Iranian Journal of Rehabilitation Research in Nursing Original Article

Winter 2025, Volume 11, Issue 2

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

Amirali Jafarnezhadgero[1*], Sara Imani Brouj[2], Mohamadhosein Gheysardoost[3]

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

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 icluding 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.

[Downloaded from ijrn.ir on 2025-07-02]

نشریه پژوهش توانبخشی در پرستاری
مقاله پژوهشی

زمستان ۱۴۰۳، دوره ۱۱، شماره ۲

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

امیرعلی جعفرنژادگرو[1*]، سارا ایمانی بروج [2]، محمدحسین قیصردوست [3]

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

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱/۲۸ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۹

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 حاظر از نوع نیمه تجربی و نوع پژوهش کاربردی بود. با استفاده از نرم افزار جی پاور حجم نمونه حداقلی ۱۵ نفر برای هرگروه 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=۰/۰۰۲)، انگشتان ۲ تا ۵ (P=۰/۰۰۳)، استخوان کف پایی اول (P=۰/۰۵۲)، استخوان کف پایی دوم (P=۰/۰۲۸)، استخوان کف پایی سوم (P=۰/۰۰۹)، استخوان کف پایی چهارم (P=۰/۰۰۴)، استخوان کف پایی پنجم (P=۰/۰۰۱)، میانه ی پا (P=۰/۰۰۱)، بخش داخلی پاشنه (P=۰/۰۰۱)، بخش خارجی پاشنه (P=۰/۰۰۱) 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

[Downloaded from ijrn.ir on 2025-07-02]

مـی گـردد (۲, ۳). بنابرایـن توانایـی راه رفتـن و فعالیـت بدنـی نشـان دهنـده ی سـلامت افـراد و رشـد کیفیـت زندگـی فـردی در جامعـه ی امـروزی اسـت (۲, ۴). از طرفـی پیشـرفت صنعـت و تکنولـوژی طـی چندیـن سـال اخیـر فعالیـت جسـمانی را بـه حداقـل رسـانده کـه موجـب بـروز معضـلات فراوانـی شـده اسـت و یکـی از چالـش هـای بـزرگ سـلامتی در قـرن حاظـر یعنـی چاقـی را در پـی داشـته اسـت (۵).

بـرآورد محققـان نشـان مـی دهـد حـدود ۱۷۰ میلیـون کـودک و نوجـوان در سرتاسـر جهـان دارای اضافـه وزن یـا چاقـی هسـتند کـه شـیوع آن در حـال گسـترش اسـت (۶). در کـودکان و نوجوانـان ۶ تـا ۱۸ سـاله ی ایرانـی نیـز شـیوع اضافـه وزن ۱۱ و شـیوع چاقـی ۳/۴ درصـد گـزارش شـده اسـت (۷). محدودیـت در انجـام فعالیـت بدنـی و بـی توجهـی بـه فعالیـت هـا و کـم تحرکـی باعـث ایجـاد اضافـه وزن و بیمـاری هـای ناشـی از آن ماننـد انـواع سـکته هـای قلبـی _ عروقـی و مغـزی و همچنیـن دیابـت شـده اسـت (۸). چاقـی همچنیـن بـا مشـکلات ارتوپـدی کـه منجـر بـه اعمـال اضافـه بـار بـه سـاختار اسـکلتی عضلانـی مـی شـود همـراه اسـت (۹).

مطالعـات همچنیـن تفـاوت هایـی را در فشـار کـف پایـی، سـاختار پـا و نحـوه ی عملکـرد پـا در افـراد چـاق در مقایسـه بـا افـراد عـادی نشـان دادنـد کـه ایـن تفـاوت هـا مـی توانـد راه رفتـن را تحـت تاثیـر قـرار دهـد (۱۰, ۱۱). چاقـی مـی توانـد بـه راحتـی در دوره ی کودکـی بـه وجـود آیـد. وقتـی چاقـی در دوران کودکـی بـه وجـود مـی آیـد و مـدت زیـادی ادامـه پیـدا کنـد، خطـرات بیشـتری بـرای سـلامتی خواهـد داشـت (۱۲). تحقیقـات بیومکانیکـی و تمریـن درمانـی نشـان داده انـد کـه شـروع اضافـه وزن و چاقـی منجـر بـه تغییراتـی در تعـادل بـدن افـراد مـی شـود (۱۳–۱۵). یکـی از ایـن تغییـرات مـی توانـد روی الگـوی بنیـادی از جملـه راه رفتـن و دویـدن افـراد باشـد، لـذا بررسـی الگـوی راه رفتـن افـراد دارای افـراد دارای اضافـه وزن مـی توانـد نقـش بسـزایی در پیشـگیری از مشـکلات مربـوط بـه ایـن افـراد در سـنین متفـاوت شـود (۱۳, ۱۴).

توزیـع نامناسـب فشـارکف پایـی و بارگیـری هـای دارای انحـراف از حالـت طبیعـی، افـراد را در معـرض ابتـلا بـه آسـیب قـرار مـی دهـد (۱۶). در همیـن راسـتا، یکـی از حـوزه هایـی کـه توجـه بسـیاری از محققـان را در برنامـه هـای کاربـردی مربـوط بـه پزشـکی و ورزشـی بـه خـود جلـب کـرده، تجزیـه و تحلیـل توزیع فشـار کـف پـا اسـت. کـه ضمـن مشـخص کـردن بدشـکلی های سـاختاری پـا، عملکـرد پـا را در شـرایط ایسـتا و پویـا بـه خصوص هنـگام راه رفتـن بـه صـورت کمـی بررسـی مـی کنـد (۱۷). توزیع نامناسـب فشـارهای کـف پایـی سـبب ظهـور حـرکات غیرطبیعی و اعمـال اسـترس در سـاختارهای انـدام تحتانـی شـده و در بـروز اختـلال در عملکـرد عضـلات مؤثـر اسـت و سـبب ایجـاد حـرکات غیرطبیعـی و اعمـال اسـترس زیـاد شـده و آسـیب بافـت و عضـلات پـا را بـه دنبـال خواهـد داشـت (۱۸). بر همین اسـاس، تجزیـه و تحلیـل فشـارکفپایی، دیدگاه جدیدی در آسـیب شناسـی انـدام تحتانـی ایجـاد کـرده اسـت، بـه طوریکـه محققان بسـیاری ازحداکثـر فشـار وارد شـده بـر سـطح زیـر پـا در مرحلـه میانـی راه رفتـن اسـتفاده کـرده انـد، تـا عوامـل ایجـاد درد و آسـیب انـدام تحتانـی را مطالعـه کننـد (۱۹). در همیـن راسـتا شـیهان و گرملـی (۲۰۱۳) در پژوهشـی بـا عنـوان تاثیـر اضافـه وزن بـر راه رفتـن بزرگسـالان بـه بررسـی ویژگـی هـای راه رفتـن ۵۰ بزرگسـال بـالای ۱۸ سـال بـا و بـدون اضافـه وزن پرداختنـد کـه نتایـج نشـان داد کـه همبسـتگی منفـی معنـی داری بیـن اضافـه وزن و سـرعت راه رفتـن وجـود دارد، امـا تفـاوت معنـی داری در شـتاب، طـول گام و آهنـگ گام برداشـتن افـراد بـا سـنین مختلف مشـاهده نشـد (۲۰). روبینسـون و همـکاران (۲۰۱۷) در پژوهشـی بـا عنـوان ویژگـی هـای بیومکانیکـی کـودکان دارای اضافـه وزن و چـاق در ۵ سـرعت مختلـف راه رفتـن و دویـدن نشـان دادنـد کـه ویژگـی هـای مختلـف بیومکانیکـی راه رفتـن و دویـدن در سـرعت هـای مختلـف در کـودکان چـاق و غیرچـاق بـا یکدیگـر متفـاوت بـوده و ایـن تفـاوت هـا مـی تواننـد میـزان درد و ناراحتی را در کـودکان چـاق افزایـش دهنـد (۲۱). در تحقیـق انجـام شـده توسـط سـانگ هـوآ و همـکاران (۲۰۱۷) بـا عنـوان اثـرات حالـت هـای حرکتـی مختلـف بـر الگوهـای توزیـع فشـار کـف پـا در کـودکان چـاق و غیـر چـاق چینـی مشـاهده کردنـد کـه کـودکان چـاق در مقایسـه بـا غیـر چـاق الگـوی دویـدن متفاوتـی دارنـد. آنـان ایـن گونـه بیـان کردنـد کـه اختـلاف موجـود در الگـوی دویـدن کـودکان چـاق منجـر بـه افزایـش بارهـای وارده بـر انـدام تحتانـی هنـگام دویـدن مـی شـود و در نتیجـه ایـن دسـته از کـودکان نبایـد از دویـدن بـرای کاهـش وزن اسـتفاده کننـد (۲۲). همچنیـن لای و همـکاران در پژوهشـی کـه دربـاره ی افزایـش وزن و راه رفتـن در بزرگسـالان بـود، بـه ایـن نتیجـه رسـیدند کـه چاقـی بـا سـرعت پاییـن راه رفتـن و عـرض گام بیشـتر همـراه

[Downloaded from ijrn.ir on 2025-07-02]

بـود (۲۳). در حالـی کـه ناتالـی و همـکاران در تحقیـق خـود روی کـودکان هیـچ تفـاوت معنـی داری را در سـرعت گام در افـراد بـا و بـدون اضافـه وزن گـزارش نکردنـد (۲۴). مطالعـات انجـام شـده در زمینـه کینتیـک حـرکات انتقالـی بخصـوص راه رفتـن نشـان دهنـده اهمیـت بـالای ایـن مبحـث بـرای محققـان و سـلامت جامعـه مـی باشـد. امـا بـا توجـه بـه تحقیقـات انجـام شـده توسـط محقـق تاکنـون تحقیقـی بـه بررسـی فشـار کـف پایـی در نوجوانـان نپرداختـه اسـت. براین اسـاس هـدف از تحقیـق فـوق مقایسـه مقادیـر فشـار کـف پایـی در نوجوانـان پسـر دارای اضافـه وزن در مقایسـه بـا همسـالان سـالم طـی راه رفتـن بـود.

روش کار

پژوهـش حاضـر از نـوع نیمـه تجربـی و کاربـردی و دارای کـد اخـلاق بـا شـماره IR.UMA.REC.1402.011 از دانشـگاه محقـق اردبیلـی بـود. بـا اسـتفاده از نـرم افـزار جـی پـاور حجـم نمونـه حداقلـی ۱۵ نفـر بـرای هرگـروه بـرآورد شـد تـا تـوان آمـاری ۰/۸۵، انـدازه اثـر ۰/۹۵ در سـطح معنـاداری ۰/۰۵ حاصـل شـود (۲۵). نمونـه آمـاری ایـن پژوهـش را نوجوانـان اسـتان اردبیـل تشـکیل دادنـد کـه ۳۰ نفـر بـا محـدوده سـنی ۱۰ تـا ۱۳ سـال (۱۵ نفـر دارای اضافـه وزن و ۱۵ نفـر بـا وزن نرمـال) بودنـد. در ایـن پژوهـش چاقـی بـه صـورت (شـاخص تـوده بدنـی بیشـتر از صـدک ۹۵) بـرای سـن و جنـس بـر اسـاس حـدود مـرزی صـدک هـای اسـتاندارد شـاخص تـوده ی بدنـی پیشـنهادی بـرای کـودکان و نوجوانـان ایرانـی و منحنـی هـای رشـد مرکـز کنتـرل و پیشـگیری از بیمـاری هـای آمریـکا (CDC) Centers for Desease control and Prevention تعریـف شـد (۲۶, ۲۷). ابتـدا نوجوانـان مبتـلا بـه چاقـی شناسـایی شـدند. سـپس از دانـش آمـوزان داوطلـب بـا توجـه بـه معیارهـای ورود (رده سـنی کمتـر از ۱۴ سـال و جنسـیت پسـر) افـراد موردنظـر انتخـاب شـدند. همچنیـن شـرایط خـروج از تحقیـق شـامل سـابقه عمـل جراحـی در انـدام تحتانـی و ناحیـه کمـر، ناهنجـاری هـای سـتون فقـرات، پوکـی اسـتخوان، شکسـتگی یـا اختـلال در ایسـتادن و حـرکات انتقالـی بـود. پـس از انتخـاب ایـن افـراد، توضیحـات کامـل (کتبـی و شـفاهی) در مـورد موضـوع پژوهـش و مراحـل و نحـوه انجـام آن، نتایـج حاصـل از پژوهـش، هـدف از پژوهـش و شـرایط شـرکت در آزمـون ارائـه شـد. سـپس قبـل از انجـام آزمـون گیـری تمامـی آزمودنـی هـا رضایـت نامـه آگاهانـه را تکمیـل و امضـا نمودنـد.

بـرای ثبـت متغیرهـای فشـار کـف پایـی از دسـتگاه فـوت اسـکن (RSScan international, Belgium, 0.5× 0.5× 0.02m, 4363 sensors) سـاخت کشـور بلژیـک بـا نـرخ نمونـه بـرداری ۳۰۰ هرتـز اسـتفاده شـده اسـت. کوشـش راه رفتـن صحیـح، شـامل برخـورد کامـل پـا بـر روی بخـش میانـی دسـتگاه فـوت اسـکن بـود. تمامـی آزمودنـی هـا بـرای راه رفتـن مسـیر ۱۸ متـری را طـی کـرده و در میانـه ی مسـیر ۱۸ متـری بـرای ثبـت فشـار کـف پایـی دسـتگاه فوت اسـکن قـرار گرفتـه بـود. آزمودنی بـه طـور آزمایشـی سـه –مرتبـه کوشـش راه رفتـن را انجـام مـی داد تـا بـا نحـوه آزمایـش آشـنا شـود. اگـر فـوت اسـکن توسـط آزمودنـی جهـت تنظیـم گام مـورد هـدف قـرار مـی گرفـت یـا تعـادل آزمودنـی دچـار اختـلال می شـد، کوشـش راه رفتـن تکرار مـی شـد (۲۸).

تعـداد کوشـش هـای صحیـح راه رفتـن برابـر ۳ کوشـش در هـر شـرایط بـود (۲۸). مـدت زمـان اسـتراحت بیـن هـر کوشـش راه رفتـن برابـر یـک دقیقـه بـود (۲۸). داده هـای فشـار کـف پایـی در طـی فـاز اتـکای راه رفتـن اسـتخراج شـد. فـاز اتـکای راه رفتـن بـه عنـوان تمـاس پاشـنه پـا بـا زمیـن تـا بلنـد شـدن پنجـه پـا تعییـن شـد کـه مـی توانـد اوج نیـروی عمـودی عکـس العمـل زمیـن، زمـان رسـیدن بـه ایـن اوج، نـرخ بارگـذاری، اوج متغیرهـای فشـار کـف پایـی در نواحـی ده گانـه پـا، اوج نیـروی وارده بـر نواحـی ده گانـه پـا و جابـه جایـی مرکـز فشـار در دو راسـتای داخلـی خارجـی (copx) و قدامـی خلفـی (copy) باشـد. ایـن نواحـی بـه ترتیـب شـامل انگشـت شسـت (T1)، انگشـت دوم تـا پنجـم (T2-5)، اسـتخوان کـف پایـی اول (M1) (Metatarsal one)، اسـتخوان کـف پایـی دوم (M2)، اسـتخوان کـف پایـی سـوم (M3)، اسـتخوان کـف پایـی چهـارم (M4)، اسـتخوان کـف پایـی پنجـم (M5)، بخـش میانـه پـا (Mid foot (MF)، بخـش داخلـی پاشـنه (Heel medial (HM))، و بخـش خارجـی پاشـنه (Heel lateral (HL)) اسـت. جهـت همـوار کـردن داده هـا از فیلتـر باتـرورث مرتبـه چهـارم بـا بـرش فرکانسـی ۲۰ هرتـز اسـتفاده شـد (۲۹). بـرای نرمـال کـردن مقادیـر نیـروی عکـس العمـل زمیـن، ایـن مقادیـر بـر وزن بـدن تقسـیم و در عـدد ۱۰۰ ضـرب شـدند (۲۹). در نهایـت، نرمـال بـودن توزیـع داده هـا بـا اسـتفاده از آزمـون شـاپیروویلک تاییـد شـد. آزمـون آمـاری t مسـتقل جهـت تحلیـل آمـاری داده هـا

[Downloaded from ijm.ir on 2025-07-02]

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

یافته ها

آزمودنی های گروه چاق دارای سن ۰/۴۵ ± ۱۲/۲۶ سال، قد ۶/۹۳ ± ۱۵۶/۱۳ سانتی متر و جرم ۱۴/۵۵ ± ۷۲/۶۰ کیلوگرم و آزمودنی های گروه سالم دارای سن ۱/۱۶۲ ± ۱۲/۰۶ سال، قد ۶/۴۴ ± ۱۵۴/۱۳ سانتی متر و جرم ۵/۵۶ ± ۴۲/۷۲ کیلوگرم بودند (جدول ۱).

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<۰/۰۵

نتایج به دست آمده در جدول ۱ حاکی از آن است که مقادیر اوج نیروی عمودی عکس العمل زمین در میانه ی استقرار پای راست از نظر آماری به طور معناداری بیشتر بود (P=۰/۰۴۴) (جدول ۲).

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
پای چپ	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
پای راست	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 ± ۸۱/۲۴	۰/۱۳۳	۰/۵۶

نتایج بدست آمده نشان داد مقادیر اوج فشار در نواحی انگشت شست (P=۰/۰۰۲)، انگشتان ۲ تا ۵ (P=۰/۰۰۳)، استخوان کف پایی اول (P=۰/۰۵۲)، استخوان کف پایی دوم (P=۰/۰۲۸)، استخوان کف پایی سوم (P=۰/۰۰۹)، استخوان کف پایی چهارم (P=۰/۰۰۴)، استخوان کف پایی پنجم (P=۰/۰۰۱)، میانه ی پا (P=۰/۰۰۱)، بخش داخلی پاشنه (P=۰/۰۰۱)، بخش خارجی پاشنه (P=۰/۰۰۱) پای چپ از نظر آماری به طور معناداری بیشتر بود. همچنین مقادیر اوج فشار در نواحی انگشت شست (P=۰/۰۰۱)، انگشتان ۲ تا ۵ (P=۰/۰۰۲)، استخوان کف پایی اول (P=۰/۰۲۱)، استخوان کف پایی دوم (P=۰/۰۳۵)، استخوان کف پایی سوم (P=۰/۰۰۱)، استخوان کف پایی چهارم (P=۰/۰۰۲)، استخوان کف پایی پنجم (P=۰/۰۰۱)، میانه ی پا (P=۰/۰۰۱)، بخش داخلی پاشنه (P=۰/۰۰۱)، بخش خارجی پاشنه (P=۰/۰۰۱) پای راست از نظر آماری به طور معناداری بیشتر بود (جدول ۳).

[Downloaded from ijrn.ir on 2025-07-02]

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

	متغیرها	گروه اول	گروه دوم	سطح معناداری	اندازه اثر
پای چپ	T1	۱۱۰/۵۱ ± ۲۹/۳۷	۷۶/۴۷ ± ۲۶/۶۵	*۰/۰۰۲	۱/۲۲
	T2-5	۱۱۳/۸۶ ± ۲۲/۸۹	۸۴/۳۱ ± ۲۷/۴۹	*۰/۰۰۳	۱/۱۷
	M1	۵۸/۹۰ ± ۳۰/۵۸	۳۹/۵۰ ± ۲۰/۷۳	*۰/۰۵۲	۰/۷۶
	M2	۷۰/۹۰ ± ۵۱/۰۸	۳۸/۳۸ ± ۱۸/۳۰	*۰/۰۲۸	۰/۹۴
	M3	۱۲۹/۹۹ ± ۷۰/۲۱	۷۳/۲۹ ± ۳۴/۲۵	*۰/۰۰۹	۱/۰۹
	M4	۱۲۹/۴۶ ± ۴۵/۴۹	۸۳/۰۸ ± ۳۴/۵۲	* ۰/۰۰۴	۱/۱۶
	M5	۱۲۸/۶۹ ± ۳۸/۲۷	۷۴/۱۲ ± ۲۶/۳۷	* P< ۰/۰۰۱	۱/۶۹
	MF	۱۳۱/۱۰ ± ۴۱/۳۷	۷۱/۳۰ ± ۲۲/۸۵	* P< ۰/۰۰۱	۱/۸۶
	HM	۱۳۲/۲۲ ± ۴۲/۴۳	۸۵/۴۹ ± ۲۶/۶۹	* P< ۰/۰۰۱	۱/۳۵
	HL	۱۳۳/۸۷ ± ۴۱/۱۷	۷۴/۵۴ ± ۲۵/۲۷	* P< ۰/۰۰۱	۱/۷۹
پای راست	T1	۱۱۲/۶۸ ± ۳۹/۷۶	۶۶/۸۱ ± ۲۵/۷۵	* ۰/۰۰۱	۱/۴۰
	T2-5	۱۰۴/۳۳ ± ۴۴/۷۹	۵۹/۸۶ ± ۲۵/۴۸	* ۰/۰۰۲	۱/۲۷
	M1	۱۸/۴۵ ± ۸/۶۹	۱۱/۵۴ ± ۶/۶۴	* ۰/۰۲۱	۰/۹۰
	M2	۱۶/۶۸ ± ۱۰/۳۱	۱۰/۲۴ ± ۴/۵۴	* ۰/۰۳۵	۰/۸۷
	M3	۱۲۱/۰۵ ± ۶۸/۲۰	۴۷/۲۶ ± ۲۴/۵۹	* P<۰/۰۰۱	۱/۵۹
	M4	۱۲۶/۰۸ ± ۸۴/۰۹	۴۷/۵۰ ± ۲۱/۶۰	* ۰/۰۰۲	۱/۴۹
	M5	۲۴۸/۸۴ ± ۵۴/۸۶	۱۵۷/۴۸ ± ۴۶/۱۴	* P< ۰/۰۰۱	۱/۸۱
	MF	۲۳۹/۲۳ ± ۶۹/۰۰	۱۶۲/۳۶ ± ۴۴/۱۷	* ۰/۰۰۱	۱/۳۶
	HM	۱۵۸/۱۵ ± ۴۳/۰۷	۹۲/۰۴ ± ۳۴/۰۹	* P< ۰/۰۰۱	۱/۷۱
	HL	۱۴۹/۰۰ ± ۴۳/۹۵	۹۵/۴۲ ± ۳۵/۶۸	* ۰/۰۰۱	۱/۳۵

بحث

هدف از پژوهش حاضر مقایسه مقادیر فشار کف پایی 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 ۲۰/۹۳ 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 طورکلی با چاقی افزایش می یابد، در طیف وسیعی از سرعت های راه رفتن، منجر به اعمال بارهای زیادی بر روی مفاصل اندام تحتانی می‌شود. 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 (۳۰). 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 (۳۱). 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 کشککی رانی، سندرم باند ایلیوتیبیال، فاشیای کف پا و سایر آسیب های بافت نرم مرتبط دانسته اند (۳۲). 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 ۲ تا ۵، استخوان کف پایی اول، استخوان کف پایی دوم، استخوان کف پایی سوم، استخوان

[Downloaded from ijm.ir on 2025-07-02]

کف پایی چهارم، استخوان کف پایی 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 پایی اول، استخوان کف پایی دوم، استخوان کف پایی سوم، استخوان کف پایی چهارم، استخوان کف پایی 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 حاظر 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 پایی) 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 ژنوواروم 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 پایی 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 محفظا 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 (۱۵درصد 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 دینامیک 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 پایی 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.

[Downloaded from ijrn.ir on 2025-07-02]

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان این مقاله طبق پروتکل های اخلاقی مطالعات هلسینکی عمل نموده و اطلاعات آزمودنی ها شرکت کننده در این مطالعه به طور کاملا 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 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 منافعی 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 Obstetrícia. 2017;39:330-6. https://doi.org/10.1055/s-0037-1603826
7. Mirzazadeh A, Sadeghirad B, Haghdoust A, Bahreyni F, Rezazadeh KM. The prevalence of 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, Stanciulescu CM, Cerbu S, Horhat DI, Suciu 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

[Downloaded from ijrn.ir on 2025-07-02]

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 Medicineand Public Health. 2012;43(3):756.
28. Jafarnezhadgero 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, Jafarnezhad 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.

[Downloaded from ijrn.ir on 2025-07-02]

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, Azarbaijany 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

[Downloaded from ijrn.ir on 2025-07-02]