

Research Paper

**Effect of Knee Osteoarthritis on Plantar Pressure Distribution Pattern and Timing of Stance Sub-Phases in Elderly Females**

**A. Etesami<sup>1</sup>, V. Zolaktaf<sup>2</sup>, H. Esmaeeli<sup>3</sup>**

1. Ph.D. student of Corrective Exercise and Sport Injuries, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

2. Ph.D. of Cardiac Rehab, Associated Professor in Faculty of Exercise Sciences, University of Isfahan, and Isfahan, Iran (Corresponding Author)

3. Ph.D. of Sports Biomechanics, Assistant Professor in, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Iran.

**Received Date: 2021/07/28**

**Accepted Date: 2021/09/19**

---

**Abstract**

Knee osteoarthritis is one of the most common diseases affecting walking mechanics. The aim of this study was to compare plantar pressure distribution patterns between elderly women with and without knee osteoarthritis. Totally, 36 elderly women aged  $\geq 60$  years participated in the present study and were divided into two groups of osteoarthritis and healthy. Peak plantar pressure and timing of sub-phases of stance during walking in self-selected speed were measured. The results showed that in the osteoarthritis group, the peak plantar pressure was lower in hallux and medial heel was higher in midfoot and fourth metatarsal. Moreover, this group indicated less relative time in initial contact phase and forefoot contact phase and higher relative time in forefoot flat phase. Based on the results of this study, it can be concluded that osteoarthritis elderly females exhibit different plantar pressure distribution patterns compared to healthy elderly females.

**Keywords:** Osteoarthritis, Walking, Elderly Women, Plantar Pressure

---

---

1. Email: a\_etesami91@yahoo.com

2. E-mail: v.zolaktaf@spr.ui.ac.ir

3. Email: h.esmaeili@spr.ui.ac.ir

### Introduction

Osteoarthritis is one of the major causes of disability in the elderly (1). Knee osteoarthritis affects about 20-40% of the population >65 years. In fact, the prevalence of this disease in women is twice as high as in men (2). Articular cartilage destruction, pain, swelling, stiffness, movement limitation and balance defects have a devastating effect on the physical and mental health and quality of life of these patients (3). Additional loads in patients' medial knee compartment are associated with increased pain and changes in patients' gait pattern (4). It has been shown that this pain can be associated with alterations in walking mechanics. Assessment the plantar pressure distribution and timing of sub-phases of stance during walking provide useful information about all walking mechanics (5). Therefore, the aim of the present research was to investigate the effect of knee osteoarthritis on pattern of foot pressure distribution and timing of sub-phases of stance in elderly women's gait. The results of the current study may be useful in rehabilitative setting to prevent secondary effects of knee osteoarthritis.

### Materials and Methods

Thirty-six women over the age of 60 were divided into two groups of patients with knee osteoarthritis (height:  $160/15 \pm 6/23$ , weight:  $76/41 \pm 8/38$ , BMI:  $29/32 \pm 4$ ) and control group (height:  $160/61 \pm 1/82$ , weight:  $69/61 \pm 8/38$ , BMI:  $27/62 \pm 3$ ). This research was in compliance with all the principles of ethics regulations in research and approved by the Research Ethics Committee of the University of Isfahan with ethics code of IR.UI.REC.1399.048. Inclusion criteria for presence in the osteoarthritis group were clinical signs of knee osteoarthritis (morning knee stiffness and pain), radiographic signs (K / L grade 3-4). Exclusion criteria included the use of any treatment program, physiotherapy, intra-articular injection in the last 6 months, heart disease, neurological or metabolic diseases, previous history of lower limb orthopedic surgery, hip or ankle osteoarthritis, and osteoporosis or other joint diseases the knee joint. Samples were entered into the study after completing the consent form. Participants were asked to walk 15 meters. In the middle of this way, the foot-scanning RSS scanner made in Belgium with 4096 sensors with a measuring frequency of 254 Hz to record foot pressure data. Peak plantar pressure parameters in ten foot anatomic areas (thumb, second to fifth toes, first metatarsal, second metatarsal, third metatarsal, fourth metatarsal, fifth metatarsal, midfoot, medial heel and lateral heel) and the timing of 4 sub-phases of stance (initial contact phase, front foot contact phase, foot flattening phase, and forefoot push off phase) were recorded in 6 attempts. The mean of these data in 6 attempts was used for multivariate analysis of variance for comparing two groups' variables at a significant level of  $p \leq 0/05$ .

### Results

The results of multivariate analysis of variance test to compare the peak plantar pressure and the timing of 4 sub-phases of stance during walking showed that the two groups differed in two variables of plantar pressure ( $p = 0.001$ ) and timing of sub-phases of stance ( $p = 0.003$ ). Group with knee osteoarthritis had lower peak pressure in the thumb region ( $p = 0.007$ ) and medial heel region ( $p = 0.008$ ). Moreover, in the fourth metatarsal region ( $p = 0.038$ ) and midfoot ( $p = 0.001$ ), they had more peak plantar pressure during gait. In stance sub-phases timing, the knee osteoarthritis group in the initial contact phases ( $p = 0.014$ ) and front foot contact ( $p = 0.008$ ) indicated shorter time, but in the forefoot flattening phase ( $p = 0.001$ ) spent more time.

### Conclusion

The aim of this study was to compare the plantar pressure distribution pattern and contact sub-phases between elderly females with knee osteoarthritis and healthy controls. According to the results of the present study, it can be concluded that the distribution of plantar pressure and timing of the sub-phases of stance in women with osteoarthritis of the knee are different from those in healthy women. So that the peak foot plantar pressure in the regions of the thumb and medial heel of patients with knee osteoarthritis during gait is less than that in the healthy group. In addition, in the fourth metatarsal region and midfoot is higher than the healthy group. In women with knee osteoarthritis, the percentage of time the initial contact sub-phase and forefoot contact sub-phases is less, but in the forefoot flattening sub-phase is higher. These results indicate that females with knee osteoarthritis have different plantar pressure distribution patterns. Physiotherapists and therapists are advised to consider these differences in their therapeutic and corrective interventions in order to bring the pattern of distribution of foot plantar pressure in women with knee osteoarthritis closer to healthy individuals.

**Keywords:** Osteoarthritis, Walking, Elderly Women, Plantar Pressure

### References

1. Kraus VB. Pathogenesis and treatment of osteoarthritis. *Medical Clinics*. 1997; 81(1): 85-112.
2. Felson DT. The epidemiology of knee osteoarthritis: results from the Framingham osteoarthritis study. *Arthritis Rheum*. 1990;20(3):42-50.

3. Herzog W. Muscle and joint biomechanics in the osteoarthritic knee. In 13th International Conference on Biomedical Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg. 2009. p :2151-2154.
4. Kito N, Shinkoda K, Yamasaki T, Kanemura N, Anan M, Okanishi N. Contribution of knee adduction moment impulse to pain and disability in Japanese women with medial knee osteoarthritis. Clin Biomech.2010;25(9), 914-919.
5. King LK, Kendzerska T, Waugh EJ, Hawker GA. Impact of osteoarthritis on difficulty walking: a population based study. Arthritis Care Res. 2018;70(1):71-9.



پروپوزیشن گاہ علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## اثر استئوآرتریت زانو بر الگوی توزیع فشار کف پایي و زمان بندی زیرفازهای استانسی در زنان سالمند

عدرا سادات اعتصامی<sup>۱</sup>، وحید ذوالاکتاف<sup>۲</sup>، حامد اسماعیلی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان

۲. دانشیار گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه اصفهان (نویسنده مسئول)

۳. استادیار گروه بیومکانیک دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه اصفهان

تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۰۶/۲۸

تاریخ ارسال ۱۴۰۰/۰۵/۰۶

### چکیده

استئوآرتریت زانو بیماری شایعی است که می‌تواند مکانیک راه رفتن را تغییر دهد. هدف از پژوهش حاضر مقایسه الگوهای فشار کف پایي در زنان سالمند با و بدون استئوآرتریت زانو بود. ۳۶ زن بالای ۶۰ سال در دو گروه مبتلا به استئوآرتریت زانو و سالم در این پژوهش شرکت کردند. حداکثر فشار کف پایي و زمان بندی زیرفازهای استانسی آن‌ها حین راه رفتن با سرعت خودانتخابی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد حداکثر فشار کف پایي بیماران در ناحیه انگشت شست و داخل پاشنه کمتر و در نواحی متاتارسال چهارم و وسط پا بیشتر از گروه شاهد بود. همچنین آن‌ها مدت زمان کمتری در فازهای تماس اولیه و تماس جلوی پا و زمان بیشتری در فاز صاف شدن جلوی پا صرف می‌کنند. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که زنان سالمند مبتلا به استئوآرتریت زانو، در مقایسه با هم‌سالان سالم خود حین راه رفتن الگوی توزیع فشار کف پایي متفاوتی دارند.

**واژگان کلیدی:** استئوآرتریت زانو، راه رفتن، زنان سالمند، فشار کف پایي

1. Email: a\_etesami91@yahoo.com

2. E-mail: v.zolaktaf@spr.ui.ac.ir

3. Email: h.esmaeili@spr.ui.ac.ir

## مقدمه

استئوآرتریت<sup>۱</sup>، تخریب غضروف مفصلی و عمده‌ترین علت ناتوانی افراد مسن است و جمعیت رو به افزونی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱). این عارضه منبع عمده درد، ناتوانی و اعمال هزینه‌های اقتصادی بر جوامع در سراسر جهان است (۲) و همراه با تخریب غضروف مفصلی، تأثیری مخرب بر غشای سینوویال، کیسول مفصلی، لیگامنت‌ها و استخوان زیر غضروفی نیز دارد (۳). مفاصل اندام تحتانی مانند ران و مچ پا ممکن است درگیر این بیماری شوند، با این حال مفصل زانو شایع‌ترین محل برای ابتلا به استئوآرتریت است (۴،۵). استئوآرتریت زانو<sup>۲</sup> حدود ۲۰-۴۰ درصد جمعیت بالای ۶۵ سال را درگیر می‌کند (۶) که در این میان سهم ابتلای زنان دو برابر مردان است (۷،۸). تخریب غضروف مفصلی، احساس درد و خشکی در مفصل، تورم، حساسیت به لمس، محدودیت حرکتی، اختلال در حس عمقی و تعادل در این بیماران بر جنبه‌های مختلف سلامت جسمانی، روانی و کیفیت زندگی آنان تأثیر منفی دارد (۹،۱۰). طی انجام فعالیت‌های روزانه مانند دوزانو یا چهارزانو نشستن، بلند شدن از حالت نشسته، بالا و پایین رفتن از پله‌ها، درد افزایش می‌یابد و در زمان خواب و استراحت فروکش می‌کند. در مراحل پیشرفته بیماری، درد مداوم و پایدار است. هر چقدر شدت بیماری بیشتر باشد، درد، سفتی، و دشواری در انجام فعالیت‌های عملکردی<sup>۳</sup> نیز بیشتر است (۱۱). این بیماری یکی از عمده‌ترین علل اعمال هزینه‌های اقتصادی بر جوامع در سراسر جهان است (۲). در سال ۲۰۱۱، مطالعاتی نشان داد که تقریباً از هر چهار نفر، یک نفر به این بیماری مبتلاست. هزینه درمان (هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم مرتبط با این بیماری) برای این بیماران، در سال ۲۰۱۰ بالغ بر ۲۷/۵ میلیارد دلار بوده و تا سال ۲۰۴۰ تقریباً ۱/۵ تریلیون دلار تخمین زده شده است (۱۲).

شیوع این بیماری در قسمت داخلی<sup>۴</sup> زانو شایع‌تر از بخش خارجی<sup>۵</sup> است (۱۳). یکی از اصلی‌ترین علل بروز این عارضه، بارگیری‌های بیش‌از‌حد روی غضروف مفصلی بخش داخلی زانوست (۱۴). نشان داده شده است که در افراد سالم، نیروهای منتقل‌شده به مفصل زانو حین راه رفتن، در کمپارتمان داخلی بیشتر از کمپارتمان خارجی است (۱۵) و این مورد، به‌ویژه در مبتلایان به استئوآرتریت زانو، بسیار بارزتر است (۱۶،۱۷). از این رو می‌توان این بارگیری‌های اضافی را در کمپارتمان داخلی از دلایل ایجاد استئوآرتریت در نظر گرفت. بارگیری روی کمپارتمان داخلی زانو، با افزایش درد حین انجام فعالیت‌های تحمل وزن مانند پیاده‌روی و در نتیجه محدود کردن فعالیت‌های عملکردی و ایجاد

- 
1. Osteoarthritis
  2. Knee osteoarthritis
  3. Functional
  4. Medial Compartment
  5. Lateral Compartment

ناتوانی به علت کاهش سرعت راه رفتن همراه است (۱۷). در واقع، درد به وجود آمده الگوی راه رفتن بیماران را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۰-۱۸)، به طوری که افراد مبتلا به استئوآرتروز زانو هنگام راه رفتن الگوهای متفاوتی با افراد سالم نشان می‌دهند (۱۷، ۲۷-۲۱). این بیماران حین راه رفتن، طول گام کوچک‌تر (۲۸، ۲۹)، گشتاور آداکتوری<sup>۱</sup> بیشتر (۳۱، ۳۰، ۱۳)، گشتاور فلکسوری و چرخش خارجی کمتر (۳۲) و سرعت زاویه‌ای و دامنه حرکتی کمتری (۳۳، ۳۴) در زانو دارند. در مراحل پیشرفته‌تر بیماری استئوآرتروز زانو، گشتاور آداکتوری در زانو بیشتر از مقدار این گشتاور در مراحل اولیه بیماری است (۳۱). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که افراد مبتلا به استئوآرتروز زانو در مقایسه با افراد نرمال پای پرونیته‌تری دارند (۳۶، ۳۵، ۱۸). زاویه پیشروی<sup>۲</sup> بیشتر (۳۷، ۱۱) و بارگذاری بیشتر بر لبه خارجی پا در این افراد احتمالاً به دلیل سعی برای کاهش گشتاور آداکتوری مفصل زانو و کاستن درد است (۳۸). افزایش اورژن و چرخش داخلی در قسمت عقبی پا<sup>۳</sup> و اینورژن در قسمت جلویی پا<sup>۴</sup> با کاهش گشتاور آداکتوری زانو در طول مرحله استانس راه رفتن مرتبط است (۳۵).

راه رفتن، الگوی حرکتی پیچیده‌ای است که اجرای آن تحت تأثیر عوامل بیومکانیکی بسیاری قرار دارد (۱۳). پا اولین عنصر زنجیره حرکتی انسان است که حین راه رفتن با زمین تماس دارد. با توجه به اینکه اندام تحتانی زنجیره حرکتی یکپارچه‌ای است، هرگونه بارگذاری در هر یک از قسمت‌های این زنجیره حرکتی (مثل کف پا) به ایجاد آثار جانبی در نقاط دورتر این زنجیره منجر می‌شود. نشان داده شده است که هرگونه انحراف، ناهنجاری یا تغییرات بیومکانیکی در هر نقطه از پا تأثیری مستقیم روی بارهای وارد شده بر زانو دارد (۳۸). برای بررسی عملکرد پا استفاده از تحلیل‌های فشار کف پای متداول است، به طوری که اخیراً بررسی الگوهای توزیع فشار کف پای در بررسی مکانیک کلی بدن گسترش زیادی پیدا کرده است. تجزیه و تحلیل توزیع فشار در نواحی مختلف پا، اطلاعات مفیدی در مورد ساختار و عملکرد پا برای پژوهشگران فراهم می‌کند و ابزاری مفید برای ارزیابی افرادی است که در اندام تحتانی دچار مشکل‌اند. از میان پارامترهای فشار کف پای، اغلب از شاخص حداکثر فشار کف پای<sup>۵</sup> استفاده می‌شود. این مؤلفه حداکثر بار وارد بر نواحی مختلف پا را در طی یک گام نشان می‌دهد (۳۹). نحوه توزیع حداکثر فشار کف پای می‌تواند نشان‌دهنده بارهای وارد بر نواحی بالاتر از پا مانند زانو باشد و در شناخت عوارض این بیماری در مبتلایان به ما کمک کند (۴۰). مطالعات

1. Adduction Moment
2. Foot Progression Angle
3. Rearfoot Eversion, Rearfoot Internal Rotation
4. Forefoot Inversion
5. Peak Plantar Pressure

نشان داده است حداکثر فشار کف پایي در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو با شدت درد، عملکرد جسمانی و یافته‌های رادیولوژیکی بیماری مرتبط است؛ بنابراین توصیه شده است مدیریت نحوه توزیع بارهای کف پا بخشی از درمان بیماران مبتلا به استئوآرتریت زانو در نظر گرفته شود (۴۳). از دیگر ویژگی‌های تحلیل فشار کف پایي، بررسی زمان‌بندی فازهای مختلف استانس است که طی آن، پای انسان روی زمین شروع به غلتیدن می‌کند. این زمان‌بندی در نحوه توزیع فشار کف پایي اهمیت زیادی دارد، به طوری که نشان داده شده است هرگونه تغییر در زمان‌بندی فازهای مختلف استانس با تغییر در الگوی توزیع فشار کف پایي همراه است و می‌تواند الگوی فشار کف پایي را تحت تأثیر قرار دهد (۴۲،۴۱).

نشان داده شده است که وجود هرگونه ناهنجاری یا عارضه در هر مفصلی باعث ایجاد حرکات جبرانی در مفاصل مجاور می‌شود (۴۴). با توجه به اینکه افراد مبتلا به استئو آرتريت هنگام راه رفتن مواجه با مشکلاتی در زانو مواجه‌اند، به نظر می‌رسد در مفصل مچ پایشان حرکاتی جبرانی اتفاق بیفتند. یکی از این تعدیلات می‌تواند تغییر در زمان‌بندی زیرفازهای استانس باشد. با مروری بر ادبیات پژوهش، ملاحظه می‌شود که به این مورد در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو کمتر پرداخته شده است. با توجه به اینکه بررسی فشار کف پایي و زمان‌بندی فازهای استانس می‌تواند بازتاب‌دهنده مکانیک حرکت باشد، مطالعه در این زمینه سودمند خواهد بود. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر استئوآرتریت زانو بر الگوی توزیع فشار کف پایي و زمان‌بندی زیرفازهای استانس راه رفتن در زنان سالمند است. نتایج این مطالعه می‌تواند در شناسایی رفتار پا حین غلتیدن در استانس و زمان‌بندی فازهای استانس اطلاعات مفیدی در اختیار پژوهشگران قرار دهد و در تجویز مداخلات مختلف کاربردی باشد.

## روش پژوهش

جامعه آماری این پژوهش را زنان سالمند شهر اصفهان تشکیل می‌دادند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار آماری جی پاور مبتنی بر آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره برای تحلیل داده‌ها و با در نظر گرفتن فاصله اطمینان ۹۵ درصد ( $\alpha = 0/05$ )، توان آزمون ۸۰ درصد ( $\beta = 0/2$ )، اندازه اثر متوسط ( $d = 0/3$ )، ۳۰ مورد (۲ گروه ۱۵ تایی) به دست آمد که در نهایت ۳۶ نفر زن در محدوده سنی بالاتر از ۶۰ سال در آن شرکت کردند. ۱۸ زن مبتلا به استئوآرتریت زانو (قد:  $160/15 \pm 6/23$  سانتی‌متر، وزن:  $76/41 \pm 8/38$  کیلوگرم، شاخص توده بدنی:  $29/32 \pm 4$  کیلوگرم بر متر مربع) و ۱۸ زن سالم (قد:  $160/61 \pm 1/82$  سانتی‌متر، وزن:  $69/61 \pm 8/38$  کیلوگرم، شاخص توده بدنی:  $27/62 \pm 3$  کیلوگرم بر متر مربع) در دو گروه شاهد و مبتلا به استئوآرتریت زانو قرار گرفتند. افرادی که با تشخیص پزشکان

### 1. BMI (Body Mass Index)



ارتوپد و بر اساس شاخص‌های کالج روماتولوژی آمریکا به استئوآرتروز علامت‌دار اولیه (خشکی صبحگاهی و درد زانو) مبتلا بودند و با توجه به معیار رادیوگرافی کلگرن-لارنس<sup>۱</sup> در درجه سه و چهار قرار داشتند وارد گروه مبتلا به استئو آرتروز شدند (۴۵). گروه شاهد از میان افراد بدون علامت و بدون گزارش سابقه بیماری مفصلی و عصبی انتخاب شدند. نمونه‌ها پس از تکمیل داوطلبانه و آگاهانه فرم رضایت وارد پژوهش شدند. معیارهای حذف شامل استفاده از هرگونه برنامه درمانی، فیزیوتراپی، تزریق داخل مفصلی در شش ماه گذشته، ابتلا به بیماری‌های قلبی، عصبی، متابولیکی، سابقه قبلی جراحی ارتوپدی در اندام تحتانی، ابتلا به استئوآرتروز هیپ یا مچ پا و همچنین ابتلا به استئوپروز یا بیماری‌های مفصلی دیگری غیر از استئوآرتروز در مفصل زانو بود. این پژوهش با رعایت کلیه اصول آیین‌نامه اخلاق در پژوهش انجام شده و دارای کد اخلاق به شماره IR.UI.REC.1399.048 مصوب کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه اصفهان است.

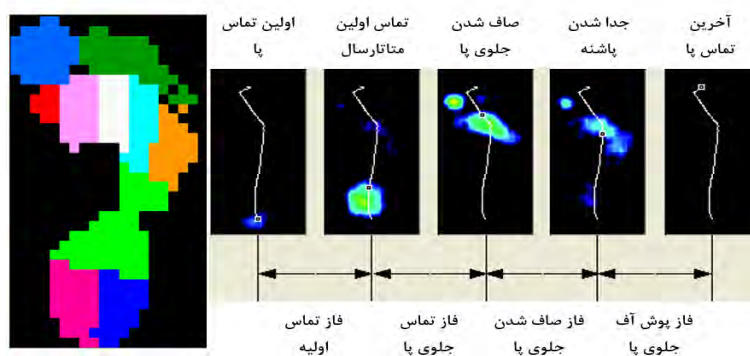
پس از آشنایی شرکت‌کننده‌ها با شرایط آزمون، از آن‌ها خواسته شد با سرعت خودانتخابی مسیر ۱۵ متری راه رفتن را طی کنند. در وسط این مسیر یک دستگاه فوت اسکن آر اس اسکن<sup>۲</sup> ساخت کشور بلژیک با تعداد ۴۰۹۶ حسگر با فرکانس اندازه‌گیری ۲۵۴ هرتز برای ثبت داده‌های فشار کف پای قرار داشت (شکل شماره ۱). از شرکت‌کنندگان خواسته شد حین راه رفتن پای برتر خود را بدون هیچ‌گونه کنترل ارادی و تنظیم خاص روی دستگاه قرار دهند تا اختلالی در فرایند راه رفتن آن‌ها ایجاد نشود. برای شناسایی پای برتر آزمودنی‌ها از آن‌ها خواسته شد سه مرتبه به یک توپ ضربه بزنند. پای که افراد با آن دست‌کم دو مرتبه به توپ ضربه می‌زدند، پای برتر در نظر گرفته شد. چنانچه هنگام عبور از روی صفحه فوت اسکن تعدیلاتی (به‌هم‌خوردن ریتم راه رفتن، تنظیم آگاهانه گام هنگام رسیدن به فوت اسکن و تغییر ناگهانی سرعت راه رفتن) در نحوه راه رفتن شرکت‌کننده ایجاد می‌شد، آن کوشش، کوششی نادرست قلمداد می‌شد و آزمودنی دوباره به اجرای یک کوشش دیگر می‌پرداخت. برای هر آزمودنی دست‌کم شش کوشش صحیح ثبت و در تحلیل‌های بعدی استفاده شد.

- 
1. Kellgren –Lawrence
  2. RsScan International



شکل ۱- مسیر حرکت شرکت‌کننده‌ها

داده‌های حاصل از دستگاه فوت اسکن توسط نرم‌افزار نسل دوم فوت اسکن ۱۷ تجزیه و تحلیل شد. این نرم‌افزار به صورت خودکار پا را به ده نقطه آناتومیکی تقسیم می‌کند: (۱) انگشت شست؛ (۲) انگشتان کوچک؛ (۳) متاتارسال اول؛ (۴) متاتارسال دوم؛ (۵) متاتارسال سوم؛ (۶) متاتارسال چهارم؛ (۷) متاتارسال پنجم؛ (۸) وسط پا؛ (۹) بخش داخلی پاشنه و (۱۰) بخش خارجی پاشنه. برای هر یک از این نواحی، حداکثر فشار کف پایی در هر کوشش به دست آمد و میانگین آن برای تحلیل‌های آماری در نظر گرفته شد. علاوه بر این، این نرم‌افزار به صورت خودکار پنج لحظه خاص را مشخص می‌کند: زیرفازهای استانس؛ (۱) اولین تماس پا (لحظه‌ای که پا اولین تماس خود را با صفحه فشار برقرار می‌کند)؛ (۲) تماس اولین متاتارسال (لحظه‌ای که یکی از متاتارسال‌ها با صفحه فشار تماس پیدا می‌کند)؛ (۳) صاف شدن جلوی پا (اولین لحظه‌ای که تمام متاتارسال‌ها با صفحه فشار تماس پیدا می‌کنند)؛ (۴) جدا شدن پاشنه (لحظه‌ای که تماس پاشنه با صفحه فشار تمام می‌شود) و (۵) آخرین تماس پا با دستگاه (آخرین تماس پا با صفحه). بین این پنج نقطه، چهار فاز کلیدی مشخص می‌شود: (۱) فاز تماس اولیه (بین تماس اولیه پا و تماس اولین متاتارسال)؛ (۲) فاز تماس جلوی پا (بین تماس اولین متاتارسال تا صاف شدن جلوی پا)؛ (۳) فاز صاف شدن پا (بین صاف شدن جلوی پا تا جدا شدن پاشنه) و (۴) فاز پوش آف جلوی پا (بین صاف شدن جلوی پا تا تماس انتهایی پا). برای هر کدام از این فازها، مدت زمان نسبی استانس بر حسب درصد محاسبه شد (شکل شماره ۲).



شکل ۲- زیرفازهای استانس

میانگین شش کوشش صحیح برای تحلیل‌های آماری در نظر گرفته شد. از آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده شد. برای مقایسه حداکثر فشار کف پایي در مناطق ده‌گانه و مدت‌زمان نسبی زیرفازهای چهارگانه بین دو گروه از آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره (ده منطقه آناتومیکی پا و چهار زیرفاز استانس) استفاده شد. تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار اسپس ۱ نسخه ۱۸ در سطح معناداری ( $p \leq 0/05$ ) انجام شد.

### یافته‌ها

نتایج مربوط به آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره برای مقایسه حداکثر فشار کف پایي و مدت‌زمان نسبی زیرفازهای چهارگانه استانس بین دو گروه در جدول شماره ۱ آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، به‌طور کلی دو گروه در دو متغیر فشار کف پایي ( $p=0/001$ ) و مدت‌زمان نسبی فازهای استانس ( $p=0/003$ ) با هم تفاوت دارند.

جدول ۱- نتایج مربوط به آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره برای دو متغیر حداکثر فشار کف پای و مدت زمان نسبی زیرفازهای استانس

متغیر	درجات آزادی	لانداي ويلكز	مقدار F	مقدار P
حداکثر فشار کف پای	۱۰ و ۲۵	۰/۰۲۶	۹۳/۰۹۵	* ۰/۰۰۱
مدت زمان نسبی زیرفازهای استانس	۴ و ۳۱	۰/۶۵۷	۵/۰۹۴	* ۰/۰۰۳

\* معناداری در سطح (p=۰/۰۵)

جدول شماره ۲ به مقایسه حداکثر فشار کف پای در دو گروه در نواحی ده گانه پا پرداخته است. همان طور که ملاحظه می شود، حین راه رفتن، گروه مبتلا به استئوآرتریت زانو در ناحیه انگشت شست (p=۰/۰۰۷) و داخل پاشنه (p=۰/۰۰۸) حداکثر فشار کف پای کمتر و در نواحی متاتارسال چهارم (p=۰/۰۳۸) و وسط پا (p=۰/۰۰۱) حداکثر فشار کف پای بیشتری را از خود نشان می دهند.

جدول ۲- مقایسه (انحراف استاندارد  $\pm$  میانگین) حداکثر فشار کف پای بین دو گروه سالم و مبتلا به استئوآرتریت زانو (نیوتن بر سانتی متر مربع)

ناحیه	گروه سالم	گروه استئوآرتریت	مقدار F	مقدار P**
انگشت شست	۱۷/۵۶ $\pm$ ۸/۲۲	۱۱/۲۰ $\pm$ ۴/۵۹	۸/۲۰۵	* ۰/۰۰۷
انگشت کوچک	۴/۳۲ $\pm$ ۳/۷۲	۴/۲۹ $\pm$ ۲/۴۵	۰/۰۰۱	۰/۹۸۱
متاتارسال اول	۱۰/۹۶ $\pm$ ۸/۰۰	۱۴/۰۱ $\pm$ ۷/۲۰	۱/۴۵۰	۰/۲۳۷
متاتارسال دوم	۲۰/۳۶ $\pm$ ۷/۹۱	۲۴/۱۰ $\pm$ ۹/۱۰	۱/۷۲۷	۰/۱۹۸
متاتارسال سوم	۳۰/۷۲ $\pm$ ۹/۳۷	۳۳/۵۴ $\pm$ ۱۶/۰۱	۰/۴۱۷	۰/۵۲۳
متاتارسال چهارم	۲۲/۲۱ $\pm$ ۸/۱۷	۲۸/۴۸ $\pm$ ۹/۱۶	۴/۶۸۲	* ۰/۰۳۸
متاتارسال پنجم	۱۲/۷۰ $\pm$ ۶/۹۶	۱۳/۴۷ $\pm$ ۱۰/۲۰	۰/۰۷۰	۰/۷۹۳
وسط پا	۲/۴۴ $\pm$ ۱/۹۷	۶/۱۷ $\pm$ ۲/۸۳	۲۱/۰۲۳	* ۰/۰۰۱
داخل پاشنه	۲۳/۴۴ $\pm$ ۵/۰۱	۱۸/۵۱ $\pm$ ۵/۵۱	۷/۸۹۵	* ۰/۰۰۸
خارج پاشنه	۲۰/۳۹ $\pm$ ۸/۹۴	۱۷/۳۸ $\pm$ ۸/۶۹	۱/۰۵۰	۰/۳۱۳

\*\* معناداری در سطح (p=۰/۰۵)

در زمان بندی زیرفازهای استانس، گروه استئوآرتریت در فازهای تماس اولیه (p=۰/۰۱۴) و تماس جلوی پا (p=۰/۰۰۸) مدت زمان کمتر، ولی در فاز صاف شدن جلوی پا (p=۰/۰۰۱) مدت زمان بیشتری را صرف می کنند. این نتایج در جدول شماره ۳ آورده شده است.

جدول ۳- مقایسه (انحراف استاندارد  $\pm$  میانگین) مدت زمان نسبی زیرفازهای استانس (درصد) گروه سالم و مبتلا به استئوآرتریت\*

اندازه P	اندازه F	گروه استئوآرتریت	گروه سالم	ناحیه
* ۰/۰۱۴	۶/۷۲۴	۸/۳۹ $\pm$ ۳/۵۲	۱۱/۰۷ $\pm$ ۲/۶۱	فاز تماس اولیه
* ۰/۰۰۸	۷/۹۶۱	۱۳/۸۱ $\pm$ ۵/۸۰	۲۰/۷۵ $\pm$ ۸/۶۶	فاز تماس جلوی پا
* ۰/۰۰۱	۲۰/۶۸۶	۴۲/۴۲ $\pm$ ۱۰/۱۲	۲۷/۹۲ $\pm$ ۸/۹۵	فاز صاف شدن جلوی پا
۰/۰۵۹	۳/۸۰۷	۳۵/۳۶ $\pm$ ۹/۹۲	۴۰/۲۴ $\pm$ ۳/۷۳	فاز پوش آف جلوی پا

\*: معناداری در سطح (p=۰/۰۵)

### بحث و نتیجه گیری

هدف از پژوهش حاضر مقایسه ویژگی‌های توزیع فشار کف پایي در زنان سالمند مبتلا به استئوآرتریت زانو با زنان سالمند سالم بود. نتایج این پژوهش نشان داد مدت زمان نسبی صرف شده در فازهای تماس اولیه و تماس جلوی پا در گروه مبتلا به استئوآرتریت زانو کمتر و مدت زمان نسبی صرف شده در فاز صاف شدن جلوی پا در این گروه بیشتر از گروه سالم است. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد در گروه استئوآرتریت زانو حداکثر فشار کف پایي وارد بر نواحی انگشت شست و داخل پاشنه از افراد سالم کمتر و حداکثر فشار کف پایي وارد بر نواحی وسط پا و متاتارسال چهارم از افراد سالم بیشتر است. این نتایج با نتایج کینگ<sup>۱</sup> و همکاران (۳۹)، نا و همکاران (۴۶) و کوتی و همکاران (۴۷) هم‌سو بود که نشان‌دهنده مکانیک متفاوت راه رفتن در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو است. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو مدت زمان نسبی کمتری را در فازهای تماس اولیه و تماس جلوی پا صرف می‌کنند که می‌تواند نشان‌دهنده دامنه حرکتی کمتر در مفصل مچ پا باشد. پژوهش‌های پیشین نشان داده است دامنه حرکتی در مفصل مچ پا در افراد مبتلا به استئوآرتریت از افراد سالم کمتر است (۲۶) و این امر می‌تواند باعث کاهش مدت زمان نسبی در زیرفازهای تماس اولیه و تماس جلوی پا شود. همچنین نشان داده شده است که افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو برای جلوگیری از بروز درد در زانو، با سرعت بیشتری نیروها را از فاز تماس اولیه منتقل می‌کنند (۴۱). به نظر می‌رسد این سرعت بیشتر با کاهش مدت زمان زیرفازهای تماس اولیه و تماس جلوی پا همراه باشد. از طرف دیگر، نتایج پژوهش حاضر نشان داد با کمتر بودن مدت زمان

نسبی فازهای تماس اولیه و تماس جلوی پا، مدت زمان نسبی فاز صاف شدن جلوی پا در گروه مبتلا به استئوآرتریت زانو بیشتر است. در این فاز انتقال وزن باید به صورتی مطلوب از عقب به سمت جلوی بدن اتفاق بیفتد. به نظر می‌رسد افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو با بیشتر کردن مدت زمان نسبی این فاز، در تلاش‌اند تا با ایجاد پایداری بیشتر برای مفصل زانو، انتقال وزن را به شکلی بهینه‌تر انجام دهند تا عملکرد کلی راه رفتن را حفظ کنند (۲۶). طی پژوهش حاضر نشان داده شد زمان بندی فازهای مختلف استانس در گروه مبتلا به استئوآرتریت زانو اختلافاتی با گروه سالم دارد که با تغییراتی در الگوهای بارگیری در مناطق مختلف پا همراه است. در مطالعات پیشین به این مورد اشاره شده است و نتایج پژوهش حاضر هم آن را تأیید می‌کند (۱۳، ۲۲، ۲۶، ۲۷، ۴۱).

نتایج این پژوهش نشان داد افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو حین راه رفتن حداکثر فشار کف پای کمتری را در نواحی انگشت شست و داخل پاشنه متحمل می‌شوند، در حالی که در نواحی متاتارسال چهارم و وسط پا حداکثر فشار کف پای بیشتری را نشان می‌دهند. این نتایج نشان‌دهنده وجود اختلاف در الگوهای بارگیری مناطق مختلف پا حین راه رفتن بین افراد سالم و مبتلا به استئوآرتریت زانو است. افراد مبتلا به استئوآرتریت کمپارتمان داخلی زانو برای کاهش درد هنگام راه رفتن تغییرات جبرانی در نحوه راه رفتن خود ایجاد می‌کنند. یکی از این تغییرات، انتقال مرکز فشار به سمت لبه خارج پا است. با خارجی‌تر شدن مسیر مرکز فشار، بارگیری بخش‌های خارجی پا مانند متاتارسال چهارم و وسط پا افزایش پیدا می‌کند که با نتایج پژوهش حاضر هم‌سوست (۴۸). نکته جالب این است که به نظر می‌رسد با توجه به اینکه در پژوهش حاضر، بارگیری وارد بر نواحی انگشت شست و داخل پاشنه در افراد استئوآرتریتی کمتر است، بارگیری‌های مربوط به این مناطق به سمت خارج پا انتقال پیدا می‌کند. نشان داده شده است که افزایش بارهای وارد بر نواحی متاتارسال چهارم و وسط پا در افراد مبتلا به استئوآرتریت با افزایش خطر ابتلا به استرس فراکچر این مناطق همراه است (۴۹).

مطالعه حاضر محدودیت‌هایی داشت. در این پژوهش، برای کنترل عامل جنسیت فقط از بیماران زن استفاده شد. پیشنهاد می‌شود این پژوهش در خصوص مردان سالم و مبتلا به استئوآرتریت زانو نیز انجام و با یافته‌های پژوهش حاضر مقایسه شود. از دیگر محدودیت‌های پژوهش حاضر، می‌توان به کنترل نشدن سرعت اشاره کرد؛ زیرا شرکت‌کنندگان با سرعت خودانتخابی راه رفتند. برای اینکه افراد حاضر در این مطالعه بتوانند تا حد ممکن راه رفتن طبیعی خود را به نمایش بگذارند از آن‌ها خواسته شد با سرعت خودانتخابی راه بروند.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان بیان کرد که توزیع فشار کف پای و زمان بندی زیرفازهای استانس در زنان مبتلا به استئوآرتریت زانو با زنان سالم متفاوت است، به طوری که حداکثر فشار کف پای در نواحی انگشت شست و داخل پاشنه بیماران استئوآرتریت زانو در حین راه رفتن، از گروه سالم

کمتر و در نواحی متاتارسال چهارم و وسط پا از گروه سالم بیشتر است. در زنان مبتلا به استئوآرتروز زانو درصد زمانی زیرفازهای تماس اولیه و تماس جلوی پا کمتر و در زیرفاز صاف شدن جلوی پا بیشتر است. به فیزیوتراپیست‌ها و درمانگران پیشنهاد می‌شود در اعمال مداخلات درمانی و اصلاحی خود این اختلافات را در نظر بگیرند تا الگوی توزیع فشار کف پای زنان مبتلا به استئوآرتروز را به افراد سالم نزدیک‌تر کنند.

### تشکر و قدردانی

در پایان از کلیه شرکت‌کنندگان در پژوهش تقدیر و تشکر می‌شود.

### منابع

1. Kraus VB. Pathogenesis and treatment of osteoarthritis. *Medical Clinics*. 1997; 81(1): 85-112.
2. Glyn-Jones S, Palmer AJR, Agricola R, Price AJ, Vincent TL, Weinans H. Osteoarthritis. *The Lancet*. 2015;386(9991):376-387.
3. Ahmad zadeh J, Mirza tolouei F, Afshar A, Yekta z, Shekarloo Z. Evaluation of rehabilitation results on knee osteoarthritis patients. *Urmia Med J*. 2004;15(3):169-173. Available from: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=56295>. (in Persian)
4. Oliveria SA, Felson DT, Reed JI, Cirillo PA, Walker AM. Incidence of symptomatic hand, hip, and knee osteoarthritis among patients in a health maintenance organization. *Arthritis Rheum*. 1995; 38(8):1134-1141.
5. Ferreira R, Duarte JA, Gonçalves, RS. Non pharmacological and non-surgical interventions to manage patients with knee osteoarthritis. *What's new? Osteoporosis International*. 2019;30(236): S314-S314.
6. Felson DT. The epidemiology of knee osteoarthritis: results from the Framingham osteoarthritis study. *Arthritis Rheum*. 1990;20(3):42-50.
7. Woolf AD, Pfleger B. Burden of major musculoskeletal conditions. *Bulletin of the World Health Organization*. 2003; 81:646-656.
8. Davis MA, Ettinger WH, Neuhaus JM, Mallon KP. Knee osteoarthritis and physical functioning: Evidence from the NHANES I epidemiologic follow up study. *JRHEUM*. 1991;18(4):591-8.
9. Arthritis: Jan 7, 2019 (online). <https://www.encyclopedia.com/medicine/diseases-and-conditions/pathology/arthritis>. Accessed 8 Jan 2019
10. Herzog W. Muscle and joint biomechanics in the osteoarthritic knee. In 13th International Conference on Biomedical Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg. 2009. p :2151-2154.

11. Hurwitz DE, Ryals AB, Case JP, Block JA, Andriacchi TP. The knee adduction moment during gait in subjects with knee osteoarthritis is more closely correlated with static alignment than radiographic disease severity, toe out angle and pain J Orthop Res.2002; 20(1):101-107.
12. Bombardier C, Hawker G, Mosher D. The impact of arthritis in Canada: today and over the next 30 years. Arthritis Alliance of Canada.2011
13. Monil K, Milad M, Lynsey D, Margarita K, Alison M. Comparison of gait biomechanics in patients with and without knee osteoarthritis during different phases of gait. JOTR. 2018;25(1):11
14. Roemhildt ML, Coughlin KM, Peura GD, Badger GJ, Churchill D, Fleming BC, Beynon BD: Effects of increased chronic loading on articular cartilage material properties in the Lapine tibio-femoral joint. J Biomech. 2010; 43:2301-2308.
15. Schipplein OD, Andriacchi TP: Interaction between active and passive knee stabilizers during level walking. J Orthop Res. 1991; 9:113-119.
16. Lynn S, Reid S, Costigan P: The influence of gait pattern on signs of knee osteoarthritis in older adults over a 5-11-year follow-up period: a case study analysis. Knee. 2007; 14:22-28.
17. Kito N, Shinkoda K, Yamasaki T, Kanemura N, Anan M, Okanishi N. Contribution of knee adduction moment impulse to pain and disability in Japanese women with medial knee osteoarthritis. Clin Biomech.2010;25(9), 914-919.
18. Balci N, Cerrahoglu L. Evaluation of Foot Posture and Plantar Pressure Changes in Knee Osteoarthritis: Preliminary Report. ACR abstracts. 2012;64. 1106
19. Hurwitz D, Ryals AR, Block JA, Sharma L, Schnitzer TJ, Andriacchi TP. Knee pain and joint loading in subjects with osteoarthritis of the knee. J Orthop Res Ther. 2000;18(4):572-579.
20. Boyer KA, Angst MS, Asay J, Giori NJ, Andriacchi TP. Sensitivity of gait parameters to the effects of anti-inflammatory and opioid treatments in knee osteoarthritis patients. J Orthop Res.2012; 30:1118-24.
21. Hurwitz DE, Sharma L, & Andriacchi TP. Effect of knee pain on joint loading in patients with osteoarthritis. Curr Opin Rheumatol.1999;11(5):22-426.
22. Zeni JA, Higginson JS. Knee osteoarthritis affects the distribution of joint moments during gait. The Knee.2011;18(3):156-159.
23. Childs JD, Sparto PJ, Fitzgerald GK, Bizzini M, Irrgang JJ. Alterations in lower extremity movement and muscle activation patterns in individuals with knee osteoarthritis. Clin Biomech. 2004; 19:44-9.
24. Thorp LE, Sumner DR, Block JA, Moio KC, Shott S, Wimmer MA. Knee joint loading differs in individuals with mild compared with moderate medial knee osteoarthritis. Arthritis Rheum. 2006; 54:3842-9
25. Astephen JL, Deluzio KJ, Caldwell GE, Dunbar MJ. Biomechanical changes at the hip, knee, and ankle joints during gait are associated with knee osteoarthritis severity. J Orthop Res 2008;26:332-41.
26. Al-Zahrani KS, Bakheit AM. A study of the gait characteristics of patients with chronic osteoarthritis of the knee. Disabil Rehabil 2002; 24:275-80



27. Almeheyawi RN, Bricca A, Riskowski JL, Barn R, Steultjens M. Foot characteristics and mechanics in individuals with knee osteoarthritis: systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res.* 2021;14(1):1-22.
28. Bejek Z, Paroczai R, Illyes A, Kiss RM. The influence of walking speed on gait parameters in healthy people and in patients with osteoarthritis. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy.* 2006;14(7):612-622.
29. Ornetti P, Maillefert J-F, Laroche D, Morisset C, Dougados M, Gossec L. Gait analysis as a quantifiable outcome measure in hip or knee osteoarthritis: a systematic review. *Joint Bone Spine.* 2010; 77:421-5.
30. Baliunas AJ, Hurwitz DE, Ryals AB, Karrar A, Case JP, Block JA, et al. Increased knee joint loads during walking are present in subjects with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2002; 10(7), 573-579.
31. Mündermann A, Dyrby CO, Andriacchi TP. Secondary gait changes in patients with medial compartment knee osteoarthritis: increased load at the ankle, knee, and hip during walking. *Arthritis Rheum.* 2005;52(9): 2835-2844.
32. Landry SC, McKean KA, Hubley-Kozey CL, Stanish WD, Deluzio KJ. Knee biomechanics of moderate OA patients measured during gait at a self-selected and fast walking speed. *J Biomech.* 2007;140(8):1754-61.
33. Hubley-Kozey CL, Deluzio KJ, Landry SC, McNutt JS, Stanish WD. Neuromuscular alterations during walking in persons with moderate knee osteoarthritis. *J Biolumin Chemilumin.* 2006;16(4), 365-378.
34. Messier SP, Messier SP, Loeser RF, Hoover JL, Semble EL, Wise CM. Osteoarthritis of the knee effects on gait strength and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992; 73:29-36.
35. Zhang Z, Wang L, Hu K, Liu Y. Characteristics of plantar loads during walking in patients with knee osteoarthritis. *Med Sci Monit.* 2017;23, 5714.
36. Lvinger P, Menz HB, Fotoohabadi MR, Feller JA, Bartlett JR, Bergman NR. Foot posture in people with medial compartment knee osteoarthritis. *J Foot Ankle Res.* 2010;3(1):29.
37. Wang JW, Kuo KN, Andriacchi TP, Galante JO. The influence of walking mechanics and time on the results of proximal tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72(6): 905-909.
38. Lidtke RH, Muehleman C, Kwasny M, Block JA. Foot center of pressure and medial knee osteoarthritis. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2010. 100(3), 178-184.
39. King LK, Kendzerska T, Waugh EJ, Hawker GA. Impact of osteoarthritis on difficulty walking: a population based study. *Arthritis Care Res.* 2018;70(1):71-9.
40. Kour N, Gupta S, Arora S. A survey of knee osteoarthritis assessment based on gait. *Arch Comput Methods Eng.* 2021: 28(2); 345-385.
41. Anbarian M, Esmaeili H. Effects of running-induced fatigue on plantar pressure distribution in novice runners with different foot types. *Gait posture.* 2016; 48:52-56
42. Askari Z, Esmaeili, H. Effect of trunk muscles fatigue on plantar pressure distribution in novice runners. *Journal of Biomechanics.* 2021;122, 110487.

43. Røslund T, Gregersen LS, Eskehave TN, Kersting UG, Arendt-Nielsen L. Pain sensitization and degenerative changes are associated with aberrant plantar loading in patients with painful knee osteoarthritis. *Scand J Rheumatol.* 2015;44(1): 61-69.
44. Motooka T, Tanaka H, Ide S, Mawatari M, Hotokebuchi T. Foot pressure distribution in patients with gonarthrosis. *The Foot.* 2012;22(2):70-73.
45. Neogi T, Zhang Y. Epidemiology of osteoarthritis. *Rheumatic Disease Clinics.* 2013; 39(1): 1-19.
46. Na A, Piva SR, Buchanan TS. Influences of knee osteoarthritis and walking difficulty on knee kinematics and kinetics. *Gait posture.* 2018;1(61):439-44.
47. Kotti M, Duffell LD, Faisal AA, McGregor AH. The complexity of human walking: a knee osteoarthritis study. *PLoS one.* 2014; 18:9(9): e107325.
48. Chang WN, Tsirikos AI, Miller F, Schuyler J, Glutting J. Impact of changing foot progression angle on foot pressure measurement in children with neuromuscular diseases. *Gait & posture.* 2004; 20(1): 14-19.
49. Nagel A, Fernholz F, Kibele C, Rosenbaum, D. Long distance running increases plantar pressures beneath the metatarsal heads: a barefoot walking investigation of 200 marathon runners. *Gait posture.* 2008;27(1): 152-155.

### ارجاع دهی

اعتصامی عذرا سادات، ذوالاکتاف وحید، اسماعیلی حامد. اثر استئوآرتریت زانو بر الگوی توزیع فشار کف پای و زمان بندی زیرفازهای استانس در زنان سالمند. مطالعات طب ورزشی. بهار و تابستان ۱۴۰۰؛ ۱۳(۲۹)، ۹۷-۱۱۴. شناسه دیجیتال: 10.22089/SMJ.2021.10989.1522

Etesami A, Zolaktaf V, Esmaeeli H. Effect of Knee Osteoarthritis on Plantar Pressure Distribution Pattern and Timing of Stance Sub-Phases in Elderly Females. *Sport Medicine Studies.* Spring & Summer 2021; 13 (29): 97-114. (Persian). Doi: 10.22089/SMJ.2021.10989.1522