and consequences including cardiovascular diseases, kidney failure, neuropathy, and foot ulcers. Diabetic foot ulcer is one of the most important complications of diabetes, the risk of which reaches 15% during the lifetime of diabetic patients. Each year, more than one million people with diabetes lose their legs due to this disease; i.e., leg amputation due to diabetes occurs every 30 seconds. Type 2 diabetes and peripheral neuropathy are common causes of foot ulcers, gangrene and amputation, such that the incidence of leg amputation due to foot ulcers in Iran is higher than the global rate. Studies in biomechanics have shown that diabetic foot ulcer is a mechanical phenomenon (pressure and force); factors such as neuropathy and structural abnormalities of the foot can increase pressure and force in the foot areas.

Caselli et al. (2002) [10] evaluated the forefoot-to-rear-foot plantar pressure ratio to evaluate the possibility of foot ulceration in diabetic patients with different degrees of neuropathy. They showed that the amount of forefoot and rearfoot pressures were higher in patients, but the ratio was increased only in patients with severe neuropathy, indicating that the imbalance in the distribution of plantar pressure proportional to the severity of neuropathy. In general, diabetes usually leads to bone abnormalities and high-pressure areas which cause fractures and skin ulcers. The majority of diabetic foot ulcers are due to repetitive mechanical stress during walking in case of peripheral neuropathy or loss of protective sensation. It seems that most neuropathic foot ulcers are formed due to mechanical loading on the numb foot during movement. Plantar pressure is an important biomechanical factor in the study of neuropathic foot. Although people with active leg ulcers feel numbness in the foot, they may still alter the characteristics of a protected gait strategy during barefoot walking to compensate their active ulcers. This highlights the possibility of a change in the gait of individuals with active foot ulcers, which is contrary to previous findings. The current study aims to investigate whether there is a difference in the offloading peak plantar pressure

in ten areas of the foot and gait speed between patients with diabetes and diabetic foot ulcers and healthy people.

Materials and Methods

This is a causal-comparative study. Participants were 30 healthy men, 30 diabetic men and 30 men with active diabetic foot ulcers who need no leg amputation according to the physician. Sampling was done using random and convenience methods. Diabetic foot ulcers were graded according to the Meggitt-Wagner classification criteria. According to these criteria, grade 1 indicates a superficial ulcer, which was used as the criterion for selection of people with diabetic foot ulcers. Plantar pressure variables were recorded using RSscan software (RSscan International, Belgium; 0.5 m×0.5×0.02 m, 4363 sensors) at a sampling frequency of 300 Hz during the support phase of walking and gait speed was recorded using a digital stopwatch. The peak plantar pressure was assessed in ten plantar areas including toe 1, toes 2-5, metatarsals 1-5, mid foot, medial heel, and lateral heel. In the present research, the validity and reliability of the test were obtained 0.81 and 0.88, respectively. Correct walking considered as the full impact of the foot on the middle of the foot scan machine. Data were analyzed using independent t-test in SPSS software, version 24.

Results

The results showed that the peak pressure in metatarsal 3 ($P<0.001$), metatarsal 4 ($P=0.020$), medial heel ($P=0.004$), and lateral heel ($P=0.007$) in the diabetic foot ulcer group significantly increased compared to the diabetic group. In addition, the peak pressure in the medial ($P=0.013$) and lateral ($P=0.019$) heels in the diabetic group significantly reduced compared to the healthy group.

Discussion

Men with diabetic foot ulcers are more exposed to the abnormal peak pressures in different plantar areas, which can cause irreversible clinical injuries. Diabetic men have lower gait speed compared to healthy men which can be important in their rehabilitation.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

In this study, informed consent was obtained from the participants. They were assured of the confidentiality of their information and were free to leave from the study. This study was approved by the ethics committee of the Islamic Azad University, Central Tehran Branch (Code: 1194).

Funding

This article was extracted from a doctoral thesis. The thesis is taken from the research project of Mohsen Jafarzadeh approved by [Islamic Azad University, Central Tehran Branch](#). This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

Conceptualization and supervision: Ali Tavakoli and Farhad Tabatabai Ghomsheh; Methodology, data collection, data analysis, funding and resources: Ali Tavakoli Golpayegani; Review, writing–original draft, and writing–review and editing: all authors.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all participants and the officials of the health center laboratory of the [University of Mohaghegh Ardabili](#) for their cooperation in this research.

مقاله پژوهشی

تخلیه فشار کف پای بر اوج فشار در نواحی ۱۰ گانه پا و سرعت راه رفتن در افراد مبتلا به دیابت و زخم پای دیابتی فعال و سالم

* محسن جعفرزاده^۱، * علی توکلی گلپایگانی^{۲،۳}، فرهاد طباطبایی قمشه^۴

۱. گروه مهندسی پزشکی، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. گروه مهندسی پزشکی، پژوهشکده فناوری و مهندسی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران.

۳. دانشکده عالی سلامت و بهداشت، دانشگاه صنعتی سیدنی، سیدنی، استرالیا.

۴. مرکز تحقیقات توانبخشی اعصاب کودکان، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Jafarzadeh M, Tavakoli Golpayegani A, Tabatabai Ghomsheh F. [Effect of Offloading Plantar Pressure on Peak Pressure in Ten Plantar Regions and Gait Speed in Men With Diabetes and Active Diabetic Foot Ulcers, and Healthy Men (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 11(6):864-877. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.6.2>doi: <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.6.2>

چکیده



مقدمه و اهداف: دیابت با نقص عملکرد با آسیب ارگان‌های مختلف بر اثر فشارهای غیرطبیعی در نواحی ۱۰ گانه پا مرتبط است. هدف از پژوهش حاضر تخلیه فشار کف پای بر اوج فشار در نواحی ۱۰ گانه پا و سرعت راه رفتن در افراد مبتلا به دیابت و زخم پای دیابتی فعال و سالم بود.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر از نوع علی‌مقایسه‌ای بود. جامعه آماری شامل کلیه افراد دیابتی، پای زخم دیابتی و سالم بود. روش نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی و در دسترس بود. نمونه‌آماری شامل ۳۰ مرد سالم، ۳۰ مرد دیابتی و ۳۰ مرد دارای زخم پای دیابتی فعال که براساس تشخیص پزشک به آمپوتاسیون نیاز نداشتند، در پژوهش حاضر شرکت کردند. زخم پای دیابتی براساس سیستم نمره‌دهی وگنر طبقه‌بندی شدند. براساس سیستم نمره‌دهی وگنر زخم درجه یک (نمره ۱)، زخم تمام ضخامت، لایه سطحی پوست است که در تحقیق حاضر به‌عنوان انتخاب افراد دارای زخم پای دیابتی در نظر گرفته شد. داده‌های متغیرهای فشار کف‌پایی با استفاده از نرم‌افزار آر-اس-اسکن مدل ۴۳۶۳ تولید کشور بلژیک و با فرکانس نمونه‌برداری ۳۰۰ هرتز و سرعت راه رفتن با استفاده از کرومومتر دیجیتال ثبت شد. کوشش راه رفتن صحیح شامل برخورد کامل پا بر روی بخش میانی دستگاه فوت اسکن بود. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آماری تی مستقل و نسخه ۲۴ نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد اوج فشار در استخوان کف‌پایی سوم ($P < 0.001$)، چهارم ($P = 0.020$)، بخش داخلی ($P = 0.004$) و خارجی ($P = 0.007$) پاشنه در گروه پای زخم دیابتی در مقایسه با گروه دیابتی افزایش معناداری داشت. همچنین اوج فشار در بخش داخلی ($P = 0.013$) و خارجی ($P = 0.019$) پاشنه در گروه دیابتی در مقایسه با گروه سالم کاهش معناداری داشت. به‌علاوه سرعت راه رفتن در گروه پای زخم دیابتی در مقایسه با گروه سالم کاهش معناداری داشت ($P = 0.003$).

نتیجه‌گیری: باتوجه به نتایج تحقیق می‌توان گفت افراد دارای زخم پای دیابتی بیشتر در معرض اوج فشارهای غیرطبیعی در نواحی مختلف کف پا قرار دارند که می‌تواند آسیب‌هایی کلینیکی جبران‌ناپذیری به دنبال داشته باشد. همچنین گروه بیماران دیابتی سرعت راه رفتن کمتری در مقایسه با افراد سالم داشتند که می‌تواند در توانبخشی ارزش کلینیکی داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: اوج فشار، دیابت، زخم پای دیابتی، سرعت راه رفتن

تاریخ دریافت: ۳۰ اسفند ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: ۲۱ اردیبهشت ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۰۱ بهمن ۱۴۰۱

* نویسنده مسئول:

علی توکلی گلپایگانی

نشانی: کرج، پژوهشگاه استاندارد، پژوهشکده فناوری و مهندسی، گروه مهندسی پزشکی.

تلفن: ۴۵۸۰۵۶۲ (۹۱۴) +۹۸

رایانامه: tavakoli.golpa@gmail.com

* نویسنده مسئول:

محسن جعفرزاده

نشانی: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، گروه مهندسی پزشکی.

تلفن: ۴۵۸۰۵۶۲ (۹۱۴) +۹۸

رایانامه: mjs_6325@yahoo.com

مقدمه و اهداف

امروزه در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه، شیوع دیابت شیرین روز به روز در حال افزایش است. از جمله عوامل زمینه ساز این بیماری می توان به عدم فعالیت بدنی، غذاهای پر کالری و چاقی اشاره کرد [۱]. براساس گزارش اطلس فدراسیون بین المللی دیابت ۱ (نسخه هفتم) در سال ۲۰۱۵ میزان شیوع دیابت در ایران، به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه، برابر با ۵/۹۷ درصد بود که معادل با میزان جمعیت ۴/۶ میلیون نفر است. پیش بینی می شود این میزان به ۱۲/۱۹ درصد و جمعیت ۹/۳۷ میلیون نفر در سال ۲۰۴۰ افزایش یابد [۲]. عدم کنترل قند خون در افراد دیابتی عوارض و پیامدهای زیان آور طولانی با خود به دنبال دارد. از جمله این عوارض می توان به بیماری های قلبی عروقی، ناتوانی کلیوی، نوروپاتی میلی و پای زخم دیابتی اشاره کرد [۳]. زخم پای دیابتی یکی از مهم ترین عوارض دیابت است که خطر آن طی سال های حیات بیماران دیابتی به ۱۵ درصد می رسد. هر سال بیشتر از ۱ میلیون نفر از افراد دیابتی پای خود را به علت این بیماری از دست می دهند، یعنی در هر ۳۰ ثانیه ۱ قطع پا ناشی از دیابت اتفاق می افتد [۴]. دیابت نوع ۲ و نوروپاتی محیطی دلایل شایع ایجاد زخم کف پا، گانگرن و قطع عضو هستند [۵]. به طوری که نرخ نیاز به قطع عضو اندام تحتانی به دنبال ایجاد زخم در کف پا، در ایران بیشتر از میزان متوسط جهانی می باشد [۶].

مطالعات در حوزه بیومکانیک نشان داد زخم پای دیابتی یک پدیده مکانیکی (فشار و نیرو) می باشد [۷، ۸] که عواملی مثل نروپاتی و ناهنجاری های ساختاری پای می تواند موجب افزایش فشار و نیرو در مناطقی از پا شوند [۹، ۸]. کاسلی و همکاران برای ارزیابی احتمال ایجاد زخم کف پای در بیماران مبتلا به دیابت با درجات مختلف نوروپاتی به ارزیابی نسبت فشار قدام پا به عقب پا با کمک صفحه فشاری پرداختند. آن ها نشان دادند میزان فشار قدام و عقب پا در بیماران مبتلا به دیابت نوروپاتیک بیشتر می باشد، اما نسبت فشار قدام پا به عقب پا، تنها در بیماران مبتلا به دیابت نوروپاتیک شدید افزایش داشت که گویای برهم خوردن تعادل در توزیع فشار کف پای متناسب با تشدید میزان نوروپاتی می باشد [۱۰].

به طور کلی، دیابت معمولاً با ایجاد ناهنجاری های استخوانی و نواحی تحت فشار زیاد منجر به شکستگی و زخم پوست می شود [۱۰]. باور بر این است که اکثر زخم های پا که مربوط به دیابت است، در نتیجه عمل تکراری استرس مکانیکی [فشار] در هنگام راه رفتن در صورت وجود نوروپاتی محیطی یا از بین رفتن احساس محافظتی ایجاد می شود [۸، ۹]. به نظر می رسد اکثر زخم های پای نوروپاتیک به دلیل بارگذاری مکانیکی روی پای بی حسی در حین حرکت تشکیل می شوند، فشار کف پا یک توجه بیومکانیکی مهم در بررسی پای نوروپاتیک می باشد [۱۰].

1. International Diabetes Federation (IDF)

زخم پا در بیماران مبتلا به دیابت در جهان منجر به عواقب عمده اقتصادی برای این جمعیت بیماران، خانواده های آن ها و جوامع عمومی می شود [۱۱]. در ایالت متحده آمریکا طی تحقیقی که انجام شد، دریافتند بیماران مبتلا به زخم پای دیابتی هزینه بسیار بالاتری (حداکثر ۳ برابر بیشتر) نسبت به موارد دیگر بدون زخم پای دیابتی دارند. در استرالیا، تخمین زده می شود زخم ها برای سیستم مراقبت های بهداشتی حداقل ۲/۷۶ میلیارد دلار در سال هزینه داشته باشند [۱۱]. برآوردها نشان داد در طول ۵ سال اخیر اگر بیماران به صورت بهینه، مراقبت های مبتنی بر بیماران زخم پای دیابتی را دریافت می کردند، میزان صرفه جویی در هزینه بیش از ۱۲/۰۰۰ دلار بود [۱۱].

این ارقام بار اقتصادی بیماران زخم پای دیابتی را نشان می دهد که در هر سیستم مراقبت های بهداشتی دارند. از سوی دیگر، گویای این است که هر اقدامی برای پیشگیری از وخیم شدن این شرایط چقدر می تواند در این افراد ضروری باشد. بنابراین بار سنگینی بر عهده محققان در این زمینه وجود دارد. همچنین پیشگیری به عنوان بهترین راه کار از سوی جامعه پزشکی مطرح شده است [۱۲]. در این صورت، حوزه بیومکانیک می تواند با رویکرد پیشگیرانه بهترین راه کار برای جلوگیری از افزایش زخم پا و پیشگیری از ایجاد آن پیشنهاد کند.

توانایی متحرک بودن جنبه اساسی در کیفیت زندگی فرد دارد. همان گونه که برای حفظ استقلال و شرکت در فعالیت های روزانه زندگی مهم است [۱۳]. دیابت باعث کاهش قابل ملاحظه ای در تحرک می شود. عملکرد شدید اندام تحتانی دچار اختلال چشمگیر می شوند. عدم توانایی در انجام فعالیت های زندگی روزمره، افزایش سطح ناتوانی جسمی و افزایش خطر مرگ و میر در مقایسه با افراد فاقد دیابت می شوند. به طور کلی به نظر می رسد با پیشرفت عوارض پا در افراد دیابتی عملکرد راه رفتن کاهش می یابد [۱۴]. با این حال در مورد الگوهای تحرک، افراد دارای زخم پای دیابتی فعال، کمتر مطالعه شده است. بیشترین میزان شیوع زخم ها در ناحیه قدامی پا است که ۷۱ درصد زخم ها را شامل می شود [۱۴]. شایع ترین نقاط ایجاد زخم عبارتند از سر اولین استخوان کف پای و سطح تحتانی انگشت شست پا [۱۵]. اندازه گیری فشار کف پای، روش مفیدی برای تشخیص زودهنگام بیماران در معرض ایجاد زخم می باشد و برای درمانگر این امکان را فراهم می کند تا با ارائه آموزش های مناسب به بیمار، احتمال آمپوتاسیون و سایر مشکلات پا را کاهش دهد [۱۷].

با ورود دستگاه های بیومکانیکی جدید به آزمایشگاه ها، مانند صفحات نیروی فشاری و کفی های دارای حسگر، مطالعه فشار کف پای دقیق تر و ساده تر شده است. کالیبره کردن کفی های دارای حسگر دشوارتر است، اما در مقایسه با صفحات فشاری، امکان برداشتن قدم های بیشتر برای ارزیابی میزان فشار را فراهم می سازد. استفاده از این دستگاه ها در جنبه های مختلف مطالعه فشار کف پای

در بخش بررسی پوست پا در افراد دارای زخم پای دیابتی، پوست خشک و بدون تعریق، رنگ پریدگی، فیشر، ادم اندام تحتانی و اختلال در رشد ناخن‌های پا مشاهده، بررسی و ثبت شدند. وجود زخم پا در همه واحدهای مورد پژوهش بررسی شد و سمت ابتلا نیز مشخص شد. براساس سیستم نمره‌دهی و گنر^۴، زخم‌ها طبقه‌بندی شد. براساس سیستم نمره‌دهی و گنر، نمره صفر به پای اختصاص داده می‌شود که هیچ‌گونه زخمی ندارد، اما در معرض خطر است (مانند برجستگی استخوانی، کالوس، انگشت چنگالی و دیگر مشکلات)، زخم درجه یک (نمره ۱)، زخم تمام ضخامت لایه سطحی پوست است که در تحقیق حاضر به‌عنوان انتخاب افراد دارای زخم پای دیابتی در نظر گرفته شد. هر آزمودنی فرم رضایت‌نامه را تکمیل و امضا کردند. شرایط خروج از تحقیق شامل سابقه عمل جراحی در ناحیه پایین تنه، ناهنجاری‌های ستون فقرات، پوکی استخوان، شکستگی یا اختلال در ناحیه پایین تنه بود.

روش اجرا و جمع‌آوری اطلاعات

دستگاه فوت اسکن ساخت کشور بلژیک در وسط مسیر راه رفتن ۱۲ متری قرار داده شد (تصویر شماره ۱). داده‌های متغیرهای فشار کف‌پایی با استفاده از نرم‌افزار آر-اس-اسکن مدل ۴۳۶۳ تولید کشور بلژیک و با فرکانس نمونه‌برداری ۳۰۰ هرتز ثبت شد. کوشش راه رفتن صحیح شامل برخورد کامل پا بر روی بخش میانی دستگاه فوت اسکن بود. اگر فوت اسکن توسط آزمودنی جهت تنظیم گام مورد هدف قرار می‌گرفت یا تعادل آزمودنی دچار اختلال می‌شد، کوشش راه رفتن تکرار می‌شد. برای تنظیم قرارگیری پای آزمودنی‌ها بر روی فوت‌اسکن طی راه رفتن، ۵ مرتبه عمل راه رفتن به‌طور آزمایشی توسط هر آزمودنی انجام شد. پس از آن ۵ کوشش راه رفتن (پاشنه-پنجه) قابل قبول با سرعت مشخص انجام شد. میانگین ۵ کوشش راه رفتن برای هر گروه تحلیل شدند. تمام پروتکل آزمایشی توسط اپراتور آزمایشگاه مرکز سلامت دانشگاه محقق اردبیلی و با نظارت نویسنده مسئول پژوهش جمع‌آوری شد.

تجزیه و تحلیل راه رفتن

داده‌های فشار کف‌پایی در طی فاز اتکای راه رفتن با استفاده از نرم‌افزار آر اس اس اسکن (RSScan) استخراج شد. متغیرهای مورد نظر اوج فشار در نواحی ۱۰ گانه پا (تصویر شماره ۲) و سرعت راه رفتن بود. این نواحی به‌ترتیب شامل انگشت شست^۷، انگشتان دوم تا پنجم^۸، استخوان کف‌پایی اول^۹، استخوان کف‌پایی دوم^{۱۰}،

بسیار رایج شده است. در سال ۲۰۰۹، باکارین و همکاران با کمک کفی‌های دارای حس‌گر به ارزیابی و مقایسه الگوی توزیع فشار در سطح تحتانی پا پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد پیشرفت بیماری تأثیری در الگوی توزیع فشار کف پای ندارد؛ اما وجود سابقه زخم کف پای باعث تغییر در الگوی توزیع فشار کف پای می‌شود و بیشتر نیروها را به قسمت میانی و عقب پا منتقل می‌کند [۱۸].

مرولی و پوسیولی در مطالعه خود به ارزیابی الگوی توزیع فشار کف پای در حین راه رفتن در بیماران مبتلا به دیابت نوروپاتی پرخاکنند و نشان دادند که در این بیماران فاصله زمانی بین ضربه پاشنه با زمین تا زمان بلند شدن انگشتان از زمین طولانی‌تر از میزان آن در افراد سالم است. از سوی دیگر، در مفاصل میانی تارسال، ساب تالار و مچ، محدودیت حرکتی در این افراد وجود دارد. همچنین انتقال وزن از قسمت پشت پا به سمت قدام با سرعت زیاد انجام می‌شود که باعث اعمال نیروی بیش از اندازه بر روی سر استخوان‌های متاتارس می‌شود [۱۹]. افراد مبتلا به زخم فعال پا بی‌حس هستند، اما ممکن است باز هم حرکت آن‌ها، ویژگی‌های یک استراتژی راه رفتن محافظت‌شده در طول راه رفتن پابرنه را برای جبران وجود زخم فعال آن‌ها تغییر دهند. این مسئله به نوبه خود ممکن است منجر به کاهش فشارهای پلاتناری در مرحله زخم فعال شود. این امر احتمال تغییر در راه رفتن این افراد در زمان زخم فعال را برجسته می‌کند که خلاف یافته‌های قبلی است. با توجه به مطالعات انجام‌شده، تحقیق حاضر دنبال پاسخ به این سؤال است که آیا تخلیه اوج فشار کف پای در نواحی ۱۰ گانه پا و سرعت راه رفتن در بیماران دیابتی، زخم پای دیابتی و سالم تفاوتی دارد یا نه؟

مواد و روش‌ها

با توجه به موضوع و اهداف تحقیق، روش به‌کار گرفته‌شده در این تحقیق از نوع علی‌مقایسه‌ای^۲ بود. جامعه آماری شامل کلیه افراد دیابتی، پای زخم دیابتی و سالم بود. با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور^۳، حجم نمونه حداقلی ۹۰ نفر برآورد شد تا توان آماری ۰/۸، اندازه اثر ۹۵ درصد در سطح معناداری ۵ درصد حاصل شود. روش نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی و دردسترس بود. نمونه آماری شامل ۳۰ نفر مرد سالم، ۳۰ نفر مرد دیابتی و ۳۰ مرد دارای زخم پای دیابتی فعال که براساس تشخیص پزشک به آمپوتاسیون نیاز نداشتند. آن‌ها بعد از تکمیل فرم رضایت‌نامه آگاهانه در پژوهش حاضر شرکت کردند. معیار ورود شامل تأیید ابتلا به دیابت (نوع ۱ یا ۲)، سن ۵۵-۷۵ سال، عدم استفاده از داروهای سرکوب‌کننده سیستم ایمنی مثل کورتون، نداشتن فعالیت بدنی در ۶ ماه گذشته، ابتلا به دیابت دست کم ۲ سال و داشتن زخم پای دیابتی فعال که براساس تشخیص پزشک به آمپوتاسیون نیاز نداشته باشد، بودند.

4. Wagner
5. RScan International, Belgium, 0.5m×0.5×0.02m, 4363 sensors
6. rearfoot strike pattern
7. Toe 1
8. Toe2-5
9. Metatarsal 1
10. Metatarsal 2

2. Causal-comparative
3. G*Power

اختلاف میانگین دو شرایط
انحراف میانگین استاندارد دو شرایط

$$d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2}{2}}}$$

d = شاخص کوهن، M_1 = میانگین داده‌های سری نخست، M_2 = میانگین داده‌های سری دو، S_1 = انحراف معیار داده‌های سری نخست، S_2 = انحراف معیار داده‌های سری دو، r = ضریب اندازه اثر

یافته‌ها

آمار توصیفی سن، قد، وزن و شاخص توده بدن^{۲۰} در ۳ گروه دیابتی، زخم پای دیابتی و سالم نشان داده شده است (جدول شماره ۱). نتایج نرمالیتی‌شان داد توزیع همه متغیرهای اوج فشار کف پای در ۳ گروه دیابتی، زخم پای دیابتی و سالم نرمال می‌باشد ($P > 0.05$) (جدول شماره ۲).

نتایج نشان داد سرعت راه رفتن در گروه پای زخم دیابتی در مقایسه با پای سالم کاهش معناداری داشت ($P = 0.03$) (جدول شماره ۳) (تصویر شماره ۳). همچنین سرعت راه رفتن بین گروه دیابتی با پای زخم دیابتی و دیابتی و سالم اختلاف معناداری را نشان نداد ($P > 0.05$) (جدول شماره ۳).



تصویر ۱. اندازه‌گیری تخلیه فشار کف پای طی راه رفتن

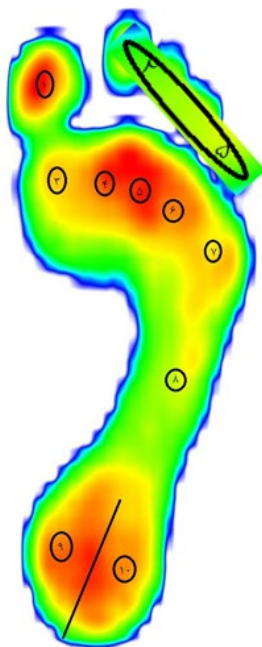
استخوان کف پای سوم^{۱۱}، استخوان کف پای چهارم^{۱۲}، استخوان کف پای پنجم^{۱۳}، بخش میانه پا^{۱۴}، بخش داخلی پاشنه^{۱۵} و بخش خارجی پاشنه^{۱۶} بود. در تحقیق حاضر، روایی و پایایی برای آزمون حاضر به ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۸۸ به دست آمد.

تجزیه و تحلیل آماری

نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک^{۱۷} بررسی شدند. برای مقایسه متغیرها در ۳ گروه دیابتی، دیابتی زخم پای فعال و سالم به صورت جفتی از آزمون آماری تی مستقل^{۱۸} استفاده شد. از آزمون تعقیبی بونفرونی^{۱۹}، برای مشخص کردن اختلاف بین شرایط مختلف استفاده شد. سطح معناداری $P < 0.05$ تعیین شد. میزان اندازه اثر در این پژوهش با استفاده از رابطه d کوهن و در فرمول شماره ۱ محاسبه شد. در این رابطه اگر میزان اندازه اثر، ۰/۲ یا کمتر باشد، نشان‌دهنده تغییرات کم، ۰/۵، تغییرات متوسط و ۰/۸، تغییرات بزرگ می‌باشد. عملیات آماری با نسخه ۲۴ نرم‌افزار SPSS انجام شد.

11. Metatarsal 3
12. Metatarsal 4
13. Metatarsal 5
14. Mid foot
15. Heel medial
16. Heel lateral
17. Shapiro-Wilk
18. Independent t test
19. Bonferroni

20. Body Mass Index (BMI)



طب توانبخشی

تصویر ۲. موقعیت نواحی ۱۰ گانه پا

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار سن، قد، وزن و شاخص توده بدن در ۳ گروه دیابتی، زخم پای دیابتی و سالم

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار		
	سالم	زخم پای دیابتی	دیابت
وزن (کیلوگرم)	۷۲/۴۶ $\pm$ ۴/۹۵	۷۲/۲۳ $\pm$ ۵/۲۹	۷۰/۹۳ $\pm$ ۵/۳۴
قد (سانتی متر)	۱۷۱/۸۰ $\pm$ ۵/۱۰	۱۷۲/۶۳ $\pm$ ۵/۰۴	۱۷۱/۹۳ $\pm$ ۵/۲۷
سن (سال)	۶۸/۳۳ $\pm$ ۶/۷۵	۶۸/۵۰ $\pm$ ۶/۶۹	۶۸/۰۰ $\pm$ ۸/۴۱
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/سانتی متر مربع)	۲۴/۶۲ $\pm$ ۲/۳۰	۲۴/۲۳ $\pm$ ۲/۶۹	۲۴/۰۸ $\pm$ ۲/۶۲

طب توانبخش

بحث

هدف از پژوهش حاضر مقایسه تخلیه فشار کف پای بر اوج فشار در نواحی ۱۰ گانه پا و سرعت راه رفتن در افراد مبتلا به دیابت، زخم پای دیابتی و سالم بود. نتایج نشان داد سرعت راه رفتن در گروه پای زخم دیابتی در مقایسه با پای سالم کاهش معناداری داشت.

نتایج نشان داد اوج فشار در استخوان کف پای سوم (P=۰/۰۰۱)، چهارم (P=۰/۰۲۰)، بخش داخلی (P=۰/۰۰۴) و خارجی (P=۰/۰۰۷) پاشنه در گروه پای زخم دیابتی در مقایسه با گروه دیابتی افزایش معناداری داشت (جدول شماره ۴) (تصویر ۴). همچنین اوج فشار در بخش داخلی (P=۰/۰۱۳) و خارجی (P=۰/۰۱۹) پاشنه در گروه دیابتی در مقایسه با گروه سالم کاهش معناداری داشت (جدول شماره ۴) (تصویر شماره ۴). به علاوه هیچ یک از متغیرهای اوج فشار بین ۲ گروه پای زخم دیابتی و سالم اختلاف معناداری را نشان نداد (جدول شماره ۴).

جدول ۲. بررسی نرمال بودن متغیرها با استفاده از آزمون شاپیروویلک در سه گروه دیابتی، زخم پای دیابتی و سالم

مؤلفه	ناحیه	شاپیروویلک-سطح معناداری			
		دیابتی	زخم پای دیابتی	سالم	
انگشت شست	۰/۹۴۲	۰/۲۱۸	۰/۹۵۶	۰/۳۴۱	۰/۹۹۴
انگشت دوم تا پنجم	۰/۹۴۵	۰/۲۲۶	۰/۹۶۵	۰/۲۵۴	۰/۹۳۸
کف پای اول	۰/۹۸۴	۰/۹۲۱	۰/۹۵۳	۰/۲۰۷	۰/۹۵۷
کف پای دوم	۰/۹۴۷	۰/۱۴۳	۰/۹۵۸	۰/۲۸۳	۰/۹۶۰
کف پای سوم	۰/۹۶۳	۰/۳۶۹	۰/۹۸۵	۰/۹۳۱	۰/۹۸۳
کف پای چهارم	۰/۹۶۴	۰/۳۸۶	۰/۹۴۸	۰/۱۴۶	۰/۹۷۴
کف پای پنجم	۰/۹۵۳	۰/۱۹۸	۰/۹۳۱	۰/۰۵۱	۰/۹۴۶
میانه پا	۰/۹۶۴	۰/۳۹۶	۰/۹۷۵	۰/۶۸۱	۰/۹۷۳
بخش داخلی پاشنه	۰/۹۶۸	۰/۴۹۳	۰/۹۳۸	۰/۰۷۹	۰/۹۸۴
بخش خارجی پاشنه	۰/۹۶۸	۰/۴۸۶	۰/۹۳۴	۰/۰۶۱	۰/۹۴۰
سرعت راه رفتن	۰/۹۴۵	۰/۱۳۳	۰/۹۴۹	۰/۱۵۷	۰/۹۵۰
وزن	۰/۹۵۴	۰/۲۵۴	۰/۹۶۸	۰/۴۸۴	۰/۹۵۱
قد	۰/۹۴۲	۰/۰۸۵	۰/۹۵۱	۰/۱۷۶	۰/۹۴۷
سن	۰/۹۵۰	۰/۱۶۸	۰/۹۴۴	۰/۱۱۴	۰/۹۶۹
شاخص توده بدنی	۰/۹۴۶	۰/۱۳۶	۰/۹۶۸	۰/۴۸۳	۰/۹۷۰

طب توانبخش

جدول ۳. بررسی سرعت راه رفتن در سه گروه دیابتی، زخم پای دیابتی و سالم

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار		سطح معناداری	میانگین $\pm$ انحراف معیار		سطح معناداری	میانگین $\pm$ انحراف معیار		سطح معناداری
	دیابتی	پای زخم دیابتی		سالم	دیابتی		سالم	پای زخم دیابتی	
سرعت (متر بر ثانیه)	۱/۳۳ $\pm$ ۰/۱۹	۱/۲۷ $\pm$ ۰/۱۳	۰/۱۸۲	۱/۳۷ $\pm$ ۰/۱۳	۱/۳۳ $\pm$ ۰/۱۹	۰/۲۷۳	۱/۳۷ $\pm$ ۰/۱۳	۱/۲۷ $\pm$ ۰/۱۳	۰/۰۰۳*

* سطح معناداری $P < 0/05$

طب توانبخشی

را از حالت طبیعی خارج کند [۲۵-۲۷]. همچنین بیان کردند در بیماران دارای زخم پای فعال این حس عضلانی تقریباً به‌طور کامل از بین می‌رود. کاونگا نشان داد مدت زمان اتکای راه رفتن در گروه بیماران زخم پای دیابتی بیشتر از گروه دیابت و سالم بود که می‌تواند نشان‌دهنده کاهش سرعت در این افراد باشد [۲۷].

همچنین نتایج نشان داد اوج فشار در استخوان کف پای سوم، چهارم، بخش داخلی و خارجی پاشنه در گروه پای زخم دیابتی در مقایسه با گروه دیابتی بیشتر بود. به‌علاوه اوج فشار در بخش داخلی و خارجی پاشنه در گروه دیابتی در مقایسه با گروه سالم کمتر بود. نتایج تحقیق حاضر با ون نتن و همکاران [۲۸]، پیو و همکاران [۲۹]، چتوین و همکاران [۲۸] همسو بود. بیشتر بودن میزان فشار کف پای در بیماران مبتلا به دیابت نوروپاتیک و پای زخم دیابتی در مقایسه با سایر بیماران مبتلا به دیابت و همچنین در مقایسه با افراد سالم پیش از این در مطالعات مشابه نشان داده شده بود [۱۰، ۳۰، ۳۱]. یافته‌های بهرامیان و قصیری [۳۲] نشان دادند بیماران مبتلا به دیابت نوروپاتیک به‌ویژه پای زخم دیابتی در اکثر نواحی کف پا (۸ ناحیه از ۱۰ ناحیه مورد بررسی)،

نتایج حاضر با نتایج پتروفسکی و همکاران، کرا و همکاران [۲۱]، المودی و همکاران [۲۲]، سودا و همکاران [۲۰] هم‌سو و با رجحانی شیرازی و همکاران، موستاپا و همکاران [۲۳] ناهمسو است. رجحانی شیرازی و همکاران نشان دادند باوجود این‌که میانگین سرعت راه رفتن در گروه دیابتی از گروه شاهد کمتر بود، اما از نظر آماری معنادار نبود. شاید علت این تفاوت شدت بیشتر نوروپاتی در گروه تحت مطالعه است. پتروفسکی و همکاران بیان کردند سرعت راه رفتن در افراد دیابتی به شکل معناداری از گروه شاهد کمتر بود. بولتون و همکاران نشان دادند در حین راه رفتن، سرعت دوره راه رفتن و درصد زمان صرف‌شده فازی که فرد روی یک پا تحمل وزن می‌کرد؛ در بیماران نسبت به گروه کنترل کوتاه‌تر بود. بیماران ثبات کمتری در راه رفتن نشان دادند و نتیجه گرفته شد که نقصان حس عمقی پاها روی کنترل راه رفتن تأثیر می‌گذارد [۲۴]. محققان به‌منظور درک بهتر عملکرد دوک‌های عضلانی و نقش آن‌ها در درک حس وضعیت و حفظ تعادل نشان دادند که در افراد نوروپاتی دیابتی عملکرد حسی عضلات کم شده که این امر می‌تواند بر تعادل و راه رفتن فرد اثر گذارد و آن‌ها

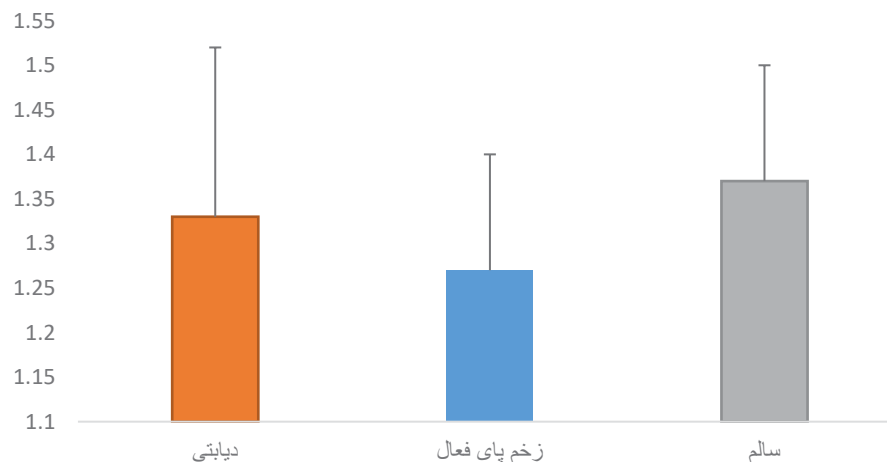
جدول ۴. مقایسه اوج فشار (نیوتن بر مترمربع) در نواحی ده‌گانه پا در سه گروه دیابتی، پای زخم دیابتی و سالم طی راه رفتن

ناحیه	میانگین $\pm$ انحراف معیار		سطح معناداری	میانگین $\pm$ انحراف معیار		سطح معناداری	میانگین $\pm$ انحراف معیار		سطح معناداری
	دیابتی	پای زخم دیابتی		سالم	دیابتی		سالم	پای زخم دیابتی	
انگشت شست	۱۶/۶۱ $\pm$ ۴/۷۷	۱۷/۳۱ $\pm$ ۶/۱۵	۰/۶۲۳	۱۷/۱۲ $\pm$ ۴/۱۶	۱۶/۶۱ $\pm$ ۴/۷۷	۰/۶۶۰	۱۷/۱۲ $\pm$ ۴/۱۶	۱۷/۳۱ $\pm$ ۶/۱۵	۰/۸۸۸
انگشت دوم تا پنجم	۶/۷۸ $\pm$ ۱/۹۵	۶/۹۴ $\pm$ ۲/۰۴	۰/۸۱۵	۶/۶۵ $\pm$ ۲/۰۳	۶/۷۸ $\pm$ ۱/۹۵	۰/۷۹۷	۶/۶۵ $\pm$ ۲/۰۳	۶/۹۴ $\pm$ ۲/۰۴	۰/۶۶۸
کف پای اول	۱۳/۷۹ $\pm$ ۲/۷۲	۱۵/۰۶ $\pm$ ۵/۵۳	۰/۳۰۲	۱۵/۲۸ $\pm$ ۴/۷۳	۱۳/۷۹ $\pm$ ۲/۷۲	۰/۱۸۱	۱۵/۲۸ $\pm$ ۴/۷۳	۱۵/۰۶ $\pm$ ۵/۵۳	۰/۸۷۰
کف پای دوم	۲۱/۲۸ $\pm$ ۶/۱۹	۲۳/۱۴ $\pm$ ۵/۸۷	۰/۲۳۸	۲۲/۹۵ $\pm$ ۶/۱۷	۲۱/۲۸ $\pm$ ۶/۱۹	۰/۳۰۰	۲۲/۹۵ $\pm$ ۶/۱۷	۲۳/۱۴ $\pm$ ۵/۸۷	۰/۹۰۴
کف پای سوم	۱۷/۶۶ $\pm$ ۳/۹۹	۲۱/۹۰ $\pm$ ۴/۲۲	$P < 0/001$	۱۹/۷۶ $\pm$ ۴/۷۸	۱۷/۶۶ $\pm$ ۳/۹۹	۰/۰۷۰	۱۹/۷۶ $\pm$ ۴/۷۸	۲۱/۹۰ $\pm$ ۴/۲۲	۰/۰۷۱
کف پای چهارم	۱۳/۷۹ $\pm$ ۲/۵۱	۱۶/۰۴ $\pm$ ۳/۷۶	۰/۰۲۰*	۱۴/۹۸ $\pm$ ۳/۸۴	۱۳/۷۹ $\pm$ ۲/۵۱	۰/۲۱۷	۱۴/۹۸ $\pm$ ۳/۸۴	۱۶/۰۴ $\pm$ ۳/۷۶	۰/۲۸۳
کف پای پنجم	۹/۵۰ $\pm$ ۲/۹۷	۸/۸۷ $\pm$ ۲/۷۰	۰/۳۸۸	۹/۴۷ $\pm$ ۲/۸۲	۹/۵۰ $\pm$ ۲/۹۷	۰/۹۶۴	۹/۴۷ $\pm$ ۲/۸۲	۸/۸۷ $\pm$ ۲/۷۰	۰/۴۰۱
میانه پا	۶/۷۷ $\pm$ ۱/۷۳	۷/۵۶ $\pm$ ۲/۱۰	۰/۲۲۴	۷/۰۸ $\pm$ ۱/۷۸	۶/۷۷ $\pm$ ۱/۷۳	۰/۴۸۷	۷/۰۸ $\pm$ ۱/۷۸	۷/۵۶ $\pm$ ۲/۱۰	۰/۴۶۷
بخش داخلی پاشنه	۱۸/۵۶ $\pm$ ۳/۷۱	۲۲/۰۹ $\pm$ ۵/۳۳	۰/۰۰۳*	۲۱/۴۰ $\pm$ ۴/۷۴	۱۸/۵۶ $\pm$ ۳/۷۱	۰/۰۱۳*	۲۱/۴۰ $\pm$ ۴/۷۴	۲۲/۰۹ $\pm$ ۵/۳۳	۰/۵۹۸
بخش خارجی پاشنه	۱۶/۶۹ $\pm$ ۳/۶۲	۱۹/۶۸ $\pm$ ۴/۵۸	۰/۰۰۳*	۱۹/۲۰ $\pm$ ۴/۳۸	۱۶/۶۹ $\pm$ ۳/۶۲	۰/۰۱۹*	۱۹/۲۰ $\pm$ ۴/۳۸	۱۹/۶۸ $\pm$ ۴/۵۸	۰/۶۸۲

* سطح معناداری $P < 0/05$

طب توانبخشی

سرعت راه رفتن (m/s)



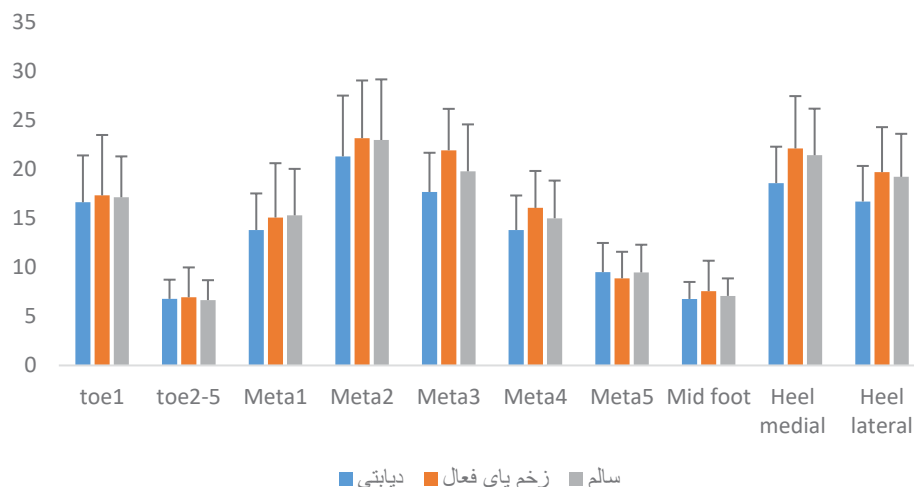
طب توانبخشی

تصویر ۳. مقایسه سرعت راه رفتن در ۳ گروه دیابتی، زخم پای فعال و سالم

برده شده برای ارزیابی‌ها نسبت داد. در این مطالعه، حداکثر فشار کف پای زیر سر استخوان‌های متاتارس ۳ و ۴ و حداقل فشار زیر انگشتان ۲ تا ۵ قرار داشتند [۳۲]. به نظر می‌رسد بیماران مبتلا به دیابت همواره در معرض نیرو و فشارهای بیش از حد قرار دارند و این فشار و نیروهای غیرطبیعی در بیماران زخم پای دیابتی بیشتر می‌باشد. یکی از دلایل احتمالی آن را می‌توان به از دست دادن حس کف پای در بیماران زخم پای دیابتی نسبت داد. نبود حس کف پای منجر خواهد شد تا بیمار اطلاعات درستی از میزان فشارهای وارده به کف پا را دریافت نکند و الگوی نادرست راه رفتن و فعالیت‌های مختلف را به خوبی درک نکند. این مسئله خود منجر به افزایش میزان فشارهای غیرطبیعی به کف پا می‌شود و می‌تواند آسیب‌های جبران‌ناپذیری را در پی داشته باشد. این نتیجه تا حدودی با نتیجه مطالعه استاکز و همکاران انطباق دارد.

فشار بیشتری نسبت به افراد سالم داشتند. کاسلی و همکاران در مطالعه خود به ارزیابی میزان فشار کف پای در ۲۴۸ بیمار مبتلا به دیابت با استفاده از صفحه فشاری پرداختند [۱۰]. آن‌ها بیماران شرکت‌کننده در مطالعه را برحسب شدت نوروپاتی موجود در آن‌ها دسته‌بندی کردند و به ارزیابی میزان فشار کف پای در قسمت قدامی و خلفی پا پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد بیماران مبتلا به دیابت نوروپاتیک و پای زخم دیابتی دارای فشار کف پای بیشتر هم در ناحیه قدامی و هم در ناحیه خلفی پا در مقایسه با بیماران دیابتی فاقد نوروپاتی بودند [۱۰]. نتایج مطالعات مربوط به میزان فشار کف پای بسیار متفاوت است. دلیل آن را می‌توان از یک سو به چگونگی انتخاب بیماران شرکت‌کننده از نظر شدت بیماری، وجود یا عدم وجود نوروپاتی محیطی، وجود یا عدم وجود سابقه زخم کف پای و از سوی دیگر به نوع ابزار به کار

اوج فشار در نواحی ده گانه پا



طب توانبخشی

تصویر ۴. اوج فشار در نواحی ۱۰ گانه پا در ۳ گروه دیابتی، زخم پای فعال و سالم

در ایجاد زخم پای دیابتی‌ها ایفا می‌کند [۱۷]. نتایج نشان داد هرگونه تغییر در پارامترهای راه رفتن و تغییر الگوی فعالیت عضلانی می‌تواند منجر به افزایش فشار کف پای شود [۳۷]. بنابراین، این احتمال وجود دارد که اوج فشار و اوج نیروی بالاتر در افراد مبتلا به زخم پای دیابتی^{۲۱} در هنگام پیاده‌روی به دلیل الگوی راه رفتن تغییر یافته رخ دهد. به علت ساختار متفاوت پا بین افراد، منطقه پرفشار در بین افراد متفاوت است که مطالعه پژوهش‌های گذشته این موضوع را تأیید می‌کنند. تحقیقات نشان داد حداکثر فشار در ناحیه پاشنه در اوایل فاز اتکا^{۲۲} و حداکثر فشار زیر سر استخوان‌های کف‌پایی در اواخر فاز بلند شدن پنجه پا رخ می‌دهد [۳۸]. احتمالاً یکی از دلایل بیشتر بودن اوج فشار کف‌پایی در نواحی ۱۰ گانه پا در گروه پای زخم دیابتی در مقایسه با گروه دیابتی همین مکانیسم‌های گفته شده باشد.

پژوهش حاضر دارای محدودیت‌هایی بود که می‌توان عدم وجود جنسیت مؤنث در نمونه آماری و سرعت خود انتخابی هنگام دویدن اشاره کرد. از سوی دیگر، عدم ثبت کینماتیک و کینتیک اندام تحتانی و تنه از دیگر محدودیت‌های این پژوهش بود. باتوجه به محدودیت‌های تحقیق، پیشنهاد می‌شود تحقیق حاضر بر روی جامعه زنان صورت بگیرد و با جامعه مردان مقایسه شود. همچنین پژوهش‌های با تعداد بیمار بیشتر و با درجات مختلف شدت بیماری و با در نظر گرفتن دوره بازبینی برای مقایسه دقیق‌تر پیشنهاد می‌شوند.

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج تحقیق می‌توان گفت افراد دارای زخم پای دیابتی بیشتر در معرض اوج فشارهای غیرطبیعی در نواحی مختلف کف پا قرار دارند که می‌تواند آسیب‌هایی کلینیکی جبران‌ناپذیری به دنبال داشته باشد. همچنین گروه بیماران دیابتی سرعت راه رفتن کمتری در مقایسه با افراد سالم داشتند که می‌تواند در توان بخشی ارزش کلینیکی داشته باشد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله برگرفته از رساله دکتری محسن جعفرزاده رشته مهندسی پزشکی دانشکده فنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز است و با کد ۱۱۹۴ مورد تأیید می‌باشد.

حامی مالی

این مقاله از پایان‌نامه دکتری استخراج شده است و پایان‌نامه برگرفته از طرح پژوهشی محسن جعفرزاده مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی می‌باشد. این تحقیق هیچ کمک مالی

آن‌ها در مطالعه خود بر روی ۲۲ بیمار مبتلا به دیابت و با کمک دستگاه اندازه‌گیری نیروی اعمالی در سطح تحتانی پا نشان دادند که الگوی اعمال نیرو در سطح تحتانی پا در این بیماران در مقایسه با افراد سالم متفاوت بوده است و در ناحیه قدام پا، حداکثر نیروی اعمالی به قسمت‌های خارجی پا منتقل می‌شود و اعمال نیرو بر روی انگشتان کاهش می‌یابد [۳۳]. اما نتیجه مطالعه ویوز و همکاران حاکی از این بود که بیشترین میزان فشار کف پای زیر سر استخوان متاتارس سوم و بعد از آن زیر سر استخوان متاتارس دوم و سپس زیر انگشتان پا قرار دارد [۱۷].

باکارین و همکاران در مطالعه خود به ارزیابی فشار کف پای در ۳ گروه افراد سالم، بیماران دیابتی و بیماران دیابتی دارای سابقه زخم کف پای پرداختند. آن‌ها با استفاده از کفی‌های دارای حسگر و با تقسیم‌بندی سطح تحتانی پا به ۵ ناحیه مشتمل بر انگشت شست پا، سمت داخل قدام پا، سمت خارج قدام پا، قسمت میانی پا و قسمت پشتی پا نشان دادند که حداکثر میزان فشار کف پای در افراد سالم در سمت داخل قسمت قدام پا و در افراد مبتلا به دیابت و افراد مبتلا به دیابت دارای سابقه زخم کف پای در سمت خارج قسمت قدام پا قرار دارد [۱۸] که به‌نوعی با نتایج تحقیق حاضر همسو می‌باشند.

یکی از دلایل مهم در افزایش اوج فشار در بیماران زخم پای دیابتی می‌تواند تغییرات راه رفتن ناشی از نورروپاتی شدید محیطی باشد. نتایج تحقیقات گذشته نشان داد اوج فشار در نواحی انگشتان ۲-۵ و میانه پا در مواردی در پای زخم دیابتی نسبت به هر ۲ گروه کنترل به‌طور قابل‌توجهی بالاتر بود [۲۹]. یکی از دلایل احتمالی افزایش فشار در این نواحی می‌تواند کاهش سرعت راه رفتن در بیماران مبتلا به زخم پای دیابتی باشد. اختلاف بین گروهی نشان داد سرعت راه رفتن در گروه زخم پای فعال بیشتر از ۲ گروه کنترل بود. افزایش موضعی فشار در کف پا مهم‌ترین عامل خطر مکانیکی زخم پای غیرضربه‌ای بیماران دیابتی می‌باشد [۷]. مطالعات ثابت کردند ارتباط مستقیمی میان ایجاد زخم با افزایش فشار پا وجود دارد [۳۴] که توزیع نامتعادل فشار در کف پا و تکرارپذیری در قسمتی از پا باعث به‌وجود آمدن زخم پای دیابتی می‌شود [۳۵]. اوج فشار در ناحیه‌های پاشنه، متاتارس‌ها و انگشت شست بیماران دیابتی گزارش شده است [۳۵]. مطالعات نشان داد بیشترین زخم شدگی در ناحیه‌های پاشنه، متاتارس‌ها و انگشت شست صورت می‌گیرد [۳۶]. مدت زمان اعمال فشار به‌عنوان عامل خطر ساز دیگر برای ایجاد زخم شناخته شده است و بیمارانی که دارای زخم پا هستند، زمان بیشتری را نسبت به بیمارانی که زخم ندارند در محل اتکای راه رفتن سپری می‌کنند. همچنین انتقال وزن از قسمت پشت پاشنه به سمت قدام با سرعت زیادی انجام می‌شود که باعث اعمال نیرو بیش از اندازه بر استخوان‌های متاتارس می‌شود [۱۹].

جدیدترین مطالعات نشان داد فشار کف‌پایی نقش عمده‌ای

از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیر
انتفاعی دریافت نکرد.

مشارکت نویسندگان

کلیه نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله، مشارکت یکسان
داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان در این مقاله، تعارض منافع وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی افراد شرکت‌کننده و مسئولین آزمایشگاه مرکز
سلامت دانشگاه محقق اردبیلی تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- [1] Shaw JE, Sicree RA, Zimmet PZ. Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2010; 87(1):4-14. [DOI:10.1016/j.diabres.2009.10.007] [PMID]
- [2] Sanjari M, Aalaa M, Amini MR, Mehrdad N, Adibi H, Esfahani EN, et al. Conceptual map of diabetes education: Necessity of establishing iran diabetes academy. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*. 2019; 18(2):729-31. [PMID] [PMCID]
- [3] Mirzaei M, Rahmanian M, Mirzaei M, Nadjarzadeh A, Dehghani Tafti AA. Epidemiology of diabetes mellitus, pre-diabetes, undiagnosed and uncontrolled diabetes in Central Iran: Results from Yazd health study. *BMC Public Health*. 2020; 20(1):166. [DOI:10.1186/s12889-020-8267-y] [PMID] [PMCID]
- [4] Boulton AJ, Vileikyte L, Ragnarson-Tennvall G, Apelqvist J. The global burden of diabetic foot disease. *The Lancet*. 2005; 366(9498):1719-24. [DOI:10.1016/S0140-6736(05)67698-2]
- [5] Janghorbani M, Rezvanian H, Kachoei A, Ghorbani A, Chitsaz A, Izadi F, et al. Peripheral neuropathy in type 2 diabetes mellitus in Isfahan, Iran: Prevalence and risk factors. *Acta Neurologica Scandinavica*. 2006; 114(6):384-91. [DOI:10.1111/j.1600-0404.2006.00716.x]
- [6] Larijani B, Ranjbar H. Overview of diabetic foot; novel treatments in diabetic foot ulcer. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2008; 16(Suppl. 1):1-6. [Link]
- [7] Payne C, Turner D, Miller K. Determinants of plantar pressures in the diabetic foot. *Journal of Diabetes and its Complications*. 2002; 16(4):277-83. [DOI:10.1016/S1056-8727(01)00187-8]
- [8] Boulton AJ, Kirsner RS, Vileikyte L. Neuropathic diabetic foot ulcers. *The New England Journal of Medicine*. 2004; 351(1):48-55. [DOI:10.1056/NEJMcp032966]
- [9] Taghipour M, Abi Kordadeh E, Eslami M. [Review of biomechanical parameters of diabetic foot ulcers (Persian)]. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2016; 23(144):51-67. [Link]
- [10] Caselli A, Pham H, Giurini JM, Armstrong DG, Veves A. The forefoot-to-rearfoot plantar pressure ratio is increased in severe diabetic neuropathy and can predict foot ulceration. *Diabetes Care*. 2002; 25(6):1066-71. [DOI:10.2337/diacare.25.6.1066]
- [11] Kearns B, Rafia R, Leaviss J, Preston L, Brazier J, Palmer S, et al. The cost-effectiveness of changes to the care pathway used to identify depression and provide treatment amongst people with diabetes in England: A model-based economic evaluation. *BMC Health Services Research*. 2017; 17(1):78. [DOI:10.1186/s12913-017-2003-z] [PMID] [PMCID]
- [12] Bus SA, Van Netten JJ, Hinchliffe RJ, Apelqvist J, Lipsky BA, Schaper NC, et al. Standards for the development and methodology of the 2019 International Working Group on the Diabetic Foot guidelines. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. 2020; 36(S1):e3267. [DOI:10.1002/dmrr.3267] [PMID]
- [13] Adiewere P, Gillis RB, Jiwani SI, Meal A, Shaw I, Adams GG. A systematic review and meta-analysis of patient education in preventing and reducing the incidence or recurrence of adult diabetes foot ulcers (DFU). *Heliyon*. 2018; 4(5):e00614. [DOI:10.1016/j.heliyon.2018.e00614] [PMID] [PMCID]
- [14] Elftman N. Clinical management of the neuropathic limb. *JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics*. 1991; 4(1):1-12. [DOI:10.1097/00008526-199110000-00001]
- [15] Birke JA, Novick A, Hawkins ES, Patout Jr C. A review of causes of foot ulceration in patients with diabetes mellitus. *JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics*. 1991; 4(1):13-22. [DOI:10.1097/00008526-199110000-00002]
- [16] Mohamed O, Cerny K, Rojek L, Herbert K, Turner R, Waistell S. The effects of Plastazote® and Aliplast®/Plastazote® orthoses on plantar pressures in elderly persons with diabetic neuropathy. *JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics*. 2004; 16(2):55-63. [DOI:10.1097/00008526-200404000-00005]
- [17] Veves A, Murray H, Young M, Boulton A. The risk of foot ulceration in diabetic patients with high foot pressure: A prospective study. *Diabetologia*. 1992; 35(7):660-3. [DOI:10.1007/BF00400259] [PMID]
- [18] Bacarin TA, Sacco IC, Hennig EM. Plantar pressure distribution patterns during gait in diabetic neuropathy patients with a history of foot ulcers. *Clinics*. 2009; 64(2):113-20. [DOI:10.1590/S1807-59322009000200008] [PMID] [PMCID]
- [19] Merolli A, Uccioli L. Plantar pressure distribution in patients with neuropathic diabetic foot. *Journal of Applied Biomaterials and Biomechanics*. 2005; 3(1):61-4. [PMID]
- [20] Suda EY, Matias AB, Bus SA, Sacco IC. Impact of diabetic neuropathy severity on foot clearance complexity and variability during walking. *Gait & Posture*. 2019; 74:194-9. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2019.09.014] [PMID]
- [21] Kera T, Kawai H, Hirano H, Kojima M, Watanabe Y, Fujiwara Y, et al. Comparison of body composition and physical and cognitive function between older Japanese adults with no diabetes, prediabetes and diabetes: A cross-sectional study in community-dwelling Japanese older people. *Geriatrics & Gerontology International*. 2018; 18(7):1031-7. [DOI:10.1111/ggi.13301] [PMID]
- [22] Almurthi MM, Brown S, Bowling F, Boulton A, Jeziorska M, Malik R, et al. Altered walking strategy and increased unsteadiness in participants with impaired glucose tolerance and Type 2 diabetes relates to small-fibre neuropathy but not vitamin D deficiency. *Diabetic Medicine*. 2017; 34(6):839-45. [DOI:10.1111/dme.13316] [PMID]
- [23] Mustapa A, Justine M, Mustafah NM, Manaf H. The effect of diabetic peripheral neuropathy on ground reaction forces during straight walking in stroke survivors. *Rehabilitation Research and Practice*. 2017; 2017:5280146 [DOI:10.1155/2017/5280146] [PMID] [PMCID]
- [24] Boulton AJ. The diabetic foot: Grand overview, epidemiology and pathogenesis. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. 2008; 24(Suppl 1):S3-6. [DOI:10.1002/dmrr.833] [PMID]
- [25] Kwon OY, Mueller MJ. Walking patterns used to reduce forefoot plantar pressures in people with diabetic neuropathies. *Physical Therapy*. 2001; 81(2):828-35. [DOI:10.1093/ptj/81.2.828] [PMID]
- [26] Hoar A. A case study for off-loading. *Wound Care Canada*. 2008; 6(1):58-9. [Link]

- [27] Cavanagh PR. Therapeutic footwear for people with diabetes. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. 2004; 20 (Suppl 1):S51-5. [DOI:10.1002/dmrr.435] [PMID]
- [28] van Netten JJ, van Baal JG, Bril A, Wissink M, Bus SA. An exploratory study on differences in cumulative plantar tissue stress between healing and non-healing plantar neuropathic diabetic foot ulcers. *Clinical Biomechanics*. 2018; 53:86-92. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2018.02.012] [PMID]
- [29] Pu F, Ren W, Fu H, Zheng X, Yang M, Jan YK, et al. Plantar blood flow response to accumulated pressure stimulus in diabetic people with different peak plantar pressure: A non-randomized clinical trial. *Medical & Biological Engineering & Computing*. 2018; 56(7):1127-34. [DOI:10.1007/s11517-018-1836-x] [PMID]
- [30] Pitei DL, Lord M, Foster A, Wilson S, Watkins PJ, Edmonds ME. Plantar pressures are elevated in the neuroischemic and the neuropathic diabetic foot. *Diabetes Care*. 1999; 22(12):1966-70. [DOI:10.2337/diacare.22.12.1966] [PMID]
- [31] Ctercteko GC, Dhanendran M, Hutton WC, Le Quesne LP. Vertical forces acting on the feet of diabetic patients with neuropathic ulceration. *British Journal of Surgery*. 1981; 68(9):608-14. [DOI:10.1002/bjs.1800680904] [PMID]
- [32] Bahramian H, Ghoseiri K. [Assessment of the foot plantar pressure in type II diabetic patients with mild neuropathy (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2011; 12(2):34-40. [Link]
- [33] Stokes IA, Faris IB, Hutton WC. The neuropathic ulcer and loads on the foot in diabetic patients. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1975; 46(5):839-47. [DOI:10.3109/17453677508989271] [PMID]
- [34] Armstrong DG, Stacpoole-Shea S, Nguyen H, Harkless LB. Lengthening of the achilles tendon in diabetic patients. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. 2000; 82(10):1510. [DOI:10.2106/00004623-200010000-00021] [PMID]
- [35] Van Schie CM. A review of the biomechanics of the diabetic foot. *The International Journal of Lower Extremity Wounds*. 2005; 4(3):160-70. [DOI:10.1177/1534734605280587] [PMID]
- [36] Mueller MJ, Sinacore DR, Hastings MK, Strube MJ, Johnson JE. Effect of achilles tendon lengthening on neuropathic plantar ulcers*: A randomized clinical trial. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 2003; 85(8):1436-45. [DOI:10.2106/00004623-200308000-00003]
- [37] Catalfamo P, Moser D, Ghoussayni S, Ewins D. Detection of gait events using an F-Scan in-shoe pressure measurement system. *Gait & posture*. 2008; 28(3):420-6. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2008.01.019] [PMID]
- [38] Guiotto A, Sawacha Z, Guarneri G, Avogaro A, Cobelli C. 3D finite element model of the diabetic neuropathic foot: A gait analysis driven approach. *Journal of Biomechanics*. 2014; 47(12):3064-71. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2014.06.029] [PMID]