



Original Article

Investigating the Simultaneous Effect of Short Foot Corrective Exercise and Kinesio Tape on the Medial Longitudinal arch of Children and Adolescents with Flexible Flat Foot

Farzad Jafari Rashtabadi¹, Reza Rajabi², Shahrzad Zandi³

1. PhD, Sport injuries and Corrective exercises, Alborz Campus, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Department of Sport Injuries and Biomechanics, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Department of Sport Injuries and Biomechanics, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.

Received: 29/07/2024, Revised: 08/10/2024, Accepted: 19/10/2024

* Corresponding Author: Reza Rajabi, E-mail: [rrajabi@ut.ac.ir](mailto:rrojabi@ut.ac.ir)

How to Cite: Jafari Rashtabadi, F; Rajabi, R; Zandi, Sh. (2025). Investigating the Simultaneous Effect of Short Foot Corrective Exercise and Kinesio Tape on the Medial Longitudinal arch of Children and Adolescents with Flexible Flat Foot. Sport Medicine Studies, 16(42), 79-98. In Persian.

Extended Abstract

Background and Purpose

The medial longitudinal arch of the foot plays a vital role in children's daily physical activities by providing support and shock absorption during movement. A reduction or complete loss of the height of this arch is commonly referred to as flat foot, which can be classified as either flexible or rigid (1). Early identification and intervention for flat foot are crucial to prevent long-term complications. Untreated flat foot can lead to biomechanical imbalances, causing destructive effects on the leg, knee joints, and other lower limb structures over time (2).

Various non-invasive methods have been proposed to correct flat foot, with exercise playing a central role. Traditional exercises such as toe flexion and towel gathering primarily activate extrinsic foot muscles like the flexor digitorum longus (3). Recently, the Janda short foot exercise—also known as foot arching exercise—has gained attention for its ability to promote proper foot positioning. This exercise stimulates the mechanical receptors of the skin and joints, enhancing ankle proprioception and intrinsic foot muscle activation, which are essential for arch correction (4,5). Additionally, kinesio taping has been shown to improve proprioception and muscle function through sensory stimulation without restricting joint movement.

Given the similar mechanisms of action of short foot exercises and kinesio taping—increasing intrinsic foot muscle strength and enhancing ankle proprioception—this study aimed to investigate whether their combined use produces superior improvements in the medial longitudinal arch of children and adolescents with flexible flat foot.



Materials and Methods

This semi-experimental study employed a pre-test-post-test design involving 36 children and adolescents (both boys and girls) aged 8 to 12 years diagnosed with flexible flat foot. Participants were randomly assigned to two groups: an experimental group receiving the combined intervention and a control group with no intervention during the study period.

Baseline assessments included measurement of navicular drop—a reliable indicator of medial longitudinal arch height—and ankle proprioceptive function. The experimental group underwent a six-week intervention consisting of a short foot exercise program performed three times weekly, combined with kinesio tape application. The kinesio tape was applied at the end of each training session and remained on the foot for 48 hours before removal; taping was reapplied after a 24-hour break. The control group did not receive any specific treatment.

Post-intervention measurements of navicular drop and ankle proprioception were conducted for both groups. Data were analyzed using analysis of covariance (ANCOVA) to control for baseline differences, with a significance level set at 0.05.

Results

ANCOVA results revealed a significant effect of the intervention on navicular drop ($P < 0.001$) and ankle proprioception at 20 degrees of plantar flexion ($P = 0.02$). After controlling for pre-test scores, the experimental group showed significantly greater improvements in both variables compared to the control group. The effect sizes, represented by partial eta squared, were 0.28 for navicular drop and 0.16 for proprioception, indicating that 28% and 16% of the variance in these outcomes, respectively, were attributable to the intervention.

Although the decrease in navicular drop within the experimental group from pre- to post-test was not statistically significant on its own, the difference compared to the control group was significant, underscoring the efficacy of the combined intervention. The control group showed no significant change in navicular drop over the study period, emphasizing the importance of including a control group to account for natural developmental changes.

Table 5-The results of covariance analysis to investigate the effect of the intervention on the change in the navicular drop score and foot proprioception (n=36)

Variable	Sources of change	sum of squares	Df	mean square	F	P	eta squared group
Navi drop	group	4.63	1	4.63	12.66	< 0.001	0.28
	pre-test	214.50	1	214.50	586.74	< 0.001	0.95
Proprioception (10 degrees of dorsiflexion)	group	0.05	1	0.05	0.03	0.86	0.00
	pre-test	74.41	1	74.41	46.59	< 0.001	0.59
Proprioception (20 degrees of plantar flexion)	group	13.83	1	13.83	6.37	0.02	0.16
	pre-test	58.83	1	58.83	27.08	< 0.001	0.45

Conclusion

The findings demonstrate that a six-week combined intervention of short foot exercises and kinesio taping effectively reduces navicular drop and enhances ankle proprioception in children and adolescents with flexible flat foot. This combined approach leverages the benefits of intrinsic muscle

strengthening and sensory stimulation without restricting joint mobility, making it suitable for continuous use.

Given the short duration of the intervention and the significant improvements observed, this method offers a practical and non-invasive option for early correction of flexible flat foot before structural changes become permanent. The results support the incorporation of this combined technique into clinical practice and preventive programs aimed at improving foot biomechanics and reducing the risk of future musculoskeletal complications.

Article Message

Our research introduces an effective combined method—the use of corrective short foot exercises alongside kinesio taping, which does not restrict joint movement and can be worn continuously—that significantly improves medial longitudinal arch function over a short six-week period. This combined intervention can be recommended for correcting flexible flat foot in children and adolescents, particularly before permanent structural changes occur in the foot's architecture

Keywords: Flexible Flat Foot, Short Foot Exercise, Kinesio Taping, Navicular Drop, Ankle Proprioception, Children, Adolescents



بررسی اثر همزمان تمرین اصلاحی شورت فوت و کینزیوتیپ بر قوس طولی داخلی کودکان و نوجوانان با کف پای صاف منعطف

فرزاد جعفری رشت آبادی^۱، رضا رجبی^۲، شهرزاد زندی^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه آسیب شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران / پردیس البرز، ایران.
۲. استادیار، گروه آسیب شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. استادیار، گروه آسیب شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۰، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۶/۲۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۱

* Corresponding Author: Reza Rajabi, E-mail: rrajabi@ut.ac.ir

How to Cite: Jafari Rashtabadi, F; Rajabi, R; Zandi, Sh. (2025). Investigating the Simultaneous Effect of Short Foot Corrective Exercise and Kinesio Tape on the Medial Longitudinal arch of Children and Adolescents with Flexible Flat Foot. Sport Medicine Studies, 16(42), 79-98. In Persian.

چکیده

کف پای صاف، یک ناهنجاری است که به علت کاهش قوس طولی داخلی پا ایجاد می شود. این وضعیت می تواند به شکل منعطف و یا سخت بروز کند و شیوع آن در کودکان بالاست. هدف این تحقیق بررسی اثر همزمان شش هفته تمرین اصلاحی شورت فوت و کینزیوتیپ بر قوس طولی داخلی کودکان و نوجوانان با کف پای صاف منعطف بود. در این مطالعه، ۳۶ کودک و نوجوان ۸ تا ۱۲ سال به صورت تصادفی به دو گروه تجربی (۱۸ نفر) و کنترل (۱۸ نفر) تقسیم شدند. گروه تجربی، پروتکل تمرین شورت فوت و کینزیوتیپ را به مدت شش هفته (سه جلسه در هر هفته) انجام دادند. پس از جمع آوری اطلاعات دموگرافیک، میزان افت ناوی و شاخص عملکرد حس عمقی پا پیش و پس از شش هفته تمرینات شورت فوت و کینزیوتیپ اندازه گیری شد. تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS (نسخه ۲۲) و روش تحلیلی کوواریانس، جهت سنجش تفاوت بین دو گروه با کنترل پیش آزمون، در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده همزمان از تمرین شورت فوت و کینزیوتیپ، تأثیر مثبتی بر قوس طولی داخلی پای کودکان با کف پای صاف دارد. بر اساس یافته های این تحقیق، این روش می تواند به عنوان یک راهکار پیشنهادی مناسب برای اصلاح کف پای صاف منعطف در نظر گرفته شود.

واژگان کلیدی: کف پای صاف، قوس طولی داخلی، تمرین شورت فوت، کینزیوتیپ کودکان



مقدمه

اگر ساختار پا طبیعی باشد، سیستم عضلانی وزن بدن را با حداقل انرژی مصرفی تحمل می‌کند. پا به عنوان یک جذب‌کننده شوک، باید خود را با سطوح مختلف در حین فعالیت‌های پویا مانند راه رفتن، دویدن و پریدن سازگار نماید (۱). قوس طولی داخلی پا در فعالیت‌های بدنی روزانه کودکان اهمیت فراوانی دارد. اگر این قوس به‌طور مطلوب شکل نگیرد، باعث ایجاد کف پای صاف و بروز مشکلاتی از قبیل نداشتن تعادل، بی‌ثباتی، ناهنجاری‌های جبرانی، سائیدگی کفش، خستگی، آسیب‌های پرکاری و درد می‌شود. این مسائل موجب محدودیت‌هایی در فعالیت‌های ورزشی کودکان می‌شود (۲،۳).

عارضه کف پای صاف زمانی رخ می‌دهد که ارتفاع قوس طولی داخلی پا کاهش یافته و یا کاملاً از بین برود. صافی کف پا می‌تواند به دو شکل منعطف و سخت دیده می‌شود. این افراد به ناکارآمدی‌های مکانیکی در پا، مچ پا و اختلال در راه رفتن طبیعی دچار می‌شوند (۴). صافی کف پا یکی از مشکلات شایع در کودکان، نوجوانان و بزرگسالان است. شیوع آن در کودکان بالا گزارش شده است، به‌طوری‌که تقریباً ۱۵ درصد از جمعیت جهان دارای کف پای صاف هستند (۵).

بررسی‌های انجام شده در ایران نشان می‌دهد که شیوع کف پای صاف در دانش‌آموزان تهرانی نزدیک به ۵۰ درصد می‌باشد (۶،۷). بر اساس تئوری جاندا^۱ (۲۰۰۴)، عملکرد زنجیره‌ای بدن باعث بروز عوارض پاتومکانیک و فیزیولوژیکی متفاوتی در افراد مبتلا به کف پای صاف می‌شود (۸). این گونه افراد ممکن است در ابتدا از مشکلاتی مانند درد زانو، لگن و کمر ناشی از چرخش داخلی پا شکایت کنند (۹).

شناسایی به‌موقع و انجام اقدامات اصلاحی لازم، می‌تواند از عوارض ناشی از این عارضه جلوگیری کند. در صورت عدم اقدام به‌موقع، صافی کف پا در درازمدت می‌تواند اثرات مخربی بر مفاصل پا، زانو و سایر مفاصل به جا گذارد (۱۰). اصلاح کف پای صاف توسط تمرین و یا روش‌های غیرتهاجمی همواره مورد بحث بوده است. تاکنون چندین تکنیک تمرینی برای بهبود این وضعیت توصیه شده است. ازجمله این روش‌های تمرینی، خم کردن انگشتان پا و جمع کردن حوله زیر پا است که عمدتاً عضلات خارجی^۲ پا (مانند عضله فلیکسور دیجیترورم لونگوس) را فعال می‌کنند (۱۱). این تمرین‌ها می‌توانند قوس طولی داخلی پا را بهبود بخشند (۱۲،۱۳).

اخیراً یک تمرین اصلاحی به نام تمرین شورت فوت^۳ جاندا یا تمرین گنبدی کردن پا، که وضعیت مناسبی به پا می‌دهد، مورد توجه قرار گرفته است. این تمرین، عضلات داخلی^۴ پا را بدون فعال شدن عضلات خارجی مورد هدف قرار می‌دهد. در این روش، بدون فعالیت عضلات خارجی مانند عضله ساقی قدامی، عضلات ناحیه میانی کف پا فعال گردیده و قوس طولی داخلی پا افزایش می‌یابد (۱۴).

جاندا اعلام کرده است که این تمرین، علاوه بر فعال‌سازی عضلات داخلی پا و افزایش ثبات سگمنتی^۵، می‌تواند اطلاعات حسی-حرکتی را به میزان زیادی بهبود بخشد و اثرات مثبتی بر دیگر زنجیره‌های بدن داشته باشد (۱۲،۱۳). طبق گفته جاندا و

1. Janda
2. Extrinsic
3. Short foot exercise
4. Intrinsic
5. Segment

واوروا^۱ (۱۹۹۶)، تمرینات شورت فوت اولین قدم در تمرین حسی-حرکتی است. این تمرین می‌تواند حس عمقی و ثبات وضعیتی پا را در صورتی که همراه با سایر تمرینات اعمال شود، بهبود ببخشد (۱۵).

مطالعات انجام‌شده بر تمرینات شورت فوت عمدتاً روی گروه‌های سنی جوانان و بزرگسالان متمرکز بوده‌اند. بررسی این روش در رده سنی کودکان و نوجوانان یا وجود نداشته یا بسیار اندک انجام شده و جزء خلاءهای تحقیقاتی به شمار می‌رود.

استفاده از این تمرین به تنهایی در اصلاح کف پا همواره مورد بحث بوده است. در بیشتر تحقیقات، این تمرین در ترکیب با تمرینات دیگر یا وسایل کمکی مثل کفی طبی استفاده شده است. تاکنون، بررسی هم‌زمان این تمرین با کینزیوتیپ انجام نشده است. همچنین از دیگر روش‌های مورد بررسی برای اصلاح کف پای صاف، تکنیک کینزیوتیپ است. مطالعات نشان می‌دهند که تحریک گیرنده‌های مکانیکی پوست و مفصل با استفاده از کینزیوتیپ، عملکرد حس عمقی مچ پا را بهبود داده و عضلات را تحریک می‌کند. این روش می‌تواند در اصلاح کف پای صاف تأثیرگذار باشد (۱۶، ۱۷).

دکترکنزوکیس^۲، ابداع‌کننده تکنیک اصلاحی کینزیوتیپ، درمورد مکانیسم اثر آن بیان می‌کند که کینزیوتیپ می‌تواند عملکرد عضلات را با تأثیر بر عضلات ضعیف‌شده تغییر دهد. این تکنیک، درد را از طریق سرکوب عصب کاهش داده و باعث تغییر موقعیت مفاصل نیمه دررفته می‌گردد (۱۸).

وادویلان و همکاران گزارش کردند که کینزیوتیپ همراه با تمرین مقاومتی می‌تواند از قوس طولی داخلی پا حمایت کرده و در کاهش علائم کف پای صاف تأثیرگذار باشد (۱۹). همچنین، در مطالعه‌ای که توسط وانگ^۳ و همکاران صورت گرفت، نشان داد که کینزیوتیپ بر کف پای صاف انعطاف‌پذیر تأثیر مثبتی داشته و باعث کاهش فوری فشار غیرطبیعی پا، بهبود تنش و کاهش سفتی عضلات اندام تحتانی می‌شود (۲۰).

علاوه بر تأثیر روی حس عمقی مفاصل، کینزیوتیپ می‌تواند بر قدرت تولیدی عضله نیز موثر باشد. این تکنیک، با ایجاد تحریکات پوستی، باعث افزایش قدرت عضلات می‌شود (۱۹). نکته قابل توجه در این مطالعات این است که همه تحقیقات در گروه سنی بزرگسال انجام شده و تأثیرات آن در کودکان و نوجوانان کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین، در زمینه اثر اصلاحی کینزیوتیپ به تنهایی یا همراه با تمرینات، هنوز نظرات متناقضی وجود دارد. در یک تحقیق توسط زارغان و همکاران، اثر تمرینات اصلاحی با و بدون کینزیوتیپ بر تعادل و کف پای صاف افراد با رده سنی ۱۵ تا ۱۷ سال بررسی شد. این مطالعه نشان داد که کینزیوتیپ تأثیری بر کف پای صاف ندارد (۲۱). بنابراین هنوز تحقیقات در زمینه اثر تمرین شورت فوت و کینزیوتیپ و بر اصلاح کف پای صاف در کودکان و نوجوانان بسیار اندک است و به عنوان یک خلأ تحقیقاتی در دهه‌های اخیر محسوب می‌شود. ترکیب این دو روش با فرض اینکه هر کدام به تنهایی در کودکان و نوجوانان اثرگذار هستند، تاکنون بسیار اندک بررسی شده و یا اصلاً بررسی نشده است.

در اکثر تحقیقات، استفاده از این دو روش به تنهایی یا ترکیب‌شده با روش‌های دیگر، در گروه‌های سنی بزرگسال و طی یک دوره ۸ هفته‌ای انجام شده است. لذا با این فرض که تمرین شورت فوت از طریق تقویت عضلات داخلی کف پا و بهبود وضعیت مکانیکی آن و کینزیوتیپ نیز از طریق تحریک گیرنده‌های مکانیکی به تثبیت و حمایت بافت‌های نرم کمک نموده و در اصلاح قوس طولی داخلی پا تأثیرگذار باشند، این تحقیق طراحی گردید.

-
1. Janda V, Vavrova M
 2. Kenzo Kase
 3. Wang JS

در نهایت، می‌توان این‌گونه بیان کرد که در صورت معنادار بودن نتایج این تحقیق، روش اصلاحی نوین و مؤثر برای اصلاح کف پای صاف در کودکان و نوجوانان معرفی خواهد شد. بنابراین، برای پاسخ به این سؤال که آیا استفاده هم‌زمان از دو روش شورت فوت و کینزیوتیپ، به دلیل مکانیسم اثر نسبتاً مشابهشان (تحریک و تقویت عضلات اینترنسیک پا و حس عمقی مچ پا)، می‌تواند نتایج موثری بر قوس طولی داخلی کودکان و نوجوانان با کف پای صاف منعطف داشته باشد، این تحقیق انجام شد.

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون است. جامع آماری آن شامل ۳۶ کودک و نوجوان دختر و پسر، با محدوده سنی ۸ تا ۱۲ سال و مبتلا به اختلال کف پای صاف، مراجعه‌کننده به بخش ارتوپدی شهر تهران و توانبخشی مرکز بهداشت صداوسیما بود. اجرای پروتکل تمرینی تحقیق در کلینیک توانبخشی امیدان و کلینیک توانبخشی صداوسیما واقع در تهران انجام شد. این تحقیق دارای تائیدیه کد اخلاقی از کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی به شماره IR.SSRC.REC.1401.107 است.

توضیحات لازم در مورد هدف و روند انجام مطالعه، چگونگی انجام آزمون‌ها و نوع مداخلات در نظر گرفته‌شده برای آزمودنی‌ها توسط آزمونگر ارائه شد. پس از آگاهی کامل آزمودنی‌ها از روش تحقیق، رضایت‌نامه کتبی از آنان گرفته شد. آزمودنی‌های تحقیق، ابتدا بر اساس معیارهای ورود و خروج انتخاب و به‌صورت تصادفی به دو گروه تجربی (۱۸ نفر) و کنترل (۱۸ نفر) تقسیم شدند.

معیارهای ورود به تحقیق شامل موارد زیر بود: محدوده سنی ۸ تا ۱۲ سال، نداشتن فعالیت ورزشی یا تمرینی خاص در ۶ ماه گذشته، داشتن توده بدنی نرمال (۱۸ تا ۲۵)، داشتن کف پای صاف منعطف (افت ناوی ۱۰ میلی‌متر یا بیشتر). معیارهای خروج از تحقیق شامل موارد زیر بود: عدم تمایل به ادامه تمرین، داشتن ۲ تا ۳ جلسه غیبت از مجموع جلسات تمرینی، داشتن ناهنجاری ساختاری زانو پرنانتری یا زانو ضربدری شدید، سابقه آسیب در اندام تحتانی در ۶ ماه گذشته، بیماری عصبی-عضلانی، شکستگی و جراحی اندام تحتانی، سابقه بیماری مادرزادی یا سوختگی در اندام تحتانی و استفاده از کفی یا کفش طبی.

برای تعیین حجم نمونه، از نرم‌افزار جی پاور و مطالعات پیشین استفاده شد. پس از اندازه‌گیری قد، وزن و شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها، ارزیابی قوس طولی داخلی پا با روش اندازه‌گیری استخوان ناوی برادی^۱ انجام شد (۲۲). برای آزمودنی‌های دو گروه، ابتدا تست پیش‌آزمون افت ناوی و عملکرد حس عمقی مچ پا انجام شد. سپس گروه تجربی به مدت شش هفته تمرینات شورت فوت (هر هفته سه جلسه) همراه با کینزیوتیپ دریافت کردند. نوار کینزیوتیپ در انتهای هر جلسه تمرینی چسبانده شده و به مدت ۴۸ ساعت بر روی پا باقی ماند. پس از ۲۴ ساعت استراحت، دوباره تیپ کردن انجام شد. گروه کنترل در طول این مدت هیچ برنامه‌ای دریافت نکرد و به فعالیت‌های روزمره خود ادامه داد. در انتهای شش هفته، مجدداً برای هر دو گروه تجربی و کنترل، تست پس‌آزمون افت ناوی و عملکرد حس عمقی انجام شد.

روش اندازه‌گیری ارتفاع قوس طولی داخلی پا (افت استخوان ناوی)

به منظور تعیین ناهنجاری های کف پای صاف یا طبیعی بودن قوس طولی داخلی کف پا، از شاخص افتادگی استخوان ناوی با استفاده از روش توصیفی برادی استفاده شد (۲۳). برای اندازه گیری، از آزمودنی خواسته شد تا با پای برهنه روی صندلی بنشیند و پای خود را روی جعبه یا مت تاتامی سفت با ارتفاع ۲۰ سانتی متر قرار دهد. نحوه نشستن به گونه ای تنظیم شد که زاویه ران و زانو در حالت ۹۰ درجه قرار گیرد. مفصل ران در این وضعیت هیچ گونه ابداکشن^۱ و اداکشن^۲ نداشته و در حالت معمولی قرار داشت.

در چنین وضعیتی، مفصل مچ پای آزمودنی در وضعیت خنثی قرار می گرفت. به منظور تعیین وضعیت خنثی مفصل تحت قاپی، آزمودنی پای خود را کمی از زمین بلند کرده و آزمونگر انگشت شست و اشاره دست خود را جلوی لبه قدامی نازکنی و قسمت قدامی و تحتانی قوزک داخلی قرار می داد و لبه های داخلی و خارجی برجستگی قاپ را لمس می کرد. آزمودنی به آرامی پای خود را با چرخش به داخل و خارج حرکت می داد تا جایی که برآمدگی زیر دو انگشت شست و اشاره به طور برابر احساس شود. در این وضعیت، مفصل تحت قاپی در وضعیت خنثی قرار داشت (۲۴).

در همین وضعیت، برجستگی استخوان ناوی مشخص و علامت گذاری شد و با کمک خط کش، کاغذ یا مقوا فاصله برجستگی استخوان ناوی تا سطح زمین در واحد میلی متر اندازه گیری و ثبت شد. سپس از آزمودنی خواسته شد که با حفظ وضعیت مچ پا به گونه ای بایستد که تمام وزن روی پاها قرار گیرد. در این حالت نیز فاصله برجستگی استخوان ناوی تا سطح زمین اندازه گیری و ثبت شد.

اختلاف فاصله برجستگی استخوان ناوی تا سطح زمین در حالت تحمل وزن روی کف پا در دو حالت ایستاده و نشسته روی صندلی، میزان افتادگی استخوان ناوی آزمودنی را نشان می داد. اندازه گیری میزان افت استخوان ناوی در هر آزمودنی سه بار انجام شد و میانگین آن ها به منظور طبقه بندی افراد در گروه های دوگانه تحقیق استفاده شد. اگر میزان افت استخوان ناوی آزمودنی بین ۵ تا ۹ میلی متر بود، در گروه پای طبیعی قرار می گرفت، و اگر برابر یا بیشتر از ۱۰ میلی متر بود، در گروه کف پای صاف دسته بندی می شد (۲۵، ۲۶).

این روش یکی از روش های رایج اندازه گیری بوده و از اعتبار و تکرار پذیری بالایی ($ICC=0.91$) برخوردار است (۲۷). مطالعات گزارش کرده اند که تفاوت معناداری بین این روش و روش رادیوگرافی وجود ندارد ($P=0.614$) (۲۸).

پس از اندازه گیری افت استخوان ناوی، برای تشخیص نوع کف پای صاف (منعطف یا سخت)، از آزمودنی خواسته شد که یکبار در حالت ایستاده روی نوک پنجه پا بلند شود. اگر در حالت تحمل وزن، قوس طولی داخلی پا وجود نداشت، اما با ایستادن روی نوک پنجه پا و یا بالا بردن انگشت شست، قوس کف پا ظاهر شد، صافی کف پا از نوع منعطف می باشد (۲۹). لازم به ذکر است که اندازه گیری در این تحقیق برای هر دو پا انجام شد، اما تنها نتایج مربوط به پای برتر گزارش گردید.

1. Abduction
2. Adduction



شکل ۱- مراحل اندازه‌گیری ارتفاع قوس طولی داخلی (افت ناوی)

Figure 1 - Steps for Measuring the Medial Longitudinal Arch Height (Navicular Drop)

روش اندازه‌گیری شاخص عملکرد حس عمقی مچ پا (بازسازی حرکت مفصل مچ پا)

برای اندازه‌گیری شاخص عملکرد حس عمقی مچ پا (میزان خطای بازسازی زاویه هدف بر حسب درجه)، از روش بازسازی وضعیت تعیین‌شده به‌صورت فعال در زنجیره حرکتی باز با استفاده از گونیامتر یونیورسال استفاده شد (شکل ۲). پس از بستن گونیامتر به پای آزمودنی با کمک استرپ در سمت خارج قوزک مچ پا، پای آزمودنی توسط آزمونگر به زاویه ۱۰ درجه دورسی فلکشن^۱ (بالا بردن مچ پا) و ۲۰ درجه پلانتار فلکشن^۲ (پایین بردن مچ پا) حرکت داده شد. در موقعیت زاویه هدف، به مدت ۵ ثانیه نگه داشته شده و سپس به زاویه صفر درجه برگردانده شد. چشم آزمودنی با چشم بند بسته شد تا از دریافت بازخورد بینایی جلوگیری شود و در نهایت، از آزمودنی خواسته شد تا زاویه هدف را با چشمان بسته، به‌صورت فعال بازسازی کند (۳۱،۳۰).

نحوه اجرا بدین صورت بود که فرد روی یک تخت به‌گونه‌ای می‌نشست که زاویه تنه با ران و ران با زانو در حالت ۹۰ درجه قرار گیرد. ارتفاع تخت طوری انتخاب شد که کف پاهای فرد به سطح زمین نمی‌رسید. سپس گونیامتر طوری به قسمت خارجی قوزک پا توسط استرپ بسته شد که محور گونیامتر روی قوزک خارجی و کمی پایین‌تر قرار گرفت. بازوی ثابت گونیامتر در راستای خارجی ساق پا و بازوی متحرک در راستای لبه خارجی پا قرار داشت، به‌طوری‌که بازوی متحرک با حرکت مچ پا به سمت بالا و پایین حرکت می‌کرد.

برای حذف بینایی، در حین اندازه‌گیری، چشم‌های آزمودنی‌ها توسط چشم‌بند بسته شد. (در ابتدا آزمودنی با چشم باز برای درک بیشتر حرکت را انجام می‌داد و پس از آشنایی با حرکت، آن را با چشم بسته تکرار می‌کرد). ابتدا پای آزمودنی‌ها به‌صورت غیرفعال^۳ تا دامنه موردنظر حرکت داده شد. سپس از آزمودنی خواسته شد که پای خود را به‌صورت فعال تا زاویه موردنظر حرکت دهد.

برای هر حرکت، سه بار آزمایش تکرار شد و در نهایت میانگین سه زاویه به‌دست‌آمده به عنوان عدد اصلی برای هر حرکت ثبت گردید. اختلاف بین زاویه برده‌شده توسط آزمودنی با زاویه‌ای که آزمونگر قبلاً تعیین کرده بود، به عنوان زاویه خطا مورد بررسی آماری قرار گرفت. برای جلوگیری از خطا، تمام حرکات توسط یک معاینه‌گر آموزش‌دیده با گونیامتر و با یک سرعت به آزمودنی داده شد (۳۱،۳۰).

1. Dorsi flexion
2. Plantar flexion
3. Passive

قابل ذکر است که اندازه‌گیری افت ناوی و حس عمقی برای هر دو پا انجام شد، اما تنها اندازه‌گیری پای برتر گزارش گردید. تمرینات نیز برای هر دو پا انجام شد. برای تعیین پای برتر آزمودنی‌ها از آزمون شوت به توپ استفاده شد (۳۲).



شکل ۲- اندازه‌گیری حس عمقی مچ پا (بازسازی حرکت مفصل مچ پا)

Figure 2 - Measurement of Ankle Proprioception (Ankle Joint Movement Reproduction)

برنامه تمرینی شورت فوت

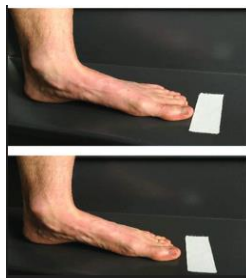
نحوه اجرای تمرین به این صورت بود که ابتدا پنج دقیقه گرم کردن به صورت راه رفتن روی تردمیل انجام شد. سپس تمرین شورت فوت با مکث ۱۰ ثانیه‌ای و تکرار ۱۵ بار در سه ست در هر جلسه انجام می‌شد، به طوری که بین هر ست، دو دقیقه استراحت در نظر گرفته شد (جدول ۱). در پایان جلسه تمرین نیز به مدت پنج دقیقه سرد کردن انجام شد.

اجرای این تمرین بر اساس تحقیقات انجام شده بود. برای انجام تمرین شورت فوت، به آزمودنی‌ها گفته می‌شد که روی یک صندلی طوری بنشینند که کف پا با زمین تماس داشته باشد. سپس با کشیدن انگشتان پا به سمت پاشنه، کف پا را به شکل گنبدی درآورند. از آزمودنی خواسته می‌شد که این وضعیت را برای مدت کمی حفظ کند. البته برای درک بهتر تمرین از روش‌های دیگری نیز استفاده شد، مثل: دور کردن نوک انگشتان از کاغذ وقتی پا را گنبدی می‌کند (شکل ۳). یا بلند کردن کف پا از روی مازیکی که زیر قوس طولی داخلی پا گذاشته شده بود.

پس از یادگیری حرکت، ابتدا از آزمودنی خواسته شد که در حالت نشسته، در حالی که زانو و ران در زاویه ۹۰ درجه فلکشن و کف پا در تماس با زمین قرار دارد، بدون خم کردن انگشتان، کف پا را به حالت گنبدی ببرد و این وضعیت را به مدت ۱۰ ثانیه به منظور افزایش قوس طولی داخلی حفظ نماید.

آزمودنی‌ها در هر جلسه، تمرین را در سه ست ۱۵ تایی (در هفته اول و دوم) انجام می‌دادند و بین هر ست، دو دقیقه استراحت می‌کردند. بعد از دو هفته، تمرین در حالت ایستاده روی دو پا با همان مدت زمان نگه داشتن و تکرار ست انجام شد (در هفته سوم و چهارم). در نهایت، تمرین با همان مدت زمان و تکرار ست در حالت ایستاده روی یک پا (در هفته پنجم و ششم) ادامه یافت (شکل ۴).

از آنجایی که احتمال داشت که قوس طولی داخلی پا با لغزش انگشت شست به سمت عقب افزایش یابد، در حین انجام این تمرین، به آزمودنی‌ها تذکر داده می‌شد که نباید انگشتان پا را خم نمایند. این روند تمرین در طول شش هفته ادامه داشت (۳۳).



شکل ۳- نحوه آموزش تمرین برای درک بهتر گنبدی کردن کف پا

Figure 3 - Method of Teaching Exercises for Better Understanding of Foot Doming Technique



شکل ۴- برنامه تمرینی شورت فوت

Figure 4 - Short Foot Exercise Program

جدول ۱- برنامه تمرین اصلاحی شورت فوت در ۶ هفته

Table 1- Program of short foot corrective exercise in 6 weeks

تمرین شورت فوت	وضعیت تمرین	ست	زمان / تکرار در هر ست	استراحت بین هر ست ثانیه	زمان گرم کردن و سرد کردن در ابتدا و پایان هر جلسه دقیقه
Short Foot Exercise	Training Condition	Set	Duration/Repetition Per Set	Rest Between Sets (s)	Warm-up & Cool-down at Start/End of Each Session (min)
هفته اول و دوم Week 1 and 2	در وضعیت نشسته روی صندلی Seated on a chair	3	10 (S) 15 (R)	120 (S)	5 (min) 5 (min)
هفته سوم و چهارم Weeks 3 and 4	در وضعیت ایستاده روی دو پا Standing on both feet	3	10 (S) 15 (R)	120 (S)	5 (min) 5 (min)
هفته پنجم و ششم Weeks 5 and 6	در وضعیت ایستاده روی یک پا Standing on one foot	3	10 (S) 15 (R)	120 (S)	5 (min) 5 (min)

روش کینزیوتیپ

نحوه اجرای تکنیک کینزیوتیپ به این صورت بود (بر اساس کتاب «کینزیوتیپ در کودکان» نوشته دکتر کنزوکیس) (۳۴) که به پای آزمودنی‌ها در طول اجرای تمرین، نوار کینزیوتیپ چسبانده می‌شد. در روزهای دیگر هفته که آزمودنی تمرین نداشت، نوار کینزیوتیپ همچنان روی پای او باقی می‌ماند. جهت حفظ حداکثر چسبندگی کینزیوتیپ، نوار در جلسات تمرینی (دو بار در هفته) تعویض می‌شد. در این مطالعه، از کینزیوتیپ نوع Kinesiology Tape ساخت کشور چین استفاده شد. عرض تیپ‌های این نوار ۵ سانتی‌متر، طول آن ۵ متر و ضخامت آن ۵ میلی‌متر بود. نحوه اجرا بدین صورت بود که فرد در وضعیت دمر روی تخت قرار می‌گرفت و زانو را در زاویه ۹۰ درجه فلکشن قرار می‌داد. در این حالت، مچ پا در وضعیت طبیعی و بدون چرخش قرار داشت. اولین تیکه نوار کینزیوتیپ از قسمت میانی لبه داخلی پا شروع و به‌صورت مورب دور استخوان پاشنه پیچیده و نزدیک به قوزک خارجی چسبانده شد. این نوار به حفظ استخوان پاشنه در موقعیت خنثی و محدود کردن انحراف آن کمک می‌کرد. دومین تیکه نوار از قسمت میانی لبه خارجی پا شروع و به‌صورت مورب دور استخوان پاشنه پیچیده و نزدیک به قوزک داخلی چسبانده شد. این نوار به "قفل کردن" استخوان پاشنه در موقعیت خنثی کمک می‌کرد. سومین تیکه نوار نیز از قسمت میانی لبه خارجی پا شروع، از روی استخوان ناوی عبور کرده و به سمت یک‌سوم دیستال داخلی ساق پا (درست بالای قوزک داخلی) چسبانده شد. تمام نوارهای کینزیوتیپ با کشش ۱۰ تا ۱۵ درصد طبق منبع معتبر چسبانده شدند (شکل ۵). نوار کینزیوتیپ در انتهای هر جلسه تمرینی چسبانده می‌شد و به مدت ۴۸ ساعت بر روی پای آزمودنی باقی می‌ماند. بعد از ۴۸ ساعت نوار باز کرده و پس از ۲۴ ساعت بدون نوار، دوباره تیپ‌کردن انجام می‌شد. این تکنیک توسط آزمونگر دوره‌دیده انجام شد. در پایان شش هفته تمرین همراه با کینزیوتیپ، از آزمودنی‌ها تست پس‌آزمون گرفته شد. سپس ۲۴ ساعت بعد، تست بدون کینزیوتیپ (بررسی وضعیت افت ناوی بدون کینزیوتیپ) تکرار شد.



شکل ۵_ روش اجرای کینزیوتیپ

Figure 5 - Method of Applying Kinesiotape

پس از جمع‌آوری اطلاعات تحقیق، داده‌های مربوط به ویژگی‌های آزمودنی‌ها از قبیل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی، به همراه متغیرهای تحقیق، در دو بخش آمار توصیفی و استنباطی توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ تجزیه و تحلیل شد. جهت خلاصه‌سازی و مرتب‌سازی داده‌ها، از آمار توصیفی در قالب آماره‌های میانگین و انحراف استاندارد استفاده گردید. برای

بررسی توزیع نرمال داده‌ها، از آزمون شاپیرو-ویلک^۱ و برای یکسانی واریانس‌ها از آزمون لون^۲ استفاده شد. برای سنجش تفاوت بین دو گروه کنترل و تجربی، با کنترل پیش‌آزمون، از روش تحلیل کوواریانس بهره گرفته شد. سطح معناداری در سراسر تحقیق، ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج آمار توصیفی، شامل میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های آنتروپومتریکی (سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی) در دو گروه کنترل و تجربی، در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- آمار توصیفی مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی آزمودنی‌ها در دو گروه (n=۳۶)

Table 1- Descriptive statistics related to age, height, and weight and body mass index of subjects in two groups (n=36)

شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع) BMI (kg/m ²) M ± SD	میانگین وزن (کیلوگرم) Mean Weight (kg) M ± SD	میانگین قد (سانتی‌متر) Mean Height (cm) M ± SD	میانگین سن (سال) Mean Age (Years) M ± SD	تعداد Count	گروه Group
20.10 ± 1.21	40.89 ± 5.33	134.06 ± 7.40	10.67 ± 1.23	18	کنترل Control
20.09 ± 1.80	38.56 ± 7.16	138.56 ± 9.05	10.17 ± 1.24	18	تجربی Experimental

نتایج آمار توصیفی، شامل میانگین و انحراف معیار متغیرهای افت ناوی و حس عمقی مچ پا (میزان بازسازی خطای هدف بر حسب درجه)، در دو گروه کنترل و تجربی و در دو زمان پیش‌آزمون و پس‌آزمون در جدول ۲ ارائه شده است.

1. Shapiro-Wilk test

2. Levene's test

جدول ۲- آمار توصیفی مربوط به افت ناوی و حس عمقی آزمودنی‌ها در دو گروه (n=۳۶)

Table 2- Descriptive statistics related to navicular drop score and foot proprioception of subjects in two groups (n=36)

گروه Group	زمان Time	افت ناوی Navicular Drop M ± SD	حس عمقی (۱۰ درجه دورسی فلکشن) Proprioception (10° Dorsiflexion) M ± SD	حس عمقی (۲۰ درجه پلانتار فلکشن) Proprioception (20° Plantar Flexion) M ± SD
کنترل Control	پیش‌آزمون Pre-test	13.83 ± 1.72	10.03 ± 2.82	19.83 ± 2.83
	پس‌آزمون Post-test	13.81 ± 1.95	10.67 ± 2.50	20.42 ± 2.43
تجربی Experimental	پیش‌آزمون Pre-test	14.31 ± 3.67	9.42 ± 2.46	19.75 ± 2.97
	پس‌آزمون Post-test	13.50 ± 3.09	10.25 ± 1.11	19.14 ± 1.34

معناداری تفاوت بین گروه‌ها، با در نظر گرفتن تفاوت‌های اولیه در پیش‌آزمون، با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس بررسی شد. پیش از انجام آزمون فرضیات پژوهش، مفروضه‌های تحلیل کوواریانس نیز ارزیابی شدند. یکی از پیش‌فرض‌های ضروری در این تحلیل، نرمال بودن داده‌ها در گروه‌های آزمایشی است. این پیش‌فرض با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد (جدول ۳).

مطابق نتایج، مقدار P در آزمون شاپیرو-ویلک برای تمام متغیرها و در دو گروه کنترل و تجربی، بیش از ۰/۰۵ بود. بنابراین، فرض نرمال بودن خطاهای آزمایشی تأیید شد.

جدول ۳- نتایج آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی نرمال بودن خطاهای آزمایشی (n=۳۶)

Table 3- Results of Shapiro-Wilk test for normality of experimental errors (n=36)

گروه کنترل Control Group		گروه تجربی Experimental Group		متغیر Variable
P	آماره Statistic	P	آماره Statistic	
0.072	0.906	0.108	0.916	افت ناوی پا Navicular Drop
0.074	0.906	0.086	0.910	حس عمقی (۱۰ درجه دورسی فلکشن) Proprioception (10° Dorsiflexion)
0.132	0.921	0.139	0.922	حس عمقی (۲۰ درجه پلانتار فلکشن) Proprioception (20° Plantar Flexion)

همچنین برای بررسی همگنی واریانس خطاهای آزمایشی، از آزمون لون استفاده شد. نتایج بررسی مفروضه واریانس خطاها نشان داد که این مفروضه برای متغیرهای افت ناوی ($P=0/40$)، حس عمقی (10° درجه دورسی فلکشن، $P=0/32$) و (20° درجه پلانتار فلکشن، $P=0/69$) برقرار است (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج آزمون لون برای همگنی واریانس خطاهای آزمایشی ($n=36$)Table 4- The results of Levene's test for the homogeneity of the experimental error variances ($n=36$)

متغیر Variable	F	df1	df2	P
افت ناوی پا Navicular Drop	0.73	1	34	0.40
حس عمقی (10° درجه دورسی فلکشن) Proprioception (10° Dorsiflexion)	1.02	1	34	0.32
حس عمقی (20° درجه پلانتار فلکشن) Proprioception (20° Plantar Flexion)	0.16	1	34	0.69

جدول ۵- نتایج تحلیل کوواریانس جهت بررسی اثر مداخله بر تغییر نمره افت ناوی و حس عمقی پا ($n=36$)Table 5- The results of the covariance analysis to investigate the effect of the intervention on the change in the navicular drop score and foot proprioception ($n=36$)

متغیر Variable	منابع تغییرات Sources of Variance	مجموع مجدورات Sum of Squares	درجه آزادی df	میانگین مجدورات Mean Square	F	P	مجدورات تفکیکی Partial Eta Squared
افت ناوی Navicular Drop	گروه Group	4.63	1	4.63	12.66	0.001	0.28
	پیش‌آزمون Pre-test	214.50	1	214.50	586.74	0.001	0.95
حس عمقی (10° درجه دورسی فلکشن) Proprioception (10° Dorsiflexion)	گروه Group	0.05	1	0.05	0.03	0.86	0.00
	پیش‌آزمون Pre-test	74.41	1	74.41	46.59	0.001	0.59
حس عمقی (20° درجه پلانتار فلکشن) Proprioception (20° Plantar Flexion)	گروه Group	13.83	1	13.83	6.37	0.02	0.16
	پیش‌آزمون Pre-test	58.83	1	58.83	27.08	0.001	0.45

مطابق نتایج جدول ۵، اثر متغیر گروه برای متغیرهای افت ناوی ($P<0/001$) و حس عمقی در زاویه 20° درجه پلانتار فلکشن ($P=0/02$) در جدول تحلیل کوواریانس معنادار است. این نتایج نشان می‌دهد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، تفاوت

معناداری بین میانگین نمرات دو گروه کنترل و تجربی در پس‌آزمون متغیرهای افت ناوی و حس عمقی (تنها در زاویه ۲۰ درجه پلانتار فلکشن) وجود دارد. در متغیرهای افت ناوی و حس عمقی (زاویه ۲۰ درجه پلانتار فلکشن)، مقدار مجذور اتا تفکیکی برای متغیر گروه به ترتیب ۰/۲۸ و ۰/۱۶ به دست آمد. این اعداد نشان می‌دهند که با حذف اثر پیش‌آزمون، به ترتیب ۲۸ و ۱۶ درصد از تغییرات نمرات افت ناوی و حس عمقی توسط متغیر گروه تبیین می‌شود.

جدول ۶- نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه میانگین گروه‌های کنترل و تجربی (n=۳۶)

Table 6- The results of Bonferroni's post hoc test to compare the mean of control and experimental groups (n=36)

متغیر Variable	مقایسه Comparison	تفاوت میانگین Mean Difference	P	درصد کاهش Reduction Percentage
افت ناوی Navicular Drop	گروه کنترل- گروه تجربی Control Group - Experimental Group	0.72	< 0.001	5.59%
حس عمقی (۲۰ درجه پلانتار فلکشن) Proprioception (20° Plantar Flexion)	گروه کنترل- گروه تجربی Control Group - Experimental Group	1.24	0.017	3.09%

در جدول ۶، مقایسه میانگین‌های تعدیل‌شده و درصد کاهش افت ناوی و حس عمقی مچ پا (۲۰ درجه پلانتار فلکشن) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که بین دو گروه کنترل و تجربی از نظر افت ناوی ($P<0/001$) و حس عمقی (فقط در زاویه ۲۰ درجه پلانتار فلکشن) ($P=0/017$) اختلاف معناداری وجود دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر همزمان تمرین شورت فوت و کینزیوتیپ بر قوس طولی داخلی کودکان و نوجوانان با کف پای صاف منعطف در بازه سنی ۸ تا ۱۲ سال انجام شده است. تحقیقات متعددی اثر تمرین شورت فوت را همراه با دیگر تمرینات یا کفی طبی بررسی کرده‌اند. در موارد اندک، ایت تمرین به‌تنهایی مورد مطالعه قرار گرفته است. این بررسی‌ها عموماً بر رده سنی بزرگسالان متمرکز بوده و تحقیقات مشابهی در کودکان و نوجوانان انجام نشده است. همچنین، بررسی استفاده همزمان تمرین شورت فوت و کینزیوتیپ نیز به‌طور خاص انجام نشده بود. همچنین تحقیقات موجود در زمینه اثر کینزیوتیپ، چه به‌تنهایی و چه همراه با تمرین‌های اصلاحی، در اصلاح کف پای صاف نتایج متناقضی داشته‌اند. برخی از مطالعات، استفاده از کینزیوتیپ را به‌صورت مستقل یا همراه با تمرینات اصلاحی موثر دانسته‌اند، در حالی که برخی دیگر اثربخشی آن را گزارش نکرده‌اند. بنابراین، در این زمینه نظرات مختلفی وجود داشت که نیاز به بررسی بیشتر را نشان می‌داد.

با توجه به مکانیسم مشابه تمرین شورت فوت و کینزیوتیپ (تحریک و تقویت عضلات اینترنسیک پا و بهبود حس عمقی مچ پا)، احتمال داده می‌شد که استفاده همزمان این دو روش بتواند اثرات بهتری را به همراه داشته باشد. این موضوع یکی از دلایل و انگیزه‌های اصلی انجام این تحقیق بود. از دیگر ویژگی‌های این پژوهش، استفاده از مدت زمان کوتاه‌تر (۶ هفته) برای

اصلاح کف پای صاف است. در صورت معنادار بودن نتایج، این روش می‌توانست به عنوان روشی موثر و سریع‌تر نسبت به دیگر تحقیقات، که اغلب به مدت ۸ هفته یا بیشتر انجام می‌شدند، معرفی شود.

نتایج تحقیق نشان داد که در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل، افت ناوی کاهش معناداری داشت ($P < 0.001$). همچنین، حس عمقی مچ پا در گروه تجربی، در زاویه ۲۰ درجه پلانتر فلکشن، در مقایسه با گروه کنترل معنادار بود ($P = 0.02$). این نتایج بیانگر اثربخشی این روش در بازه زمان ۶ هفته‌ای است.

اگرچه کاهش افت ناوی در گروه تجربی میان پیش‌آزمون و پس‌آزمون چشمگیر نبود، اما نسبت به گروه کنترل از اهمیت بیشتری برخوردار بود. نکته قابل توجه دیگر در این تحقیق آن است که در گروه کنترل میزان افت ناوی در پس‌آزمون ($13/81 \pm 1/95$) نیز نسبت به پیش‌آزمون ($13/83 \pm 1/72$) کاهش یافت، اما این تغییر معنادار نبود. این موضوع می‌تواند ضرورت وجود گروه کنترل در کنار گروه تجربی را نشان دهد، زیرا حاکی از یک تحقیق نیمه‌تجربی کلاسیک است. در این نوع تحقیق، تغییرات مشاهده‌شده در گروه تجربی ناشی از اثر متغیرهای تحقیق بوده و نه گذشت زمان؛ به‌ویژه با در نظر گرفتن رده سنی آزمودنی‌ها. این اهمیت زمانی برجسته می‌شود که به اختلاف‌نظرها درباره زمان تشکیل قوس طولی داخلی پا در این رده سنی توجه کنیم.

بر اساس نظر مگی^۱، تشکیل کامل قوس کف پا در دو سالگی اتفاق می‌افتد (۳۵). هنینگ^۲ این زمان را شش سالگی (۳۶)، دوناتلی و ولف^۳ آن را بین شش تا هشت سالگی (۳۷) و فورریول^۴ و پاسکول^۵ نیز ۹ سالگی (۳۸) گزارش کرده‌اند. با این حال، تحقیق ما نشان داد که در گروه تجربی، اصلاح قوس طولی داخلی نه ناشی از گذشت زمان، بلکه نتیجه اثر متغیرهای تحقیق بوده است.

علاوه بر این، نتایج تحقیق نشان داد که پس از کنترل اثر پیش‌آزمون، اختلاف معناداری بین میانگین نمرات دو گروه کنترل و تجربی در پس‌آزمون حس عمقی (تنها در زاویه ۲۰ درجه پلانتر فلکشن) مشاهده شد. این موضوع نشان می‌دهد که تغییرات در قوس طولی داخلی کف پا، احتمالاً به دلیل تحریک حس عمقی مچ پا، تقویت عضلات اینترنسیک و درک بهتر آزمودنی از وضعیت صحیح مچ پا بوده است.

نتایج ما با یافته‌های جاندا و واورا (۱۹۹۶) که تمرینات شورت فوت را اولین گام در تمرین حسی-حرکتی دانسته و اثربخشی آن را در بهبود حس عمقی و ثبات وضعیتی پا در صورت ترکیب با سایر تمرینات گزارش کرده‌اند (۱۵)، تا حدی مطابقت دارد. همچنین، نتایج ما با مطالعاتی که اثربخشی کینزیوتیپ را از طریق افزایش تحریکات پوستی و تقویت عضلات گزارش کرده‌اند (۱۹)، هم‌راستا است. علاوه بر این، تحقیق دیگری توسط پارمار و همکاران (۲۰۲۲) در مورد ترکیب کینزیوتیپ و تمرین بر کودکان ۶ تا ۱۲ سال با پرونیشن پا و اختلال رشد عصبی-حرکتی نشان داد که این روش ترکیبی می‌تواند به عنوان بخشی از مداخله مؤثر در اصلاح پرونیشن پا استفاده شود که با مطالعه ما هم‌راستاست (۳۹).

از دیگر نکات قابل توجه در این تحقیق، اثرگذاری این دو روش پس از مدت کوتاه ۶ هفته بود. در بررسی پیشرفت متغیرهای افت ناوی و حس عمقی (زاویه ۲۰ درجه پلانتر فلکشن)، برای متغیر گروه، مجذور اتای تفکیکی به ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۱۶

1. Magee
2. Henning
3. Wolf & Donatelli
4. Forriol
5. Pascual

به دست آمد که نشان می‌دهد با حذف اثر پیش‌آزمون، به ترتیب ۲۸ و ۱۶ درصد از تغییرات نمرات افت ناوی و حس عمقی توسط متغیر گروه بوده است.

در واقع، تحقیق ما سه ویژگی منحصر به فرد داشت: اول اینکه برای اولین بار استفاده همزمان از تمرین شورت فوت و کینزیوتیپ به عنوان یک روش اصلاحی مورد بررسی قرار گرفت. دوم اینکه این دو روش برای اولین بار در این رده سنی (کودکان و نوجوانان) به صورت همزمان استفاده گردید و نشان داد که ترکیب کینزیوتیپ با تمرین شورت فوت می‌تواند اثر معناداری بر کف پای صاف منعطف در کودکان و نوجوانان داشته باشد. سوم اینکه تغییرات در گروه تجربی در مدت زمان کوتاه‌تری نسبت به دیگر تحقیقات مشاهده شد.

بنابراین، در یک جمع‌بندی، بر اساس نتایج این تحقیق و مطالعات پیشین می‌توان بیان کرد که استفاده همزمان تمرین شورت فوت و کینزیوتیپ، با مکانیسم مشابه در تحریک حس عمقی، تقویت عضلات داخلی کف پا و درک بهتر از وضعیت صحیح مچ پا، می‌تواند به عنوان یک روش اصلاحی پیشنهادی مناسب برای افراد دارای کف پای صاف منعطف، به ویژه در کودکان و نوجوانان، مورد استفاده قرار گیرد.

پیام مقاله

این تحقیق یک روش ترکیبی موثر را معرفی کرد، یعنی استفاده از تمرین اصلاحی و کینزیوتیپ که بدون ایجاد محدودیت حرکتی برای مفاصل، به صورت ۲۴ ساعته قابل استفاده است. این روش در مدت زمان کوتاه مدت ۶ هفته مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین می‌توان این روش ترکیبی را به عنوان راهکاری برای اصلاح کف پای صاف منعطف، به ویژه در کودکان و نوجوانان، پیشنهاد کرد؛ به شرط آنکه هنوز تغییرات ساختاری در کف پا رخ نداده باشد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری بوده و محقق آن بر خود لازم می‌داند از زحمات و همکاری اساتید راهنما و همه عزیزانی که در جمع‌آوری داده‌های این تحقیق یاری‌رسان بودند، صمیمانه تشکر و قدردانی نماید.

دو پارگراف کوچک در مورد این تحقیق

این مقاله برای اولین بار یک روش اصلاحی نوین، یعنی استفاده همزمان از تمرینات شورت فوت و کینزیوتیپ، آن‌هم در رده سنی کودکان و نوجوانان را معرفی کرد. همچنین، این تحقیق با نتایج مثبت و مدت زمان کوتاه اجرای آن (۶ هفته) در مقایسه با دیگر مطالعات (که در اغلب موارد اجرای هر کدام از این دو روش در ۸ هفته یا بیشتر انجام شده است)، یک روش اصلاحی نسبتاً سریع را ارائه داد.

ضمناً، اگرچه من با انواع تمرینات اصلاحی برای کف پای صاف آشنا بودم، اما انجام این تحقیق و مطالعه پژوهش‌های پیشین موجب افزایش دانش من شد. همچنین، با انجام این تحقیق به اثربخشی کینزیوتیپ به عنوان یک روش ۲۴ ساعته قابل استفاده برای افراد با اختلال کف پای صاف، و یک مکمل مؤثر در کنار تمرینات اصلاحی پی بردم.

منابع

1. Evans AM, Rome K. A review of the evidence for non-surgical interventions for flexible pediatric flat feet. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2011; 47:69-89.
2. Hogan MT, Staheli LT. Arch height and lower limb pain: an adult civilian study. *Foot Ankle Int.* 2002;23(1):43-7.
3. Nikolaidou ME, Boudolos KD. A footprint-based approach for the rational classification of foot types in young schoolchildren. *Foot (Edinb).* 2006;16(2):82-90.
4. Anbarian M, Marvi Esfahani M. Comparison of some clinical variables of lower limb in female students with flat feet and natural foot structure. *Res Sports Manage Motor Sci.* 2012;2(3):11-8. [In Persian].
5. Farahani A, Kayvan Sh M. Exercise therapy with emphasis on flat foot and spinal deformities. 1st ed. Tehran: Asre Entezar; 2011. p. 28. [In Persian].
6. Kordi YA. The evaluation and prevalence of foot problems among Iranian students using alfoots company scanner. *Health Sci J.* 2014.
7. Emami M, Emami S, Mohammad HM. Prevalence of flexible flat foot in male children. 2005. [In Persian].
8. Alter JM. Science of flexibility. Champaign, IL: Human Kinetics; 2004.
9. Graham EM, Jawrani TN, Chikka A, Ogres JR. Surgical treatment of hyperpronation using an extraosseous talotarsal stabilization device: radiographic outcomes in adult patients. *J Foot Ankle Surg.* 2012;51(5): 548-55.
10. Sokhanguue Y, Sokhanguue M. Flat foot of flexibility. 6th ed. Tehran, Iran: Harkat Now Pub; 2006. p. 45. [In Persian].
11. Saeki J, Tojima M, Torii S. Clarification of functional differences between the hallux and lesser toes during the single leg stance: immediate effects of conditioning contraction of the toe plantar flexion muscles. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(9):2701-4.
12. Wong YS. Influence of the abductor hallucis muscle on the medial arch of the foot: a kinematic and anatomical cadaver study. *FAI* 2007; 28(5): 617- 20.
13. Headlee DL, Leonard JL, Hart JM, Ingersoll CD, Hertel J. Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008; 18(3): 420-5
14. Neumann DA. Lower extremity: ankle and foot. In: Neumann DA, editor. *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation.* 3rd ed. St Louis: Mosby; 2017: 595- 652.
15. Janda V, Vavrova M. Sensory motor stimulation. In: Liebensohn C, editor. *Rehabilitation of the Spine.* Baltimore: Williams & Wilkins; 1996. p. 319-28.
16. Spanos S, Brunswic M, Billis E. The effect of taping on the proprioception of the ankle in a non-weight bearing position amongst injured athletes. *Foot (Edinb).* 2008; 18(1): 25-33.
17. Macdonald R. *Taping Techniques: Principles and Practice.* 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann. 2004; pp: 80-150.
18. Kase K, Tatsuyuki H, Tomoki O. Development of Kinesio tape. *Kinesio Taping Perfect Manual.* Kinesio Taping Association. 1996; 6(10):117-8.
19. Vadivelan K. Comparison of Foot Taping Versus Custom-made Medial Arch Support on Pronated Flatfoot in School Going Children. *Int J Physiother.* 2015;2(3):491-501.
20. Wang JS, Um GM, Choi JH. Immediate effects of kinematic taping on lower extremity muscle tone and stiffness in flexible flat foot. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(4):1339-42.
21. Zarean Shirvaneh Deh E, Mousavi Sadati SK, Daneshjoo A. Study of effect of corrective exercises with and without taping on the balance and pronated foot of female students aged 15 to 17 years. *Middle East J Disabil Stud.* 2022; 12:86.
22. Brody DM. Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. *Orthop Clin North Am.* 1982; 13(3):541-58.
23. Fakoor Rashid H, Daneshmandi H. The effects of a 6 weeks corrective exercise program on improving flat foot and static balance in boys(In Persian). *J prace Stud Biosci Sport.* 2013; 1(2):52-66. [In Persian].

24. Hertel J, Gay MR, Denegar CR. Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. *J Athl Train*. 2002; 37(2):129-32.
25. Shrader JA, Popovich JM Jr, Gracey GC, Danoff JV. Navicular drop measurement in people with rheumatoid arthritis: interrater and intrarater reliability. *Phys Ther*. 2005; 85(7):656-66.
26. Vinicombe A, Raspovic A, Menz HB. Reliability of navicular displacement measurement as a clinical indicator of foot posture. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2001; 91(5):262-8.
27. South M, George KP. The effect of peroneal muscle fatigue on ankle joint position sense. *Phys Ther Sport*. 2007; 8(2): 82-7.
28. Kuhn DR, Bennett NM, Eldridge AD, Carpenter JF. The validity of Brody's navicular drop test. *Logan Coll Chiropractic Dept Radiol*. Chesterfield, Missouri; 2003.
29. Jong Sung Ch, Yong Hyun K, Chung Sun K, Sang-Ho A, So Hyun P. Differences of ground reaction forces and kinematics of lower extremity according to landing height between flat and normal feet. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2012; 25(2):21-6.
30. Moslemi Haghighi F, Ghafari Nejad F. Comparison of ankle joint proprioception in non-athletic healthy women, athletes with jumping activity, and athletes without jumping activity aged 20 to 30 years. *J Semnan Univ Med Sci*. 2005;7(1,2):101-5.
31. Mawani D, Ghumatkar M, Kumar A. Assessment of ankle joint proprioception in cricket players. *Int J Health Sci Res*. 2021;11(10):42-5. doi:10.52403/ijhsr.20211025.
32. Eadric B, John CK, Edward M. Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *J Athl Train*. 2007; 42(1): 42.
33. Mohammad M. Foot arch index during Jana's short-foot maneuver in subjects with excessively pronated foot. *J Rom Sports Med Soc Med Sportiva*. 2017;13(2):2935-9.
34. Kase K, Martin P, Yasukawa A. Kinesio taping in pediatrics. *Fundamentals and whole-body taping*. Albuquerque, New Mexico: Kinesio Taping Association. 2006. P. 9-30.
35. Avaliac M. Flat foot. *J Musculoskelet*. 2002;64:114-5.
36. Hennig EM, Rosembaum D. Pressure distribution pattern under the feet of children in comparison with adults. *J Foot Ankle Surg*. 1995;11:306-11.
37. Donatelli R, Wolf SL. The biomechanics of the foot and ankle. *Principles of Biomechanics*. 3rd ed. Philadelphia: FA Davis Company; 1990. p. 284.
38. Forriol F, Pascual J. Footprint analysis between ages three and 17. *J Foot Ankle Surg*. 1990;11(15):101.
39. Parmar ST, Dhanuka HR, Shetty DR. Effectiveness of kinesio taping and exercises for pronated feet in children with neurodevelopmental disorders. *Niger J Clin Pract*. 2022;25(1): 21-6. doi:10.4103/njcp.njcp_62_21