Archives of
Rehabilitation

April 2023. Vol 24. Num 1

Research Paper

Evaluation of Static and Dynamic Stability and Its Relationship With Fear of Falling in Patients With Mild to Moderate Knee Osteoarthritis

*Mahsa Kavyani Boroujeni[1], Mohammad Taghi Karimi[2], Keyvan Sharifmoradi[3], Hossein Akbari-Aghdam[4]

1. Musculoskeletal Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
2. Department of Orthotics and Prosthetics, Rehabilitation Faculty, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.
3. Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran.
4. Department of Orthopedic, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Kavyani Boroujeni M, Karimi MT, Sharifmoradi K, Akbari-Aghdam H. Evaluation of Static and Dynamic Stability and Its Relationship With Fear of Falling in Patients With Mild to Moderate Knee Osteoarthritis. Archives of Rehabilitation. 2023; 24(1):76-95. https://doi.org/10.32598/RJ.24.1.3482.1

https://doi.org/10.32598/RJ.24.1.3482.1

ABSTRACT

Objective Knee osteoarthritis is one of the most common musculoskeletal disorders affecting balance. It is also a risk factor for falling in older people. People with a history of falling, whether being injured or not, acquire a fear of potential falling, so they limit their functional activities, leading to decreased mobility, muscle weakness, and increased risk of falling in the future. Evaluating the relationship between balance and fear of falling in these patients can detect the disability mechanisms and falling and also help find more effective therapeutic methods for these patients. Some previous studies evaluated the stability of patients by clinical methods in static situations and related it to fear of falling. However, the walking stability of patients was not assessed by laboratory-based systems in previous studies. Therefore, we aimed to evaluate dynamic (during walking and based on the center of mass sways) and static stability (based on the center of pressure sways) and their relationship with falling risk in patients with knee osteoarthritis.

Materials & Methods This is a descriptive cross-sectional study. A group of 15 subjects with mild to moderate knee osteoarthritis with a Mean±SD age of 50±3.22 years and 15 normal subjects with comparable age, height, and weight participated in this study. The subjects' standing stability was evaluated using a Kistler force plate based on mediolateral (ML) and anteroposterior (AP) displacements of the center of pressure. Also, the dynamic stability of the subjects was evaluated during walking and based on the center of mass-base of support relationship in AP and ML directions. Kinematic data were collected using a motion analysis system with 7 high-speed cameras and a Kistler force plate. To model the body segments, the output of Qualisys track manager software was exported to Visual 3D software. Fear of falling was assessed by the native version of the fall efficacy scale (FES-I). The normal distribution of data was checked by the Shapiro-Wilk test. The independent samples t-test was used to compare the stability of patients and normal subjects. The Pearson correlation coefficient was used to evaluate the relationships between static and dynamic stability parameters and fear of falling in patients with knee osteoarthritis.

Results Patients with knee osteoarthritis had less stability during standing and walking than healthy subjects ($P<0.05$). Moreover, based on the results of this study, there was a linear relationship between the center of body pressure (COP) excursions in the AP direction and the fear of falling scale. Still, it was not significant ($r=0.416$, $P=0.123$), and there was no correlation between the other COP parameters with FES ($r=0$, $P>0.05$). The correlations between mean center of mass (COM) excursion in AP and ML directions and FES were 0.309 and -0.123, respectively; however, these correlations were also not statistically significant ($P>0.05$).

* *Corresponding Author:*
Mahsa Kavyani Boroujeni.
Address: Musculoskeletal Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
Tel: +98 (913) 3647218
E-Mail: Mahsakaviani7@gmail.com

Received: 31 Oct 2021
Accepted: 15 Mar 2022
Available Online: 01 Apr 2023

Conclusion Based on the results of this study, there is no significant relationship between static and dynamic stability of the patients with mild to moderate knee osteoarthritis (based on COP-COM variables) and the fall efficiency scale. So, it seems that to improve these patients' functional abilities, and the therapists must focus on the other parameters that affect the falling, such as reducing pain, improving proprioception, and enhancing muscle strength. It is suggested that future studies include a more varied age range of elderly people and evaluate all contributing factors in falling of patients with knee osteoarthritis (such as pain, proprioception, vision, and muscle strength) and also evaluate the stability of patients with both laboratory-based and clinical tests.

Keywords Standing stability, Dynamic stability, Fear of falling, Knee osteoarthritis

English Version

Introduction

Osteoarthritis is one of the most common knee joint disorders. Epidemiological studies show that about 17% of Iran's population has knee osteoarthritis [1]. Knee osteoarthritis is considered one of the risk factors for falling in elderly people [2-4]. Vision disorders, decreased muscle strength and activity, knee joint proprioceptive disorder, and balance disorder are the most important factors affecting falls in patients with knee osteoarthritis [4-6]. Whether injured or not, patients who fall are afraid of falling again and therefore limit their functional activities to prevent a possible fall. This condition will restrict patients' mobility, cause muscle weakness, and increase the risk of falling in the future [7]. It has also been stated that there is a fear of falling in adults with or without a history of falling [8].

Maintaining balance is essential for daily activities [9, 10]. Several studies have shown that patients with knee osteoarthritis have greater postural fluctuations than healthy people [9, 11-13]. Afferent sensory data from vision, vestibular, and somatosensory systems participate in balance control. The central processing of this information leads to a neuromuscular response that maintains the body's center of gravity within the range of body support [14]. Therefore, balance disorder increases the risk of falling and reduces the ability to walk.

One of the methods to evaluate postural balance is using a force plate that measures postural fluctuations during standing or walking [15-18]. Confusion of postural volatility is the main cause of falling and fear of its recurrence in patients with knee osteoarthritis; also, falling is the cause of secondary injuries to patients. Therefore, evaluating the relationship between balance and the fear of falling in patients with knee osteoarthritis can lead to diagnosing the mechanism of disability and falling and help find effective treatment methods for them [9, 19].

Several studies have investigated postural balance and the risk of falling in elderly people and patients with knee osteoarthritis [19-25]. In these studies, the balance has been evaluated with several clinical tests [20-22], including the functional reach test, step test [21], and timed up and go test [19, 20]. Also, systems such as NeuroCom Balance Master [21] and Biodex are used in this regard [19, 23, 24]. In these studies, balance and its relationship with the fear of falling have often been measured using clinical tests. In contrast, the NeuroCom and the Biodex balance systems are used to assess postural balance, and balance during walking has not been used in all previous studies. Therefore, the current study aims to evaluate the dynamic balance of patients with knee osteoarthritis compared to healthy people (exclusively during walking and based on the fluctuations of the body's center of pressure and the body's center of gravity) and to evaluate the static balance using biomechanical parameters (fluctuations of the plantar pressure center) and its relationship with fear of falling.

Materials and Methods

The current research is descriptive cross-sectional. Regarding confounding variables, 15 patients with mild to moderate knee osteoarthritis and 15 healthy individuals matched with the patient group participated in this study (Table 1).

The P>0.05 for all confounding variables between the two groups, which means that the variables are ineffective in the balance of the participants.

The inclusion criteria in the selected patients were as follows: having mild to moderate severity of knee osteoarthritis, mild to moderate pain intensity (based on the VAS scale, mild pain=0-3, moderate pain=4-6) [26, 27], being independent in performing daily activities, lacking any skeletal-muscular disorder affecting people's ability to walk and stand, and the ability to walk without any assistive devices. Patients with a history of knee surgery and lower limb fracture, a history of falls, and patients undergoing physiotherapy treatment or drug treatment affecting balance, such as sedatives, were excluded from the study.

Table 1. Demographic information of the participants

Variables	Mean±SD		*P
	Case Group	Control Group	
Age (y)	50±3.22	49.6±4.32	0.776
Height (cm)	158.86±5.24	163.13±9.50	0.139
Wight (kg)	73.33±14.5	67.3±12.81	0.237
Gender (man/woman)	9.6	9.6	--

Archives of Rehabilitation

*P-value of all confounding variables between two groups is more than 0.05. it means that these variables have not any effect on stability of participants.

The international fall efficacy scale (FES-I) was used to assess the fear of falling. The patients' balance was evaluated in static and dynamic situations (standing and walking, respectively).

The process of performing the balance test

To check the static balance of the participants in the study, a Kistler force plate (60×50 cm, model 9260AA, manufactured by Kistler, Switzerland) was used to collect the data of the center of body pressure (COP) along the x and y axes, which represent the anterior-posterior and internal-external directions, respectively. The data were collected with a frequency of 100 Hz and filtered with a Butterworth low-pass filter with a cut off frequency of 10 hz [28, 29].

Standing stability of participants in study was measured based on following equations (Equations 1-6):

COPEAP: Center of pressure excursion in the anteroposterior direction, COPEML: Center of pressure excursion in the mediolateral direction, PLAP: Path length of COP in the anteroposterior direction, LML: Path length of COP in the mediolateral direction, VAP: Velocity of center of pressure sways in the anteroposterior plane, VML: Velocity of center of pressure sways in the mediolateral plane.

Equation 1. $\mathrm{COPEAP(mm)} = X_{max} - X_{min}$

Equation 2. $\mathrm{COP\ EML\ (mm)} = Y_{max} - Y_{min}$

Equation 3. $\mathrm{PLAP\ (mm)} = \sum_{}^{n-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2}$

Equation 4. $\mathrm{PLMLmm)} = \sum_{}^{n-1} \sqrt{(y_{i+1} - y_i)^2}$

Equation 5. $\mathrm{VAP\ (mm/min)} = \dfrac{\sum_{}^{n-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2}}{t}$

Equation 6. $\mathrm{VML(mm/min)} = \dfrac{\sum_{}^{n-1} \sqrt{(y_{i+1} - y_i)^2}}{t}$

The dynamic balance of the participants in the study was determined based on the relationship between the body's center of mass (COM) and the range of the base of support (BOS) in anterior-posterior and internal-external directions [30-32]. The kinematic information of people's walking was collected using the Qualisys motion analysis system equipped with 7 cameras and a frequency of 100 Hz. Twenty reflective markers with a diameter of 14 mm were pasted on the anatomical landmarks [31]. Markers were named and defined in Tract Manager software version 2.7 (Analysis Motion Capture Company, Gothenburg, Sweden). The right and left legs, both sides of the calf, pelvis, trunk, and head, were modeled. The main parameters for assessing dynamic balance are the normalized displacement of the body's COM in anterior-posterior, internal-external, and vertical directions and walking speed.

Statistical analysis of data was done with SPSS software, version 16 (Chicago, SPSS Inc). To check the normal distribution of data, the Shapiro-Wilk test was used. To compare the balance of patients and healthy people, the independent samples t-test was used. The relationship between static and dynamic balance parameters and fear of falling was measured using the Pearson correlation coefficient.

Results

The static balance variables of healthy people and patients with knee osteoarthritis are shown in Table 2. The relationship between the static balance variables and the fear of falling scale is shown in Table 3. Based on the results of the present study, there is a significant statistical difference between the static balance parameters of the two study groups (P>0.05). Also, based on the results of the balance analysis of the patients, there was a direct relationship between the fluctuations of the body pressure center in the anterior-posterior direction and the scale of fear of falling, but it was not statistically significant (r=0.416, P=0.123). An inverse relationship existed between the fluctuations of the body's center of pressure in the internal-external direction and the fear of falling scale (r=0.249, P=0.371). Also, no relationship was found between other parameters of the body pressure center and FES (r=0).

Dynamic balance parameters of patients compared to healthy people are presented in Table 4. Based on the results, the number of parameters related to the fluctuations of the body's center of mass in patients was significantly lower than the healthy individuals. Also, the measurement of the participants' walking speed in the study showed that the amount of this variable in patients is significantly lower than in healthy people (0.96±0.18 compared to 1.3±0.196, P<0.05). The mean parameters of body center of gravity fluctuations and their relationship with the fear of falling scale are shown in Table 5. The relationship between the center of body mass fluctuations in the anterior-posterior, internal-external, and vertical directions and the fear of falling scale were obtained at 0.309, -0.123, and -0.026, respectively. However, these relationships were not statistically significant (P<0.05).

Based on the results, the Mean±SD FES scores in patients and healthy subjects were 32.73±10.06 and 18.13±1.35, respectively (P<0.05).

Discussion

Maintaining balance while standing and walking is important for daily activities. Many studies have shown that measuring balance during standing and walking can predict the risk of falling in people [33, 34]. The results of the present study showed that the COP in patients with knee osteoarthritis greatly fluctuates during standing, and therefore these patients have less static balance than healthy people (Table 1). This finding aligns with studies investigating the static balance of patients with knee osteoarthritis [9, 11-13, 35-38]. The main reason for the decrease in the static balance of these patients compared to healthy people can be related to their limbs, disturbance in proprioception, and the decrease in patients' muscle strength compared to healthy people.

The results of the present study showed that the fluctuations of the plantar pressure center in the anterior-posterior and internal-external directions have a direct and inverse relationship with the scale of fear of falling, respectively. However, this relationship was not statistically significant. The present study's results align with the results of Taglietti et al. [13]. In their study, as in the current study, no significant relationship was found between the parameters of the plantar pressure center and the FES scale. This result may happen because the plantar pressure

Table 2. Comparing static balance parameters of knee osteoarthritis patients and healthy individuals

Variables	Mean±SD		P
	Case	Control	
Path length of the center of pressure excursion in the anterior-posterior direction (mm)	2522.975±2292.839	593.681±105.114	0.003
Path length of the center of pressure excursion in the inner-outer direction(mm)	2026.295±.672.523	646.376±119.583	<0.0001
Mean cop excursion in the Anterior-posterior direction (mm)	48.04±21.72	50.94±18.68	<0.0001
Mean cop excursion in the internal-external direction (mm)	24.97±12.64	64.86±10.78	<0.0001
Pressure excursion in mediolateral direction (mm/min)	5045.945±4585.681	1187.363±210.229	003.0
Velocity of center of pressure excursion in internal-externall direction (mm/min)	1292.753±239.166	4052.586±1345.049	<0.0001

Table 3. Relationship between fear of falling and static balance parameters using the Pearson correlation

Static Balance Parameters	Mean±SD	FES-I Questionnaire (Mean±SD 73.06±32.10)	
		r	P
Mean center of pressure excursion in the center of pressure in the anterior-posterior direction (mm)	48.04±21.72	0.416	0.123
Path length of the center of pressure in the anterior-posterior direction (mm)	2522.975±2292.839	0.008	0.978
Velocity of the COP excursion in the center of pressure in the anterior-posterior direction (mm/min)	5045.945±4585.681	0.008	0.978
Mean cop excursion of the center of pressure in the internal-external direction (mm)	24.97±12.64	-0.249	0.371
Path length of cop inin the inner-outer direction (mm)	2026.295±672.523	0.018	0.950
Velocity of center of pressure excursion in the internal-external direction (mm/min)	4052.586±1345.049	0.018	0.950

Archives of Rehabilitation

Table 4. Comparing dynamic balance parameters (while walking) in knee osteoarthritis patients and healthy people

Variables	Mean±SD		P
	Case	Control	
Mean center of body mass excursion in anterior-posterior direction	1.095±0.236	5.892±2.102	<0.0001
Mean center of body mass excursion in mediolateral direction	0.249±0.086	0.317±0.093	0.05
Mean center of body mass excursion in vertical direction	0.0363±0.0063	0.184±0.212	0.011
Walking speed (meters per second)	0.96±0.18	1.3±0.196	<0.0001

Archives of Rehabilitation

center variables do not represent performance. Therefore it is incorrect to relate the plantar pressure center variables to people's confidence to perform daily activities [13]. It has also been stated that people's emotions and stress affect the results of the FES questionnaire [24]. Therefore, although in the current study, similar to previous studies, the stability of knee osteoarthritis patients is less than in normal people, there was no significant statistical relationship between the variables of the body's COP and the variables of the body's center of mass with the FES scale. Another reason for this finding could be the inclusion of people with unilateral osteoarthritis in the current study so that in some studies reporting balance disorders in these patients, people with bilateral knee osteoarthritis were examined [19, 25, 36]. Also, the current study's balance measurement tool differs from previous studies.

Table 5. Relationship between fear of falling and dynamic balance parameters using the Pearson correlation

Dynamic Balance Parameters	(Mean±SD	FES-I Questionnaire (Mean±SD 73.06±32.10)	
		r	P
Mean center of body mass excursion in Anterior-Posterior direction	1.095±0.236	0.309	0.262
Mean center of body mass excursion in mediolateral direction	0.249±0.086	-0.123	0.662
Mean center of body mass excursion in vertical direction	0.0363±0.0063	-0.026	0.928

Archives of Rehabilitation

Another variable examined in the present study was dynamic balance. Based on the results, the fluctuation in the body's center of mass and walking speed in patients were lower than that of healthy people (Table 4). Walking speed is an important variable in evaluating the dynamic balance of people [32]. A higher walking speed requires more dynamic balance [39, 40]. If the walking speed were constant, the decrease in the body's center of mass fluctuations would indicate increased dynamic balance during walking [32]. In contrast, the decrease in the body's center of mass fluctuations in both anterior-posterior and internal-external directions was obtained with a decrease in walking speed. In patients, this issue indicates a decreased dynamic balance [32]. The decrease in the walking speed of these patients compared to healthy people can be due to their greater fear of falling [41] or due to the presence of posture flexion in the joints of the lower limbs of patients with knee osteoarthritis (ankle dorsiflexion and joint flexion, knee, and hip) and therefore decrease the range of motion of these joints in the sagittal plane (flexion-extension of hip and knee joints) compared to healthy people [35].

Based on the results of the present study, there is no significant relationship between the body's center of mass during walking and the fear of falling (P>0.05). In other words, the dynamic balance of knee osteoarthritis patients is not responsible for their fear of falling during daily activities. One of the factors affecting the fear of falling is pain. Pain affects muscle strength and coordination, postural fluctuations, strength, movement, and the ability to walk and increases the risk of falling [12, 42]. Therefore, in the present study, considering the lack of correlation between balance parameters and fear of falling, patients' mild to moderate pain can be a possible reason for their greater fear of falling during daily activities compared to healthy people. Therefore, it is recommended that in future studies, in addition to investigating the effect of different severities of osteoarthritis on patients' balance, the variable of pain also be measured as a risk factor in the occurrence of falls and the fear of falling. Also, to determine the net effect of balance disorder on the level of fear of falling in these patients, it is necessary to investigate and control other factors that are effective in causing falls, such as visual, vestibular, somatosensory, proprioceptive, and muscle strength disorders.

Conclusion

Based on the results of the present study, patients with knee osteoarthritis have less balance during standing and walking than healthy people. There is no significant relationship between the static and dynamic balance variables of people with mild to moderate knee osteoarthritis (respectively, based on the body pressure center and center of body mass) and the fear of falling scale. Therefore, to improve the functional abilities of these patients, the therapist should focus on other parameters affecting falls, such as reducing pain, improving muscle strength, and proprioception.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

Research approved by Isfahan University of Medical Sciences (Code: 042.2.1396.REC.MUI.IRIs). Before conducting the test, all participants were informed completelly about the purpose and the study method. A consent form was taken from them. Also to the participants were allowed to excluded from the study whenever willing to stop the cooperation.

Funding

This project was funded by Isfahan University of Medical Sciences (Grant No.: 296042).

Authors' contributions

Conceptualization and idea: Mahsa Kavyani Boroujeni and Mohammad Taghi Karimi; Research and review: Mahsa Kavyani Boroujeni, Mohammad Taghi Karimi and Hossein Akbari Aghdam, Analysis: Mahsa Kaviani and Kivan Sharif Moradi; Editing and finalisiation: Mahsa Kavyani Boroujeni and Mohammad Taghi Karimi.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank the participants took part in this research.

This Page Intentionally Left Blank

مقاله پژوهشی

بررسی تعادل استاتیک و دینامیک و ارتباط آن با ترس از زمین خوردن در بیماران دچار استئوآرتریت خفیف تا متوسط زانو

*مهسا کاویانی بروجنی[۱]، محمدتقی کریمی[۲]، کیوان شریف مرادی[۳]، حسین اکبری اقدم[۴]

۱. مرکز تحقیقات اسکلتی‌عضلانی، دانشگاه علوم‌پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.
۲. گروه ارتوز و پروتز، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم‌پزشکی شیراز، شیراز، ایران.
۳. گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.
۴. گروه جراحی استخوان و مفاصل، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم‌پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Kavyani Boroujeni M, Karimi MT, Sharifmoradi K, Akbari-Aghdam H. Evaluation of Static and Dynamic Stability and Its Relationship With Fear of Falling in Patients With Mild to Moderate Knee Osteoarthritis. Archives of Rehabilitation. 2023; 24(1):76-95. https://doi.org/10.32598/RJ.24.1.3482.1

https://doi.org/10.32598/RJ.24.1.3482.1

CC BY NC

چکیده

اهداف استئوآرتریت زانو یکی از رایج‌ترین اختلالات سیستم اسکلتی‌عضلانی است که به کاهش تعادل و افزایش خطر زمین خوردن در افراد مبتلا منجر می‌شود. بیمارانی که دچار زمین‌خوردگی می‌شوند، چه دچار آسیب بشوند و یا نشوند، دچار ترس از زمین‌خوردگی مجدد شده و بنابراین فعالیت‌های عملکردی خود را به‌منظور جلوگیری از زمین‌خوردگی مجدد احتمالی محدود می‌کنند. این امر موجب محدود شدن سطح تحرک بیماران، ضعف عضلانی و افزایش خطر زمین خوردن در آینده می‌شود. بررسی ارتباط بین تعادل و ترس از زمین خوردن در بیماران دچار استئوآرتریت زانو می‌تواند به تشخیص مکانیسم ناتوانی و زمین‌خوردگی در این بیماران و نهایتاً یافتن روش درمانی مؤثر جهت کاهش زمین‌خوردگی ایشان کمک کند. مطالعات پیشین، تعادل بیماران دچار استئوآرتریت زانو را با استفاده از روش‌های بالینی و غالباً در وضعیت ایستایی (ایستاتیک) سنجیده و ارتباط آن را با ترس از زمین‌خوردگی بررسی کرده‌اند. ضمن آنکه تعادل بیماران طی راه رفتن توسط سیستم‌های ارزیابی تعادل پویا بررسی نشده است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر ارزیابی تعادل پویای (دینامیک) بیماران دچار استئوآرتریت زانو در مقایسه با افراد سالم (منحصراً طی راه رفتن و براساس نوسانات مرکز ثقل بدن) و ارزیابی تعادل ایستایی با استفاده از پارامترهای بیومکانیکال (نوسانات مرکز فشار کف پایی) و ارتباط آن با ترس از زمین‌خوردگی است.

روش بررسی مطالعه حاضر یک پژوهش مقطعی‌توصیفی است. ۱۵ بیمار دچار استئوآرتریت خفیف تا متوسط زانو با میانگین سنی ۵۰±۳/۲۲ و ۱۵ فرد سالم که ازلحاظ متغیرهای مخدوش‌کننده با گروه بیمار تطبیق داده شدند، در مطالعه حاضر شرکت کردند. تعادل ایستایی بیماران با استفاده از صفحه نیروی کیستلر و براساس نوسانات مرکز فشار کف پایی در دو جهت قدامی‌خلفی و داخلی‌خارجی و تعادل پویای بیماران طی راه رفتن و براساس ارتباط بین مرکز ثقل بدن و سطح اتکای بدن در دو جهت قدامی‌خلفی و داخلی‌خارجی بررسی شد. به‌منظور ثبت متغیرهای تعادل ایستایی و پویا از سیستم آنالیز حرکت مجهز به ۷ دوربین و صفحه نیروی کیستلر استفاده شد. همچنین به‌منظور مدل‌سازی سگمان‌های بدن، خروجی نرم‌افزار آنالیز حرکت به نرم‌افزار Visual 3D انتقال داده شد. جهت سنجش ترس از زمین‌خوردگی از مقیاس کارآمدی افتادن بین‌المللی استفاده شد. توزیع نرمال داده‌ها با آزمون شاپیروویلک بررسی شد. به‌منظور مقایسه تعادل بیماران و افراد سالم از آزمون تی ۲ نمونه مستقل و جهت بررسی ارتباط بین پارامترهای تعادل ایستایی و پویا و ترس از زمین‌خوردگی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.

یافته‌ها مطالعه حاضر نشان داد بیماران دچار استئوآرتریت زانو طی ایستادن و راه رفتن تعادل کمتری نسبت به افراد سالم دارند (P<۰/۰۵). همچنین براساس نتایج، ارتباط مستقیمی بین نوسانات مرکز فشار کف پایی در جهت قدامی‌خلفی و ترس از زمین‌خوردگی وجود دارد، هرچند این ارتباط ازلحاظ آماری معنادار نبود (P=۰/۱۲۳، r=۰/۴۱۶). همچنین ارتباطی بین دیگر پارامترهای مرکز فشار بدن

* **نویسنده مسئول:**
مهسا کاویانی بروجنی
نشانی: اصفهان، دانشگاه علوم‌پزشکی اصفهان، مرکز تحقیقات اسکلتی‌عضلانی.
تلفن: ۳۶۴۷۲۱۸ (۹۱۳) ۹۸+
رایانامه: mahsakaviani7@gmail.com

و مقیاس مقیاس بین‌المللی کارآمدی افتادن حاصل نشد (P<۰/۰۵، r=۰). ارتباط بین نوسانات مرکز ثقل بدن در جهت قدامی‌خلفی و داخلی‌خارجی و مقیاس بین‌المللی کارآمدی افتادن به ترتیب برابر با ۰/۳۰۹ و ۰/۱۲۳- تعیین شد و این ارتباط از لحاظ آماری معنادار نبود (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری براساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، ارتباط معناداری بین متغیرهای تعادل ایستایی و پویای افراد دچار استئوآرتریت خفیف تا متوسط زانو (براساس متغیرهای مرکز فشار کف پایی و مرکز ثقل بدن) و مقیاس ترس از زمین‌خوردگی وجود ندارد. بنابراین به نظر می‌رسد به‌منظور بهبود توانایی‌های عملکردی این بیماران، درمانگر باید بر دیگر پارامترهای اثرگذار بر زمین‌خوردگی مثل کاهش درد، بهبود قدرت عضلانی و حس عمقی تمرکز کند. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده دامنه‌های سنی بیشتری از افراد سالمند را ارزیابی کند و علاوه بر بررسی هم‌زمان فاکتورهای مؤثر بر زمین‌خوردگی بیماران (همچون درد، حس عمقی، بینایی، قدرت عضلانی)، تعادل را هم براساس تست‌های آزمایشگاهی و هم ارزیابی‌های بالینی بسنجد.

کلیدواژه‌ها تعادل ایستگاهی، تعادل پویا، ترس از زمین‌خوردگی، استئوآرتریت زانو

تاریخ دریافت: ۰۹ آبان ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۲۴ اسفند ۱۴۰۰
تاریخ انتشار: ۱۱ دی ۱۴۰۱

مقدمه

استئوآرتریت یکی از شایع‌ترین اختلالات مفصلی زانوست. مطالعات اپیدمیولوژیک نشان می‌دهد حدوداً ۱۷ درصد جمعیت ایران دچار استئوآرتریت زانو هستند [۱]. این بیماری یکی از عوامل ناتوانی بوده و بار اقتصادی بالایی را بر جوامع تحمیل می‌کند [۲]. شیوع استئوآرتریت زانو با افزایش سن افزایش یافته و با شلی مفصلی، ضعف عضلانی، تغییر شکل مفصل و درد تظاهر می‌یابد [۳-۵]. بیماران دچار استئوآرتریت زانو از محدودیت پیشرونده عملکرد، افزایش وابستگی به دیگران برای راه رفتن و انجام فعالیت‌های روزمره زندگی، بالا رفتن از پله و دیگر عملکردهای اندام تحتانی و نهایتاً کاهش کیفیت زندگی رنج می‌برند [۶، ۷]. استئوآرتریت زانو یکی از فاکتورهای خطر وقوع زمین‌خوردگی در افراد سالمند است [۸-۱۰]. به‌صورتی‌که بیش از ۵۰ درصد بیماران دچار استئوآرتریت زانو سابقه حداقل یک بار زمین خوردن در یک سال اخیر را گزارش کرده‌اند [۱۱، ۱۲]. بیمارانی که دچار زمین‌خوردگی می‌شوند، چه دچار آسیب بشوند و یا نشوند، دچار ترس از زمین‌خوردگی مجدد شده و بنابراین فعالیت‌های عملکردی خود را به‌منظور جلوگیری از زمین‌خوردگی مجدد احتمالی محدود می‌کنند. این امر موجب محدود شدن سطح تحرک بیماران، ضعف عضلانی و افزایش خطر زمین خوردن در آینده می‌شود [۱۳]. همچنین بیان شده است ترس از زمین خوردن در بزرگسالان، با یا بدون سابقه زمین‌خوردگی، وجود دارد [۱۴].

اختلالات بینایی، کاهش قدرت و فعالیت عضلات، اختلال در حس عمقی مفصل زانو و اختلال تعادل مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر در زمین‌خوردگی بیماران دچار استئوآرتریت زانو است [۱۰، ۱۵، ۱۶]. ترکیب فاکتورهای خطر زمین‌خوردگی به دنبال استئوآرتریت زانو با ضعف عضلانی، مشکلات بینایی و اختلالات تعادلی ناشی از افزایش سن به افزایش اختلالات تعادل بیماران سالمند دچار استئوآرتریت زانو در مقایسه با افراد سالم همسن منجر می‌شود [۱۷، ۱۸] همچنین در مطالعات پیشین گزارش شده است که عوارض استئوآرتریت زانو مثل درد و اختلالات عصبی‌عضلانی(نوروماسکولار) می‌تواند به افزایش احتمال زمین‌خوردگی در این بیماران منجر شود [۱۹، ۲۰].

حفظ تعادل یک فاکتور اساسی جهت انجام تمام فعالیت‌های روزانه است [۱۷، ۲۱]. تعدادی از مطالعات نشان داده‌اند بیماران دچار استئوآرتریت زانو نوسانات وضعیتی[1] بالاتر در مقایسه با افراد سالم دارند [۱۷، ۲۲-۲۴]. داده‌های حسی آوران از سیستم‌های بینایی، دهلیزی (وستیبولار) و حسی‌پیکری (سوماتوسنسوری) در کنترل تعادل مشارکت دارند. پردازش مرکزی این اطلاعات به پاسخ عصبی‌عضلانی (نوروماسکولار) منجر شده که مرکز ثقل بدن را درون محدوده تکیه‌گاه بدن حفظ می‌کند [۲۵]. بنابراین اختلال تعادل، ریسک زمین‌خوردگی را افزایش داده و توانایی راه رفتن را کاهش می‌دهد.

یکی از روش‌هایی که امروزه برای ارزیابی تعادل وضعیتی استفاده می‌شود، استفاده از صفحه نیرو است که نوسانات وضعیتی را طی ایستادن یا حرکت اندازه‌گیری می‌کند [۲۶-۲۹]. آشفتگی نوسانات وضعیتی علت اصلی زمین خوردن و ترس از وقوع مجدد آن در بیماران دچار استئوآرتریت زانوست و زمین‌خوردگی علت وارد آمدن آسیب‌های ثانویه به بیماران است. بنابراین ارزیابی ارتباط بین تعادل و ترس از زمین‌خوردگی در بیماران دچار استئوآرتریت زانو می‌تواند به تشخیص مکانیسم ناتوانی و زمین‌خوردگی در این بیماران منجر شده و به یافتن روش‌های درمانی مؤثر برای ایشان کمک کند [۶، ۱۷].

از دست دادن تعادل و زمین خوردن معمولاً طی فعالیت‌های دینامیک (پویا) مثل راه رفتن و کمتر طی عملکردهای استاتیک (ایستایی) رخ می‌دهد [۱۷، ۳۰]. مطالعات متعددی تعادل وضعیتی و ریسک زمین خوردن در افراد مسن و در بیماران دچار استئوآرتریت زانو را بررسی کرده‌اند [۶، ۳۱-۳۶]. در این مطالعات، تعادل با آزمون‌های کلینیکال متعددی از جمله [۳۱-۳۳] آزمون استپ، آزمون فانکشنال ریچ [۳۲]، آزمون سنجش زمان اجرای بلند شدن و راه رفتن، [۶، ۳۱] و سیستم‌هایی همچون سیستم سنجش تعادل نوروکم [۳۲] و سیستم سیستم سنجش تعادل بایودکس [۶، ۳۴، ۳۵] ارزیابی شده است. در این مطالعات تعادل و ارتباط آن با ترس از زمین‌خوردگی غالباً با استفاده از تست‌های

1. Postural sway

بالینی سنجیده شده است، ضمن آنکه سیستم تعادل نوروکم و سیستم تعادل بایودکس به‌منظور ارزیابی تعادل وضعیتی به کار رفته‌اند و تعادل طی راه رفتن در هیچ‌یک از مطالعات قبلی بررسی نشده است. تعادل وضعیتی به معنای توانایی شخص در حفظ وضعیت قائم با یا بدون اعمال نوسان خارجی یا جابه‌جایی سطح اتکاست [۳۷، ۳۸]. به‌عنوان مثال سیستم تعادل بایودکس درجه و مدت‌زمان چرخش حول محورهای متحرک را ارزیابی می‌کند. در مطالعه‌ای گزارش شده است که اطلاعات حاصل از این ابزار به‌خوبی با نتایج به‌دست‌آمده از صفحات نیرو مرتبط است، ولی حفظ تعادل بر روی یک صفحه بی‌ثبات نمی‌تواند عملکرد فرد طی فعالیت‌های روزانه، ازجمله تعادل طی راه رفتن را به‌خوبی منعکس کند [۲۸]. تعادل طی راه رفتن[۲] به معنای توانایی شخص در حفظ کردن مرکز ثقل بدن[۳] و در حد امکان نزدیک به مسیر راه رفتن است [۳۹] و ارزیابی این متغیر می‌تواند جهت تشخیص خطر زمین خوردن به کار رود [۴۰، ۴۱]. بنابراین هدف از مطالعه حاضر ارزیابی تعادل دینامیک بیماران دچار استئوآرتریت زانو در مقایسه با افراد سالم (منحصراً طی راه رفتن و براساس نوسانات مرکز فشار بدن و مرکز ثقل بدن) و ارزیابی تعادل استاتیک با استفاده از پارامترهای بیومکانیکال (نوسانات مرکز فشار کف پایی) و ارتباط آن با ترس از زمین‌خوردگی است.

روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع توصیفی‌مقطعی است. ۱۵ بیمار دچار استئوآرتریت خفیف تا متوسط زانو (درجه ۲ و ۳ براساس مقیاس کلگرن-لورنس) با میانگین سنی ۵۰±۳/۲۲، قد ۱۵۸/۸۶±۵/۲۴ سانتی‌متر و وزن ۷۳/۳۳±۱۴/۵ کیلوگرم و ۱۵ فرد سالم که ازلحاظ متغیرهای مخدوش‌کننده با گروه بیمار تطبیق داده شده بودند در این مطالعه شرکت کردند (جدول شماره ۱). ۹ نفر از بیماران دچار استئوآرتریت یک‌طرفه زانو و ۶ نفر دیگر دچار استئوآرتریت دوطرفه زانو بودند. برای تعیین حجم نمونه از نرم‌افزار تخصصی جی‌پاور ۳/۱/۹/۴ استفاده شد. با استفاده از میانگین و انحراف معیار متغیر تعادل دینامیک در مطالعه پیشین (گروه ۱: ۱/۸±۰/۷، گروه ۲: ۱/۱۵±۰/۵) [۶] و در نظر گرفتن توان ۰/۸ و خطای نوع اول ۰/۰۵، حجم نمونه ایدئال ۱۵ نفر در هر گروه محاسبه شد که جمعاً ۳۰ نفر برای ۲ گروه مطالعه در نظر گرفته شد. نمونه‌گیری به روش غیرتصادفی آسان انجام شد. نمونه‌ها از بیماران در دسترس مراجعه‌کننده به درمانگاه ارتوپدی بیمارستان الزهرای اصفهان بودند و توسط پزشک متخصص به مرکز تحقیقات اسکلتی‌عضلانی دانشگاه علوم‌پزشکی اصفهان ارجاع داده شدند. در ابتدا اطلاعات جمعیت‌شناختی بیماران جمع‌آوری شد و از تمام شرکت‌کنندگان خواسته شد تا پرسش‌نامه مقیاس کارآمدی افتادن بین‌المللی[۴] جهت تعیین میزان ترس از زمین خوردن را تکمیل کنند.

استئوآرتریت زانو توسط پزشک متخصص براساس یافته‌های رادیوگرافیک تشخیص داده شده و براساس مقیاس کلگرن-لورنس درجه‌بندی شد. طبق این مقیاس، درجه صفر بیانگر سالم بودن مفصل زانو و نداشتن علائم استئوآرتریت، درجه ۱ به معنای مشکوک به استئوآرتریت، درجه ۲، استئوآرتریت خفیف به همراه استئوفیت‌های کوچک، درجه ۳ استئوآرتریت متوسط که با استئوفیت‌های متعدد کوچک و کم شدن فضای مفصلی و تغییر شکل لبه‌های استخوانی مفصل همراه است و درجه ۴ بیانگر استئوآرتریت شدید به همراه استئوفیت‌های بزرگ متعدد و کم شدن شدید فضای مفصلی، اسکلروز واضح و دفورمیتی لبه‌های مفصل است.

معیار اصلی انتخاب بیماران جهت شرکت در مطالعه عبارت از شدت خفیف تا متوسط استئوآرتریت زانو، شدت درد خفیف تا متوسط (براساس مقیاس آنالوگ بصری[۵]، درد خفیف=صفر تا ۳، درد متوسط=۴ تا ۶) [۴۲، ۴۳]، استقلال در انجام فعالیت‌های روزانه، نداشتن هرگونه اختلال اسکلتی‌عضلانی اثرگذار بر توانایی راه رفتن و ایستادن افراد و توانایی راه رفتن بدون هیچ‌گونه وسیله کمکی بودند. بیمارانی با سابقه جراحی زانو و شکستگی اندام تحتانی، سابقه زمین‌خوردگی، بیمارانی که تحت درمان فیزیوتراپی یا درمان دارویی تأثیرگذار بر تعادل، مانند داروهای آرام‌بخش، قرار داشتند از مطالعه خارج شدند.

مقیاس کارآمدی افتادن بین‌المللی جهت بررسی ترس از زمین خوردن استفاده شد. این پرسش‌نامه به زبان فارسی ترجمه و بومی‌سازی شده و روایی و پایایی لازم جهت بررسی ترس از زمین خوردن در افراد مسن ایرانی (زن / مرد) و افراد دچار استئوآرتزیت زانو را دارد [۴۴، ۴۵]. این مقیاس خودگزارش‌دهی، پرسش‌نامه‌ای ۱۶ گویه‌ای است که فرد، ترس از افتادن خود را در طول انجام دادن ۱۶ فعالیت زندگی روزانه ازجمله تمیز کردن خانه، پوشیدن و درآوردن لباس، آماده کردن غذایی ساده و حمام کردن، ارزیابی می‌کند. هر فعالیت رومزه ذکرشده در پرسش‌نامه در ۴ مقیاس نمره‌دهی می‌شود (۱=نداشتن هیچ نگرانی در انجام آن فعالیت، ۴=حداکثر نگرانی در انجام آن فعالیت). نمره این مقیاس از ۱۶ (حداقل نگرانی یا ترس از زمین‌خوردگی طی انجام فعالیت‌های روزانه) تا ۶۴ (بیشترین میزان ترس از زمین خوردن طی انجام فعالیت‌های روزانه) متغیر است. جهت حذف اثر سابقه زمین‌خوردگی بر ترس از زمین‌خوردگی مجدد، تمامی بیماران شرکت‌کننده در مطالعه حاضر هیچ سابقه‌ای از زمین خوردن در ۱۲ ماه گذشته از زمان اجرای مطالعه نداشتند.

2. Walking stability
3. Center of Mass (COM)
4. Fall Efficacy Scale (FES-I)
5. Visual Analog Scale (VAS)

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها

متغیر	گروه آزمایش	گروه کنترل	مقدار P*
	میانگین±انحراف معیار		
سن (سال)	۵۰±۳/۲۲	۴۹/۶±۴/۳۲	۰/۷۷۶
قد (سانتی‌متر)	۱۵۸/۸۶±۵/۲۴	۱۶۳/۱۳±۹/۵۰	۰/۱۳۹
وزن (کیلوگرم)	۷۳/۳۳±۱۴/۵	۶۷/۴±۱۲/۸۱	۰/۲۳۷
جنسیت (مرد / زن)	۹/۶	۹/۶	—

مقدار P برای تمام متغیرهای مخدوش‌کننده بین ۲ گروه بزرگ‌تر از ۰/۰۵ و به معنای بی‌اثر بودن متغیرها در تعادل شرکت‌کنندگان است. توانبخشی

تعادل بیماران در وضعیت‌های استاتیک و دینامیک (به ترتیب طی ایستادن و راه رفتن) ارزیابی شد.

فرایند اجرای آزمون تعادل: به‌منظور بررسی تعادل ایستایی افراد شرکت‌کننده در مطالعه از یک صفحه نیروی مدل kistler (۶۰×۵۰ سانتی‌متر، مدل ۹۲۶۰AA، تولید شرکت کیستلر، سوئیس) جهت جمع‌آوری داده‌های مرکز فشار بدن[6] در امتداد محورهای x و y که به ترتیب نشان‌دهنده جهت قدامی‌خلفی و داخلی‌خارجی هستند، استفاده شد. صفحه نیرو که شامل مبدل‌های نیروی پیزوالکتریک است، برای اندازه‌گیری موقعیت مرکز فشار بدن استفاده می‌شود. جهت اجرای آزمون از بیماران خواسته شد بر روی صفحه نیرو بایستند، درحالی‌که دست‌ها کنار بدن قرار گرفته و به یک نقطه ثابت در جلو نگاه می‌کردند. ایستادن روی صفحه نیرو ۵ بار تکرار شد. مدت‌زمان هر تکرار ۶۰ ثانیه بوده و یک دوره استراحت ۶۰ ثانیه‌ای بین هر تکرار در نظر گرفته شد. جهت کاهش خطای ناشی از ایستادن و خارج شدن از صفحه نیرو و خستگی عضلات، ۱۵ ثانیه ابتدایی و انتهایی هر آزمون حذف شد. داده‌ها با فرکانس ۱۰۰ هرتز جمع‌آوری شده و با فیلتر پایین‌گذر باترورث با نقطه فرکانس ۱۰ هرتز فیلتر شد [۴۶، ۴۷].

قابلیت اطمینان صفحه نیرو، براساس نوسانات مرکز فشار در جهات قدامی‌خلفی و داخلی‌خارجی در افراد سالم و افرادی با سابقه زمین‌خوردگی توسط بسیاری از محققین اندازه‌گیری شده است [۴۸-۵۰]. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که اعتبار نوسانات مرکز فشار در هر ۲ صفحه ساجیتال و کرونال بیشتر از ۰/۷۵ است و اگر تست برای ۵ بار تکرار شود و داده‌ها به مدت ۶۰ ثانیه ثبت شوند، می‌توانند به‌خوبی تعادل فرد را هنگام ایستادن نشان دهند.

پارامترهای طول مسیر[7]، سرعت[8] و نوسانات[9] مرکز فشار بدن در جهات داخلی‌خارجی و قدامی‌خلفی جهت بررسی تعادل ایستایی استفاده شد.

6. Center of Pressure (COP)
7. Path length
8. Velocity
9. Excursion

پارامترهای دخیل در بررسی تعادل افراد با استفاده از فرمول‌های شماره ۱ تا ۶ به دست آمد.

1.

Equation 1. $COPEAP(mm) = X_{max} - X_{min}$

2.

Equation 2. $COP\ EML\ (mm) = Y_{max} - Y_{min}$

3.

Equation 3. $PLAP\ (mm) = \sum_{}^{n-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2}$

4.

Equation 4. $PLMLmm) = \sum_{}^{n-1} \sqrt{(y_{i+1} - y_i)^2}$

5.

Equation 5. $VAP\ \ (mm/min) = \frac{\sum_{}^{n-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2}}{t}$

6.

Equation 6. $VML(mm/min) = \frac{\sum_{}^{n-1} \sqrt{(y_{i+1} - y_i)^2}}{t}$

در این معادلات COPEAE بیانگر نوسان مرکز فشار در راستای قدامی‌خلفی، COPEML بیانگر نوسان مرکز فشار در راستای داخلی‌خارجی، PLAP بیانگر طول مسیر نوسان مرکز فشار در راستای قدامی‌خلفی، PLML بیانگر طول مسیر نوسان مرکز فشار در راستای داخلی‌خارجی، VAP بیانگر سرعت مرکز فشار در راستای قدامی‌خلفی و VML بیانگر سرعت مرکز فشار در راستای داخلی‌خارجی است.

تعادل پویای افراد شرکت‌کننده در مطالعه براساس ارتباط بین مرکز ثقل بدن[10] و محدوده سطح اتکای بدن[11] در جهات قدامی‌خلفی و داخلی‌خارجی تعیین شد [۵۱-۵۳]. این ارتباط، میزان واقع شدن مرکز ثقل بدن در محدوده سطح اتکای بدن

10. Center of Mass (COM)
11. Base of support (BOS)

تصویر ۱. طول اندام و عرض محدوده تکیه‌گاهی بدن [۵۳] توانبخشی

طی راه رفتن را نشان می‌دهد [۵۴]. ارتباط بین مرکز ثقل بدن و محدوده سطح اتکای بدن براساس روش ذکر شده توسط پری به دست آمد[۵۴، ۵۵]. در این روش حداقل فاصله بین محل مرکز ثقل بدن تا حاشیه خلفی محدوده سطح اتکای بدن و همچنین حداقل فاصله بین محل مرکز ثقل بدن در جهت داخلی‌خارجی تا حاشیه خارجی محدوده سطح اتکای بدن محاسبه شده و به ترتیب بر طول پا و عرض قدم[۱۲] نرمالایز شده و به‌عنوان مقیاسی از تعادل دینامیک در جهت قدامی‌خلفی و داخلی‌خارجی در نظر گرفته می‌شود. همچنین حاشیه خلفی محدوده سطح اتکای بدن براساس محل مارکرهای واقع شده بر پاشنه و حاشیه خارجی آن براساس محل مارکرهای واقع شده بر قوزک خارجی تعیین می‌شود.

اطلاعات کینماتیک راه رفتن افراد با استفاده از سیستم آنالیز حرکت[۱۳] مجهز به ۷ دوربین و با فرکانس ۱۰۰ هرتز جمع‌آوری شد. ۲۰ مارکر رفلکتیو با قطر ۱۴ میلی‌متر بر روی لندمارک‌های آناتومیکال چسبانده شد [۵۲]. مارکرها در نرم‌افزار Tract manager(version 2.7, Analysis Motion Capture Company, Gothenburg, Sweden) نام‌گذاری و مشخص شدند. این مارکرها بر روی خار خاصره قدامی فوقانی[۱۴] راست و چپ، خار خاصره خلفی‌فوقانی[۱۵] راست و چپ، تروکانتر بزرگ فمور[۱۶] راست و چپ، اپی‌کوندیل‌های داخلی و خارجی[۱۷] هر دو زانو، قوزک‌های داخلی و خارجی[۱۸] دو طرف، پاشنه راست و چپ، سر متاتارس‌های اول و پنجم (MT1 ،MT5) قرار گرفتند [۵۳].

جهت بررسی تعادل پویای بیماران، ابتدا از شرکت‌کنندگان خواسته شد با مارکرهایی که به بدنشان متصل است بر روی صفحه نیرو بایستند. به‌منظور شناسایی مارکرها توسط دوربین‌های سیستم آنالیز حرکت، یک آزمون استاتیک در وضعیت ایستاده از هر یک از بیماران ثبت شد. سپس از بیماران خواسته شد با سرعت معمولی راه رفتن خود در مسیر مشخص‌شده در آزمایشگاه راه بروند. طول مسیر حرکت ۱۰ متر بود و نقطه شروع راه رفتن ۵ متر قبل از صفحه نیرو که در طی این مسیر قرار گرفته بود. تصاویر مارکرها حین حرکت ثبت شد و برای مدل‌سازی اندام استفاده شد. راه رفتن در مسیر آزمون ۵ بار تکرار شد و از میانگین پارامترهای ثبت‌شده برای آنالیز نهایی استفاده شد.

خروجی نرم افزار آنالیز حرکت (Track Manager Software) به نرم‌افزار Visual 3D (نسخه ۴، شرکت C-motion، آمریکا) انتقال داده شد و پای راست و چپ، ساق پا و ران ۲ سمت، لگن، تنه و سر مدل‌سازی شد.

برای ارزیابی تعادل پویا، حرکات مرکز ثقل بدن در جهات قدامی‌خلفی، داخلی‌خارجی و عمودی ردیابی شد. موقعیت مرکز ثقل بدن به صورت نقطه میانی واقع شده بین خار خاصره خلفی‌فوقانی راست و چپ تعیین شد. به‌منظور نرمال کردن داده‌ها و حذف تأثیر طول قد افراد بر نتایج، جابه‌جایی مرکز ثقل بدن نسبت به محدوده سطح تکیه‌گاهی در صفحات قدامی‌خلفی، داخلی‌خارجی و میزان جابه‌جایی آن در صفحه عمودی به ترتیب بر طول پا، عرض قدم[۱۹] و طول اندام تحتانی تقسیم شد. طول پا براساس فاصله بین پاشنه و مارکر انگشت شست پا، عرض قدم براساس فاصله بین قوزک‌های خارجی پای راست و چپ و طول اندام تحتانی براساس فاصله بین مفصل هیپ تا زمین تعیین شد (تصویر شماره ۱). جابه‌جایی نرمال‌شده مرکز ثقل بدن در جهات قدامی‌خلفی، داخلی‌خارجی و عمودی و سرعت راه رفتن، پارامترهای اصلی جهت ارزیابی تعادل پویا بودند.

تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ صورت گرفت. به‌منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. به‌منظور مقایسه تعادل بیماران و افراد سالم از آزمون تی ۲ نمونه مستقل[۲۰] استفاده شد. ارتباط بین پارامترهای تعادل ایستایی و پویا و ترس از زمین‌خوردگی با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون سنجیده شد.

12. Step width
13. Qualysis Motion Analysis System
14. Anterior Superior Iliac Spine (ASIS)
15. Posterior Superior Iliac Spine (PSIS)
16. Greater Trochanter (GT)
17. Medial and Lateral Epicondyle (ME,LE)
18. Medial and Lateral Malleoulous (MM,LM)
19. Step width
20. Two independent samples t-test

جدول ۲. مقایسه پارامترهای تعادل ایستایی بیماران دچار استئوآرتریت زانو و افراد سالم

متغیر	گروه آزمایش	گروه کنترل	مقدار P
	میانگین±انحراف معیار		
طول مسیر نوسان مرکز فشار بدن در راستای قدامی‌خلفی (میلی‌متر)	۲۵۲۲/۹۷۵±۲۲۹۲/۸۳۹	۵۹۳/۶۸۱±۱۰۵/۱۱۴	۰/۰۰۳
طول مسیر نوسان مرکز فشار در راستای داخلی‌خارجی (میلی‌متر)	۲۰۲۶/۲۹۵±۶۷۲/۵۲۳	۶۴۶/۳۷۶±۱۱۹/۵۸۳	<۰/۰۰۰۱
میانگین نوسانات مرکز فشار بدن در راستای قدامی‌خلفی (میلی‌متر)	۴۸/۰۴±۲۱/۷۲	۱۸/۶۸±۵۰/۹۴	<۰/۰۰۰۱
میانگین نوسانات مرکز فشار بدن در راستای داخلی‌خارجی (میلی‌متر)	۲۴/۹۷±۱۲/۶۴	۶۴/۸۶±۱۰/۷۸	<۰/۰۰۰۱
سرعت نوسانات مرکز فشار بدن در راستای قدامی‌خلفی(میلی‌متر بر دقیقه)	۵۰۴۵/۹۴۵±۴۵۸۵/۶۸۱	۱۱۸۷/۳۶۳±۲۱۰/۲۲۹	۰/۰۰۳
سرعت نوسانات مرکز فشار بدن در راستای داخلی‌خارجی (میلی‌متر بر دقیقه)	۴۰۵۲/۵۸۶±۱۳۴۵/۰۴۹	۱۲۹۲/۷۵۳±۲۳۹/۱۶۶	<۰/۰۰۰۱

توانبخشی

یافته‌ها

متغیرهای تعادل ایستایی افراد سالم و بیماران دچار استئوآرتریت زانو در جدول شماره ۲ و ارتباط بین متغیرهای تعادل ایستایی و مقیاس ترس از زمین‌خوردگی در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. براساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر تفاوت آماری قابل‌توجهی بین پارامترهای تعادل ایستایی بین دوگروه وجود دارد (P<۰/۰۵). همچنین براساس نتایج حاصل از تحلیل تعادل بیماران، بین نوسانات مرکز فشار بدن در جهت قدامی‌خلفی و مقیاس ترس از زمین‌خوردگی ارتباط مستقیمی وجود داشت ولی ازلحاظ آماری قابل‌توجه نبود (r=۰/۴۱۶، P=۰/۱۲۳). بین نوسانات مرکز فشار بدن در جهت داخلی‌خارجی و مقیاس ترس از زمین‌خوردگی ارتباط معکوس وجود داشت (r=۰/۲۴۹-، P=۰/۳۷۱). همچنین بین دیگر پارامترهای مرکز فشار بدن و **مقیاس بین‌المللی کارآمدی افتادن** ارتباطی یافت نشد (r=۰).

پارامترهای تعادل پویای بیماران در مقایسه با افراد سالم در جدول شماره ۴ نشان داده شده است. براساس نتایج حاصل، مقدار پارامترهای مرتبط با نوسانات مرکز ثقل بدن در بیماران به میزان قابل‌توجهی از افراد سالم کمتر بود. همچنین اندازه‌گیری سرعت راه رفتن افراد شرکت‌کننده در مطالعه نشان داد میزان این متغیر در بیماران به میزان قابل‌توجهی کمتر از افراد سالم است (۰/۹۶±۰/۱۸ در مقایسه با ۱/۳±۰/۱۹۶، P<۰/۰۵). میانگین پارامترهای نوسانات مرکز ثقل بدن و ارتباطشان با مقیاس ترس از زمین‌خوردگی در جدول شماره ۵ نشان داده شده است. ارتباط بین نوسانات مرکز ثقل بدن در جهات قدامی‌خلفی، داخلی‌خارجی و عمودی و مقیاس ترس از زمین‌خوردگی به ترتیب برابر با ۰/۳۰۹، ۰/۱۲۳- و ۰/۰۲۶- به دست آمد. هرچند این ارتباطات ازلحاظ آماری معنادار نبود (P<۰/۰۵).

بر اساس نتایج حاصل، میانگین نمره مقیاس زمین‌خوردگی در بیماران و افراد سالم به ترتیب برابر با ۱۰/۰۶±۳۲/۷۳ و ۱/۳۵±۱۸/۱۳ بود (P<۰/۰۵).

بحث

توانایی حفظ تعادل طی ایستادن و راه رفتن یک فاکتور مهم جهت انجام فعالیت‌های روزانه است. بسیاری از مطالعات نشان

جدول ۳. ارتباط بین میزان ترس از افتادن و پارامترهای تعادل ایستایی با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون

پارامترهای تعادل ایستایی	میانگین±انحراف معیار	پرسش‌نامه بین‌المللی کارآمدی افتادن (میانگین±انحراف معیار=۳۲/۱۰±۷۳/۰۶)	
		r	P
میانگین نوسانات مرکز فشار در جهت قدامی‌خلفی (میلی‌متر)	۴۸/۰۴±۲۱/۷۲	۰/۴۱۶	۰/۱۲۳
طول مسیر مرکز فشار در جهت قدامی‌خلفی (میلی‌متر)	۲۵۲۲/۹۷۵±۲۲۹۲/۸۳۹	۰/۰۰۸	۰/۹۷۸
سرعت نوسان مرکز فشاردر جهت قدامی‌خلفی (میلی‌متر بر دقیقه)	۵۰۴۵/۹۴۵±۴۵۸۵/۶۸۱	۰/۰۰۸	۰/۹۷۸
میانگین نوسانات مرکز فشار در جهت داخلی‌خارجی (میلی‌متر)	۲۴/۹۷±۱۲/۶۴	-۰/۲۴۹	۰/۳۷۱
طول مسیر مرکز فشار در جهت داخلی‌خارجی (میلی‌متر)	۲۰۲۶/۲۹۵±۶۷۲/۵۲۳	۰/۰۱۸	۰/۹۵۰
سرعت نوسان مرکز فشار در جهت داخلی‌خارجی (میلی متر بر دقیقه)	۴۰۵۲/۵۸۶±۱۳۴۵/۰۴۹	۰/۰۱۸	۰/۹۵۰

ضریب همبستگی پیرسون :r

توانبخشی

جدول ۴. مقایسه پارامترهای تعادل پویا(طی راه رفتن) در بیماران دچار استئوآرتریت زانو و افراد سالم

متغیر	گروه آزمایش	گروه کنترل	مقدار P
	میانگین±انحراف معیار		
نوسانات مرکز ثقل بدن در جهت قدامی‌خلفی	۱/۰۹۵±۰/۲۳۶	۵/۸۹۲±۲/۱۰۲	<۰/۰۰۰۱
نوسانات مرکز ثقل بدن در جهت داخلی‌خارجی	۰/۲۴۹±۰/۰۸۶	۰/۳۱۷±۰/۰۹۳	۰/۰۵
نوسانات مرکز ثقل بدن در جهت عمودی	۰/۰۳۶۳±۰/۰۰۶۳	۰/۱۸۴±۰/۲۱۲	۰/۰۱۱
سرعت راه رفتن (متر بر ثانیه)	۰/۹۶±۰/۱۸	۱/۳±۰/۱۹۶	<۰/۰۰۰۱

توانبخشی

داده‌اند که اندازه‌گیری تعادل طی ایستادن و راه رفتن می‌تواند خطر زمین‌خوردگی را در افراد پیش‌بینی کند [۵۶، ۵۷]. اگرچه اغلب زمین‌خوردگی‌ها طی حرکت و نه طی وضعیت‌های استاتیک رخ می‌دهد. در رابطه با زمین خوردن، فاکتورهای خطر متعددی ازجمله استئوآرتریت زانو در افراد مسن وجود دارد [۸-۱۰]. ارتباط بین استئوآرتریت زانو و تعادل در مطالعات قبلی بررسی شده است [۱۷، ۲۲-۲۴، ۵۸، ۵۹]. همچنین تعدادی از مطالعات، خطر زمین‌خوردگی و اختلال تعادل بیماران دچار استئوآرتریت زانو را بررسی کرده‌اند [۶، ۲۴، ۳۲-۳۴].

نتایج مطالعه حاضر نشان داد مرکز فشار بدن در بیماران دچار استئوآرتریت زانو طی ایستادن نوسانات بیشتری داشته و این بیماران تعادل ایستایی کمتری از افراد سالم دارند (جدول شماره ۱). در مطالعه‌ای که پایایی متغیرهای مرکز فشار بدن و تعادل را بررسی کرده است، بیان شده است که پایایی پارامترهای تعادل براساس سرعت نوسانات مرکز فشار بدن بیشتر است [۶۰]. در مطالعه حاضر میزان این پارامتر در بیماران به میزان قابل‌توجهی بالاتر از افراد سالم به دست آمد. این یافته همسو با نتایج مطالعاتی است که تعادل ایستایی بیماران دچار استئوآرتریت زانو را بررسی کرده‌اند [۱۷، ۲۲-۲۴، ۵۸، ۵۹، ۶۱، ۶۲]. علت اصلی کاهش تعادل ایستایی این بیماران در مقایسه با افراد سالم می‌تواند مرتبط با الایمنت اندام، اختلال در حس عمقی و کاهش قدرت عضلانی بیماران در مقایسه با افراد سالم باشد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد نوسانات مرکز فشار کف پایی در جهات قدامی‌خلفی و داخلی‌خارجی به ترتیب ارتباط مستقیم و معکوس با مقیاس ترس از زمین‌خوردگی دارند. هرچند این ارتباط ازلحاظ آماری معنادار نبود. نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعه تاگلیتی و همکارانش که تعادل وضعیتی زنان دچار استئوآرتریت زانو را با استفاده از یک صفحه نیروی پرتابل و ارتباط آن با ترس از زمین‌خوردگی بررسی کرده‌اند، همسو است [۲۴]. در این مطالعه همچون پژوهش حاضر، ارتباط معناداری بین پارامترهای مرکز فشار کف پایی و مقیاس بین‌المللی کارآمدی افتادن حاصل نشده است. علت این امر می‌تواند ناشی از این حقیقت باشد که متغیرهای مرکز فشار کف پایی نماینده‌ای از عملکرد نمی‌باشند و بنابراین ارتباط دادن متغیرهای مرکز فشار کف پایی به اطمینان افراد جهت انجام فعالیت‌های روزانه ناصحیح باشد [۲۴]. همچنین بیان شده است، هیجانات و استرس افراد هم بر نتایج حاصل از پرسش‌نامه بین‌المللی کارآمدی افتادن اثرگذار است [۲۴]. درصورتی‌که متغیرهای مذکور در مطالعه حاضر کنترل نشده است. بنابراین هرچند در مطالعه حاضر مشابه با مطالعات گذشته، ثبات ایستایی بیماران دچار استئوآرتریت زانو کمتر از افراد نرمال است، ارتباط آماری قابل‌توجهی بین متغیرهای مرکز فشار بدن و متغیرهای مرکز ثقل بدن با مقیاس بین‌المللی کارآمدی افتادن حاصل نشد. علت دیگر برای این یافته می‌تواند ناشی از ورود افراد دچار استئوآرتریت یک‌طرفه به مطالعه حاضر باشد. به‌طوری‌که در برخی از مطالعاتی که اختلال تعادل در این بیماران را گزارش کرده‌اند، افراد دچار استئوآرتریت دوطرفه زانو بررسی شده‌اند [۶، ۳۶، ۶۲]. همچنین ابزار سنجش تعادل در مطالعه حاضر با مطالعات گذشته متفاوت است. بنابراین به‌عنوان مثال، در مطالعه خلج و همکارانش بر روی ۶۰ بیمار دچار استئوآرتریت زانو، تعادل

جدول ۵. ارتباط بین میزان ترس از افتادن و پارامترهای تعادل پویا با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون

پارامترهای تعادل پویا	میانگین±انحراف معیار	پرسش‌نامه بین‌المللی کارآمدی افتادن (میانگین±انحراف معیار=۳۲/۷۳±۱۰/۰۶)	
		r	P
نوسانات مرکز ثقل بدن در جهت قدامی‌خلفی	۱/۰۹۵±۰/۲۳۶	۰/۳۰۹	۰/۲۶۲
نوسانات مرکز ثقل بدن در جهت داخلی‌خارجی	۰/۲۴۹±۰/۰۸۶	-۰/۱۲۳	۰/۶۶۲
نوسانات مرکز ثقل بدن در جهت عمودی	۰/۰۳۶۳±۰/۰۰۶۳	-۰/۰۲۶	۰/۹۲۸

ضریب همبستگی پیرسون: r

توانبخشی

و ترس از زمین‌خوردگی با استفاده از سیستم تعادل بایودکس و تست تی یو جی [۲۱] بررسی و گزارش شده است که تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین تعادل (ایستایی و پویا) افراد سالم و بیماران دچار استئوآرتریت خفیف تا متوسط وجود دارد. به‌طوری‌که بیماران دچار کاهش تعادل شده و خطر زمین‌خوردگی در آنان افزایش یافته است [۶].

متغیر دیگر موردبررسی در مطالعه حاضر تعادل پویا بود. براساس تحلیل نوسانات مرکز ثقل بدن در مطالعه حاضر، میزان نوسانات این متغیر در بیماران کمتر از افراد سالم بود. همچنین سرعت راه رفتن بیماران به میزان قابل‌توجهی کمتر از افراد سالم به دست آمد (جدول شماره ۴). سرعت راه رفتن یک متغیر مهم در ارزیابی تعادل دینامیک افراد است [۵۳]. به‌صورتی‌که سرعت بالاتر راه رفتن به تعادل دینامیک بیشتری هم نیاز دارد [۶۳، ۶۴]. اگر سرعت راه رفتن ثابت بود، کاهش نوسانات مرکز ثقل بدن، بیانگر افزایش تعادل دینامیک طی راه رفتن بود [۵۳]. حال آنکه کاهش نوسانات مرکز ثقل بدن در ۲ جهت قدامی‌خلفی و داخلی‌خارجی همراه با کاهش سرعت راه رفتن به‌دست‌آمده در بیماران بیانگر کاهش تعادل دینامیک ایشان است [۵۳]. کاهش سرعت راه رفتن این بیماران در مقایسه با افراد سالم می‌تواند به علت بیشتر بودن ترس از زمین‌خوردگی ایشان نسبت به افراد سالم [۶۵] و یا ناشی از وجود پوسچر فلکشن در مفاصل اندام تحتانی بیماران دچار استئوآرتریت زانو (دورسی فلکشن مچ پا و فلکشن مفاصل زانو و هیپ) و کاهش دامنه حرکتی این مفاصل در صفحه ساجیتال(فلکشن‌اکستنشن مفاصل هیپ و زانو) در مقایسه با افراد سالم باشد [۶۱].

براساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، ارتباط قابل‌توجهی بین متغیرهای مرکز ثقل بدن طی راه رفتن و مقیاس ترس از زمین‌خوردگی وجود ندارد (P>۰/۰). به‌عبارت‌دیگر، تعادل پویای بیماران دچار استئوآرتریت زانو مسئول ترس از زمین‌خوردگی آنان طی انجام فعالیت‌های روزانه نیست. از فاکتورهای مؤثر بر ترس از زمین‌خوردگی می‌توان به درد اشاره کرد. درد بر قدرت و هماهنگی عضلات، نوسانات وضعیتی، قدرت، حس عمقی، حرکت و توانایی راه رفتن اثر گذاشته و خطر زمین خوردن را افزایش می‌دهد [۲۳، ۶۶]. بنابراین در مطالعه حاضر، باتوجه‌به نبود همبستگی بین پارامترهای تعادل و ترس از زمین‌خوردگی، درد خفیف تا متوسط بیماران می‌تواند دلیل احتمالی برای ترس بیشتر ایشان از زمین‌خوردگی طی انجام فعالیت‌های روزانه نسبت به افراد سالم باشد. بنابراین توصیه می‌شود در مطالعات آینده علاوه بر بررسی تأثیر شدت‌های مختلف استئوآرتریت بر تعادل بیماران، متغیر درد هم به‌عنوان یک فاکتور خطر در وقوع زمین‌خوردگی و ترس از آن سنجیده شود. همچنین به‌منظور تشخیص اثر خالص اختلال تعادل بر میزان ترس از زمین‌خوردگی این بیماران، لازم است دیگر فاکتورهای مؤثر در ایجاد زمین‌خوردگی همچون اختلال بینایی، دهلیزی (وستیبولار)، حسی‌پیکری (سوماتوسنسوری)، حس عمقی و قدرت عضلانی، تحت بررسی و کنترل قرار گیرد.

21. Timed Up and Go

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، بیماران دچار استئوآرتریت زانو نسبت به افراد سالم تعادل کمتری طی ایستادن و راه رفتن دارند هرچند ارتباط معناداری بین متغیرهای تعادل ایستایی و پویای افراد دچار استئوآرتریت خفیف تا متوسط زانو (به ترتیب براساس متغیر مرکز فشار بدن و مرکز ثقل بدن) و مقیاس ترس از زمین‌خوردگی وجود ندارد. بنابراین به‌منظور بهبود توانایی‌های عملکردی این بیماران، درمانگر باید بر دیگر پارامترهای اثرگذار بر زمین‌خوردگی مثل کاهش درد، بهبود قدرت عضلانی و حس عمقی تمرکز کند.

از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به ارزیابی تعادل پویای بیماران تنها طی راه رفتن و در محیط آزمایشگاه بیومکانیک و نه در دیگر فعالیت‌های مرتبط با عملکرد اشاره کرد. ضمن آنکه دیگر عوامل مرتبط با زمین‌خوردگی در این بیماران بررسی و کنترل نشده است، همچنین تنها افرادی با میانگین سنی ۵۰ سال در مطالعه حاضر شرکت کردند. بنابراین با انجام مطالعه بر روی نمونه آماری سالمند با دامنه‌های سنی بیشتر و بررسی جزئی‌تر عوامل تأثیرگذار در ایجاد زمین‌خوردگی، می‌توان به نتایج دقیق‌تری رسید.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

مقاله حاضر برگرفته از طرح پژوهشی مصوب دانشگاه علوم‌پزشکی اصفهان با کد اخلاق IR.MUI.REC.1396.2.042 است. قبل از اجرای آزمون به تمام شرکت‌کنندگان درمورد هدف و روش مطالعه توضیحات کامل ارائه شد و پس از آن فرم رضایت آگاهانه از ایشان اخذ شد. همچنین به افراد شرکت‌کننده در مطالعه اجازه داده شد هر زمان که مایل به ادامه همکاری با طرح تحقیقاتی نبودند از مطالعه خارج شوند.

حامی مالی

پژوهش حاضر با حمایت مالی دانشگاه علوم‌پزشکی اصفهان و با کد علمی ۲۹۶۰۴۲ انجام گرفت.

مشارکت نویسندگان

ایده و مفهوم‌سازی: مهسا کاویانی، محمدتقی کریمی؛ تحقیق و بررسی: مهسا کاویانی، محمدتقی کریمی، حسین اکبری اقدم، تحلیل: مهسا کاویانی، کیوان شریف مرادی؛ ویراستاری و نهایی‌سازی نوشته: مهسا کاویانی، محمدتقی کریمی

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

References

[1] Davatchi F, Sandoughi M, Moghimi N, Jamshidi AR, Tehrani Banihashemi A, Zakeri Z, et al. Epidemiology of rheumatic diseases in Iran from analysis of four COPCORD studies. International Journal of Rheumatic Diseases. 2016; 19(11):1056-62. [DOI:10.1111/1756-185X.12809] [PMID]

[2] Hawker GA. Osteoarthritis is a serious disease. Clinical and Experimental Rheumatology. 2019; 37(Suppl 120):3-6. [PMID]

[3] Jadelis K, Miller ME, Ettinger Jr WH, Messier SP. Strength, balance, and the modifying effects of obesity and knee pain: Results from the observational arthritis study in seniors (OASIS). Journal of the American Geriatrics Society. 2001; 49(7):884-91. [DOI:10.1046/j.1532-5415.2001.49178.x] [PMID]

[4] Martin JA, Buckwalter JA. Aging, articular cartilage chondrocyte senescence and osteoarthritis. Biogerontology. 2002; 3(5):257-64. [DOI:10.1023/A:1020185404126] [PMID]

[5] Loeser RF. The role of aging in the development of osteoarthritis. Transactions of the American Clinical and Climatological Association. 2017; 128:44. [PMID] [PMCID]

[6] Khalaj N, Abu Osman NA, Mokhtar AH, Mehdikhani M, Wan Abas WA. Balance and risk of fall in individuals with bilateral mild and moderate knee osteoarthritis. Plos One. 2014; 9(3):e92270. [DOI:10.1371/journal.pone.0092270] [PMID] [PMCID]

[7] Alkan BM, Fidan F, Tosun A, Ardıçoğlu Ö. Quality of life and self-reported disability in patients with knee osteoarthritis. Modern Rheumatology. 2014; 24(1):166-71. [DOI:10.3109/14397595.2013.854046] [PMID]

[8] Leveille SG, Jones RN, Kiely DK, Hausdorff JM, Shmerling RH, Guralnik JM, et al. Chronic musculoskeletal pain and the occurrence of falls in an older population. JAMA. 2009; 302(20):2214-21. [DOI:10.1001/jama.2009.1738] [PMID] [PMCID]

[9] Ng CT, Tan MP. Osteoarthritis and falls in the older person. Age and Ageing. 2013; 42(5):561-6. [DOI:10.1093/ageing/aft070] [PMID]

[10] Sturnieks DL, Tiedemann A, Chapman K, Munro B, Murray SM, Lord SR. Physiological risk factors for falls in older people with lower limb arthritis. The Journal of Rheumatology. 2004; 31(11):2272-9. [PMID]

[11] Brand C, Aw J, Lowe A, Morton C. Prevalence, outcome and risk for falling in 155 ambulatory patients with rheumatic disease. APLAR Journal of Rheumatology. 2005; 8(2):99-105. [DOI:10.1111/j.1479-8077.2005.00136.x]

[12] Williams SB, Brand CA, Hill KD, Hunt SB, Moran H. Feasibility and outcomes of a home-based exercise program on improving balance and gait stability in women with lower-limb osteoarthritis or rheumatoid arthritis: A pilot study. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2010; 91(1):106-14. [DOI:10.1016/j.apmr.2009.08.150] [PMID]

[13] Rombaut L, Malfait F, De Wandele I, Thijs Y, Palmans T, De Paepe A, et al. Balance, gait, falls, and fear of falling in women with the hypermobility type of Ehlers-Danlos syndrome. Arthritis Care & Research. 2011; 63(10):1432-9. [DOI:10.1002/acr.20557] [PMID]

[14] Scheffer AC, Schuurmans MJ, Van Dijk N, Van Der Hooft T, De Rooij SE. Fear of falling: Measurement strategy, prevalence, risk factors and consequences among older persons. Age and Ageing. 2008; 37(1):19-24. [DOI:10.1093/ageing/afm169] [PMID]

[15] Lord SR, Menz HB, Tiedemann A. A physiological profile approach to falls risk assessment and prevention. Physical Therapy. 2003; 83(3):237-52. [DOI:10.1093/ptj/83.3.237] [PMID]

[16] Manlapaz DG, Sole G, Jayakaran P, Chapple CM. Risk factors for falls in adults with knee osteoarthritis: A systematic review. PM&R. 2019; 11(7):745-57. [DOI:10.1002/pmrj.12066] [PMID]

[17] Hinman R, Bennell K, Metcalf B, Crossley K. Balance impairments in individuals with symptomatic knee osteoarthritis: A comparison with matched controls using clinical tests. Rheumatology. 2002; 41(12):1388-94. [DOI:10.1093/rheumatology/41.12.1388] [PMID]

[18] Takacs J, Carpenter MG, Garland SJ, Hunt MA. The role of neuromuscular changes in aging and knee osteoarthritis on dynamic postural control. Aging and Disease. 2013; 4(2):84. [PMID] [PMCID]

[19] Foley S, Lord SR, Srikanth V, Cooley H, Jones G. Falls risk is associated with pain and dysfunction but not radiographic osteoarthritis in older adults: Tasmanian older adult cohort study. Osteoarthritis and Cartilage. 2006; 14(6):533-9. [DOI:10.1016/j.joca.2005.12.007] [PMID]

[20] de Zwart AH, van der Esch M, Pijnappels MA, Hoozemans MJ, van der Leeden M, Roorda LD, et al. Falls associated with muscle strength in patients with knee osteoarthritis and self-reported knee instability. The Journal of Rheumatology. 2015; 42(7):1218-23. [DOI:10.3899/jrheum.140517] [PMID]

[21] Prata MG, Scheicher ME. Correlation between balance and the level of functional independence among elderly people. Sao Paulo Medical Journal. 2012; 130:97-101. [DOI:10.1590/S1516-31802012000200005] [PMID]

[22] Masui T, Hasegawa Y, Yamaguchi J, Kanoh T, Ishiguro N, Suzuki S. Increasing postural sway in rural-community-dwelling elderly persons with knee osteoarthritis. Journal of Orthopaedic Science. 2006; 11(4):353-8. [DOI:10.1007/s00776-006-1034-9] [PMID]

[23] Hassan B, Mockett S, Doherty M. Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects. Annals of the Rheumatic Diseases. 2001; 60(6):612-8. [DOI:10.1136/ard.60.6.612] [PMID] [PMCID]

[24] Taglietti M, Bela LFD, Dias JM, Pelegrinelli ARM, Nogueira JF, Júnior JPB, et al. Postural sway, balance confidence, and fear of falling in women with knee osteoarthritis in comparison to matched controls. PM&R. 2017; 9(8):774-80. [DOI:10.1016/j.pmrj.2016.11.003] [PMID]

[25] Gaerlan MG. The role of visual, vestibular, and somatosensory systems in postural balance [MSc thesis]. Las Vegas: University of Nevada; 2010. [DOI:10.1111/j.1745-7599.2012.00699.x]

[26] Browne J, O'Hare N. Review of the different methods for assessing standing balance. Physiotherapy. 2001; 87(9):489-95. [DOI:10.1016/S0031-9406(05)60696-7]

[27] Karlsson A, Frykberg G. Correlations between force plate measures for assessment of balance. Clinical Biomechanics. 2000; 15(5):365-9. [DOI:10.1016/S0268-0033(99)00096-0] [PMID]

[28] Wikstrom EA, Tillman MD, Smith AN, Borsa PA. A new force-plate technology measure of dynamic postural stability: The dynamic postural stability index. Journal of Athletic Training. 2005; 40(4):305-9. [PMID] [PMCID]

[29] Lee CH, Sun TL. Evaluation of postural stability based on a force plate and inertial sensor during static balance measurements. Journal of Physiological Anthropology. 2018; 37(1):1-16. [DOI:10.1186/s40101-018-0187-5] [PMID] [PMCID]

[30] Niino N, Tsuzuku S, Ando F, Shimokata H. Frequencies and circumstances of falls in the national institute for longevity sciences, longitudinal study of aging (NILS-LSA). Journal of Epidemiology. 2000; 10(1sup):90-4. [DOI:10.2188/jea.10.1sup_90] [PMID]

[31] Higuchi Y, Sudo H, Tanaka N, Fuchioka S, Hayashi Y. Does fear of falling relate to low physical function in frail elderly persons?: Associations of fear of falling, balance, and gait. Journal of the Japanese Physical Therapy Association. 2004; 7(1):41-7. [DOI:10.1298/jjpta.7.41] [PMID] [PMCID]

[32] Hill KD, Williams SB, Chen J, Moran H, Hunt S, Brand C. Balance and falls risk in women with lower limb osteoarthritis or rheumatoid arthritis. Journal of Clinical Gerontology and Geriatrics. 2013; 4(1):22-8. [DOI:10.1016/j.jcgg.2012.10.003]

[33] Sánchez-Herán Á, Agudo-Carmona D, Ferrer-Peña R, López-de-Uralde-Villanueva I, Gil-Martínez A, Paris-Alemany A, et al. Postural stability in osteoarthritis of the knee and hip: Analysis of association with pain catastrophizing and fear-avoidance beliefs. PM&R. 2016; 8(7):618-28. [DOI:10.1016/j.pmrj.2015.11.002] [PMID]

[34] Hsieh RL, Lee WC, Lo MT, Liao WC. Postural stability in patients with knee osteoarthritis: Comparison with controls and evaluation of relationships between postural stability scores and international classification of functioning, disability and health components. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2013; 94(2):340-6. [DOI:10.1016/j.apmr.2012.09.022] [PMID]

[35] Aydoğ E, Bal A, Aydoğ ST, Çakci A. Evaluation of dynamic postural balance using the biodex stability system in rheumatoid arthritis patients. Clinical Rheumatology. 2006; 25(4):462. [DOI:10.1007/s10067-005-0074-4] [PMID]

[36] Wegener L, Kisner C, Nichols D. Static and dynamic balance responses in persons with bilateral knee osteoarthritis. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1997; 25(1):13-8. [DOI:10.2519/jospt.1997.25.1.13] [PMID]

[37] Almeida GPL, Monteiro IO, Marizeiro DF, Maia LB, de Paula Lima PO. Y balance test has no correlation with the stability index of the biodex balance system. Musculoskeletal Science and Practice. 2017; 27:1-6. [DOI:10.1016/j.msksp.2016.11.008] [PMID]

[38] Arifin N, Osman NAA, Abas WABW. Intrarater test-retest reliability of static and dynamic stability indexes measurement using the biodex stability system during unilateral stance. Journal of Applied Biomechanics. 2014; 30(2):300-4. [DOI:10.1123/jab.2013-0130] [PMID]

[39] McAndrew Young PM, Wilken JM, Dingwell JB. Dynamic margins of stability during human walking in destabilizing environments. Journal of Biomechanics. 2012; 45(6):1053-9. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2011.12.027] [PMID] [PMCID]

[40] Bhatt T, Espy D, Yang F, Pai YC. Dynamic gait stability, clinical correlates, and prognosis of falls among community-dwelling older adults. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2011; 92(5):799-805. [DOI:10.1016/j.apmr.2010.12.032] [PMID]

[41] Toebes MJ, Hoozemans MJ, Furrer R, Dekker J, van Dieën JH. Local dynamic stability and variability of gait are associated with fall history in elderly subjects. Gait & Posture. 2012; 36(3):527-31. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2012.05.016] [PMID]

[42] Torres L, Dunlop DD, Peterfy C, Guermazi A, Prasad P, Hayes KW, et al. The relationship between specific tissue lesions and pain severity in persons with knee osteoarthritis. Osteoarthritis and Cartilage. 2006; 14(10):1033-40. [DOI:10.1016/j.joca.2006.03.015] [PMID]

[43] Krebs EE, Carey TS, Weinberger M. Accuracy of the pain numeric rating scale as a screening test in primary care. Journal of general Internal Medicine. 2007; 22(10):1453-8. [DOI:10.1007/s11606-007-0321-2] [PMID] [PMCID]

[44] Mosallanezhad Z, Salavati M, Hellström K, Reza Sotoudeh G, Nilsson Wikmar L, Frändin K. Cross-cultural adaptation, reliability and validity of the Persian version of the modified falls efficacy scale. Disability and Rehabilitation. 2011; 33(25-26):2446-53. [DOI:10.3109/09638288.2011.574774] [PMID]

[45] Mat S, Ng CT, Fadzil F, Rozalli FI, Tan MP. The mediating role of psychological symptoms on falls risk among older adults with osteoarthritis. Clinical Interventions in Aging. 2017; 12:2025. [DOI:10.2147/CIA.S149991] [PMID] [PMCID]

[46] Akbari Aghdam H, Kavyani M, Bosak M, Karimi MT, Motififard M. Evaluation of the stability of the subjects with anterior cruciate injuries reconstruction. The Journal of Knee Surgery. 2021; 34(14):1527-30. [DOI:10.1055/s-0040-1710374] [PMID]

[47] Salavati M, Hadian MR, Mazaheri M, Negahban H, Ebrahimi I, Talebian S, et al. Test-retest reliabty of center of pressure measures of postural stability during quiet standing in a group with musculoskeletal disorders consisting of low back pain, anterior cruciate ligament injury and functional ankle instability. Gait & Posture. 2009; 29(3):460-4. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2008.11.016] [PMID]

[48] Doyle TL, Newton RU, Burnett AF. Reliability of traditional and fractal dimension measures of quiet stance center of pressure in young, healthy people. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2005; 86(10):2034-40. [DOI:10.1016/j.apmr.2005.05.014] [PMID]

[49] Swanenburg J, de Bruin ED, Favero K, Uebelhart D, Mulder T. The reliability of postural balance measures in single and dual tasking in elderly fallers and non-fallers. BMC Musculoskeletal disorders. 2008; 9. [DOI:10.1186/1471-2474-9-162] [PMID] [PMCID]

[50] Lafond D, Corriveau H, Hébert R, Prince F. Intrasession reliability of center of pressure measures of postural steadiness in healthy elderly people. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2004; 85(6):896-901. [DOI:10.1016/j.apmr.2003.08.089] [PMID]

[51] Karimi M, Kaviani Borojeni M. Stability analysis theories, strategies and mechanisms of evaluation. Sunnyvale: Lap Lambert Academic Publishing; 2016. [Link]

[52] Karimi M, Kargar H, Zolaktaf V. Evaluation of the dynamic stability of individuals with spinal cord injury. Technology and Disability. 2015; 27(4):155-60. [DOI:10.3233/TAD-160437]

[53] Sharifmoradi K, Farahpour N, Karimi MT, Bahram A. Analysis of dynamic balance during walking in patients with parkinson's disease & able-bodied elderly people. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2015; 4(4):191-8. [Link]

[54] Perry SD, Bombardier E, Radtke A, Tiidus PM. Hormone replacement and strength training positively influence balance during gait in post-menopausal females: A pilot study. Journal of Sports Science & Medicine. 2005; 4(4):372. [PMID] [PMCID]

[55] Perry SD, Radtke A, Goodwin CR. Influence of footwear midsole material hardness on dynamic balance control during unexpected gait termination. Gait & Posture. 2007; 25(1):94-8. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2006.01.005] [PMID]

[56] Morris R, Harwood RH, Baker R, Sahota O, Armstrong S, Masud T. A comparison of different balance tests in the prediction of falls in older women with vertebral fractures: A cohort study. Age and Ageing; 2007; 36(1):78–83. [DOI:10.1093/ageing/afl147] [PMID]

[57] Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the timed up & go test. Physical Therapy. 2000; 80(9):896-903. [DOI:10.1093/ptj/80.9.896] [PMID]

[58] Kim HS, Yun DH, Yoo SD, Kim DH, Jeong YS, Yun JS, et al. Balance control and knee osteoarthritis severity. Annals of Rehabilitation Medicine. 2011; 35(5):701-9. [DOI:10.5535/arm.2011.35.5.701] [PMID] [PMCID]

[59] Park HJ, Ko S, Hong HM, Ok E, Lee JI. Factors related to standing balance in patients with knee osteoarthritis. Annals of Rehabilitation Medicine. 2013; 37(3):373-8. [DOI:10.5535/arm.2013.37.3.373] [PMID] [PMCID]

[60] Santos BR, Delisle A, Larivière C, Plamondon A, Imbeau D. Reliability of centre of pressure summary measures of postural steadiness in healthy young adults. Gait & Posture. 2008; 27(3):408-15. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2007.05.008] [PMID]

[61] Esrafilian A, Karimi MT, Amiri P, Fatoye F. Performance of subjects with knee osteoarthritis during walking: Differential parameters. Rheumatology International. 2013; 33(7):1753-61. [DOI:10.1007/s00296-012-2639-2] [PMID]

[62] Lawson T, Morrison A, Blaxland S, Wenman M, Schmidt CG, Hunt MA. Laboratory-based measurement of standing balance in individuals with knee osteoarthritis: A systematic review. Clinical Biomechanics. 2015; 30(4):330-42. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2015.02.011] [PMID]

[63] Buzzi UH, Ulrich BD. Dynamic stability of gait cycles as a function of speed and system constraints. Motor Control. 2004; 8(3):241-54. [DOI:10.1123/mcj.8.3.241] [PMID] [PMCID]

[64] Dingwell JB, Cusumano JP, Sternad D, Cavanagh PR. Slower speeds in patients with diabetic neuropathy lead to improved local dynamic stability of continuous overground walking. Journal of Biomechanics. 2000; 33(10):1269-77. [DOI:10.1016/S0021-9290(00)00092-0] [PMID]

[65] Chamberlin ME, Fulwider BD, Sanders SL, Medeiros JM. Does fear of falling influence spatial and temporal gait parameters in elderly persons beyond changes associated with normal aging? The Journals of Gerontology Series A. 2005; 60(9):1163-7. [DOI:10.1093/gerona/60.9.1163] [PMID]

[66] Al-Zahrani K, Bakheit A. A study of the gait characteristics of patients with chronic osteoarthritis of the knee. Disability and Rehabilitation. 2002; 24(5):275-80. [DOI:10.1080/09638280110087098] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank