

## Comparison of vertical ground reaction force during walking in children with flat foot and a normal foot

Mostafa Payandeh <sup>\*1</sup>, Nahid Khoshraftar Yazdi <sup>2</sup>, Ahmad Ebrahimi Atri <sup>3</sup>, Mohsen Damavandi <sup>4</sup>

1. MSc student of Ferdowsi University of Mashhad (Physical Education) (corresponding author) paradise.gheshm2011@gmail.com
2. Assistant Professor of Ferdowsi University of Mashhad (Physical Education) .
3. Assistant Professor of Ferdowsi University of Mashhad (Physical Education)
4. Assistant Professor of Hakim University of Sabzevari( Physical Education

Article received on: 2014.3.22      Article accepted on: 2015.1.16

### ABSTRACT

**Background and Aim:** Foot arch will always be known as absorbing the force from the ground to foot. The purpose of this study was to investigate the vertical ground reaction force subject with flat foot and a normal foot.

**Materials and Methods:** Fifteen subjects were randomly selected from between children with flexible flat foot, and 15 subjects were randomly selected to the control group from the population with normal feet that were homogeneous with group flat foot of the height, age and weight. And KISTLER force plate were used to measure vertical ground reaction force component both groups at three times; weight transfer on heel, midstance and weight transfer on the toe, during the Stance phase. Data analysis using SPSS 21 software and was performed independent t-test ( $p < 0/05$ ).

**Results:** There was a significant difference in the weight transfer on heel and midstance phase between flat foot and a normal foot. But no significant difference between the two groups at the weight transfer on the toe.

**Conclusion:** The results of this study showed that in the subject flat foot at time, transfer of weight on the heel and transfer of weight on the toe, enters more ground reaction force then individuals normal foot. This could be a major factor for foot injuries in the subjects flat foot. According to research findings, shoes Makers can use the information obtained and measures the toes and shoe heel to include for subjects flat foot, able to absorb amount of the ground reaction force and this will prevent subjects from injury.

**Key Words:** Flat foot , Vertical ground reaction force, Force plate, Child

**Cite this article as:** Mostafa Payandeh, Nahid Khoshraftar Yazdi, Ahmad Ebrahimi Atri, Mohsen Damavandi. Comparison of vertical ground reaction force during walking in children with flat foot and a normal foot. J Rehab Med. 2015; 4(1): 33-41.

## مقایسه نیروی عکس العمل عمودی زمین هنگام راه رفتن در کودکان دارای کف پای صاف و کف پای نرمال

مصطفی پاینده<sup>۱\*</sup>، ناهید خوشرفتار یزدی<sup>۲</sup>، احمد ابراهیمی عطری<sup>۳</sup>، محسن دمانندی<sup>۴</sup>

۱. کارشناس ارشد آسیب شناسی و حرکات اصلاحی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲. دکترای طب ورزشی، استادیار و هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد دانشکده تربیت بدنی، مشهد، ایران
۳. دکترای فیزیولوژی ورزش، دانشیار و هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد دانشکده تربیت بدنی، مشهد، ایران
۴. فوق دکترای بیومکانیک و ارگونومی، استادیار و هیئت علمی دانشگاه حکیم سبزواری سبزوار، سبزوار، ایران

### چکیده

#### مقدمه و اهداف

قوس کف پا همیشه به عنوان جذب کننده نیروی وارده از زمین به پا شناخته می شود، هدف از تحقیق حاضر، بررسی مولفه عمودی نیروی عکس العمل زمین در حین راه رفتن کودکان دارای کف پای صاف بود.

#### مواد و روش ها

در این تحقیق، از میان دانش آموزان مقطع ابتدایی با میانگین سنی ۱۰ سال، ۱۵ نفر دارای کف پای صاف و ۱۵ نفر دارای کف پای نرمال به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند. مولفه عمودی نیروی عکس العمل زمین هر دو گروه در سه زمان انتقال وزن بر روی پاشنه، تماس کف پا با زمین، و انتقال وزن بر روی پنجه در مرحله Stance مورد ارزیابی قرار گرفت و تجزیه و تحلیل داده ها با روش آماری t مستقل و با استفاده از نرم افزار SPSS 21 انجام شد ( $p < 0/05$ ).

#### یافته ها

نتایج این تحقیق نشان داد که افراد دارای کف پای صاف در مرحله انتقال وزن بر روی پاشنه نسبت به افراد دارای کف پای نرمال به طور معنی داری، دارای نیروی عکس العمل زمین بیشتری بودند ( $p=0/04$ ). ولی در مرحله تماس کف پا با زمین، نیروی عکس العمل زمین افراد دارای کف پای نرمال نسبت به افراد دارای کف پای صاف به طور معنی داری بیشتر بود ( $p=0/03$ ). همچنین در بررسی نیروی عکس العمل زمین در مرحله انتقال وزن بر روی پنجه مشاهده شد، که افراد دارای کف پای صاف نسبت به افراد دارای کف پای نرمال، نیروی بیشتری به زمین وارد می کنند ولی اختلاف این نیرو بین دو گروه معنی دار نبود.

#### نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان می دهد که، به پای افراد دارای کف پای صاف در دو مرحله انتقال وزن بر روی پاشنه و انتقال وزن بر روی پنجه نسبت به افراد دارای کف پای نرمال نیروی بیشتری وارد می شود که این خود می تواند عامل مهمی جهت بروز آسیب در پا و اندام های بالاتر در این افراد شود. با توجه به یافته های این تحقیق سازندگان کفش، می توانند از اطلاعات بدست آمده استفاده و تدابیری در قسمت پنجه و پاشنه کفش افراد دارای کف پای صاف لحاظ کرده، تا بتواند مقداری از نیروی عکس العمل زمین را جذب و از آسیب دیدگی این افراد جلوگیری کند.

#### واژگان کلیدی

کف پای صاف، مولفه عمودی نیروی عکس العمل زمین، Force plate، کودکان.

پذیرش مقاله ۱۳۹۳/۱۰/۷ \*

\* دریافت مقاله ۱۳۹۳/۱/۲۳

نویسنده مسئول: مصطفی پاینده. مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده تربیت بدنی

تلفن: +۹۸۰۷۶۳۵۴۲۲۶۱۳

آدرس الکترونیکی: paradise.gheshm2011@gmail.com

## مقدمه و اهداف

صافی کف پا یکی از مشکلات شایع در کودکان، نوجوانان و بزرگسالان است. تقریباً ۱۵ درصد از جمعیت جهان دارای کف پای صاف هستند [۱]. چنانچه صافی کف پا به موقع شناسایی شود و اقدامات لازم در جهت اصلاح و جلوگیری از تشدید آن به عمل آید، می توان از عوارض آن جلوگیری نمود. این عارضه در دراز مدت اثرات مخربی بر مفاصل پا و زانو و سایر مفاصل به جای می گذارد [۲]. لین و همکاران عقیده داشتند که کف پای صاف را نباید فقط مشکل راستای استاتیک مجموعه مچ پا و پا در نظر گرفت بلکه ممکن است منجر به تغییر عملکرد دینامیک در کل اندام تحتانی شود [۳]. علائم برخی بیماری ها از قبیل دیابت که گردش خون و اعصاب را تحت تاثیر قرار می دهد ابتدا در پا بروز می کند. تشخیص و اصلاح زود هنگام ناهنجاری های پا از قبیل کف پای صاف می تواند موجب پیشگیری از مشکلاتی شود که سلامتی افراد را تحت تاثیر قرار می دهند [۱].

کف پای صاف می تواند یکی از عوامل بروز آسیب باشد. نشان داده شده است افرادی که قوس کف پای آنها کاهش یافته در خطر آسیب بیشتری نسبت به افراد دارای قوس نرمال هستند [۴]. که این به علت افت قوس کف پا و عدم جذب نیرو و تحمل بار بیشتر می باشد [۵]. هنگامی که شخص می ایستد، راه می رود یا می دود، بر اساس قانون سوم نیوتون، نیروی وارد شده از پاها بر زمین همواره برابر و در جهت مخالف نیروی وارد شده از زمین به پاهاست [۶]. در افراد دارای کف پا صاف دو عامل باید نسبت به افراد دارای پای نرمال بررسی شود. مقدار و جهت نیرو، میزان تاثیر یک نیرو بر بدن را تعیین می کند. در افراد دارای این ناهنجاری به دلیل افت قوس، این دو عامل دچار تغییر می شود. وظیفه قوس های کف پای جذب نیرو های وارده به پاهاست [۲].

در هنگام راه رفتن، پا یکی از بخش های مهم بدن محسوب می شود، زیرا سه عملکرد جذب نیرو، برخورد با زمین و انتقال نیروهای جلو برنده را بر عهده دارد [۷]. در حین راه رفتن به سمت جلو، معمولاً تحمل وزن از ناحیه خلفی خارجی پاشنه پا شروع شده، به طرف جلو در امتداد طرف خارجی پا پیش رفته و در نزدیکی اولین مفصل متاتارسوفالانژیال ختم می شود [۸]. کف پای صاف حالتی است که در نتیجه عوامل متعددی، بخصوص ضعف عضلانی، قوس کف پا کاهش می یابد. در این وضعیت تماس غیر طبیعی کنار داخلی با سطح زمین در موقع تحمل وزن مشاهده می شود و تشخیص آن با روش های مختلف بالینی و پاراکلینیک نظیر روش اثر کف پا صورت می گیرد [۹]. در کف پای صاف منعطف، پا از حالت طبیعی خود خارج شده، قوس پا کاهش پیدا می کند و تا درجات متفاوتی دچار نیمه در رفتگی استخوان های Midfoot می شود در حالی که لیگامان ها و کپسول مفصلی نیز دچار استرچ می شوند [۱۰]. به نظر می رسد، در زمان انتقال وزن بر روی پاشنه در هنگام راه رفتن در افراد دارای کف پای صاف به نسبت افراد دارای پای نرمال نیروی بیشتری وارد می شود. که معمولاً این نیروهای وارد شده به دلیل زمان کم شان جذب نمی شوند، و با گذشت زمان، باعث آسیب ساختمانی می شوند [۹]. در افراد مختلف الگوی انتقال و جذب این نیروها ممکن است متفاوت باشد، ولی جذب ضعیف باعث ایجاد مفاصل دردناک در کف پا می شود [۱۰]. در این عارضه سطح کف پا، بیش از مقدار طبیعی با زمین در تماس است. در اثر فشار وارده بر روی قسمت میانی پا ممکن است عضلات پا به سرعت دچار خستگی و گرفتگی شوند. در این افراد، عضلات داخل پا ممکن است، به طور قابل ملاحظه ایی بیشتر از افراد دارای پای طبیعی در موقع راه رفتن مورد استفاده قرار گیرند، تا سستی لیگامنت ها و تحرک بیش از حد پا را جبران نماید [۱]. Garee و همکارانش بیان داشتند که عضلات داخلی کف پا در افراد مبتلا به کف پای صاف، بیشتر فعالیت می کنند و به همین خاطر این عضلات بیشتر در معرض خستگی و درد قرار می گیرند. راه حل مناسب درمان درد و خستگی در عضلات داخلی پا انجام تمرین و افزایش استقامت آنهاست، به شکلی که بتوانند فشارهای وارده را به خوبی تحمل کنند [۱].

در هنگام راه رفتن به سمت جلو، نیروی عکس العمل عمودی زمین دو اوج نیروی اصلی دارد، که زمان وقوع آنها، در مراحل ابتدایی (هنگام برخورد پاشنه با زمین) و انتهایی فاز ایستادن (ضربه پنجه) روی دو پاست. بدن در این مراحل شتاب صعودی دارد. و یک فرورفتگی که در زمان تماس کف پا با زمین، به وجود می آید، که در این مرحله بدن شتاب نزولی دارد. این دو اوج نیرو در راه رفتن به جلو تقریباً یکسان هستند [۹]. Jong Sung Changa و همکارانش در مطالعه ایی که نیروی عکس العمل زمین افراد دارای کف پای صاف با افراد دارای کف پای نرمال را در هنگام فرود از ارتفاعی مشخص، مورد بررسی قرار دادند، اشاره کردند که افراد دارای کف پای صاف دارای نیروی عکس العمل بیشتری نسبت به افراد دارای کف پای نرمال هستند [۱۱].

اندازه گیری مقدار نیروی عکس العمل زمین در حین راه رفتن به تازگی معیاری برای شناسایی و یا طبقه بندی افراد براساس الگوی استفاده آنها از نیروها، در طول زمان راه رفتن، مدنظر قرار گرفته است [۱۲]. قوس کف پای یک سازه معماری است که تمام اجزای پا یعنی مفاصل، لیگامان ها و عضلات را داخل یک سیستم واحد تلفیق می کند. با توجه به تغییر انحنای و ارتجاعیت آن، طاق خود را با ناهمواری های سطح زمین تطبیق

می دهد و می تواند نیروی های حاصل وزن بدن و حرکات آن را به زمین انتقال دهد. طاق کف پای ضربات را می گیرد و برای انعطاف پذیری راه رفتن الزامی است. هر گونه حالات پاتولوژیک که انحنای آنها را صاف یا تشدید کند، شدیداً به ننگ داشتن بدن روی زمین و لزوماً بر دوییدن، راه رفتن و حفظ وضعیت بدنی اثر سوء می گذارد<sup>[۱۳]</sup>. و نیز کاهش این قوس می تواند منجر به تغییرات شدیدی در وضعیت و عملکرد پا، آرتروز، درد پا و مچ پا، خستگی، درد تاندون و تغییر شکل پا شود. این ناهنجاری نیز باعث برهم خوردن توزیع خلفی - قدامی نیروهای وارده به پا به دلیل ضعف عضلات، به خصوص ضعف عضله تیبالیس خلفی و متعاقب آن کشیدگی لیگامنت کالکائونوایکولار می شود، که مسئول توزیع نیرو به سمت قدام و خلف پا است و موجب برهم خوردن تعادل و توزیع نیروی وارده می شود<sup>[۱۲]</sup>. بیشتر مطالعاتی که بر روی نیروی عکس العمل زمین در هنگام راه رفتن افراد دارای کف پای صاف صورت گرفته مربوط به افراد بزرگسال بوده، به همین خاطر در مورد نیروی عکس العمل کودکان دارای کف پای صاف هنوز اطلاعات اندکی وجود دارد. ارزیابی نیروی عکس العمل زمین اطلاعات مهمی جهت ارزیابی فشارهای غیر طبیعی که منجر به ناهنجاری کف پای صاف می گردد به ما ارائه می دهد<sup>[۱۴]</sup>. لذا ضروری به نظر می رسد که نیروی عکس العمل زمین کودکان دارای کف پای صاف نسبت به کودکان دارای پای نرمال مورد بررسی قرار گیرد تا پی برده شود چه تفاوتی بین این دو گروه وجود دارد، تا براساس اطلاعات بدست آمده، جهت بهبود این عارضه در کودکان دارای این ناهنجاری اقدام شود.

### مواد و روش ها

جامعه آماری این تحقیق را ۱۰۱۸ نفر از دانش آموزان مقطع ابتدایی ناحیه یک مشهد با میانگین سنی  $۱/۲ \pm ۱۰/۴$ ، قد  $۸/۷۶ \pm ۱۲۴/۶۰$  و وزن  $۲۶/۵۲ \pm ۶/۷۰$  تشکیل دادند. برای سنجش شیوع کف پای صاف از سه تست، جعبه آینه (پدسکوپ - شکل ۱)، ثبت نقش پا ( فوت پرینت) و تست افتادگی ناوی (ناویکولار دراپ تست) استفاده شد و مشخص شد حدود ۸۶ نفر از این افراد دارای کف پای صاف می باشند. از میان افراد دارای کف پای صاف منعطف ۱۵ نفر در گروه تجربی و ۱۵ نفر از جامعه آماری که دارای پای سالم و با گروه کف پای صاف از نظر سن، قد و وزن همگن بودند نیز به صورت تصادفی در گروه سالم قرار گرفتند. برای تشخیص صافی کف پا بوسیله پدسکوپ از دانش آموزان خواسته شد تا با پای برهنه بر روی پدسکوپ قرار گیرند، و بعد از یک دقیقه تحمل وزن، سطوحی از کف پا که تحمل وزن می کردند به رنگ سفید و مناطقی که تحمل وزن نمی کردند صورتی دیده می شد (تصویر ۱).



تصویر ۱: مشاهده نقش کف پا بوسیله پدسکوپ

برای ترسیم نقش پا نیز از دانش آموزان خواسته شد که با پای برهنه، ابتدا یک پا و بعد پای دیگر را بدون کوچکترین لغزش روی پودر سفید قرار داده، سپس طوری روی صفحه مشکی قرار گیرند که ابتدا پاشنه پا و سپس تمام کف پا به آرامی روی صفحه فرود آید. برای اندازه گیری افت ناوی از آزمودنی خواسته شد تا با پای برهنه روی صندلی نشسته پای خود را روی جعبه با ارتفاعی مشخص (با توجه به قد هر فرد) قرار داده به طوری که زوایه ران و زانو در حالت ۹۰ درجه قرار گیرد. مفصل ران در این حالت هیچگونه اداکشن و اداکشنی نداشته و در حالت معمولی قرار می گرفت. با استفاده از کولیس فاصله بر جستگی استخوان ناوی تا سطح جعبه در واحد میلی متر اندازه گیری و سپس

از آزمودنی خواسته شد که در حالت ایستاده قرار گیرند. در این حالت نیز فاصله برجستگی استخوان ناوی تا سطح جعبه اندازه گیری و ثبت شد. فاصله برجستگی استخوان ناوی تا سطح جعبه را در حالت تحمل وزن (ایستاده) از میزان فاصله استخوان ناوی تا سطح جعبه در حالت بدون تحمل وزن (نشسته روی صندلی) کسر و عدد بدست آمده به عنوان میزان افتادگی استخوان ناوی ثبت شد. اندازه گیری میزان افتادگی ناوی در هر آزمودنی سه بار انجام و میانگین آنها حساب شد. آزمودنی هایی که میزان افتادگی ناوی آنها بین ۵ تا ۹ میلی متر بود در گروه پای معمولی و بیشتر از ۱۰ میلی متر در گروه افراد دارای کف پای صاف قرار گرفتند. و در نهایت برای تعیین تشخیص کف پای صاف انعطاف پذیر از ساختاری، از فرد خواسته شد که یک بار در حالت تحمل وزن بایستد و یک مرتبه روی نوک پنجه پا بلند شود. اگر در حالت تحمل وزن قوس طولی داخلی پا وجود نداشت، اما با ایستادن روی نوک پنجه پا قوس ظاهر شد، صافی کف پا از نوع انعطاف پذیر است<sup>[۱۱]</sup>. از مهمترین شرایط ورود و خروج از تحقیق، عدم اختلاف طول پاها، کف هر دو پا صاف، افراد دارای کف پای صاف قادر به ایستادن بر روی نوک انگشتان پا باشند و در حین ایستادن بر روی نوک انگشتان قوس پا افزایش یابد (Flexible flat foot)، نداشتن اختلال اسکلتی عضلانی که موجب اختلال قابل رویت در گام فرد گردد، عدم سابقه شکستگی در استخوان های ساق پا، مچ پا و پا بود.

قبل از شروع کار تحقیق، با والدین دانش آموزانی که دارای کف پای صاف بودند جلسه توجیهی گذاشته شد تا با این ناهنجاری و ماهیت و روند اجرای تحقیق بیشتر آشنا شوند. سپس اطلاعات لازم مربوط به دانش آموزان از والدین آنها جمع آوری شد. در انتها فرم رضایت نامه و موافقت آگاهانه در اختیار آنها قرار داده شد تا در صورت تمایل آن را امضا کرده و محقق را در انجام کار تحقیق یاری رسانند.

نیروی عکس العمل زمین:

مولفه عمودی نیروی عکس العمل زمین، توسط دستگاه فورس پلیت کیستلر (مدل C۹۲۸۱، ساخت کشور سوئیس) اندازه گیری شد. نقطه شروع به فاصله هفت قدم تا رسیدن به صفحه نیرو بود تا فرد سیکل راه رفتن طبیعی خود را پیدا می کرد<sup>[۹]</sup>. به دلیل کم بودن سن آزمودنی ها و برای اینکه سیکل راه رفتن آنها تحت تاثیر گذاشتن پا بر روی صفحه نیرو قرار نگیرد، بدون نشان دادن محل صفحه نیرو از آنها خواسته می شد مسیر مشخص شده را بطور کاملا طبیعی طی کنند. در این حین اگر خطایی از جمله اینکه فرد تمام پای خود را روی صفحه نیرو قرار نمی داد و یا مواردی که در خروجی داده های حرکت مد نظر، اختلال ایجاد می کرد رخ می داد، حرکت دوباره تکرار می شد. فرکانس دستگاه نیز بر روی ۲۰۰ هرتز تنظیم گردید<sup>[۹]</sup>.

بعد از اتمام مراحل تست و برای تعیین مراحل برخورد پاشنه با زمین و جدایی پنجه از زمین از آستانه نیرو عمودی عکس العمل زمین ۱۰ نیوتن استفاده شد<sup>[۱۵]</sup>. سپس داده ها با استفاده از فیلتر باترورث درجه ۴ پایین گذر، فیلتر شدند. برای مقایسه متغیرهای مولفه عمودی نیروی عکس العمل زمین بین آزمودنی ها، زمان بروز این متغیرها براساس درصدی از کل زمان پا با زمین با استفاده از نرم افزار (7.10.0.499.R 2010 Matlab B) تعیین گردید. این متغیرهای نیرو عبارت بودند از: ۱. پیک اول؛ انتقال وزن بر روی پاشنه، ۲. تحمل وزن یا تماس کف پا با زمین، و ۳. پیک دوم، انتقال وزن روی پنجه و جدا شدن پا از زمین (در مرحله تماس پا با زمین) (Stance).

در این تحقیق از روش آماری Independent T Test جهت بررسی سطح معنی داری متغیرهای زمینه ای بین دو گروه کف پای صاف و کف پای نرمال و آنالیز واریانس عاملی برای بررسی نقاط شاخص نیروی عکس العمل عمودی زمین در حین راه رفتن دو گروه کف پای صاف و کف پای نرمال در سه زمان مورد استفاده قرار گرفت.

## یافته ها

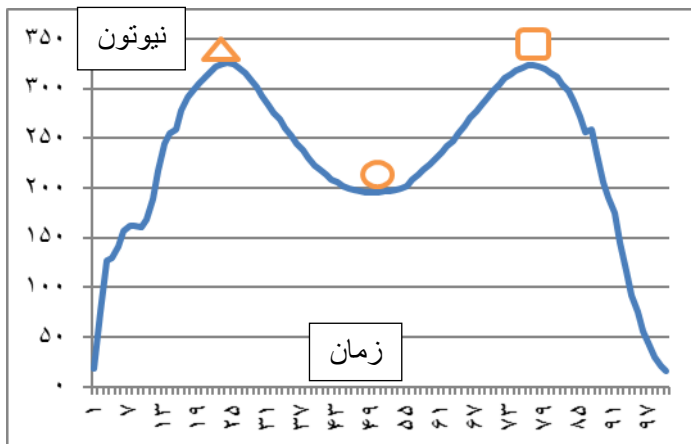
در این تحقیق ۱۵ کودک دارای کف پای صاف و ۱۵ کودک دارای کف پای نرمال شرکت داشتند. در گروه کف پای صاف میانگین سن  $10/4 \pm 1/12$  سال، میانگین قد  $122/20 \pm 8/34$  سانتی متر و میانگین وزن  $24/10 \pm 4/98$  کیلو گرم و در گروه کف پای نرمال میانگین سن  $10/6 \pm 0/65$  سال، میانگین قد  $130/36 \pm 5/22$  سانتی متر و میانگین وزن  $27/00 \pm 4/97$  کیلو گرم بود.

نتایج این مطالعه به صورت زیر بود:

اثر تکلیف راه رفتن به سمت جلو و گروه (کف پای صاف و کف پای نرمال) با استفاده از آنالیز واریانس عاملی طرح دو گروه و سه زمان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پارامترهایی که در حین راه رفتن مورد مطالعه قرار گرفتند شامل: انتقال وزن بر روی پاشنه (نیروی قله اول)، تماس کف پا با زمین (نیروی عمق فرورفتگی) و انتقال وزن بر روی پنجه (نیروی قله دوم) بود. نتایج مربوط به این پارامترها و مقایسه بین دو گروه در جدول ۱ آمده است. همچنین در نمودار ۱، سه زمان مورد مطالعه مرحله Stance در حین راه رفتن نمایش داده شده است. چنانچه از جدول شماره ۱ می توان دریافت این است که، نیروی عکس العمل زمین در زمان انتقال وزن بر روی پاشنه ( $p=0/04$ ) و تماس کف پا با

زمین ( $p=0/03$ ) در مرحله Stance در گروه کف پای صاف نسبت به گروه کف پای نرمال تفاوت معنی داری وجود دارد. ولی در زمان انتقال وزن بر روی پنجه، اختلاف معنی داری بین دو گروه مشاهده نشد.

نمودار ۱:  $\triangle$ : انتقال وزن بر روی پاشنه،  $\circ$ : تماس کف پا با زمین،  $\square$ : انتقال وزن بر روی پنجه

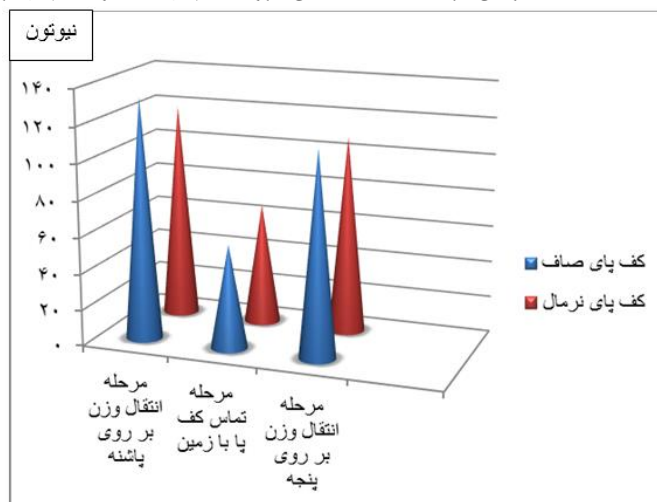


جدول ۱: مقایسه میانگین (انحراف معیار) و سطح معنی داری نقاط شاخص نیروی عکس العمل زمین در دو گروه کف پای صاف و کف پای نرمال ( $n=15$  برای هر گروه)

معنی داری	کف پای نرمال میانگین (انحراف معیار)	کف پای صاف میانگین (انحراف معیار)	شاخص های آماری شرایط مختلف
*0/04	۱۱۹/۶۲۷ (۱۵/۶۰)	۱۳۳/۳۰ (۱۹/۹۸)	انتقال وزن بر روی پاشنه (نیروی قله اول) (%B.W.)
*0/03	۶۶/۸۸ (۸/۵۷)	۵۷/۳۳ (۱۴/۴۰)	تماس کف پا با زمین (نیروی عمق یا فرورفتگی) (%B.W.)
0/25	۱۰۸/۹۰ (۷/۴۹)	۱۱۲/۷۸ (۱۲/۹)	انتقال وزن بر روی پنجه (نیروی قله دوم) (%B.W.)

۱. (%B.W.) براساس درصدی از وزن بدن

نمودار ۲: مقایسه سه زمان مرحله Stance بین گروه کف پای صاف و کف پای نرمال



## بحث

بر اساس یافته های این تحقیق بین نیروی عکس العمل عمودی زمین در زمان انتقال وزن بر روی پاشنه، بین دو گروه کف پای صاف و کف پای نرمال اختلاف معنی داری مشاهده شد ( $p=0/04$ ). با توجه به این موضوع که شبیه مطالعه حاضر که دقیقاً موارد مورد اشاره در این تحقیق را در کودکان مورد ارزیابی قرار دهد یافت نشد، به ناچار به مطالعاتی که نزدیک به موضوع تحقیق حاضر صورت گرفته می پردازیم. یکی از این محدود مطالعات، تحقیق Khodadadeh و همکارش که به مطالعه راه رفتن افراد دارای کف پای صاف پرداختند می باشد. که نتایج آنها با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. آنها اشاره کردند که در افراد دارای کف پای صاف تمایل شدیدی به وارد آمدن نیرو به پاشنه پا وجود دارد.<sup>[۱۰]</sup>

هم چنین بر اساس یافته های این تحقیق، در نیروی عکس العمل عمودی زمین در مرحله تماس کف پا با زمین، در افراد دارای کف پای صاف نسبت به افراد دارای پا نرمال کاهش معنی داری مشاهده شد ( $p=0/03$ ) که با نتایج Arastoe و همکارانش و Sadeghi و همکارانش مطابقت ندارد<sup>[۹،۱۶]</sup>. آنها در تحقیق خود به ارزیابی عملکرد کف پای صاف با استفاده از ثبت نیروی عکس العمل زمین پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در مرحله تماس کف پا با زمین بین دو گروه کف پای صاف و کف پای نرمال اختلاف معنی داری وجود ندارد. یکی از دلایل عدم همخوانی نتایج، می تواند به این دلیل باشد، که در تحقیق حاضر کودکان با میانگین سنی ۱۰ سال، مورد بررسی قرار گرفتند، ولی مطالعه Arastoe و همکاران بر روی افراد با میانگین سنی ۲۱ سال انجام گرفت. بررسی Schaefer و همکارانش نشان داد که بین راه رفتن بزرگسالان و کودکان تفاوت وجود دارد و زمان گام و طول گام در کودکان نسبت به بزرگسالان متفاوت است. تغییر زمان گام و به طبع آن تغییر طول گام می تواند در کاهش و یا افزایش نیروی وارده به پا در مرحله تماس کف پا با زمین تاثیر زیادی داشته باشد<sup>[۱۷]</sup>. یکی از مکانیسم هایی که در کودکان به علت نوع عادت های آنان (طرز نشستن و یا راه رفتن) بیشتر از بزرگسالان باعث کف پای صاف می شود، کوتاهی تاندون آشیل است. کوتاهی تاندون آشیل در کودکان باعث می شود فرد نتواند به اندازه کافی در هنگام راه رفتن مچ پا را به سمت بالا خم کند بنابراین مجبور است پا را به خارج بچرخاند که این حرکت موجب کوتاهی عضلات نازک نئی و صافی کف پا می شود. بعد از اینکه کودک به علت کوتاهی تاندون آشیل دچار کف پای صاف شد، سعی می کند با انگشتان به داخل چرخیده راه برود. این وضعیت در پای کودک ساز کار جبرانی می باشد و ناشی از عمل عضلات درشت نئی خلفی، درشت نئی قدامی و خم کننده کوتاه و بلند انگشتان و نزدیک کننده های پا است که باعث حمایت اضافی و عضلانی قوس طولی پا می شوند<sup>[۲]</sup>. از نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر مشخص شد، مدت زمان مرحله تماس کف پا با زمین در افراد دارای کف پای صاف نسبت به افراد کف پای نرمال کمی افزایش یافته است. این امر نشان دهنده این است که مرحله تماس کف پا در افراد دارای کف پای صاف نسبت به افراد دارای کف پای نرمال در مدت زمان طولانی تری رخ داده است. این افزایش زمان باعث فرصت بیشتر جذب نیرو، و کاهش مقدار نیروی وارده به پاها می شود<sup>[۹]</sup>. و شاید هم علت دیگر این یافته راه، در اختلاف متغیر های کینماتیکی بین دو گروه در این مرحله از زمان Stance دانست. در تحقیق حاضر به بررسی متغیر های کینماتیکی افراد دارای کف پای صاف پرداخته نشد، و تنها ویژگی های کنتیکی مورد بررسی قرار گرفت. تومی و همکاران در تحقیقی به ارزیابی تفاوت کینماتیکی در پای افراد ۹ تا ۱۲ سال دارای کف پای صاف و کف پای نرمال پرداختند. آنها مشاهده کردند که، بین زاویه قوس داخلی افراد دارای کف پای صاف نسبت به افراد دارای کف پای نرمال در هنگام راه رفتن تفاوت معنی داری وجود دارد. آنها اشاره کردند که، زاویه قوس داخلی در افراد دارای کف پای صاف نسبت به افراد دارای کف پای نرمال تقریباً ۱۰ درجه در هنگام راه رفتن بیشتر بود. همچنین آنها اختلاف معنی داری را بین زاویه سوپینیشن جلو پا نسبت به وسط پا در شروع ضربه پاشنه در افراد دارای کف پای صاف نسبت به افراد دارای کف پای نرمال مشاهده کردند. آنها نیز اشاره کردند که در دیگر متغیرها، اختلاف اندکی در کینماتیک راه رفتن بین گروه کف پای صاف و کف پای نرمال وجود داشت<sup>[۱۸]</sup>.

هر چند مقدار نیروی عکس العمل زمین افراد دارای کف پای صاف در مرحله انتقال وزن بر روی پنجه، نسبت به افراد دارای کف پای نرمال بیشتر بود، اما این اختلاف معنی دار نبود. نتایج این تحقیق با نتایج Bertani و همکارانش و Yavuzer و همکارانش همخوانی دارد<sup>[۲۰،۱۹]</sup>. Yavuzer و همکارانش به بررسی اختلالات دراز مدت در بیو مکانیک راه رفتن افراد بزرگسال پرداختند، که از بچگی کف پای صاف انعطاف پذیر دو طرفه داشتند ولی هرگز درمان نشده بودند، آنها مشخصات مکانی - زمانی، کینماتیک و کینتیک را با استفاده از سیستم Gait کامپیوتری سه بعدی (۵ تا دوربین و دو تا صفحه نیرو) اندازه گیری کردند. نتایج آنها نشان داد در پارامتر هایی از جمله طول زمان گام و نیروی عکس العمل زمین در مرحله پنجه بین دو گروه کف پای طبیعی و کف پای صاف انعطاف پذیر تفاوت آماری معنی داری وجود ندارد که

نشان دهنده توافق با نتایج حاضر است. همچنین Bertani و همکاران نیز اشاره کردند که به سختی می توان الگوی راه رفتن افراد پای طبیعی و کف پای صاف را در مرحله انتقال وزن بر روی پنجه از هم متمایز کرد.

### نتیجه گیری

نتیجه کلی که می توان از تحقیق حاضر بدست آورد این است که بیشتر تفاوت های افراد دارای کف پای صاف با افراد دارای کف پای نرمال، مربوط به زمان ضربه پاشنه و تماس کف پا با زمین می باشد. دانستن این اطلاعات دقیق باعث می شود، افرادی که با تمرینات اصلاحی در پی درمان این ناهنجاری هستند، با دقت بیشتری تمرینات مورد نظر خود را جهت اصلاح این ناهنجاری انتخاب کنند تا اصلاح این ناهنجاری به شکل مطلوب تری صورت گیرد. و نیز نتایج این تحقیق سازندگان کفش برای افراد دارای کف پای صاف را راهنمایی می کند که در چه قسمت هایی از کفش پد هایی جهت جذب بهتر نیروی عکس العمل زمین به پا، را تعبیه کنند تا از آسیب بیشتر به پای این افراد در هنگام راه رفتن و دویدن جلوگیری کند.

### تشکر و قدردانی

این مقاله بر اساس پایان نامه کارشناسی ارشد رشته تربیت بدنی آقای مصطفی پاینده به راهنمایی خانم دکتر ناهید خوشرفتار یزدی می باشد. بدینوسیله از تمام کسانی که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند تشکر و قدر دانی می گردد.

### منابع

1. Farahani A, kayvan Sh M. Exercise therapy with emphasis The flat foot and spinal deformities. 1<sup>nd</sup> ed. Tehran: Asre Entezar; 2011. p.28. [In Persian].
2. Sokhanguue Y, Sokhanguue M. Flat foot. 3<sup>rd</sup> ed. Tehran: Harkat Now; 2006. p.45 [In Persian].
3. Lin LK, Kuan TS, Chou YL. Correlation factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. Journal of Pediatric Orthopaedics. 2001; (2)21:378-382.
4. Queen RM, Nam JA, Nunley B, Chuckpai W. Differences in plantar loading between flat and normal feet during different athletic tasks. Gait&Posture. 2009; (3)29: 582-586.
5. Hrysmomallis C. A review of resistance exercise and posture realignment. Journal of Strength and Conditioning Research. 2001; 15(3): 385 - 390.
6. Young M. A review on postural realignment and its muscular and neural components. British Jojrnl of Sports Medicine; 2002; 9(12): 51 -76.
7. Tachdjian`s JA. pediatric orthopaedics. 3rd ed philadelphia : WB saunders company. 2002; 14(2) 84-85.
8. Magee ZJ, Quillen WS. Pathology and intervention in musculoskeletal rehabilitation St. Louis, Missouri, USA: Saunders Elsevier Inc; 2009; 10(5):799.
9. Arastoe M, Zahednezhad SH, Arastoe A, Negahban H, Goharpay SH. Measurement of ground reaction forces during walking toward the front and rear of the students with flexible flat foot. modern rehabilitation School of Medical Sciences. 2012; 5(2).23-24. [In Persian]
10. Khodadeh WE. Gait studies of patients with flat feet. Elsevier. 1993;9(3):189-93.
11. Jong Sung Ch, Yong Hyun K, Chung Sun K, Sang-Ho A, So Hyun P. Differences of ground reaction forces and kinematics of lower extremity according to landing height between flat and normal feet. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. 2012; 25(2):21-26
12. Jam Jenkins CE. Using Ground Reaction Forces from Gait Analysis. Body Mass as a Weak Biometric. Lecture Notes in Computer Science. 2007;2(5): 251-257.
13. Letafatkar A, Abdolvahabi Z. Corrective Exercise. 1<sup>nd</sup> ed. Tehran: Awaye Zohour; 2012. p. 209. [In Persian].
14. Pauk J, Giskevicius L. Ground reaction force and support moment in typical and flat-feet children. Journal of MECHANIKA. 2011;17(1): 93-96.
15. Eslami M, Damavandi M. Biomechanics and Motion Analysis principles. 1<sup>nd</sup> ed. Tehran: Pezhoheshkadeh Tarbeyat Badani; (2012).p.144-145 [In Persian].
16. Sadeghi H, Mousavi S KH, Ghasempoor H, Nbavinik H. Comparison of the vertical ground reaction force during forward and backward walking In athletes with ankle sprain. Tavnbakhshi Novin. 2013;7(1): 7-11
17. Schaefer S, Birgit W, Ulman L. Cognitive performance is improved while walking :Differences in cognitive–sensorimotor couplings between children and young adults EUROPEAN JOURNAL OF DEVELOPMENTAL PSYCHOLOGY. 2010;7 (3): 371–389.
18. Twomeya D, Simon J, Lowe D, Wolf C. Kinematic differences between normal and low arched feet in children using the Heidelberg foot measurement method. Gait & Posture. 2010;32(5): 1–5.



19. Bertani A, Benedetti M, Simoncini L, Catani F. Flat foot functional evaluation using pattern recognition of ground reaction data. *Clinical Biomechanics*. 1999;14(2): 484-493.
20. Yavuzer G SS, Ergin S. Gait deviation of subjects with flexible flatfeet. Ankara University Medical School, Department of Physical Medicine and Rehabilitation. 2001;3(2):4-6.