Kharazmi University

Research in Sport Medicine and Technology

Print ISSN: 2252 - 0708 Online ISSN: 2588 - 3925

Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

The Effect Of Foot Arch On The Stability And Movement Performance Of 18-25 Years Old Female Students

Maryam Ghorbani [1] | Rasoul Yaali [2*]

1. Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Department of Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University of Tehran, Tehran, Iran.

Corresponding Author: Rasoul Yaali, r.yaali@khu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 2024/11/18
Revised: 2025/06/09
Accepted: 2025/06/09

Keywords:
Movement Performance, Static Stability, Dynamic Stability, Flexible Fat Feet

How to Cite:
Maryam Ghorbani, Rasoul Yaali. **The Effect Of Foot Arch On The Stability And Movement Performance Of 18-25 Years Old Female Students**. *Research In Sport Medicine and Technology*, 2025: 23(30): 61-79.

ABSTRACT

Aim: Different postural stability and functional movements may play an important role in secondary injuries in people with flexible flat feet compared to people with normal feet. However, the difference between static and dynamic stability and functional movements of people with and without flexible flatfeet has not been investigated. Therefore, the current study was conducted with the aim of comparing static and dynamic stability and functional movements of subjects with and without flexible flatfeet and examined the relationship between functional movements and static and dynamic stability.

Methods: In the cross-sectional study, 96 subjects after evaluating the medial longitudinal arch of the foot with navicular drop test were divided into two groups, flexible flat feet group (n=25) and normal feet group (n=71). Functional performance using functional movements screening test, static stability using the Sharpened Romberg balance test, dynamic stability using the Y balance test were measured. In order to compare the parameters measured in two groups, non-parametric U-Mann-Whitney test was used.

Results: The scores of functional movements and static stability in the normal feet group were significantly higher than the flexible flatfeet group ($p \leq 0.05$). The total score of the Y test was not significantly different between the two groups ($p \geq 0.05$). In the group of normal feet, a significant correlation was observed between functional movement scores and dynamic stability ($p \leq 0.05$).

Conclusion: These results show that subjects with flexible flatfeet have different movement performance and static stability compared to subjects with normal feet, but they have similar dynamic stability. It may indicate that there is no connection between static and dynamic stability and these two functions are separate from each other.

Published by Kharazmi University, Tehran, Iran. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under e:
CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

پژوهش در طب ورزشی و فناوری
شاپا چاپی: ۲۲۵۲-۰۷۰۸ شاپا الکترونیکی: ۳۹۲۵-۲۵۸۸
Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

اثر قوس کف پا بر ثبات و عملکرد حرکتی دانشجویان دختر ۱۸-۲۵ ساله

مریم قربانی [۱] | رسول یاعلی [۲*]

۱.گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۲.دانشیار دانشگاه خوارزمی تهران، ایران.

نویسنده مسئول: رسول یاعلی r.yaali@khu.ac.ir

اطلاعات مقاله:
نوع مقاله: علمی-پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۲۸
ویرایش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۹
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۹

واژه‌های کلیدی:
عملکرد حرکتی، ثبات ایستا، ثبات پویا، کف پای صاف منعطف

ارجاع:
مریم قربانی، رسول یاعلی. **اثر قوس کف پا بر ثبات و عملکرد حرکتی دانشجویان دختر ۱۸-۲۵ ساله.** *پژوهش در طب ورزشی و فناوری.* ۱۴۰۴: ۲۳(۳۰):۷۹-۶۱

چکیده

مقدمه و هدف: ثبات وضعیت بدنی و عملکرد حرکتی متفاوت ممکن است در آسیب‌های ثانویه در افراد با کف پای صاف منعطف در مقایسه با افراد دارای کف پای نرمال نقش مهمی ایفاء کند. بااین‌حال تفاوت بین ثبات ایستا، پویا و عملکرد حرکتی افراد با و بدون کف پای صاف منعطف مورد بررسی قرار نگرفته است. لذا پژوهش حاضر با هدف مقایسه ثبات ایستا و پویا و حرکات کارکردی آزمودنی‌های با و بدون کف پای صاف منعطف انجام شده و ارتباط بین حرکات کارکردی با ثبات ایستا و پویا را بررسی می‌کند.

روش: در این مطالعه مقطعی ۹۶ آزمودنی پس از انجام ارزیابی قوس طولی داخلی کف پا با استفاده از آزمون افت ناوی در دو گروه کف پای صاف منعطف (n=۲۵) و گروه کف پای نرمال (n=۷۱) قرار گرفتند. عملکرد کارکردی با استفاده از آزمون غربالگری حرکات کارکردی؛ ثبات ایستا با استفاده از آزمون شارپند رومبرگ؛ ثبات پویا با استفاده از آزمون وای اندازه‌گیری شد. جهت مقایسه پارامترهای اندازه‌گیری شده در دو گروه از آزمون ناپارامتریک یومن‌ویتنی استفاده شد.

یافته‌ها: نمرات حرکات کارکردی ($P\leq ۰/۰۵$؛ $d=۰/۸۵$) و ثبات ایستا ($P\leq ۰/۰۵$؛ $\eta^2=۰/۲۵$) در گروه کف پای نرمال به‌طور معناداری بیشتر از گروه کف پای صاف منعطف بود. امتیاز کلی تست Y بین دو گروه تفاوت معناداری نداشت ($P\geq ۰/۰۵$؛ $\eta^2=۰/۰۰۲$). در گروه کف پای نرمال همبستگی معناداری بین نمرات حرکات کارکردی با ثبات پویا مشاهده شد ($p\leq ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: این نتایج نشان می‌دهد که افراد مبتلا به صافی کف پای منعطف نسبت به افراد با کف پای نرمال دارای عملکرد حرکتی و ثبات ایستای متفاوت اما ثبات پویای مشابه‌ای هستند. این نتایج می‌تواند بیانگر این باشد که ارتباطی بین ثبات ایستا و پویا وجود ندارد و این دو عملکرد از یکدیگر مجزا هستند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

Extended Abstract:

A complex interplay of biomechanical and neuromuscular factors governs postural stability and functional movement. Variability in these factors, particularly in individuals presenting with flexible flat feet (FFF) compared to those with normal feet (NF), may significantly contribute to secondary musculoskeletal injuries. FFF is a common morphological characteristic defined by a reduced medial longitudinal arch (MLA) during weight-bearing, often referred to as pes planus (1). While FFF is morphologically distinct from NF, numerous studies have highlighted its potential secondary characteristics, including mechanical imbalances such as posterior tibial tendon dysfunction (PTTD) (2), chronic pain syndromes (3, 4), joint injuries, and even stress fractures (5).

Impaired postural stability, often categorized into static and dynamic components, is hypothesized to underlie these secondary issues. Static stability is conventionally defined as the capacity to minimize the movement of the center of gravity (COG) within the base of support (BOS) under fixed conditions (6). Conversely, dynamic stability relates to maintaining equilibrium during body movement or while reacting to external perturbations. Previous research attempting to delineate differences in static stability between FFF and NF populations has yielded conflicting results. For instance, Hertel et al. (2002) posited that individuals with FFF exhibit poorer static stability, evidenced by a larger center of pressure sway area and faster COP velocity compared to NF individuals (7). However, counter-evidence exists, as reported by Cote et al. (2005), who found no significant difference in COP sway or postural oscillation between the two groups (8). Tsai et al. (2006) further complicated the consensus by reporting that FFF individuals show greater maximal COP displacement specifically in the anterior-posterior direction compared to NF individuals (9).

Regarding dynamic stability, the evidence is similarly mixed. Tsai et al. suggested that FFF might compromise balance during challenging single-leg functional activities (9). In contrast, Cote et al. noted only marginal differences in dynamic stability assessed via the Star Excursion Balance Test (SEBT) between the two foot types (8). Although several intervention studies involving FFF have utilized the (10), they often failed to include a direct comparison with NF data. This highlights a crucial gap: a

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

comprehensive comparison between FFF and NF is essential to fully characterize functional deficits across the spectrum of postural control.

Furthermore, the foot's structural positioning directly impacts adjacent structures through the kinetic chain (11). Given that most weight-bearing activities involve the coupled, closed kinematic and kinetic chain of the foot, ankle, knee, and hip (12), alterations in foot posture are expected to cascade into changes in proximal joint alignment and body posture (13). Specifically, excessive foot pronation in FFF can induce internal tibial rotation, leading to knee valgus and internal hip rotation during weight-bearing. This misalignment can subsequently destabilize the core and affect lumbar spine posture (14). Consequently, the foot-ankle complex plays a pivotal role in shock absorption, adapting to support surfaces, and efficiently transferring ground reaction force (GRF) during gait (15). Thus, it is highly probable that this compromised kinetic chain negatively influences fundamental motor patterns. Despite the compelling logic, research directly linking FFF to fundamental movement quality, assessed by tools like the Functional Movement Screen (FMS), is limited (16).

Various reliable and validated tests exist for assessing stability. The Sharpened Romberg Test is a practical, equipment-minimal test used to assess static stability (17). For dynamic stability, the Y-Balance Test (YBT) is a highly reliable field method (18), challenging postural control by requiring integration of strength, proprioception, and flexibility (18). During the YBT, the participant maintains single-leg stance while reaching with the contralateral limb in three standardized directions (19). The FMS is an established assessment tool designed to evaluate core strength and fundamental motor patterns through a battery of seven tests (20), measuring movement patterns requiring the integration of mobility and stability elements (20). Given the time-consuming nature of assessing these variables, recent studies have explored correlations between static and dynamic balance tests (21). However, the relationship between FMS scores and both stability components, particularly in individuals with FFF, has not been thoroughly examined.

The current study was, therefore, designed to compare static stability, dynamic stability, and functional movement performance in female students with and without FFF.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

Furthermore, it investigates the potential correlation between functional movement performance and both static and dynamic stability. We hypothesized that there would be significant differences in static stability, dynamic stability, and functional movement performance between the two groups, and that functional movement performance would correlate with both static and dynamic stability.

Materials and Methods:

Study Design and Participants

This was a cross-sectional, comparative study (with ethics code IR/SSRI.REC.2022.13901.1950). A total of 96 female university students (aged 18 to 25 years) participated voluntarily. They were divided into two groups after assessing their longitudinal arch height using the Navicular Drop Test (22): the Flexible Flat Feet group (FF, n=25) and the Normal Feet group (NF, n=71). Exclusion criteria included a history of foot or ankle surgery, lower extremity pain, obesity, severe foot deformities like hallux valgus, and neuromuscular disorders (23).

Testing Protocol

Static Stability: Assessed using the Sharpened Romberg Test (SRT). The participant stood barefoot on a flat surface in a tandem stance (dominant foot in front of the non-dominant foot) with arms crossed over the chest. The test was performed with eyes closed. The time (in seconds) the individual maintained the posture before losing balance determined the score. Loss of balance was defined by any of the following errors: arms separating from the chest, opening the eyes, excessive swaying, or falling (24).

Dynamic Stability: Measured using the Y-Balance Test (YBT). The participant stood barefoot on the non-dominant leg at the center of the apparatus and performed maximal reach with the dominant leg in three randomized directions: anterior, posteromedial, and posterolateral. Fault criteria included shifting the stance foot, touching down the reaching foot, or falling (15). The maximum reach distance, normalized to limb length, was recorded (25).

Functional Movement: Evaluated using the Functional Movement Screen (). The consists of seven tests (Deep Squat, Hurdle Step, In-line Lunge, Shoulder Mobility,

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

Active Straight-Leg Raise, Trunk Stability Push-up, and Rotary Stability) designed to assess both composite movement patterns and central stability (16). Qualitative analysis was performed using the scoring system (0 to 3 points) according to the guidelines established by Cook et al. (16, 20).

Statistical Analysis

Data were presented as mean standard deviation (and median with quartiles for non-parametric data). Normality was checked using the Shapiro-Wilk test, and homogeneity of variances using Levene's test. Since normality and homoscedasticity assumptions were violated for the static and dynamic balance variables, the non-parametric Mann-Whitney U test was used for inter-group comparisons. The Independent Samples t-Test was used to compare FMS scores. To examine the correlation between FMS scores and balance variables (which were normalized using inverse density function transformation), Pearson's correlation coefficient and, where appropriate, linear regression were performed. The significance level was set at for all calculations, which were performed using SPSS24 software.

Results:

Table 1 presents the demographic data. MANOVA results indicated significant inter-group differences in Weight (P=0.02) and Body Mass Index (BMI) (P=0.03). Specifically, the FF group had significantly higher mean Weight (65.60±10.76 kg) and BMI (24.33±3.43 kg/m2) compared to the NF group (58.28±9.35 kg and 21.89±3.40 kg/m2, respectively). No significant differences were found in Age (P=0.83) or Height (P=0.56).

Table 1- Demographic Characteristics of the Participants.

Variables	Flexible Flat Feet Group (n=25)	Normal Feet Group (n=71)	P-value
Age (years)	19.64±1.14	19.59±0.95	0.83
Weight (kg)	65.60±10.76	58.28±9.35	0.02□
Height (cm)	164.00±5.28	163.21±5.96	0.56
BMI (kg/m^2)	24.33±3.43	21.89±3.40	0.03*

P≤0.05: Significant difference between groups (□).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

The Independent Samples t-Test results showed a significant difference in FMS scores between the FF and NF groups ($p<0.05$), with the NF group performing better than the FF group.

The Mann-Whitney U test also revealed a significant difference in static balance between the groups ($p<0.05$); static balance in the NF group was significantly greater than in the FF group. However, no significant difference was found in any of the reach directions or the composite score for dynamic balance between the FF and NF groups ($p>0.05$).

Pearson's correlation results indicated:

1. In the Flexible Flat Feet (FF) group, no significant correlation was observed between FMS scores and static balance ($p>0.05$) or dynamic balance ($p>0.05$).
2. In the Normal Feet (NF) group, a significant positive correlation was found between FMS scores and dynamic balance ($r=0.415$, $p=0.001$).

Linear regression analysis in the NF group showed that dynamic balance was a significant predictor of FMS scores, explaining approximately 17% of the variance in FMS scores ($R2=0.173$, $p=0.001$).

Conclusion:

The finding of significantly reduced static balance in the FF group aligns with previous studies by Hertel et al. (7) and Tsai et al. (9), likely stemming from subtalar joint instability and excessive ankle pronation (26). However, the lack of a significant difference in dynamic balance may be attributed to muscular compensation mechanisms (e.g., adaptation of tibialis and peroneal muscles) that allow asymptomatic individuals to approach the NF group's performance during functional activities like the YBT (27). The lower FMS scores in the FF group, contrasting with the findings of Fallah-Asadi et al. (16) concerning hyperlordosis deformity, suggest that the foot deformity directly impacts fundamental movement patterns. The absence of a correlation between dynamic/static balance and FMS in the FF group indicates that the structural defect might disrupt the natural link between stability and complex motor performance (28).

In conclusion, the flexible flat foot deformity significantly impairs static balance and functional movement performance in young women. It is recommended that individuals

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

with FF be made aware of these potential deficits and engage in targeted rehabilitation exercises to improve static stability and fundamental movement patterns for conservative treatment and injury prevention.

Key words: movement performance, static stability, dynamic stability, flexible fat feet

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

مقدمه

قوس طولی میانی کم در هنگام تحمل وزن یک ویژگی مورفولوژیکی کف پای صاف منعطف (FFF[1]) است (۱). اگرچه کف پای صاف از نظر مورفولوژیکی با پای نرمال (NF[2]) متفاوت است، بسیاری از مطالعات ویژگی‌های ثانویه صافی کف پا را مشخص کرده‌اند مثلاً تحقیقات نشان داده‌اند که قوس کم کف پا ممکن است باعث عدم تعادل مکانیکی مانند اختلال کارکرد تاندون درشت‌نی خلفی (۲)، درد (۳, ٤)، آسیب‌های مفصلی و حتی شکستگی‌های فشاری شود (۵).

یکی از عوامل مؤثر در این ویژگی‌های ثانویه ممکن است با ثبات وضعیتی مرتبط باشد. ثبات ایستا به‌عنوان توانایی به حداقل رساندن حرکت مرکز ثقل در سطح اتکا تحت شرایط معین تعریف می‌شود (٦). احتمالاً افراد داری کف پای صاف منعطف و کف پای نرمال ثبات وضعیتی متفاوتی را نشان می‌دهند. هرتل و همکاران این فرضیه را با نشان دادن اینکه افراد مبتلا به صافی کف پای منعطف دارای سطح مرکز فشار (COP[3]) بزرگ‌تر و سرعت جابجایی COP سریع‌تر نسبت به افراد دارای کف پای نرمال هستند، حمایت کردند (۷). در مقابل، کوت و همکاران تفاوت معناداری در مرکز تعادل یا نوسان وضعیتی بین افراد دارای کف پای صاف منعطف و کف پای نرمال پیدا نکردند (۸). تسای و همکاران گزارش دادند که افراد مبتلا به کف پای صاف منعطف دارای حداکثر جابجایی COP در جهت قدامی–خلفی (AP[4]) نسبت به افراد کف پای نرمال هستند (۹). ازاین‌رو، یک اجماع کلی از نظر تفاوت در ثبات ایستا بین دو گروه کف پای صاف منعطف و کف پای نرمال وجود ندارد.

تسای و همکاران گزارش دادند هنگامی‌که افراد ملزم به ایستادن روی یک پا در طول فعالیت‌های کارکردی هستند، کف پای صاف ممکن است باعث از دست دادن تعادل شود (۹). بااین‌حال، کوت و همکاران اظهار کردند که تنها تفاوت کوچکی در ثبات پویا بین افراد دارای کف پای صاف منعطف و افراد کف پای نرمال در تست تعادل گردش ستاره وجود دارد (۸). اگرچه مطالعات دیگر از آزمون گردش ستاره برای مقایسه داده‌های قبل و بعد از مداخله در افراد مبتلا به کف پای صاف منعطف استفاده کرده‌اند (۱۰, ۲۹)، اما نتایج خود را با داده‌های افراد دارای کف پای نرمال مقایسه نکردند؛ بنابراین، مقایسه بین افراد دارای کف پای صاف منعطف و کف پای نرمال برای آشکار کردن تفاوت‌های کارکردی در ثبات وضعیتی مورد نیاز است.

از سوی دیگر وضعیت قرارگیری ساختارهای اسکلتی به‌طور مستقیم بر ساختارهای مجاور اثرگذار است (۱۱). همچنین اکثر فعالیت‌های تحمل وزن شامل جفت شدن زنجیره کینتیکی و کینماتیکی بسته پا، مچ پا، زانو و مفصل ران است؛ پس می‌توان تصور کرد که تغییر در وضعیت پا می‌تواند منجر به تغییر در وضعیت بدنی و حرکت مفاصل پروگزیمال شود (۱۲, ١٤). بنابراین هنگامی که به دلیل عارضه صافی کف پا، پرونیشن پا موجب چرخش داخلی درشت‌نی می‌گردد، والگوس زانو و چرخش داخلی مفصل ران در هنگام تحمل وزن رخ می‌دهد؛ به دنبال آن به دلیل اثر بر زنجیره عضلانی

1. Flexible Flat feet
2. Normal Feet
3. Center of Pressure
4. Anterior-Posterior

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

موجب تغییر وضعیت لگن می‌شود که در نهایت بر وضعیت ستون فقرات کمری اثرگذار است و موجب بی‌ثباتی تنه می‌گردد (۱۳, ۱٤, ۳۰). لذا مجموعه مچ پا و پا نقش مهمی در حفظ وضعیت قائم، سازگاری با سطح تکیه‌گاه، اصلاح نوسانات وضعیتی در مرحله حمایت تک گانه، جذب شوک و انتقال نیروی عکس‌العمل زمین (GRF[1]) به‌منظور کمک به مرحله پیشروی در طی راه رفتن نرمال ایفاء می‌کند. حداقل تغییر کارکرد و بیومکانیک در مچ پا و پا به‌نوبه خود سطح تماس و درونداد سیستم حس محیطی را در وضعیت تحمل وزن تغییر می‌دهد (۱۵). بنابراین احتمالاً در طی اجرای الگوهای حرکتی بنیادی، ممکن است این زنجیره کینتیکی و کینماتیکی معیوب بر عملکرد افراد اثرگذار باشد. علی‌رغم اهمیت این موضوع پژوهش‌های زیادی در این حیطه انجام نشده است. تنها در پژوهشی فلاح اسدی و همکاران (۲۰۲۲) به رابطه بین هایپرلوردوز کمری با نمرات غربالگری حرکات کارکردی (FMS) و استقامت عضلات مرکزی پرداختند؛ نتایج حاکی از آن بود که زاویه لوردوز کمری بر استقامت عضلات مرکزی اثرگذار است ولی بر اجرای الگوی حرکات کارکردی (نمرات آزمون FMS) تأثیری نداشته است (۱٦).

تست‌ها و روش‌های مختلفی برای ارزیابی ثبات ایستا وجود دارد. تست تعادل شارپند رومبرگ تست کارکردی مناسبی است (نیازمند حداقل فضاء و تجهیزات) که در پژوهش‌ها و کلینیک‌ها به‌منظور بررسی ثبات ایستا از آن بهره گرفته می‌شود (۱۷). تست تعادل وای اندام تحتانی به‌عنوان روش میدانی کاملاً تائید شده به‌منظور ارزیابی ثبات پویا استفاده می‌گردد (۱۸). تست تعادل وای، کنترل پاسچر پویا را به چالش می‌کشد و به قدرت، حس عمقی و انعطاف‌پذیری نیاز دارد (۱۸). در طول تست وای، شرکت‌کننده حالت ایستادن روی یک‌پا را حفظ می‌کند درحالی‌که با پای دیگر در سه جهت قدامی، خلفی-داخلی و خلفی-خارجی دسترسی را انجام می‌دهد. ثبات پویا را می‌توان با محاسبه حداکثر فاصله دسترسی در ارتباط با طول پای آزمودنی تعیین کرد (۱۸, ۱۹). آزمون غربالگری حرکات عملکردی (FMS[2])، ابزاری ارزیابی است که به‌منظور سنجش قدرت تنه و عضلات مرکزی و بررسی الگوهای حرکتی بنیادی در یک سری از فعالیت‌های بدنی (دیپ اسکات، گام برداشتن از روی مانع و لانج؛ آزمون تحریک‌پذیری شانه و بالا آوردن مستقیم فعال پا؛ پایداری تنه و پایداری چرخشی) طراحی‌شده است (۱٦). آزمون غربالگری حرکات عملکردی، الگوهای حرکتی را اندازه‌گیری می‌کند که نیازمند یکپارچگی بین عناصر پایداری و حرکت‌پذیری در حین حرکت از طریق یک توالی پروگزیمال به دیستال هستند. حرکات از صفر تا سه امتیازگذاری می‌شوند تا امتیاز ترکیبی آزمون غربالگری حرکات عملکردی به دست آید (۲۰). ازآنجایی‌که ارزیابی ثبات ایستا و پویا و حرکات کارکردی زمان‌بر است؛ مطالعات اخیر به دنبال بررسی ارتباط بین ثبات ایستا و پویا به‌منظور استفاده از یکی به‌عنوان نماینده دیگری هستند (۲۱, ۳۱). بااین‌حال پژوهشی به بررسی ارتباط بین آزمون غربالگری حرکات کارکردی (FMS) با ثبات ایستا و پویا نپرداخته است.

. لذا پژوهش حاضر با هدف مقایسه ثبات ایستا و پویا و حرکات کارکردی آزمودنی‌های با و بدون کف پای صاف منعطف انجام‌شده است و ارتباط بین حرکات کارکردی با ثبات ایستا و پویا را بررسی می‌کند. ما فرض کردیم که تفاوت

1. Ground reaction force
2. Functional Movement Screen (FMS)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

معناداری بین دو گروه در ثبات ایستا، ثبات پویا و عملکرد کارکردی وجود دارد همچنین احتمالاً بین عملکرد حرکتی با ثبات ایستا و ثبات پویا همبستگی وجود دارد.

روش‌شناسی

طراحی و شرکت‌کنندگان

مطالعه حاضر، پژوهشی مقطعی و از نوع مقایسه‌ای بود (دارای کد اخلاق به شماره IR/SSRI.REC.2022.13901.1950 از پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی) که در دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی اجرا شد. بدین منظور ۹۶ نفر از دانشجویان دختر در محدوده سنی ۱۸ تا ۲۵ سال به‌صورت داوطلبانه پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه کتبی در این مطالعه شرکت کردند (تعداد نمونه بر اساس پژوهشی مشابه ۲۲ نفر برای هر گروه در نظر گرفته شد (۳۲). به دلیل در دسترس بودن آزمودنی به‌منظور افزایش توان آماری پژوهش، از آزمودنی بیشتر بهره گرفتیم که در گروه کف پای صاف، آزمودنی کمتری نسبت به کف پای نرمال در دسترس بود) که از این تعداد پس از انجام ارزیابی قوس طولی کف پا (با استفاده از آزمون افت ناوی که یک روش ساده و پایا برای اندازه‌گیری قوس کف پا است (۲۲)): ۲۵ نفر در گروه کف پای صاف منعطف و ۷۱ نفر در گروه کف پای نرمال قرار گرفتند.

معیارهای ورود به مطالعه شامل: ۱. سن بین ۱۸–۲۵ سال و ۲. افت ناوی بیش از ۱۰ میلی‌متر بود (۲۳). معیارهای خروج از مطالعه عبارت بودند از: ۱. جراحی قبلی پا یا مچ‌پا (۲۳)؛ ۲. درد در اندام تحتانی (۳۳)؛ ۳. اضافه‌وزن یا چاقی (۳۳)؛ ٤. بدشکلی شدید پا مانند هالوکس والگوس (۳٤)؛ و اختلالات عصبی–عضلانی (۲۳).

پروتکل تست‌گیری

جهت ارزیابی ثبات ایستا از آزمون شارپند رومبرگ استفاده شد که بدین منظور آزمودنی بدون کفش روی سطح صاف ایستاده، پای برتر را به حالت تاندم در جلوی پای غیر برتر گذاشته؛ دست‌ها به حالت ضربدری روی سینه قرار گرفت. این آزمون با چشمان بسته اجرا شد. مدت‌زمانی که فرد تا قبل از به هم خوردن تعادل قادر به حفظ وضعیت بود به‌عنوان امتیاز فرد در نظر گرفته شد (در صورت وقوع خطاهایی از جمله: جدا شدن دست‌ها از قفسه سینه، باز کردن چشم‌ها، تکان خوردن و تاب خوردن زیاد؛ تست متوقف می‌شد). پائولا و همکاران (۲۰۰۰)، اعتبار این آزمون را با چشم بسته ۰/۷۷ – ۰/۷٦ گزارش کرده‌اند (۲٤).

جهت اندازه‌گیری ثبات پویا از تست وای استفاده شد که به این منظور، آزمودنی با پای غیر برتر در سه صفحه تلاقی سه جهت قرار گرفته و تا آنجا که مرتکب خطا نشود (پا از روی سه صفحه تلاقی سه جهت حرکت نکند، روی پایی که عمل دستیابی را انجام می‌دهد تکیه نکند یا شخص نیافتد) با پای دیگر در جهتی که آزمونگر به‌صورت تصادفی تعیین کرده، عمل دستیابی را انجام داده و به حالت طبیعی روی هر دو پا باز گشته و فاصله‌ای را که آزمودنی نشانگر را جابجا کرده است به‌عنوان فاصله دستیابی او ثبت شد (۲۵). ضریب همبستگی درون طبقه‌ای (ICC) آزمون–آزمون مجدد برای

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

تست وای ۰/۸۳-۰/۹۳ گزارش‌شده است (۳۵). با استفاده از آزمون غربالگری حرکات عملکردی (FMS)، عملکرد کارکردی افراد ارزیابی شد. FMS، مجموعه‌ای از هفت آزمون است که به‌طور نسبی الگوهای حرکتی ترکیبی (دیپ اسکات، گام برداشتن از روی مانع و لانج) و الگوهای تحریک‌پذیری ابتدایی (آزمون تحریک‌پذیری شانه و بالا آوردن مستقیم فعال پا) و الگوهای پایداری مرکز بدن (پایداری تنه و پایداری چرخشی) را ارزیابی می‌کند. ارزیابی بر اساس آنالیز کیفی، از طریق سیستم امتیازدهی این آزمون‌ها بر اساس دستورالعمل کوک و همکاران از صفر تا سه امتیازگذاری شد (۲۰, ۳۶, ۳۷). ضریب همبستگی درون طبقه‌ای (ICC) آزمون-آزمون مجدد برای تست غربالگری حرکات عملکردی ۰/۸۱-۰/۹۱ گزارش شده است (۳۸).

تجزیه‌وتحلیل آماری

تمام اطلاعات بر اساس میانگین و انحراف استاندارد ارائه‌شده است. برای آنالیز آماری داده‌ها از تحلیل واریانس چند متغیره (MANOVA)، آزمون تی تست مستقل، آزمون یومن‌ویتنی، ضریب همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی استفاده شد. قبل از انجام این آزمون‌ها جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و جهت بررسی برابری واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. ازآنجایی‌که برای متغیرهای ثبات ایستا و پویا آزمون نرمالیتی و برابری واریانس‌ها (همگنی واریانس) برقرار نشد؛ لذا از آزمون ناپارامتریک معادل (یومن‌ویتنی) برای مقایسه بین گروهی استفاده شد. جهت بررسی همبستگی بین نمرات عملکرد کارکردی و متغیرهای ثبات ایستا و پویا ابتدا آزمون همبستگی پیرسون اجرا شد؛ سپس آزمون رگرسیون خطی انجام شد. به‌طور طبیعی، نرمالیتی مانده‌ها (خطاها) و استقلال مانده‌ها از یکدیگر بررسی شد. سطح معناداری برای تمام محاسبات ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. تمام محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار $SPSS_{24}$ انجام شد.

یافته‌ها

مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها به تفکیک گروه در جدول ۱ ارائه‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بین آزمودنی‌های دو گروه از لحاظ متغیرهای دموگرافیک در فاکتورهای وزن و شاخص توده بدنی تفاوت معنادار وجود دارد، اما در متغیرهای سن و قد تفاوت معنادار یافت نشد.

جدول ۱. مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها.

متغیرها	گروه کف پای صاف منعطف (n=25)	گروه کف پای نرمال (n=71)	P value
سن (سال)	۱۹/۶۴ ± ۱/۱۴	۱۹/۵۹ ± ۰/۹۵	۰/۸۳
وزن (کیلوگرم)	۶۵/۶۰ ± ۱۰/۷۶	۵۸/۲۸ ± ۹/۳۵	۰/۰۲*
قد (سانتی‌متر)	۱۶۴/۰۰ ± ۵/۲۸	۱۶۳/۲۱ ± ۵/۹۶	۰/۵۶
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/ متر ۲)	۲۴/۳۳ ± ۳/۴۳	۲۱/۸۹ ± ۳/۴۰	۰/۰۳*

آزمون آنالیز واریانس چند متغیره جهت بررسی اختلاف بین گروهی در متغیرهای سن، قد و وزن.

p≤۰/۰۵: تفاوت معنادار بین گروه‌ها است (*).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

نتایج آزمون تی تست نشان داد بین دو گروه کف پای نرمال و کف پای صاف منعطف در متغیر حرکات کارکردی تفاوت معنادار وجود دارد. نتایج آزمون یومن‌ویتنی نیز بین دو گروه کف پای نرمال و کف پای صاف در متغیر ثبات ایستا تفاوت معنادار را نشان داد؛ اما در متغیر ثبات پویا تفاوت معنادار یافت نشد (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج آزمون تی مستقل و یومن‌ویتنی.

متغیرها	کف پای صاف منعطف		کف پای نرمال	t	P value
حرکات کارکردی (امتیاز)	میانگین±انحراف معیار	۹/٤۰±۱/۷۸	۱۲/٦۱±۲/۳۰	٦/۳۰	۰/۰۰*
متغیرها	**کف پای صاف منعطف**		**کف پای نرمال**	**Z**	**P value**
ثبات ایستا (ثانیه)	میانه (چارک پایین–چارک بالا)	۱۰/۰٦ (٦/۲۲–۱۳/۸٦)	۲۱/۲۵ (۱۲/۱۱–٤۸/۳٦)	-٤/۹۲	۰/۰۰*
ثبات پویا (سانتی‌متر) امتیاز کل	میانه (چارک پایین–چارک بالا)	۰/۷۱ (۰/٦۵–۰/۷۷)	۰/۷۰ (۰/٦۲–۰/۷۷)	-۰/۵۰۹	۰/٦۱۱
ثبات پویا (سانتی‌متر) جهت قدامی	میانه (چارک پایین–چارک بالا)	۰/۷٦ (۰/٦۹–۰/۸٦)	۰/۷۹ (۰/٦۹–۰/۸۵)	-۰/۱٦	۰/۸٦
ثبات پویا (سانتی‌متر) جهت خلفی داخلی	میانه (چارک پایین–چارک بالا)	۰/۷۵ (۰/٦۵–۰/۸٤)	۰/۷٦ (۰/٦۵–۰/۸۲)	-۰/۰۷۱	۰/۹٤
ثبات پویا (سانتی‌متر) جهت خلفی خارجی	میانه (چارک پایین–چارک بالا)	۰/۵۸ (۰/۵۱–۰/٦۷)	۰/٦۰ (۰/۵٦–۰/٦۷)	-۰/۹۲	۰/۳۵

p≤۰/۰۵: تفاوت معنادار بین گروه‌ها است (*).

جهت بررسی همبستگی بین نمرات حرکات کارکردی با متغیرهای ثبات ایستا و ثبات پویا در گروه کف پای صاف منعطف از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد (پیش‌تر داده‌های ثبات ایستا و ثبات پویا با استفاده از روش معکوس تابع چگالی، نرمال‌سازی شد). جهت بررسی این رابطه، فاکتورهای ثبات ایستا و ثبات پویا به‌عنوان متغیر پیش‌بین؛ آزمون حرکات کارکردی به‌عنوان متغیر ملاک در نظر گرفته شد (جدول ۳).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

جدول ۳. نتایج آزمون همبستگی پیرسون در گروه کف پای صاف منعطف.

گروه	متغیرها	ثبات ایستا		ثبات پویا	
		Correlation Coefficient	P value	Correlation Coefficient	P value
کف پای صاف منعطف	حرکات کارکردی	۰/۰۹۱	۰/٦٦٥	۰/۰۸۰	۰/۷۰۳
کف پای نرمال	حرکات کارکردی	۰/۱۵۲	۰/۲۰٦	۰/٤۱۵	۰/۰۰¥
معادله رگرسیون آزمون حرکات کارکردی بر اساس متغیر ثبات پویا					
متغیر	t	P value	R	R^2	F Change
ثبات پویا	۹/۷٦	۰/۰۰	۰/٤۱۵	۰/۱۷۳	۱٤/۳۹

$p \geq ۰/۰۵$: ارتباط معنادار بین متغیرها نیست.

$p \leq ۰/۰۵$: ارتباط معنی‌دار بین متغیرها است (¥).

با توجه به داده‌های به‌دست‌آمده از ضریب همبستگی که مقادیر آن در سطح ۰/۰۵ معنادار نیست؛ می‌توان نتیجه گرفت که فاکتورهای ثبات ایستا و ثبات پویا در گروه کف پای صاف با آزمون حرکات کارکردی همبستگی ندارد.

جهت بررسی همبستگی بین نمرات حرکات کارکردی با متغیرهای ثبات ایستا و ثبات پویا در گروه کف پای نرمال از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد (پیش‌تر داده‌های ثبات ایستا و ثبات پویا با استفاده از روش معکوس تابع چگالی، نرمال‌سازی شد). جهت بررسی این رابطه، فاکتورهای ثبات ایستا و ثبات پویا به‌عنوان متغیر پیش‌بین؛ آزمون حرکات کارکردی به‌عنوان متغیر ملاک در نظر گرفته شد (جدول ۳).

با توجه به داده‌های به‌دست‌آمده از ضریب همبستگی که مقادیر آن در سطح ۰/۰۵ معنادار است؛ می‌توان نتیجه گرفت که آزمون حرکات کارکردی با متغیر ثبات پویا با مقدار همبستگی ۰/٤۱۵ رابطه دارد. ازآنجایی‌که این ضریب مثبت است، رابطه میان این متغیرها با هم موازی است. بدین معنا که با افزایش ثبات پویا، نمرات آزمون حرکات کارکردی افزایش می‌یابد.

بنابراین جهت بررسی اینکه آیا ثبات پویا به‌طور معناداری قادر به پیش‌بینی نتایج آزمون حرکات کارکردی است؛ با بهره‌گیری از آزمون رگرسیون به بررسی رابطه بین متغیرها و ارتباط منطقی بین همبستگی معنادار پرداختیم (جدول ۳). نتایج نشان داد ثبات پویا به‌طور معناداری قابلیت پیش‌بینی نمرات حرکات کارکردی را دارد. ثبات پویا ۱۷٪ ($R^2 = 0.17$) از تغییرات در آزمون حرکات کارکردی را تبیین می‌کند.

بحث

پژوهش حاضر به مقایسه ثبات ایستا و پویا و حرکات کارکردی آزمودنی‌های با و بدون کف پای صاف پرداخته است و ارتباط بین حرکات کارکردی با ثبات ایستا و پویا را بررسی کرد. نتایج مطالعه نشان داد نمرات حرکات کارکردی و ثبات ایستا در گروه کف پای نرمال به‌طور معناداری بیشتر از گروه کف پای صاف منعطف بود. بین دو گروه در ثبات پویا

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

تفاوت معناداری یافت نشد. در گروه کف پای نرمال همبستگی معناداری بین نمرات حرکات کارکردی با ثبات پویا مشاهده شد.

نتایج مطالعه نشان داد، ثبات ایستا در افراد دارای کف پای صاف منعطف به‌طور معناداری کمتر از افراد دارای کف پای نرمال بود (جدول ۲). همان‌طور که در مطالعه هرتل و همکاران (۲۰۰۲)، تسای و همکاران (۲۰۰٦) و کیم و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است (۷, ۹, ۳۹)، این کاهش ثبات ایستا احتمالاً ممکن است به دلیل بی‌ثباتی مفصل تحت‌قاپی در افراد دارای کف پای صاف باشد. این فرض توسط افت بیشتر استخوان ناوی و وضیعت ایستایی پاشنه در حالت استراحت حمایت می‌شود. مفصل تحت قاپی به‌طور مستقیم ثبات وضعیت قسمت خلفی پا و مفاصل دیستال مانند مفصل عرضی بین استخوان‌های تارسال را به‌طور غیرمستقیم کنترل می‌کند. هنگامی که وزن بارگذاری می‌شود، انعطاف‌پذیری بیش‌ازحد مفصل تحت قاپی، پرونیشن مچ پا را افزایش می‌دهد و این ممکن است منجر به سطح اتکاء ناپایدار و در نهایت کاهش ثبات پا می‌شود (۲٦, ۳۰, ٤۰).

اما نتایج مطالعه در مورد اثرگذاری ناهنجاری کف پای صاف بر ثبات ایستا مخالف نتایج مطالعه کوت و همکاران (۲۰۰۵) بود (۸). ازآنجایی‌که تقارن صافی کف پا در هر دو سمت نکته بسیار مهمی در بررسی تعادل است (۳۹)؛ احتمالاً این مورد در مطالعه کوت و همکاران به‌خوبی موردتوجه قرار نگرفته است. درحالی‌که در این مطالعه افرادی موردبررسی قرار گرفتند که در هر دو سمت مبتلا به صافی کف پای منعطف بودند.

برخلاف نتایج ثبات ایستا، ثبات پویا بین دو گروه تفاوت معناداری نداشت (جدول ۲). این نتایج ممکن است به دلیل تنظیمات جبرانی وضعیت بدنی در طول تست تعادل وای باشد. هانت و اسمیت دریافتند که صافی کف پا با دامنه کامل اینورشن–اورشن در طول راه رفتن همبستگی ندارد، بلکه افراد مبتلا به کف پای صاف کمترین حرکت اینورشن–اورشن را در طول راه رفتن نشان دادند (٤۱). یک احتمال این است که افراد بدون علامت ممکن است به‌وسیله جبران عضلانی با عضلات درشت‌نی، نازک‌نی بلند و کوتاه با راه رفتن انطباق می‌یابند (۲۷, ۲۹). علاوه بر تطبیق وضعیت عضلانی، سایر عوامل بیرونی ممکن است شامل یکپارچگی سیستم‌های بینایی، شنوایی، حسی پیکری و سایر سیستم‌های حس عمقی و همچنین عوامل بیومکانیکی باشد (۳۹)؛ بنابراین، تفاوت ساختاری بر اساس نوع پا می‌تواند توسط عوامل بیرونی در طول فعالیت‌های کارکردی جبران شود. این می‌تواند عدم وجود تفاوت معنادار بین گروه‌ها در تست وای را تبیین کند.

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که نمرات حرکات کارکردی به‌طور معناداری در گروه کف پای صاف منعطف کمتر از گروه کف پای نرمال است (جدول ۲). نتایج پژوهش حاضر مخالف نتایج مطالعه فلاح اسدی و همکاران (۲۰۲۲) بود (٤۲). احتمالاً به‌این‌علت که فلاح اسدی و همکاران در پژوهششان به ارتباط بین ناهنجاری هایپرلوردوز کمری با نمرات غربالگری حرکات کارکردی (FMS) پرداختند و ارتباط معناداری را گزارش نکردند (٤۲)؛ درحالی‌که در این پژوهش ارتباط بین ناهنجاری صافی کف پای منعطف با نمرات غربالگری حرکات کارکردی بررسی‌شده است. بنابراین عدم همخوانی ناهنجاری‌های بررسی شده می‌تواند علت عدم همخوانی دو پژوهش باشد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

نتایج به‌دست‌آمده همبستگی مثبت را بین نتایج آزمون غربالگری حرکات کارکردی (FMS) با ثبات پویا (تست وای) در گروه با کف پای نرمال نشان داد (جدول ۳). هاشبرگر و همکاران که به رابطه بین نمرات FMS و تست تعادل پویای ستاره (SEBT) در ورزشکاران دوومیدانی پرداختند؛ همبستگی معنادار را به این موضوع نسبت دادند که هر دو ارزیابی نیاز به ثبات عضلات مرکزی برای حفظ ثبات وضعیتی در طول اجرای حرکات اندام دارند (۴۳). وین داین چانگ و همکاران ارتباط معنادار بین نمرات FMS و تست تعادل پویای ستاره (SEBT) را به این نسبت دادند که شرکت‌کنندگان مرکز فشار را بر روی یک‌پا برای حرکت عبور از مانع در طی FMS کاهش می‌دهند که این الگو حرکتی مشابه الگوهای حرکتی SEBT است (۴۴).

اما نتایج مطالعه همبستگی معناداری را بین نتایج آزمون غربالگری حرکات کارکردی (FMS) با نمرات ثبات پویا و ایستا در گروه با کف پای صاف نشان نداد (جدول ۳). احتمالاً به دلیل اینکه در طی فعالیت‌های روزمره و جابجایی افراد نیاز به فاکتورهای حرکتی مثل ثبات پویا و هماهنگی دارند درنتیجه بر اساس انطباق‌پذیری با محیط تا حدودی بر این نقصان ساختاری غلبه کردند (۲۸) و ثبات پویا آن‌ها دستخوش تغییرات نمی‌شود، درصورتی‌که حرکات FMS، حرکاتی نیست که دائم تکرار شود. بنابراین احتمالاً به‌این‌علت همبستگی معناداری بین ثبات ایستا و ثبات پویا با آزمون FMS در گروه مبتلا به صافی کف پای منعطف کشف نشد.

مطالعه حاضر بر دانشجویان دختر ۱۸ تا ۲۵ ساله انجام شد، بنابراین نتایج این مطالعه محدود به جمعیت موردبررسی است و یافته‌های آن قابل‌تعمیم به این افراد است. پژوهش‌های آتی بهتر است شامل هر دو جنس و گروه‌های سنی مختلف باشد تا قابل تعمیم به جمعیت بزرگ‌تری باشد.

نتیجه‌گیری

ناهنجاری کف پای صاف منعطف می‌تواند باعث نقص در ثبات ایستا و عملکرد حرکتی افراد گردد. بنابراین، بیماران باید از این نقصان احتمالی بر طبق این مطالعه آینده‌نگر مطلع گشته و در نتیجه از تمرینات توان‌بخشی مناسب به‌منظور درمان محافظه‌کارانه کف پای صاف بهره گیرند.

تشکر و قدردانی

از تمامی دانشجویانی که در پژوهش حاضر شرکت کردند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تضاد منافع

بین نویسندگان تضاد منافع وجود ندارد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

References

1. Shibuya N, Kitterman RT, LaFontaine J, Jupiter DC. Demographic, physical, and radiographic factors associated with functional flatfoot deformity. The Journal of Foot and Ankle Surgery. 2014;53(2):168-72. https://doi.org/10.1053/j.jfas.2013.11.002
2. Tome J, Nawoczenski DA, Flemister A, Houck J .Comparison of foot kinematics between subjects with posterior tibialis tendon dysfunction and healthy controls. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2006;36(9):635-44. https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2006.2293
3. Lakstein D, Fridman T, Ziv YB, Kosashvili Y. Prevalence of anterior knee pain and pes planus in Israel defense force recruits. Military medicine. 2010;175(11):855-7. https://doi.org/10.7205/MILMED-D-09-00145
4. Kosashvili Y, Fridman T, Backstein D, Safir O, Ziv YB. The correlation between pes planus and anterior knee or intermittent low back pain. Foot & ankle international. 2008;29(9):910-3. https://doi.org/10.3113/FAI.2008.0910
5. Yoon K-S, Park S-D. The effects of ankle mobilization and active stretching on the difference of weight-bearing distribution, low back pain and flexibility in pronated-foots subjects. Journal of exercise rehabilitation. 201. 292:(2)9;3. https://doi.org/10.12965/jer.130013
6. Hasan SS, Robin DW, Szurkus DC, Ashmead DH, Peterson SW, Shiavi RG. Simultaneous measurement of body center of pressure and center of gravity during upright stance. Part I: Methods. Gait & posture. 1996;4(1):1-10. https://doi.org/10.1016/0966-6362(95)01030-0
7. Hertel J, Gay MR, Denegar CR. Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. Journal of athletic training. 2002;37(2):129.
8. Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. Journal of athletic training. 2005;40(1):41.
9. Tsai L-C, Yu B, Mercer VS, Gross MT. Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2006;36(12):942-53. https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2006.2336
10. Lynn SK, Padilla RA, Tsang KK. Differences in static-and dynamic-balance task performance after 4 weeks of intrinsic-foot-muscle training: the short-foot exercise versus the towel-curl exercise. Journal of sport rehabilitation. 2012;21(4):327-33. https://doi.org/10.1123/jsr.21.4.327
11. Kothari A, Dixon P, Stebbins J, Zavatsky A, Theologis T. Are flexible flat feet associated with proximal joint problems in children? Gait & posture. 2016;45:204-10. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.02.008
12. Maffetone P. The assessment and treatment of muscular imbalance – The Janda Approach. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2010;14(3):287-8. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.11.003
13. Izraelski J. Assessment and treatment of muscle imbalance: The Janda approach. The Journal of the Canadian Chiropractic Association. 2012;56(2):158.
14. Khamis S, Yizhar Z. Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. Gait & posture. 2007;25(1):127-34. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.02.005
15. Obrien DL, Tyndyk M. Effect of arch type and Body Mass Index on plantar pressure distribution during stance phase of gait .Acta of bioengineering and biomechanics. 2014;16(2). http://dx.doi.org/10.5277/abb140215
16. Fallahasady E, Rahmanloo N, Seidi F, Rajabi R, Bayattork M. The relationship between core muscle endurance and functional movement screen scores in females with lumbar hyperlordosis: a cross-sectional study. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2022;14(1):182. https://doi.org/10.1186/s13102-022-00567-2
17. Gras LZ, Pohl PS, Epidy J, Godin B, Hoessle N. Use of the Sharpened Romberg as a screening for fall risk. Topics in Geriatric Rehabilitation. 2017;33(2):113-7. https://doi.org/10.1097/TGR.0000000000000145
18. Schwiertz G ,Brueckner D, Schedler S, Kiss R, Muehlbauer T. Performance and reliability of the Lower Quarter Y Balance Test in healthy adolescents from grade 6 to 11. Gait & posture. 2019;67:142-6. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.10.011

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

19. Linek P, Sikora D, Wolny T, Saulicz E. Reliability and number of trials of Y Balance Test in adolescent athletes. Musculoskeletal science and practice. 2017;31:72-5. https://doi.org/10.1016/j.msksp.2017.03.011
20. Cook G, Burton L, Hoogenboom B. Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function–part 1. North American journal of sports physical therapy: NAJSPT. 2006;1(2):62.
21. Fransz DP, Huurnink A, Kingma I, van Dieën JH. How does postural stability following a single leg drop jump landing task relate to postural stability during a single leg stance balance task? Journal of Biomechanics. 2014;47(12):3248-53. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.06.019
22. Shrader JA, Popovich Jr JM, Gracey GC, Danoff JV. Navicular drop measurement in people with rheumatoid arthritis: interrater and intrarater reliability. Physical therapy. 2005;85(7):656-64. https://doi.org/10.1093/ptj/85.7.656
23. Moon D, Jung J, editors. Effect of Incorporating Short-Foot Exercises in the Balance Rehabilitation of Flat Foot: A Randomized Controlled Trial. Healthcare; 2021: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. https://doi.org/10.3390/healthcare9101358
24. Yim-Chiplis PK, Talbot LA. Defining and measuring balance in adults. Biological research for nursing. 2000;1(4):321-31. https://doi.org/10.1177/109980040000100408
25. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. Journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2006;36(12):911-9. https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2006.2244
26. Mansfield PJ, Neumann DA. Essentials of kinesiology for the physical therapist assistant e-book: Elsevier Health Sciences; 2018.
27. Gray EG, Basmajian JV. Electromyography and cinematography of leg and foot (“normal” and flat) during walking. The anatomical record. 1968;161(1):1-15. https://doi.org/10.1002/ar.1091610101
28. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
29. Mulligan EP, Cook PG. Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function. Manual therapy. 2013;18(5):425-30. https://doi.org/10.1016/j.math.2013.02.007
30. Price J. The BioMechanics Method for Corrective Exercise: Human Kinetics; 2018.
31. Shubert TE, Schrodt LA, Mercer VS, Busby-Whitehead J, Giuliani CA. Are scores on balance screening tests associated with mobility in older adults? Journal of geriatric physical therapy. 2006;29(1):33-9.
32. Sung PS, Zipple JT, Andraka JM, Danial P. The kinetic and kinematic stability measures in healthy adult subjects with and without flat foot. The Foot. 2017;30:21-6. https://doi.org/10.1016/j.foot.2017.01.010
33. Hedayati R, Fatemi E, Hajihasani A, Ehsani F, Ramezanpour S. The attention needed for balance controlling in young patients with flatfoot. Koomesh. 2016:25-34.
34. Nakhostin-Roohi B, Hedayati S, Aghayari A. The effect of flexible flat-footedness on selected physical fitness factors in female students aged 14 to 17 years. 2013. https://doi.org/10.4100/jhse.2013.83.03
35. Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, Warren RL, Koreerat CM, Straseske CA, et al. Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. Military medicine. 2013;178(11):1264-70. https://doi.org/10.7205/MILMED-D-13-00222
36. Cook G, Burton L, Hoogenboom B. Pre-participation screening: The use of fundamental movements as an assessment of function–Part 2. North American journal of sports physical therapy :NAJSPT. 2006;1(3):132.
37. Everard EM, Harrison AJ, Lyons M. Examining the relationship between the functional movement screen and the landing error scoring system in an active, male collegiate population. The Journal of Strength & Conditioning Research.1265 -1272:(5)31;2017. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001582
38. Smith CA, Chimera NJ, Wright NJ, Warren M. Interrater and intrarater reliability of the functional movement screen. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2013;27(4):982-7.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]

39. Kim J-a, Lim O-b, Yi C-h. Difference in static and dynamic stability between flexible flatfeet and neutral feet. Gait & posture. 2015;41(2):546-50. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182606df2
40. Cobb SC, Tis LL, Johnson BF, Higbie EJ. The effect of forefoot varus on postural stability. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 200. 79-85: (2)34;4. https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2004.34.2.79
41. Hunt AE, Fahey AJ, Smith RM. Static measures of calcaneal deviation and arch angle as predictors of rearfoot motion during walking. Australian Journal of Physiotherapy. 2000;46(1):9-16. https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60309-3
42. Fallahasady E, Rahmanloo N, Seidi F, Rajabi R ,Bayattork M. The relationship between core muscle endurance and functional movement screen scores in females with lumbar hyperlordosis: a cross-sectional study. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2022;14(1):1-8. https://doi.org/10.1186/s13102-022-00567-2
43. Harshbarger ND, Anderson BE, Lam KC. Is there a relationship between the functional movement screen, star excursion balance test, and balance error scoring system? Clinical Journal of Sport Medicine. 2018;28(4):389-94. https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000465
44. Chang W-D, Chou L-W, Chang N-J, Chen S. Comparison of functional movement screen, star excursion balance test, and physical fitness in junior athletes with different sports injury risk. BioMed research international. 2020;2020. https://doi.org/10.1155/2020/8690540

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.4.2]