



## Comparison of Plantar Pressure in Obese Male Teenagers Compared to Healthy Peers During Walking

Amirali Jafarnezhadgero<sup>1\*</sup>, Sara Imani Brouj<sup>2</sup>, Mohamadhosein Gheysardoost<sup>3</sup>

1- Associate Professor, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2- MSc in Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

3- MSc in Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

**Corresponding Author:** Amirali Jafarnezhadgero, Associate Professor, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

**Email:** [amiralijafarnezhad@gmail.com](mailto:amiralijafarnezhad@gmail.com)

Received: 2024/04/16

Accepted: 2024/12/29

### Abstract

**Introduction:** The relationship between doing physical activity and neglecting activities and inactivity causes overweight. Obesity with orthopedic problems is caused by overloading the musculoskeletal structure. The purpose of this research was to compare the plantar pressure values in obese male teenagers compared to healthy peers during walking.

**Methods:** The current research was semi-experimental and applied research. Using G-Power software, the minimum sample size of 15 people was estimated for each group. The statistical sample of this research was 30 teenagers from Ardabil province, who were purposefully placed in two groups including 15 obese and 15 healthy people. A foot scan device (RSScan) with a sampling rate of 300 Hz was used to record plantar pressure variables. An attempt was made to walk correctly on the 18-meter path to record the pressure of the soles of the feet. Independent t-test was used for statistical analysis of plantar pressure variables of two groups at a significance level of 0.05.

**Results:** Peak pressure values in the areas of the toe 1 ( $P=0.002$ ), toe 2-5 ( $P=0.003$ ), first metatarsal bone ( $P=0.052$ ), second metatarsal bone ( $P=0.028$ ), third metatarsal bone ( $P=0.009$ ), fourth metatarsal bone ( $P=0.004$ ), fifth metatarsal bone ( $P=0.001$ ), midfoot ( $P=0.001$ ), medial heel ( $P=0.001$ ), the lateral heel ( $P = 0.001$ ) of the left foot was significantly greater in obese group than that healthy group.

**Conclusions:** According to the obtained results, obese teenagers have more peak plantar pressure than their healthy peers, which makes these people prone to more structural injuries.

**Keywords:** Ground reaction force, Plantar pressure, Teenager, Obesity.



## مقایسه مقادیر فشار کف پایی در نوجوانان پسر چاق در مقایسه با همسالان سالم طی راه رفتن

امیرعلی جعفرنژادگرو<sup>۱\*</sup>، سارا ایمانی بروج<sup>۲</sup>، محمدحسین قیصر دوست<sup>۳</sup>

- ۱- دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.  
 ۲- کارشناس ارشد، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.  
 ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

**نویسنده مسئول:** امیرعلی جعفرنژادگرو، دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

**ایمیل:** amiralijafarnezhad@gmail.com

پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۹

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱/۲۸

### چکیده

**مقدمه:** محدودیت در انجام فعالیت بدنی و بی توجهی به فعالیت ها و کم تحرکی باعث ایجاد اضافه وزن می شود. چاقی با مشکلات ارتوپدی منجر به اعمال اضافه بار به ساختار اسکلتی عضلانی می شود. هدف از تحقیق حاضر مقایسه مقادیر فشار کف پایی در نوجوانان پسر چاق در مقایسه با همسالان سالم طی راه رفتن بود.

**روش کار:** پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی و نوع پژوهش کاربردی بود. با استفاده از نرم افزار جی پاور حجم نمونه حداقلی ۱۵ نفر برای هر گروه برآورد شد. نمونه آماری این پژوهش ۳۰ نفر از نوجوانان استان اردبیل بودند که بصورت هدفمند در دو گروه ۱۵ نفری چاق و سالم قرار گرفتند. برای ثبت متغیرهای فشار کف پایی از دستگاه فوت اسکن (RSScan) با نرخ نمونه برداری ۳۰۰ هرتز استفاده شده است. کوشش راه رفتن صحیح در مسیر ۱۸ متری برای ثبت فشار کف پایی انجام شد. برای تجزیه و تحلیل آماری متغیرهای فشار کف پایی دو گروه از آزمون t مستقل در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

**یافته ها:** مقادیر اوج فشار در نواحی انگشت شست ( $P=0/002$ )، انگشتان ۲ تا ۵ ( $P=0/003$ )، استخوان کف پایی اول ( $P=0/052$ )، استخوان کف پایی دوم ( $P=0/028$ )، استخوان کف پایی سوم ( $P=0/009$ )، استخوان کف پایی چهارم ( $P=0/004$ )، استخوان کف پایی پنجم ( $P=0/001$ )، میانه ی پا ( $P=0/001$ )، بخش داخلی پاشنه ( $P=0/001$ )، بخش خارجی پاشنه ( $P=0/001$ ) پای چپ به لحاظ آماری در گروه چاق در مقایسه با گروه سالم به طور معناداری بزرگتر بود.

**نتیجه گیری:** با توجه به نتایج بدست آمده نوجوانان چاق دارای اوج فشار کف پایی بیشتری نسبت به همسالان سالم خود هستند که این موجب می شود این افراد مستعد آسیب های ساختاری بیشتری باشند.

**کلیدواژه ها:** اضافه وزن، فشار کف پایی، نوجوان، نیروی عکس العمل زمین.

### مقدمه

حرکت، هسته ی اصلی زندگی، وسیله ارتباط و نیاز اصلی انسان می باشد و بدون حرکت زندگی وجود ندارد. حرکت قبل از تولد آغاز شده و در دوره ی کودکی و نوجوانی تکامل یافته و تا پایان زندگی نیز ادامه خواهد داشت. اصلی ترین بخش تحرک را راه رفتن تشکیل می دهد که موجب

کسب اطلاعات فرد از محیط می گردد (۱). از این رو راه رفتن یکی از مهم ترین و در واقع جزء جدایی ناپذیری در زندگی انسان است که به او امکان انجام فعالیت های روزمره را می دهد. از طرفی جابجایی از لحاظ روانی نیز دارای اهمیت بالایی است و نشانه ی تسلط در فرد است که موجب سهولت در انجام فعالیت های اجتماعی و تفریحی

می گردد (۲، ۳). بنابراین توانایی راه رفتن و فعالیت بدنی نشان دهنده ی سلامت افراد و رشد کیفیت زندگی فردی در جامعه ی امروزی است (۲، ۴). از طرفی پیشرفت صنعت و تکنولوژی طی چندین سال اخیر فعالیت جسمانی را به حداقل رسانده که موجب بروز معضلات فراوانی شده است و یکی از چالش های بزرگ سلامتی در قرن حاضر یعنی چاقی را در پی داشته است (۵).

برآورد محققان نشان می دهد حدود ۱۷۰ میلیون کودک و نوجوان در سرتاسر جهان دارای اضافه وزن یا چاقی هستند که شیوع آن در حال گسترش است (۶). در کودکان و نوجوانان ۶ تا ۱۸ ساله ی ایرانی نیز شیوع اضافه وزن ۱۱ و شیوع چاقی ۳/۴ درصد گزارش شده است (۷). محدودیت در انجام فعالیت بدنی و بی توجهی به فعالیت ها و کم تحرکی باعث ایجاد اضافه وزن و بیماری های ناشی از آن مانند انواع سکتته های قلبی \_ عروقی و مغزی و همچنین دیابت شده است (۸). چاقی همچنین با مشکلات ارتوپدی که منجر به اعمال اضافه بار به ساختار اسکلتی عضلانی می شود همراه است (۹).

مطالعات همچنین تفاوت هایی را در فشار کف پای، ساختار پا و نحوه ی عملکرد پا در افراد چاق در مقایسه با افراد عادی نشان دادند که این تفاوت ها می تواند راه رفتن را تحت تاثیر قرار دهد (۱۰، ۱۱). چاقی می تواند به راحتی در دوره ی کودکی به وجود آید. وقتی چاقی در دوران کودکی به وجود می آید و مدت زیادی ادامه پیدا کند، خطرات بیشتری برای سلامتی خواهد داشت (۱۲). تحقیقات بیومکانیکی و تمرین درمانی نشان داده اند که شروع اضافه وزن و چاقی منجر به تغییراتی در تعادل بدن افراد می شود (۱۳-۱۵). یکی از این تغییرات می تواند روی الگوی بنیادی از جمله راه رفتن و دویدن افراد باشد، لذا بررسی الگوی راه رفتن افراد دارای اضافه وزن می تواند نقش بسزایی در پیشگیری از مشکلات مربوط به این افراد در سنین متفاوت شود (۱۳، ۱۴).

توزیع نامناسب فشارکف پای و بارگیری های دارای انحراف از حالت طبیعی، افراد را در معرض ابتلا به آسیب قرار می دهد (۱۶). در همین راستا، یکی از حوزه هایی که توجه بسیاری از محققان را در برنامه های کاربردی مربوط به پزشکی و ورزشی به خود جلب کرده، تجزیه و تحلیل توزیع

فشار کف پا است. که ضمن مشخص کردن بدشکلی های ساختاری پا، عملکرد پا را در شرایط ایستا و پویا به خصوص هنگام راه رفتن به صورت کمی بررسی می کند (۱۷). توزیع نامناسب فشارهای کف پای سبب ظهور حرکات غیرطبیعی و اعمال استرس در ساختارهای اندام تحتانی شده و در بروز اختلال در عملکرد عضلات مؤثر است و سبب ایجاد حرکات غیرطبیعی و اعمال استرس زیاد شده و آسیب بافت و عضلات پا را به دنبال خواهد داشت (۱۸). بر همین اساس، تجزیه و تحلیل فشارکفپایی، دیدگاه جدیدی در آسیب شناسی اندام تحتانی ایجاد کرده است، به طوریکه محققان بسیاری از حداکثر فشار وارد شده بر سطح زیر پا در مرحله میانی راه رفتن استفاده کرده اند، تا عوامل ایجاد درد و آسیب اندام تحتانی را مطالعه کنند (۱۹). در همین راستا شیپهان و گرملی (۲۰۱۳) در پژوهشی با عنوان تاثیر اضافه وزن بر راه رفتن بزرگسالان به بررسی ویژگی های راه رفتن ۵۰ بزرگسال بالای ۱۸ سال با و بدون اضافه وزن پرداختند که نتایج نشان داد که همبستگی منفی معنی داری بین اضافه وزن و سرعت راه رفتن وجود دارد، اما تفاوت معنی داری در شتاب، طول گام و آهنگ گام برداشتن افراد با سنین مختلف مشاهده نشد (۲۰). رابینسون و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی با عنوان ویژگی های بیومکانیکی کودکان دارای اضافه وزن و چاق در ۵ سرعت مختلف راه رفتن و دویدن نشان دادند که ویژگی های مختلف بیومکانیکی راه رفتن و دویدن در سرعت های مختلف در کودکان چاق و غیرچاق با یکدیگر متفاوت بوده و این تفاوت ها می توانند میزان درد و ناراحتی را در کودکان چاق افزایش دهند (۲۱). در تحقیق انجام شده توسط سانگ هوا و همکاران (۲۰۱۷) با عنوان اثرات حالت های حرکتی مختلف بر الگوهای توزیع فشار کف پا در کودکان چاق و غیر چاق چینی مشاهده کردند که کودکان چاق در مقایسه با غیر چاق الگوی دویدن متفاوتی دارند. آنان این گونه بیان کردند که اختلاف موجود در الگوی دویدن کودکان چاق منجر به افزایش بارهای وارده بر اندام تحتانی هنگام دویدن می شود و در نتیجه این دسته از کودکان نباید از دویدن برای کاهش وزن استفاده کنند (۲۲). همچنین لای و همکاران در پژوهشی که درباره ی افزایش وزن و راه رفتن در بزرگسالان بود، به این نتیجه رسیدند که چاقی با سرعت پایین راه رفتن و عرض گام بیشتر همراه

آگاهانه را تکمیل و امضا نمودند. برای ثبت متغیرهای فشار کف پای از دستگاه فوت اسکن (RSScan international, Belgium, 0.5× 0.5× 0.02m,) 4363 sensors ساخت کشور بلژیک با نرخ نمونه برداری ۳۰۰ هرتز استفاده شده است. کوشش راه رفتن صحیح، شامل برخورد کامل پا بر روی بخش میانی دستگاه فوت اسکن بود. تمامی آزمودنی ها برای راه رفتن مسیر ۱۸ متری را طی کرده و در میانه ی مسیر ۱۸ متری برای ثبت فشار کف پای دستگاه فوت اسکن قرار گرفته بود. آزمودنی به طور آزمایشی سه -مرتبه کوشش راه رفتن را انجام می داد تا با نحوه آزمایش آشنا شود. اگر فوت اسکن توسط آزمودنی جهت تنظیم گام مورد هدف قرار می گرفت یا تعادل آزمودنی دچار اختلال می شد، کوشش راه رفتن تکرار می شد (۲۸).

تعداد کوشش های صحیح راه رفتن برابر ۳ کوشش در هر شرایط بود (۲۸). مدت زمان استراحت بین هر کوشش راه رفتن برابر یک دقیقه بود (۲۸). داده های فشار کف پای در طی فاز اتکای راه رفتن استخراج شد. فاز اتکای راه رفتن به عنوان تماس پاشنه پا با زمین تا بلند شدن پنجه پا تعیین شد که می تواند اوج نیروی عمودی عکس العمل زمین، زمان رسیدن به این اوج، نرخ بارگذاری، اوج متغیرهای فشار کف پای در نواحی ده گانه پا، اوج نیروی وارده بر نواحی ده گانه پا و جابه جایی مرکز فشار در دو راستای داخلی خارجی (copx) و قدامی خلفی (copy) باشد. این نواحی به ترتیب شامل انگشت شست (T1)، انگشت دوم تا پنجم (T2-5)، استخوان کف پای اول (M1) (Metatarsal one)، استخوان کف پای دوم (M2)، استخوان کف پای سوم (M3)، استخوان کف پای چهارم (M4)، استخوان کف پای پنجم (M5)، بخش میانه پا (Mid foot (MF))، بخش داخلی پاشنه (Heel medial (HM))، و بخش خارجی پاشنه (Heel lateral (HL)) است. جهت هموار کردن داده ها از فیلتر باترورث مرتبه چهارم با برش فرکانسی ۲۰ هرتز استفاده شد (۲۹). برای نرمال کردن مقادیر نیروی عکس العمل زمین، این مقادیر بر وزن بدن تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شدند (۲۹). در نهایت، نرمال بودن توزیع داده ها با استفاده از آزمون شاپیروویلیک تایید شد. آزمون آماری t مستقل جهت تحلیل آماری داده ها

بود (۲۳). در حالی که ناتالی و همکاران در تحقیق خود روی کودکان هیچ تفاوت معنی داری را در سرعت گام در افراد با و بدون اضافه وزن گزارش نکردند (۲۴). مطالعات انجام شده در زمینه کینتیک حرکات انتقالی بخصوص راه رفتن نشان دهنده اهمیت بالای این مبحث برای محققان و سلامت جامعه می باشد. اما با توجه به تحقیقات انجام شده توسط محقق تاکنون تحقیقی به بررسی فشار کف پای در نوجوانان نپرداخته است. براین اساس هدف از تحقیق فوق مقایسه مقادیر فشار کف پای در نوجوانان پسر دارای اضافه وزن در مقایسه با همسالان سالم طی راه رفتن بود.

## روش کار

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی و کاربردی و دارای کد اخلاق با شماره IR.UMA.REC.1402.011 از دانشگاه محقق اردبیلی بود. با استفاده از نرم افزار جی پاور حجم نمونه حداقلی ۱۵ نفر برای هرگروه برآورد شد تا توان آماری ۰/۸۵، اندازه اثر ۰/۹۵ در سطح معناداری ۰/۰۵ حاصل شود (۲۵). نمونه آماری این پژوهش را نوجوانان استان اردبیل تشکیل دادند که ۳۰ نفر با محدوده سنی ۱۰ تا ۱۳ سال (۱۵ نفر دارای اضافه وزن و ۱۵ نفر با وزن نرمال) بودند. در این پژوهش چاقی به صورت (شاخص توده بدنی بیشتر از صدک ۹۵) برای سن و جنس بر اساس حدود مرزی صدک های استاندارد شاخص توده ی بدنی پیشنهادی برای کودکان و نوجوانان ایرانی و منحنی های رشد مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری های آمریکا (CDC) Centers for Disease control and Prevention تعریف شد (۲۶، ۲۷). ابتدا نوجوانان مبتلا به چاقی شناسایی شدند. سپس از دانش آموزان داوطلب با توجه به معیارهای ورود (رده سنی کمتر از ۱۴ سال و جنسیت پسر) افراد موردنظر انتخاب شدند. همچنین شرایط خروج از تحقیق شامل سابقه عمل جراحی در اندام تحتانی و ناحیه کمر، ناهنجاری های ستون فقرات، پوکی استخوان، شکستگی یا اختلال در ایستادن و حرکات انتقالی بود. پس از انتخاب این افراد، توضیحات کامل (کتبی و شفاهی) در مورد موضوع پژوهش و مراحل و نحوه انجام آن، نتایج حاصل از پژوهش، هدف از پژوهش و شرایط شرکت در آزمون ارائه شد. سپس قبل از انجام آزمون گیری تمامی آزمودنی ها رضایت نامه

استفاده شد. تمام تحلیل ها در سطح معنی داری ۰/۰۵ و با استفاده از نرم افزار spss نسخه ۲۶ انجام شد.

۶/۹۳ ± ۱۵۶/۱۳ سانتی متر و جرم ۱۴/۵۵ ± ۷۲/۶۰ کیلوگرم و آزمودنی های گروه سالم دارای سن ۱۲/۰۶ ± ۱/۱۶۲ سال، قد ۱۵۴/۱۳ ± ۶/۴۴ سانتی متر و جرم ۴۲/۷۲ ± ۵/۵۶ کیلوگرم بودند (جدول ۱).

## یافته ها

آزمودنی های گروه چاق دارای سن ۱۲/۲۶ ± ۰/۴۵ سال، قد

جدول ۱. توزیع آماری مشخصات دموگرافیک آزمودنی ها

پارامترها	گروه چاق	گروه سالم
سن (سال)	۱۲/۲۶ ± ۰/۴۵	۱۲/۰۶ ± ۱/۱۶۲
قد (سانتیمتر)	۱۵۶/۱۳ ± ۶/۹۳	۱۵۴/۱۳ ± ۶/۴۴
جرم (کیلوگرم)	۷۲/۶۰ ± ۱۴/۵۵	۴۲/۷۲ ± ۵/۵۶

\*سطح معنی داری  $p < 0.05$

نتایج به دست آمده در جدول ۱ حاکی از آن است که مقادیر اوج نیروی عمودی عکس العمل زمین در میانه ی استقرار پای (جدول ۲). راست از نظر آماری به طور معناداری بیشتر بود ( $P=0.044$ )

جدول ۲. مقایسه مقادیر نیروی عمودی عکس العمل زمین (برحسب درصدی از وزن بدن)، زمان رسیدن به اوج نیروها (میلی ثانیه) در دو گروه طی راه رفتن

متغیرها	گروه اول	گروه دوم	سطح معناداری	اندازه اثر
FZHC	۷۶/۶۴ ± ۸/۷۹	۷۶/۶۱ ± ۱۵/۳۴	۰/۹۹۴	۰/۰۰
FZMS	۵۷/۰۳ ± ۱۴/۰۰	۵۰/۸۷ ± ۱۲/۹۸	۰/۲۲۲	۰/۴۶
FZPO	۹۱/۴۷ ± ۸/۸۷	۹۷/۱۳ ± ۱۳/۷۳	۰/۱۹۱	۰/۵۰
TTPHC	۲۱۳/۱۸ ± ۵۹/۰۰	۱۸۱/۸۱ ± ۸۰/۸۸	۰/۲۲۶	۰/۴۵
TTPMS	۲۶۸/۰۰ ± ۶۲/۳۵	۲۴۲/۲۲ ± ۵۴/۴۸	۰/۰۵۰	۰/۴۴
TTPPO	۷۴۷/۶۶ ± ۷۴/۲۲	۴۳۳/۸۸ ± ۶۶/۸۵	۰/۱۲۵	۴/۴۵
FZHC	۷۸/۷۶ ± ۸/۶۳	۷۲/۸۷ ± ۱۶/۶۶	۰/۲۳۵	۰/۴۷
FZMS	۶۰/۶۶ ± ۱۴/۳۵	۴۷/۹۶ ± ۱۸/۳۰	* ۰/۰۴۴	۰/۷۸
FZPO	۹۲/۶۳ ± ۱۰/۷۶	۹۰/۴۶ ± ۱۴/۸۳	۰/۶۵۰	۰/۱۷
TTPHC	۲۱۰/۷۷ ± ۶۵/۰۵	۱۶۸/۷۷ ± ۷۶/۹۴	۰/۱۱۸	۰/۵۹
TTPMS	۲۸۶/۳۳ ± ۷۱/۸۶	۲۴۲/۱۱ ± ۶۲/۹۹	۰/۰۸۴	۰/۶۶
TTPPO	۴۵۷/۵۵ ± ۸۷/۵۴	۴۰۹/۸۸ ± ۸۱/۳۴	۰/۱۳۳	۰/۵۶

همچنین مقادیر اوج فشار در نواحی انگشت شست ( $P=0.001$ )، انگشتان ۲ تا ۵ ( $P=0.002$ )، استخوان کف پای اول ( $P=0.021$ )، استخوان کف پای دوم ( $P=0.035$ )، استخوان کف پای سوم ( $P=0.001$ )، استخوان کف پای چهارم ( $P=0.002$ )، استخوان کف پای پنجم ( $P=0.001$ )، میانه ی پا ( $P=0.001$ )، بخش داخلی پاشنه ( $P=0.001$ )، بخش خارجی پاشنه ( $P=0.001$ ) پای راست از نظر آماری به طور معناداری بیشتر بود (جدول ۳).

نتایج بدست آمده نشان داد مقادیر اوج فشار در نواحی انگشت شست ( $P=0.002$ )، انگشتان ۲ تا ۵ ( $P=0.003$ )، استخوان کف پای اول ( $P=0.052$ )، استخوان کف پای دوم ( $P=0.028$ )، استخوان کف پای سوم ( $P=0.009$ )، استخوان کف پای چهارم ( $P=0.004$ )، استخوان کف پای پنجم ( $P=0.001$ )، میانه ی پا ( $P=0.001$ )، بخش داخلی پاشنه ( $P=0.001$ )، بخش خارجی پاشنه ( $P=0.001$ ) پای چپ از نظر آماری به طور معناداری بیشتر بود.

جدول ۳. مقایسه اوج فشار کف پایي (نیوتون بر سانتی مترمربع) در نواحی ده گانه پا در دو گروه طی راه رفتن

متغیرها	گروه اول	گروه دوم	سطح معناداری	اندازه اثر
T1	110/51 ± 29/37	76/47 ± 26/65	* / .002	1/22
T2-5	113/86 ± 22/89	84/31 ± 27/49	* / .003	1/17
M1	58/90 ± 30/58	39/50 ± 20/73	* / .052	0/76
M2	70/90 ± 51/08	38/38 ± 18/30	* / .028	0/94
M3	129/99 ± 70/21	73/29 ± 34/25	* / .009	1/09
M4	129/46 ± 45/49	83/08 ± 34/52	* / .004	1/16
M5	128/69 ± 38/27	74/12 ± 26/37	* P < . / .001	1/69
MF	131/10 ± 41/37	71/30 ± 22/85	* P < . / .001	1/86
HM	132/22 ± 42/43	85/49 ± 26/69	* P < . / .001	1/35
HL	133/87 ± 41/17	74/54 ± 25/27	* P < . / .001	1/79
T1	112/68 ± 39/76	66/81 ± 25/75	* / .001	1/40
T2-5	104/33 ± 44/79	59/86 ± 25/48	* / .002	1/27
M1	18/45 ± 8/69	11/54 ± 6/64	* / .021	0/90
M2	16/68 ± 10/31	10/24 ± 4/54	* / .035	0/87
M3	121/05 ± 68/20	47/26 ± 24/59	* P < . / .001	1/59
M4	126/08 ± 84/09	47/50 ± 21/60	* / .002	1/49
M5	248/84 ± 54/86	157/48 ± 46/14	* P < . / .001	1/81
MF	239/23 ± 69/00	162/36 ± 44/17	* / .001	1/36
HM	158/15 ± 43/07	92/04 ± 34/09	* P < . / .001	1/71
HL	149/00 ± 43/95	95/42 ± 35/68	* / .001	1/35

پای چپ

پای راست

### بحث

هدف از پژوهش حاضر مقایسه مقادیر فشار کف پایي در نوجوانان پسر دارای اضافه وزن در مقایسه با همسالان سالم طی راه رفتن بود. نتایج نشان داد اوج نیروی عمودی در میانه ی راه رفتن در گروه دارای اضافه وزن در مقایسه با گروه سالم 20/93 درصد بیشتر بود. بیومکانیک راه رفتن تحت تأثیر چاقی می تواند بر اوج نیروهای عکس العمل زمین و بروز آسیب مؤثر باشد. با توجه به این که گشتاور عضلات حول مفصل زانو به طور کلی با چاقی افزایش می یابد، در طیف وسیعی از سرعت های راه رفتن، منجر به اعمال بارهای زیادی بر روی مفاصل اندام تحتانی می-شود. این یافته نشان می دهد که افراد چاق احتمالاً برای کاهش هزینه های متابولیک و یا اعمال بارهای زانو، الگوی راه رفتن خود را تغییر می دهند (30). با توجه به محدودیت پیشینه تحقیق در موضوع مورد بررسی، نتیجه گیری نهایی در مورد نتایج مستخرج از این تحقیق با محدودیت مواجه

است. در تحقیقی که رولز و همکاران، مکانیک دویدن را در کودکان سالم و چاق بررسی کردند اظهار نمودند که کودکان چاق و دارای اضافه وزن در مقایسه با افراد سالم اوج نیروی عمودی و نرخ بارگذاری قابل توجهی بیشتر از خود نشان می دهند (31). بر اساس شواهد افزایش نرخ بارگذاری و نیروی عکس العمل زمین در راستای عمودی از شاخص های اصلی بروز آسیب های اندام تحتانی از جمله ریز شکستگی های استخوان تیبیا، سندرم درد کشکک رانی، سندرم باندا ایلوتیبیال، فاشیای کف پا و سایر آسیب های بافت نرم مرتبط دانسته اند (32). بر این اساس می توان این گونه گفت که بالا بودن اوج نیروی عمودی در میانه ی راه رفتن افراد چاق نسبت به سالم احتمالاً موجب افزایش خطر آسیب در این افراد باشد. نتایج بدست آمده نشان داد مقادیر اوج فشار در نواحی انگشت شست، انگشتان 2 تا 5، استخوان کف پایي اول، استخوان کف پایي دوم، استخوان کف پایي سوم، استخوان

کف پای چهارم، استخوان کف پای پنجم، میانه ی پا، بخش داخلی پاشنه، بخش خارجی پاشنه پای چپ از نظر آماری دارای اختلاف معناداری بود. همچنین مقادیر اوج فشار در نواحی انگشت شست، انگشتان ۲ تا ۵، استخوان کف پای اول، استخوان کف پای دوم، استخوان کف پای سوم، استخوان کف پای چهارم، استخوان کف پای پنجم، میانه ی پا، بخش داخلی پاشنه، بخش خارجی پاشنه پای راست از نظر آماری دارای اختلاف معناداری بود.

افزایش وزن بر روی اندام تحتانی به دلیل وضعیت بی ثباتی به صورت مکانیکی ممکن است باعث افزایش نوسانات مرکز فشار شود (۳۳). تحقیق حاضر نیز اوج فشار در همه ی متغیرهای ده نقطه ی پای راست و چپ در گروه چاق در مقایسه با گروه سالم بیشتر بود.

طسوجیان و همکاران (۲۰۱۶) نیز بیان کردند طی راه رفتن اوج فشار بیشتر در نواحی انگشتان و قسمت جلوی پا (استخوان های کف پای) قرار دارد و این در مردان کاراته کار بیشتر از زنان کاراته کار است. که به نوعی با نتایج ما همسو می باشد. با توجه به رابطه ی بین الگوی فشار و الگوی آسیب دیدگی، فشارهای بالاتر احتمال آسیب دیدگی را در طول راه رفتن و دویدن افزایش می دهد به نظر می رسد توزیع مناسب فشار و نیروها در کاهش و جلوگیری از آسیب های اسکلتی-عضلانی کف پا بسیار مهم می باشد با توجه به اینکه راه رفتن سریع تر و طول گام بلندتر باعث افزایش نیروهای وارده به کف پا می شود (۳۴). گزارش شده است یکی از دلایل بیشتر بودن حداکثر فشار در افراد دارای ژنوواریوم طی فاز استنس راه رفتن، بیشتر بودن مقادیر حداکثر گشتاور چرخش داخلی زانو طی این فاز است (۳۵). بالا بودن اوج فشار در متغیرهای ۱۰ نقطه پای راست و چپ در افراد دارای اضافه وزن موجب می شود قابلیت جذب نیرو مفصل کاهش یافته و اوج اولیه نیروی واکنش زمین بر بدن در لحظه تماس پاشنه پا اعمال می شود (۳۶). در تحقیقی که بر روی فشار کف پای در دختران نوجوانان در شیب های مختلف، گزارش شده است که با افزایش شیب مثبت، مکانیسم گام تغییر می کند و مفصل به موقعیت شل نزدیک می شود، قابلیت جذب نیرو مفصل افزایش می یابد و در نتیجه مقدار واروس و گشتاور اداکشن اعمال شده به محفظه داخلی زانو کاهش می یابد (۳۷). حرکت پرونیشن پا در مرحله استانس راه رفتن ضروری است و بدن انسان با این مکانیسم نیروهای تماسی وارده از زمین را کاهش

می دهد (۳۸). حرکات در مفصل میدتارسال به وضعیت سابتالار وابسته است، وقتی که مفصل سابتالار در وضعیت پرونیشن قرار دارد، دو محور پذیری و در مفصل سابتالار موازی هستند که سبب تحرک بالا در مفصل میدتارسال می شود (۳۹). نتیجه جذب شوک حرکت اصلی پا طی فاز تماس پاشنه (۱۵ درصد ابتدایی ناشی از انتقال وزن فاز استانس) پرونیشن و جذب شوک طی فاز تماس پاشنه با زمین است (۳۸). نتایج پژوهش حاضر با تحقیقات فتاحی (۴۰)، لیتنن (۴۱) ناهمخوان بود. شاید بتوان علت این ناهمخوانی را با تفاوت در جنسیت آزمودنی ها و همچنین انجام تکالیف داینامیک در تحقیق حاضر مرتبط دانست و اینکه باید در نظر داشت که ابزار و روش آزمایشگاهی مورد استفاده در پژوهش حاضر به علت دقت بالاتر نسبت به آزمون های میدانی، امکان سنجش تعادل افراد را بهتر فراهم می کند. همچنین نتایج پژوهش حاضر با مطالعه جعفرنژادگرو و همکاران (۲۰۲۳) که گزارش نمودن اضافه وزن منجر به افزایش نیروهای عکس العمل زمین در راستای داخلی-خارجی و همچنین نیروهای پیچشی می شود، همسو می باشد (۴۲).

از نقاط قوت این پژوهش این است که می توان به والدین، معلمان، مربیان و فیزیوتراپیست ها پیشنهاد نمود تا برنامه های آسیب، پیشگیری و ورزشی را برای نوجوانان پسر چاق طراحی کنند. اما با توجه به محدود بودن از نظر تعداد آزمودنی ها، عدم ثبت متغیرهای کینماتیکی و فعالیت عضلانی و تک جنسیتی بودن، نمی توان نتایج حاصل را به تمام نوجوانان و برای همه پارامترهای مکانیکی تعمیم داد.

### نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده می توان گفت که نوجوانان چاق در مقایسه با همسالان سالم خود دارای اوج فشار کف پای بالایی بودند که این مورد می توان در نوجوانان چاق احتمال آسیب اندام تحتانی را بسیار بالا ببرد.

### سپاسگزاری

این مقاله از پایان نامه مقطع ارشد با استاد راهنمایی دکتر امیرعلی جعفرنژادگرو استخراج شده است. از همه کسانی که ما را در انجام هر چه بهتر این پژوهش یاری نمودند، سپاسگزاریم.

مقاصد مطالعه برای شرکت کنندگان به طور کامل شرح داده شده است.

پژوهش حاضر در کمیته اخلاق دانشگاه محقق اردبیلی با کد (IR.UMA.REC.1402.011) مورد تایید قرار گرفت.

### تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافی در این پژوهش وجود ندارد.

### References

1. da Silva KS, Luvizutto GJ, Bruno ACM, de Oliveira SF, Costa SC, da Silva GM, et al. Gamma-Band Frequency Analysis and Motor Development in Music-Trained Children: A Cross-Sectional Study. *Journal of Motor Behavior*. 2022; 54(2):203-11. <https://doi.org/10.1080/00222895.2021.1940820>
2. Smith M, Ward E, Williams CM, Banwell HA. Differences in walking and running gait in children with and without developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture*. 2021;83:177-84. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.10.013>
3. Nguyen T, Tilbrook A, Sandelance M, Wright FV. The switch access measure: development and evaluation of the reliability and clinical utility of a switching assessment for children with severe and multiple disabilities. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. 2023;18(5):673-84. <https://doi.org/10.1080/17483107.2021.1906961>
4. Verghese J, Ambrose AF, Lipton RB, Wang C. Neurological gait abnormalities and risk of falls in older adults. *Journal of Neurology*. 2010;257:392-8. <https://doi.org/10.1007/s00415-009-5332-y>
5. Butterworth PA, Urquhart DM, Landorf KB, Wluka AE, Cicuttini FM, Menz HB. Foot posture, range of motion and plantar pressure characteristics in obese and non-obese individuals. *Gait & Posture*. 2015;41(2):465-9. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.11.010>
6. Madi SRC, Garcia RMR, Souza VCD, Rombaldi RL, Araújo BFD, Madi JM. Effect of obesity on gestational and perinatal outcomes. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetria*. 2017;39:330-6. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1603826>
7. Mirzazadeh A, Sadeghirad B, Haghdoost A, Bahreyni F, Rezazadeh KM. The prevalence of

### ملاحظات اخلاقی

نویسندگان این مقاله طبق پروتکل های اخلاقی مطالعات هلسینکی عمل نموده و اطلاعات آزمودنی ها شرکت کننده در این مطالعه به طور کاملاً ناشناس باقی می ماند و بعد از مطالعه نیز تمامی این اطلاعات محفوظ باقی خواهد ماند. همچنین تمامی شرکت کنندگان در این مطالعه فرم رضایت نامه شرکت در این مطالعه را پر کرده و تمامی

- obesity in Iran in recent decade; a systematic review and meta-analysis study. 2009.
8. Hecker J, Freijer K, Hiligsmann M, Evers SM. Burden of disease study of overweight and obesity; the societal impact in terms of cost-of-illness and health-related quality of life. *BMC Public Health*. 2022;22:1-3. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-12449-2>
9. Serkan TA, Salkin Y. Investigation of plantar pressure distribution in overweight and obese individuals. *Bezmiâlem Science*. 2020;8(1):14-25. <https://doi.org/10.14235/bas.galenos.2019.3076>
10. Catan L, Amaricai E, Onofrei RR, Popoiu CM, Iacob ER, Stanculescu CM, Cerbu S, Horhat DI, Suciuc O. The impact of overweight and obesity on plantar pressure in children and adolescents: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(18):6600. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186600>
11. Kim D, Lewis CL, Gill SV. Effects of obesity and foot arch height on gait mechanics: A cross-sectional study. *PLoS One*. 2021;16(11):e0260398. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260398>
12. Lai F, Ou Z, Ouyang X, Wang H, Li H, Fan W. Investigation on overweight and obesity of middle and primary school students in the Longgang district of Shenzhen [J]. *J Trop Med*. 2011;11(7):799-801.
13. McMillan A, Pulver A, Collier D, Williams DB. Sagittal and frontal plane joint mechanics throughout the stance phase of walking in adolescents who are obese. *Gait & Posture*. 2010;32(2):263-8. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.05.008>
14. Shultz SP, Hills AP, Sitler MR, Hillstrom HJ. Body size and walking cadence affect lower extremity joint power in children's gait. *Gait & Posture*. 2010;32(2):248-52. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.05.001>

15. Dimitri P, Bishop N, Walsh J, Eastell R. Obesity is a risk factor for fracture in children but is protective against fracture in adults: a paradox. *Bone*. 2012;50(2):457-66. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2011.05.011>
16. McClure CJ, Oh R. Medial tibial stress syndrome. 2019.
17. Wang D, Cai P. Finite Element Analysis of the Expression of Plantar Pressure Distribution in the Injury of the Lateral Ligament of the Ankle. *Nano Biomed Eng*. 2019;11(3):290-6. <https://doi.org/10.5101/nbe.v11i3.p290-296>
18. Tessutti V, Trombini-Souza F, Ribeiro AP, Nunes AL, Sacco IdCN. In-shoe plantar pressure distribution during running on natural grass and asphalt in recreational runners. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2010;13(1):151-5. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.07.008>
19. Pearson SJ, Whitaker AF. Footwear in classical ballet: a study of pressure distribution and related foot injury in the adolescent dancer. *Journal of Dance Medicine & Science*. 2012;16(2):51-6. <https://doi.org/10.1177/1089313X1201600201>
20. Sheehan KJ, Gormley J. The influence of excess body mass on adult gait. *Clinical Biomechanics*. 2013; 28 (3):337-43. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.01.007>
21. Rubinstein M, Eliakim A, Steinberg N, Nemet D, Ayalon M, Zeev A, et al. Biomechanical characteristics of overweight and obese children during five different walking and running velocities. *Footwear Science*. 2017;9(3):149-59. <https://doi.org/10.1080/19424280.2017.1363821>
22. 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. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.05.001>
23. Lai PP, Leung AK, Li AN, Zhang M. Three-dimensional gait analysis of obese adults. *Clinical biomechanics*. 2008;23:S2-S6. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2008.02.004>
24. Nantel J, Brochu M, Prince F. Locomotor strategies in obese and non-obese children. *Obesity*. 2006;14(10):1789-94. <https://doi.org/10.1038/oby.2006.206>
25. Uakarn C, Chaokromthong K, Sintao N. Sample size estimation using Yamane and Cochran and Krejcie and Morgan and Green formulas and Cohen statistical power analysis by G\* power and comparisons. *Apheit Int J*. 2021;10(2):76-88.
26. Wei R, Ogden CL, Parsons VL, Freedman DS, Hales CM. A method for calculating BMI z-scores and percentiles above the 95th percentile of the CDC growth charts. *Annals of Human Biology*. 2020;47(6):514-21. <https://doi.org/10.1080/03014460.2020.1808065>
27. Mehrkash M, Kelishadi R, Mohammadian S, Mousavinasab F, Qorbani M, Hashemi MEF, et al. Obesity and metabolic syndrome among a representative sample of Iranian adolescents. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 2012;43(3):756.
28. Jafarnejadgero AA, Oliveira AS, Mousavi SH, Madadi-Shad M. Combining valgus knee brace and lateral foot wedges reduces external forces and moments in osteoarthritis patients. *Gait & posture*. 2018;59:104-10. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.09.040>
29. Farahpour N, Jafarnejhad A, Damavandi M, Bakhtiari A, Allard P. Gait ground reaction force characteristics of low back pain patients with pronated foot and able-bodied individuals with and without foot pronation. *Journal of biomechanics*. 2016;49(9):1705-10. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2016.03.056>
30. Browning RC, Kram R. Effects of obesity on the biomechanics of walking at different speeds. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007;39(9):1632-41. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318076b54b>
31. Roles K. Differences in Running Mechanics Between Overweight/Obese and Healthy Weight Children. 2016. Master of Science Thesis. South Dakota State University.
32. Milner CE, Foch E, Gonzales JM, Petersen D. Biomechanics associated with tibial stress fracture in runners: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*. 2023;12(3):333-42. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.12.002>
33. Birnbaum M, Brock K, Clark R, Muir S, Burton E, Hill KD. Standing weight-bearing asymmetry in adults with lateropulsion following stroke. *Gait & posture*. 2021;90:427-33. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.09.172>
34. Rezaei M, Najafian Razavi M, Mazandarani E. The kinematics gait pattern analysis of thin, normal and obese children. *Journal of Sport Biomechanics*. 2018;4(2):49-57.

35. Stief F, Böhm H, Schwirtz A, Dussa CU, Döderlein L. Dynamic loading of the knee and hip joint and compensatory strategies in children and adolescents with varus malalignment. *Gait & posture*. 2011;33(3):490-5. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.01.001>
36. Chung M-J, Wang M-JJ. The change of gait parameters during walking at different percentage of preferred walking speed for healthy adults aged 20-60 years. *Gait & posture*. 2010; 31(1):131-5. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.09.013>
37. Zehtab Asghari H, Jafarnezhadgero A, Azarbajjany MA. Comparison of selected parameters of plantar pressure distribution during slope walking in adolescent girls. *Iranian Journal of Rehabilitation Research*. 2022;8 (4):39-49.
38. Hamill J, Knutzen KM. *Biomechanical basis of human movement*: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
39. Nordin M. *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. Lippincott Williams & Wilkins; 2020.
40. Shahamiri Fatahi FA, Alizadeh MH, Minoonejad H. Effect of genu varum deformity on dynamic stabilization during single-leg jump-landing. *Studies in Sport Medicine*. 2013;5(13):39-52.
41. Lyytinen T, Liikavainio T, Bragge T, Hakkarainen M, Karjalainen PA, Arokoski JP. Postural control and thigh muscle activity in men with knee osteoarthritis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2010; 20 (6):1066-74. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.05.005>
42. Jafarnezhadgero AA, Jahangirpour A, Parsa H, Sajedi H, Granacher U, Souza Oliveira A. The impact of excessive body weight and foot pronation on running kinetics: a cross-sectional study. *Sports medicine-open*. 2023;9(1): 116-121. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00663-8>