Archives of
Rehabilitation

April 2021. Vol 22. Num 1

Review Paper:

The Effect of Foot Orthosis on the Vertical Component of the Ground Reaction Force While Walking: A Review Study

Seyed Mohammad Mousavi Nodoshan[1], *Ali Reza Taheri[1]

1. Department of Orthotics and Prosthetics, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Mousavi Nodoshan SM, Taheri AR. [The Effect of Foot Orthosis on the Vertical Component of the Ground Reaction Force While Walking: A Review Study (Persian)]. Archives of Rehabilitation. 2021; 22(1):10-27. https://doi.org/10.32598/RJ.22.1.3212.1

https://doi.org/10.32598/RJ.22.1.3212.1

CC BY NC

Received: 10 Jun 2020
Accepted: 29 Oct 2020
Available Online: 01 Apr 2021

Keywords:
Ground Reaction Force, Orthotics, Walking

ABSTRACT

Objective Everyone is required to walk and stand for long time in daily activities, especially in the workplace. As a result, the Ground Reaction Force (GRF) on the components and joints is so great that they sometimes reach several times the weight of the body. These forces can have devastating effects on the feet and ankles. Various studies have suggested different methods and factors for reducing the GRF while walking. The purpose of this study was to identify the different causes of factors and methods affecting the GRF according to the current study.

Materials & Methods This review study was conducted by searching the databases of ProQuest, PabMed, Web of Science, and MBS from 1995 to 2019. The keywords included 'Ground Reaction Force', foot orthosis', 'walking', 'long term standing impact force'. After reviewing the abstract and title of each study by the authors, the criteria for selecting the article were considered. At the control level of each article, based on the main design of the search, from 1 to 5 were scored as randomized control trial, prospective controlled trial (Cohort), case-control, pre/post, observational clinical consensus, respectively. The quality of the articles was evaluated and scored using the Down and Black tool.

Results Out of 82 articles, 21 articles were selected for analysis based on the criteria. Reporting scores, external validity, and internal validity varied between 4-8, 3-1, 5-2, 6-3, 7-4, respectively. From the studies performed on the molding insoles and the change in the loading rate of the maximum vertical GRF, there is a contradiction in proving it. Investigating the effect of foot orthoses in terms of material may lead to a further reduction in plantar.

Conclusion Determining the effect of different components on GRF in the sole of the foot will help us better understand the factors involved in quality of life. The four domains of gender, post, material, and molding had different effects. Due to the lack of articles related to the study of the effect of gender and the creation of posts in the insole on the GRF can not be decisive.

Extended Abstract

Introduction

In a natural gait, the static phase plays an important role due to the foot contact with the ground [1] and the application of the Ground Reaction Force (GRF) [2]. Because according to Newton's third law, the amount of this reaction force is equal to the body weight and in the opposite direction to the force that the body exerts on the ground as a result, the articulated moments created are directly related to the amount of GRF and the vertical distance from the center of force to the joint [3]. The vertical component of ground reaction force to the joint force is of greater

Corresponding Author:
Ali Reza Taheri, PhD.
Address: Department of Orthotics and Prosthetics, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
Tel: +98 (913) 3189373
E-Mail: taheri@rehab.mui.ac.ir

biomechanical importance due to its greater value than the anterior-posterior and internal-external components, as well as its shape of stability in individuals (ground reaction force increases by up to 120% of body weight from the static phase [4, 5]. Improper absorption of the impact forces of the foot on the ground is one of the biomechanical parameters that can cause problems for the foot due to the misalignment of different parts in the lower limb. According to the graph ofthe graph ground reaction force (Figure 1) there are to pwo peak points, there are two peak points [6, 7]; the first peak force is produced by the foot hitting the ground, and the second peak force is produced by the pressure of the toe to the ground [2, 8]. The ground reaction is a good criterion for identifying and classifying people based on the pattern of forces when walking, which can be different in the peak of forces.

In previous studies, the relationship between increasing the vertical component of the GRF and increasing the risk of injury to the body [4-6] has been investigated. If these forces are repeated, there is a possibility of joint damage, especially in continuous weighting [9-14].

Changes in the insoles can also change the lever arm of the GRF [15]. Although based on biomechanical principles and several studies, the use of insoles reduces the first peak of reaction force and loading rate, other studies have reported that insoles increase the first peak of reaction force in healthy people. Even in a study, it has been shown that different insoles have little effect on the kinetic variables of people while walking [16-18]. However, part of these differences is due to the kinetic and kinematic effects of displacement of the pressure center [19].

Effect of factors, such as insole material on the vertical reaction force of the earth has been considered by researchers [15] in some studies. With decreasing insole stiffness, the vertical reaction force of the earth increased [20]; however, in some studies, no significant difference was observed in the effect of insole stiffness [14]. It is unavoidable that vertical forces can be reduced by making interventions in shoes and insoles for easier walking, but it is worth considering that in various studies, there is insufficient instability in different methods and factors on the reaction forces. This study aimed was done to determine the various factors and methods affecting the vertical components of reaction force and loading rates when walking in healthy individuals.

Materials and Methods

The present review study was conducted with extensive search in databases, such as ISI web of knowledge, Embase, PubMed, and Proquest from 1995 to 2019 using the keywords of ground reaction force, foot orthosis, walking, and impact force of long-term standing. To find more relevant articles, the sources of the selected articles were also examined. After reviewing the titles and abstracts of articles focusing on orthoses and GRF by the authors, in addition to answering the characteristics and questions of researchers in the next phase, the following inclusion criteria were considered for selecting and reviewing articles:

1. The article must be in English.

2. The article must be published from 1995 onwards.

3. The parameter measured in each article should be at least one of the parameters considered in the study (walking, foot orthoses, GRF, and vertical components).

The control level of each article was rated 5 to 1 for randomized control trials, prospective controlled trials (cohort), case-control studies, studies with pre/post-test design, and observational consensus-based clinical studies, respectively. Then, the quality of the articles was examined by the Down and Black tool and Pedro index [21, 22]. It should be noted that the accuracy and validity of this test have been proven as a criterion for reviewing and evaluating the quality of research studies. The quality of each article was evaluated separately by two experts, and then, using the Pearson correlation test, the relationship between the results was checked through SPSS V 16 software.

Results

Of the 82 articles obtained, 21 articles met the inclusion criteria (Figure 1). According to Table 1, four domains, including the effect of molding, post, material type, and gender were obtained. Seven articles examined the effect of molding on the GRF, and five articles, directly and indirectly, had examined the effect of the insole with a post on the GRF. The effect of material type on the GRF had been investigated in seven studies. Regarding gender, only two articles had focused on GRF without orthoses.

Some studies on the GRF had focused on unhealthy humans. There was an obvious discrepancy between the molding insoles and the change in the maximum vertical force of the ground reaction loading rate. Regarding the effect of the material, it can also be said that it may lead to a further reduction in the pressure of the sole of the foot. Regarding gender, although women have a higher loading rate in the GRF than men without the use of a device, no study was found on the use of insoles and the effect of gender.

According to the results of the quality evaluation of articles, about half of the studies were randomized clinical

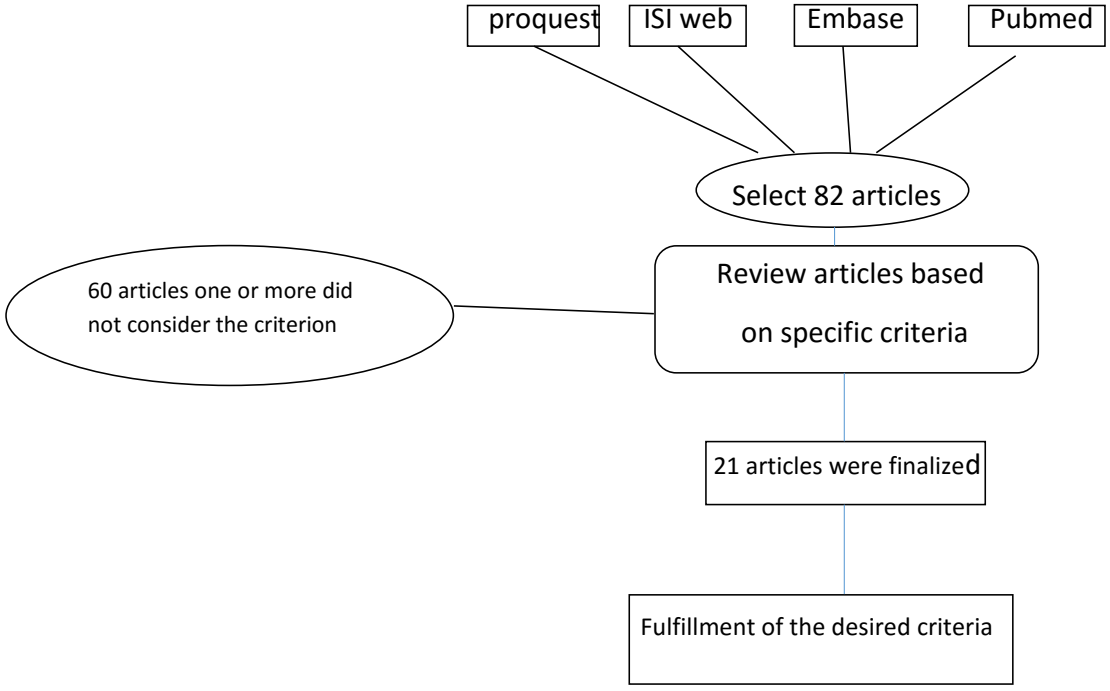


Figure 1. Diagram of how to select the appropriate articles for this research

Archives of
Rehabilitation

trials (rate of 5). The high scoring, external validity, internal validity, and Pedro index all indicated the relatively good level of trust and credibility of the articles.

Discussion and Conclusion

This study was done to investigate the changes in GRF produced by foot orthoses due to different effective factors and methods. Determining the effect of different components on GRF in the foot will help us in prescribing orthoses to increase the quality of life of people. The results showed that the four domains have different effects on the vertical component of ground reaction force.

Impact of molding

One of the features of foot molding for making insoles and shoes is that it creates a relatively complete contact with the sole of the foot, which is effective in reducing the forces and its proper distribution [6]. Molded orthoses with more contact between the foot and orthoses increase shock absorption and decrease GRF. A reduction in the first peak of the vertical ground reaction force by the semi-rigid insole has been able to prevent joint destruction damage to some extent [23] and on the other hand, reduce the pressure of the heel and the inner area of the front of the foot and the impact of forces to a quarter percent compared with without insole [6]. Significant reduction in leg fatigue after wearing these insoles [24] and a reduction in loading rate are evident [23, 25]. In contrast to these studies, Sloss reported a 3% -5% increase in the vertical force component in the first peak by carbon-molded orthoses [26] or MacLean did not observe significant changes in maximum impact force and loading rate with this type of orthosis [27]. The reason why these two studies are different despite proving the biomechanical alteration of the foot in the correct position with the insole may be related to other factors, such as the material and shape of the orthosis.

Post effect

One of the purposes of using foot orthoses is to place the foot and lower limb in a better functional position while maintaining a proper alignment and to improve the absorption impact [16, 28]. In a study combining the two methods of molding and post, a decrease in vertical loading rate was observed. Also, a significant difference in the reduction of the maximum vertical reaction force of the earth and the loading rate of the vertical reaction force of the earth during the static phase was proved by post [29-31]. Rome et al., along with the post, changed the insole material and density and the shape of the insole, and subsequently observed a decrease in loading change [32].

Impact of soft materials

Insole material is one of the factors with a great impact on changing reaction forces. Visco-elastic insoles, by following the physiological structure of the body in the face of exces-

Table 1. Analysis of articles related to orthotics and its effect on ground reaction force

Area	Source	Author and Year of Publication	Subjects and Methodology	Conclusion
The softness of the floor	[38]	Shiba 1995	Evaluation of the effect of shock absorption with three types of insoles, including polymer rubber foam, viscoelastic polymer, and soft rubber on 16 people	There was a significant difference between the three types of insoles in the first peak of the vertical force of the earth, and in the subsequent peaks of this significant difference, between the viscoelastic insole and other insoles.
	[14]	Lin 2012	Investigating the effect of shoes with soft foam insoles, walking on different surfaces in 14 people	The effect of shoes with soft foam insoles on foot discomfort and fatigue - Ground and shoe conditions and prolonged standing affect a person's lower limbs.
	[37]	Alirezaie 2017	Evaluation of the effect of shoe insole density on force components in 15 men with soft, semi-hard, and hard insoles	- Increasing the vertical load of GRF insole with soft shoes - Reducing vertical loading with hard cushion insole
	[39]	Razeghi 2003	Comparison of ground reaction force variables with the insole and cushioned heel and insole on 45 people	The vertical force on the silicone hill pad does not reduce the expected impact force, and the hypothesis that the shock absorption is better by the Hill Cushion is not easily proven.
	[35]	Creaby 2011	Investigation of the effect of Hill Cup insole and insole on the force loading rate in 14 people	Increased loads and forces on the knee are involved in the spread and progression of knee injuries.
	[36]	Miller 1996	Investigation of ground reaction force on 25 people with semi-rigid orthoses without orthoses and standard shoes	The maximum impact force is enough to reduce the vertical component of ground reaction force in the first 20% of the static phase
	[34]	OLeary 2008	Assessing 16 people with custom mold polyurethane insoles and without insoles to indicate how to affect impact absorption	- The shock absorber insole significantly reduces the maximum impact force of the ground on the shoe. - Reducing the reaction force loading rate compared with shoes
Molding	[25]	Maundermann 2003	Investigating the effect of post and molding in 21 people	- Increasing the vertical loading rate with the post and increasing the shock absorption with the molded orthosis - Reducing the vertical loading rate by molding and combining molding and post
	[23]	Eslami M, 2009	Survey of 11 healthy men with shoes and boots with orthoses on the ground reaction force	6% reduction of the semi-rigid insole in the first peak of the vertical reaction force of the ground - Limiting the back foot movements and rotation of the tibia and correcting the torque arm with the orthosis
	[6]	Yung-Hui L, 2005	Evaluation of comfort of 3 types of heel height and 4 types of insoles inside the shoe on the distribution of sole pressure and impact force in 10 women	Reducing heel pressure and impact force with heel pads in high heels
	[28]	MacLean 2006	The effect of molded orthoses on the kinematics of 15 healthy individuals with shoes, and shoes and insoles with posts	No significant change in maximum impact force and loading rate with the orthosis
	[26]	Sloss 2001	Investigation of 10 insoles and three foot orthoses made of polypropylene, carbon on the vertical force of ground reaction	Increasing the vertical component of the force in the first peak with the orthosis and little changes in the second peak
	[27]	MacLean 2006	Investigating the effect of molded orthoses on 15 healthy people with shoes, and shoes and insoles with posts	There are no significant changes in maximum impact force and loading rate with orthoses

Area	Source	Author and Year of Publication	Subjects and Methodology	Conclusion
Post	[32]	Rome 2016	Evaluation of the effects of high-density polyethylene ortho ethylene-vinyl acetate with internal longitudinal arch, long hill cap, and post in 41 patients	This combination of orthosis material was very effective in changing the load and reducing pain
	[29]	Laughton 2003	Investigation of 15 healthy individuals with insoles and orthoses with post and without orthoses on the ground reaction force	Significant reduction in maximum vertical force and loading rate with post orthoses
	[30]	MacLean 2008	Examination of 15 women with insoles in two positions with semi-rigid and low orthosis and without orthosis	Reducing loading rates during insole walking
	[43]	Park 2018	Evaluation of vertical forces in 40 people with orthoses and insoles based on gender	Ground reaction force loading component is higher in women than men at different speeds
	[42]	Chiu 2006	Investigating the effect of walking speed and gender of 30 people with bare feet on the ground reaction force	The short stature of women compared with men to achieve a constant speed increases the maximum loading rate

Archives of
Rehabilitation

sive forces, have the best efficiency in absorbing impact and reducing the reaction forces of the ground [9]. Supporting softness next to a high heel shoe is recommended to control lateral movements and prevent foot injury [33, 34]. In some studies, a significant difference in fatigue and discomfort of people wearing visco-elastic insoles was observed [14, 21, 29]. The reduction of the maximum impact force of the ground and the loading rate has been more than the use of shoes [35], especially at the beginning of the static phase [36]. Alirezaie announced a reduction in the vertical load of GRF with a hard cushion insole and without soft shoes [37].

Contrary to these reports, some studies did not change the characteristics of the GRF in the use of viscoelastic insoles [38] and even soft orthoses, such as silicone pads did not reduce the impact force as expected, and we cannot support the hypothesis that heel cushions provide better shock absorption [39] or orthoses with softer materials than semi-rigid ones do not necessarily lead to a further reduction in sole pressure [40].

This difference in studies suggests that changes in gait parameters, including the GRF, depend on various factors, such as age, type of insole, the material of the shoe, and even the longevity of the soft insole.

The effect of gender

Although the gait parameters in men and women are somewhat different, the gait symmetry, which indicates the level of GRF in each limb, is slightly different between both genders [41]. Min-Chi Chiu stated that because women are shorter than men, they need more muscle activity to achieve a predetermined constant speed, which increases the maximum loading rate compared with men [42]. In one study, the loading component of GRF was higher in women than men despite different speeds [43].

Finally, to achieve more accurate results and resolve the contradiction between studies on the effect of material type and orthosis type mechanism on the vertical components of the reaction force, more research should be done with modern motion analysis systems [44]. One of the reasons for comfort and improvement of life indicators is related to the effect of insole comfort in terms of gender and proper distribution of GRF in the balanced use of leg muscles and absorption of blows caused by walking on feet and ankles. GRF may be affected by foot orthosis, indicating the existence of various and influential factors, such as age, gender, and orthosis preparation method, that should be further studied.

Conclusion

Determining the effect of different components on GRF in the sole of the foot can help us to better prescribe and understand the factors affecting the quality of life. Our results indicated that factors, such as gender, post, molding, and type of material, despite the effect on the GRF, provide different sign. Different variables should be considered in designing and manufacturing foot orthoses using different methods, and also changes in shoes and orthoses are needed o be considered to change the GRF.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This article is a meta-analysis with no human or animal sample. There were no ethical considerations to be considered in this research.

Funding

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

Authors' contributions

Conceptualization and supervision: Ali Reza Taheri; Methodology: Mohammad Mousavi; Investigation, writing – original draft, and writing – review & editing, data collection, data analysis: Both author.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We would like to thank MS Rahmani, the head of the library of the Faculty of Rehabilitation Sciences, for providing us with resources.

This Page Intentionally Left Blank

مقاله پژوهشی:

بررسی تأثیر ارتز پا بر مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین حین راه رفتن

سید محمد موسوی ندوشن[۱]، *علیرضا طاهری[۱]

۱. گروه ارتوز و پروتز، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۲۱ خرداد ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۰۸ آبان ۱۳۹۹
تاریخ انتشار: ۱۲ فروردین ۱۴۰۰

چکیده

هدف هر فرد در طول فعالیت‌های روزمره وخصوصاً موقعیت شغلی ملزم به راه رفتن و ایستادن‌های طولانی است که در نتیجه آن نیروی عکس‌العمل زمین به اجزا و مفاصل بسیار بالاست و این نیروها که گاهی اوقات به چندین برابر وزن بدن می‌رسند در ناحیه پا و مچ پا می‌تواند اثرات تخریبی بر جا بگذارد. تحقیقات مختلف روش‌ها و عوامل متفاوتی را برای کاهش نیروهای عکس‌العمل زمین در هنگام راه رفتن بیان کرده‌اند. هدف ما از این مطالعه مشخص کردن علت‌های متفاوت عوامل و روش‌های تأثیرگذار بر نیروهای عکس‌العمل زمین با توجه به تحقیقات موجود است.

روش بررسی این مطالعه مروری با جست‌وجو در پایگاه‌های داده پرو کوئست، پابمد، وب آو ساینس و ام بیس از سال۱۹۹۵ الی ۲۰۱۹ انجام شد. کلمات کلیدی long term standing Impact force، foot orthosis walking، Ground Reaction Force بودند. پس از بررسی چکیده و عنوان هرمطالعه توسط نویسندگان، معیارهای انتخاب مقاله مورد توجه قرار گرفت. به سطح شاهد هر مقاله بر اساس طرح اصلی جست‌وجو از ۱ تا ۵ به صورت randomized control trial, prospective controlled trial (cohort), case-control, pre/post, observational consensus clinical and به ترتیب امتیاز داده شد. کیفیت مقاله‌ها با استفاده از ابزار Down and Black ارزیابی و امتیازدهی شد.

یافته‌ها از ۸۲ مقاله به‌دست‌آمده بر اساس معیارهای مدنظر، ۲۱ مقاله نهایی برای آنالیز انتخاب شدند. امتیاز گزارش‌دهی، روایی خارجی و روایی خارجی، روایی داخلی (بایاس) و روایی داخلی (مخدوش‌کننده) به ترتیب بین ۴-۸، ۱-۳، ۲-۵، ۳-۶ و ۴-۷ متغیر بودند. در بررسی‌های انجام‌شده روی کفی‌های قالب‌گیری و تغییر نرخ بارگذاری حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین، در میزان تاثیر گذاری روی نیروی عکس العمل زمین تناقض وجود دارد. ارتزهای پایی از نظر جنس متریال ممکن است منجر به کاهش بیشتر فشار کف پا شوند.

نتیجه‌گیری تعیین تأثیر مؤلفه‌های مختلف بر GRF در کف پا ما را در شناخت هر چه بهتر عوامل دخیل در کیفیت زندگی کمک خواهد کرد. چهار حوزه جنسیت فرد، پست، متریال و قالب‌گیری تأثیرات مختلفی از خود نشان دادند. با توجه به کمبود مقالات مرتبط با بررسی تأثیر جنسیت و ایجاد پست در کفی روی GRF تاثیر نوع جنسیت فرد و و وجود پست در کفی در مورد تغییر نرخ بارگزاری روی نیروی عکس العمل زمین قطعی نیست.

کلیدواژه‌ها:
نیروی عکس‌العمل زمین، ارتز، راه رفتن

مقدمه

راه رفتن[1] یک رفتار حرکتی است که متشکل از دو فاز ایستایی[2] (۶۵ درصد) و نوسان[3] (۳۵ درصد) است. فاز ایستایی با تماس پاشنه با زمین شروع می‌شود و تا زمان تماس کف پا با زمین ادامه دارد و نهایتاً با جدا شدن انگشتان از زمین خاتمه می‌یابد [۱]. هنگامی که پا با ضربه‌ای رو به پایین به زمین برخورد می‌کند، نیرویی به سمت بالا از طرف زمین به پا برای کاهش شتاب آن و رسیدن به استراحت اعمال می‌شود که نیروی عکس‌العمل زمین نام دارد [۲]. طبق قانون سوم نیوتن مقدار نیروی عکس‌العمل زمین در راه رفتن برابر با وزن بدن و در جهت مخالف با نیرویی است که بدن به زمین وارد می‌کند. درنتیجه گشتاورهای مفصلی ایجاد می‌شود که با مقدار نیروی عکس‌العمل زمین و فاصله عمودی از مرکز نیرو به مفصل ارتباط مستقیم دارد

1. Gait
2. Stance
3. Swing

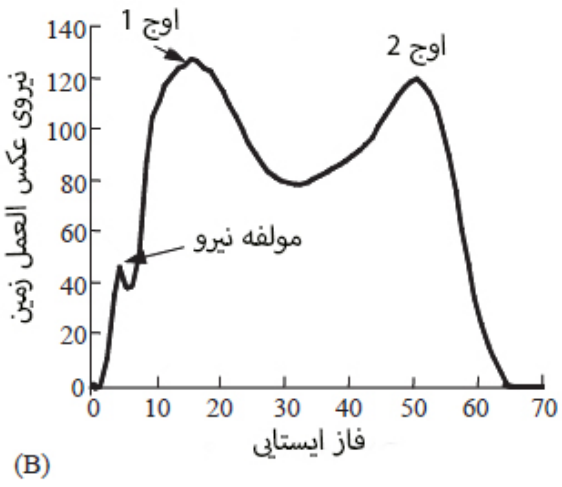
* **نویسنده مسئول:**
دکتر علیرضا طاهری
نشانی: اصفهان، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، دانشکده علوم توانبخشی، گروه ارتوز و پروتز.
تلفن: ۳۱۸۹۳۷۳ (۹۱۳) ۹۸+
رایانامه: taheri@rehab.mui.ac.ir

[۳]. مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین به دلیل مقدار بیشتر نسبت به مؤلفه‌های قدامی خلفی و داخلی خارجی و نیز شکل ثبات آن در افراد، دارای اهمیت بیومکانیکی بیشتری است [۴]. در افراد سالم و در حین قدم زدن در طول زمان ۱۰۰ میلی‌ثانیه از شروع فاز ایستایی، نیروی عکس‌العمل زمین تا حداکثر ۱۲۰ درصد وزن بدن افزایش یافته و سپس به حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد وزن بدن در طول زمان ایستادن روی یک پا می‌رسد [۵]. از جمله پارامترهای بیومکانیکی که می‌تواند تحت تأثیر عدم هم‌راستایی قسمت‌های مختلف در اندام تحتانی قرار گیرد، جذب نامناسب نیروهای برخوردی پا با سطح زمین است که می‌تواند باعث اختلال و مشکلاتی برای پا شود. نمودار تولید نیروی عکس‌العمل زمین در حرکات ارادی دو نقطه اوج و یک نقطه عمق که بین دو اوج قرار دارد در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است [۶، ۷]. نیروی اوج اول هم‌زمان با تماس اندام با سطح و تا ابتدای مرحله تماس کف پا با زمین، که اندام وزن بدن را دریافت می‌کند و با تماس کامل کف پا با زمین، که با فلکشن مفاصل اندام تحتانی خصوصا زانو همراه است تولید می‌شود و درنهایت نیروی اوج دوم با فشار پنجه‌های پا به زمین برای تولید نیروی جلوبرنده، تولید می‌شود. این دو اوج نیرو در راه رفتن به جلو تقریباً یکسان هستند [۲، ۸]. اندازه‌گیری مقدار نیروی عکس‌العمل زمین معیار خوبی برای شناسایی و طبقه‌بندی افراد بر اساس الگوی نیروها در بازه زمانی راه رفتن است که این مسئله در متفاوت شدن نیروهای اوج قابل مشاهده است.

در بخشی از مطالعات پیشین ارتباط بین افزایش مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین و افزایش ریسک آسیب‌های اندام تحتانی و حتی کمر درد بررسی شده است [۴-۶] که تکرار این نیروها ممکن است موجب تخریب مفاصل و آسیب‌های استعمال مفرط[4] نیز بشود [۹، ۱۰]. موضوع جذب ضربه و بزرگی نیروها نیز در زمان برخورد پا با زمین به عنوان عوامل مهمی در ایجاد اختلالات و مشکلات اسکلتی به‌خصوص در بعضی مشاغل که بیشتر باید روی پا وزن‌گذاری داشته باشند مطرح شده است [۱۱-۱۴]. این موضوع بر اهمیت کفی وکفش مناسب و راحت با تأکید بر جذب نیروی‌های ضربه‌ای به منظور کاهش مقادیر نیروی عکس‌العمل در جهت کاهش خطرات و توسعه آسیب‌های مختلف به عنوان یک عامل مهم در طراحی و ساخت کفش‌ها مورد توجه طراحان و سازندگان کفش قرار گرفته است.

کفی‌ها به عنوان قسمتی از درمان آسیب‌های پا، مچ پا و اندام تحتانی محسوب می‌شوند [۱۵] و تغییرات اعمالی در کفی‌ها نیز می‌تواند بازوی اهرمی نیروی عکس‌العمل زمین را تغییر دهد. اگرچه بر اساس اصول بیومکانیکی و تأیید دسته‌ای از مطالعات نشان داده‌شده که استفاده از کفی، اولین قله نیروی عکس‌العمل و نرخ بارگذاری را کاهش می‌دهد، ولی

4. Overuse injuries



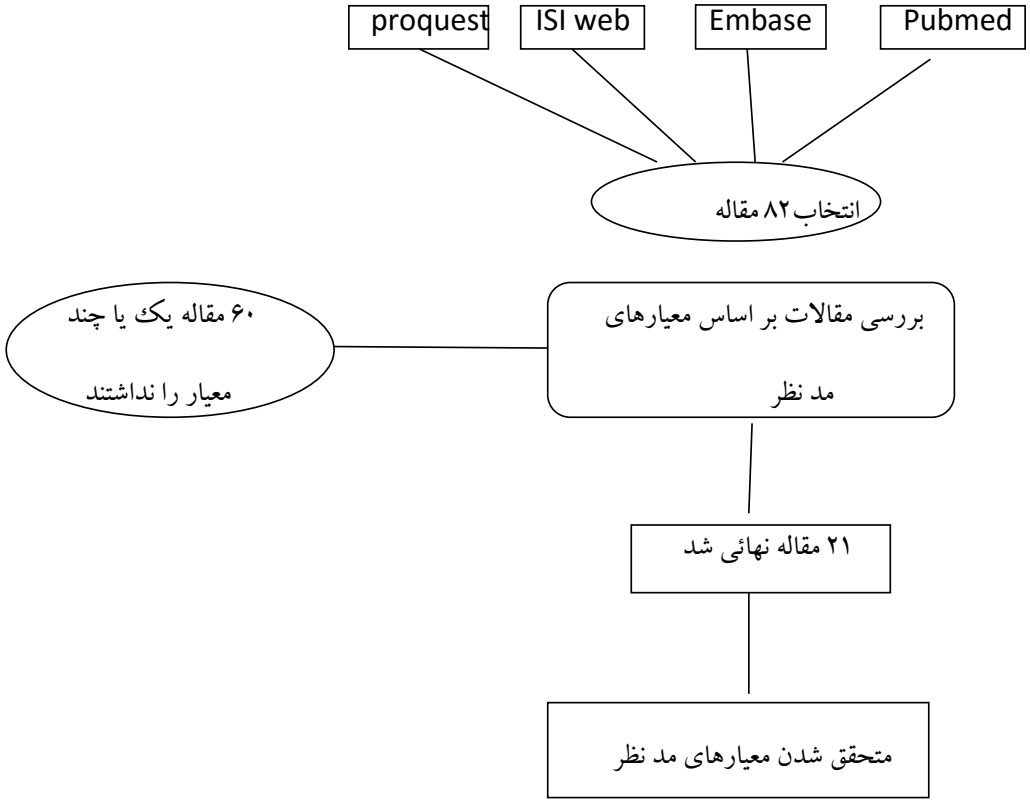
تصویر ۱. نمودار تولید نیروی عکس العمل زمین در حرکات ارادی توانبخشی

مطالعات دیگری هم گزارش کردند که کفی موجب افزایش قله اول نیروی عکس‌العمل در افراد سالم می‌شود، حتی در تحقیقی نشان داده شده که کفی‌های مختلف اثر چندانی بر متغیرهای کینتیکی افراد سالم حین راه رفتن ندارند [۱۶-۱۸]. البته بخشی از این تفاوت‌ها به علت تأثیر پذیری سینتیک و سینماتیک ناشی از جابه‌جایی مرکز فشار است [۱۹].

در این میان تأثیر عوامل دیگری مثل جنس کفی نیز بر نیروی عکس‌العمل عمودی زمین مورد توجه محققین بوده است [۱۵] علی‌رغم اینکه در مطالعاتی اثبات شده که با کاهش سختی کفی، نیروی عکس‌العمل عمودی زمین افزایش می‌یابد [۲۰]، ولی در تحقیقی تأثیر سختی کفی را بر نیروی عکس‌العمل زمین بررسی کردند و تفاوت معناداری ندیدند [۱۴]. اینکه با وجود آسیب‌پذیری در برابر نیروهای عکس‌العمل زمین، می‌توان با ایجاد مداخلاتی در کفش و کفی نیروهای عمودی هنگام راه رفتن را برای یک راه رفتن راحت‌تر کاهش داد مسئله‌ای اجتناب‌ناپذیر است، ولی در مطالعات مختلفی روش‌ها و عوامل متفاوتی را برای کاهش نیروهای عکس‌العمل بیان کرده‌اند و در عین حال یک عدم ثبات و استحکام کافی در مقالات مختلف برای این عوامل و روش‌ها مشاهده می‌شود. این مطالعه با هدف مشخص کردن عوامل و روش‌های مختلف تأثیرگذار برمؤلفه‌های عمودی نیروهای عکس‌العمل و نرخ بارگذاری هنگام راه رفتن در افراد سالم انجام شده است.

روش بررسی

این مطالعه، مطالعه‌ای مروری است که با جست‌وجوی گسترده در پایگاه‌های اطلاعاتیپرو کوئست، پابمد، وب آو ساینس و ام بیس از سال ۱۹۹۵ الی ۲۰۱۹ انجام شد. کلمات کلیدی ground reaction force ،foot orthosis ،walking ،long term



تصویر ۲. نمودار نحوه انتخاب مقالات مناسب این تحقیق

توانبخشی

standing Impact force، برای جست‌وجو انتخاب شدند. برای گستردگی بیشتر محدوده جست‌وجو، از منابع مقالات کشف‌شده جهت یافتن مقالات مرتبط بیشتری استفاده شد. پس از بررسی عناوین و چکیده‌های مقالات با محوریت ارتزهای پا و نیروهای عکس‌العمل زمین توسط نویسندگان، سعی شد در معیار انتخاب، علاوه بر پاسخ‌گویی به مشخصه‌ها و سؤالات مورد نظر محققین در فاز بعدی معیارهای زیر برای انتخاب مقالات مد نظر قرارگیرد:

۱. مقاله حتماً به زبان انگلیسی باشد.

۲. سال انتشار ۱۹۹۵به بعد باشد.

۳. پارامتر اندازه‌گیری‌شده در هر مقاله حداقل یکی از پارامترهای مدنظر در مطالعه (راه رفتن، ارتزهای پا، نیروهای عکس‌العمل زمین، مؤلفه‌های عمودی) باشد.

به سطح شاهد هر مقاله بر اساس طرح اصلی جست‌وجو از ۱ تا ۵ به صورت randomized control trial, prospective controlled trial (cohort), case-control, pre/post, observational consensus clinical and به ترتیب امتیاز داده شد. در ادامه کیفیت مقالات توسط ابزار Down and Black مورد بررسی قرار گرفت [۲۱،۲۲]. درستی و اعتبار این تست به عنوان ملاکی برای بررسی و ارزیابی کیفیت مطالعات پژوهشی ثابت شده است. کیفیت هر مقاله به صورت مجزا توسط دو کارشناس و سپس توسط آزمون همبستگی پیرسون ارتباط بین نتایج با کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ بررسی شد.

یافته‌ها

از جست‌وجوی کلیدواژه‌ها، ۸۲ مقاله به دست آمد که پس از بررسی کامل مقالات بر اساس معیارهای مد نظر، ۲۱ مقاله نهایی برای آنالیز انتخاب شدند (تصویر شماره ۲). از مجموع مقالات انتخابی چهار حیطه تأثیر قالب‌گیری، پست، جنس متریال و جنسیت فرد بدست آمد. از ۲۱ مطالعه نهایی هفت مقاله تأثیر قالب‌گیری را روی نیروی عکس‌العمل زمین بررسی کرده بودند. از پنج مقاله که تأثیر کفی دارای پست را روی نیروی عکس‌العمل زمین بررسی کرده بودند سه مقاله مستقیم و دو مقاله به صورت غیرمستقیم به این موضوع پرداخته بودند. از دیگر عوامل تأثیرگذار، جنس متریال به‌کاررفته در ارتز بود که هفت مطالعه این تأثیر را روی نیروی عکس‌العمل زمین بررسی کرده بودند. در خصوص جنسیت افراد صرفاً دو مقاله بر تأثیر آن‌ها در GRF تمرکز داشتند.

اگرچه اغلب مقالات نیروی عکس‌العمل زمین را روی عوامل مختلف بررسی کرده بودند، ولی بخشی از مطالعات روی انسان سالم و بخشی روی اختلالات پا متمرکز بودند. از بررسی‌های انجام‌شده روی کفی‌های قالب‌گیری و تغییر نرخ بارگذاری

جدول ۱. تحلیل مقالات مرتبط با ارتز و تأثیر آن روی نیروی عکس‌العمل زمین

نتیجه‌گیری	روش کار و اندازه‌گیری و غیره	مداخله	موضوع	نویسنده و سال انتشار	منبع
اختلاف معناداری بین هر سه نوع کفی در قله اول نیروی عمودی زمین وجود داشت و در قله‌های بعدی این اختلاف معنادار بین کفی ویسکوالاستیک با بقیه وجود داشت	انجام تست روی شانزده فرد بدون علامت	کفی در سه نوع فوم لاستیکی پلیمری، پلیمر ویسکوالاستیک و لاستیک نرم	بررسی تأثیر جذب شوک از طریق متریال کفی در مدیریت اختلالات اندام تحتانی	Shiba, 1995	[۳۹]
کفش‌های با کفی فومی نرم به طور قابل توجهی بر روی ناراحتی و خستگی پاها تأثیرگذار است. شرایط زمین و کفش و ایستادن طولانی‌مدت، روی اندام تحتانی فرد تأثیر می‌گذارد.	چهارده نفر که در هر شیفت کاری چهار ساعت سرپا کار می‌کردند در دو حالت تغییر شرایط زمین و تغییر کفش بررسی شدند	راه رفتن روی سطوح مختلف با کفش دارای کفی فومی نرم	بررسی تأثیرات کفش‌های با کفی فومی نرم و سطوح مختلف زمین بر ناراحتی کارگران در محیط کار	Lin, 2012	[۱۴]
کاهش قابل توجه خستگی پاها (۶۸ درصد) در پایان روز پس از پوشیدن کفی، هیچ بهبودی‌ای در ناراحتی درد پشت مشاهده نشد. ۶۰ درصد افراد هنگام استفاده از کفی در محیط کار، راحت‌تر بودند	۱۲۲ پلیس برای پنج هفته به طور متوسط روزی ۷ ساعت این کفی را پوشیدند.	کفی قالب‌گیری‌شده	بررسی تأثیر کفی جاذب ضربه بر کاهش ناراحتی‌های پا پس از کار	Sobel, 2001	[۲۵]
کفی در کفش نرم ممکن است ارتفاع پرش را تسهیل کند، اما میزان بارگذاری عمودی GRF را افزایش می‌دهد میزان بارگذاری عمودی GRF به میزان قابل توجهی با کفی از نوع بالشتک سخت کاهش می‌یابد.	پانزده مرد سالم با سه نوع کفی نرم و نیمه‌سخت و سخت مقایسه و داده‌های کینماتیک و GRF در آن‌ها بررسی شد	کفی نرم و نیمه‌سخت و سخت	تأثیر دانسیته کفی کفش روی مؤلفه‌های نیرو و عملکرد در طی پرش	Alirezaie, 2017	[۳۸]
هیل پدهای سیلیکونی impact force را آن‌گونه که انتظار می‌رود کاهش نمی‌دهد و فرضیه بهتر بودن جذب شوک توسط هیل کاشن براحتی قابل اثبات نیست استفاده از ارتزهای پا باعث قراردادن پا و اندام تحتانی در وضعیت عملکردی بهتر با حفظ یک راستای مناسب و در جهت بهبود جذب ضربه است.	با هر سه حالت تست راه رفتن را روی تخته نیرو انجام دادند. ۴۵فرد سالم	1. Heel posting 2. Heelcushioning 3. No insole	مطالعه مقایسه بین سه بردار متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین در حالت استفاده از کفی و بدون کفی در حین راه رفتن انجام شده است.	Razeghi, 2003	[۴۰]
۱. افزایش بارها و نیروهای وارده بر زانو در گسترش و پیشرفت آسیب‌های زانو دخیل است. ۲. استفاده از کفی برای اختلالات اسکلتی عضلانی مختلف، ممکن است مفید باشد	تأثیر نیروی عکس‌العمل زمین روی زانو در چهارده نفر با سه نوع کفی	1. No insole 2. Flat material insole 3. Heel-cup insole	بررسی اثر دو نوع کفی روی نرخ بارگذاری نیرو در طول راه رفتن	Creaby, 2011	[۳۶]
پست باعث افزایش نرخ بارگذاری عمودی و افزایش گشتاور چرخش خارجی روی زانو می‌شود. قالب‌گیری و ترکیب قالب‌گیری و پست باعث کاهش نرخ بارگذاری عمودی می‌شود. ارتزهای قالب‌گیری‌شده به علت ایجاد تماس بیشتر بین فوت و ارتز باعث افزایش جذب شوک می‌شود	۲۱ نفر با کفی‌های مختلف روی زمین راه رفتند و با گروه کنترل مقایسه شدند.	1. Medial posting 2. Custom-molding 3. Medial posting and custom molding	بررسی تأثیر پست و قالب‌گیری روی کینتیک و کینماتیک اندام تحتانی	Maundermann, 2003	[۲۶]
زنان با توجه به اینکه قد کوتاه‌تری نسبت به مردان دارند برای رسیدن به سرعت ثابت از پیش تعیین‌شده نیازمند فعالیت بیشتر عضلات هستند که این مسئله باعث افزایش حداکثر نرخ بارگذاری نسبت به مردان می‌شود.	سی نفر با پای برهنه در دو گروه پانزده‌نفره زن و مرد با سرعت ۳، ۴ و ۵ متر بر ثانیه راه رفتند. از صفحه نیرو برای اندازه‌گیری نیروی عکس‌العمل استفاده شد.	راه رفتن با پای برهنه	بررسی تأثیر سرعت راه رفتن، جنسیت روی فعالیت عضلانی و نیروی عکس‌العمل زمین و هنگام راه رفتن نرمال	Chiu, 2006	[۴۳]
پوشیدن کفی نیمه‌سخت باعث کاهش ۶درصد در پیک اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین می‌شود. محدود کردن حرکات عقب پا و چرخش تیبیا توسط فوت ارتز می‌تواند باعث کاهش فعالیت عضلانی و اصلاح بازوی گشتاوری آن‌ها شود.	یازده مرد سالم در دو حالت با کفش و کفش همراه با ارتز پا در مسیر ۱۰متری راه رفتند. از ویدئو و صفحه نیرو برای اندازه‌گیری استفاده شد.	۱. راه رفتن با صندل با سه استرپ ۲. راه رفتن با کفش + کفی نیمه‌سخت قالب‌گیری‌شده (custom-molding) P.P 3mm	بررسی تلفیر فوت ارتز بر روی بزرگی و زمان حرکات عقب پا و تیبیا و نیروی عکس‌العمل زمین و گشتاورهای زانو	Eslami, 2009	[۲۴]
ارتزهای پا که از مواد نرم ساخته شده‌اند، ممکن است منجر به کاهش بیشتر فشار کف پا نسبت به ارتزهای پا ساخته‌شده از مواد نیمه‌سخت و سخت شود	بررسی انواع ارتزهای پا از لحاظ جنس کفی‌ها بر روی افراد در مطالعات مختلف	مقالاتی که نوع متریال از لحاظ جنسیت و انواع ارتزهای پا و تغییرات در ارتزهای پا بررسی شده	مرور نظام‌مند در خصوص میزان تأثیر ارتزهای پا در افراد	Tenten, 2019	[۴۱]

منبع	نویسنده و سال انتشار	موضوع	مداخله	روش کار و اندازه‌گیری و غیره	نتیجه‌گیری
[۶]	Yung-Hui, 2005	بررسی تأثیر ارتفاع پاشنه و فوت ارتز روی توزیع فشار کف پایی و نیروی ضربه‌ای و راحتی در ره رفتن	سه نوع ارتفاع پاشنه مختلف چهار نوع کفی مختلف داخل کفش (1) shoe only; (2) heel cup; (3) arch support; (4) metatarsal pad; (5) TCI *** custom fabricated***	۱۰ زن Pressure distributions were measured using the Pedar in-shoe pressure measurement system. از آزمون VAS برای سنجش راحتی کفش و کفی استفاده شد	افزایش ارتفاع پاشنه باعث افزایش نیروی ضربه‌ای و فشار قسمت قدامی داخلی پا و احساس ناراحتی هنگام راه رفتن می‌شود. استفاده از یک heel pad یا TCI در کفش پاشنه بلند باعث کاهش فشار پاشنه و نیروی ضربه‌ای می‌شود. پوشدن کفش پاشنه بلند برای پیاده‌روی باعث ایجاد و انتقال امواج شوک به سیستم اسکلتی می‌شود
[۳۴]	OLeary, 2008	بررسی تأثیر چگونگی کاهش impact با استفاده از force کفی جاذب ضربه	کفی custom mold از جنس پلی اورتان با ضخامت 6mm در پاشنه و 3mm در قسمت جلوی پا	شانزده نفر با سرعت دلخواه در دو حالت با کفی و بدون کفی پنج مرتبه تست راه رفتن در مسیر ۱۵متری روی صفحه نیرو انجام دادند.	۱. با استفاده از کفی جاذب ضربه باعث کاهش چشمگیر حداکثرضربه نیروی عکس‌العمل زمین نسبت به حالت استفاده از کفش می‌شود (۶/۸ درصد). ۲. نرخ بارگذاری نیروی عکس‌العمل ۸/۳ درصد نسبت به حالت استفاده از کفش کاهش یافته است. استفاده از کفی جاذب ضربه یک مکانیسم پیشنهادی برای کاهش شوک ضربه به منظور جلوگیری از آسیب‌هایoveruse است.
[۳۳]	Rome, 2016	بررسی تأثیرات بالینی ارتز بر روی بیماران روماتوییدی	foot orthoses (CMFOs) and simple insoles (SIs	۴۱ شرکت‌کننده از ارتز اتیل وینیل استات با چگالی بالا و تراکم ۵۰، همراه با قوس طولی داخلی هیل کپ بلند و پست داخلی خارجی استفاده کردند	ارتز با چگالی و تراکم بالا همراه با قوس طولی داخلی، هیل کپ بلند و پست داخلی خارجی در تغییر بارگذاری و کاهش درد بسیار مؤثر بود
[۲۳]	King, 2002	مقایس اثر کفی داخل کفش و شرایط کفپوش زمین براحساس خستگی و ناراحتی ناشی از ایستادن در کارگران	کفی‌های ویسکوالاستیک	۲۷ نفر برای یک هفته روزی ۸ ساعت با هرگام از شرایط زیر کار کردند: (1) On hard floor (wood block) (2) On a floor mat (3) Wearing shoe in-soles (4) Wearing shoe in-soles while standing on a floor mat.	۱. تفاوت معناداری در خستگی و ناراحتی افراد با پوشیدن کفی ویسکو الاستیک با floor mat مشاهده شد. ۲. به طور کلی میزان ناراحتی و خستگی در حالت پوشیدن کفی همراه با کار کردن روی مت، در پایین‌ترین حد گزارش شده است. کفی‌های ویسکو الاستیک علائم بیماری‌های تخریب مفصلی را کاهش می‌دهند
[۱۷]	Nester, 2003	بررسی تأثیر گوه داخلی و خارجی روی کینماتیک و گشتاورهای روی مفاصل و نیروی عکس‌العمل زمین	3 mm basemate-rialmanufactured fromEVA	۱۵ نفر که ۱۰مرتبه با سرعت۱۰۸ step/min با هر کدام از شرایط زیر راه رفتند. 1- Shod 2- Shod with medially wedged foot orthose 3- Shod with laterally wedged foot orthoses	تأثیر عمده ارتزها روی مؤلفه داخلی خارجی نیرو و مخصوصا قله اول نیرو بود. تأثیر قابل ملاحظه‌ای روی نیروی عمودی مشاهده نشد.
[۳۱]	MacLean, 2008	بررسی تأثیرات کوتاه‌مدت و بلندمدت استفاده از فوت ارتزها بر کینماتیک اندام تحتانی	Semi-rigid Custom Foot Orthotic (CFO) post	پانزده زن پس از شش هفته پوشیدن کفی در دو حالت با ارتز و بدون ارتز تست دادند.	نرخ بارگذاری طی راه رفتن با استفاده از کفی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.
[۳۷]	Miller, 1996	بررسی تأثیر ارتز اصلاح‌کننده عقب پا روی نیروی عکس‌العمل زمین	1. Semirigid functional rearfootorthoses 2. Standard shoe only	بررسی نیروی عکس‌العمل زمین روی ۲۵ نفر در دوحالت با ارتز و بدون ارتز که در هر حالت ۱۰ مرتبه روی تخته نیرو راه رفتند.	بیشترین تأثیر کفی در کاهش مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین در ۱۰ الی ۲۰ درصد اول فاز استنس مشاهده شد.
[۴۴]	Park, 2018	تفاوت جنسیت در مؤلفه عمودی عکس‌العمل زمین	Foot Orthoses (CMFOs) and Simple Insoles (SIs)	نیروهای عمودی وارده از زمین در چهل مرد و زن در سرعت‌های مختلف بررسی شد	مؤلفه بارگذاری GRF در زنان نسبت به مردان علی‌رغم سرعت‌های مختلف بیشتر است

منبع	نویسنده و سال انتشار	موضوع	مداخله	روش کار و اندازه‌گیری و غیره	نتیجه‌گیری
[۳۰]	Laughton, 2003	تأثیر ارتز نیمه سخت را روی نیروی عکس‌العمل زمین	1- Foot orthotic devices were fabricated from a non-weight-bearing,neutral positioned plaster cast. ۲-همه کفی‌ها دارای یک varus post میباشند of 6°	۱۵ فرد سالم با دو حالت با ارتز و بدون ارتز روی صفحه نیرو با سرعت دلخواه راه رفتند.	کاهش معناداری در حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری نیروی عمودی عکس‌العمل زمین با ارتز دارای پست وجود دارد
[۲۸]	MacLean, 2006	در بررسی تأثیر ارتزهای قالب‌گیری شده پا روی کینتیک‌های اندام تحتانی	1- Shoe only 2- Shoe + custom foot orthotic	۱۵ فرد سالم با دو حالت با کفش و حالت کفش و کفی با پست هر کدام ۵مرتبه روی صفحه نیرو راه رفتند.	تغییرات معنی داری در حداکثر نیروی ضربه ای و نرخ بارگذاری با ارتز وجود ندارد
[۲۷]	Sloss, 2001	بررسی اثر ارتز فانکشنال پا روی نیروی عمودی عکس‌العمل زمین، در طول راه رفتن	ارتزها از موادمختلفی مانندپلی پروپیلن،پلی دوروکربن فایبرساخته شدند. custom fabricated	۱۰نفر پس از تا۶ هفته پوشیدن کفی‌ها با ۳ فوت ارتز از جنسهای مختلف روی صفحه نیرو راه رفتند.	افزایش ۵%–۳% درجزء عمودی نیرو درقله اول هنگام پوشیدن ارتز ، تغییر در قله ی دوم بسیار کمتر بود (۰/۸۰%–۰/۵۱%)

توانبخشی

حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین مشخص شد که در میزان تاثیر گذاری روی نیروی عکس العمل زمین تناقض وجود دارد. در بررسی تأثیر ارتزهای پا از نظر جنس متریال می‌توان گفت که ممکن است این ارتزها منجر به کاهش بیشتر فشارکف پا شود. در مورد نوع جنسیت علی رغم اینکه زنان نسبت به مردان بدون استفاده از وسیله، نرخ بارگزاری بیشتری در نیروی عکس‌العمل زمین دارند ولی مطالعه‌ای در خصوص استفاده از کفی و تأثیر جنسیت یافت نشد.

همچنین مشخصات مربوط به هر مقاله نهایی‌شده که شامل تعداد شرکت‌کننده و روش بررسی و نتایج هرکدام است به صورت خلاصه در جدول شماره ۱ آورده شده است. با توجه به نتایج ارزیابی کیفیت مقالات که در جدول شماره ۲ نشان داده شده است، سطح شاهد بین ۲ و ۵ متغیر بود. به طوری که حدود نیمی از مطالعات آزمایش‌های بالینی تصادفی (سطح شاهد ۵) بودند. طبق این جدول امتیازگزارش‌دهی، روایی خارجی، روایی داخلی (بایاس)، روایی داخلی (مخدوش‌کننده) بترتیب بین، ۳-۱، ۸-۴، ۶-۳، ۵-۲ و۷-۴ متغیر بودند. مجموع این دامنه‌ها نشان‌دهنده میزان اعتماد و اعتبار نسبتاً خوب مقالات است.

امتیاز نهایی ناشی از ارزیابی کیفیت مقالات در سطوح مختلف خوب تا ضعیف با PEDro انجام می‌شود. در جدول شماره ۲ بیان شده است [۲۲].

بحث

هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات در نیروی عکس‌العمل زمین (Ground Reaction Force) تولید شده توسط ارتزهای پا با توجه به عوامل و روش‌های مختلف تأثیرگذار است. درحقیقت تعیین تأثیر مؤلفه‌های مختلف بر GRF در پا ما را در تجویز ارتز برای افزایش کیفیت زندگی افراد کمک خواهد کرد. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که چهار حوزه (یکی انسانی و سه نوع دیگر مربوط به ساختار کفی) علائم مختلفی و تأثیرات متفاوتی بر مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین از خود نشان می‌دهند.

موضوع جذب ضربه در هنگام برخورد پا با زمین و بزرگی نیروهای وارده تا ۱۲۰ درصد وزن بدن در افراد، به‌خصوص کسانی که ملزم به ایستادن طولانی‌مدت هستند، امری است که می‌تواند عامل بزرگ و مهمی در ایجاد اختلالات و ضایعات در اندام تحتانی و حتی مفاصل بالاتر باشد [۱۴، ۲۳].

از طرف دیگر تأثیر بیومکانیکی کفی‌ها و اصلاحات کفش باعث می‌شود پا و اندام تحتانی در وضعیت بهتر قرار گرفته و درنتیجه استرس‌های اعمالی روی بافت‌های نرم فعال و غیرفعال پا و اندام تحتانی به حداقل رسانده شود و این مهم در تجربه شخصی افرادی که زیر پای خود را با فوم یا جنس نرم دیگری پدگذاری کرده تا از خستگی و استرس در ناحیه کمر و پاهای خود پیشگیری کنند نیز دیده می‌شود [۱۶]. بنابراین طراحی و ساخت ارتزهای پا با روش‌های مختلف از جمله قالب‌گیری و در نظر گرفتن عواملی مثل جنس ارتز و شکل آن می‌تواند از اختلالات مختلف وآلام ایجادشده بکاهد، به عبارت دیگر با تغییرات در کفش و ارتز می‌توان مشکلات ناشی از تغییر GRF را تا حد ممکن کاهش داد [۷].

تأثیر قالب‌گیری بر نیروی عکس‌العمل زمین

از ویژگی‌های قالب‌گیری از پا برای ساخت کفی و کفش این است که تماس نسبتاً کاملی (هم کفی و هم کفش) را با کف پا ایجاد می‌کند و این خود در کاهش نیروهای وارده و توزیع مناسب آن نقش مؤثری دارد. از طرفی می‌دانیم که انتقال امواج

جدول ۲. بررسی کیفیت مقالات

منبع	مؤلف	سطح شاهد	گزارش‌دهی	روایی خارجی	روائی داخلی (بایاس)	روایی داخلی (مخدوش‌کننده)	امتیاز PEDRO
[۲۳]	King	۵	۷	۲	۵	۵	6 (good)
[۶]	Yung- hui	۵	۷	۳	۵	۵	5 (fair)
[۳۰]	Laughton	۳	۷	۳	۵	۶	7 (good)
[۲۸]	Maclean	۲	۷	۲	۵	۵	6 (good)
[۲۷]	Sloss	۵	۵	۲	۴	۴	6 (good)
[۱۷]	Nester	۵	۶	۲	۵	۴	6 (good)
[۴۳]	Chiu	۳	۸	۲	۳	۵	4 (fair)
[۲۴]	Eslami	۳	۵	۲	۵	۵	4 (fair)
[۳۹]	Shiba	۲	۶	۳	۴	۴	3 (poor)
[۱۴]	Lin	۵	۵	۳	۳	۴	5 (fair)
[۳۶]	Creaby	۳	۵	۲	۴	۵	5 (fair)
[۳۱]	MacLean	۳	۶	۲	۴	۵	5 (fair)
[۲۵]	Sobel	۵	۴	۲	۴	۴	4 (fair)
[۴۰]	Razaghi	۲	۶	۱	۴	۴	5 (fair)
[۲۶]	Munderman	۵	۷	۳	۵	۴	6 (good)
[۴۴]	Park	۳	۷	۳	۵	۶	۷ (good)
[۳۸]	Alirezaee	۳	۶	۳	۴	۵	6 (good)
[۴۱]	Tenten	۵	۵	۳	۴	۴	3 (poor)
[۳۳]	Rome	۲	۶	۳	۴	۴	3 (poor)
[۳۴]	Voloshin	۵	۵	۲	۴	۵	5 (fair)
[۳۷]	Miller	۳	۶	۲	۳	۴	4 (fair)

توانبخشی

شوک به بدن می‌تواند باعث عوارض درد پا و کمر و درنهایت اخلالات تخریبی مفاصل شود [۶]. این قابلیت در ارتزهای قالب‌گیری شده وجود دارد که با ایجاد تماس بیشتر بین پا و ارتز باعث افزایش جذب شوک و کاهش GRF شود. در مطالعه ای کاهش ۱۰-۲۰درصدی اوج اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین توسط کفی گزارش شده است که کاهش ۶درصدی در اوج اول نیروی عمودی عکس‌العمل زمین با پوشیدن کفی نیمه‌سخت قالب‌گیری‌شده توانسته از آسیب‌های تخریب مفصلی تا حد قابل ملاحظه‌ای جلوگیری کند [۲۴]. در مطالعه‌ای نشان داده شد که کفی با تماس کامل می‌تواند فشار پاشنه را تا ۲۵ درصد و فشار ناحیه داخلی جلوی پا را تا ۲۴ درصد و نیروی‌های ضربه‌ای را ۳۳/۲ درصد نسبت به حالت بدون کفی کاهش دهد [۶]. کاهش قابل توجهی در خستگی پاها (۶۸ درصد) درپایان روز پس از پوشیدن کفی‌های قالب‌گیری‌شده گزارش شده است، اما هیچ بهبودی در ناراحتی درد کمر یا درد ران مشاهده نشده است [۲۵]. از طرف دیگر تغییر نرخ بارگذاری برای یک راه رفتن راحت و بدون خستگی لازم است و این امر را درکفی‌های قالب‌گیری‌شده که باعث کاهش نرخ بارگذاری حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین شدند، می‌توان مشاهده کرد [۲۴، ۲۶].

برخلاف این مطالعات، اسلوس[5] در تحقیق خوداعلام کرد پوشیدن ارتز قالب‌گیری‌شده از جنس کربن باعث افزایش ۳-۵درصدی مؤلفه عمودی نیرو در قله اول می‌شود [۲۷]. همچنین مکلین[6] در بررسی تأثیر قالب‌گیری روی نیروی عکس‌العمل زمین، تغییرات

5. Sloss
6. MacLean

معنی‌داری در حداکثر نیروی ضربه‌ای و نرخ بارگذاری با استفاده ارتز را مشاهده نکرد [۲۸]. اینکه چرا این دو دسته مطالعه علی‌رغم اثبات تغییر و اصلاح بیومکانیکی راستای پا در وضعیت صحیح با کفی قالب‌گیری‌شده با یکدیگر متفاوت هستند، به عوامل دیگری مثل جنس و شکل ارتز مرتبط است.

تأثیر پست بر نیروی عکس‌العمل زمین

یکی از اهداف استفاده از ارتزهای پا قرار دادن پا و اندام تحتانی در وضعیت عملکردی بهتر با حفظ یک راستای مناسب و در جهت بهبود جذب ضربه است [۱۶]. از آنجایی که هرگونه تغییر در GRF به راحتی در مفاصل بالاتر، به‌خصوص زانو قابل مشاهده است [۲۹] در سال ۲۰۰۳ ماندر من[7] تغییر نیروی عکس‌العمل زمین را با ایجاد پست در کفی نشان داد. بدین صورت که افزایش حداکثر نیروی ضربه‌ای و نیروی عمودی عکس‌العمل زمین به همراه افزایش گشتاور چرخش خارجی روی زانو به راحتی قابل مشاهده است و همین تغییرات در ابعاد کوچک‌تر در ناحیه پا هم وجود دارد. در مطالعه‌ای دیگر با ترکیب دو روش قالب‌گیری و پست، کاهش نرخ بارگذاری عمودی مشاهده شد [۲۶]. همچنین در مطالعه‌ای تفاوت معناداری در کاهش حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در طول فاز ایستایی با استفاده از ارتز دارای پست مشاهده شد [۳۰، ۳۱]. تأثیر بالینی این نوع تغییرات نیز صرف نظر از محل آسیب تا حد زیادی قابل اثبات است [۳۲]. اینکه آیا با پست به‌تنهایی و یا با مجموعه‌ای از تغییرات در کنار پست می‌توان میزان بارگذاری‌ها را تغییر داد، موضوعی بود که در سال ۲۰۱۶ روم[8] و همکاران به آن پرداختند و همراه با پست، جنس و دانسیته کفی و شکل کفی (ارتز اتیل وینیل استات با چگالی و تراکم بالا همراه با قوس طولی داخلی، هیل کپ بلند و پست داخلی خارجی) را اضافه کردند و متعاقب آن کاهش تغییر بارگذاری و درنتیجه بهبود درد را مشاهده کردند [۳۳]. اگرچه مطالعات کافی در خصوص پست و اثرات آن وجود ندارد، ولی بر اساس اصول بیومکانیکی می‌توان اثبات کرد علاوه بر پست که از طریق دیواره‌های داخلی و خارجی می‌تواند پا را در راستای صحیح خود قرار دهد، تکمیل وظیفه پست برای کنترل نیروهای طرفینی و ایجاد ثبات در پا و مچ پا همراه با دیگر فاکتورهای تأمین‌کننده ثبات مثل قالب‌گیری، می‌تواند کاهش نیروهای عکس‌العمل زمین را در پی داشته باشد.

تأثیر مواد نرم بر نیروی عکس‌العمل زمین

موضوع میزان جذب ضربه در هنگام برخورد پا با زمین و بزرگی نیروهای وارده بدلیل بارگذاری‌های مکرر در راحتی هنگام راه رفتن و کاهش آسیب‌های وارده به پا امری قابل اهمیت است.

جنس کفی از عواملی است که در تغییر نیروهای عکس‌العمل تأثیر بسزایی دارد. امروزه کفی‌ها با تبعیت از ساختار فیزیولوژیک بدن در مقابله با نیروی‌های بیش از حد طراحی شده‌اند. از جمله این کفی‌ها می‌توان به کفی‌های ویسکو الاستیک اشاره کرد که جزء کفی‌های نرم با طول عمر بالا و بهترین کارایی با جذب ضربه و کاهش نیروهای عکس‌العمل زمین محسوب می‌شوند که باعث کاهش ناراحتی‌های پا (مثل علائم بیماری‌های تخریب مفصلی) در افرادی شده است که مدت طولانی سر پا هستند [۹]. این نوع مکانیسم پیشنهادی برای کاهش شوک ضربه به دلیل نرم بودن در کنار یک کفش ساق بلند برای کنترل حرکات طرفینی و به منظور جلوگیری از آسیب به پا قابل توصیه است [۳۴، ۳۵]. در تعدادی از مطالعات تفاوت معناداری در خستگی و ناراحتی افراد با پوشیدن کفی ویسکو الاستیک با floor mat نیز مشاهده شده است [۱۴، ۲۱، ۳۰]. همچنین استفاده از کفی جاذب ضربه باعث کاهش چشمگیر ۶/۸درصدی حداکثرضربه نیروی عکس‌العمل زمین و کاهش ۸/۳درصدی نرخ بارگذاری نیروی عکس‌العمل زمین نسبت به حالت استفاده از کفش می‌شود [۳۶]. میلر در مطالعه‌ای بیشترین تأثیر کفی در کاهش مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین با کفی نرم را در ۱۰ الی ۲۰ اول فاز استنس اعلام کرد [۳۷].

از طرف دیگر با اینکه کفی‌های با بالشتک سخت نسبت به کفی‌های نرم و نیمه‌سخت در اولین برخورد پاشنه با زمین باعث افزایش زاویه فلکشن زانو می‌شوند، چنانچه همین کفی‌ها در کفش نرم قرار بگیرند ممکن است ارتفاع پرش را تسهیل کنند، اما میزان بارگذاری عمودی GRF را کماکان افزایش می‌دهند. در مطالعه نقندر در سال ۲۰۱۷ اعلام شد میزان بارگذاری عمودی GRF به میزان قابل توجهی با کفی با بالشتک سخت و بدون کفش نرم کاهش می‌یابد. همچنین طی اولین مرحله از گام کفی‌های سخت باعث کاهش میزان بارگذاری و نهایتاً کاهش آسیب‌های مرتبط با زمین می‌شود [۳۸].

در مقابل این گزارشات، مطالعاتی اعلام کردند که مشخصه‌های نیروی عکس‌العمل زمین در مقایسه بین استفاده از کفی‌های ویسکو الاستیک و کفی‌های معمولی هنگام دویدن تغییری نمی‌کند [۳۹]. رزاقی نیز اعلام کرد هیل پدهای سیلیکونی، نیروی ضربه‌ای را آن‌گونه که انتظار می‌رود کاهش نمی‌دهند و ما نمی‌توانیم این فرضیه را که بالشتک پاشنه جذب شوک بهتری را فراهم می‌کند، پشتیبانی کنیم [۴۰]. در مطالعه دیگر نشان داده شد که ارتزهای پایی که از مواد نرم ساخته شده‌اند، ممکن است منجر به کاهش بیشتر فشار کف پا نسبت به ارتزهای پا ساخته‌شده از مواد نیمه‌سخت و سخت شود [۴۱]. این تفاوت مطالعات حاکی از این است که تغییر پارامترهای مربوط به راه رفتن و از جمله نیروی عکس‌العمل زمین در گرو عوامل مختلفی مثل سن فرد، نوع جنس کفی همراه با جنس کفش و حتی طول عمر جنس کفی‌های نرم است.

7. Maunder man
8. Rome

تأثیر جنسیت فرد بر نیروی عکس‌العمل زمین

اگرچه پارامترهای راه رفتن در مرد و زن با هم تا حدی متفاوت هستند، ولی تقارن گیت که نشان‌دهنده میزان نیروهای عکس‌العمل زمین در هر اندام است، در دو جنس اختلاف جزئی دارد [۴۲]. مینچی‌چیو[9] در سال ۲۰۰۶ اعلام کرد زنان با توجه به اینکه قد کوتاه‌تری نسبت به مردان دارند برای رسیدن به سرعت ثابت از پیش تعیین‌شده نیازمند فعالیت بیشتر عضلات هستند که این مسئله باعث افزایش حداکثر نرخ بارگذاری نسبت به مردان می‌شود [۴۳]. در مطالعه‌ای دیگر در سال ۲۰۱۸ میزان مؤلفه بارگذاری در GRF هر دو جنس بررسی شد و مشخص شد که میزان این مؤلفه در زنان نسبت به مردان علی‌رغم سرعت‌های مختلف بیشتر است [۴۴].

به عبارت دیگر فارغ از استفاده از کفی، زنان نسبت به مردان نرخ بارگذاری بیشتری در نیروی عکس‌العمل زمین دارند.درباره اینکه آیا استفاده از کفی با توجه به جنسیت فرد در تغییر نیروهای عکس‌العمل زمین تأثیر دارد، مطالعه‌ای یافت نشد.

اگر چه مطالعات مختلفی تأثیر انواع مختلفی از ارتزهای کف پا را روی چرخه راه رفتن مورد بررسی قرار داده‌اند، در مورد GRF، شواهد بسیار محدودی گزارش شده است؛ به طوری که با سه مقاله که تأثیر پست را روی نیروی عمودی عکس‌العمل مورد بررسی قرار داده؛ نمی‌توان به نتیجه قطعی دست یافت.

درنهایت اینکه اگرچه بیشترین مقالات مربوط به تأثیر قالب‌گیری و جنس نرم روی نیروی عمودی عکس‌العمل بود، ولی کفی‌ها چه پیش‌ساخته و چه ساخته‌شده، همگی دارای تأثیرات مشابهی بر خصوصیات مکانیکی به‌خصوص GRF هستند و البته در مطالعه‌ای عدم تغییر کافی نیروهای عکس‌العمل زمین ناشی از شکل و نوع قالب‌گیری به دست آمد که برای تأیید این نتایج، باید تحقیقات بیشتری با سیستم‌های تحلیل حرکت انجام شود [۳۸].

درباره اینکه چرا بسیاری از افراد که ملزم به استفاده از ارتزهای پا هستند، راحتی یا شاخصه‌های کیفیت زندگی را بهتر گزارش می‌دهند، می‌توان گفت یکی از دلایل این امر به اثر راحتی کفی از لحاظ جنس و توزیع مناسب نیروهای عکس‌العمل زمین در به‌کارگیری متوازن عضلات پا و جذب ضربات ناشی از راه رفتن به پا و مچ پا برمی‌گردد. اما چرا با قطعیت نمی‌توان گفت که متریال قادر به کاهش فشار به کف پاست و یا به عبارتی GRF ممکن است تحت تأثیر ارتز پا قرار نگیرد، چون عوامل مختلف و تأثیرگذار دیگر مثل سن، جنس و روش تهیه ارتز هست که باید مورد مطالعه بیشتر قرار گیرند.

امروزه تکنولوژی‌های جدید نیز در عرصه ساخت ارتزهای پا وارد شده که تا حد زیادی با تقلید از یک ساختار کاملاً طبیعی مسیر COP را تغییر داده و بر توزیع فشارکف پای افراد تأثیر می‌گذارد [۴۵]. این امر کمک می‌کند که در مطالعات بعدی از طریق سیستم‌های ارزیابی روز دنیا به بررسی هم‌زمان این عوامل پرداخته شود.

9. Min-Chi chiu

نتیجه‌گیری

تعیین تأثیر مؤلفه‌های مختلف بر GRF در کف پا می‌تواند ما را در تجویز و شناخت هرچه بهتر عوامل مؤثر در کیفیت زندگی افراد کمک کند. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که مؤلفه‌هایی مثل جنسیت فرد، پست، قالب‌گیری و نوع متریال علی‌رغم تأثیر بر نیروی عکس‌العمل زمین، علائم مختلفی از خود نشان می‌دهند. اگرچه طراحی و ساخت ارتزهای پا با روش‌های مختلف در کنار تغییرات اصلاح راستا در کفش و ارتز می‌تواند روی نیروهای عمودی تأثیرگذار باشد، ولی تجویز و توصیه آن برای هر فردی مستلزم استخراج مشخصه‌های فیزیکی متنوعی است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، بین مطالعاتی که روی افراد بیمار انجام شده با افراد سالم و بین سن نمونه‌ها و رضایت‌مندی افراد از کفی‌ها در کنار ابزارهای سنجش تغییر نیروی عکس‌العمل زمین تفکیک قائل شوند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله یک فراتحلیل است و هیچ نمونه انسانی و حیوانی ندارد. هیچ ملاحظات اخلاقی در نظر گرفته نشده است.

حامی مالی

این تحقیق هیچ گونه کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های عمومی ، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرد.

مشارکت نویسندگان

مفهوم سازی و نظارت: علیرضا طاهری؛ روش‌شناسی: محمد موسوی؛ تحقیق، نگارش - نسخه اصلی، بررسی و ویرایش، جمع‌آوری اطلاعات، تحلیل داده‌ها: هر دو نویسنده.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافع ندارند

تشکر و قدردانی

ما از خانم رحمانی ، مسئول کتابخانه دانشکده علوم توانبخشی، برای کمک در جستجوی دقیق‌تر منابع ، قدردانی می کنیم.

References

[1] Kharb A, Saini V, Jain YK, Dhiman S. A review of gait cycle and its parameters. IJCEM International Journal of Computational Engineering & Management. 2011; 13:78-83. https://www.ijcem.org/papers72011/72011_14.pdf

[2] Whittle MW. Generation and attenuation of transient impulsive forces beneath the foot: A review. Gait & Posture. 1999; 10(3):264-75. [DOI:10.1016/S0966-6362(99)00041-7]

[3] Haim A, Rozen N, Wolf A. The influence of sagittal center of pressure offset on gait kinematics and kinetics. Journal of Biomechanics. 2010; 43(5):969-77. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2009.10.045] [PMID]

[4] Cook TM, Farrell KP, Carey IA, Gibbs JM, Wiger GE. Effects of restricted knee flexion and walking speed on the vertical ground reaction force during gait. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1997; 25(4):236-44. [DOI:10.2519/jospt.1997.25.4.236] [PMID]

[5] Ferber R, Davis IM, Hamill J, Pollard CD, McKeown KA. Kinetic variables in subjects with previous lower extremity stress fractures. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2002; 34(5):S5. [DOI:10.1097/00005768-200205001-00025]

[6] Yung-Hui L, Wei-Hsien H. Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and perceived comfort during walking. Applied Ergonomics. 2005; 36(3):355-62. [DOI:10.1016/j.apergo.2004.11.001] [PMID]

[7] Cham MB, Safaeepour Z, Ghasemi MS, Yegane MZ, Forogh B, Sanjari MA. The effect of rocker shoe on the ground reaction force parameters in patients with rheumatoid arthritis. Iranian Rehabilitation Journal. 2015; 13(1):61-7. http://eprints.iums.ac.ir/4993/

[8] Hreljac A, Marshall RN, Hume PA. Evaluation of lower extremity overuse injury potential in runners. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2000; 32(9):1635-41. [DOI:10.1097/00005768-200009000-00018] [PMID]

[9] Aguinaldo A, Mahar A. Impact loading in running shoes with cushioning column systems. Journal of Applied Biomechanics. 2003; 19(4):353-60. [DOI:10.1123/jab.19.4.353]

[10] Daryabor A, Saeedi H, Yazdani M, Ghasemi MS, Nabavi H, Mohammadpour A, et al . The effect of standard and beveled heels of orthopedic shoe on vertical ground reaction forces during walking in healthy subjects. Archives of Rehabilitation. 2013; 14(3):47-55. https://rehabilitationj.uswr.ac.ir/article-1-1285-en.pdf

[11] Bobbert MF, Yeadon MR, Nigg BM. Mechanical analysis of the landing phase in heel-toe running. Journal of Biomechanics. 1992; 25(3):223-34. [DOI:10.1016/0021-9290(92)90022-S]

[12] Mills K, Blanch P, Chapman AR, McPoil TG, Vicenzino B. Foot orthoses and gait: A systematic review and meta-analysis of literature pertaining to potential mechanisms. British Journal of Sports Medicine. 2010; 44(14):1035-46. . [DOI:10.1136/bjsm.2009.066977] [PMID]

[13] Marras W, Lavender S, Leurgans S, Fathallah F, Ferguson S, Allread G, et al. Biomechanical risk factors for occupationally related low back disorders. Journal of Safety Research. 1996; 4(27):271. [DOI:10.1016/S0022-4375(97)81191-7]

[14] Lin YH, Chen CY, Cho MH. Influence of shoe/floor conditions on lower leg circumference and subjective discomfort during prolonged standing. Applied Ergonomics. 2012; 43(5):965-70. [DOI:10.1016/j.apergo.2012.01.006] [PMID]

[15] Heiderscheit B, Hamill J, Tiberio D. A biomechanical perspective: do foot orthoses work? British Journal of Sports Medicine. 2001; 35(1):4-5. [DOI:10.1136/bjsm.35.1.4] [PMID] [PMCID]

[16] Bird AR, Bendrups AP, Payne CB. The effect of foot wedging on electromyographic activity in the erector spinae and gluteus medius muscles during walking. Gait & Posture. 2003; 18(2):81-91. [DOI:10.1016/S0966-6362(02)00199-6]

[17] Nester C, Van Der Linden M, Bowker P. Effect of foot orthoses on the kinematics and kinetics of normal walking gait. Gait & Posture. 2003; 17(2):180-7. [DOI:10.1016/S0966-6362(02)00065-6]

[18] Akbari M, Saeedi H, Babaee T. The effect of lateral wedge and medial arch support on displacement of ground reaction force in patients with knee osteoarthritis. Archives of Rehabilitation. 2016;17(1):74-83. [DOI:10.20286/jrehab-170172]

[19] Shamsi F, Tabatabai Ghomshe F, Bahramizade M, Mousavi ME, Rezasoltani P. [Effects of lateral heel wedges and lateral forefoot wedge on the knee adduction moment in healthy male students (Persian)]. Journal of Rehabilitation. 2012; 12(4):27-34. https://rehabilitationj.uswr.ac.ir/browse.php?a_code=A-10-371-1&ftxt=1

[20] Kim J, Stuart-Buttle C, Marras W. The effects of mats on back and leg fatigue. Applied Ergonomics. 1994; 25(1):29-34. [DOI:10.1016/0003-6870(94)90028-0]

[21] Higgins JP, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, et al., Editor (s). Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons; 2019. [DOI:10.1002/9781119536604]

[22] Eng J, Teasell R, Miller W, Wolfe D, Townson A, Aubut JA, et al. Spinal cord injury rehabilitation evidence: Method of the SCIRE systematic review. Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation. 2007; 13(1):1-10. [DOI:10.1310/sci1301-1] [PMID] [PMCID]

[23] King PM. A comparison of the effects of floor mats and shoe in-soles on standing fatigue. Applied Ergonomics. 2002; 33(5):477-84. [DOI:10.1016/S0003-6870(02)00027-3]

[24] Eslami M, Begon M, Hinse S, Sadeghi H, Popov P, Allard P. Effect of foot orthoses on magnitude and timing of rearfoot and tibial motions, ground reaction force and knee moment during running. Journal of Science and Medicine in Sport. 2009; 12(6):679-84. [DOI:10.1016/j.jsams.2008.05.001] [PMID]

[25] Sobel E, Levitz SJ, Caselli MA, Christos PJ, Rosenblum J. The effect of customized insoles on the reduction of postwork discomfort. Journal of the American Podiatric Medical Association. 2001; 91(10):515-20. [DOI:10.7547/87507315-91-10-515] [PMID]

[26] Mündermann A, Nigg BM, Humble RN, Stefanyshyn DJ. Foot orthotics affect lower extremity kinematics and kinetics during running. Clinical Biomechanics. 2003; 18(3):254-62. [DOI:10.1016/S0268-0033(02)00186-9]

[27] Sloss R. The effects of foot orthoses on the ground reaction forces during walking. Part 1. The Foot. 2001; 11(4):205-14. [DOI:10.1054/foot.2001.0713]

[28] MacLean C, Davis IM, Hamill J. Influence of a custom foot orthotic intervention on lower extremity dynamics in healthy runners. Clinical Biomechanics. 2006; 21(6):623-30. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2006.01.005] [PMID]

[29] Norasteh AA, Emami S, Shamsi Majelan A. [Kinetic and kinematic variables in middle-aged women with normal and genu varum knee angle with emphasis on walking and running activities (Persian)]. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2014; 4(2):77-82. http://ptj.uswr.ac.ir/article-1-144-en.html

[30] Laughton CA, Davis IM, Hamill J. Effect of strike pattern and orthotic intervention on tibial shock during running. Journal of Applied Biomechanics. 2003; 19(2):153-68. [DOI:10.1123/jab.19.2.153]

[31] MacLean CL, Davis IS, Hamill J. Short-and long-term influences of a custom foot orthotic intervention on lower extremity dynamics. Clinical Journal of Sport Medicine. 2008; 18(4):338-43. [DOI:10.1097/MJT.0b013e31815fa75a]

[32] Cho NS, Hwang JH, Chang HJ, Koh EM, Park HS. Randomized controlled trial for clinical effects of varying types of insoles combined with specialized shoes in patients with rheumatoid arthritis of the foot. Clinical Rehabilitation. 2009; 23(6):512-21. [DOI:10.1177/0269215508101737] [PMID]

[33] Rome K, Clark H, Gray J, McMeekin P, Plant M, Dixon J. Clinical effectiveness and cost-effectiveness of foot orthoses for people with established rheumatoid arthritis: An exploratory clinical trial. Scandinavian Journal of Rheumatology. 2017; 46(3):187-93. [DOI:10.1080/03009742.2016.1196500] [PMID]

[34] Voloshin A, Wosk J. An in vivo study of low back pain and shock absorption in the human locomotor system. Journal of Biomechanics. 1982; 15(1):21-7. [DOI:10.1016/0021-9290(82)90031-8]

[35] O'Leary K, Vorpahl KA, Heiderscheit B. Effect of cushioned insoles on impact forces during running. Journal of the American Podiatric Medical Association. 2008; 98(1):36-41. [DOI:10.7547/0980036] [PMID]

[36] Creaby MW, May K, Bennell KL. Insole effects on impact loading during walking. Ergonomics. 2011; 54(7):665-71. [DOI:10.1080/00140139.2011.592600] [PMID]

[37] Miller CD, Laskowski ER, Suman VJ, editors. Effect of corrective rearfoot orthotic devices on ground reaction forces during ambulation. Mayo Clinic Proceedings; 1996; 71(8):757-62. [DOI:10.1016/S0025-6196(11)64840-4] [PMID]

[38] Alirezaei Noghondar F, Bressel E. Effect of shoe insole density on impact characteristics and performance during a jump-landing task. Footwear Science. 2017; 9(2):95-101. [DOI:10.1080/19424280.2017.1305003]

[39] Shiba N, Kitaoka HB, Cahalan TD, Chao E. Shock-absorbing effect of shoe insert materials commonly used in management of lower extremity disorders. Clinical Orthopaedics and Related Research. 1995; (310):130-6. [DOI:10.1097/00003086-199501000-00021]

[40] Razeghi M, Batt ME. The effect of foot orthoses on selected ground reaction force parameters during ground walking [Internet]. 2013 [Updated 2013]. Available from: https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.577.4386&rep=rep1&type=pdf

[41] Tenten-Diepenmaat M, Dekker J, Heymans MW, Roorda LD, Vlieland TPV, Van Der Leeden M. Systematic review on the comparative effectiveness of foot orthoses in patients with rheumatoid arthritis. Journal of Foot and Ankle Research. 2019; 12(1):32. [DOI:10.1186/s13047-019-0338-x] [PMID] [PMCID]

[42] Nasirzade A, Sadeghi H, Mokhtarinia HR, Rahimi A. A review of selected factors affecting gait symmetry. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2017; 7(1):3-12. [DOI:10.29252/nrip.ptj.7.1.3]

[43] Chiu MC, Wang MJ. The effect of gait speed and gender on perceived exertion, muscle activity, joint motion of lower extremity, ground reaction force and heart rate during normal walking. Gait & Posture. 2007; 25(3):385-92. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2006.05.008] [PMID]

[44] Park SK, Koo S, Yoon SH, Park S, Kim Y, Ryu JS. [Gender dfferences in ground reaction force components (Korean)]. Korean Journal of Sport Biomechanics. 2018; 28(2):101-8. https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201821464987479.page

[45] Joo JY, Kim YK. [Effects of customized 3D-printed Insoles on the Kinematics of flat-footed walking and running (Korean)]. Korean Journal of Sport Biomechanics. 2018; 28(4):237-44. http://www.papersearch.net/thesis/article.asp?key=3655349