

The Effects of Foot Structures on Plantar Pressure Characteristics in Overweight Girls Aged 10-13 Years During Walking

Herabad N.F, Anbarian M², Rahbar S³

- 1- M.A in Sport Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
- 2- Professor of Sport Biomechanics, Faculty of Sports Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
- 3- Assistant Professor, Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Abstract

Received: 2023.02.06 Accepted: 2023.07.14

Purpose: Differences in foot structure are thought to be associated with differences in foot function during movement. The aim of this study was to investigate the effect of foot structure on plantar pressure characteristics in overweight girl children aged 10-13 years during walking.

Methods: Thirty-six overweight girls with pes planus, pes cavus and normal feet structures participated in this study. The plantar pressure characteristics of the subjects were measured using the foot-scan system while walking on a 14-meter gait-way at a self-selected speed. Peak plantar pressure, time to reach the peak pressure, percentage of the plantar contact area and impulse were measured. MANOVA and Bonferroni post hoc test were used for statistical analyses at a significance level of 0.05.

Results: The mean peak pressure of the left foot of the pes cavus group under the hallux (12.47) was greater than that of the normal (7.93) and pes planus (7.49) groups ($p=0.035$). The mean impulse underneath the 2-5 toes zone of the right foot of normal (0.86) group was greater than pes planus (0.49) group ($p=0.008$). The mean impulse also was greater under the hallux zone of the left foot among pes cavus group (2.61) than those in normal (0.89) and pes planus (0.88) groups (0.045).

Conclusion: Despite the existence of minor differences; in general, the results of this study did not show a significant alteration in plantar pressure characteristics among overweight children with different foot structures during walking.

Keywords: Overweight, Foot types, Plantar pressure, Walking

اثر ساختار کف پا بر ویژگی های فشار کف پای در کودکان دختر دارای اضافه وزن ۱۰ تا ۱۳ ساله حین راه رفتن

نساء فرزانه هرآباد^۱، مهرداد عنبریان^۲، سولماز رهبر^۳

هدف: ساختارهای آناتومیکی متفاوت کف پا با عملکرد حرکتی پا در ارتباط است. هدف این مطالعه بررسی اثر ساختار کف پا بر ویژگی های فشار کف پای در کودکان دختر دارای اضافه وزن ۱۰ تا ۱۳ ساله حین راه رفتن بود.

روش بررسی: تعداد ۳۶ دختر دارای اضافه وزن در سه گروه مساوی با ساختار کف پای صاف، گود و طبیعی در این تحقیق شرکت کردند. ویژگی های فشار کف پای آزمودنی ها حین راه رفتن در مسیر ۱۴ متری و با سرعت خود انتخابی با سیستم اندازه گیری فوت اسکن ثبت و با هم مقایسه شد. حداکثر فشار کف پای، زمان رسیدن به حداکثر فشار کف پای، ضربه (Impulse) وارد بر نواحی مختلف پا و درصد سطح تماس نواحی کف پا در مرحله ایستایی اندازه گیری شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون آماری MANOVA همراه با آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته ها: میانگین حداکثر فشار کف پای چپ گروه کف پای گود در ناحیه انگشت شست (۱۲/۴۷) بیشتر از گروه کف پای طبیعی (۷/۹۳) و گروه کف پای صاف (۷/۴۹) بود ($p=0/035$). میانگین ضربه وارده بر کف پای گروه پای طبیعی (۰/۸۶) در

► Please cite this article as:

Anbarian M. The Effects of Foot Structures on Plantar Pressure Characteristics in Overweight Girls Aged 10-13 Years During Walking. *JPSR* 2023; 12(4): 14-25. DOI: 10.22038/JPSR.2024.69912.2458

نواحی انگشتان دوم تا پنجم پای راست از گروه کف پای صاف (۰/۴۹) بیشتر بود ($p=0/008$). میانگین ضربه در ناحیه شست پای چپ در گروه کف پای گود (۲/۶۱) از گروه کف پای طبیعی (۰/۸۹) و گروه کف پای صاف (۰/۸۸) بیشتر بود ($p=0/045$).

نتیجه گیری: علیرغم وجود تفاوت های محدود؛ به طور کلی نتایج این پژوهش تفاوت قابل توجهی در ویژگی های فشار کف پای در ساختارهای آناتومیکی متفاوت کف پای کودکان دختر دارای اضافه وزن را حین راه رفتن نشان نداد.

کلمات کلیدی: اضافه وزن، انواع ساختار پا، فشار کف پای، راه رفتن

نویسنده مسئول: مهرداد عنبریان، anbarian@basu.ac.ir ORCID: 0000-0002-3605-5586

آدرس: همدان، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده علوم ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی

۱- کارشناس ارشد بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- استاد بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۳- استادیار گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

مقدمه

آناتومیکی پا (Foot Structure; FS) نقش مهمی در

گام برداری دارد. پا از طریق قوس های کف پای سه عملکرد عمده جذب نیروهای برخورد، حفظ تعادل و انتقال نیروهای جلوبرنده را در حرکات انتقالی عهده دار است (۷). از بین قوس های کف پا، قوس طولی داخلی از اهمیت ویژه ای به لحاظ بیومکانیکی برخوردار است و مهمترین ساختار حمایت کننده پا محسوب می شود. معمولاً با استفاده از شاخص های قوس طولی داخلی پا می توان ساختار آناتومیکی پا را به سه طبقه کف پای صاف، گود و طبیعی تقسیم کرد (۸). وضعیت های غیر طبیعی پا (Abnormal Foot Postures; AFP) به عنوان یک عامل مستعدکننده اختلال در عملکرد پویای پا و اندام تحتانی در نظر گرفته می شوند (۹). برای مثال، چرخش خارجی مچ پا در نتیجه کاهش ارتفاع قوس طولی داخلی پا، اهرم جلو برنده لازم برای تکمیل چرخه راه رفتن را کاهش داده (۱۰) و منجر به بروز مشکلاتی نظیر سفتی تاندون آشیل، شلی لیگامنت ها، احساس درد در ساق، زانو و لگن می شود (۲). همچنین گزارش شده است که افراد دچار کف پای صاف نسبت به افراد با ساختار کف پای طبیعی دو برابر بیشتر در معرض شکستگی ناشی از فشار کف پا قرار دارند (۱۱). تحقیقات نشان می دهند که افراد دچار کف پای گود (افزایش قوس طولی داخلی کف- پا) فشار بیشتری را در نواحی پاشنه و قسمت خارجی جلوی پا تحمل می کنند (۱۲).

مطالعات متعددی اثرات اضافه وزن و چاقی بر ویژگی های فشار کف پای- به عنوان روشی نسبتاً جدید در اندازه گیری میزان و نحوه توزیع نیروهای وارد بر کف پا حین راه رفتن- و تغییرات الگوی راه رفتن را بررسی

امروزه پیشرفت سریع تکنولوژی موجب بروز عارضه ای خطرناک و شایع موسوم به کم تحرکی شده است. این عارضه به عنوان عامل خطرزای پنهان در بروز یا تشدید چاقی و اضافه وزن در کودکان شناخته شده است که نرخ شیوع در دختران حدود ۴۹-۱۵ درصد گزارش شده است (۱). چاقی و اضافه وزن در کودکان می تواند با اختلالات اسکلتی-عضلانی است نظیر ساختار غیر طبیعی کف پا - همراه باشد (۲). ساختار غیرطبیعی کف پا معمولاً با درد همراه بوده و عملکرد حرکات انتقالی مانند راه رفتن و دویدن را تحت تأثیر قرار می دهد. کودکان دچار اضافه وزن همچنین انرژی بیشتری را در مقایسه با کودکان با وزن طبیعی در طول حرکت های مختلف از جمله راه رفتن مصرف می کنند (۳). علاوه بر این، تحمل مداوم وزن بیش از حد در کودکان چاق و دارای اضافه وزن، فشار و بار بیشتری در قسمت میانی داخلی و جلوی کف پا در طول راه رفتن ایجاد و در نتیجه احتمال ابتلا به ناراحتی و ناهنجاری ساختاری قوس کف پا را افزایش می دهد (۵).

راه رفتن یک مهارت بنیادی و فعالیت مستمر عضلانی است که نقش اصلی در جابجایی و انتقال انسان از مکانی به مکان دیگر دارد. علاوه بر آن، گام برداری در شکل-گیری وضعیت بدنی (Posture) در سنین رشد بسیار موثر است. راه رفتن همچنین اهمیت بیولوژیکی و بالینی ویژه ای نظیر کمک به درک صحیح تر در شناسایی سازوکارهای عصبی-فیزیولوژیکی و بیومکانیکی دخیل در بروز اختلالات اسکلتی عضلانی در اندام تحتانی دارد (۶). از بین عوامل مرتبط با بیومکانیک راه رفتن، ساختار

روش بررسی

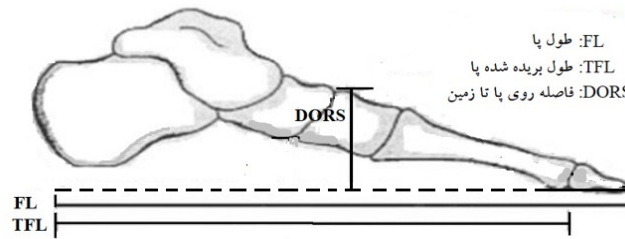
در این مطالعه مقطعی با استفاده از نرم افزار برآورد حجم نمونه G^*Power و با در نظر گرفتن اندازه اثر ۰/۸، توان ۰/۸ و سطح معناداری ۰/۰۵، تعداد حداقل ۱۲ نفر برای هر یک از سه گروه مورد مطالعه تعیین شد (۱۶). بنابراین، تعداد ۳۶ نفر از کودکان دختر دارای اضافه وزن ۱۰ تا ۱۳ ساله مدارس دولتی منطقه یک شهر همدان به عنوان نمونه آماری و به صورت در دسترس و هدفمند انتخاب شدند.

کودکان با توجه به شاخص بین‌المللی مرکز کنترل بیماری (۲۰۰۵) دارای اضافه وزن در نظر گرفته شدند (۱۵). بر این اساس معیار، بالاتر بودن شاخص توده بدنی ($Body\ Mass\ Index; BMI$) از صدک نود و پنجم برای سن برای اضافه وزن تعیین می شود. از این تعداد و با توجه به ساختار آناتومیکی کف پا، ۱۲ نفر در گروه کف-پای صاف، ۱۲ نفر کف پای طبیعی و ۱۲ نفر نیز در گروه کف‌پای گود انتخاب و جای گرفتند. در صورت ابتلا آزمودنی‌ها به هرگونه بیماری عصبی-عضلانی، دارا بودن سابقه جراحی، اختلالات و ناهنجاری اسکلتی و مشکلات قلبی-عروقی از شرکت در این تحقیق خارج می شدند (۹). معیار ورود به تحقیق دارا بودن شاخص توده بدنی بزرگتر از ۲۳ بود (۹). همچنین، تلاش شد تا آزمودنی‌های هر سه گروه در ویژگی‌هایی همچون سن، قد، سطح فعالیت روزانه با یکدیگر متجانس باشند. پای برتر کلیه آزمودنی‌ها پای راست آن‌ها بود و هر دو کف پای آن‌ها ساختار یکسان گروه خود را داشت. پایی که حداقل ۲ بار از ۳ آزمون ضربه به توپ، جهش به بالا و بازیابی تعادل مورد استفاده قرار می‌گرفت به عنوان پای برتر آزمودنی انتخاب می شد (۱۷). برای تقسیم بندی افراد در گروه -های کف پای طبیعی، صاف و گود، شرکت کنندگان از ناحیه پا مورد معاینه قرار گرفتند. برای این منظور، افراد برای غربالگری از طریق شاخص قوس طولی داخلی پا به آزمایشگاه دعوت شدند. شاخص ارتفاع قوس بر اساس مطالعه $McClay$ و $Williams$ (۱۸) به صورت نسبت ارتفاع روی پا ($Dorsum$) از سطح زمین در وسط طول پا (از پشت پاشنه تا نوک انگشت شست) تقسیم بر طول بریده شده پا (از پاشنه تا سر اولین مفصل کف‌پایی انگشتی) محاسبه شد (تصویر ۱).

افراد با شاخصی بین اعداد ۰/۲۷۵ و ۰/۳۵۶ در گروه

کرده اند. برای مثال، $Song-hua$ و همکاران (۹) اثرات چاقی بر توزیع فشار کف پای در کودکان پیش دبستانی حین راه رفتن را بررسی کردند. آنان مشاهده کردند که مدت زمان مرحله میانی راه رفتن برای افراد چاق به طور معناداری در مقایسه با افراد با وزن طبیعی طولانی تر و برعکس مدت زمان مرحله پیشروی راه رفتن در افراد چاق کوتاه تر است. نتایج بیشتر این مطالعات نشان داده اند که چاقی و اضافه وزن بدن سبب کاهش قوس طولی داخلی پا می شود. برای نمونه، $Chang$ و همکاران (۱۰) گزارش کردند که وزن زیاد بدن به طور معناداری با کف پای صاف ارتباط دارد. منطبق گزارش $Chang$ و همکاران (۱۰) و گزارشات مشابه را می‌توان مرتبط با دو عامل دانست. اول اینکه، تحمل بار و فشار ناشی از وزن زیاد بدن توسط پاها که هنگام راه رفتن و دویدن نسبت به افراد با وزن طبیعی چند برابر می شود از یک سو و تغییر رفتار مکانیکی ساختار آناتومیکی پا در دوران کودکی از سوی دیگر دانست که می تواند بر کاهش قوس طولی داخلی پا و در نتیجه تغییر الگوی راه رفتن موثر باشد (۱۳).

با توجه به ادبیات تحقیق موجود و آنچه که پیش تر ذکر شد، چاقی و اضافه وزن تاثیر بیشتری بر شاخص قوس کف پا نسبت به برخی دیگر از متغیرها نظیر سن می -گذارد. البته مطالعاتی هم در مقابل، عدم ارتباط بین وزن اضافی بدن و ساختار آناتومیکی کف پای صاف را گزارش کرده اند (۱۴). صرف نظر از وجود برخی نتایج ناهمسو، در مجموع می‌توان این گونه بیان کرد که کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن در صورتی که دچار بدشکلی های ساختاری پا نظیر کف‌پای صاف و گود باشند، مستعد آسیب در اندام تحتانی خواهند بود. با مرور بر پیشینه تحقیق، فقدان مطالعاتی که تاثیر ساختارهای متفاوت آناتومیکی کف پا و عامل اضافه وزن بدن کودکان را همزمان بر ویژگی های فشار کف پای حین راه رفتن بررسی کرده باشد، احساس می شود. بررسی تاثیر ساختارهای غیرطبیعی پا در حرکات پویای کودکان دارای اضافه وزن می تواند اطلاعات مفیدی در اختیار محققین، مربیان ورزشی و متخصصین توانبخشی و ارتوپدی فنی در طراحی تمرینات و مداخلات غیرتهاجمی قرار دهد (۱۵). بنابراین، هدف این مطالعه مقایسه ویژگی های فشار کف-پای کودکان دختر دارای اضافه وزن با ساختارهای کف پای صاف، گود و طبیعی حین راه رفتن بود.



تصویر ۱: نحوه به دست آوردن شاخص ارتفاع قوس.

Foot Length; FL, Truncated Foot Length; TFL, Dorsum Height; DORS

آزمون به آن‌ها شرح داده شد. پس از آشنایی با مسیر و شرایط آزمون و تکمیل رضایت نامه شرکت در آزمون توسط والدین، از آزمودنی‌ها درخواست شد تا مسیر ۱۴ متری را با سرعت خودانتخابی (به منظور پیشگیری از تغییر الگوی گام برداری) و با پای برهنه به شکلی که پاها به طور کامل با دستگاه فوت اسکن تماس پیدا کنند راه بروند. از هر آزمودنی ۳ تلاش (Trial) صحیح و قابل قبول جمع آوری شد. بین هر تلاش مدت ۳۰ ثانیه استراحت در نظر گرفته شد. آنگاه، متغیرهای زیر در کل مرحله ایستایی (Stance) راه رفتن محاسبه شد:

الف- اطلاعات مربوط به حداکثر فشار وارده به نواحی ده-گانه کف هر دو پا (نیوتن بر سانتی‌متر مربع)
 ب- زمان رسیدن به حداکثر فشار کف پای نواحی ده‌گانه کف هر دو پا (میلی ثانیه)
 ج- ضربه‌های (Impulse) وارده بر نواحی ده‌گانه کف هر دو پا (نیوتن ثانیه بر سانتی‌متر مربع)
 د- درصد سطح تماس در نواحی ده‌گانه کف پاهای راست و چپ.

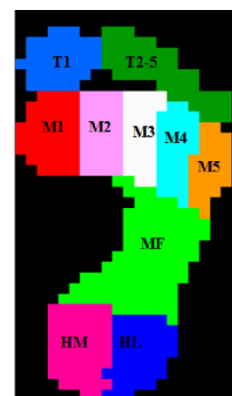
پس از بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها توسط آزمون آماری شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk test) و اطمینان از همگنی واریانس‌ها با آزمون آماری لئون، آزمون آنالیز واریانس چند متغیره (MANOVA) برای مقایسه متغیرهای وابسته مورد استفاده قرار گرفت. از نرم افزار SPSS نسخه ۱۸ (SPSS Inc., Version 18, SPSS Inc., Chicago, IL) برای تجزیه و تحلیل سطح معناداری $p < 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

برخی از اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌های سه گروه تحقیق بطور مجزا در جدول ۱ آورده شده است.

دارای ساختار کف پای طبیعی قرار گرفتند. برای ورود به گروه کف پای گود، نسبت ۰/۳۵۶ و بیش‌تر نیاز بود و برای ورود به گروه کف پای صاف، میزان ۰/۲۷۵ و کمتر نیاز بود (۱۷).

برای ثبت داده‌های فشار کف‌پایی از دستگاه فوت اسکن (RS-Scan) ساخت کشور بلژیک با ابعاد ۴۰×۱۰۰ سانتی‌متر با تعداد ۸۱۹۲ حسگر و فرکانس نمونه‌گیری ۲۵۳ هرتز که در مسیر راه رفتن قرار داده شده بود استفاده شد. نرم افزار دستگاه (Foot scan 7 Gait 2nd generation) به صورت خودکار کف پا را به ده ناحیه آناتومیکی شامل: پاشنه داخلی (Heel Lateral;)، پاشنه خارجی (Medial; HM)، بخش میانی کف پا (Mid Foot; MF)، متاتارسال‌های ۱ تا ۵ (M1-M5: Metatarsals 1-5)، انگشت شست (T1: Toe 1) و انگشتان دوم تا پنجم (T2-T5: Toes 2-5) تقسیم می‌کند (تصویر ۲).



تصویر ۲: تقسیم بندی آناتومیکی کف پا در ده ناحیه

آزمودنی‌ها در جلسه دوم به آزمایشگاه دعوت شدند تا به انجام آزمون عملی این مطالعه بپردازند. پس از ورود آزمودنی‌ها و گرفتن رضایت نامه کتبی، نحوه اجرای

جدول ۱: اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌ها

متغیر	گروه‌ها		
	کف پای طبیعی	کف پای صاف	کف پای گود
	انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین	انحراف معیار ± میانگین
سن (سال)	۱۰/۶۹ ± ۰/۷۲	۱۱/۲۵ ± ۱/۰۱	۱۱/۰۷ ± ۰/۷۲
قد (متر)	۱/۴۹ ± ۰/۰۶	۱/۴۹ ± ۰/۰۸	۱/۵۲ ± ۰/۰۹
وزن (کیلوگرم)	۵۵/۸ ± ۲/۰۴	۵۶/۵ ± ۲/۹۱	۵۹ ± ۳/۹
شاخص توده بدنی* (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۴/۹۳ ± ۲/۱۴	۲۴/۶۲ ± ۲/۳۸	۲۴/۷۷ ± ۲/۲۶
شاخص قوس	۰/۳۴۱ ± ۰/۰۳۴	۰/۲۶۸ ± ۰/۰۱۶	۰/۴۲۱ ± ۰/۰۴۵

BMI; * Body Mass Index

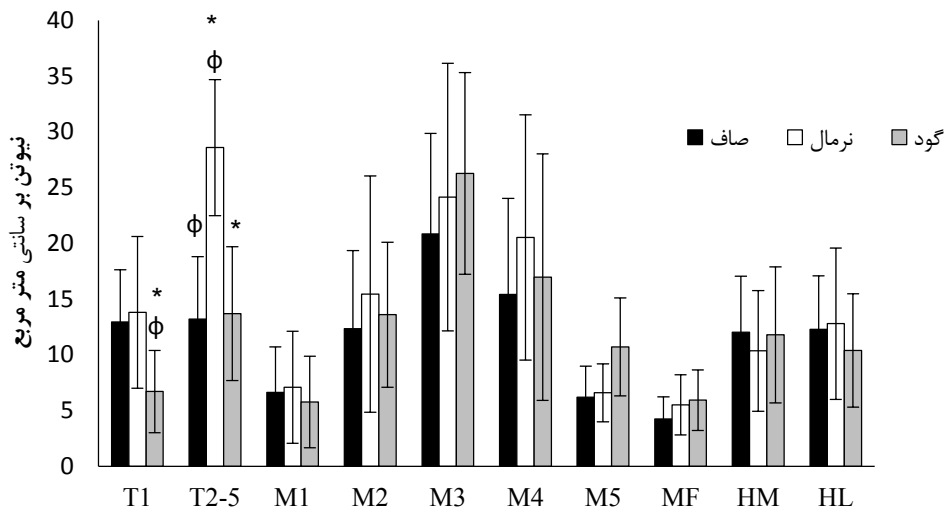
نواحی دیگر کف پا، تفاوت معناداری مشاهده نشد (نمودار ۲).

همان طور که در نمودارهای ۳-۴ نمایش داده شده است، همان طور که در نمودارهای ۳-۴ نمایش داده شده است، زمان رسیدن به حداکثر فشار کف پای در پای راست در نواحی مختلف و بویژه بخش میانی پا و پاشنه داخلی در گروه طبیعی از دو گروه دیگر بیشتر بود؛ اما از نظر آماری معنادار نبود. همچنین در پای چپ، زمان رسیدن به حداکثر فشار کف پای در کلیه نواحی به غیر از بخش میانی پا در گروه دچار کف پای گود نسبت به گروه کف پای صاف و طبیعی بیشتر بود؛ اما این اختلاف از نظر آماری معنادار نبود.

همان طور که در نمودارهای ۵-۶ مشاهده می شود، میزان ضربه وارده در ناحیه انگشتان دوم تا پنجم پای راست گروه کف پای طبیعی به طور معناداری بیشتر از گروه کف پای صاف بود (میانگین به ترتیب: ۰/۸۶ و ۰/۴۹ Ns/cm^2 ، $p=0/04$). میزان ضربه در ناحیه انگشت شست پای چپ گروه کف پای گود به طور معناداری بیشتر از گروه های کف پای طبیعی و صاف بود (میانگین به ترتیب: ۰/۸۹، ۰/۸۸ و ۰/۴۵ Ns/cm^2 ، $p=0/045$). در نواحی انگشت شست، متاتارسال چهارم و پنجم، قسمت میانی کف پای راست و انگشتان، قسمت میانی و پاشنه خارجی گروه کف پای گود نسبت به گروه دارای کف پای طبیعی و صاف بیشتر بود. به علاوه در نواحی متاتارسال اول پای راست، متاتارسال دوم و سوم هر دو پا، متاتارسال چهارم و پنجم پای چپ، گروه کف پای طبیعی بیشتر از گروه کف پای گود و صاف بود ولی از نظر آماری معنادار نبود.

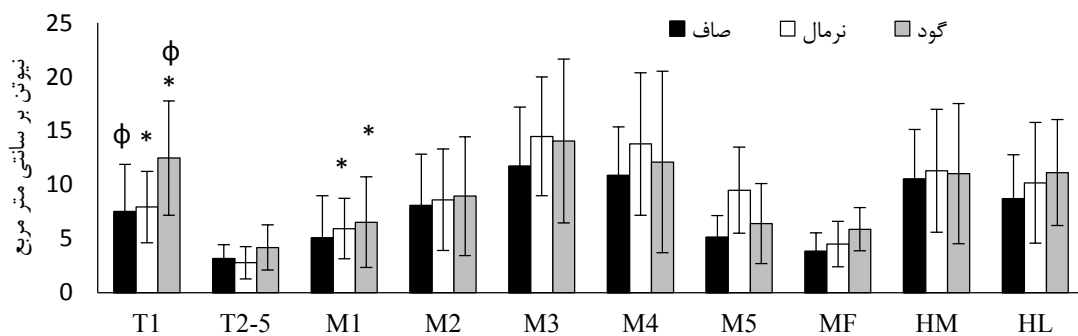
همان طور که در نمودار ۱ مشاهده می شود، حداکثر فشار کف پای راست در ناحیه انگشت شست در گروه کف پای طبیعی بیشتر از گروه کف پای گود بود (میانگین به ترتیب: ۱۳/۸ و ۶/۷ نیوتن بر مترمربع، $p=0/017$).

همچنین در این ناحیه حداکثر فشار کف پای در گروه کف پای صاف بیشتر از گروه کف پای گود بود (میانگین به ترتیب: ۱۲/۹۳ و ۶/۷ نیوتن بر مترمربع، $p=0/026$). حداکثر فشار کف پای راست در ناحیه انگشتان دوم تا پنجم گروه کف پای طبیعی به ترتیب نسبت به گروه کف- پای گود و گروه کف پای صاف به طور معناداری بیشتر بود (میانگین به ترتیب: ۲۸/۸۵، ۱۳/۷ و ۱۳/۲۱ نیوتن بر مترمربع، $p=0/001$). در سایر نواحی تفاوت معنادار دیگری مشاهده نشد. حداکثر فشار کف پای چپ در نواحی انگشت شست گروه کف پای گود نسبت به گروه کف پای طبیعی بیشتر بود (میانگین به ترتیب: ۱۲/۴۷ و ۷/۹۳ نیوتن بر مترمربع، $p=0/034$). همچنین در این ناحیه، گروه پای گود حداکثر فشار بیشتری از گروه پای صاف داشتند (میانگین به ترتیب: ۱۲/۴۷ و ۷/۴۹ نیوتن بر مترمربع، $p=0/01$). علاوه بر این در گروه کف پای گود در ناحیه متاتارسال اول پای چپ حداکثر فشار به طور قابل توجهی بیشتر از گروه کف پای طبیعی بود (میانگین به ترتیب: ۶/۵۳ و ۵/۹۴ نیوتن بر مترمربع، $p=0/014$). حداکثر فشار در ناحیه متاتارسال پنجم پای راست گروه پای گود نیز از گروه پای صاف به طور معناداری بیشتر بود (میانگین به ترتیب: ۱۰/۷۱ و ۶/۱۸ نیوتن بر مترمربع، $p=0/039$). در سایر



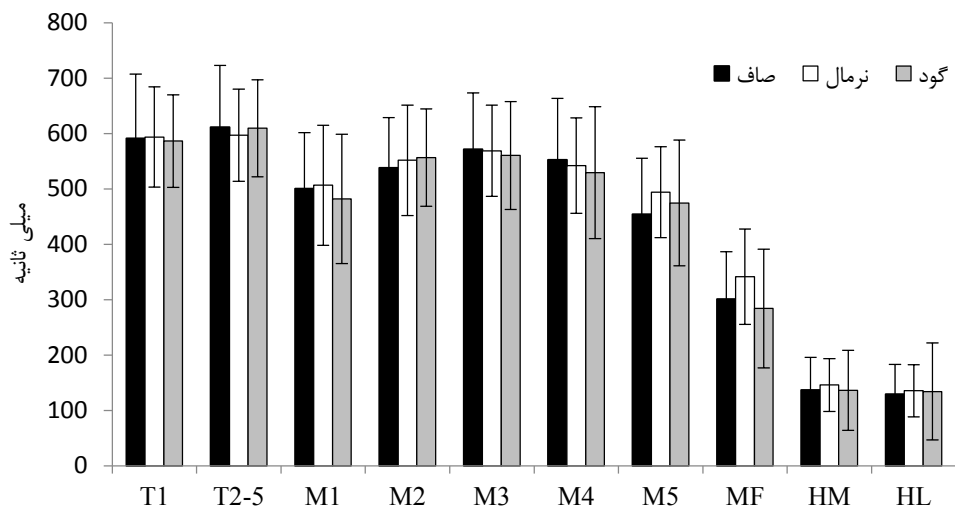
نمودار ۱: مقایسه حداکثر فشار کف پای راست سه ساختار کف پای.

اختصارات: M1 (انگشت شست)، M2-5 (انگشتان دوم تا پنجم)، M1 (متاتارسال اول)، M2 (متاتارسال دوم)، M3 (متاتارسال سوم)، M4 (متاتارسال چهارم)، M5 (متاتارسال پنجم)، MF (میانی پا)، HM (پاشنه داخلی)، HL (پاشنه خارجی)



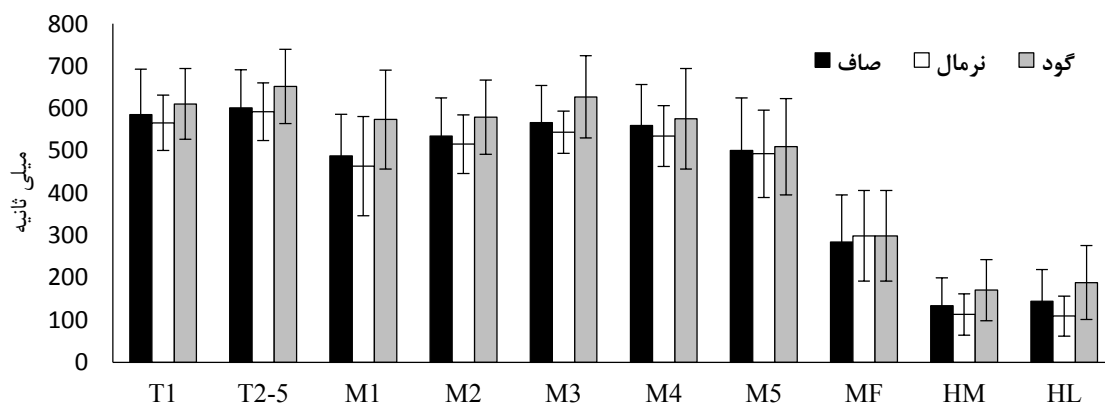
نمودار ۲: مقایسه حداکثر فشار کف پای چپ سه ساختار کف پای.

اختصارات: M1 (انگشت شست)، M2-5 (انگشتان دوم تا پنجم)، M1 (متاتارسال اول)، M2 (متاتارسال دوم)، M3 (متاتارسال سوم)، M4 (متاتارسال سوم)، M5 (متاتارسال پنجم)، MF (میانی پا)، HM (پاشنه داخلی)، HL (پاشنه خارجی)



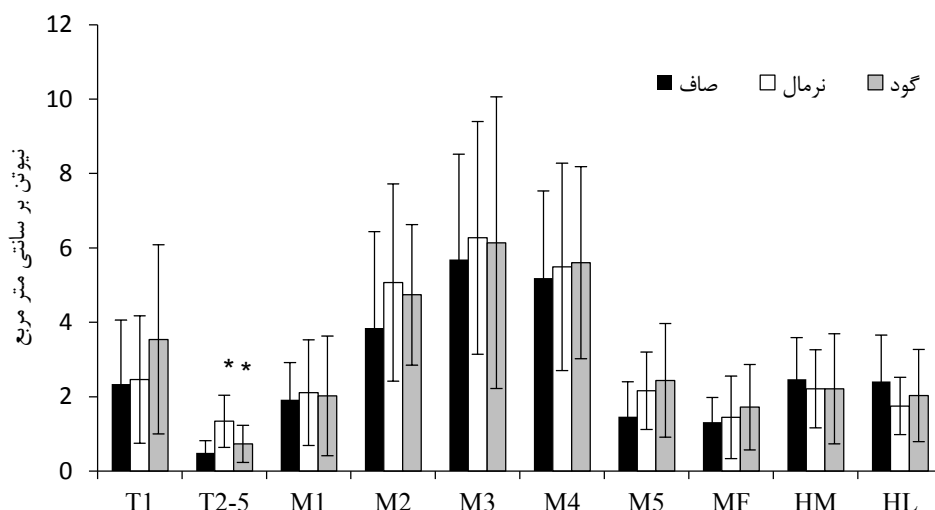
نمودار ۳: مقایسه زمان رسیدن به حداکثر فشار در پای راست سه گروه

اختصارات: M1 (انگشت شست)، M2-5 (انگشتان دوم تا پنجم)، M1 (متاتارسال اول)، M2 (متاتارسال دوم)، M3 (متاتارسال سوم)، M4 (متاتارسال چهارم)، M5 (متاتارسال پنجم)، MF (میانی پا)، HM (پاشنه داخلی)، HL (پاشنه خارجی)



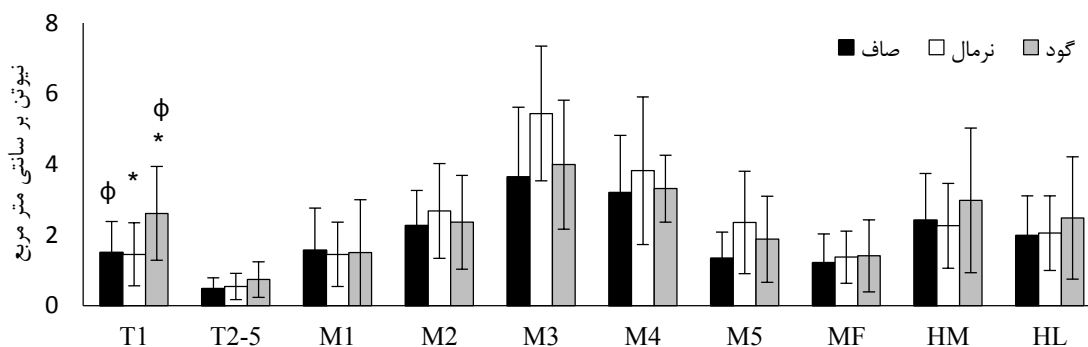
نمودار ۴: مقایسه زمان رسیدن به حداکثر فشار در پای چپ سه گروه

اختصارات: M1 (انگشت شست)، M2-5 (انگشتان دوم تا پنجم)، M1 (متاتارسال اول)، M2 (متاتارسال دوم)، M3 (متاتارسال سوم)، M4 (متاتارسال سوم)، M5 (متاتارسال پنجم)، MF (میانی پا)، HM (پاشنه داخلی)، HL (پاشنه خارجی)



نمودار ۵: مقایسه ضربه (Impulse) پای راست سه گروه

اختصارات: M1 (انگشت شست)، M2-5 (انگشتان دوم تا پنجم)، M1 (متاتارسال اول)، M2 (متاتارسال دوم)، M3 (متاتارسال سوم)، M4 (متاتارسال چهارم)، M5 (متاتارسال پنجم)، MF (میانی پا)، HM (پاشنه داخلی)، HL (پاشنه خارجی)

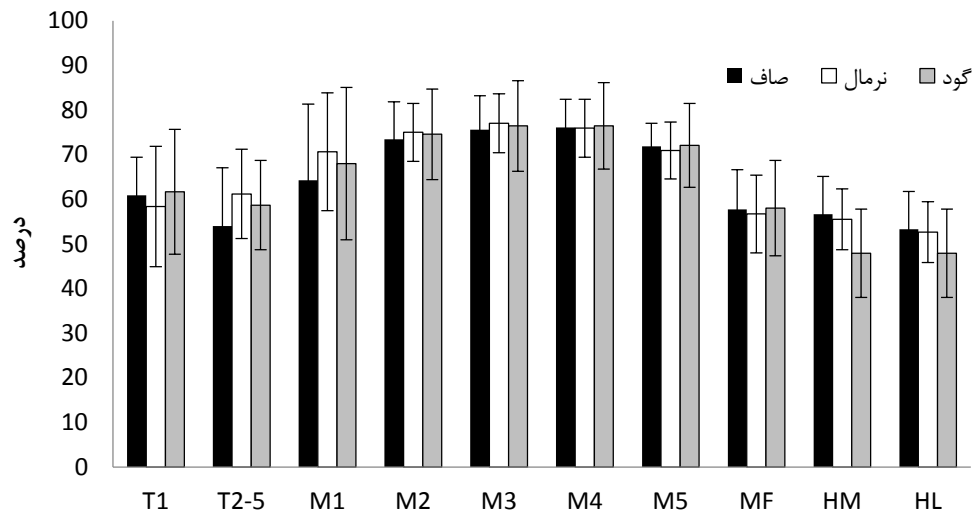


نمودار ۶: مقایسه ضربه (Impulse) پای چپ سه گروه

اختصارات: M1 (انگشت شست)، M2-5 (انگشتان دوم تا پنجم)، M1 (متاتارسال اول)، M2 (متاتارسال دوم)، M3 (متاتارسال سوم)، M4 (متاتارسال چهارم)، M5 (متاتارسال پنجم)، MF (میانی پا)، HM (پاشنه داخلی)، HL (پاشنه خارجی)

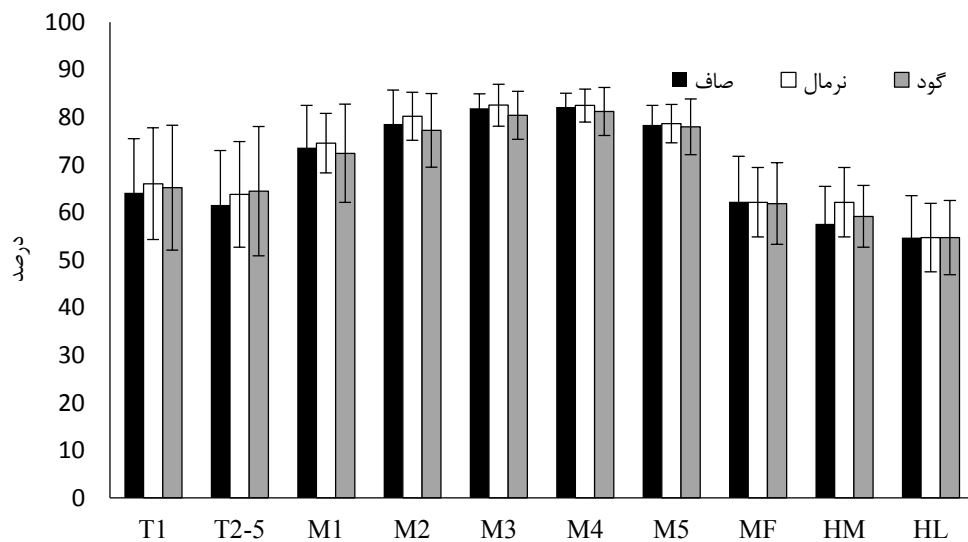
از گروه های کف پای گود و صاف بود. همچنین میزان درصد تماس متاتارسال دوم، سوم، چهارم و پنجم پای چپ گروه کف پای طبیعی به ترتیب بیشتر از دو گروه کف پای صاف و گود بود. میزان درصد تماس انگشتان ۲-۵، بخش میانی پای چپ و ناحیه خارجی پاشنه پای راست در گروه دچار صافی کف پا به ترتیب بیشتر از دو گروه کف پای طبیعی و گود است. این در حالی است که اختلاف معناداری از نظر آماری در نواحی ده گانه کف پای هر دو پا در گروه های تحقیق با ساختار کف پای متفاوت

همان طور که در نمودارهای ۷-۸ مشاهده می شود، میزان درصد تماس در نواحی انگشت شست، متاتارسال چهارم، متاتارسال پنجم و بخش میانی پای راست و همچنین متاتارسال اول و بخش خارجی پاشنه پای چپ در گروه کف پای گود اندکی بیشتر از دو گروه کف پای صاف و طبیعی بود. در نواحی انگشت شست پای چپ، انگشتان دوم تا پنجم پای راست، متاتارسال های اول، دوم و سوم پای راست و ناحیه خارجی پاشنه پای راست، میزان درصد تماس گروه کف پای طبیعی به ترتیب اندکی بیشتر



نمودار ۷: مقایسه درصد سطح تماس در نواحی ده‌گانه کف پای راست گروه‌های تحقیق

اختصارات: M1 (انگشت شست)، M2-5 (انگشتان دوم تا پنجم)، M1 (متاتارسال اول)، M2 (متاتارسال دوم)، M3 (متاتارسال سوم)، M4 (متاتارسال چهارم)، M5 (متاتارسال پنجم)، MF (میانی پا)، HM (پاشنه داخلی)، HL (پاشنه خارجی)



نمودار ۸: مقایسه درصد سطح تماس در نواحی ده‌گانه کف پای چپ گروه‌های تحقیق

اختصارات: M1 (انگشت شست)، M2-5 (انگشتان دوم تا پنجم)، M1 (متاتارسال اول)، M2 (متاتارسال دوم)، M3 (متاتارسال سوم)، M4 (متاتارسال سوم)، M5 (متاتارسال پنجم)، MF (میانی پا)، HM (پاشنه داخلی)، HL (پاشنه خارجی)

مشاهده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری

خلاصه نشان داد که علیرغم تفاوت اندک در ناحیه انگشتان پا در متغیرهای حداکثر فشار کف پای و ضربه در بین گروه‌های تحقیق با ساختار کف پای طبیعی، صاف و گود، در سایر نواحی کف پای و متغیرهای دیگر تحقیق

هدف از مطالعه حاضر مقایسه ویژگی‌های فشار کف پای کودکان دختر دارای اضافه وزن ۱۰-۱۳ ساله با سه ساختار کف پای طبیعی، گود و صاف بود. نتایج این تحقیق به طور

بیشتر از گروه کف پای طبیعی است؛ هرچند به لحاظ آماری اختلاف معنادار نبود. احتمالاً یکی از دلایل افزایش مشاهده شده در فشار کف پای نواحی انگشتان دوم تا پنجم در گروه کف پای گود همین مورد ذکر شده باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که وجود فشار کف پای در مناطق ذکر شده، احتمال بارگذاری بیشتر در لبه خارجی پا را سبب شده که این امر می تواند خطر آسیب را افزایش دهد (۲۲). مطالعه Buldt و همکاران (۳) نشان داد که افراد با کف پای گود در نواحی میانی کف پا و انگشت شست در مقایسه با گروه های کف پای صاف و طبیعی کمترین درصد تماس را دارند. نتایج مطالعه ما نیز نشان داد درصد تماس پای چپ در گروه کف پای گود در این نواحی بیشتر از گروه کف پای طبیعی است که با مطالعه Buldt و همکاران (۳) همخوانی دارد. در مقابل، نتایج ما در میزان تماس نواحی میانی کف پا و انگشت شست پای راست کاملاً متفاوت از پای چپ بود. شاید علت وجود اختلاف نتایج این مطالعه با تحقیقات ذکر شده پیشین، تفاوت در تعیین شاخص توده بدنی آزمودنی ها بوده باشد.

یافته های مطالعه حاضر نشان داد، میزان ضربه وارده در نواحی انگشتان دوم تا پنجم گروه کف پای طبیعی به طور معناداری بیشتر از گروه کف پای گود است. همچنین میزان ضربه وارده بر ناحیه داخلی پاشنه پای چپ گروه کف پای گود بیشتر از گروه کف پای طبیعی بود. Buldt و همکاران (۳)، فشار کف پای در سه ساختار متفاوت پا در افراد ۱۸ تا ۴۵ ساله را حین راه رفتن مقایسه کردند. آنان گزارش کردند که ضربه وارده بر گروه کف پای صاف در نواحی انگشتان سوم، چهارم و پنجم، بیشتر از گروه کف- پای گود بود. طبق گزارش Buldt و همکاران (۳)، گروه کف پای صاف ضربه بیشتری در نواحی متاتارسال های چهارم و پنجم در مقایسه با گروه های کف پای گود و طبیعی داشتند. آنان همچنین، میزان ضربه کمتری در قسمت خارجی پاشنه گروه کف پای صاف نسبت به گروه کف پای گود مشاهده کردند؛ در حالی که ضربه وارده در نواحی انگشت شست و انگشت دوم گروه کف پای صاف بیشتر از گروه کف پای گود بود (۳). در مطالعه حاضر، در بررسی متغیرهای فشارهای کف پای بین پای راست و چپ این دو گروه تفاوت هایی مشاهده شد که احتمالاً به دلیل تفاوت در عملکرد عضلانی باشد که نیازمند مطالعه

تفاوت معنادار و قابل توجهی وجود نداشت. با مروری در پیشینه تحقیق در حوزه تاثیرات چاقی و اضافه وزن بر توزیع ویژگی های فشار کف پای، تفاوت های معنادار در برخی از متغیرهای فشار کف پای در بین افراد چاق در مقایسه با افراد دارای وزن طبیعی بدن مشاهده می شود. این تحقیقات به طور عمده وجود حداکثر فشار کف پای بالاتر در افراد چاق نسبت به افراد با وزن طبیعی را گزارش کرده اند (۱۹). برای مثال، Stolzman و همکاران (۲۰) در مطالعه مروری بیان داشتند که برخی از مطالعات نشان داده اند که حداکثر فشار کف پای افراد بزرگسال در نواحی انگشت شست، پاشنه، متاتارسال اول، دوم و سوم در افراد چاق بیشتر از افراد با وزن طبیعی بوده است. درحالی که در نواحی انگشتان سوم تا پنجم کمترین اندازه حداکثر فشار را دیده شده است (۲۰). نویسندگان مطالعه حاضر در مراجعه به پیشینه تحقیق، مطالعه ای که ویژگی های فشار کف پای افراد دارای اضافه وزن با ساختار متفاوت آناتومیکی کف پا را بررسی کرده باشد را مشاهده نکردند. به همین دلیل امکان مقایسه مستقیم مطالعه حاضر با مطالعات پیشین وجود نداشت. البته در حوزه تحلیل بیومکانیکی راه رفتن، مطالعات زیادی انجام شده که بخشی از آن ها، اثر ساختار کف پا بر متغیرهای کینماتیکی و کینتیکی راه رفتن بررسی کرده اند. در مطالعات پیشین نشان داده شده است که افراد دارای ساختار کف پای گود در مقایسه با کف پای طبیعی، فشار بیشتری را در نواحی پاشنه و قسمت خارجی جلوی کف پا تحمل می کنند. این در حالی است که افراد دارای ساختار کف پای گود فشار کف پای، نیرو و منطقه تماس کمتری را در قسمت های میانی کف پا و شست پا متحمل می شوند (۲۱). نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که حداکثر فشار کف پای در پای چپ گروه کف پای گود در ناحیه انگشت شست به طور معناداری نسبت به گروه با ساختار کف پای طبیعی بیشتر است؛ که با نتایج مطالعات پیشین همخوانی ندارد. از طرفی، نتایج مطالعه حاضر در نواحی ذکر شده برای پای چپ، در پای راست کاملاً متفاوت بود. شاید این عدم تقارن در حداکثر فشار کف پای در پای راست و چپ به دلیل عملکرد عضلانی و همچنین تفاوت های میان پای غالب و غیرغالب باشد.

همچنین، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که میزان درصد تماس انگشتان دوم تا پنجم پای چپ گروه کف پای گود

منابع

1. Bancroft RJ, McDnough T, Shakespeare J, Lynas K. Orthotics. *Eur Geriatr Med* 2011; 2(2): 122-125.
2. Butterworth PA, Urquhart DM, Landorf KB, Wluka AE, et al. Foot posture, range of motion and plantar pressure characteristics in obese and non-obese individuals. *Gait Posture* 2015; 41(2): 465-469.
3. Buldt AK, Forghani S, Landorf KB, Levinger P, et al. Foot posture is associated with plantar pressure during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait Posture* 2018; 62: 235-240.
4. Collins N, Bisset L, McPoil T, Vicenzino B. Foot Orthoses in Lower Limb Overuse Conditions: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Foot Ankle Int* 2007; 28: 396-410.
5. Donatelli RA. The biomechanics of the foot and ankle. Philadelphia, PA: F.A Davis company, 1996.
6. Safar Cherati A, Soltani SK, Moghadam N, Hassanmirzaei B, et al. Is there a relationships between lower extremity injuries and foot postures in professional football players? A prospective cohort study. *Sci Med Footb* 2022; 6(1): 49-59.
7. Hallemans A, De Clercq D, Van Dongen S, Aerts P. Changes in foot-functions parameters during the first 5 months after the onset of independent walking: a longitudinal follow-up study. *Gait Posture* 2006; 23(2): 142-148.
8. Hertel J, Gay M, Denegar C. Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. *J Athl Train* 2002; 37(2): 129-132.
9. Song-hua Y, Kuan Zh, Gou-qing T, Jin Y, Zhi-cheng L. Effects of obesity on dynamic plantar pressure distribution in Chinese prepubescent children during walking. *Gait Posture* 2013; 37(1): 37-42.
10. Chang J, Wang Sh, Kuo Ch, Shen HC, et al. Prevalence of flexible flatfoot in Taiwanese school-aged children in relation to obesity, gender, and age. *Eur J Pediatr* 2010; 169(4): 447-452.

بیشتر است.

به طور کلی، نتایج این پژوهش تفاوت قابل توجهی در متغیرهای فشار کف پای در ساختارهای متفاوت کف پای کودکان دختر دارای اضافه وزن حین راه رفتن نشان نداد. همان طور که پیشتر اشاره شد، با توجه به تحقیقات پیشین چاقی و اضافه وزن در بزرگسالان می تواند عاملی تاثیرگذار بر متغیرهای فشار کف پای در ساختارهای متفاوت کف پای باشد؛ اما در کودکان دارای اضافه وزن مستندات زیادی در دسترس نیست. بنابراین، چالش قابل تاملی در حوزه مطالعاتی اثرات چاق و اضافه وزن بدن در کودکان با ساختارهای آناتومیکی متفاوت کف پا را مطرح می شود که نیازمند مطالعات بیشتر و دقیق تر است. از سوی دیگر، شاید سازوکارهای جبرانی ناشی از مولفه های کینماتیکی یا فعالیت عضلانی، اثرگذاری متغیر اضافه وزن را تحت الشعاع خود قرار داده باشد که در این تحقیق بررسی نشد و از محدودیت های مطالعه حاضر بشمار می رود. بنظر می رسد که مطالعات آینده با در نظر گرفتن مولفه های کینماتیکی و عملکرد عضلانی، نتایج دقیق تری به دست خواهد داد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته بیومکانیک ورزشی نویسنده اول در دانشگاه بوعلی سینا است. در اجرای کلیه مراحل انجام مقاله حاضر، اخلاق پژوهشی بر اساس بیانیه هلسینکی رعایت شد. نویسندگان این مطالعه از کلیه آموزدنی ها و خانواده ایشان که با علاقه در این مطالعه شرکت کردند کمال تشکر و امتنان را دارند. مطالعه حاضر به تأیید کمیته اخلاق زیست پزشکی دانشگاه بوعلی سینا به شماره ۱۹۶۶۱ رسیده است.

11. Hunt AE, Smith RM. Mechanics and control of the flat versus normal foot during the stance phase of walking. *Clin Biomech* 2004; 19(4): 391-397.
12. Mortazavi SMJ, Ahmadi J, Shariati M. Prevalence of subjective poor health symptoms associated with exposure to electromagnetic fields among university students. *Bioelectromagnetics* 2007; 28(4): 326-330.
13. Molina-Garcia P, Miranda-Aparicio D, Molina-Molina A, Plaza-Florido A, et al. Effect of exercise on plantar pressure during walking in children with overweight/obesity. *Med Sci Sports Exerc* 2020; 52(3): 654-662.
14. Evans AM, Karimi L. The relationship between paediatric foot posture and body mass index: do heavier children really have flatter feet? *J Foot Ankle Res* 2015; 8:46.
15. Song-hua Y, Lu W, Kuan Z. Effects of different movement modes on plantar pressure distribution patterns in obese and non-obese Chinese children. *Gait Posture* 2017; 57: 28-34.
16. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*. 2007; 39(2): 175-191.
17. Hoffman M, Schrader J, Applegate T, Koceja D. Unilateral Postural Control of the Functionally Dominant and Nondominant Extremities of Healthy Subjects. *J Athl Train* 1998; 33(4): 319-322.
18. Williams DS, McClay IS. Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: reliability and validity. *Phys Ther* 2000; 80(9): 864-871
19. Nantel J, Brochu M, Prince F. Locomotor strategies in obese and non-obese children. *Obesity* 2006; 14(10): 1789-1794.
20. Stolzman S, Irby MB, Callahan AB, Skelton JA. Pes planus and paediatric obesity: a systematic review of the literature. *Clin Obes* 2015; 5(2): 52-59.
21. Song-Hua Y, Lu W, Kuan Zh. Effects of different movement modes on plantar pressure distribution patterns in obese and non-obese Chinese children. *Gait Posture* 2017; 5: 28-34.
22. Wong DW, Wang Y, Leung AK, Yang M, et al. Finite element simulation on posterior tibial tendinopathy: load transfer alteration and implications to the onset of pes planus. *Clin Biomech* 2018; 51: 10-16.