Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

May and June 2023. Volume 12. Num 2

Research Paper

Comparison of Static Balance Performance and Plantar Selected Parameters of Dominant and Non-dominant Leg in Active Adolescent's Female With Ankle Pronation

Zahra Koreili[1], *Ali Fatahi[1], Mohammad Ali Azarbaijany[2], Ali Sharifnezhad[3]

1. Department of Exercise Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Science, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Science, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Department of Sport Biomechanics and Technology, Sport Science Research Institute, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Koreili Z, Fatahi A, Azarbaijany MA, Sharifnezhad A. [Comparison of Static Balance Performance and Plantar Selected Parameters of Dominant and Non-dominant Leg in Active Adolescent's Female With Ankle Pronation (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2023; 12(2):306-319. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.2.7

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.2.7

CC BY NC

ABSTRACT

Background and Aims One of the most important structural abnormalities in the foot is the decrease in the height of the medial longitudinal arch when bearing body weight, which causes deformity in the ankle and its pronation. The present study aims to compare static balance, posture, and selected plantar parameters in adolescent girls with ankle pronation and healthy peers.

Methods This is quasi-experimental and causal-comparative study. Participants were 32 active healthy adolescent girls and 32 adolescent girls with ankle pronation aged 14-17 years. The NewYork digital test was used to assess their posture. The Chippaux-Smirak index (CSI) was used to evaluate their foot arch, and the navicular drop test was used to determine the amount of foot pronation. Romberg test (with eyes closed) was used to assess their static balance. Kolmogorov Smirnov test was used to check the normality of data distribution. Independent t-test was used to compare selected plantar parameters and static balance of two groups, and Mann-Whitney U test was used to compare the postural abnormalities of the two groups. The data analysis was done in SPSS v. 22 software. The significance level was set at 0.05

Results Among postural abnormalities, the prevalence of forward head (1.1%), uneven shoulders (3.6%), lordosis (8.3%), kyphosis (1.6%), knee varus (0.8%), knee valgus (0.12%), heel valgus (6.2%) and heel varus (%1.2) were higher in girls with ankle pronation. There was significant difference between the two groups in the navicular drop of dominant foot (P=0.00) and non-dominant foot (P=0.03), the CSI of dominant foot (P=0.00) and non-dominant foot (P=0.03), and Romberg balance test score (P=0.00).

Conclusion Adolescent girls with ankle pronation have more abnormalities compared to their healthy peers. The mechanical changes in their posture increased the development of lordosis, heel valgus, navicular drop, and CSI, and reduced their balance in them.

Keywords Balance, Pronation, Dominant foot, Non-dominant leg, Adolescents

Received: 09 Sep 2021
Accepted: 02 Oct 2021
Available Online: 21 May 2023

Corresponding Author:
Ali Fatahi, PhD.
Address: Department of Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sports Science, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Tel: +98 (912) 5607581
E-Mail: ali.fatahi@iauctb.ac.ir

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

Extended Abstract

Introduction

The ankle joint is the last part of the lower-limb chain which has an important role in providing stability and movement. The ankle joint, in comparison with the other parts of the body, due to bearing the weight and the reaction force, undergoes more structural deviations. One of the most important structural deviations is the decrease of arch height, which can cause flat foot and pronation of ankle. In this deformity, the head of the talus and navicular bone rotates inward and downward and the center of gravity shifts inward. Considering that the weight of the upper limb is transferred through the spine to the pelvic girdle and then to the feet, pronation of the ankle can possibly cause other deformities such as inward rotation of Tibia bones, knee valgus, and hallux valgus, which increase the stress on proximal parts of metatarsus and metatarsophalangeal joints.

The stability of the ankle joint is created by Talus tilt (inward or outward rotation of the Talus on anterior-posterior plane) and Talus shift (movement inward or outward). Several studies have reported that, one of the primary reasons for balance impairment is ankle abnormalities such that people with ankle abnormalities have lower balance ability compared to healthy individuals. In addition, they have reported great differences between healthy people and individuals with ankle abnormalities in medial longitudinal arch, heel width, toe width, foot length, plantar indicators, and the time of reaching stability and suggest that ankle abnormalities including flat foot are the factors causing balance impairment and increase in ankle injuries.

Therefore, evaluating postural control ability in different age groups can give useful information about their body conditions. The present study aims to compare the static balance, postural abnormalities, and selected plantar parameters of dominant and non-dominant feet in adolescent girls with ankle pronation and their active healthy peers.

Materials and Methods

This is a quasi-experimental study with a cross-sectional design. Participants were 32 active healthy adolescent girls and 32 adolescent girls with ankle pronation aged 14-17 years. First, their body height and weight were measured. Then, their dominant and non-dominant foot were determined using the fall test with eyes closed and the Waterloo Footedness questionnaire. The NewYork digital test was used to assess their posture in anterior, posterior and lateral planes. The Chippaux-Smirak Index (CSI) was used to evaluate their foot arch, and the navicular drop test was used to determine the amount of foot pronation. Romberg test (with eyes closed) was used to assess their static balance. Data analysis was done using independent t-test and Mann-Whitney U test in SPSS software, version 23. The significance level was set at 0.05.

Results

The results showed that among postural abnormalities, the prevalence of forward head (1.1%), uneven shoulders (3.6%), lordosis (8.3%), kyphosis (1.6%), knee varus (0.8%), knee valgus (0.12%), heel valgus (6.2%) and heel varus (%1.2) were higher in girls with ankle pronation. There was significant difference between the two groups in the navicular drop of dominant foot (P=0.00) and non-dominant foot (P=0.03), the CSI of dominant foot (P= 0.00) and non-dominant foot (P=0.03), and Romberg balance test score (P=0.00).

Conclusion

The adolescent girls with ankle pronation have more postural abnormalities compared to their active healthy peers. The mechanical changes in their posture increased the development of lordosis, heel valgus, navicular drop, and CSI, and reduced their balance. Furthermore, biomechanical changes due to ankle pronation can cause improper distribution of plantar pressure and dysfunction in lower limb muscles, because the anatomical structure of the foot arch has a significant role in regulating and distributing pressure in the ankle joint and in other parts of the body; therefore, the occurrence of plantar abnormalities such as flat foot and ankle pronation have negative effect on the posture and balance of girls.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of Sport Sciences Research Institute of Iran (Code: IR.SSRI.REC.1400.1181). All ethical principles were considered in this article. The participants were informed about the study objectives and methods. They were also assured of the confidentiality of their information and were free to leave the study at any time, and if desired, the research results would be available to them.

Funding

This article was extracted from the PhD dissertation of Zahra Koreili, approved by the Department of Exercise Biomechanics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University. This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

The authors contributed equally to preparing this paper.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

مقایسه عملکرد تعادلی ایستا و پارامترهای منتخب پلانتار پای برتر و غیربرتر در بین دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به ناهنجاری پرونیشن مچ پا

زهرا کریلی[۱]، *علی فتاحی[۱]، محمد علی آذربایجانی[۲]، علی شریف نژاد[۳]

۱. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۳. گروه بیومکانیک و فناوری ورزشی، پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Koreili Z, Fatahi A, Azarbaijany MA, Sharifnezhad A. [Comparison of Static Balance Performance and Plantar Selected Parameters of Dominant and Non-dominant Leg in Active Adolescent's Female With Ankle Pronation (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2023; 12(2):306-319. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.2.7

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.2.7

CC BY

چکیده

مقدمه و اهداف یکی از مهم‌ترین و متغیرترین ویژگی‌های ساختاری پا، کاهش ارتفاع قوس طولی داخلی هنگام تحمل وزن بدن است که موجب بدشکلی در ساختار اسکلتی مچ پا و عارضه پرونیشن می‌شود. تحقیق حاضر با هدف مقایسه عملکرد تعادلی ایستا و پارامترهای منتخب پلانتار پای برتر و غیربرتر در بین دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به ناهنجاری پرونیشن مچ پا انجام شد.

مواد و روش‌ها این مطالعه از نوع نیمه تجربی و علی‌مقایسه‌ای است. شرکت‌کنندگان ۳۲ دختر نوجوان سالم فعال و ۳۲ دختر نوجوان مبتلا به پرونیشن مچ پا در سنین ۱۴-۱۷ سال بودند که به‌صورت تصادفی و دردسترس انتخاب شدند. برای ارزیابی وضعیت بدنی از دستگاه تست نیویورک، سنجش افت استخوان ناوی از روش برودی، ارزیابی قوس کف پا از طریق شاخص جیپاکس–اسمیراک و بررسی تعادل ایستا با آزمون رومبرگ با چشمان بسته استفاده شد. به منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف و برای مقایسه پارامترهای منتخب پلانتار و تعادل ایستا دختران نوجوان سالم و مبتلا به پرونیشن از آزمون تی مستقل و برای مقایسه وضعیت بدنی دو گروه، بنا بر عدم نرمال بودن توزیع داده‌های از آزمون ناپارامتریک یومن ویتنی با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ در سطح معناداری ($P\leq ۰/۰۵$) استفاده شد.

یافته‌ها در پارامترهای منتخب ارزیابی وضعیت بدنی، مقادیر میانگین متغیرهای سر به جلو (۱/۱)، شانه نابرابر (۳/۶)، لوردوز کمری (۸/۳)، کایفوز پشتی (۱/۶)، زانوی پرانتزی (۰/۸)، زانوی ضربدری (۰/۱۲)، والگوس پاشنه (۶/۲) و واروس پاشنه (۱/۲)، در گروه دختران نوجوانان مبتلا به پرونیشن بالاتر از گروه سالم گزارش شد. باوجوداین در پارامترهای منتخب پلانتار، فقط در بین افت استخوان ناوی در پای برتر ($P=۰/۰۰$) و غیر برتر ($P=۰/۰۳$) و همچنین شاخص کف پای برتر ($P=۰/۰۰$) و پای غیر برتر ($P=۰/۰۳$) اختلاف معنادار دیده شد؛ به‌علاوه بین تعادل ایستا دختران نوجوان فعال و مبتلا به پرونیشن نیز اختلاف معناداری مشاهده شد ($P=۰/۰۰$).

نتیجه‌گیری دختران نوجوان مبتلا به پرونیشن از ناهنجاری‌هایی بیشتر نسبت به دختران نوجوان سالم برخوردارند و تغییرات مکانیکی به‌وجودآمده در وضعیت بدنی موجب افزایش لوردوز کمر و والگوس پاشنه، افت بیشتر استخوان ناوی، افزایش شاخص صافی کف پا وکاهش عملکرد تعادلی در بین دختران نوجوان مبتلا به پرونیشن نسبت به دختران نوجوان سالم شده است.

کلیدواژه‌ها تعادل، پرونیشن، پای برتر و غیربرتر، دختران نوجوان، فعال

تاریخ دریافت: ۱۸ شهریور ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۱۰ مهر ۱۴۰۰
تاریخ انتشار: ۱۱ اردیبهشت ۱۴۰۲

* **نویسنده مسئول:**
دکتر علی فتاحی
نشانی: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، گروه بیومکانیک ورزشی.
تلفن: ۵۶۰۷۵۸۱ (۹۱۲) ۹۸+
رایانامه: ali.fatahi@iauctb.ac.ir

مقدمه

مچ پا آخرین سگمنت در انتهای زنجیره حرکتی اندام تحتانی است که نقش بسزایی در جذب نیرو، توزیع فشار، حفظ تعادل و انتقال بدن دارد [۱]. ساختار آناتومیکی پا در هنگام تحمل وزن بدن و جابه‌جایی همانند یک اهرمی سخت عمل می‌کند که با تغییرات بیومکانیکی به‌وجودآمده در هریک از بخش‌های بدن و سطح زمین جهت حفظ تعادل و کنترل پاسچر سازگاری ایجاد می‌کند [۲]. اولین و مهم‌ترین روش برای تعیین و تشریح وضعیت نرمال و غیرنرمال ساختار پا، مشاهدات عینی است [۳]. ارزیابی پا در هنگام ایستادن و راه رفتن، معیار مناسبی برای بررسی وضعیت ساختاری و تفاوت‌های عملکردی در بین افراد سالم و دچار ناهنجاری می‌باشد [۴]. یکی از مهم‌ترین و متغیرترین ویژگی‌های ساختاری مچ پا کاهش ارتفاع قوس طولی داخلی هنگام تحمل وزن بدن است که موجب عارضه کف پای صاف [۱] و پرونیشن [۲] می‌شود [۵].

در این ناهنجاری سر استخوان تالوس [۳] و ناویکولار [۴] به سمت داخل-پایین می‌چرخد و راستای مرکز گرانش به سمت داخل مایل می‌شود. به‌گونه‌ای‌که برآیند این‌ها موجب بروز عارضه کف پای‌صاف [۵] می‌شود [۶]. از طرف دیگر، باتوجه‌به اینکه وزن اندام فوقانی از طریق ستون فقرات به کمربند لگنی و سپس پاها انتقال داده می‌شود [۷]، هر گونه تغییراتی در ساختار مجموعه پا می‌تواند در بروز ناهنجاری در سایر بخش‌های بدن مثل چرخش داخلی استخوان‌های تیبیا، زانوی ضربدری [۶]، شست کج [۷] و به دنبال آن افزایش استرس بر روی بخش‌های پروگزیمال مفاصل متاتارس و فالانژیال [۸] تأثیرگذار باشد [۸].

یکی از مهم‌ترین وظایف سیستم حرکتی انسان تعادل یا حفظ مرکز ثقل در سطح اتکا و محدوده ثبات است که نیازمند ارتباط پیچیده و هماهنگ بین سیستم‌های عصبی و اسکلتی‌عضلانی است [۹]. از مهم‌ترین عواقب نامطلوب ناهنجاری پرونیشن، کاهش بازخورد درون‌دادهای محیطی و گیرنده‌های حسی‌عمقی عضلات پیرامون مفصل مچ پا است که موجب بروز تغییراتی در کنترل سیستم عصبی‌عضلانی و عملکرد تعادلی خواهد شد [۱۰]. تعادل در زنجیره حرکتی بسته به بازخورد حرکات مفاصل مچ پا، زانو و لگن متکی است. بنابراین هرگونه تغییرات بیومکانیکی و ناهنجاری های ساختار مچ پا ممکن است بر روی عملکرد تعادلی و کنترل پاسچر افراد تأثیر بگذارد [۳]. به‌علاوه پایداری مفصل مچ پا به‌وسیله تیلت تالوس [۹] (چرخش داخلی یا خارجی تالوس حول محور قدامی–خلفی) و شیفت تالوس [۱۰] (حرکت انتقالی در جهت داخلی یا خارجی) ایجاد می‌شود که بروز ناهنجاری‌های مچ پا ازجمله پرونیشن، میزان شیفت و تیلت تالوس را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تأثیرات قابل توجهی بر روی عملکرد تعادلی خواهد گذاشت [۱۱].

پژوهشگران معتقدند، افزایش آگاهی افراد نسبت به ساختار و وضعیت بدن منجر به تشخیص زودهنگام ناهنجاری‌ها و پیشگیری از آسیب‌های احتمالی در افراد می‌شود [۱، ۳]. به اعتقاد برخی از آن‌ها یکی از دلایل اصلی عدم ثبات و اختلاف در عملکرد تعادلی افراد، ناهنجاری‌های مچ و کف پا می‌باشد، زیرا ثبات وضعیت بدنی در شرایط ایستا و پویا متأثر از نوع ناهنجاری و ساختار پا است و افراد مبتلا به ناهنجارهای مچ پا از تعادل کمتری نسبت به افراد سالم برخوردارند [۱۲-۱۴]. به‌علاوه بعضی از پژوهشگران، بین میزان قوس طولی داخلی، عرض پاشنه، طول پا، شاخص‌های کف پایی و زمان رسیدن به پایداری افراد سالم و مبتلا به ناهنجاری‌های مچ پا، اختلاف معناداری را گزارش کردند و ناهنجاری‌های مچ پا به‌ویژه کف پای صاف را به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر عدم تعادل و افزایش آسیب‌های مچ پا دانستند [۱۵-۱۹].

گاردوکی و همکاران [۱۲] اظهار کردند دختران نوجوان مبتلا به ناهنجاری‌های اسکلتی ازجمله پا، به‌دلیل جابه‌جایی و تغییرات مرکز ثقل از تعادل کمتری نسبت به افراد سالم برخوردارند. همچنین نولت [۱۴] و دیویدسون [۱۹] بیان کردند که افراد دچار ناهنجاری در مقایسه با گروه سالم نوسانات وضعیت بدنی بیشتری را دارند که این امر ممکن است موجب کاهش ثبات و تعادل افراد مبتلا به ناهنجاری نسبت به گروه سالم شود [۳، ۱۰]. به‌علاوه هرتل [۲] و امامی هاشمی و همکاران [۲۰] یکی از عوامل تأثیرگذار بر ثبات و تعادل افراد را ساختار مچ پا دانستند و ارتباط منفی بین ناهنجارهای اسکلتی و عملکرد تعادلی مشاهده کردند، زیرا افراد مبتلا به ناهنجاری‌های مچ پا ازجمله پرونیشن، سیستم حسی–حرکتی خود را بیشتر درگیر می‌کنند تا با وضعیت نامتعادل به‌وجودآمده مقابله کنند و این امر موجب اختلال در ثبات و تعادل آن‌ها خواهد شد [۳، ۷].

برخی مطالعات حاکی از کاهش فعالیت عضلات درگیر در کنترل وضعیت بدن افراد مبتلا به پرونیشن نسبت به افراد سالم است که این امر ممکن است موجب افزایش استرس و تنش در افراد مبتلا به پرونیشن نسبت به سالم شود [۲۱، ۲۲]. تعدادی از پژوهشگران متغیرهای جنسیت، سن و جرم بدن را بر روی وضعیت بدنی و ناهنجاری کف پای افراد تأثیرگذار دانستند و بررسی دقیق ساختار و عملکرد مچ پا جهت حفظ تعادل و کنترل وضعیت بدنی ضروری شمردند [۲۳-۲۵].

1. Flat foot
2. Pronation of Ankle
3. Talus
4. Navicular
5. Flat foot
6. Vallgus
7. Hallux valgus
8. Metatarsophalangeal
9. Talus Tilt
10. Talus Shift

مکنزی [۱۳] معتقد است عدم بررسی و اصلاح ناهنجاری‌های اسکلتی تا قبل از سن نوجوانی، همراه با پیامدهای منفی از قبیل بدشکلی مفاصل، خستگی عضلانی، اختلال در عملکرد تعادلی و حفظ کنترل وضعیت بدنی را خواهد بود. اغلب پژوهشگران در مطالعات و بررسی مفاصل مچ پا بیشتر به مقایسه، تجزیه‌وتحلیل رفتارهای بیومکانیکی پای انسان در هنگام راه رفتن و ایستادن پرداختند و کمتر به تأثیرات ناهنجاری‌های مچ پا بر روی عملکرد تعادلی و کنترل وضعیت بدنی در گروه‌های سنی مختلف توجه کردند. از طرف دیگر، کاربرد روش و ابزارهای ارزیابی مفاصل مچ پا بیشتر در زمینه‌های بالینی و تشخیص بیماری‌ها است و اطلاعات مربوط به افراد سالم و دچار ناهنجاری‌های مچ پا در ایران به‌صورت پراکنده و محدود است.

ازاین‌رو، بررسی ساختار پا به‌عنوان تنها سگمنتی که با زمین در تماس است، می‌تواند اطلاعات مفیدی را درباره رفتار و تغییرات بیومکانیکی ساختار مچ پا و عملکرد تعادلی در بین افراد سالم و دچار عارضه در اختیار مربیان، کارشناسان و متخصصین علوم ورزشی قرار دهد. همچنین پیش‌بینی می‌شود نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر به‌عنوان معیاری برای شناخت و مقایسه ساختار مچ پا در بین افراد سالم و دچار عارضه پرونیشن و مرجعی برای مطالعات بعدی درزمینه نحوه توزیع فشارهای کف پا و کنترل وضعیت بدنی باشد. تا با شناخت و بررسی مطالعات انجام‌شده، بتوانند برنامه‌های تمرینی دقیق‌تر و مناسبی برای حفظ و ارتقای سلامت گروه‌های مختلف سنی جامعه ارائه دهند.

بنابراین هدف تحقیق حاضر، مقایسه عملکرد تعادلی ایستا و پارامترهای منتخب پلانتار پای برتر و غیربرتر در بین دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به ناهنجاری پرونیشن مچ پا است.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی، مدل تحقیق علی‌مقایسه‌ای و نوع تحقیق کاربردی است. جامعه آماری تحقیق حاضر را دختران نوجوان فعال شهر تهران و نمونه آماری این پژوهش شامل ۳۲ نفر دختران نوجوان فعال با محدوده سنی ۱۴ تا ۱۷ شهر تهران تشکیل دادند که به‌صورت نمونه دردسترس و تصادفی ساده انتخاب شدند. در این نوع نمونه‌گیری به هریک از افراد جامعه احتمال مساوی داده می‌شود تا در نمونه انتخاب شوند، به‌عبارت‌دیگر اگر حجم افراد جامعه N و حجم نمونه را n فرض کنیم، احتمال انتخاب هر فرد جامعه در نمونه مساوی n/N است. همچنین برای مشخص کردن حجم نمونه آماری از فرمول کوکران استفاده شد و باتوجه‌به اینکه ممکن است برخی از آزمودنی‌ها در حین انجام کار تمایلی به ادامه همکاری نداشته باشند، ۱۰ الی ۲۰ درصد بیشتر از حجم نمونه جهت انجام کار محاسبه خواهد شد تا این مسئله منجر به کمتر شدن حجم نمونه‌ها نسبت به حجم نمونه محاسبه‌شده نشود.

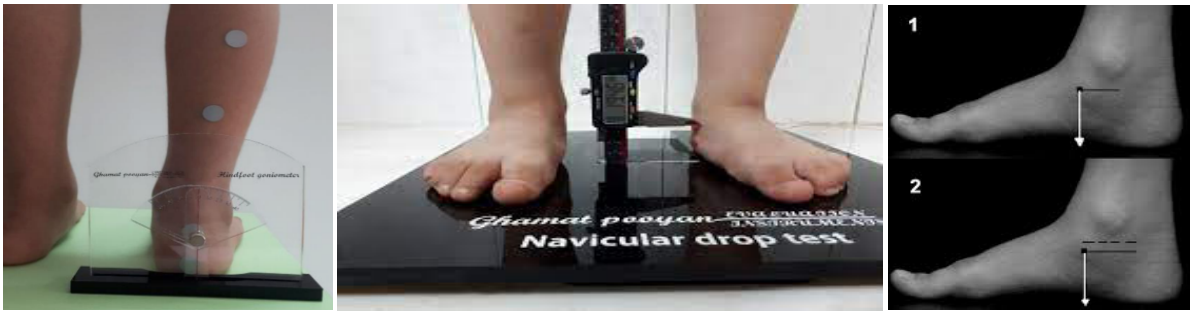
در ابتدا پس از فراخوان و دعوت به مشارکت، افرادی که دچار آسیب‌دیدگی حاد، شکستگی و یا سابقه جراحی در اندام فوقانی/ تحتانی و بیماری‌های خاص یا ژنتیکی بودند، ازطریق پرسش‌نامه سلامت پزشکی از تحقیق خارج شدند. سپس فرم رضایت آگاهانه کتبی، به منظور شرکت در این کار پژوهشی توسط تمامی آزمودنی‌ها پیش از شروع تحقیق تکمیل شد. نمونه‌های آماری بعد از تشخیص پزشک ارتوپد یا کارشناس حرکات اصلاحی به ۲ گروه سالم و مبتلا به ناهنجاری پرونیشن درجه۲ مچ پا (براساس بررسی مشخصاتی ازجمله کف‌پای صاف منعطف یا بدون علائم درد، چرخش مچ به داخل، تست بلند کردن پاشنه بر روی لبه پله و سپس بررسی افت استخوان ناویکولار) تقسیم و پای برتر و غیربرتر افراد با استفاده از آزمون سقوط در حالت چشم بسته و پرسش‌نامه پای برتر واترلو تعیین شد. در ابتدا قد آزمودنی‌ها توسط قدسنج دیواری مثلثی (26SM) با دقت ۰/۱سانتی‌متر و وزن آن‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتال کایبره (Bs101) با دقت ۰/۵کیلوگرم و همچنین طول کف پا، از بلندترین انگشت پا تا انتهای پاشنه با کولیس اندازه‌گیری و ثبت شد. مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

روش ارزیابی وضعیت بدنی

برای ارزیابی وضعیت بدنی و ناهنجاری‌های اسکلتی از دستگاه دیجیتالی تست نیویورک در ۳ نمای قدامی (سر کج، شانه نابرابر، تیلت جانبی لگن، واروس و والگوس زانو و مچ پا)، خلفی (سر کج، شانه نابرابر، انحراف جانبی ستون فقرات، تیلت جانبی لگن، واروس و والگوس زانو، سوپینیشن و پرونیشن مچ پا) و جانبی (سربه جلو، کایفوز، لوردوز، تیلت قدامی و خلفی لگن، زانوی عقب رفته) استفاده شد. در این آزمون، پس از قرار دادن دستگاه در یک مکان ثابت، نقطه‌ای بر روی صفحه پشت دوربین جهت قرارگیری خط ثقل آزمودنی مشخص و پایه دوربین در فاصله ۱ الی ۲متری از آن قرار داده می‌شود. آزمودنی پشت دوربین و در جلوی صفحه می‌ایستد و با فرمان آزمونگر بدن خود را در هر ۳ حالت با خط ثقل دستگاه تنظیم می‌کند. در این هنگام مشاهدات صورت‌گرفته از نماهای مختلف بررسی و برای هر وضعیت بدن باتوجه‌به ارزیابی انجام‌شده امتیازاتی بین ۵ (نرمال)، ۳ (ناهنجاری خفیف) و ۱ (ناهنجاری شدید) توسط آزمونگر در دستگاه ثبت می‌شود.

روش ارزیابی مچ پا و شاخص پلانتار

برای ارزیابی دقیق ناهنجاری پرونیشن مچ پا از کیت پیکرسنجی و سنجش میزان افت ناوی از روش برودی با دستگاه افت ناویکولار استفاده شد. ضریب پایایی آزمون برودی توسط فرجادپزشک و همکاران، دانیل و لیویو و اونودرا و همکاران گزارش شده است [۱۷، ۱۸، ۲۴]. در ابتدا از فرد خواسته شد که با پای برهنه روی صندلی بنشیند و پای خود را در حالت بی‌وزنی به‌طوری‌که زاویه بین ران و زانو ۹۰ درجه و هیچ‌گونه حرکت آبداکشن و آداکشن



تصویر ۱. گونیامتر پاشنه و دستگاه ارزیابی افت ناویکولار

طب توانبخشی

نباید وجود داشته باشد و به‌صورت طبیعی قرار دهد. در ابتدا زائده استخوان ناویکولار پای آزمودنی را در حالت نشسته با علامت مشخص و فاصله آن را زمین توسط کولیس دیجیتال دستگاه افت ناویکولار در حالت بی‌وزنی اندازه‌گیری می‌شود، سپس از فرد درخواست می‌شود بایستد تا مجدد فاصله برجستگی استخوان ناوی با سطح زمین در حال تحمل وزن نیز اندازه‌گیری شود (تصویر شماره ۱). سپس جهت تعیین میزان افت استخوان ناویکولار، فاصله برجستگی ناوی در حالت نشسته را از حالت ایستاده کسر و عدد به‌دست‌آمده ثبت و مورد بررسی قرار می‌گیرد. درصورتی که اختلاف این دو حالت بین ۵ تا ۹ میلی‌متر باشد، قوس کف پای فرد نرمال، اختلاف بیشتر از ۱۰ میلی‌متر کف پای صاف و پرونیت و اختلاف کمتر از ۴ میلی‌متر، کف پای گود و سوپینیت در نظر گرفته می‌شود [۲۳].

برای ارزیابی شاخص قوس کف پا از شاخص جیپاکس–اسمیراک[11] CSI استفاده شد که دارای ضریب اعتبار بالاتر از ۷۵ درصد نسبت به آزمون‌های شاخص قوس کف پا AI[12] و زاویه آلفا[13] است [۲۲]. در این روش آزمودنی روی صندلی می‌نشیند و سینی حاوی پودر تالک زیر پایش قرار داده می‌شود تا پای خود را به پودر آغشته کند. سپس از وی درخواست می‌شود که سر خود را بالا نگه دارد و بر روی صفحه‌هایی به رنگ مشکی که در زیر پایشان قرار داده می‌شود؛ بایستد و دوباره بنشیند. آزمونگر اثر کوتاه‌ترین طول ناحیه مید فوت به بزرگترین طول ناحیه سر استخوان‌های کف پایی را با خطکش اندازه‌گیری و جهت تعیین شاخص قوس کف نسبت طول ناحیه مید فوت به سر استخوان‌های کف پا را محاسبه می‌کند و اگر SI<۰/۴ قوس کف پای زیاد، ۰/۴<SI<۰/۸۹ عنوان قوس کف پای طبیعی و SI>۰/۸۹ قوس کف پای کم مدنظر گرفته می‌شود [۲۴].

روش ارزیابی تعادل ایستا

برای ارزیابی تعادل ایستا از تست رومبرگ استفاده شد. در این آزمون، ابتدا شخص بدون کفش روی سطح صاف با چشمان بسته می‌ایستد، پای برتر را جلوی پای غیر برتر می‌گذارد، به این صورت که پاشنه پای جلو به پنجه پای عقب برخورد کند و دست‌ها به حالت ضربدر روی سینه و کف دست روی شانه طرف مخالف قرار می‌گیرد. بعد از فرمان شروع تست، در صورت وقوع نوسان بدن یا تاب خوردن، از دست دادن تعادل، باز کردن چشم‌ها و تکان خوردن دست‌ها، زمان متوقف می‌شود. آزمون یادشده ۳ مرتبه با فاصله استراحت ۱ دقیقه بین هر بار اجرای تست تکرار و بهترین رکورد شخص ثبت می‌شود. در این آزمون، هرچه قدر میزان رکورد و مدت زمان ثبات آزمودنی بیشتر باشد، عملکرد تعادل ایستای فرد بهتر است.

روش جمع‌آوری اطلاعات تحقیق به‌صورت میدانی و پروتکل اجرایی جمع‌آوری داده‌ها در هر مرحله پس از آماده‌کردن آزمودنی‌ها به‌دقت بازبینی و تمامی موارد به طور کامل و در زمان تعیین‌شده اجرا شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف[14] و جهت مقایسه پارامترهای منتخب پلانتار (افت ناویکولار، طول، اندازه، شاخص کف پا) و عملکرد تعادلی(آزمون رومبرگ) ۲ گروه سالم و مبتلا به پرونیشن از آزمون تی‌مستقل[15] و جهت مقایسه وضعیت بدنی (سربه جلو، شانه نابرابر، کایفوز، لوردوز، واروس و والگوس زانو و پاشنه) باتوجه‌به عدم نرمال بودن توزیع داده‌های مربوطه، از آزمون ناپارامتریک یومن ویتنی[16] توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ در سطح معناداری (P≤۰/۰۵) استفاده شد.

یافته‌ها

یافته‌های به‌دست‌آمده از مقایسه پارامترهای منتخب ناهنجاری‌های ساختار قامتی، عملکرد تعادلی ایستا و پارامترهای منتخب پلانتار در دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به پرونیشن در جداول شماره ۲، ۳ و ۴ ارائه شده است. براساس نتایج آزمون یومن ویتنی به منظور مقایسه پارامترهای منتخب وضعیت بدنی مقادیر میانگین متغیرهای سر به جلو، شانه نابرابر، لوردوز، واروس و والگوس زانو دختران نوجوانان مبتلا به پرونیشن کمی بالاتر از گروه سالم بود، اما فقط در

11. Chipax- Smirak Index
12. Arch Index
13. Alpha Angle
14. Kolmogorov-Smirnov
15. Independent t-test
16. Mann–Whitney

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها در دو گروه دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به پرونیشن

گروه	میانگین±انحراف معیار			
	سن (سال)	قد (متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی
مبتلا به پرونیشن	۱۷/۱۶±۱/۵۴	۱/۶۷±۰/۰۲	۶۲/۳۸±۵/۶۳	۲۲/۱۷±۲/۴۶
سالم	۱۶/۷۰±۱/۶۱	۱/۶۶±۰/۰۳	۵۸/۲۳±۶/۰۶	۲۰/۹۳±۲/۵۰
*سطح معناداری (تفاوت دو گروه)	۰/۵۱	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۰۶

طب توانبخشی

* اختلاف معنادار($P\leq ۰/۰۵$)

متغیر لوردوز و والگوس پاشنه بین دو گروه اختلاف معناداری دیده شد ($P\leq ۰/۰۰$) و میزان لوردوز و والگوس پاشنه در دختران نوجوان مبتلا به پرونیشن نسبت به گروه سالم بیشتر بود.

نتایج آزمون تی مستقل به منظور مقایسه عملکردی تعادلی ایستا نشان می‌دهد که بین تعادل ایستای دو گروه دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به پرونیشن اختلاف معناداری وجود دارد ($P\leq ۰/۰۰$) و عملکرد تعادل ایستا در دختران نوجوان سالم نسبت به دختران نوجوان مبتلا به پرونیشن بهتر است.

نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه پارامترهای طول و اندازه پای دختران نوجوان فعال نشان داد که هیچ اختلاف معناداری بین دو گروه سالم و مبتلا به پرونیشن دیده نشد ($P\geq ۰/۰۰$)، اما بین افت ناوی در پای برتر ($P\leq ۰/۰۰$) و غیربرتر ($P\leq ۰/۰۳$) و شاخص کف پای برتر ($P\leq ۰/۰۰$) و غیربرتر ($P\leq ۰/۰۳$) اختلاف معناداری دیده شد و میزان افت استخوان ناوی و شاخص کف پا در پای برتر و غیر برتر در دختران نوجوان مبتلا به پرونیشن بیشتر از گروه سالم است.

جدول ۲. نتایج آزمون پارامترهای منتخب پاسچر در دو گروه دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به پرونیشن

متغیر	گروه	میانگین	میانگین رتبه‌ها	آماره	سطح معناداری
سربه جلو (درجه)	مبتلا به پرونیشن	۱۷/۶۵±۱/۲۳	۱۵۰/۵۰	-۰/۳۲	۰/۹۶
	سالم	۱۷/۴۶±۱/۰۶			
شانه نابرابر (درجه)	مبتلا به پرونیشن	۱۹/۷۵±۱/۱۷	۱۲۱/۵۰	-۱/۳۱	۰/۱۸
	سالم	۱۶/۱۵±۱/۴۹			
لوردوز (درجه)	مبتلا به پرونیشن	۲۲/۱۲±۱/۵۴	۶۶/۰۰	-۳/۲۳	۰/۰۰*
	سالم	۱۳/۷۶ ±۱/۲۳			
کایفوز (درجه)	مبتلا به پرونیشن	۱۸/۲۱±۱/۵۴	۱۵۱/۰۰	-۰/۰۷	۰/۹۴
	سالم	۱۶/۵۵±۱/۴۱			
واروس زانو (درجه)	مبتلا به پرونیشن	۱۸/۳۹±۲/۳۶	۱۴۶/۰۰	-۰/۳۳	۰/۷۳
	سالم	۱۷/۵۹±۱/۲۱			
واروس پاشنه (درجه)	مبتلا به پرونیشن	۱۸/۶۱±۱/۵۶	۱۴۲/۰۰	-۰/۴۳	۰/۶۶
	سالم	۱۷/۳۵±۱/۳۱			
والگوس زانو (درجه)	مبتلا به پرونیشن	۱۸/۰۶±۱/۵۹	۱۵۲/۰۰	-۰/۰۳	۰/۹۶
	سالم	۱۷/۹۴±۱/۷۴			
والگوس پاشنه (درجه)	مبتلا به پرونیشن	۱۸/۱۵±۱/۶۸	۶۱/۵۰	-۲/۱۰	۰/۰۰*
	سالم	۱۱/۸۶±۲/۶۱			

طب توانبخشی

* اختلاف معنادار ($P<۰/۰۵$)

جدول ۳. نتایج آزمون تی مستقل عملکرد تعادلی ایستا در دو گروه دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به پرونیشن

متغیر	گروه	میانگین±انحراف معیار	اختلاف میانگین	آماره	*سطح معناداری
تعادل ایستا (رومبرگ)	سالم	۵۴/۷۲±۵/۱۹	۱۳/۳۶	۵/۴۴	۰/۰۰
	مبتلا به پرونیشن	۴۱/۳۵±۸/۹۳			

* اختلاف معنادار (P<۰/۰۵)

طب توانبخشی

بحث

هدف از انجام تحقیق حاضر، مقایسه وضعیت بدنی، عملکرد تعادلی ایستا و پارامترهای منتخب پلانتار پا در بین دو گروه دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به ناهنجاری پرونیشن مچ پا بود. مطابق یافته‌های به‌دست‌آمده در پارامترهای منتخب ارزیابی پاسچر، مقادیر میانگین متغیرهای سر به جلو (۱/۱)، شانه نابرابر (۳/۶)، لوردوز (۸/۳)، کایفوز (۱/۶)، زانوی پرانتزی (۰/۸)، زانوی ضربدری (۰/۱۲)، والگوس پاشنه (۶/۲) و واروس پاشنه (۱/۲)، در گروه دختران نوجوانان مبتلا به پرونیشن بالاتر از گروه سالم گزارش شد.

باوجوداین در پارامترهای منتخب پلانتار، تنها در بین افت ناوی در پای برترو غیربرتر و همچنین شاخص کف پای برتر و غیربرتر اختلاف معناداری دیده شد. به‌علاوه بین تعادل ایستا دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به پرونیشن نیز اختلاف معناداری مشاهده شد که حاکی از عملکرد تعادلی بهتر دختران نوجوان سالم نسبت به پرونیت است. مقایسه نتایج پارامترهای منتخب وضعیت بدنی بین دو گروه دختران نوجوان سالم و مبتلا به پرونیشن نشان داد مقادیر میانگین متغیرهای سر به جلو، شانه نابرابر، لوردوز، واروس و والگوس زانو و پاشنه در دختران نوجوانان مبتلا به پرونیشن کمی بالاتر از گروه سالم بود و فقط در متغیر لوردوز و والگوس پاشنه بین دو گروها اختلاف معنادار گزارش شد که این یافته‌ها با نتایج برخی از تحقیقات هم‌خوانی دارند [۱۶، ۲۳-۴۷].

جدول ۴. نتایج آزمون تی مستقل پارامترهای منتخب پلانتار در دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به پرونیشن

متغیر		گروه	میانگین±انحراف‌معیار	اختلاف میانگین	آماره	سطح معناداری
افت ناوی	پای برتر	سالم	۰/۸۷±۰/۱۳	-۴/۰۳	-۱/۵۹	۰۰/۰۰*
		مبتلا به پرونیشن	۱/۹۰±۱/۱۸			
	پای غیر برتر	سالم	۰/۹۴±۰/۱۶	-۰/۸۹	-۱/۲۹	۰/۰۳*
		مبتلا به پرونیشن	۱/۰۳±۰/۳۸			
طول	پای برتر	سالم	۲۵/۰۲±۰/۴۰	-۰/۰۴	-۰/۳۷	۰/۷۰
		مبتلا به پرونیشن	۲۵/۰۶±۰/۲۴			
	پا غیر برتر	سالم	۲۴/۸۹±۰/۴۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۹
		مبتلا به پرونیشن	۲۴/۹۶±۰/۲۶			
اندازه	پای برتر	سالم	۴۰/۰۳±۰/۶۴	-۰/۰۷	-۰/۳۷	۰/۷۰
		مبتلا به پرونیشن	۴۰/۱۱±۰/۳۹			
	پای غیربرتر	سالم	۳۹/۷۹±۰/۶۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۹
		مبتلا به پرونیشن	۳۹/۸۲±۰/۴۲			
شاخص چیپاکس	پای برتر	سالم	۲۸/۸۹±۳/۹۸	-۹/۳۵	-۲/۸۱	۰/۰۰*
		مبتلا به پرونیشن	۵۱/۳۶±۱۱/۱۵			
	پای غیربرتر	سالم	۲۸/۶۶±۴/۰۲	-۸/۸۹	-۲/۷۰	۰/۰۳*
		پرونیتور	۴۷/۵۵±۱۰/۵۰			

* اختلاف معنادار (P<۰/۰۵)

طب توانبخشی

پژوهش‌های بالینی انجام‌شده بر روی وضعیت بدنی افراد سالم و مبتلا به ناهنجاری نشان می‌دهد که ارتباط معناداری بین بروز برخی از ناهنجاری‌ها در سگمنت‌های مختلف بدن با یکدیگر وجود دارد، به‌طوری‌که افزایش لوردوز با افزایش کایفوز و مقدار درجه پرونیشن با میزان افت استخوان ناویکولار همراه است که در تحقیق حاضر نیز میانگین لوردوز،کایفوز، والگوس پاشنه و افت استخوان ناویکولار در دختران نوجوان مبتلا به پرونیشن بیشتر از دختران نوجوان سالم گزارش شده است که با نتایج برخی از مطالعات انجام‌شده در این حوزه هم‌خوانی دارد [۳، ۷، ۲۳، ۳۶].

گیلایم و همکاران [۲۹] معتقدند که بین عارضه کایفوز و لوردوز ارتباط مستقیمی وجود دارد و نورسته و همکاران [۳۰] بیان کردند که افراد دچار ناهنجاری از ثبات کمتری نسبت به افراد سالم برخوردارند، زیرا بروز ناهنجاری در وضعیت بدنی آن‌ها موجب تغییرات مکانیکی و جابه‌جایی مرکز ثقل بدن می‌شود و موجب کاهش عملکرد تعادلی افراد می‌شود که با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد [۲۴، ۳۲، ۳۷]. از طرف دیگر، کئنار و همکاران [۲۷]، دورموس و همکاران [۳۱] و کرویل و همکاران [۳۲] بین میزان کایفوز و لوردوز کمری ارتباط مستقیمی را گزارش نکردند که شاید دلیل این مغایرت تفاوت در دامنه سنی، روش‌های ارزیابی و تجهیزات مورد استفاده باشد. اگرچه برای حمایت از نتایج گزارش‌شده نیاز به تحقیقات بیشتر و دقیق‌تری است، اما بررسی مطالعات موجود نشان می‌دهد که بروز ناهنجاری در یک سگمنت موجب تغییرات ساختاری، عملکردی و ایجاد ناهنجاری در سایر بخش‌های بدن خواهد شد و افراد سالم از وضعیت بدنی مطلوب‌تری نسبت به افراد مبتلا به پرونیشن برخوردارند [۳، ۶، ۱۶، ۲۰، ۲۷].

از طرف دیگر، براساس نتایج به‌دست‌آمده به منظور مقایسه عملکردی تعادلی بین دو گروه دختران نوجوان فعال سالم و مبتلا به پرونیشن اختلاف معناداری بین دو گروه گزارش شد که این یافته‌ها با نتایج برخی از تحقیقات [۲۱، ۲۳، ۳۸-۴۶] هم‌خوانی دارند. نتایج مطالعات کوب و همکاران [۲۵] و تئی سای و همکاران [۲۶] نشان می‌دهد که یکی از دلایل اصلی عدم ثبات وکاهش عملکرد تعادلی در افراد ناهنجاری‌های مچ پا است. همچنین کوته و همکاران [۲۷] و یالفانی و همکاران [۲۸] معتقدند ثبات پاسچرال در شرایط ایستا و پویا متأثر از نوع ناهنجاری و تفاوت‌های ساختاری پا است و افراد دچار ناهنجاری مچ پا از تعادل کمتری نسبت به افراد سالم برخوردارند که با نتایج پژوهش حاضر به‌دلیل پیامدهای منفی ناهنجاری مچ پا بر روی عملکرد تعادلی و مشاهده اختلاف بین دو گروه مبتلا به ناهنجاری مچ پا و سالم هم‌خوانی دارد.

هرتل و همکاران [۲]، امامی هاشمی و همکاران [۲۰] و قاسمی پایین‌هی و همکاران[۴۸] معتقدند ساختار مچ پا بر روی تعادل افراد در موقعیت و سطوح مختلف تأثیر می‌گذارد و ارتباط منفی بین ناهنجارهای مچ پا و عملکرد تعادلی آن‌ها وجود دارد، زیرا افراد مبتلا به عارضه‌های مچ پا، سیستم حسی–حرکتی خود را برای مقابله با وضعیت نامتعادل بیشتر درگیر می‌کنند و از ثبات و تعادل کمتری نسبت به افراد سالم برخوردارند که با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد [۳، ۶، ۷]. به‌علاوه برخی از پژوهشگران معتقدند مدل و ساختار پا بر زمان رسیدن افراد به پایداری و ثبات تأثیرگذار است، به‌طوری‌که بین زمان رسیدن به پایداری در گروه مبتلا به صافی کف پا و سالم اختلاف معناداری گزارش کردند که با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد، زیرا افراد مبتلا به پرونیشن و صافی کف اغلب دچار کوتاهی و کاهش عملکرد عضلات چرخش‌دهنده داخلی، عدم توانایی کنترل چرخش داخلی پا و کاهش قوس طولی داخلی می‌باشند که این عوامل تأثیرات منفی بر روی تعادل و کنترل وضعیت بدنی آن‌ها نسبت به گروه سالم خواهد داشت [۳، ۷، ۲۸، ۴۶].

نورسته و همکاران [۳۰]، عنبریان و همکاران [۳۳] و دورموس و همکاران [۳۱] دریافتند که افراد مبتلا به پرونیشن و صافی کف پا نسبت به گروه سالم در جهات قدامی–خلفی تعادل کمتری را دارند. به‌علاوه رگولین و کاروهالو [۳۴] و کئنار و همکاران [۲۷] بیان کردند که بین ناهنجاری‌های اسکلتی و عملکرد تعادلی افراد ارتباط معناداری وجود دارد، به‌طوری‌که با افزایش شدت و درجه ناهنجاری‌ها، میزان عملکرد تعادلی آن‌ها کاهش می‌یابد که با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌خوانی دارند [۱، ۳، ۷]. ازاین‌رو نتایج مطالعات موجود نشان می‌دهد که مچ پا نقش مهمی در تعدیل استرس، توزیع فشارهای وارده به سایر بخش‌های دیگر بدن و کنترل نوسان‌های وضعیت بدن دارد و هرگونه ناهنجاری‌های ساختاری ازجمله پرونیشن و کف پای صاف موجب تضعیف زنجیره حرکتی و کاهش عملکرد تعادلی در افراد خواهد شد و افراد مبتلا به پرونیشن از تعادل کمتری نسبت به گروه سالم برخوردارند [۱۴، ۲۰، ۲۳].

از سوی دیگر، نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه پارامترهای پلانتار بین دختران نوجوان سالم و مبتلا به پرونیشن نشان می‌دهد که بین افت ناوی پای برتر و غیربرتر و شاخص کف پای برتر و غیربرتر در دختران نوجوان سالم و مبتلا به پرونیشن اختلاف معناداری وجود دارد و شاخص کف پا در افراد دچار پرونیشن بیشتر از گروه سالم است که این یافته‌ها با نتایج برخی از مطالعات [۲۱، ۲۳، ۲۷، ۲۸] هم‌خوانی دارند. ایرز و همکاران [۴۹]، پس از بررسی برخی پارامتر و متغیرهای کف پا بیان کردند که بین طول پا، عرض پاشنه، عرض انگشت شست پا و شاخص‌های کف پای افراد دچار ناهنجاری‌های کف پا و سالم اختلاف معناداری وجود دارد و طول متغیرهای کف پا در افراد مبتلا به ناهنجاری‌های مچ پا کمی بیشتر از گروه سالم است که با بخشی از نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. به‌علاوه چای و همکاران [۴۳] بین قوس طولی داخلی کف پای افراد دچار پرونیشن و سالم اختلاف

معناداری را مشاهده کردند و عابدی و همکاران [۱۱] میزان قوس طولی داخلی را در افراد سالم بیش از به افراد مبتلا پرونیشن گزارش کردند که نتایج مطالعات آن‌ها با بخشی از یافته‌های پژوهش حاضر هم‌خوانی دارند. از طرفی دیگر کردی و همکاران [۴۴] معتقدند افراد با قوس کف پای کم، کنترل وضعیت بدنی بهتری نسبت به اشخاصی با قوس کف پای طبیعی دارند که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی ندارد که احتمالاً به‌دلیل تفاوت در وضعیت بدن، دامنه سنی، تجهیزات و روش‌های مختلف ارزیابی شاخص پلانتار می‌باشد. برای مثال دستگاه‌های توزیع فشارهای کف پایی قادر هستند علاوه‌بر ارزیابی دقیق ساختار مچ و قوس‌های کف پا، تفاوت اندک در میزان قوس‌های مختلف طولی کف پا را نیز آشکار سازند [۳، ۷]. بنابراین نتایج مطالعات موجود و یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بین شاخص کف پا و برخی از پارامترهای پلانتار رابطه مستقیمی وجود دارد و افراد مبتلا به پرونیشن دارای شاخص کف پای بالاتر و میزان افت ناویکولار بیشتر در پای برتر و غیربرتر می‌باشند که این ناهنجاری بر روی کنترل پاسچر و عملکرد تعادلی آن‌ها تأثیرگذار خواهد بود [۱۹، ۲۰، ۲۲، ۴۹].

درنهایت با بررسی مطالعات انجام‌شده می‌توان دریافت که افراد مبتلا به ناهنجاری پرونیشن به‌دلیل تغییرات بیومکانیکی در ساختار مچ پا و عدم به کارگیری راهبرد بهینه جهت حفظ کنترل وضعیت بدنی در مفاصل پروگزیمال، از تعادل کمتری نسبت به افراد سالم برخوردارند. به‌علاوه ناهنجاری مچ پا موجب افزایش استرس و نیرو های بین مفصلی در سایر بخش‌های بدن ازجمله زانو، ران و لگن و اختلال در عملکرد عضلات می‌شود. از طرف دیگر، تعادل و حفظ کنترل پاسچر مستلزم تلفیق و هماهنگی بین دستگاه‌های سیستم حسی-حرکتی و عصبی-عضلانی است و هرگونه ناهنجاری و بدشکلی در ساختار آناتومیکی مچ پا می‌تواند موجب جابه‌جایی مرکز ثقل و اختلال در عملکرد تعادلی افراد جهت ثبات و پایداری آن‌ها در هنگام ایستادن و راه رفتن شود [۳، ۷].

بااین‌حال نیاز به مطالعات دقیق و جامع‌تری مبنی بر ارتباط بین مدل و ناهنجاری‌های مچ پا با عملکرد تعادلی ایستا و پویا، شاخص پلانتار، توزیع فشارهای کف پایی و تأثیر آن‌ها در الگوهای راه رفتن در گروه‌های سنی مختلف است تا بتوان براساس شواهد و مستندات علمی نتایج قابل تعمیم و کاربردی‌تری را به دست آورد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی ارتباط بین پارامترهای پلانتار و شاخص توده بدنی، تحلیل دقیق توزیع فشارهای کف پایی در هنگام ایستادن و راه رفتن، مقایسه کنترل وضعیت بدنی و تغییرات بیومکانیکی در افراد مبتلا به سایر ناهنجاری‌های مچ پا مانند سوپینیشن و کف پای گود با افراد سالم و تأثیرات مدل پا در توزیع و بروز ناهنجاری‌های اندام تحتانی مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به نتایج پژوهش حاضر، دختران نوجوان مبتلا به پرونیشن از ناهنجاری‌های بیشتر نسبت به دختران نوجوان سالم برخوردارند و تغییرات مکانیکی به‌وجودآمده در وضعیت بدنی موجب افزایش لوردوز کمر و والگوس پاشنه، افت بیشتر استخوان ناوی، افزایش شاخص صافی کف پا وکاهش عملکرد تعادلی در بین دختران نوجوان مبتلا به پرونیشن نسبت به دختران نوجوان سالم شده است. بنابراین بروز ناهنجاری‌های پلانتار از قبیل کف پای صاف و پرونیشن بر روی وضعیت بدنی و عملکرد تعادلی افراد تأثیرگذار است. ازاین‌رو، بررسی و ارزیابی وضعیت بدنی و ساختار آناتومیکی مچ پا با رویکرد شناخت و پیشگیری از بروز ناهنجاری‌ها، اصلاح و حفظ کنترل وضعیت بدنی در افراد بسیار حائز اهمیت است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره IR.SSRI.REC.1400.1181 دریافت شده است.

حامی مالی

پژوهش حاضر برگرفته از رساله دکتری زهرا کریلی در گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

References

[1] Hamill J, Knutzen KM, Derick TR. Biomechanical basis of human movement. Alphen aan den Rijn: Wolters Kluwer; 2009. [Link]

[2] Hertel J, Gay MR, Denegar CR. Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. Journal of Athletic Training. 2002; 37(2):129-32. [PMID] [PMCID]

[3] Oatis CA. Kinesiology: The mechanics and path mechanics of human movement. Amsterdam: Williams & Wilkins; 2009. [Link]

[4] Li B, Xiang Q, Zhang X. The center of pressure progression characterizes the dynamic function of high-arched feet during walking. Journal of Leather Science and Engineering. 2020; 2(1):1-10. [DOI:10.1186/s42825-019-0016-6]

[5] Faria A, Gabriel R, Abrantes J, Brás R, Moreira H. The relationship of body mass index, age and triceps-surae musculotendinous stiffness with the foot arch structure of postmenopausal women. Clinical Biomechanics. 2010; 25(6):588-93. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2010.02.014] [PMID]

[6] Kruger KM, Graf A, Flanagan A, Mc Henry BD, Altiok H, Smith PA, et al. Segmental foot and ankle kinematic differences between rectus, planus, and cavus foot types. Journal of Biomechanics. 2019; 94:180-6. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2019.07.032] [PMID]

[7] Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement. Hoboken: John Wiley & Sons; 2009. [DOI:10.1002/9780470549148]

[8] Clark M, National Academy of Sports Medicine, Lucett S. NASM essentials of corrective exercise training. Amsterdam: Williams & Wikins; 2011. [Link]

[9] Fuchioka S, Iwata A, Higuchi Y, Miyake M, Kanda S, Nishiyama T. The forward velocity of the Center of Pressure in the Midfoot is a major predictor of gait speed in older adults. International Journal of Gerontology. 2015; 9(2):119-22. [DOI:10.1016/j.ijge.2015.05.010]

[10] Musavi SH, Ghasmi B, Faramarzi M. [The relationship between internal longitudinal feet arch with atatic and dynamic balance 0f 12-14 years male students (Persian)]. 2010; 1(2):107-31. [Link]

[11] Abdi E, Eslami M, Taghipour M. [Identifying the best indicator of assessing the athletes balance in the sudden perturbation test (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2016; 2(1):57-66. [Link]

[12] Gardocki RJ, Watkins RG, Williams LA. Measurements of lumbopelvic lordosis using the pelvic radius technique as it correlates with sagittal spinal balance and sacral translation. The Spine Journal. 2002; 2(6):421-9. [DOI:10.1016/S1529-9430(02)00426-6] [PMID]

[13] Mackenzie WG, Sampath JS, Kruse RW, Sheir-Neiss GJ. Backpacks in children. Clinical Orthopaedics and Related Research. 2003; 409:78-84. [DOI:10.1097/01.blo.0000058884.03274.d9] [PMID]

[14] Nault ML, Allard P, Hinse S, Le Blanc R, Caron O, Labelle H, et al. Relations between standing stability and body posture parameters in adolescent idiopathic scoliosis. Spine. 2002; 27(17):1911-7.[DOI:10.1097/00007632-200209010-00018] [PMID]

[15] Fattahi A, Koreili Z, Ameli M. [Instantaneous effect of insole on the balance of adolescents with flat foot and pes cavus (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2020; 6(1):44-53. [DOI:10.32598/biomechanics.6.1.6]

[16] Fattahi A, Zehtab Asghari H, Koreili Z. [A comparative study of plantar arch index, weight distribution, equilibrium performance, and selected musculoskeletal disorders in active and non-active adolescences (Persian)]. Journal of Sport of Biomechanics. 2020; 6(3):154-69. [DOI:10.32598/biomechanics.6.3.2]

[17] Farjad-Pezeshk A, Sadeghi H, Farzadi M. [Comparison of plantar pressure distribution and vertical ground reaction force between dominant and none-dominant limb in healthy subjects using principle component analysis (PCA) technique (Persian)]. Journal of Rehabilitation. 2013; 14(1):97-108. [Link]

[18] Teodoru MD, Petre RL. Correlation between plantar pressure and striking speed in karate-do. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2014; 117:357-60. [DOI:10.1016/j.sbspro.2014.02.227]

[19] McDaniels-Davidson C, Davis A, Wing D, Macera C, Lindsay SP, Schousboe JT, et al. Kyphosis and incident falls among community-dwelling older adults. Osteoporosis International. 2018; 29(1):163-9. [DOI:10.1007/s00198-017-4253-3] [PMID]

[20] Emami Hashemi A, Haddadnezhad M, Soboda Z, Abbasi A. [The effect of motion alteration on selected muscle in people who suffering from ankle disorder during landing (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal; 2020; 19(1):53-68. [DOI:10.22118/JSMJ.2020.205345.1875]

[21] Zulkifli SS, Loh WP. A state-of-the-art review of foot pressure. Foot and Ankle Surgery. 2020; 26(1):25-32. [DOI:10.1016/j.fas.2018.12.005] [PMID]

[22] Nguyen AD, Shultz SJ. Sex differences in clinical measures of lower extremity alignment. Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy. 2007; 37(7):389-98. [DOI:10.2519/jospt.2007.2487] [PMID]

[23] Fatahi A, Panjehzadeh B, Koreli Z, Zehtab Asghari H. [Comparison of motor skills and postures of elite male teenage volleyball and basketball players. Journal of Sport Biomechanics. 2021; 6(4):226-39. [DOI:10.32598/biomechanics.6.3.2]

[24] Onodera AN, Sacco IC, Morioka EH, Souza PS, de Sá MR, Amadio AC. What is the best method for child longitudinal plantar arch assessment and when does arch maturation occur? Foot. 2008; 18(3):142-9. [DOI:10.1016/j.foot.2008.03.003] [PMID]

[25] Cobb SC, Tis LL, Johnson BF, Higbie EJ. The effect of forefoot varus on postural stability. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2004; 34(2):79-85. [DOI:10.2519/jospt.2004.34.2.79] [PMID]

[26] Tsai LC, Yu B, Mercer VS, Gross MT. Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2006; 36(12):942-53. [DOI:10.2519/jospt.2006.2336] [PMID]

[27] Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. Journal of Athletic Training. 2005; 40(1):41-6. [PMID] [PMCID]

[28] Yalfani A, Amini Semiromi E, Raeisi Z. [The effect of musculoskeletal abnormalities of pes planus, pes cavus and hallux valgus on postural sways during quiet stance (Persian)]. Sport Sciences and Health Research. 2015; 7(1):143-62. [DOI:10.22059/JSMED.2015.53808]

[29] Gilliam J, Brunt D, MacMillan M, Kinard RE, Montgomery WJ. Relationship of the pelvic angle to the sacral angle: measurement of clinical reliability and validity. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 1994; 20(4):193-9. [DOI:10.2519/jospt.1994.20.4.193] [PMID]

[30] Norasteh AA, Hosseini R, Daneshmandi H, Shah Heidari S. Balance assessmnt in students with hyperkyphosis and hyperlordosis. Sport Sciences and Health Research. 2014; 6(1):57-71. [DOI:10.22059/JSMED.2014.50131]

[31] Durmus B, Altay Z, Ersoy Y, Baysal O, Dogan E. Postural stability in patients with ankylosing spondylitis. Disability and Rehabilitation. 2010; 32(14):1156-62. [DOI:10.3109/09638280903428310] [PMID]

[32] Crowell RD, Cummings GS, Walker JR, Tillman LJ. Intratester and intertester reliability and validity of measures of innominate bone inclination. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 1994; 20(2):88-97. [DOI:10.2519/jospt.1994.20.2.88] [PMID]

[33] Anbarian M, Mokhtari M, Zareie P, Yalfani A. [A comparison of postural control characteristics between subjects with kyphosis and controls (Persian)]. Avicenna Journal of Clinical Medicine. 2010; 16 (4):53-60. [Link]

[34] Regolin F, Carvalho GA. Relationship between thoracic kyphosis, bone mineral density, and postural control in elderly women. Revista Brasileira de Fisioterapia. 2010; 14(6):464-9. [DOI:10.1590/S1413-35552010000600003] [PMID]

[35] Bazvand M, Mosavi SK, Mi'mar R, Sadeghi H. [Dynamic postural comparison during gait analysis in men with pes cavus and pes planus (Persian)]. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2014; 24(116):161-71. [Link]

[36] Mahmoud NF, Hassan KA, Abdelmajeed SF, Moustafa IM, Silva AG. The relationship between forward head posture and neck pain: A systematic review and meta-analysis. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. 2019; 12(4):562-77. [DOI:10.1007/s12178-019-09594-y] [PMID] [PMCID]

[37] Lee JH. Effects of forward head posture on static and dynamic balance control. Journal of Physical Therapy Science. 2016; 28(1):274-7. [DOI:10.1589/jpts.28.274] [PMID] [PMCID]

[38] Buldt AK, Forghany S, Landorf KB, Murley GS, Levinger P, Menz HB. Centre of pressure characteristics in normal, planus and cavus feet. Journal of Foot and Ankle Research. 2018; 11:3. [DOI:10.1186/s13047-018-0245-6] [PMID] [PMCID]

[39] Silva AG, Johnson MI. Does forward head posture affect postural control in human healthy volunteers? Gait & Posture. 2013; 38(2):352-3. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2012.11.014] [PMID]

[40] Zhao X, Tsujimoto T, Kim B, Katayama Y, Tanaka K. Characteristics of foot morphology and their relationship to gender, age, body mass index and bilateral asymmetry in Japanese adults. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. 2017; 30(3):527-35. [DOI:10.3233/BMR-150501] [PMID]

[41] Sedaghati P, Zolghadr H, Daneshmandi H. [Postural control status in relation to anthropometric and postural indices of active people (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2019; 5(1):50-61. [DOI:10.32598/biomechanics.5.1.5]

[42] Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Sensorimotor system measurement techniques. Journal of Athletic Training. 2002; 37(1):85-98. [PMID] [PMCID]

[43] Lin CH, Lee HY, Chen JJ, Lee HM, Kuo MD. Development of a quantitative assessment system for correlation analysis of footprint parameters to postural control in children. Physiological Measurement. 2006; 27(2):119-30. [DOI:10.1088/0967-3334/27/2/003] [PMID]

[44] Kordi Ashkezari MH, Seidi F, Alizadeh MH. [Effect of the medial longitudinal arch height of the foot on static and dynamic balance of male collegiate athletes (Persian)]. Journal of Rehabilation Medicine. 2017; 6(2):1-10. [Link]

[45] Ebrahimi Takamjani E, Noorbakhsh M, Basiri S. [Assessing the influence of sensory information on controlling standing balance in different age groups (Persian)]. Razi Journal of Med ical Sciences. 2000; 7(21):171-5. [Link]

[46] Hajirezayi p, Ghasemi H, Arghavani H, Sadeghi-Demneh E. Comparison of postural control factors, static and dynamic balance in students with different foot arches (Persian). Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation. 2019; 8(2):69-76. [DOI:10.22038/JPSR.2019.29860.1769]

[47] Habibi Tirtashi F, Eslami M, Tazike Lemeski Z, Hoseinzade E. [The effect of foot arches on compressive and shears force of ankle joint in Gait initiation (Persian)]. Sport Medicine. 2014; 5(2):39-51. [DOI:10.22059/JSMED.2014.36541]

[48] Ghasemi Paindehi V, Rajabi R, Alizadeh MH, Dashti Rostami K, Savaralia M. [The relationship between the medial longitudinal arch of the foot and some anthropometric measurements and dynamic balance (Persian)]. Journal of Applied Exercise Physiology. 2016; 11(21):23-36. [DOI:10.22080/JAEP.2015.1104]

[49] Irez GB. The relationship with balance, foot posture, and foot size in school of physical education and sports students. Educational Research and Reviews. 2014; 9(16):551-4. [DOI:10.5897/ERR2014.1790]

This Page Intentionally Left Blank