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 Comprehensive And Local Corrective Exercises On Foot Posture Index In Individuals With Flexible Flat Foot: A Randomized Controlled Trial

Afshin Moghadasi [1]

1. Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Payame Noor University, Tehran, Iran.

Corresponding Author: Afshin Moghadasi, moghadasi@pnu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 2024/10/9
Revised: 2025/07/1
Accepted: 2025/07/1

Keywords:
Flat Foot, Exercise, Intrinsic Muscles, Chain Reactions, Misalignment.

How to Cite:
Afshin Moghadasi. **The Effect Of Comprehensive And Local Corrective Exercises On Foot Posture Index In Individuals With Flexible Flat Foot: A Randomized Controlled Trial**. *Research In Sport Medicine and Technology*, 2025: 23(30): 98-120.

ABSTRACT

Introduction and aim: Strengthening the intrinsic foot muscles is effective in controlling pronation. However, the effects of strengthening other muscle groups remain unknown. The purpose of this study was to determine the effect of comprehensive and local corrective exercises on foot posture index (FPI) in people with flexible flat foot.

Methods: Forty-four students referring to Neshat corrective exercises center in Ilam city with a foot posture index score between 6 and 12 were selected as a statistical sample and stratified randomly divided into four groups of intrinsic exercises, intrinsic + extrinsic exercises, comprehensive corrective exercises (CCE) and control. The FPI was measured in the pre-test, at the end of the sixth week and at the end of the twelfth week. The mixed model analysis of variance test was used to analyze the data.

Results: The results showed that there was a significant decrease in the FPI in the exercise groups compared to the control group ($P<0.05$). There was no significant difference between the intrinsic and intrinsic + extrinsic groups in the right ($P=0.980$) and left ($P=0.965$) foots. FPI in the CCE group showed a significant decrease compared to all groups ($P<0.05$).

Conclusion: CCE, considering the principle of chain reactions of the human body and focusing on the activation of all the distal and proximal muscles effective in misalignment, is more effective than local exercises in correcting the flatness of a flexible foot.

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 ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

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

تأثیر تمرینات اصلاحی جامع و موضعی بر شاخص پاسچر پا در افراد مبتلا به کف پای صاف منعطف: کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده

افشین مقدسی [۱]

۱.گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

نویسنده مسئول: افشین مقدسی moghadasi@pnu.ac.ir

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: علمی–پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۸

ویرایش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۰

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۰

واژه‌های کلیدی:

کف پای صاف، ورزش، عضلات اینترینسیک، واکنش‌های زنجیره‌ای، ناراستایی

ارجاع:

افشین مقدسی. **تأثیر تمرینات اصلاحی جامع و موضعی بر شاخص پاسچر پا در افراد مبتلا به کف پای صاف منعطف: کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده.** *پژوهش در طب ورزشی و فناوری*. ۱۴۰۴؛ ۲۳(۳۰):۱۲۰-۹۸

چکیده

مقدمه و هدف: کف پای صاف منعطف یکی از شایع‌ترین ناهنجاری‌های پا است که می‌تواند منجر به اختلال در عملکرد راه رفتن و دردهای مزمن شود. تقویت عضلات موضعی کف پا در کنترل پرونیشن مؤثر است؛ بااین‌حال، تأثیر تمرینات جامع که شامل تقویت سایر گروه‌های عضلانی دیستال و پروگزیمال نیز باشد، هنوز به‌طور کامل مشخص نیست. هدف این مطالعه تعیین تأثیر تمرینات اصلاحی جامع و موضعی بر شاخص پاسچر پا در افراد مبتلا به کف پای صاف منعطف بود.

روش: ۴۴ نفر از دانش‌آموزان مراجعه‌کننده به مرکز تمرینات اصلاحی نشاط شهر ایلام با نمره شاخص پاسچر پا بین ۶ تا ۱۲، به‌صورت تصادفی طبقه‌ای در چهار گروه تقسیم شدند: تمرینات اینترینسیک، تمرینات اینترینسیک + اکسترینسیک، تمرینات اصلاحی جامع و کنترل. شاخص پاسچر پا در پیش‌آزمون و پایان هفته‌های ششم و دوازدهم اندازه‌گیری شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس مدل ترکیبی انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در گروه‌های تمرین نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری در شاخص پاسچر پا ایجادشده است ($P<۰/۰۵$). گروه جامع کاهش معناداری را نسبت به‌تمامی گروه‌ها نشان داد ($P<۰/۰۵$). بین دو گروه اینترینسیک و اینترینسیک + اکسترینسیک در پای راست ($P=۰/۹۸۰$) و چپ ($P=۰/۹۶۵$) اختلاف معناداری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: تمرینات اصلاحی جامع با فعال‌سازی تمامی عضلات دیستال و پروگزیمال و بهره‌گیری از اصل واکنش‌های زنجیره‌ای بدن، مؤثرتر از تمرینات موضعی در اصلاح کف پای صاف منعطف است و می‌تواند به‌عنوان برنامه تمرینی توصیه‌شده برای پیشگیری و اصلاح این ناهنجاری مورد استفاده قرار گیرد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

Extended Abstract

Introduction and aim

The foot is the terminal segment of the lower limb kinetic chain, serving as the primary interface between the body and the ground, supporting body weight, and enabling human locomotion (1). This complex structure must withstand substantial forces from ground reaction, body movement, and gravitational loading while maintaining stability, shock absorption, and energy transfer during dynamic activities. Among the foot's anatomical features, the arches play a critical role in providing structural support, elasticity, and propulsion. The medial longitudinal arch, formed by the calcaneus, talus, navicular, cuneiforms, and the first three metatarsals, is particularly important for distributing forces, absorbing shocks, and maintaining postural stability (1, 2). Alterations in arch height can lead to disruptions throughout the lower limb kinetic chain, affecting alignment, joint mechanics, and overall mobility. Flexible flatfoot, characterized by a collapse or reduction of the medial longitudinal arch during weight-bearing yet present in non-weight-bearing positions, is one of the most common pediatric foot deformities (4, 5). Etiological factors include ligamentous laxity, malalignment of the lower limb, and weakness in intrinsic and extrinsic foot muscles (4, 6, 7). Clinically, flexible flatfoot often manifests with excessive pronation, plantarflexion, talar adduction, and calcaneal valgus during stance. These biomechanical alterations can compromise balance, functional stability, proprioception, and may predispose individuals to secondary musculoskeletal issues such as hallux valgus, hammer toes, plantar fasciitis, Achilles tendinopathy, tibial stress syndrome, knee malalignment, and discomfort extending to the hip and lower back (1, 4, 13). Consequently, early and effective intervention is essential to prevent long-term functional deficits and musculoskeletal complications (4).

Conservative management of flexible flatfoot commonly includes orthotics, specialized footwear, and targeted exercise interventions (1). Among these approaches, short foot exercises that activate intrinsic foot muscles have demonstrated efficacy in increasing arch height, reducing pronation, and improving foot function (10, 14, 15, 17–20). These exercises emphasize the contraction of intrinsic muscles without engaging extrinsic foot

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

muscles, facilitating segmental stability and proprioceptive feedback. However, prior research has largely focused on isolated intrinsic strengthening, neglecting the potential contributions of proximal lower limb and core musculature to arch stability and overall foot mechanics (21–25). Evidence indicates that strengthening hip abductors and external rotators reduces calcaneal eversion, while posterior tibialis strengthening combined with gastrocnemius-soleus stretching significantly enhances arch height compared with conventional towel-gathering exercises (6, 23, 24). Furthermore, the timing and sequencing of muscle activation are critical; early activation of extrinsic muscles may inhibit intrinsic muscle function and limit functional improvements in arch height (26, 27, 44). Based on this evidence, comprehensive corrective exercise programs targeting the entire kinetic chain, including intrinsic and extrinsic foot muscles as well as core and proximal lower limb muscles, may provide superior outcomes in the management of flexible flatfoot (25–27, 30, 31). The present study aimed to investigate the effects of intrinsic, intrinsic plus extrinsic, and comprehensive corrective exercises on Foot Posture Index (FPI) in children with flexible flatfoot, with careful consideration of muscle activation timing, progression, and intervention sequencing.

Methods

A randomized controlled trial was conducted involving 44 children aged 9–14 years (12 boys, 32 girls) diagnosed with bilateral flexible flatfoot. Participants were recruited from the Neshat Corrective Movements Center, Ilam, Iran, and stratified by sex before random allocation to four groups (n=11 each): intrinsic foot muscle exercises (IFM), intrinsic plus extrinsic foot muscle exercises (IFM+EFM), comprehensive corrective exercises (CCE), and control. Inclusion criteria included FPI scores of 6–12, absence of rigid flatfoot, no prior lower limb surgery, and no structural or neuromuscular abnormalities. Exclusion criteria comprised pain during the intervention, withdrawal, or missing multiple sessions (10, 15, 19, 27).

Intervention programs lasted 12 weeks, six days per week (three supervised and three home sessions), with one day of rest. Session duration progressed from 30–45 minutes initially to 60–75 minutes in later weeks, and exercises were performed in three sets of 15 repetitions with 30-second rest intervals. Parents supervised home sessions

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

following instructions, photographs, and video demonstrations provided by the specialists (10, 19, 24, 25, 32, 33). IFM exercises included short foot contractions performed without extrinsic muscle activation, emphasizing isometric holds for five seconds and controlled eccentric lowering, progressing from seated positions to double- and single-leg standing and walking (10, 19, 34, 35). EFM exercises, introduced from week six for IFM+EFM and CCE groups, targeted foot invertors, particularly the posterior tibialis, using supination, forefoot adduction, and heel raises, progressing from seated to standing and single-leg weight-bearing positions (28, 29, 32). CCE additionally incorporated lumbopelvic-hip exercises to strengthen core musculature, hip abductors, and external rotators, progressing from bridging in supine to side-bridge with added load (22, 24, 25, 28).

Foot posture was assessed using the FPI, which evaluates six criteria: talar head palpation, lateral malleolus curvature, calcaneal inversion/eversion, talonavicular prominence, medial longitudinal arch alignment, and forefoot abduction/adduction. Scores range from –12 to +12, with positive scores indicating pronation and negative scores indicating supination (36). Assessments were conducted pre-intervention, mid-intervention (week 6), and post-intervention (week 12). Data were analyzed using one-way ANOVA for demographic characteristics and mixed-model ANOVA for within- and between-group comparisons, with partial η^2 used to report effect sizes.

Results

Results demonstrated significant main effects of time for both feet (right: $\eta^2=0.711$, $F(2,91.12)=74.2$, $P<0.001$; left: $\eta^2=0.783$, $F(2,133.44)=74.2$, $P<0.001$), indicating substantial improvement over the 12-week intervention. Significant time × group interactions were observed (right: $\eta^2=0.556$, $F(2,15.42)=74.6$; left: $\eta^2=0.577$, $F(2,16.85)=74.6$, $P<0.001$), reflecting differential improvements across groups. By week six, FPI showed a decreasing trend in all exercise groups, but values remained outside the normal range. By week twelve, all intervention groups achieved FPI scores within the normal range. Between-group analyses revealed significant differences, with all exercise groups improving FPI compared to the control group ($P<0.05$). No significant differences were observed between IFM and IFM+EFM groups, whereas the CCE group

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

demonstrated the greatest reductions in FPI for both feet (P<0.05). The highest pre- to post-intervention percentage reductions were observed in the CCE group (right: 77%, left: 74%).

Discussion

The findings indicate that twelve weeks of IFM, IFM+EFM, and CCE significantly improve foot posture in children with flexible flatfoot, with CCE demonstrating the highest efficacy. Short foot exercises improve medial longitudinal arch height by activating intrinsic muscles without extrinsic engagement, enhancing segmental stability and proprioception (26, 37–40). The addition of extrinsic muscle exercises after six weeks produced similar improvements to IFM alone, consistent with previous adult studies (7), suggesting that intrinsic muscles provide primary stabilizing function, while extrinsic muscles contribute secondarily during dynamic activities (26). CCE, which integrates intrinsic, extrinsic, and core exercises sequentially, achieved greater normalization of FPI. This supports prior evidence that initiating extrinsic exercises before intrinsic activation may inhibit intrinsic muscle function and compromise outcomes (10, 26, 27, 44). Age and intervention duration likely contributed to superior outcomes compared with adult studies; younger children may demonstrate greater adaptability in arch correction.

The study has limitations, including a small sample size and absence of follow-up, limiting conclusions regarding the long-term sustainability of improvements. Future research should involve larger cohorts, include follow-up assessments, and employ additional foot assessment tools to validate and generalize findings. In conclusion, twelve weeks of IFM, IFM+EFM, and comprehensive corrective exercises significantly improve FPI, with comprehensive exercises being the most effective. Children with flexible flatfoot are recommended to engage in comprehensive corrective exercise programs following the progression, sequencing, and timing described in this study. Future investigations should examine these interventions across broader age ranges and using multiple evaluation indices to confirm effectiveness and generalizability.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

مقدمه

پا[1] آخرین بخش از زنجیره حرکتی اندام تحتانی است که وزن بدن را دریافت و زمینه حرکت و پیشروی انسان را فراهم می‌کند (۱). این ناحیه باید به میزان زیادی نیروی برخوردی ناشی از واکنش زمین، اندازه حرکت و جاذبه را تحمل کند. در بین ساختارهای پا، قوس‌ها برای تأمین ثبات، حالت جهندگی و ارتجاعی پا از اهمیت بسزایی برخوردارند. قوس طولی داخلی ساختار اصلی کف پا است و استخوان‌های پاشنه، قاپ[2]، ناوی، میخی‌ها و سه استخوان کف‌پایی اول، این قوس را می‌سازند. قوس طولی داخلی پا، نقش اساسی در تحمل وزن بدن، توزیع نیروها و جذب شوک‌های وارده بر بدن بازی می‌کند. در نتیجه، اختلال در ارتفاع این قوس می‌تواند عملکرد اندام تحتانی و مجموعه سیستم حرکت انسان را تحت تأثیر خود قرار دهد (۱، ۲).

کف پای صاف، به کاهش یا از بین رفتن ارتفاع قوس طولی داخلی کف پا اطلاق می‌شود (۳). این ناهنجاری را می‌توان به دو گروه کف پای صاف سخت و کف پای صاف متحرک یا منعطف تقسیم کرد. کف پای صاف منعطف یکی از شایع‌ترین ناهنجاری‌های این ناحیه است. این نوع از صافی کف پا، معمولاً در کودکی یا نوجوانی شروع می‌شود و تا بزرگ‌سالی ادامه می‌یابد. اصطلاح "منعطف" به این مورد اشاره دارد که قوس طولی داخلی پا در وضعیت ایستادن و تحمل وزن کاهش یا از بین می‌رود؛ اما در وضعیت عدم تحمل وزن وجود دارد (٤، ٥).

کف پای صاف منعطف به دلایلی از جمله بدشکلی‌ها و ناهنجاری‌های اندام تحتانی، شلی لیگامنت‌ها و ضعف عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک‌پا ایجاد می‌شود (٤، ٦، ٧). این ناهنجاری، منجر به پرونیشن بیش‌ازحد پا در حین تحمل وزن، پلانتار فلکشن و اداکشن استخوان قاپ و ولگوس استخوان پاشنه پا می‌شود (٤، ٨). بروز چنین اختلالاتی در قوس طولی داخلی پا موجب اختلال در حفظ مرکز ثقل بر روی سطح اتکا و از دست رفتن پایداری عملکردی مفاصل مچ پا و کف پا می‌شود که به‌نوبه خود با ایجاد اختلال در تعادل همراه است (۷، ۹–۱۱). همچنین، افراد مبتلا به کف پای صاف منعطف معمولاً چرخش در مچ پا و پاشنه، ضعف عمومی و خستگی در کف پا و اندام تحتانی را تجربه می‌کنند (٤، ۱۲). علاوه بر این، اگر افراد مبتلا برای یک دوره زمانی طولانی‌مدت از این ناهنجاری رنج ببرند و درمان مناسبی را برای اصلاح آن دریافت نکنند این اختلال می‌تواند باعث پیشرفت مشکلات دیگری از قبیل بونیون[3]، شست کج، انگشتان چکشی، التهاب نیام کف‌پایی، متاتارسالژیا[4]، التهاب تاندون آشیل، سندرم استرس لبه داخلی درشت‌نی[5]، زانوی ضربدری و بروز درد در پاشنه پا، قوس پا و مچ پا، زانو، ران و کمر شود (۱، ٤، ۱۳)؛ بنابراین، کف پای صاف کل زنجیره سینماتیکی بدن را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث بی‌ثباتی عملکردی در نواحی مچ و کف پا، اختلال در تعادل، مشکلات حس عمقی و بدراستایی در مفاصل پروگزیمال می‌شود (۱۲). در نتیجه مدیریت کف پای صاف منعطف برای پیشگیری از عوارض بعدی آن ضروری است (٤).

1. Foot
2. Talus
3. Bunion
4. Metatarsalgia
5. Medial tibial stress syndrome

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

درمان و اصلاح کف پای صاف منعطف عموماً شامل روش‌های محافظه‌کارانه از قبیل، استفاده از کفی‌های طبی، کفش-های ویژه و تمرینات عضلات پا است (۱). در بین این مداخله‌ها، مطالعات انجام تمرینات تقویتی برای عضلات اینترینسیک‌پا (۱۰، ۱٤، ۱۵) و عضلات درشت‌نی خلفی را در کاهش صافی کف پای انعطاف‌پذیر، مورد حمایت قرار داده‌اند (٦، ۱٦). با توجه به سطح مقطع کمتر عضلات اینترینسیک‌پا در افراد با کف پای صاف نسبت به افرادی که ارتفاع قوس طبیعی دارند، تمرینات اینترینسیک عضلات کف پا موجب تقویت عضلات این ناحیه، کاهش پرونیشن و بهبود عملکرد آن می‌شوند (۱۷، ۱۸)؛ بنابراین، تمرین شورت فوت روش توصیه‌شده برای فعال کردن عضلات اینترینسیک کف پا است (۱۹، ۲۰).

نکته‌ای که در خصوص مطالعات انجام‌شده وجود دارد این است که تمرکز اصلی این مطالعات به‌طور ویژه بر تقویت عضلات موضعی یا اینترینسیک‌پا در افراد مبتلا به کف پای صاف منعطف بوده است (۱۰، ۱٤، ۱۵، ۱۹، ۲۰). بااین‌حال، قوس‌های کف پا ممکن است علاوه بر این، تحت تأثیر قدرت و عملکرد عضلات پروگزیمال اندام تحتانی و عضلات مرکزی بدن نیز قرار گیرد (۲۱، ۲۲). نتایج یک مطالعه بر روی افراد با صافی کف پا نشان داد که تقویت عضله دورکننده و چرخاننده خارجی ران به مدت ٦ هفته، دامنه حرکتی اورشن پاشنه را در آن‌ها کاهش داده است (۲۳). در همین رابطه محققین گزارش کرده‌اند که انقباض هم‌زمان ایزومتریک عضلات دورکننده ران به مدت ۵ ثانیه در طول تمرین شورت فوت، فعالیت عضلات اینترینسیک‌پا را بیش از عدم انقباض عضلات دورکننده ران افزایش می‌دهد (۲٤). نتایج یک مطالعه دیگر نشان می‌دهد که تقویت عضله درشت‌نی خلفی همراه با کشش عضله سوئز–خاصره‌ای اثر بیشتری بر بهبود ارتفاع قوس طولی داخلی نسبت به انجام تمرین سنتی جمع‌کردن حوله[1] دارد (٦). علاوه بر این، بررسی‌های اخیر نشان داد که انجام تمرینات تقویتی عضله سرینی میانی همراه با تمرینات اداکشن[2] و سوپینیشن پا[3] در بهبود قوس طولی پای افراد مبتلا به کف پای صاف منعطف مؤثرتر از تمرینات اداکشن و سوپینیشن پا به‌تنهایی است (۲۵). از طرفی، بر اساس مطالعات صورت گرفته بر روی افراد مبتلا به کف پای صاف مشخص شده است که کاهش فعالیت عضلات اینترینسیک کف پا با افزایش جبرانی عضلات اکسترینسیک همراه است. بر این اساس، تقویت عضلات اکسترینسیک قبل از فعال-سازی عضلات اینترینسیک ضعف بیشتر عضلات اینترینسیک را به همراه دارد (۲٦، ۲۷)؛ نکته‌ای که در چند مطالعه قبل از آن غفلت شده است (۲۸، ۲۹)؛ بنابراین، ازیک‌طرف یافته‌های مطالعات گذشته ارتباط بین قدرت عضلات مرکزی بدن، چرخش دهنده‌های خارجی و ابدکتورهای ران و قوس طول داخلی پا را نشان می‌دهند (۲۱–۲۵) و از طرفی، باید به زمان آغاز تمرینات برای عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک‌پا نیز توجه نمود؛ بنابراین، در طراحی تمرین، برای اصلاح کف پای صاف منعطف باید علاوه بر توجه به محل بروز ناهنجاری در ناحیه پا و ساق، بر عوامل احتمالی و مرتبط با بروز ناهنجاری در سرتاسر زنجیره حرکتی و در نواحی و مفاصلی دورتر از محل بروز عارضه یعنی عضلات و

1. Towel curl exercises
2. Foot adduction exercise
3. Foot supination exercise

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

مفاصل ناحیه ران و مرکزی بدن و همچنین زمان‌بندی و آغاز تمرینات برای عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک نیز توجه شود (۲۵-۲۷).

رویکرد تمرینات اصلاحی جامع، کل بدن را به‌عنوان یک سیستم واحد در نظر می‌گیرد و به‌جای تمرکز موضعی بر یک یا چند عضله، بر تعامل زیرسیستم‌های مفصلی، عضلانی و عصبی توجه دارد. در رویکرد جامع، علاوه بر تمرکز بر ساختار زیربنایی اصلی بروز ناهنجاری، بر تغییرات ایجادشده در کل سیستم حرکتی به‌عنوان اثرات جبرانی ناهنجاری به وجود آمده و عضلات مؤثر در بخش‌های پروگزیمال و دیستال بدن نیز توجه می‌شود (۳۰، ۳۱). بر این اساس، هدف از مطالعه حاضر تعیین تأثر تمرینات اصلاحی جامع و موضعی و توجه به زمان‌بندی و آغاز تمرینات برای عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک کف پا بر شاخص پاسچر پا در افراد مبتلا به کف پای صاف منعطف است تا بر اساس نتایج به‌دست‌آمده پیشنهادها لازم را در خصوص اصلاح ناهنجاری کف پای صاف منعطف ارائه نمود.

روش‌شناسی

نوع تحقیق

طرح تحقیق حاضر از نوع "کار آزمایی تصادفی کنترل‌شده" است که تأییدیه کمیته اخلاق دانشگاه پیام نور به شماره (IR.PNU.REC.1402.262) را دارد.

نمونه آماری و گروه‌های تحقیق

تعداد ٤٤ دانش‌آموز، در دامنه سنی ۹ تا ١٤ سال از دوره دوم ابتدایی و دوره اول متوسطه، شامل ۱۲ پسر و ۳۲ دختر مبتلا به کف پای صاف منعطف که جهت اصلاح ناهنجاری به مرکز حرکات اصلاحی نشاط وابسته به اداره آموزش‌وپرورش شهر ایلام مراجعه کرده بودند، به‌صورت در دسترس و هدفمند، بر اساس معیارهای ورود و خروج از مطالعه، انتخاب و به‌صورت تصادفی طبقه‌ای[1] بر اساس جنسیت، به چهار گروه یازده نفره (۳ گروه تجربی و ۱ گروه کنترل) تقسیم شدند. لازم به ذکر است که به‌منظور کنترل اثر جنسیت، با رعایت نسبت برابر از هر طبقه، در هر گروه ۳ پسر و ۸ دختر قرار گرفت. معیارهای ورود به مطالعه شامل: ۱. ابتلای فرد به کف پای صاف منعطف دوطرفه و عدم ابتلا به کف پای صاف سخت ۲. دامنه شاخص پاسچر پا بین نمرات شش تا دوازده ۳. عدم منع پزشکی جهت شرکت فرد در مطالعه ٤. عدم ابتلا به هرگونه نقص همراه با تولد (مادرزادی) یا تغییر شکل‌های ساختاری در پاها، اندام تحتانی، کمربند لگنی، ستون فقرات و بیماری‌های عصبی – عضلانی ۵. عدم هرگونه سابقه جراحی در اندام تحتانی ٦. عدم استفاده از کفی طبی جهت اصلاح صافی کف پا ۷. شرکت داوطلبانه در مطالعه و تکمیل فرم رضایت‌نامه آگاهانه بود. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل: ۱. هرگونه علامت درد و ناراحتی در اندام تحتانی در طول دوره مطالعه ۲. عدم تمایل به ادامه شرکت در مطالعه ۳. غیبت دو جلسه متوالی یا سه جلسه غیر متوالی در تمرینات بود (۱۰، ۱۵، ۱۹، ۲۷).

1 . Stratified random

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

گروه‌های تحقیق شامل: ۱. گروه تمرینات اینترینسیک[1] که تمرینات شورت فوت[2] را برای تقویت عضلات درون کف پا انجام دادند. ۲. گروه تمرینات اینترینسیک + اکسترینسیک[3] که در کنار انجام تمرینات اصلاحی شورت فوت، تمرینات تقویتی و فعال‌سازی عضلات اکسترینسیک‌پا را نیز انجام دادند. ۳. گروه تمرینات اصلاحی جامع[4] که تمرینات شورت فوت برای تقویت عضلات کف پا، تمرینات اکسترینسیک برای تقویت عضلات اینورتورهای ساق پا و تمرینات مربوط به ناحیه کمری–لگنی–رانی را انجام دادند ٤. گروه کنترل که در طول دوره مطالعه، فعالیت معمول خود را داشتند. در طول مطالعه از گروه تمرینات اینترینسیک یک نفر و از گروه کنترل ۲ نفر به دلیل عدم تمایل به ادامه حضور در مطالعه از تحقیق کنار گذاشته شدند.

برنامه تمرینات اصلاحی

برنامه تمرینات اصلاحی مورد استفاده در مطالعه حاضر شامل تمرینات فعال‌سازی و تقویتی عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک کف پا و عضلات ناحیه کمری–لگنی–رانی بود (جدول ۱). تمرینات برای مدت ۱۲ هفته، هر هفته ٦ روز (۳ روز تحت نظارت متخصص تمرینات اصلاحی، ۳ روز در منزل، ۱ روز استراحت) و هر روز از ۳۰ تا ٤٥ دقیقه در جلسات ابتدایی تا ٦۰ تا ۷۵ دقیقه در جلسات انتهایی توسط آزمودنی‌ها انجام شد. آزمودنی‌ها هر تمرین را در سه ست با ۱۵ تکرار / ثانیه در هر ست و ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها انجام دادند. تمرینات با مشارکت والدین انجام شد تا با روش صحیح انجام تمرینات آشنا شوند. توسط متخصص تمرینات اصلاحی از هر تمرین عکس و فیلم تهیه و همراه با دستورالعمل آموزشی در اختیار والدین قرار گرفت. از آن‌ها خواسته شد تا فرزندان خود را برای انجام جلسات تمرین در منزل تشویق و مطابق با دستورالعمل‌های ارائه‌شده بر تمرینات آن‌ها نظارت نمایند و در صورت هر گونه ابهام با محقق در ارتباط باشند (۱۰، ۱۹، ٢٤، ۲۵، ۳۲، ۳۳).

برنامه تمرینات فعال‌سازی و تقویتی عضلات اینترینسیک‌پا شامل تمرینات شورت فوت یا تقویتی عضلات کف پا از طریق انقباض ایزوتونیک با نزدیک کردن پاشنه و اولین استخوان کف‌پایی به همدیگر، بدون خم کردن انگشتان پا یا بلند کردن پاشنه و سینه پا از زمین و بدون فعال کردن و انقباض عضلات اکسترینسیک کف پا بود. در حین تمرین شورت فوت از آزمودنی‌ها خواسته شد که در هر تکرار موقعیت قوس طولی داخلی کف پا را در بالا، با انقباض ایزومتریک به مدت ۵ ثانیه حفظ نمایند و در حین پایین رفتن، از طریق انقباض استریکی و کنترلی از پایین رفتن یک‌باره قوس پا خودداری نمایند. این تمرینات از وضعیت نشسته بدون اعمال مقاومت به سمت وضعیت ایستادن روی دو پا، ایستادن تک‌پا همراه با اعمال مقاومت و راه رفتن پیشرفت داده شدند. هر سه گروه تجربی تحقیق، از جلسه اول و به مدت ۱۲ هفته، تمرینات فعال‌سازی و تقویتی عضلات اینترینسیک کف پا را انجام دادند (۱۰، ۱۹، ۳٤، ۳۵).

1. Intrinsic exercise
2. Short-foot exercise
3. Extrinsic exercise
4. Comprehensive corrective exercise

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

تمرینات عضلات اکسترینسیک کف پا با هدف تقویت عضلات اینورتور و به‌ویژه عضله درشت‌نی خلفی، به دلیل نقش اصلی این عضله در نگه‌داری قوس طولی داخلی پا، طراحی شد. این تمرینات شامل سوپینیشن پا[1]، اداکشن جلوی پا[2] و بالا آوردن پاشنه پا[3] بود که از موقعیت نشسته بدون اعمال بار به موقعیت ایستادن و ایستادن تک‌پا همراه با اعمال بار پیشرفت داده شدند. تمرینات فعال‌سازی و تقویتی عضلات اکسترینسیک کف پا از هفته ششم به برنامه تمرینی گروه تمرینات اینترینسیک + اکسترینسیک و تمرینات اصلاحی جامع اضافه شد (۲۸، ۲۹، ۳۲).

تمرینات تقویتی و فعال‌سازی عضلات ناحیه کمری - لگن - رانی بر تقویت عضلات مرکزی، ابداکتورها و چرخش-دهنده‌های خارجی ران تمرکز داشتند. این تمرینات، از تمرینات پل زدن در وضعیت طاق‌باز بدون اعمال بار به تمرینات پل زدن به پهلو همراه با اعمال بار پیشرفت داده شدند (۲۲، ۲٤، ۲۵، ۲۸). گروه تمرینات اصلاحی جامع، تنها گروهی بود که این تمرینات را در طول دوره مداخله از جلسه اول انجام دادند.

اندازه‌گیری شاخص پاسچر پا[4]

شاخص پاسچر پا یک آزمون ساده، سریع و با قابلیت اطمینان بالا است که وضعیت طبیعی و خنثی، پرونیشن و یا سوپینیشن شدن پا را کمی می‌کند. در این روش با استفاده از شش معیار وضعیت پا مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (شکل ۱). این ٦ معیار شامل: ۱. لمس سر استخوان قاپ[5] ۲. انحنا در قوزک خارجی[6] ۳. اینورشن / اورشن پاشنه[7] ٤. برآمدگی ناوی - قاپی[8] ۵. راستای قوس طولی داخلی پا[9] ٦. ابداکشن / اداکشن جلوی پا بر روی عقب پا[10]. هر آیتم در مقیاس ۲- ، ۱-، ۰، ۱+، ۲+ (نمره ۰ برای وضعیت خنثی، ۲- برای نشانه‌های واضح سوپینیشن و ۲+ برای نشانه‌های واضح پرونیشن) نمره‌گذاری شد و با جمع نمرات همه معیارها پاسچر پای فرد مشخص شد (جدول ۲). امتیاز نهایی بین ۱۲- تا ۱۲+ است. مقادیر مثبت بزرگ‌تر نشان‌دهنده پرونیشن پا بود. نمرات بین صفر تا ۵ بیان‌گر پاسچر طبیعی پا، ٦ تا ۹ پاسچر پرونیشن پا، بیش از ۱۰ هایپرپرونیشن، ۱- تا ٤- پاسچر سوپینیشن پا و نمرات بین ۵- تا ۱۲- نشان‌دهنده پاسچر هایپرسوپینیشن پا است. برای اندازه‌گیری از فرد خواسته شد ابتدا مقداری راه برود و سپس در محل اندازه‌گیری به‌صورت راحت بر روی دو پا به‌گونه‌ای که دست‌ها در کنار بدن آویزان باشد و مستقیماً به جلو نگاه کند، بایستد تا معاینه گر پاسچر پای فرد را مورد ارزیابی قرار دهد (۳٦).

1. Supination exercises
2. Forefoot adduction
3. Heel raise
4. Foot Posture Index
5. Talar head palpation
6. Curvature at the lateral malleoli
7. Inversion/eversion of the calcaneus
8. Talonavicular bulging
9. Congruence of the medical longitudinal arch
10. Abduction/adduction of the forefoot on the rare-foot

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

روش آماری

برای مقایسه خصوصیات دموگرافیک آزمودنی‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و برای بررسی تغییرات درون‌گروهی و بین گروهی از آزمون تحلیل واریانس مدل ترکیبی[1] استفاده شد. لازم به ذکر است که پیش از انجام آزمون همگنی واریانس‌ها (آزمون لوین) و توزیع طبیعی داده‌ها (آزمون شاپیرو ویلک[2]) (P>۰/۰۵) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین از ضریب اتا (η^2) برای گزارش اندازه اثر (اثر کم= ۰/۰۱، اثر متوسط=۰/۰۶، اثر زیاد=۰/۱۴) استفاده شد. معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵٪ پذیرفته (P<۰/۰۵) و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ تجزیه‌وتحلیل شد. از نرم‌افزار اکسل نیز برای ترسیم نمودارها استفاده شد.

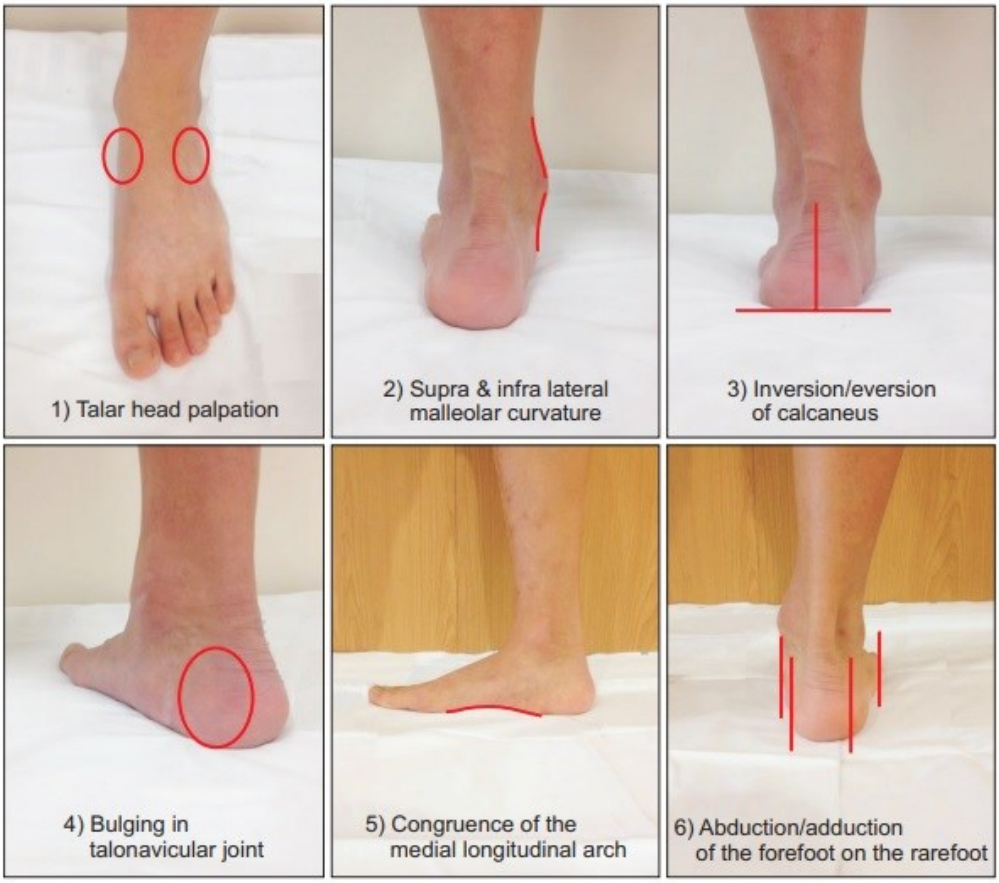
جدول ۱. پروتکل تمرینات اصلاحی موضعی و جامع

برنامه‌های تمرین	هفته‌های تمرین
۱. تمرینات عضلات اینترینسیک کف پا	
a. تمرین شورت فوت در وضعیت نشسته	۱-۱۲
b. تمرین شورت فوت در وضعیت ایستاده بر روی دو پا	۲-۱۲
c. تمرین شورت فوت در وضعیت ایستاده بر روی دو پا همراه با باند کشی حلقه‌ای در دور مچ پا	۳-۱۲
d. تمرین شورت فوت در وضعیت ایستاده بر روی دو پا همراه با باند کشی حلقه‌ای در دور جلوی پا	۳-۱۲
e. تمرین شورت فوت در وضعیت ایستاده بر روی دو پا همراه با دو باند کشی حلقه‌ای در دور مچ و جلوی پا	۴-۱۲
f. تمرین شورت فوت در وضعیت ایستاده بر روی یک‌پا	۶-۱۲
g. تمرین شورت فوت در وضعیت ایستاده بر روی یک‌پا همراه با دست‌به‌دست کردن وزنه	۸-۱۲
h. تمرین شورت فوت در وضعیت ایستاده بر روی یک‌پا همراه با اعمال بار ناشی از باند کشی	۱۰-۱۲
i. تمرین شورت فوت در وضعیت ایستاده بر روی یک‌پا همراه با انداختن توپ برای نفر مقابل	۱۰-۱۲
j. تمرین و آموزش شورت فوت در حین راه رفتن و حفظ قوس طولی پا در فازهای سکون	۱۰-۱۲
۲. تمرینات عضلات اکسترینسیک‌پا	
a. تمرین سوپینیشن پا در وضعیت نشسته بر روی زمین با پاهای صاف	۶-۱۲
b. تمرین سوپینیشن پا در وضعیت نشسته بر روی صندلی	۶-۱۲
c. تمرین اداکشن پا در وضعیت نشسته بر روی صندلی با اعمال بار از طریق باند کشی	۷-۱۲
d. تمرین سوپینیشن پا در وضعیت نشسته روی زمین همراه با اعمال بار از طریق باند کشی	۷-۱۲
e. تمرین سوپینیشن پا در وضعیت نشسته بر روی صندلی همراه با اعمال بار	۸-۱۲
f. تمرین بالا آوردن پاشنه پا به سمت بالا و داخل در وضعیت نشسته بر روی صندلی	۸-۱۲
g. تمرین بالا آوردن پاشنه پا به سمت بالا و داخل در وضعیت ایستاده	۹-۱۲
h. تمرین بالا آوردن پاشنه پا به سمت بالا و داخل در وضعیت ایستاده به‌صورت تک‌پا	۱۰-۱۲
i. تمرین بالا آوردن پاشنه پا به سمت بالا و داخل در وضعیت ایستاده به‌صورت تک‌پا همراه با اعمال بار ناشی از باند کشی	۱۰-۱۲
j. راه رفتن روی سینه پا با بالا آوردن پاشنه‌ها به سمت بالا و داخل	۱۱-۱۲
۳. تمرینات عضلات ناحیه کمری-لگنی-رانی	
a. پل زدن در وضعیت طاق‌باز همراه با حفظ وضعیت شورت فوت در پاها	۱-۱۲
b. کلمشل در وضعیت درازکش به پهلو	۱-۱۲
c. پلانک پهلو با زانوهای خم	۲-۱۲
d. ابداکشن ران در وضعیت درازکش به پهلو در کنار دیوار	۴-۱۲
e. کلمشل در وضعیت درازکش به پهلو با اعمال بار از طریق باند کشی حلقه‌ای در دور زانوها	۴-۱۲
f. ابداکشن ران در وضعیت درازکش به پهلو در کنار دیوار همراه با اعمال مقاومت با قرار دادن وزنه بر روی ران	۶-۱۲

1. Mixed Model Analysis of Variance
2. Shapiro-Wilk

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

g.	پلانک پهلو همراه با کلمشل	۶–۱۲
h.	پل زدن در وضعیت طاق‌باز همراه با ابداکشن ران بر روی سطح ناپایدار و با حفظ وضعیت شورت فوت در پاها	۱۲–۸
i.	پلانک پهلو همراه با کلمشل و اعمال بار از طریق باند کشی حلقه‌ای در دور زانوها	۸–۱۲
j.	پلاک پهلو با پای صاف	۱۰–۱۲



شکل ۱: شش معیار ارزیابی پاسچر پا (برگرفته از لی و همکاران ۲۰۱۵) (۳۶).

جدول ۲. نحوه امتیازبندی شاخص پاسچر پا

نمرات / معیارها	-۲	-۱	۰	+۱	+۲
لمس سر استخوان قاپ	سر استخوان قاپ در سمت خارج قابل لمس اما در سمت داخل قابل لمس نیست.	سر استخوان قاپ در سمت خارج قابل لمس و در سمت داخل کمی قابل لمس است.	سر استخوان قاپ در سمت خارج و داخل به یک اندازه قابل لمس است.	سر استخوان قاپ در سمت خارج کمی قابل لمس اما در سمت داخل قابل لمس است.	سر استخوان قاپ در سمت خارج قابل لمس نیست اما در سمت داخل قابل لمس است.
انحنا در بالا و پایین قوزک خارجی (از پشت مشاهده می‌شود)	انحنای زیر قوزک خارجی صاف یا محدب شده است.	انحنای زیر قوزک خارجی مسطح‌تر از منحنی بالای قوزک خارجی است.	هر دو انحنای بالا و پایین قوزک خارجی هم‌اندازه‌اند.	انحنای زیر قوزک خارجی مقعرتر از انحنای بالای قوزک خارجی است.	انحنای زیر قوزک خارجی به‌طور مشخصی مقعرتر از انحنای بالای قوزک

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

					خارجی است.
موقعیت پاشنه در صفحه فرونتال (از پشت مشاهده می‌شود)	اینورشن پاشنه (واروس) بیش از ۵ درجه تخمین زده می‌شود.	راستای پاشنه بین وضعیت عمودی و اینورشن (واروس) ۵ درجه تخمین زده می‌شود.	راستای پاشنه عمودی است.	راستای پاشنه بین وضعیت عمودی و اورشن (ولگوس) ۵ درجه تخمین زده می‌شود.	راستای پاشنه بیش از ۵ درجه اورشن (ولگوس) تخمین زده می‌شود.
برجستگی در ناحیه قاپی-ناوی (از سمت داخل یک زاویه مشاهده می‌شود)	ناحیه قاپی-ناوی به‌طور قابل‌توجهی مقعر است.	ناحیه قاپی-ناوی صاف یا کمی مقعر است.	ناحیه قاپی-ناوی تخت (فلت) است.	ناحیه قاپی-ناوی کمی تحدب دارد.	ناحیه قاپی-ناوی به‌طور قابل‌توجهی تحدب دارد.
راستای قوس طولی داخلی پا (از سمت داخل یک زاویه مشاهده می‌شود)	ارتفاع قوس بالا با زاویه حاد به‌طرف پشت پا	ارتفاع قوس متوسط رو به بالا با کمی زاویه حاد به‌طرف پشت پا	ارتفاع قوس طبیعی و به شکل منحنی متحدالمرکز	ارتفاع قوس پایین با مقداری صاف شدن در ناحیه مرکزی	ارتفاع قوس بسیار پایین با صاف شدن شدید در ناحیه مرکزی/ قوس پا با زمین در تماس است.
ابداکشن / اداکشن جلوی پا بر روی عقب پا (از داخل مشاهده می‌شود)	انگشت جانبی قابل‌مشاهده نیست. انگشت داخلی به‌وضوح قابل‌مشاهده است.	انگشت داخلی با وضوح بیشتری از انگشت جانبی قابل‌مشاهده است.	انگشت داخلی و جانبی به یک اندازه قابل‌مشاهده هستند.	انگشت جانبی با وضوح بیشتری از انگشت داخلی قابل‌مشاهده است.	انگشتان داخلی قابل‌مشاهده نیست. انگشت جانبی به‌وضوح قابل‌مشاهده است.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار مشخصات دموگرافیک نمونه‌های آماری تحقیق حاضر در جدول ۳ قابل‌مشاهده است. در خصوص متغیرهای سن، قد و وزن تفاوت معناری بین گروه وجود نداشت.

Article I جدول ۳. میانگین و انحراف معیار مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها

متغیرها / گروه‌ها	کنترل (n=۹)	اینترینسیک (n=۱۰)	اینترینسیک + اکسترینسیک (n=۱۱)	جامع (n=۱۱)	مقادیر F و Sig
سن (سال)	۱۱/۲±۵/٤	۱۱/۲±٤/۱	۱۱/۱±۲/۸	۱۰/۱±۹/۳	F=۰/۱۲۵ P=۰/۹٤۵
قد (سانتی‌متر)	۱٤٦/۱۰±۱/۸	۱٤۷/۸±۲/۳	۱٤۵/۱۱±۳/۹	۱٤۳/۸±۲/۹	F=۰/۲٦۱ P=۰/۸۵۳
وزن (کیلوگرم)	٤٤/۷±۳/۵	٤٤/۵±۲/۸	٤۳/٦±۱/۱	٤۲/۷±۳/٦	F=۰/۱۲۱ P=۰/۹٤۷

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

در رابطه با تغییرات درون‌گروهی نتایج نشان داد که اثر اصلی عامل زمان معنادار است؛ بدین معنی که بین زمان اندازه‌گیری شاخص پاسچر پا در پیش‌آزمون، آزمون میانی و پس‌آزمون با اندازه اثر بالا در پای راست (η^2=۰/۷۱۱، P=۰/۰۰۱، $F_{۲ ,۷٤}$ =۹۱/۱۲) و چپ (η^2=۰/۷۸۳، P=۰/۰۰۱، $F_{۲ ,۷٤}$=۱۳۳/٤٤) تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین، اثر تعاملی بین زمان و گروه با اندازه اثر بالا در پای راست (η^2=۰/۵۵٦، P=۰/۰۰۱، $F_{٦ ,۷٤}$=۱۵/٤۲) و چپ (η^2= ۰ /۵۷۷، P= ۰/۰۰۱، $F_{٦ ,۷٤}$=۱٦/۸۵) معنادار است. بدین معنی که اختلاف معناداری در رابطه با شاخص پاسچر پا در سه زمان اندازه‌گیری و با اندازه اثر بزرگ برای هر دو پا در گروه‌های تمرین ایجادشده است. همچنین، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در انتهای هفته ششم، نمرات شاخص پاسچر پا در گروه‌های تمرین علی‌رغم روند کاهشی در محدوده پاسچر پای طبیعی (نمرات صفر تا ۵) قرار نگرفت؛ اما در پایان هفته دوازدهم در هر سه گروه تمرین، در محدوده طبیعی قرار گرفت (جدول ٤).

در خصوص تفاوت‌های بین گروهی نتایج نشان داد که اختلاف معناداری بین گروه‌های تحقیق وجود دارد. نتایج آزمون تعقیبی شفه نشان داد که در هر سه گروه تمرین کاهش معناداری در شاخص پاسچر پای راست و چپ آن‌ها نسبت به گروه کنترل ایجادشده است (P<۰/۰۵). بین دو گروه اینترینسیک و گروه اینترینسیک + اکسترینسیک این اختلاف معنادار نبود (P>۰/۰۵). همچنین، شاخص پاسچر پای راست و چپ در گروه جامع کاهش معناداری را نسبت به تمامی گروه‌های تمرین نشان داد (P<۰/۰۵) (جدول ۵). بیشترین درصد تغییر از پیش‌آزمون به پس‌آزمون در گروه تمرینات جامع، در پای راست با ۷۷٪ و در پای چپ با ۷٤٪ کاهش معناداری را نسبت به سایر گروه‌ها نشان داد (شکل ۲). نمونه‌ای از تغییرات ایجادشده در شکل ۳ آمده است.

جدول ٤. میانگین و انحراف معیار نمرات شاخص پاسچر پا در گروه‌های تحقیق

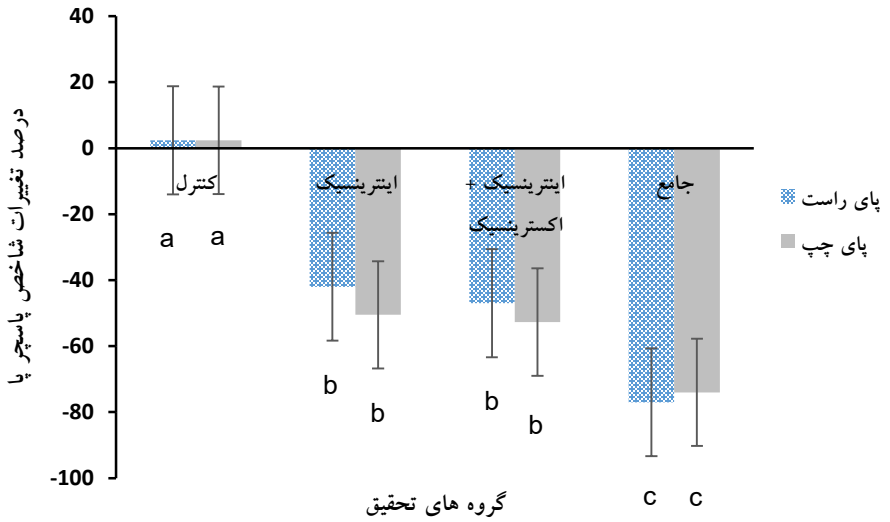
متغیرها/گروه‌ها	زمان	کنترل	اینترینسیک	اینترینسیک + اکسترینسیک	جامع	اختلاف بین گروهی
FPI (پای راست)	پیش‌آزمون	۸/۱±۳/٦	۸/۲±۷/۰	۹/۱±۲/٤	۹/۱±٤/۳	$F_{۳ ,۳۷}$=۱۲/۷٤
	آزمون میانی	۸/۱±۱/۹	٦/۱±٤/۲	٦/۰±۵/۹	۵/۰±۳/۹	P=۰/۰۰۱
	پس‌آزمون	۸/۱±۵/۳	٤/۰±۹/۸	٤/۱±۸/۰	۲/۱±۱/۱	η^2=۰/۵۰۸
FPI (پای چپ)	پیش‌آزمون	۸/۱±٤/۵	۹/۱±۳/٦	۹/۱±۱/۵	۸/۱±۹/۷	$F_{۳ ,۳۷}$=۱۵/۸۲
	آزمون میانی	۸/۱±۰/٤	٦/۰±۸/۷	٦/۰±۳/٦	۵/۰±۲/۹	P=۰/۰۰۱
	پس‌آزمون	۸/۱±٦/۹	٤/۰±٦/۸	٤/۰±۳/۹	۲/۰±۳/۸	η^2=۰/۵٦۲

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

جدول ۵. گزارش آزمون تعقیبی شفه در خصوص تفاوت‌های بین گروهی

	گروه‌ها	کنترل	اینترینسیک	اینترینسیک + اکسترینسیک	جامع
پای راست	کنترل	–	۰/۰۴۶	۰/۰۱۹	۰/۰۰۱
	اینترینسیک	–	–	۰/۹۸۰	۰/۰۲۱
	اینترینسیک+اکسترینسیک	–	–	–	۰/۰۴۷
پای چپ	کنترل	–	۰/۰۱۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱
	اینترینسیک	–	–	۰/۹۶۹	۰/۰۱۴
	اینترینسیک+اکسترینسیک	–	–	–	۰/۰۳۹



شکل ۲. درصد تغییرات شاخص پاسچر پا از پیش‌آزمون به پس‌آزمون؛ حروف متفاوت بیان‌گر تفاوت معنادر بین گروه‌ها است.

شکل ۳. نمونه‌ای از تغییرات ایجاد شده در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در یک آزمودنی از هر گروه تحقیق؛ (a) کنترل، (b) تمرینات اینترینسیک، (c) تمرینات اینترینسیک + اکسترینسیک (d) تمرینات جامع

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

بحث

نتایج تحقیق حاضر بیان‌گر آن بود که انجام تمرینات اینترینسیک، اینترینسیک + اکسترینسیک و جامع شاخص پاسچر پا را به‌طور معناداری در اشخاص مبتلا به کف پای صاف منعطف با اندازه اثر بالا بهبود و به محدوده طبیعی برمی‌گردانند. دراین‌بین، اثربخشی تمرینات اصلاحی جامع نسبت به تمرینات اینترینسیک و تمرینات اینترینسیک + اکسترینسیک به‌طور معناداری بیشتر بود. همانند نتایج تحقیق حاضر یافته‌های تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که انجام ٤، ٦ یا ٨ هفته تمرینات شورت فوت موجب بهبود در پاسچر پای افراد مبتلا به کف پای صاف منعطف می‌شود، اما بر اساس نمرات شاخص پاسچر پا وضعیت پاها با این مدت تمرین به محدوده طبیعی برنمی‌گردد (١٠، ٩، ١٤، ١٩)؛ اما نتایج تحقیق حاضر بیان‌گر آن بود که بعد از ١٢ هفته از انجام تمرینات شورت فوت وضعیت پرونیشن پاها به حالت طبیعی برمی‌گردد. مکانیسم تأثیرگذاری تمرینات شورت فوت این‌گونه است که این تمرینات با فعال‌سازی و تقویت عضلات اینترینسک، بدون فعال کردن عضلات اکسترینسیک کف پا نظیر ساقی قدامی و خلفی، باعث بهبود و افزایش ارتفاع قوس طولی داخلی پا می‌شود (٢٦، ٣٧، ٣٨). همچنین، مشخص‌شده است که اجرای این تمرینات باعث افزایش سطح مقطع عضلات اینترینسیک کف پا و ثبات قطعه‌ای[1] می‌شود و از این طریق می‌تواند اطلاعات حسی – حرکتی را به میزان زیادی در کف پا بهبود دهد (٢٧، ٣٩، ٤٠).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که همانند گروهی که فقط تمرینات شورت فوت ویژه عضلات اینترینسیک‌پا را انجام داده بودند، شاخص پاسچر پا در گروه تمرینات اینترینسیک + اکسترینسیک که بعد از شش هفته انجام تمرینات شوت فوت در شش هفته دوم تمرینات تقویتی ویژه عضلات اکسترینسیک‌پا نیز به تمرینات آن‌ها اضافه‌شده بود، به‌طور معناداری بهبودیافته است که البته بین دو گروه تفاوت معناداری دیده نشد که با نتایج مطالعه لی و همکاران (٢٠١٦)، هم‌خوانی دارد (٧). به عبارتی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که انجام دوازده هفته تمرینات ویژه عضلات اینترینسیک یا انجام دوازده هفته تمرینات شورت فوت همراه با شش هفته تمرینات ویژه عضلات اکسترینسیک دارای اثر مشابه بر روی پاسچر پا هستند؛ البته با توجه به میانگین و انحراف معیار نمرات شاخص پاسچر پا در پس‌آزمون تمرینات اینترینسیک + اکسترینسیک اندکی بهتر از تمرینات اینترینسیک به‌تنهایی بود که از لحاظ آماری معنادار نبود. در این خصوص باید اشاره کرد که در ابتدا مطالعات صرفاً بر انجام مداخله‌های ورزشی برای تقویت عضلات اینترینسیک‌پا و به‌منظور افزایش ارتفاع قوس طولی داخلی پا در افراد مبتلا به کف پای صاف و بدون در نظر گرفتن تقویت عضلات اکسترینسیک‌پا تمرکز داشتند (٤١). در ادامه برخی مطالعات پیشنهاد کرده‌اند برای اصلاح پرونیشن پا تقویت عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک‌پا مؤثرترین روش است (١)؛ اما نتایج مطالعه لی و همکاران (٢٠١٦)، خلاف این مورد را ثابت کرد. در این مطالعه اثر تمرینات تقویتی عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک (درشت‌نی خلفی) بر افراد بزرگ‌سال (٧ مرد و ٩ زن با میانگین سنی حدود ٢٤ سال) مبتلا به کف پای صاف منعطف مورد بررسی قرار گرفت. یک گروه تمرینات تقویتی شورت فوت برای عضلات اینترینسیک‌پا را انجام دادند و گروه دیگر تمرینات تقویتی هم برای عضلات اینترینسیک و

1 . Stability Segmental

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

هم برای عضلات اکسترینسیک را برای مدت ٦ هفته، هر هفته ۵ جلسه و هر جلسه برای حدود ۳۰ دقیقه اجرا کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که در هر دو گروه ارتفاع قوس پا به‌طور معناداری نسبت به پیش‌آزمون بهبود یافته است؛ اما بین دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد (۷). همچنین نتایج تحقیق قیطاسی و همکاران (۲۰۲۲)، نشان داد که برای بهبود قوس طولی داخلی پا در نوجوانان مبتلا به کف پای صاف منعطف، انجام هشت هفته تمرینات اینترینسیک مؤثرتر از تمرینات اکسترینسیک است (۲۹). عضلات اکسترینسیک‌پا ثبات داینامیک قوس طولی داخلی پا را در طی فاز سکون هنگام گام برداشتن فراهم می‌کنند و در پایدارسازی مفاصل بین استخوان‌های مچ پا مشارکت دارند (٤۲). به‌ویژه عضله ساقی خلفی، یک نقش حیاتی در حفظ قوس طولی داخلی پا در هنگام تحمل وزن و تعادل در شرایط داینامیک بازی می‌کند (٤۳). علاوه بر این، این عضله به اداکشن، سوپینیشن و پلانتار فلکشن پا کمک می‌کند و از طریق انقباض و عملکرد استریکی خود، پهن شدن قوس طولی داخلی کف پا بر روی زمین را در حین فاز سکون از سیکل گام برداشتن کنترل می‌کند و عملکرد طولانی‌تری نسبت به دیگر عضلات سوپینیتور پا دارد (۲). بر این اساس، در تحقیق حاضر تمرینات عضلات اکسترینسیک‌پا با هدف تقویت عضله درشت‌نی خلفی، تمرینات سوپینیشن پا، اداکشن جلوی پا و بالا آوردن پاشنه پا[1] را شامل می‌شد که از موقعیت نشسته بدون اعمال بار به موقعیت ایستادن و ایستادن تک‌پا همراه با اعمال بار پیشرفت داده شدند. شاید یکی از دلایل عدم تفاوت معنادار در میزان اثرگذاری تمرینات اینترینسیک و تمرینات اینترینسیک + اکسترینسیک این باشد که عضلات اینترینسیک و لوکال پا نقش اصلی و اولیه و عضلات اکسترینسیک و گلوبال پا نقش ثانویه را در حفظ قوس‌ها بازی می‌کنند و این عضلات بیشتر در شرایط داینامیک وارد عمل می‌شوند و نقش اصلی آن‌ها حرکت دهنده است (۲٦).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که انجام تمرینات اصلاحی جامع شامل تمرینات فعال‌سازی و تقویتی عضلات اینترینسیک و اکسترینسیک‌پا و عضلات ناحیه کمری – لگنی – رانی تأثیر معناداری بر بهبود پاسچر پا دارد و نسبت به انجام تمرینات اینترینسیک به تنهایی یا انجام تمرینات اینترینسیک + اکسترینسیک مؤثرتر است. برخی از مطالعات نشان داده‌اند که همراه کردن تمرینات اینترینسیک و اکسترینسیک‌پا با تمرینات ناحیه مرکزی بدن بر افزایش فعالیت الکترومیوگرافی عضلات اینترینسیک‌پا (۲٤) و بهبود ارتفاع قوس کف پا نتایج بهتری را به دنبال دارد (۲۵، ۲۸). سانچز–رودریگز و همکاران (۲۰۲۰)، در یک مطالعه اثر تمرینات تقویتی عضلات اینترینسیک، اکسترینسیک و عضلات ناحیه مرکزی بدن را در افراد بزرگ‌سال در دامنه سنی ۱۸ تا ٤۰ سال مبتلا به پرونیشن مورد بررسی قرار دادند. گروه تجربی پروتکل تمرینات تقویتی را به مدت ۹ هفته (دو جلسه ٤۰ دقیقه‌ای در هفته) انجام دادند، درحالی‌که گروه کنترل این تمرینات را انجام ندادند. نتایج این مطالعه نشان داد که تقویت عضلات اینترینسیک، اکسترینسیک و ناحیه مرکزی به بهبود وضعیت پا در بزرگ‌سالان کمک و نمره شاخص پاسچر پا را در آن‌ها به میزان ۱,٦٦ امتیاز کاهش و از نمره ۸ به ٦/٤ رساند که البته وضعیت پاسچر پا همچنان در محدوده پرونیش قرار داشت (۲۸). درحالی‌که در مطالعه حاضر در گروه تمرینات جامعه ما شاهد کاهش حدود ۷ نمره در شاخص پاسچر پا هستیم و وضعیت پاها در محدوده طبیعی قرار

1. Heel raise

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

گرفت. تفاوت در شرایط سنی آزمودنی‌ها و نوع تمرینات اجرا شده می‌تواند از جمله دلایل اثربخشی بهتر تمرینات تحقیق حاضر باشد. چراکه در مطالعه حاضر میانگین سنی آزمودنی‌ها حدود یازده سال بود و در سنین پایین‌تر تغییر و اصلاح پاسچر راحت‌تر امکان‌پذیر است. همچنین در مطالعه حاضر آزمودنی‌ها تمرینات را به مدت ۱۲ هفته و هر هفته ٦ جلسه دنبال کردند و طبیعتاً انجام تمرینات بیشتر می‌تواند اثربخشی بهتری را در اصلاح ناهنجاری‌های وضعیتی به دنبال داشته باشد. علاوه بر این، بر خلاف مطالعه سانچز- رودریگز و همکاران که از همان ابتدا آزمودنی‌ها یازده تمرین فعال‌سازی را به‌طور هم‌زمان جهت تقویت عضلات ساق پا و ناحیه مرکزی بدن را انجام دادند و در این مطالعه از تمرین شورت فوت یا تمرینات دیگر برای تقویت عضلات اینترینسیک‌پا استفاده نشده است (۲۸)، در مطالعه حاضر گروه تمرینات جامع، تمرینات اکسترینسیک را در شش هفته دوم و بعد از شش هفته از انجام تمرینات شورت فوت شروع کردند. مک‌کئون و همکاران (۲۰۱۵)، تئوری ناحیه مرکزی پا را ارائه کردند که طبق آن به دنبال کف پای صاف، کاهش عملکرد عضلات اینترینسیک‌پا که به‌عنوان عضلات پایدارکننده لوکال پا عمل می‌کنند، با افزایش جبرانی در عملکرد عضلات اکسترینسیک‌پا که به‌عنوان عضلات پایدارکننده گلوبال پا[1] عمل می‌کنند، همراه می‌شود (۲٦). بر این اساس، انجام هر گونه تمرینات فعال‌سازی و تقویتی برای عضلات اکسترینسیک‌پا مثل انجام تمرینات سنتی جمع کردن حوله یا برداشتن تیله با کمک خم کردن انگشتان پا، قبل از فعال‌سازی و تقویت عضلات اینترینسیک‌پا به کاهش و ضعف بیشتر در عملکرد عضلات اینترینسیک‌پا منجر می‌شود (۱۰، ۲٦، ٤٤). اخیراً نتایج یک مطالعه نشان می‌دهد که آغاز تمرینات اصلاحی با عضلات اکسترینسیک سبب تضعیف و کاهش ضخامت و سطح مقطع عضلات اینترینسیک نظیر عضله دورکننده شست پا بعد از شش هفته شده است (۲۷)؛ بنابراین، ابتدا باید حداقل شش هفته تقویت و فعال-سازی عضلات اینترینسیک‌پا را در دستور کار قرار داد و سپس تمرینات را به سمت تقویت عضلات اکسترینسیک‌پا پیشروی داد (۲۷). این مهم در مطالعه حاضر مورد توجه قرار گرفته است درحالی‌که در مطالعه سانچز-رودریگز و همکاران (۲۰۲۰) و قیطاسی و همکاران (۲۰۲۲)، به این نکته مهم توجه نشده است (۲۸، ۲۹). در حقیقت، تمرینات اصلاحی جامع بکار رفته در تحقیق حاضر با توجه به رویکرد این تمرینات و اصل زنجیره حرکتی و توجه به کل سیستم حرکتی و اثرات جبرانی ناهنجاری به وجود آمده در بخش‌های پروگزیمال و دیستال بدن طراحی شد که با توجه به اثرگذاری این تمرینات بر بهبود شاخص پاسچر پا پیشنهاد می‌شود که در برنامه‌های توان‌بخشی و اصلاحی برای افراد مبتلا به کف پای صاف منعطف تمرینات جامع بکار گرفته شود.

مطالعه حاضر دارای چند محدودیت بود که هنگام استفاده از نتایج آن باید مورد توجه قرار گیرند. استفاده از اندازه نمونه کوچک یکی از محدودیت‌های مطالعه حاضر بود. همچنین، عدم وجود یک آزمون پیگیری، یکی دیگر از محدودیت‌های این مطالعه بود؛ درنتیجه ما نتوانستیم که گزارش دهیم آیا پیشرفت‌های گروه تجربی در طول زمان و در آینده حفظ خواهد شد یا خیر؟ بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده از حجم نمونه بزرگ‌تر استفاده و آزمون پیگیری را نیز در نظر بگیرند.

1. Global Stabilizers

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر، انجام دوازده هفته تمرینات اینترینسیک، تمرینات اینترینسیک + اکسترینسیک و تمرینات اصلاحی جامع تأثیر معناداری بر اصلاح شاخص پاسچر پا در افراد مبتلا به کف پای صاف منعطف به دنبال دارند. در این بین، اثر تمرینات اصلاحی جامع به‌طور معناداری بهتر از تمرینات اینترینسیک یا اینترینسیک + اکسترینسیک بود؛ بنابراین، به افراد مبتلا به کف پای صاف منعطف انجام تمرینات اصلاحی جامع را مطابق با دستورالعمل، نوع و زمان‌بندی ارائه این تمرینات در تحقیق حاضر، توصیه می‌کنیم. همچنین پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده اثر تمرینات اصلاحی جامع بر دیگر گروه‌های سنی مبتلا به کف پای صاف منعطف، با حجم نمونه بزرگ‌تر و استفاده از دیگر شاخص‌های ارزیابی کف پا جهت اطمینان از اثربخشی و تعمیم دادن آن مورد مطالعه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از همکاری همه دانش آموزان عزیز که به‌عنوان نمونه آماری در این مطالعه حاضر بودند و والدین آن‌ها صمیمانه سپاس‌گزاری می‌کنم.

References

1. Panichawit C, Bovonsunthonchai S, Vachalathiti R, Limpasutirachata K. Effects of foot muscles training on plantar pressure distribution during gait, foot muscle strength, and foot function in persons with flexible flatfoot. Journal of the Medical Association of Thailand Chotmaihet Thangphaet. 2015; 98: S12-7.https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26387405/
2. Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system; Foundation for rehabilitation (ed. 3). Mosby & Elsevier. 2017.https://shop.elsevier.com/books/kinesiology-of-the-musculoskeletal-system/neumann/978-0-323-28753-1
3. D'Silva C, Metgud S, Heggannavar A. Comparative effect of moblization, low dye taping and faradic foot bath in subjects with flat foot-A randomised clinical trial. IOSR-JSPE;2017,4(3):55-60.DOI:10.9790/6737-04035560
4. Ueki Y, Sakuma E, Wada I. Pathology and management of flexible flat foot in children. Journal of orthopaedic science. 2019 Jan 1;24(1):9-13.DOI: 10.1016/j.jos.2018.09.018
5. Balakrishnan R, Jacob S, Nair D. To study the effectiveness of corrective exercises and insole placement on flatfoot in overweight individuals. International Journal of Physical Education, Sports and Health. 2015; 2:184-8. https://www.kheljournal.com/archives/2015/vol2issue2/PartD/2-1-54.pdf
6. Alam F, Raza S, Moiz JA, Bhati P, Anwer S, Alghadir A. Effects of selective strengthening of tibialis posterior and stretching of iliopsoas on navicular drop, dynamic balance, and lower limb muscle activity in pronated feet: a randomized clinical trial. Phys Sportsmed 2019;47: 301-311. DOI: 10.1080/00913847.2018.1553466
7. Lee DB, Choi JD. The effects of foot intrinsic muscle and tibialis posterior strengthening exercise on plantar pressure and dynamic balance in adult's flexible pes planus. Physical Therapy Korea. 2016 Nov 19;23(4):27-37.https://www.e-sciencecentral.org/upload/ptk/pdf/PTK-23-4-27.pdf

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

8. Hösl, M.; Böhm, H.; Multerer, C.; Döderlein, L. Does excessive flatfoot deformity affect function? A comparison between symptomatic and asymptomatic flatfeet using the Oxford foot model. Gait Posture 2014, 39, 23–28.DOI: 10.1016/j.gaitpost.2013.05.017
9. Pabón-Carrasco M, Castro-Méndez A, Vilar-Palomo S, Jiménez-Cebrián AM, García-Paya I, Palomo-Toucedo IC. Randomized clinical trial: The effect of exercise of the intrinsic muscle on foot pronation. International journal of environmental research and public health. 2020 Jul;17(13):4882.DOI: 10.3390/ijerph17134882
10. Markowicz M, Skrobot W, Łabuć A, Poszytek P, Orlikowska A, Perzanowska E, Krasowska K, Drewek K, Kaczor JJ. The rehabilitation program improves balance control in children with excessive body weight and flat feet by activating the intrinsic muscles of the foot: A preliminary study. Journal of Clinical Medicine. 2023;12(10):3364.DOI: 10.3390/jcm12103364
11. Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. J Athl Train. 2005, 40, 41–46.https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15902323/
12. Kim, J.S.; Lee, M.Y. The Effect of short foot exercise using visual feedback on the balance and accuracy of knee joint movement in subjects with flexible flatfoot. Medicine 2020; 99, e19260.DOI: 10.1097/MD.0000000000019260
13. Kosashvili Y, Fridman T, Backstein D, Safir O, Bar ZY. The correlation between pes planus and anterior knee or intermittent low back pain. Foot Ankle Int 2008; 29: 910-3.DOI: 10.3113/FAI.2008.0910
14. Okamura K, Fukuda K, Oki S, Ono T, Tanaka S, Kanai S. Effects of plantar intrinsic foot muscle strengthening exercise on static and dynamic foot kinematics: A pilot randomized controlled single-blind trial in individuals with pes planus. Gait & posture. 2020; 75:40-5.DOI: 10.1016/j.gaitpost.2019.09.030
15. Khisty A, Kulkarni R, Desai P, Palekar TJ. Effect of short foot exercises on patients with flexible flat foot: a pre-post experimental study. Int J Health Sci Res. 2022; 12(1):105-110.DOI:10.52403/ijhsr.20220115
16. Smyth NA, Aiyer AA, Kaplan JR, Carmody CA, Kadakia AR. Adult-acquired flatfoot deformity. Eur J Orthop Surg Traumatol 2017; 27:433- 439.DOI: 10.1007/s00590-017-1945-5
17. Fukumoto Y, Asai T, Ichikawa M, Kusumi H, Kubo H, Oka T, Kasuya A. Navicular drop is negatively associated with flexor hallucis brevis thickness in community-dwelling older adults. Gait Posture 2020;78: 30-34.DOI: 10.1016/j.gaitpost.2020.03.009
18. Angin S, Crofts G, Mickle KJ, Nester CJ. Ultrasound evaluation of foot muscles and plantar fascia in pes planus. Gait Posture 2014; 40:48-52.DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.02.008
19. Unver B, Erdem EU, Akbas E. Effects of short-foot exercises on foot posture, pain, disability, and plantar pressure in pes planus. J Sport Rehabil 2020; 29:436-440. DOI: 10.1123/jsr.2018-0363
20. Sulowska I, Oleksy Ł, Mika A, Bylina D, Sołtan J. The influence of plantar short foot muscle exercises on foot posture and fundamental movement patterns in long-distance runners, a non-randomized, non-blinded clinical trial. PloS one. 2016;11(6): e0157917.DOI: 10.1371/journal.pone.0157917
21. Chuter VH, Janse de Jonge XA. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: a review of the literature. Gait Posture 2012; 36:7-15.DOI: 10.1016/j.gaitpost.2012.02.001
22. Elataar FF, Abdelmajeed SF, Abdellatif NM, Mohammed MM. Core muscles' endurance in flexible flatfeet: A cross-sectional study. Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions. 2020; 20(3):404. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7493435/
23. Snyder KR, Earl JE, O'Connor KM, Ebersole KT. Resistance training is accompanied by increases in hip strength and changes in lower extremity biomechanics during running. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2009; 24:26-34. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2008.09.009

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

24. Choi JH, Cynn HS, Yi CH, Yoon TL, Baik SM. Effect of isometric hip abduction on foot and ankle muscle activity and medial longitudinal arch during short-foot exercise in individuals with pes planus. J Sport Rehabil 2020; 30:368-374.DOI: 10.1123/jsr.2019-0310
25. Engkananuwat P, Kanlayanaphotporn R. Gluteus medius muscle strengthening exercise effects on medial longitudinal arch height in individuals with flexible flatfoot: a randomized controlled trial. Journal of Exercise Rehabilitation. 2023; 19(1):57.DOI: 10.12965/jer.2244572.286
26. McKeon PO, Hertel J, Bramble D, Davis I The foot core system: A new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. British Journal of Sports Medicine 2015; 49: (290): 1-9. DOI: 10.1136/bjsports-2013-092690
27. Ketabchi J, Seidi F, Haghighat S, Moghadas Tabrizi Y. Difference between starting foot exercise with intrinsic and extrinsic muscles on selected foot muscle morphology. Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation. 2023; 12(1):63-74. [in Persian]. 10.22038/jpsr.2023.67000.2416
28. Sánchez-Rodríguez R, Valle-Estévez S, Fraile-García PA, Martínez-Nova A, Gómez-Martín B, Escamilla-Martínez E. Modification of pronated foot posture after a program of therapeutic exercises. Int J Environ Res Public Health. 2020; 17(22):8406. DOI: 10.3390/ijerph17228406
29. Gheitasi M, Maleki M, Bayattork M. Corrective exercise for intrinsic foot muscles versus the extrinsic muscles to rehabilitate flat foot curving in adolescents: randomized-controlled trial. Sport Sciences for Health 2022; 18(2):307-16.DOI:10.1007/s11332-021-00808-w
30. Bayattork M, Seidi F, Minoonejad H, Andersen LL, Page P. The effectiveness of a comprehensive corrective exercises program and subsequent detraining on alignment, muscle activation, and movement pattern in men with upper crossed syndrome: protocol for a parallel-group randomized controlled trial. Trials 2020; 21(1): 255.DOI: 10.1186/s13063-020-4159-9
31. Seidi F, Bayattork M, Minoonejad H, Andersen LL, Page P. Comprehensive corrective exercise program improves alignment, muscle activation and movement pattern of men with upper crossed syndrome: randomized controlled trial. Scientific reports. 2020;10(1):20688.DOI: 10.1038/s41598-020-77571-4
32. Shen B, Zhang S, Cui K, Zhang X, Fu W. Effects of a 12-week gait retraining program combined with foot core exercise on morphology, muscle strength, and kinematics of the arch: A randomized controlled trial. Front Bioeng Biotechnol. 2022; 10:1022910.DOI: 10.3389/fbioe.2022.1022910
33. 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.DOI: 10.1016/j.math.2013.02.007
34. Jastifer JR. Intrinsic muscles of the foot: Anatomy, function, rehabilitation. Phys Ther Sport. 2023; 61:27-36.DOI: 10.1016/j.ptsp.2023.02.005
35. Gooding TM, Feger MA, Hart JM, Hertel J. Intrinsic foot muscle activation during specific exercises: A T2 time magnetic resonance imaging study. J Athl Train 2016; 51(8):644-650. DOI: 10.4085/1062-6050-51.10.07
36. Lee JS, Kim KB, Jeong JO, Kwon NY, Jeong SM. Correlation of foot posture index with plantar pressure and radiographic measurements in pediatric flatfoot. Annals of rehabilitation medicine 2015; 39(1):10-7. DOI: 10.5535/arm.2015.39.1.10
37. Kelly LA, Cresswell AG, Racinais S, Whiteley R, Lichtwark G. Intrinsic foot muscles have the capacity to control deformation of the longitudinal arch. J R Soc Interface. 2014; 11(93):20131188.DOI: 10.1098/rsif.2013.1188

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]

38. McKeon PO, Fourchet F. Freeing the foot: integrating the foot core system into rehabilitation for lower extremity injuries. Clin Sports Med. 2015 Apr;34(2):347-61.DOI: 10.1016/j.csm.2014.12.002
39. Jung D-Y, Koh E-K, Kwon O-Y. Effect of foot orthoses and shortfoot exercise on the cross-sectional area of the abductor hallucis muscle in subjects with pes planus: a randomized controlled trial. J Back Musculoskelet Rehabil 2011; 24(4):225–231.DOI: 10.3233/BMR-2011-0299
40. Headlee DL, Leonard JL, Hart JM, Ingersoll CD, Hertel J. Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. Journal of Electromyography and Kinesiology 2008; 18(3): 420-425.DOI: 10.1016/j.jelekin.2006.11.004
41. Won KH, Lee MG. Effects of a strength exercise training for foot intrinsic muscle on height of medial longitudinal arch and balance in females aged 20's. Exercise Science 2010; 19(4):351-360.DOI:10.15857/ksep.2010.19.4.351
42. Jung DY, Kim MH, Koh EK, Kwon OY, Cynn HS, Lee WH. A comparison in the muscle activity of the abductor hallucis and the medial longitudinal arch angle during toe curl and short foot exercises. Phys Ther Sport 2011; 12(1):30-5.DOI: 10.1016/j.ptsp.2010.08.001
43. Kamiya T, Uchiyama E, Watanabe K, Suzuki D, Fujimiya M, Yamashita T. Dynamic effect of the tibialis posterior muscle on the arch of the foot during cyclic axial loading. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2012; 27(9):962-6.DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2012.06.006
44. Willemse L, Wouters EJM, Pisters MF, Vanwanseele B. Plantar intrinsic foot muscle activation during functional exercises compared to isolated foot exercises in younger adults. Physiother Theory Pract 2023 :1-13.DOI: 10.1080/09593985.2023.2204947

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-14]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.30.6.4]