

# Study of Effect of the Corrective Exercises With and Without Taping on The Balance and Pronated Foot of Female Students 15 To 17 Years Old

Zarean shirvaneh deh E<sup>1</sup>, \*Mousavi Sadati SK<sup>2</sup>, Daneshjoo A<sup>3</sup>

## Author Address

1. MSc Student of Sport Injuries and Corrective Exercise, Department of Physical Education and Sport Sciences, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran;  
2. Assistant Professor of Motor Behavior, Department of Physical Education and Sport Sciences, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran;  
3. Assistant Professor of Sport Biomechanics, Department of Physical Education and Sport Sciences, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

\*Corresponding Author E-mail: [dmousavisadati@gmail.com](mailto:dmousavisadati@gmail.com)

Received: 2020 June 21; Accepted: 2020 October 17

## Abstract

**Background & Objectives:** The feet require proper weight distribution during many body motions such as those for the maintenance of static balance and gait. In general, an abnormally low medial longitudinal arch in foot is called pes planus or flatfeet, which is divided into rigid and flexible pes planus. Pes planus has been reported to cause abnormal functions of the tendon sheath of the tibialis posterior, including dynamic imbalance, pain, joint damage, and even stress fractures. Diagnosing and improving flatfeet in the early age is effective in preventing various injuries. Foot as the most distal segment in the lower extremity chain, represents relatively small base of support on which the body maintains balance. Although it seems reasonable that even minor biomechanical alternations in the support surface may influence postural-control strategies. Studies represented several ways of using kinesiotape was affected on handling many kinds of skeletal deformities. There was evidence exists that traditional taping can be effective in controlling excessive pronated foot. The aim of this study was to evaluate corrective exercises and the use of kinesiotape on flatfeet and balance index in female students aged 15 to 17 years.

**Methods:** The method of this research was semi-experimental, which was conducted as an intervention in the form of a pre-test and post-test research design with two experimental groups. The statistical population of female students was 15 to 17 years old in Tehran, 28 female volunteer students were suffered pronation foot grouped random in 2, including 14 in both experimental group, corrective exercises with taping and corrective exercises without taping. The criteria for entering students into the research were: suffering from flat feet; written consent of the volunteer and parents; Confirmation of the health questionnaire by a specialist doctor, including checking the complete health of the skeletal and neuromuscular system, the visual system, the vestibular hearing system; Not taking any drugs that affect the nervous system and control posture; Not having a history of accidents and ankle sprains; Negativeness of the adhesive sensitivity test and no coldness and sweating of the soles of the feet. The criteria for the withdrawal of students from the research, eczema in the long term, the appearance of disorders in the health of the sensory and nervous systems, vestibular hearing, the appearance of vertigo, impaired control of standing, the occurrence of any type of accident and the occurrence of movement problems, the inability to continue exercises and the increase in body mass index (BMI) during the intervention period. The navicular drop test and foot printed measured by Staheli method were done to diagnose flat foot. Corrective exercises were scheduled for 8 weeks 32 sessions. Participants with tape were present throughout the study along with the taped foot during the day. The measurement of the height of the naval bone and amount of internal arches of the foot were measured and to find the balance it was performed by a posturography apparatus, Sensory organization test (SOT test), which all remeasured after 8 weeks exercises. The computerized dynamic posturography apparatus was the equitest model of the American NeuroCom company, one of the most advanced kinetic variables assessor apparatus that is used to manipulate effective sensory systems in control posture. This device has a unique evaluation technique that provides quantitative data in posture control and it is a suitable tool for analysing age-related changes. The data were analysed using descriptive statistics, covariance analysis, independent t test and paired samples test in significance level 0.05. All data were analysed using SPSS 20 for windows.

**Results:** The results of covariance analysis showed that, after removing the effect of pre-test scores on post-test scores, there was a significant difference between the two groups in the first ( $p=0.251$ ), second ( $p=0.113$ ), third ( $p=0.071$ ), fourth ( $p=0.862$ ), fifth ( $p=0.260$ ) and sixth ( $p=0.314$ ) balances and the internal longitudinal arch of right foot ( $p=0.281$ ) and left ( $p=0.125$ ) and there was no increase in the height of the right naval bone ( $p=0.136$ ) and the height of the left naval bone ( $p=0.240$ ) and the use of kinesiotape could not facilitate the effect of corrective exercises; But the results of the paired t-test for intragroup comparisons showed that corrective exercises on the on internal longitudinal arch of right and left foot ( $p<0.001$ ), increasing the height of the naval bone of the right and left foot ( $p<0.001$ ) and static balance with eyes closed in the second condition ( $p<0.001$ ) had a significant effect.

**Conclusion:** According to this study corrective exercises protocol can improve pronated foot (flat feet deformity) and static balance index in closed eyes position, and the use of the kinesiotape is not affective on improving pronated foot and improving balance index. Therefore, this training protocol can be useful for teenagers suffered pronated foot is to improve internal foot arches and height of the naval bone and static balance in closed eye position.

**Keywords:** Corrective exercise, Pronated foot, Balance, Kinesiotape.

## بررسی اثر تمرینات اصلاحی با و بدون تیپینگ بر تعادل و کف پای صاف دانش‌آموزان دختر ۱۵ تا ۱۷ سال

الهه زارعان شیروانه‌ده<sup>۱</sup>، \*سید کاظم موسوی ساداتی<sup>۲</sup>، عبدالرسول دانشجو<sup>۳</sup>

توضیحات نویسندگان

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی ورزشی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران؛  
 ۲. استادیار رفتار حرکتی، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران؛  
 ۳. استادیار بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.  
 \*رایانامه نویسنده مسئول: [drmousavisadati@gmail.com](mailto:drmousavisadati@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱ مرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۲۶ مهر ۱۳۹۹

### چکیده

**زمینه و هدف:** تشخیص و بهبود تعادل و صافی کف پا در سنین کمتر، بر مبتلانشدن به آسیب‌های گوناگون در سنین بیشتر مؤثر است. هدف تحقیق حاضر، بررسی اثربخشی تمرینات حرکات اصلاحی با و بدون کنزیوتیپ بر تعادل و صافی کف پای دانش‌آموزان دختر ۱۵ تا ۱۷ سال بود.

**روش بررسی:** روش پژوهش نیمه‌تجربی، با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با دو گروه آزمایش بود. جامعه آماری تمامی دانش‌آموزان دختر دوره متوسطه دوم دبیرستان حاجیه ساعد منطقه شانزده شهر تهران با دامنه سنی بین ۱۵ تا ۱۷ سال بودند که دارای عارضه کف پای صاف منعطف بودند. بیست‌وهشت شرکت‌کننده داوطلب دارای صافی کف پا به صورت تصادفی در دو گروه چهارده نفره آزمایش شامل تمرینات اصلاحی به همراه تیپینگ و تمرینات اصلاحی بدون تیپینگ مبتلا به عارضه پرونیشن کف پا گروه‌بندی شدند. سپس در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، ارتفاع ناوی، نقش کف پا با شاخص قوس کف پای استاهلی و تعادل با آزمون سازماندهی حسی (SOT) دستگاه پاسچروگرافی اندازه‌گیری شد و هر دو گروه تمرینات اصلاحی را به مدت هشت هفته، ۳۲ جلسه انجام دادند. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از آزمون تی زوجی برای مقایسه‌های درون‌گروهی و روش تحلیل کوواریانس در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ در سطح معناداری آماری ۰/۰۵ صورت گرفت.

**یافته‌ها:** بین دو گروه با تیپینگ و بدون تیپینگ، اختلاف معناداری در تعادل‌های اول، دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم، نقش کف پای راست و پای چپ و همچنین افزایش ارتفاع استخوان ناوی راست و ارتفاع استخوان ناوی چپ وجود نداشت؛ ولی براساس نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه‌های درون‌گروهی، حرکات اصلاحی بر نقش کف پای راست و چپ ( $p < 0/001$ )، افزایش ارتفاع استخوان ناوی پای راست و چپ ( $p < 0/001$ ) و تعادل ایستا با چشم بسته در وضعیت دوم ( $p < 0/001$ ) تأثیر معنادار داشت.

**نتیجه‌گیری:** براساس یافته‌های این پژوهش، تمرینات اصلاحی بر بهبود عارضه کف پای صاف و تعادل ایستا در وضعیت چشم بسته مؤثر است؛ ولی استفاده از کنزیوتیپ بر صافی کف پا و بهبود تعادل مؤثر نیست.

**کلیدواژه‌ها:** تمرینات اصلاحی، کف پای صاف، تعادل، کنزیوتیپ.

تبادل، حفظ موقعیت مناسب بدن و جهت‌یابی فضایی عضلات و مفاصل درگیر در اجرای حرکت است؛ با این حال هنوز تعریف واحد و مشخصی از تعادل ارائه نشده است (۹). حفظ تعادل در زنجیره حرکتی بسته، وابسته به بازخورد و ابرانی و استراتژی‌های حرکت در لگن، زانو و مفصل مچ پا است (۱۰).

باتوجه به اینکه پا دورترین بخش زنجیره حرکتی اندام تحتانی محسوب می‌شود، مستدل به نظر می‌رسد که حتی کوچک‌ترین تغییر در بیومکانیک پا ممکن است بر استراتژی‌های کنترل راستای قامت<sup>۶</sup> تأثیرگذار باشد؛ به‌ویژه چرخش داخلی بیش‌ازاندازه کف پا امکان دارد بر ورودی اعصاب حسی پیکری<sup>۷</sup> به علت تغییراتی در تحرک مفصل یا محدوده سطح تماس تأثیر داشته باشد (۴). در افراد مبتلا به کف پای صاف، احتمال افتادن یا نبود تعادل در هنگام ایستادن‌های یک‌طرفه در فعالیت‌های عملکردی زیاد است (۱۱). تفاوت‌هایی در فعالیت‌های عضلات می‌تواند نشانه‌ای از جبران عصبی-عضلانی به‌منظور کاهش فعالیت بیش‌ازحد قوس طولی میانی باشد. این تفاوت‌ها منجر به مشکلات دیگری مانند خستگی مفرط عضلانی می‌شود که متعاقباً بر اجرای تعادل در طول فعالیت‌های پویا اثرگذار است (۱۲).

نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد، اورتزها و روش‌های مختلف تیپینگ بر کاهش آسیب و تسریع بازتوانی تأثیر دارند. استفاده از کنزیوتیپ برای مدیریت نقص‌های اسکلتی-عضلانی مانند پرونیشن پا بسیار محبوبیت یافته است (۸).

کنزیوتیپ به‌گونه‌ای طراحی شده است که شباهت بسیار زیادی به کیفیت پوست انسان داشته باشد و شامل چهار عملکرد اصلی است: بازگرداندن عملکرد مناسب عضله از طریق تسهیل و جلوگیری از انقباض‌های عضلانی؛ افزایش جریان خون و افزایش حرکت مایعات در مویرگ‌های لنفی؛ کاهش درد از طریق تحریک گیرنده‌های مکانیکی؛ کاهش گرفتگی عضلانی که منجر به اصلاح حرکات نامناسب مفصل می‌شود (۱۳، ۱۴). باوجود اثرات مثبت کنزیوتیپ، مطالعه‌ای با بررسی تأثیر تیپ مچ پا بر تعادل ایستا در افراد با بی‌ثباتی عملکردی مچ پا نشان داد، تیپ مچ پا به نگهداری بهتر تعادل ایستا در مچ پای بی‌ثبات کمک نمی‌کند؛ اما موجب کاهش درخور توجه نوسان وضعیتی مچ پا در سطوح بی‌ثبات می‌شود (۱۵). استفاده از کنزیوتیپ فواید و اثراتی دارد و به‌عنوان روشی نوین در کاهش غیرهمترازی مفاصل است؛ همچنین در زمینه بررسی اثرات طولانی‌مدت استفاده از کنزیوتیپ بر صافی کف پا و لزوم استفاده از ابزارهای پیشرفته‌تر مانند آزمون سازماندهی حسی<sup>۹</sup> (SOT) دستگاه پاسچروگرافی پویای کامپیوتری<sup>۱۰</sup> برای ارزیابی تعادل در افراد دارای صافی کف پا خلأ پژوهشی وجود دارد؛ از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی تمرینات حرکات اصلاحی با و بدون کنزیوتیپ بر تعادل و صافی کف پای دانش‌آموزان دختر ۱۵ تا ۱۷ سال انجام شد.

صافی کف پا<sup>۱</sup> یکی از مشکلات شایع در کودکان، نوجوانان و بزرگسالان است. این ناهنجاری وضعیتی است که به‌عنوان کاهش قوس طولی داخلی پا<sup>۲</sup> شناخته می‌شود و با شناسایی به‌موقع و اقدامات لازم در جهت اصلاح و جلوگیری از تشدید آن، می‌توان از عوارضی جلوگیری کرد که در درازمدت اثرات مخربی بر مفاصل مچ پا و زانو و سایر مفاصل به‌جا می‌گذارد. کف پای صاف منعطف که بیشتر موضوع بحث در حرکات اصلاحی است، می‌تواند ناشی از کشیدگی بیش‌ازحد رباط‌های قاپی ناوی، قاپی پاشنه‌ای و ناوی میخی باشد (۱). کف پای صاف یا چرخش به داخل بیش‌ازحد کف پا، موجب چرخش متوسط درشت‌نی می‌شود. این چرخش بر استخوان ران، کشکک، خاصره، خاجی و تمام سیستم عضلات اسکلتی تأثیر دارد (۲). این چرخش داخلی بیش‌ازحد کف پا، مسئول ۶۰ تا ۹۰ درصد از تمام آسیب‌های پا<sup>۳</sup>، اندام تحتانی و آسیب‌های مرتبط با استفاده بیش‌ازحد اندام است (۳). درباره اصلاح عارضه کف پای صاف با استفاده از حرکات و تمرینات اصلاحی در حوزه طب ورزشی همواره بحث شده است.

مطابق نظریه جاندا<sup>۴</sup> سیستم حرکتی انسان، سیستمی منسجم است. نقص در یک سیستم، به وضعیت‌های جبرانی و ایجاد مطابقت‌هایی در سیستم‌های دیگر منجر می‌شود؛ برای مثال یافته‌ها نشان داد، بین عارضه کف پای صاف و زانوی ضربدری رابطه تنگاتنگ وجود دارد (۴). صافی کف پا غالباً با مشکلاتی از جمله ایجاد درد، بی‌ثباتی و کاهش تعادل، توزیع نامتوازن فشار کف پا، خستگی پا و مشکلات راه‌رفتن همراه است که تأثیر درخور توجهی بر فعالیت‌های روزانه دارند (۵). همه این تغییرات متعاقباً می‌تواند به کندتر شدن سرعت راه‌رفتن، کاهش طول حرکت و کاستن مدت‌زمان ایستادن منجر شود. کاهش تعادل و خستگی جزو علائم همراه مبتلایان به صافی کف پا است (۵). طبق مطالعات پیشین، صافی کف پا همراه با پرونیشن بیش‌ازحد مفصل ساب‌تالار<sup>۵</sup> ممکن است باعث بی‌ثباتی و بیش‌حرکتی<sup>۶</sup> مفاصل پا شود و هنگام تحمل وزن مفصل پا ناپایدار شود و اختلال در تعادل و کنترل وضعیت فرد را در پی داشته باشد (۶)؛ بنابراین هر نوع تغییری در ساختار کف پا شامل افزایش یا کاهش قوس آن، از عواملی است که پا را در معرض آسیب ناشی از فعالیت فیزیکی قرار می‌دهد و می‌تواند با تغییر محور مکانیکی پا بر تعادل فرد تأثیر بگذارد (۷).

در مطالعات درباره سنجش تأثیر کف پا با ارتفاع قوس طولی متفاوت بر تعادل افراد، مشخص شد که تعادل افراد مبتلا به ناهنجاری کف پای صاف در مقایسه با کف پای طبیعی کمتر است (۸).

تعادل به‌عنوان یکی از مفاهیم بحث‌برانگیز حسی حرکتی، ارتباط متقابل و پیچیده میان درون‌دادهای حسی و پاسخ‌های حرکتی لازم را به‌منظور حفظ یا تغییر راستای قامت بررسی می‌کند. به‌عقیده بسیاری از محققان، تمامی فعالیت‌های بدنی دارای سه جنبه مشتمل بر حفظ

6. Hypermobility

7. Posture

8. Somatosensory

9. Sensory organization test

10. Computerized Dynamic Posturography

1. Pronated foot, pes planus, flat foot

2. Longitudinal arch of foot

3. Foot

4. Janda

5. Subtalar joint

## ۲ روش بررسی

روش این پژوهش نیمه تجربی بود که به صورت مداخله‌ای در قالب طرح تحقیقی پیش‌آزمون و پس‌آزمون با دو گروه آزمایش انجام شد. جامعه آماری پژوهش را تمامی دانش‌آموزان دختر دوره متوسطه دوم دبیرستان حاجیه ساعد منطقه شانزده شهر تهران با دامنه سنی بین ۱۵ تا ۱۷ سال تشکیل دادند که دارای عارضه کف پای صاف منعطف بودند. معیارهای ورود دانش‌آموزان به پژوهش عبارت بود از: ابتلا به صافی کف پا؛ رضایت کتبی نمونه داوطلب و والدین؛ تأیید پرسش‌نامه سلامت توسط پزشک متخصص شامل بررسی سلامت کامل سیستم اسکلتی و عصبی-عضلانی، سیستم بینایی، سیستم شنوایی بخش دهلیزی؛ مصرف نکردن هرگونه داروی مؤثر بر سیستم عصبی و کنترل راستای قامت؛ نداشتن سابقه انواع حادثه و تصادف و پیچ‌خوردگی مچ پا؛ منفی بودن آزمون حساسیت<sup>۱</sup> به چسب و نداشتن سردی و تعریق کف پا. معیارهای خروج دانش‌آموزان از پژوهش، اگرما در طولانی‌مدت، پیدایش اختلال در سلامت سیستم حسی، عصبی، شنوایی بخش دهلیزی، پیدایش بیماری سرگیجه، اختلال در کنترل راستای قامت، وقوع هر نوع سانحه و بروز مشکلات حرکتی، توانایی نداشتن در تداوم تمرینات و افزایش شاخص توده بدن<sup>۲</sup> (BMI) در طی دوره مداخله بود. اجرای آزمون حساسیت به صورت چسباندن تکه کوچکی از کنزیوتیپ روی پوست قسمت داخلی بازو به مدت دو ساعت بود و نتایج ثبت شد. به دلیل محدودیت‌های بسیار در معیار ورود و مدت اجرای پژوهش، ۳۲ شرکت‌کننده داوطلب به‌طور هدفمند انتخاب شدند و به‌صورت تصادفی در دو گروه آزمایش (شانزده نفر گروه آزمایش تمرینات اصلاحی به‌همراه کنزیوتیپ و شانزده نفر گروه آزمایش تمرینات اصلاحی بدون کنزیوتیپ) قرار گرفتند. تعداد حجم نمونه در هر گروه باتوجه به فرمول زیر به‌دست آمد (۴).

$$n \geq 2 \frac{(z_{\alpha} + z_{\beta})^2 \sigma^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2} = \frac{2(1.96 + 0.84)^2}{0.98^2} = 16$$

سی‌ودو شرکت‌کننده داوطلب دارای صافی کف پا که فرم رضایت‌نامه آگاهانه را امضا کردند، به‌طور تصادفی در دو گروه شانزده نفره آزمایش شامل تمرینات اصلاحی به‌همراه تیپینگ و تمرینات اصلاحی بدون تیپینگ مبتلا به عارضه پرونیشن کف پا گروه‌بندی شدند. سپس ارتفاع ناوی، نقش کف پا و تعادل شرکت‌کنندگان اندازه‌گیری شد و هر دو گروه تمرینات اصلاحی را به‌مدت هشت هفته، ۳۲ جلسه انجام دادند. پس از پایان مداخله، دوباره متغیرهای پژوهش اندازه‌گیری شد. طی دوره مداخله چهار نفر از شرکت‌کننده‌ها (از هر گروه دو نفر) به دلیل شرکت نکردن در تمرینات یا شرکت نامنظم در تمرینات از پژوهش خارج شدند و صرفاً چهارده نفر از هر گروه در پس‌آزمون شرکت کردند. برای جمع‌آوری داده‌ها ابزارها و تمرینات زیر به‌کار رفت.

– آزمون افت ناوی<sup>۳</sup> برای بررسی کف پای صاف و قوس طولی داخلی پا انجام شد. در این آزمون، شرکت‌کننده در وضعیت نشسته قرار می‌گیرد و کف پای خود را زمین می‌گذارد و زانوها را در وضعیت نوددرجه خمیدگی نگه می‌دارد. همچنین مفصل مچ پا در وضعیت طبیعی قرار داده می‌شود. در حالتی که وضعیت طبیعی تحت قاپی حفظ شده است، برجسته‌ترین نقطه استخوان ناوی مشخص شده و با خودکار علامت‌گذاری می‌شود. سپس ارزیابی‌کننده، کارتی شاخص را در قسمت داخلی پا از کف زمین به‌شکل عمودی قرار می‌دهد که از استخوان ناوی عبور می‌کند. سطح رویه‌روی برجسته‌ترین نقطه استخوان ناوی روی کارت علامت‌گذاری می‌شود. سپس از فرد خواسته می‌شود که بدون تغییر دادن وضعیت پاها بایستد و وزن خود را به‌شکل برابر روی هر دو پا پخش کند. در حالت ایستاده مجدداً برجسته‌ترین نقطه استخوان ناوی نسبت به زمین تعیین می‌شود و روی کارت علامت‌گذاری انجام می‌گیرد. در آخر، اختلاف بین ارتفاع استخوان ناوی در وضعیت نشسته و وضعیت ایستاده (تحمل وزن) با یک خط‌کش اندازه‌گیری می‌شود که میزان به‌دست‌آمده برحسب میلی‌متر است و میزان افتادگی استخوان ناوی را نشان می‌دهد. اگر افت استخوان ناوی به‌میزان ۹ تا ۶ میلی‌متر باشد، در رنج طبیعی است و اگر این میزان بیشتر از ۱۰ میلی‌متر باشد، غیرطبیعی و نشان‌دهنده صافی کف پا خواهد بود. برای رفع خطای اندازه‌گیری ارتفاع برجستگی استخوان ناوی دو مرتبه اندازه‌گیری و میانگین لحاظ می‌شود (۱۶).

– نقش کف پا؛ با شاخص قوس کف پای استاهلی<sup>۵</sup> بررسی شد. برای ترسیم نقش کف پا به‌منظور محاسبه شاخص قوس کف پای استاهلی قوس‌های کف پای، پودر تالک استفاده شد (۱۷). از آزمودنی خواسته شد پای خود را به پودر تالک آغشته کند و بعد از چند ثانیه راه‌رفتن بدون توجه به مقوایی که از قبل روی زمین تعبیه شده بود، از روی آن رد شود. سپس اثر نقش با استفاده از شاخص استاهلی (با ضریب اعتبار بیش از ۰/۷۵) ارزیابی شد. این شاخص با تقسیم کمترین پهنای قسمت وسط به بیشترین پهنای قسمت انتهایی (پاشنه) محاسبه شد (شکل ۱) و عدد حاصل  $SI < 0.44$  به‌عنوان قوس کف پای زیاد (کف پای گود)،  $0.44 \leq SI \leq 0.89$  به‌عنوان قوس کف پای طبیعی و  $SI > 0.89$  به‌عنوان قوس کف پای کم (کف پای صاف) در نظر گرفته شد. پس از دوازده هفته پس‌آزمون‌های تعادل و نسبت قوس اجرا شد (۱۷-۱۹).

– تعادل با آزمون سازماندهی حسی<sup>۶</sup> (SOT) دستگاه پاسچروگرافی پویای کامپیوتری<sup>۷</sup> مدل Equitest (دستگاه EQ0356) ساخت شرکت آمریکایی NeuroCom ارزیابی شد (شکل ۲) که روش کمی برای ارزیابی عملکرد کنترل راستای قامت و تعادل در حالت ایستاده است و از سیستم‌های بسیار پیشرفته بررسی متغیرهای کینتیکی و دست‌کاری سیستم‌های حسی مؤثر در کنترل راستای قامت به‌شمار می‌رود.

۵. Staheli's Plantar Arc Index (SPAI)

۶. Sensory Organization Test

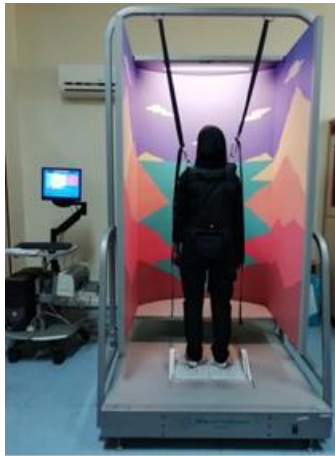
۷. Computerized dynamic posturography

۱. Allergy

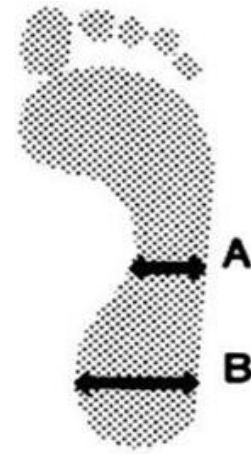
۲. Body Mass Index

۳. Navicular Drop Test (NDT)

۴. Footprint



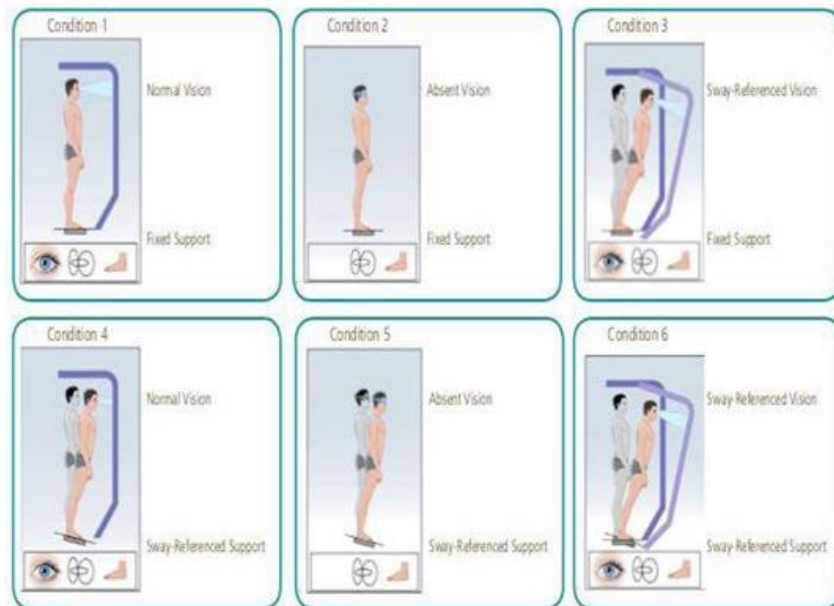
شکل ۲. نمایی از اجرای آزمون پاسچروگرافی



شکل ۱. شاخص استاهلی از تقسیم قسمت a بر قسمت b به دست می‌آید

باعث حذف اطلاعات حس عمقی می‌شود و اطلاعات سیستم دهلیزی در کنترل راستای قامت آزمون می‌شود. در وضعیت ششم، صفحه نیرو و روبه‌رو متحرک است و با ارائه آرایه‌های نامناسب بینایی سیستم دهلیزی ارزیابی می‌شود (شکل ۳). سال ۱۹۸۰ دستگاه پاسچروگرافی پویای کامپیوتری توسط ناشنر<sup>۱</sup> توسعه پیدا کرد. این دستگاه داده‌ها را به صورت کمی فراهم می‌آورد و تا حد زیادی بین اختلالات سازگاری مرکزی، حرکتی و حسی بی‌شمار، تمایز ایجاد می‌کند. استفاده از آن تنها روش معتبر تشخیصی کنترل است که سهم هر کدام از ورودی‌های دستگاه دهلیزی، بینایی، حسی‌پیکری و مکانیزم‌های یکپارچه‌سازی مرکزی و خروجی دستگاه عصبی عضلانی را برای کنترل تعادل و راستای قامت مشخص می‌کند و برای تجزیه و تحلیل مکانیزم‌های نوسان مرتبط با سن ابزار مناسبی به نظر می‌رسد (۲۰).

دستگاه پاسچروگرافی پویای کامپیوتری شامل چند خرده‌آزمون است. آزمون سازماندهی حسی مدنظر این پژوهش بود که عملکرد هریک از سیستم‌های حسی عمقی، دهلیزی و بینایی را در کنترل راستای قامت ارزیابی می‌کند و دارای شش وضعیت است. در سه وضعیت اول صفحه‌های نیرو ثابت و در سه وضعیت دیگر درجهت‌های قدامی و خلفی حرکت می‌کنند. در وضعیت اول، فرد روی سیستم قرار می‌گیرد؛ به طوری که تمامی اطلاعات حسی درگیر در کنترل راستای قامت در دسترس است. در وضعیت دوم، شرکت‌کننده با چشم بسته (چشم‌پند) آزمون می‌شود (حذف اطلاعات سیستم بینایی). در وضعیت سوم، چشم‌های فرد باز است، محیط بینایی متحرک است و منجر به ارائه آرایه‌های نادرست بینایی می‌شود. وضعیت چهارم، صفحه‌های نیرو متحرک است و اطلاعات حس عمقی دست‌کاری می‌شود. در وضعیت پنجم، چشم‌ها بسته است، صفحه نیرو متحرک



شکل ۳. شرایط آزمون SOT و دستگاه‌های حسی درگیر (۲۰)

<sup>۱</sup>. Nashner

می‌گیرند و هر خرده‌آزمون را که بیست ثانیه به طول می‌انجامد، با فواصل استراحتی یکسان و دقیق به تعداد سه بار تلاش تعریف شده برای هر وضعیت دستگاه، انجام می‌دهند (در مجموع هیجده تلاش). تمام آزمون‌ها در ساعات مشخص ۲ تا ۵ بعد از ظهر طبق برنامه در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون اجرا شد.

– کنزیوتیپ پای شرکت‌کنندگان به این ترتیب انجام گرفت که نوار<sup>۲</sup> بر اساس پای هر فرد (فاصله قوزک خارجی تا داخلی) اندازه‌گیری شد. گوشه‌های نوار به شکل گرد بریده شد تا از بلندشدن از سطح پوست جلوگیری شود. پاشنه به حالت چرخش به خارج<sup>۳</sup> قرار گرفت و نوار با کشش ۱۰۰ درصد مطابق تصویر (شکل ۴) تا یک سوم میانی استخوان ساق چسبانده شد و بلافاصله شروع به راب‌کردن<sup>۴</sup> نوار در هر دو سوی آن و تمام سطح چسب شد (۲۱).



شکل ۴. نمایی از تیپ کف پای صاف

آزمون افت استخوان ناوی (اندازه‌گیری ارتفاع ناوی) و ترسیم نقش کف پا و آزمون تعادل توسط دستگاه پاسچروگرافی در مرحله پیش‌آزمون برای تمام شرکت‌کننده‌ها در هر دو گروه در مرکز جامع توان‌بخشی هلال‌احمر تهران انجام و ثبت شد. همچنین تمام آزمون‌های مذکور پس از اتمام هشت هفته تمرینات (مرحله پس‌آزمون) در همان مرکز برای هر دو گروه مجدداً اجرا و ثبت شد. آزمون سازماندهی حسی دارای شش وضعیت است. طبق برنامه<sup>۱</sup> تعریف شده، در هر یک از این وضعیت‌ها، آزمون سه مرتبه انجام می‌گیرد و میانگین حاصل از این سه بار به عنوان شاخص کنترل راستای قامت برای آن وضعیت در نظر گرفته می‌شود. در آزمون سازماندهی حسی، صفحه‌های نیرو در سه وضعیت اول ثابت است و در سه وضعیت دیگر درجهت‌های قدامی و خلفی حرکت می‌کند. افراد با پای برهنه روی دستگاه پاسچروگرافی قرار

حرکات اسکات، پرش جفت‌پا و پرش جانبی از ۵ به ۳ کاهش یافت (۲۲). شرح برنامه تمرینی حرکات اصلاحی کف پای صاف در جدول ۱ ارائه شده است.

تمرینات پژوهش حاضر برگرفته از تحقیق اس سیواخاندیران بود. برنامه تمرینی او روی ورزشکاران حرفه‌ای انجام شد. با توجه به سطح آمادگی جسمانی و سن شرکت‌کننده‌ها، تعداد دوره‌های تکرار (Set) در

جدول ۱. پروتکل تمرینات حرکات اصلاحی کف پای صاف

نام لاتین حرکات	حجم تمرین	نوع تمرین	روز	هفته
Calf rises	۵ ست، ۱۰ مرتبه	بالا رفتن گوساله		
Step stretch	۳ ست، ۱۰ مرتبه	کشش پله	شنبه	
Towel curls	۱۰ مرتبه	جمع کردن حوله	یکشنبه	اول
Doming		حرکت گنبد	سه‌شنبه	
Toe spread & squeeze	۳ ست، ۱۰ مرتبه	باز و بسته کردن انگشتان	چهارشنبه	
		حرکت گنبد		
Towel stretch	۳ ست، ۱۰ مرتبه	کشش حوله (پا روی زمین)		
		کشش حوله (پا بالاتر از زمین حدود سی درجه)		
Tippy toe walk		راه رفتن روی پنجه	تکرار	دوم
Tennis ball exercise	۲ دقیقه، ۳ ست، استراحت بین ست ۳۰ ثانیه	غلطاندن توپ تنیس زیر کف پا		
Tip-toe coin push		پرتاب سکه با نوک انگشتان پا		
		حرکت گنبد		
Frozen can roll	۲ دقیقه، ۳ ست، استراحت بین ست ۳۰ ثانیه	غلطاندن بطری یخ زیر هر پا	تکرار	سوم

3. Supinate  
4. Rubbing

1. Protocol  
2. Tape

	پلنٹارفلکشن با باند کشی ضعیف	۵ ست، ۱۰ مرتبه	
	پرتاب سکه با نوک انگشتان پا	۲ دقیقه، ۳ ست، استراحت بین ست ۳۰ ثانیه	
Downward facing dog	حرکت سگ سر به پایین	۵ ست، ۱۰ مرتبه	
Foam roller	برداشتن توپ پینگ پنگ با انگشتان پا حرکت فوم غلتان زیر بخش خارجی ساق پا راه رفتن روی پنجه	۱۰ مرتبه	
Toe jaggig	برآمده کردن انگشتان پا	۲ دقیقه، ۳ ست، استراحت بین ست ۳۰ ثانیه	چهارم
Single leg hops	پرش تک پا		تکرار
Double leg hops	پرش تک تک		
	کشش حوله تک پا	۳ ست، ۲۰ مرتبه	
	برآمده کردن انگشتان	۳ ست، ۱۵ مرتبه	
	حرکت گنبدی		
Single leg balance-squat	اسکات و تعادل روی تک پا	۳ ست، ۱۲ مرتبه	پنجم
Standing jump	پرش ایستاده به شکل طناب زدن		تکرار
Lateral jump	پرش جانبی	۳ ست، ۳۰ مرتبه	
Single leg balance on forefoot	تعادل تک پا	۲ دقیقه، ۳ ست، استراحت بین ست ۳۰ ثانیه	
Eccentric heel drop	بالا و پایین آمدن روی پنجه، تک پا	۳ ست، ۱۰ مرتبه	
	بالا رفتن گوساله		
	حرکت گنبد	۱۰ ست، ۱۵ مرتبه	ششم
Step stretch	کشش روی استپ		تکرار
	پرش ایستاده جفت پا (به شکل طناب)	۱۰ ست، ۲۰ مرتبه	
	کشش حوله	۱۰ ست، ۲۰ مرتبه	
	راه رفتن روی نوک پنجه	۲ دقیقه، ۳ ست، استراحت بین ست ۳۰ ثانیه	
Side walk	گام به پهلو	۵ ست، ۳۰ مرتبه	هفتم
	اسکات و تعادل تک پا	۳ ست، ۱۴ مرتبه	تکرار
	پرش طناب جفت پا	۳ ست، ۳۰ مرتبه	
	برآمده کردن انگشتان پا	۵ ست، ۱۰ مرتبه	
	غلتاندن توپ تنیس زیر کف پا	۱۵ مرتبه هر پا	
	تکرار برنامه هفته هفتم	تکرار برنامه هفته هفتم	تکرار

در این پژوهش از میانگین و انحراف معیار برای توصیف داده‌ها و از

### ۳ یافته‌ها

نسخه ۲۰ در سطح معناداری ۰/۰۵ صورت گرفت. میانگین و انحراف معیار متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی شرکت‌کنندگان دو گروه آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. مقایسه ویژگی‌های جمعیت‌شناسی دو گروه با استفاده از آزمون تی مستقل نشان داد که اختلاف معناداری در متغیرهای مذکور بین دو گروه وجود نداشت ( $p > 0.05$ ).

جدول ۲. ویژگی‌های جمعیت‌شناسی نمونه‌ها

مقدار p	مقدار (t)	گروه آزمایش				گروه متغیر
		بدون تبیینگ ۱۴		با تبیینگ ۱۴		
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	تعداد شرکت‌کنندگان
۰/۲۰۴	۱/۳۱۲	۱۶/۷۰	۰/۴۸۳	۱۶/۹۰	۰/۳۱۶	سن (سال)
۰/۰۵۱	۱/۹۸۲	۱۶۲/۳۱	۵/۸۱۷	۱۵۷/۹۰	۳/۷۷۷	قد (سانتی‌متر)
۰/۰۹۳	۱/۷۴۴	۵۹/۵۰	۷/۱۸۴	۵۶/۱۰	۴/۴۳۳	وزن (کیلوگرم)
۰/۵۵۵	۰/۵۹۸	۲۲/۵۰۹	۱/۶۱۷۱	۲۲/۴۸۶	۱/۳۱۵۰	شاخص توده بدنی (BMI)

برای تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس، به ترتیب از آزمون شاپیروویلیک و آزمون لون استفاده شد. نتایج نشان داد، فرض نرمالیتی توزیع داده‌ها رد نشد ( $p > 0/05$ ). همچنین اثر متقابل گروه و مرحله در مدل خطی رگرسیون معنادار نبود ( $p > 0/05$ ): از این رو فرض همسانی شیب خطوط رگرسیونی نیز رد نشد. باتوجه به برقراری

پیش‌فرض‌های روش تحلیل کوواریانس، این روش برای بررسی اختلاف نمرات پس‌آزمون گروه‌های آزمایش به‌کار رفت. همچنین از آزمون تی زوجی برای بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی استفاده شد. نتایج مقایسه بین‌گروهی با آزمون تحلیل کوواریانس و درون‌گروهی با آزمون تی زوجی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳. شاخص‌های توصیفی متغیرهای وابسته در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه آزمایش به‌همراه نتایج روش تحلیل کوواریانس و آزمون تی زوجی

متغیر	گروه با تیپینگ		گروه بدون تیپینگ		مقدار $p$	اندازه اثر جزئی (d)	توان آزمون
	انحراف میانگین	انحراف معیار	انحراف میانگین	انحراف معیار			
تبادل وضعیت اول	پیش‌آزمون	۲/۶۱	۹۱/۴۶	۳/۴۵	۰/۲۵۱	۰/۱۴۱	۰/۲۸
	پس‌آزمون	۵/۳۲	۸۹/۰۰	۹۱/۹	۳/۹۳۶		
	مقدار $p$ درون‌گروهی	۰/۲۹۵	۰/۵۳۲				
تبادل وضعیت دوم	پیش‌آزمون	۳/۶۶	۹۲/۹۳	۲/۸	۰/۱۱۳	۰/۴۱۵	۰/۳۲
	پس‌آزمون	۵/۲	۸۶/۸	۹۲/۶۶	۴/۰۱۷		
	مقدار $p$ درون‌گروهی	< ۰/۰۰۱*	< ۰/۰۰۱*				
تبادل وضعیت سوم	پیش‌آزمون	۵/۳۲	۸۸/۶۳	۵/۰۵	۰/۰۷۱	۰/۱۵۰	۰/۴۲
	پس‌آزمون	۸/۱۲	۸۶/۵۶	۹۱/۴۳	۴/۲۲۸		
	مقدار $p$ درون‌گروهی	۰/۴۸۶	۰/۶۷۱				
تبادل وضعیت چهارم	پیش‌آزمون	۱۳/۶۳	۷۲/۹۳	۱۲/۳	۰/۸۶۲	۰/۰۲۵	۰/۱۳
	پس‌آزمون	۱۵/۲۴	۶۹/۵	۱۷/۷	۰/۶۰۹		
	مقدار $p$ درون‌گروهی	۰/۵۷۹	۰/۸۶۸				
تبادل وضعیت پنجم	پیش‌آزمون	۲۰/۹۱	۵۳/۹۶	۱۵/۱۵	۰/۲۶۰	۰/۱۹۰	۰/۲۴
	پس‌آزمون	۱۱/۸۸	۶۰/۲	۶۰/۲۳	۳/۶۳۵		
	مقدار $p$ درون‌گروهی	۰/۳۸۴	۰/۰۵۵				
تبادل وضعیت ششم	پیش‌آزمون	۲۲/۷۸	۴۵/۵۳	۱۳/۷۰۶	۰/۳۱۴	۰/۳۲۲	۰/۲۱
	پس‌آزمون	۱۵/۵۸	۴۵/۵۶	۴۷/۸۳	۳/۱۳۵		
	مقدار $p$ درون‌گروهی	۰/۱۴۲	۰/۰۷۵				
نقش کف پای راست	پیش‌آزمون	۱/۸۲	۴/۵۱	۱/۰۲	۰/۲۸۱	۰/۱۵۲	۰/۲۴
	پس‌آزمون	۱/۹۵	۳/۹۲	۳/۴۲	۳/۲۲۱		
	مقدار $p$ درون‌گروهی	< ۰/۰۰۱*	< ۰/۰۰۱*				
نقش کف پای چپ	پیش‌آزمون	۱/۷	۴/۳۸	۱/۰۹	۰/۱۲۵	۰/۱۵۰	۰/۴۴
	پس‌آزمون	۱/۸۴	۳/۸	۳/۵۲	۴/۱۲۵		
	مقدار $p$ درون‌گروهی	< ۰/۰۰۱*	< ۰/۰۰۱*				
ارتفاع استخوان ناوی پای راست	پیش‌آزمون	۰/۸۵	۳/۱۹	۰/۵۲	۰/۱۳۶	۰/۳۹۹	۰/۴۱
	پس‌آزمون	۰/۷۹	۳/۷	۳/۸	۴/۱۶۵		
	مقدار $p$ درون‌گروهی	< ۰/۰۰۱*	< ۰/۰۰۱*				
ارتفاع استخوان ناوی پای چپ	پیش‌آزمون	۰/۹۳	۳/۲۶	۰/۴۲	۰/۲۴۰	۰/۳۸۵	۰/۳۲
	پس‌آزمون	۰/۸۷	۳/۶۱	۳/۸۱	۳/۰۱۷		
	مقدار $p$ درون‌گروهی	< ۰/۰۰۱*	< ۰/۰۰۱*				

$p < 0/05^*$

بر اساس یافته‌های جدول ۳، نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد، پس از حذف اثر نمرات پیش‌آزمون بر نمرات پس‌آزمون، بین دو گروه اختلاف معناداری در تعادل‌های اول ( $p = 0/251$ )، دوم ( $p = 0/113$ )، سوم ( $p = 0/071$ )، چهارم ( $p = 0/862$ )، پنجم ( $p = 0/260$ ) و ششم ( $p = 0/314$ ) و نقش کف پای راست ( $p = 0/281$ ) و نقش کف پای چپ ( $p = 0/125$ ) و افزایش ارتفاع استخوان ناوی راست ( $p = 0/136$ ) وجود نداشت و استفاده از کنزیوتیپ نتوانست اثر تمرینات اصلاحی را تسهیل کند؛ ولی نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه‌های درون‌گروهی مشخص کرد، حرکات اصلاحی بر نقش کف پای راست و چپ ( $p < 0/001$ )، افزایش ارتفاع استخوان ناوی پای راست و چپ ( $p < 0/001$ ) و تعادل ایستا با چشم بسته در وضعیت دوم ( $p < 0/001$ ) تأثیر معنادار داشت؛ همان‌طور که

از افزایش ارتفاع استخوان ناوی چپ ( $p = 0/240$ ) وجود نداشت و استفاده از کنزیوتیپ نتوانست اثر تمرینات اصلاحی را تسهیل کند؛ ولی نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه‌های درون‌گروهی مشخص کرد، حرکات اصلاحی بر نقش کف پای راست و چپ ( $p < 0/001$ )، افزایش ارتفاع استخوان ناوی پای راست و چپ ( $p < 0/001$ ) و تعادل ایستا با چشم بسته در وضعیت دوم ( $p < 0/001$ ) تأثیر معنادار داشت؛ همان‌طور که

در جدول ۳ مشاهده می‌شود، اندازه اثر مشاهده شده و توان آزمون بسیار کم است و این یافته احتمالاً ناشی از کم بودن حجم نمونه است.

#### ۴ بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی تمرینات حرکات اصلاحی با و بدون کنزیوتیپ بر تعادل و صافی کف پای دانش‌آموزان دختر ۱۵ تا ۱۷ سال انجام شد. تحقیقات بسیاری در زمینه تمرینات اصلاحی، تعادل و کف پای صاف صورت گرفته است. بیشتر پژوهش‌ها توسط آزمون ستاره (۲۳) و بایودکس (۲۴-۲۶) انجام شده است. پژوهشی مشابه با مطالعه حاضر که تعادل را با استفاده از دستگاه پاسچروگرافی بسنجد، یافت نشد. تفاوت‌هایی که این سنجش در وضعیت چشم باز و بسته در تعادل ایستا و پویا با دست‌کاری سیستم‌های حسی درگیر در کنترل راستای قامت در ثبت اطلاعات عرضه می‌کند، بسیار دقیق است؛ ولی شرایط مقایسه با تحقیق‌های مشابه فراهم نشد؛ بنابراین به بررسی و مقایسه نتایج و شرایط گوناگون پژوهش‌های مشابه در بخش‌های متعدد و مقایسه همسویی و ناهم‌سویی پرداخته می‌شود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد، حرکات اصلاحی بر نقش کف پای راست و چپ، افزایش ارتفاع استخوان ناوی پای راست و چپ و تعادل ایستا با چشم بسته در وضعیت دوم تأثیر معنادار داشت. نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر با نتایج پژوهش سیواخاندیران و کومار همسوست. آن‌ها با ارائه برنامه تمرینی طی دوازده هفته برای ورزشکاران حرفه‌ای دچار کف پای صاف به سطح معناداری رسیدند و در مقایسه با پیش‌آزمون، ارتفاع قوس طولی کف پا و استخوان ناوی بهبود یافت. تمرینات هفته‌ای پنج جلسه اجرا شد و نتایج حاکی از رفع کامل صافی کف پا بود (۲۲). همچنین همسو با نتایج پژوهش حاضر، فکور رشید و دانشمندی در پژوهشی به بررسی اثر شش هفته‌ای برنامه‌ای اصلاحی بر بهبود کف پای صاف و تعادل ایستای پسران ۱۰ تا ۱۲ سال بر ۳۵ نمونه گروه تجربی و ۱۵ نمونه بدون عارضه کف پای صاف در گروه گواه پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که شش هفته تمرینات اصلاحی به طور معناداری ارتفاع قوس طولی کف پا و تعادل ایستا را بهبود می‌بخشد (۲۴). در کف پای صاف منعطف، پا از حالت طبیعی خود خارج می‌شود، قوس پا کاهش پیدا می‌کند و تا درجات متفاوتی باعث نیمه‌دررفتگی استخوان‌های میانی کف پا می‌شود؛ در حالی که لیگامان‌ها و کپسول مفصلی دچار کشش می‌شود. در پای بیش‌ازحد چرخش یافته به داخل<sup>۱</sup>، نقص لیگامان‌ها و مفصل پای آسیب دیده می‌تواند مکانیزم حس عمقی مفصل را که منجر به تغییرات موضعی در الگوی حرکت می‌شود، مختل کند و ممکن است بر توانایی شخص در پاسخ مؤثر بر اختلالات اثرگذار باشد (۴).

یکی دیگر از نتایج تحقیق حاضر این بود که استفاده یا عدم استفاده از کینزیوتیپ تأثیری معنادار بر تعادل پویا نداشت. لیستورینی و همکاران مطالعه‌ای با عنوان «تأثیرپذیری تعادل پویا: مقایسه بین قدرت عضلات پا با و بدون استفاده از باند الاستیکی در کودکان ۸ تا ۱۲ سال دارای کف پای صاف منعطف» انجام دادند (۲۳) که نتایج تحقیق آن‌ها با

نتایج پژوهش حاضر ناهم‌سوست. لیستورینی و همکاران عنوان کردند، تعادل پویا در گروه آزمایش در طول شش هفته انجام تمرینات حرکات اصلاحی در مقایسه با گروه گواه به طور معناداری بهتر بود و تمرینات با باند الاستیکی مؤثر بوده است (۲۳). از علل ناهم‌سویی در بهبود تعادل، می‌توان به تفاوت در دقت اندازه‌گیری و سنجش تعادل اشاره کرد؛ چراکه آزمون تعادل ستاره، نوع لغزش و جابه‌جایی‌های مرکز ثقل را بدون تغییر مکانی کف پا در امتیازدهی لحاظ نمی‌کند. در پژوهش الشامی و قیت، تأثیرات کف پای صاف منعطف بر ثبات راستای قامت و تعادل پویا در دختران نوجوان با سیستم بایودکس در سطح شش و هشت سنجیده شد. گروه آزمایش پانزده نفر با کف پای صاف منعطف و گروه گواه پانزده نفر با کف پای طبیعی و سالم بودند. نتایج حاکی از کاهش کنترل راستای قامت و تعادل پویای گروه آزمون در مقایسه با گروه گواه بود (۲۵). چرخش بیش‌ازحد کف پا به داخل (پرونیت) که منتج به صافی قوس طولی میانی پا می‌شود، نیاز بیشتری را در سیستم عصبی-عضلانی برای ثبات پا و تقویت راستای قامت مناسب که ناشی از اجرای ضعیف تعادل بوده، ایجاد می‌کند (۴).

باتوجه به اینکه پا بخشی از زنجیره اندام تحتانی محسوب می‌شود و نمایانگر نسبی پایه کوچک حمایت روی اندامی است که تعادل بدن را نگه می‌دارد، مستدل به نظر می‌رسد که حتی جایگزین جزئی بیومکانیکی در سطح حمایتی ممکن است بر استراتژی‌های کنترل راستای قامت تأثیرگذار باشد (۲۷). تی‌سای و همکاران نیز بیان کردند، نمونه‌های دارای کف پای صاف، کنترل وضعیتی ضعیف‌تری در مقایسه با نمونه‌های پای طبیعی دارند. این امر ممکن است در نتیجه ثبات کاهش یافته در مفاصل پا<sup>۲</sup> باشد (۱۱). گادا محمد کورا و همکاران در پژوهشی به بررسی اثربخشی پای پرونیشن بر ثبات راستای قامتی، روی چهل شرکت‌کننده مرد و زن در دامنه سنی ۲۲ تا ۲۵ سال در دو گروه با کف پای صاف و با کف پای نرمال از طریق ارزیابی بایودکس پرداختند. نتایج مشخص کرد، افراد دارای کف پای صاف در مقایسه با افراد دارای پای طبیعی، تعادل پویای کمتری دارند (۲۶)؛ بنابراین مقایسه افراد با کف پای صاف و افراد با کف پای نرمال در سنجش تعادل ایستا و پویا به نتایج متفاوت منجر می‌شود. از دیگر علل تفاوت می‌توان به نوع ارزیابی تعادل اشاره کرد. چائو و جیانگ ثبات قامتی را در مدت وضعیت قائم ایستادن میان افراد دارای کف پای صاف و افراد دارای کف پای طبیعی، بر اساس اندازه‌گیری مرکز فشار (COP)<sup>۳</sup> در تعادل ایستا در وضعیت چشم بسته و باز، توسط صفحه نیرو و اندازه‌گیری مرکز فشار ارزیابی کردند. آن‌ها تفاوت معناداری را در مقایسه دو وضعیت چشم باز و بسته در تعادل ایستا مشاهده کردند. آن‌ها خاطر نشان کردند که برای بررسی تعادل باید هر دو وضعیت چشم باز و بسته مدنظر قرار گیرد (۲۸)؛ بنابراین در مطالعه آن‌ها بررسی تفاوت بین افراد دارای پای صاف و افراد با کف پای طبیعی در حذف سیستم بینایی در بررسی تعادل لحاظ شد.

هولمز و همکاران در پژوهش خود از تیپ‌های کم‌رنگ تغییر یافته برای اصلاح غیرهمترازی مفصل سابلار در پای پرونیت استفاده کردند

3. Center of pressure

4. Force plate

1. Pronated

2. Foot

و گزاری در خصوص اصلاح درخور توجه مفصل ساب تالار ارائه دادند (۲۹). شیلدز و همکاران تأثیر تیپینگ الاستیکی بر کنترل قامت در افراد دارای مچ پای سالم و ناپایداری را بررسی کردند. ارزیابی کنترل قامت قبل از استفاده از نوار، بلافاصله پس از استفاده از نوار، ۲۴ ساعت پس از استفاده از نوار و بلافاصله پس از برداشتن نوار انجام شد. مطالعه آن‌ها نیز نتوانست تأثیرات مثبت قاطع مرتبطی را پس از استفاده از تیپینگ در مچ پا نشان دهد (۱۳). همچنین مفصل مچ پا از طریق یک سری حمایت‌کننده‌های دیگر شامل مقاومت غیرفعال لیگامنت‌ها در ترکیب با مقاومت فعال عضلات و تاندون‌ها محافظت می‌شود (۳۰). لووکوسوآرز و همکاران در بررسی اثر کنزیوتیپ بر کف پای صاف طی ۲۴ ساعت گزارش کردند، تأثیر معناداری در اثربخشی استفاده ۲۴ ساعته کنزیوتیپ مشاهده نشد؛ ازین رو آن‌ها استفاده مستمر از کنزیوتیپ را در مطالعه‌ای مشابه پیشنهاد کردند (۲۱). در پژوهش حاضر براساس پیشنهاد‌های پژوهش‌های قبل، روش چسباندن کنزیوتیپ در طی ۳۲ جلسه مداخله اجرا شد، ولی بین دو گروه با و بدون تیپ تأثیر معناداری بر صافی کف پا و تعادل مشاهده نشد. محدودیت‌های تحقیق حاضر این بود که حجم نمونه کم بود، شرکت‌کنندگان صرفاً دختر بودند و طول دوره مداخله هشت هفته بود؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود، در آینده پژوهش‌های بیشتری با شرکت‌کنندگان بیشتر در گروه‌های سنی مختلف و شرکت‌کننده‌های مرد و همچنین افزایش هفته‌های تمرین انجام شود.

## ۵ نتیجه‌گیری

در این پژوهش، طبق یافته‌های درون‌گروهی، تمرینات اصلاحی علاوه بر بهبود عارضه کف پای صاف دانش‌آموزان دختر می‌تواند بر تعادل ایستا در وضعیت چشم بسته نیز اثرگذار باشد که می‌توان به افزایش قوس‌های داخلی کف پا و ارتفاع استخوان ناوی اشاره کرد؛ اما بر تعادل ایستا در دو وضعیت چشم باز و وضعیت به‌هم‌ریختگی آرایه‌های بینایی و تعادل پویا در هر سه وضعیت چشم باز، چشم بسته و به‌هم‌ریختگی آرایه‌های بینایی اثرگذار نیست. همچنین براساس نتایج پژوهش، استفاده از کنزیوتیپ نتوانسته است اثر تمرینات اصلاحی را تسهیل کند؛ ازین رو برای بهبود عارضه کف پای صاف و همچنین

## ۶ تشکر و قدردانی

از تمامی شرکت‌کنندگان، والدین گرامی، مسئولان مرکز جامع توان‌بخشی هلال‌احمر تهران، مسئولان اداره کل آموزش و پرورش تهران، مدیریت و کادر آموزشی دبیرستان حاجیه ساعد منطقه شانزده که در انجام این پژوهش ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از خانم دکتر عاطفه طالبی عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی ایران برای انجام محاسبات آماری، سپاسگزاری می‌شود.

## ۷ بیانیه‌ها

**تأییدیه اخلاقی و رضایت‌نامه از شرکت‌کنندگان**  
برای انجام این پژوهش رضایت‌نامه کتبی از شرکت‌کنندگان و والدین آن‌ها دریافت شد.

### رضایت برای انتشار

این امر غیر قابل اجرا است.

### در دسترس بودن داده‌ها و مواد

اطلاعات مربوط به تجزیه و تحلیل داده‌ها نزد محقق به آدرس ایمیل [ela.zarean@gmail.com](mailto:ela.zarean@gmail.com) محفوظ است.

### تضاد منافع

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته تربیت بدنی گرایش حرکات اصلاحی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق است. نویسندگان اعلام می‌کنند هیچ‌گونه تضاد منافی ندارند.

### منابع مالی

تمامی منابع مالی این تحقیق توسط نویسنده اول تأمین شده است.

### مشارکت نویسندگان

نویسنده اول جمع‌آوری داده‌ها و نوشتن مقاله را انجام داد. نویسنده دوم استاد راهنمای پروژه بود و مقاله را در تمام بخش‌ها بررسی و تأیید کرد. نویسنده سوم استاد مشاور بود و راهنمایی‌های لازم را در بخش مقدمه انجام داد.

## References

- 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.
- Morley JB, Decker LM, Dierks T, Blanke D, French JA, Stergiou N. Effects of varying amounts of pronation on the mediolateral ground reaction forces during barefoot versus shod running. *J Appl Biomech*. 2010;26(2):205–14. <https://doi.org/10.1123/jab.26.2.205>
- Hintermann B, Nigg BM. Pronation in runners: implications for injuries. *Sports Medicine*. 1998;26(3):169–76. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826030-00003>
- 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(1):41–6.
- Garcia-Rodriguez A, Martín-Jiménez F, Carnero-Varo M, Gómez-Gracia E, Gómez-Aracena J, Fernández-Crehuet J. Flexible flat feet in children: a real problem? *Pediatrics*. 1999;103(6):84. <https://doi.org/10.1542/peds.103.6.e84>
- Radwan NL, Ibrahim MM, Eid MA, Aly SM. The long-term effect of foot insoles on kinetic gait parameters in female children with flexible flat foot. *International Medical Journal*. 2020;25(2):485–94.
- Aydog ST. Relation between foot arch index and ankle strength in elite gymnasts: a preliminary study. *Br J Sports Med*. 2005;39(3):e13. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2004.011627>
- Karatas L, Vuralli D, Günendi Z. The effect of medial longitudinal arch height and medial longitudinal arch support insoles on postural balance in perimenopausal women. *Turk J Med Sci*. 2019;49(3):755–60. <https://dx.doi.org/10.3906/sag-1808-39>

9. Levinger P, Murley GS, Barton CJ, Cotchett MP, McSweeney SR, Menz HB. A comparison of foot kinematics in people with normal- and flat-arched feet using the Oxford Foot Model. *Gait & Posture*. 2010;32(4):519–23. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.07.013>
10. Charrette M. Foot pronation and posture. *Dynamic Chiropractic*. 2004;22(22).
11. Tsai LC, Yu B, Mercer VS, Gross MT. Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;36(12):942–53. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2336>
12. Lanza IR, Russ DW, Kent-Braun JA. Age-related enhancement of fatigue resistance is evident in men during both isometric and dynamic tasks. *J Appl Physiol*. 2004;97(3):967–75. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01351.2003>
13. Shields CA, Needle AR, Rose WC, Swanik CB, Kaminski TW. Effect of elastic taping on postural control deficits in subjects with healthy ankles, copers, and individuals with functional ankle instability. *Foot Ankle Int*. 2013;34(10):1427–35. <https://doi.org/10.1177/1071100713491076>
14. Yoshida A, Kahanov L. The effect of kinesio taping on lower trunk range of motions. *Res Sports Med*. 2007;15(2):103–12. <https://doi.org/10.1080/15438620701405206>
15. Chang Y, Wu H, Hung W, Chiu Y. Effect of ankle taping on standing balance in the individuals with functional ankle instability. In: 28 International Conference on Biomechanics in Sports [Internet]. Marquette, Michigan, USA; 2010.
16. Mathieson I, Upton D, Prior TD. Examining the validity of selected measures of foot type. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2004;94(3):275–81. <https://doi.org/10.7547/0940275>
17. Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch. a survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg Am*. 1987;69(3):426–8.
18. Rithanya P, Babu KY, Mohanraj KG. Assessment of flat foot by plantar arch index using footprint in aged population. *Drug Invention Today*. 2018;10(11):2142–5.
19. Menz HB, Munteanu SE. Validity of 3 clinical techniques for the measurement of static foot posture in older people. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005;35(8):479–86. <https://doi.org/10.2519/jospt.2005.35.8.479>
20. Rashidzadeh P, Mousavi Sadati SK. Cerebellar transcranial direct current stimulation on kinetic variables of postural control and balance of elderly people. *Middle Eastern Journal of Disability Studies*. 2019;9:119. [Persian] <http://jdisabilstud.org/article-1-1239-en.html>
21. Luque-Suarez A, Gijon-Nogueron G, Baron-Lopez FJ, Labajos-Manzanares MT, Hush J, Hancock MJ. Effects of kinesiotaping on foot posture in participants with pronated foot: a quasi-randomised, double-blind study. *Physiotherapy*. 2014;100(1):36–40. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2013.04.005>
22. Sivachandiran S, Kumar GV. Effect of corrective exercises programme among athletes with flat feet on foot alignment factors. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*. 2016;3(6):193–6.
23. Listyorini I, Shanti M, Prabowo T. Effectiveness in dynamic balance: a comparison between foot muscle strengthening using elastic band and without elastic band in children aged 8–12 with flexible flatfeet. *International Journal of Integrated Health Sciences*. 2015;3(1):26–32. <https://doi.org/10.15850/ijihhs.v3n1.404>
24. Fakoor Rashid H, Daneshmandi H. The effects of a 6 weeks corrective exercise program on improving flat foot and static balance in boys. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2014;1(2):52–66. [Persian] [https://jpsbs.birjand.ac.ir/article\\_37.html?lang=en](https://jpsbs.birjand.ac.ir/article_37.html?lang=en)
25. El-Shamy FF, Ghait AS. Effect of flexible pes planus on postural stability in adolescent females. *International Journal of Science and Research(IJSR)*. 2014;3(7):653–6.
26. Koura GM, Elimy DA, Hamada HA, Fawaz HE, Elgendy MH, Saab IM. Impact of foot pronation on postural stability: an observational study. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2017;30(6):1327–32. <https://doi.org/10.3233/bmr-170886>
27. Moon D, Kim K, Lee S. Immediate effect of short-foot exercise on dynamic balance of subjects with excessively pronated feet. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(1):117–9. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.117>
28. Chao TC, Jiang B. A comparison of postural stability during upright standing between normal and flatfooted individuals, based on COP-Based Measures. *Entropy*. 2017;19(2):76. <https://doi.org/10.3390/e19020076>
29. Holmes CF, Wilcox D, Fletcher JP. Effect of a modified, low-dye medial longitudinal arch taping procedure on the subtalar joint neutral position before and after light exercise. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2002;32(5):194–201. <https://doi.org/10.2519/jospt.2002.32.5.194>
30. Yoon KS, Park SD. The effects of ankle mobilization and active stretching on the difference of weight-bearing distribution, low back pain and flexibility in pronated-foots subjects. *J Exer Rehabil*. 2013;9(2):292–7. <https://dx.doi.org/10.12965/jer.130013>