

Evaluation of the Horizontal Components Ground Reaction Force During Gait of Children with Flat Foot

Payandeh M¹, Khoshraftar Yazdi N², Ebrahimi Atri A³, Damavandi M⁴, Safari bak M¹

Abstract

Purpose: The purpose of this study was to investigate the horizontal components of the ground reaction force with subjects' flat foot and to compare these changes with subjects with normal foot.

Methods: Fifteen subjects were randomly selected from 86 children with flexible flat foot, with a mean age (10.40 ± 1.12), height (124.60 ± 8.76) and weight (24.10 ± 6.70). 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. Flat-arched feet were determined by the navicular drop test with Brody method, and 1000Hz KISTLER force plate were used to measure horizontal components of ground reaction force at heel strike (Initial heel contact), transfer weight onto the heel (Loading response), touch the foot of land (Mid stance) and transfer weight onto the toes (Terminal stance) during the Stance phase. Data analysis was performed using SPSS 21 software and independent t-test was used ($p < 0.05$).

Results: There was a significant difference in the initial heel contact between flat foot and a normal foot. However, no significant difference was noted between the two groups at loading response, mid stance and terminal stance.

Conclusion: According to the present research findings, it may be concluded that there are differences between children with flat foot and normal foot in the direction and amount of force at the time of heel strike or initial heel contact.

Keywords: Flat foot, Force plate, Horizontal component of the ground reaction force.

دریافت مقاله: ۹۳/۰۳/۱۰ تایید مقاله: ۹۳/۰۶/۲۰

بررسی مولفه های افقی نیروی عکس العمل زمین در حین راه رفتن کودکان دارای کف پای صاف

مصطفی پاینده^۱، ناهید خوشرفتار یزدی^۲، احمد ابراهیمی عطری^۳، محسن دماوندی^۴، مهدی صفری بک^۱

هدف: هدف از این تحقیق بررسی مولفه افقی نیروی عکس العمل زمین افراد دارای کف پای صاف و مقایسه این تغییرات نسبت به افرادی که دارای کف پای نرمال هستند.

روش بررسی: از میان ۸۶ نفر از کودکان دارای کف پای صاف منعطف ۱۵ نفر با میانگین سنی (10.40 ± 1.12)، قد (124.60 ± 8.76) و وزن (24.10 ± 6.70) به شکل تصادفی ساده انتخاب شدند. ۱۵ نفر نیز از جامعه آماری که دارای کف 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. میزان صافی کف پا بوسیله افتادگی استخوان ناویکولار به روش Brody، و مولفه افقی نیروی عکس العمل زمین توسط دستگاه نیرو سنج (فورس پلیت) با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز، در زمان های ضربه پاشنه (Initial heel contact)، انتقال وزن بر روی پاشنه (Loading response)، تماس کف پا با زمین (Mid stance) و انتقال وزن بر روی پنجه (Terminal stance) مرحله Stance مورد اندازه گیری قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از آزمون آماری T مستقل انجام شد ($p < 0.05$).

یافته ها: یافته های این تحقیق نشان داد که در زمان ضربه پاشنه بین دو گروه کف پای صاف و کف پای نرمال اختلاف معنی داری وجود دارد. ولی در زمان انتقال وزن بر روی پاشنه، تماس کف پا با زمین و انتقال وزن بر روی پنجه بین دو گروه اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

نتیجه گیری: با توجه به یافته های تحقیق می توان نتیجه گرفت که بیشترین اختلاف بین دو گروه کف پای صاف و کف پای

نرمال، هم در جهت و هم در مقدار نیروها، در زمان ضربه پاشنه یا Initial heel contact رخ می دهد.

کلمات کلیدی: کف پای صاف، دستگاه نیروی سنج (force plate)، مولفه افقی نیروی عکس العمل زمین

نویسنده مسئول: مصطفی پاینده، Paradise.gsheshm2011@gmail.com

آدرس: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده تربیت بدنی

۱- کارشناس ارشد آسیب شناسی و حرکات اصلاحی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- دکترای طب ورزشی، استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- دکترای فیزیولوژی ورزش، دانشیار و عضو هیئت علمی دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۴- فوق دکترای بیومکانیک و ارگونومی، استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

مقدمه

کف پای صاف ناهنجاری است که به عنوان کاهش قوس طولی داخلی پا شناخته می شود (۱). این ناهنجاری یکی از ناهنجاری های اندام تحتانی است که ممکن است متغیرهای کنترلی راه رفتن را تغییر دهد و راستای بدن را از حالت طبیعی خود خارج کند (۲). داشتن وضعیت بدنی مناسب و حفظ راستای طبیعی بدن، یکی از هدفهای مهم جهت بهبود عملکرد فرد به شمار می رود. به هر حال وضعیت بدنی نامطلوب الزاما نشان دهنده بیماری نیست، اما می تواند علاوه بر تغییر شکل ظاهری بدنی و ایجاد آثار روانی خاص، باعث بروز عوارض متعددی در سایر اندامهای بدن شود (۳). انحراف از وضعیت بدنی مطلوب، می تواند موجب از بین رفتن زیبایی و کاهش کارایی مکانیکی فرد شود و او را مستعد آسیب عضلانی یا عصبی کند (۴،۵). وظایف متعددی که پاها بر عهده دارند از جمله جذب و توزیع نیروها و همچنین فراهم کردن ثبات بدن، به قوس های کف پا از جمله قوس طولی داخلی بستگی دارد (۶،۷).

با توجه به ساختار آناتومیکی پا و موقعیت قرارگیری آن در پایین ترین بخش زنجیره حرکتی اندام تحتانی و سطح اتکا نسبتا کوچکی که بدن روی آن تعادل خود را حفظ می کند، به نظر می رسد که کوچکترین تغییرات بیومکانیکی در سطح اتکا بر کنترل پاسچر، جذب و توزیع نیروها تاثیر بگذارد (۸). بر همین اساس در افراد دارای کف پای صاف به علت بر هم خوردن راستای طبیعی بدن به دلیل از بین رفتن قوس ممکن است مقدار و جهت نیروهای وارده به پا در مراحل مختلف راه رفتن نیز دچار تغییر شود. همان طور که اشاره شد در هنگام راه رفتن، پا یکی از بخش های مهم بدن محسوب می شود، زیرا سه عملکرد جذب نیرو، برخورد پا با زمین و انتقال نیروهای

جلو برنده را بر عهده دارد (۹). در حین راه رفتن به سمت جلو، معمولاً تحمل وزن از ناحیه خلفی خارجی پاشنه پا در زمان انتقال وزن بر روی پاشنه شروع شده، به طرف جلو در امتداد طرف خارجی پا پیش رفته و در نزدیکی اولین مفصل متاتارسوفالانژیال ختم می شود. ناهنجاری های اسکلتی - عضلانی بر بیومکانیک بدن تاثیر می گذارند. بویژه ناهنجاری های اسکلتی - عضلانی در اندام تحتانی که بر بیومکانیک راه رفتن و دویدن اثر منفی دارند (۸، ۱۰). اندازه گیری مقدار نیروی عکس العمل زمین در جهت های عمودی و افقی 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 مد نظر قرار گرفته است (۱۱). در واقع خصوصیات نیروی عکس العمل زمین در حین راه رفتن انسان به عنوان توصیف کننده ای مهم در وجود اختلال در راه رفتن شناخته می شود (۱۲، ۱۳). زمانی که پا با زمین تماس پیدا می کند، فرد نیرویی را به زمین وارد می کند. این نیروی عمل را می توان به عنوان برداری که مقدار و جهت مشخصی دارد نشان داد. در زمان مشابه، زمین نیز نیروی عکس العملی را به پا وارد می کند که از نظر مقدار برابر با نیروی عمل ولی در جهت عکس آن است. اما یاد آوری این نکته ضروری به نظر می رسد که مقدار نیروهای عمل - عکس العمل بسته به حالت اجسام در زمان تماس، تغییر می یابد (۱۴). اندام تحتانی و خصوصا پا نقش مهمی در جذب نیرو های تماسی دارند، که اختلال در آن می تواند الگوی تولید و جذب مقدار نیروی عکس العمل زمین را تحت تاثیر قرار دهد (۱۵). با این وجود اطلاعات بسیار کمی در زمینه تاثیرات ناهنجاری های اندام تحتانی بر خصوصیات بیومکانیکی راه رفتن کودکان (۱۶، ۱۷)، به خصوص مولفه افقی نیروی عکس العمل زمین وجود دارد.

قرار گرفت. با توجه به تحقیقات اندکی که در مورد مولفه افقی نیروی عکس‌العمل زمین کودکان دارای کف پای صاف صورت گرفته، مهم به نظر می‌رسد که به جنبه‌های بیومکانیکی به خصوص مولفه افقی نیروی عکس‌العمل زمین این ناهنجاری در این افراد بیشتر پرداخته شود.

روش بررسی

پس از بررسی ۱۰۱۸ نفر از دانش‌آموزان مقطع ابتدایی مشاهده شد ۸۶ نفر از این افراد دارای کف صاف انعطاف-پذیر هستند. تعداد نمونه شرکت‌کننده در هر گروه با در نظر گرفتن مقادیر $\alpha=0/05$ و $\beta=0/1$ بر اساس فرمول زیر تعداد ۱۴ نفر محاسبه گردید، که به دلیل احتمال افت آزمودنی تعداد نمونه در هر گروه ۱۵ نفر در نظر گرفته شد.

$$n = \frac{2(z\alpha + z1 - \beta)^2 S^2 p}{(\mu1 - \mu2)^2}$$

از میان افراد دارای کف پای صاف منعطف ۱۵ نفر به شکل تصادفی انتخاب شدند. ۱۵ نفر نیز از جامعه آماری که دارای پای سالم و با گروه کف پای صاف از نظر سن، قد و وزن همگن بودند، به صورت تصادفی در گروه سالم قرار گرفتند. از معیارهای ورود به تحقیق می‌توان به عدم اختلاف طول پاها، کف هر دو پا صاف، نداشتن اختلال اسکلتی عضلانی که موجب اختلال قابل رویت در گام فرد گردد، عدم سابقه شکستگی در استخوان‌های ساق پا، مچ پا و پا اشاره کرد (۲۰). فرم موافقت آگاهانه مورد نظر توسط والدین کودکان، قبل از شرکت در آزمون تکمیل و امضاء گردید.

در ابتدا میزان صافی کف پا بوسیله پدسکوپ، فوت پرینت، و شاخص افت ناوی مورد بررسی قرار گرفت. برای تشخیص صافی کف پا بوسیله پدسکوپ از دانش‌آموزان 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 می‌کردند به رنگ سفید و مناطقی که تحمل وزن نمی‌کردند صورتی دیده می‌شد. برای ترسیم نقش پا از دانش‌آموزان 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.

در واقع تحقیقاتی که در داخل و خارج از کشور انجام شده است بیشتر مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین را مورد بررسی قرار داده اند. از محدود تحقیقاتی که بر روی مولفه افقی نیروی عکس‌العمل زمین افراد دارای کف پای صاف صورت گرفته می‌توان به تحقیق پوک اشاره کرد (۱۸). پوک در تحقیق خود تنها دو نقطه از نمودار مولفه افقی نیروی عکس‌العمل زمین در جهت قدامی - خلفی، و داخلی - خارجی را در افراد دارای کف پای صاف، در مرحله Stance مورد ارزیابی قرار داد، او اشاره کرد با بررسی نیروی عکس‌العمل زمین در هر فردی، می‌توان ناهنجاری مربوط به قوس کف پای او را در سطح بالایی تشخیص داد و دیگر نیازی به اشعه ایکس جهت تشخیص دقیق‌تر این ناهنجاری نیست زیرا او ارتباط بالایی بین تشخیص کف پای صاف با نیروی عکس‌العمل زمین و اشعه ایکس پیدا کرد (۱۸). می‌توان با داده‌های مربوط به نیروی عکس‌العمل زمین به خصوص نیروی عکس‌العمل افقی مشخص کرد که در کدام جهت و در کدام زمان از مرحله Stance بین افراد دارای کف پای صاف و افراد دارای کف پای نرمال اختلاف وجود دارد، و بعد از شناخت دقیق این اختلاف می‌توان به شکل دقیق‌تر و هدفدارتر جهت اصلاح این ناهنجاری اقدام کرد.

با توجه به مطالبی که اشاره شد، ضروری به نظر می‌رسد که مطالعه دقیق‌تر و کامل‌تری روی مولفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین افراد دارای کف پای صاف صورت گیرد. می‌توان گفت تمام تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته بر روی افراد بزرگسال بوده است، و تحقیقی که به مطالعه و بررسی مولفه افقی نیروی عکس‌العمل زمین کودکان دارای کف پای صاف بپردازد یافت نشد. زیرا بررسی شیفر و همکارانش نشان داد که بین راه رفتن بزرگسالان و کودکان تفاوت وجود دارد. آنها اشاره کردند که زمان گام و طول گام در کودکان نسبت به بزرگسالان متفاوت است (۱۹). به این نکته نیز باید اشاره کرد که شناخت هرچه زودتر و بهتر این ناهنجاری به خصوص در سنین کودکی، روش‌های درمانی موثرتر و بهتری را جهت اصلاح این ناهنجاری به ارمغان خواهد آورد. یکی دیگر از تفاوت‌های مهمی که می‌توان در این تحقیق با محدود تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته اشاره کرد، این است که در این تحقیق ۴ نقطه از مراحل Stance در جهت‌های داخلی-خارجی و قدامی-خلفی مورد بررسی

قدامی- خلفی و داخلی - خارجی بطور جداگانه در ۴ مرتبه راه رفتن به سمت جلو برای هر فرد محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون آماری T مستقل انجام شد ($p < 0.05$).

یافته‌ها

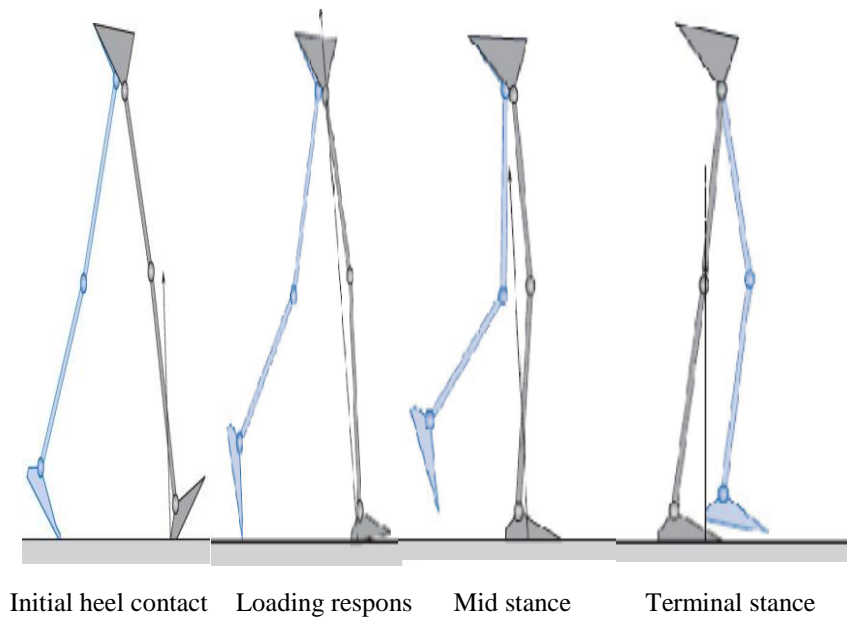
یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که در زمان ضربه پاشنه (Initial heel contact)، بین دو گروه کف پای صاف و کف پای نرمال در هر دو جهت قدیمی - خلفی و داخلی - خارجی (نمودار ۳) اختلاف معنی‌داری وجود دارد. ولی در زمان انتقال وزن بر روی پاشنه، تماس کف پا با زمین و انتقال وزن بر روی پنجه بین دو گروه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱، ۲). قبل از انتخاب روش آماری، توزیع طبیعی متغیرها با استفاده از تست کلموگوروف اسمیرنوف (Kolmogorov - Smirnov test) تعیین شد، به دلیل اینکه داده‌ها توزیع طبیعی داشتند، آزمون پارامتریک تی مستقل مورد استفاده قرار گرفت.

بحث و نتیجه گیری

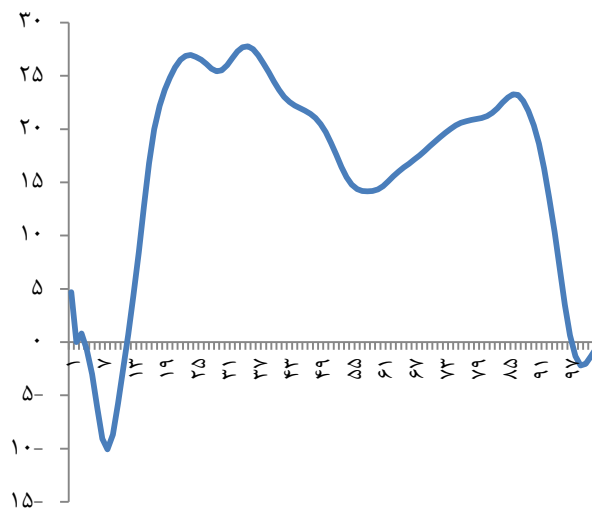
هدف از مطالعه حاضر بررسی مولفه افقی (قدامی-خلفی، خارجی-داخلی) نیروی عکس‌العمل زمین کودکان دارای کف پای صاف در حین راه رفتن بود. نتایج نشان داد که در زمان ضربه پاشنه (Initial heel contact) مرحله Stance، بین دو گروه کف پای صاف و کف پای نرمال در هر دو جهت قدیمی - خلفی و داخلی - خارجی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. ولی در زمان انتقال وزن بر روی پاشنه، تماس کف پا با زمین و انتقال وزن بر روی پنجه بین دو گروه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تحقیقات انجام شده در زمینه بررسی مولفه افقی نیروی عکس‌العمل زمین افراد دارای کف پای صاف، بیشتر بر روی افراد بزرگسال صورت گرفته است. تحقیقات اندکی یافت شد که بر روی مولفه افقی نیروی عکس‌العمل زمین کودکان دارای کف پای صاف صورت گرفته باشد. در همین مورد، در محدود تحقیقات انجام شده در زمینه مولفه افقی نیروی عکس‌العمل زمین، پوک که به آنالیز و ارزیابی وضعیت پای کودکان کف پای صاف پرداخت، اشاره کرد که در هیچ کدام از مقادیر نیروی عکس‌العمل افقی زمین در حین راه رفتن در جهت‌های داخلی - خارجی و قدیمی - خلفی بین دو گروه کف پای صاف و

برای اندازه‌گیری ناهنجاری کف پای صاف از آزمون افت استخوان نایکولار استفاده شد. افتادگی استخوان نایکولار به وسیله روش Brody مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (۲۱). در نهایت برای تعیین تشخیص کف پای صاف انعطاف‌پذیر 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 انعطاف‌پذیر است (۲۰). مولفه افقی نیروی عکس‌العمل زمین در جهت‌های قدیمی-خلفی و داخلی-خارجی نیز توسط دستگاه نیروسنج (فوس پلیت) با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز (۱۸) در زمان‌های ضربه پاشنه (Initial heel contact)، انتقال وزن بر روی پاشنه (Loading response)، تماس کف پا با زمین (Mid stance) و انتقال وزن بر روی پنجه (Terminal stance) مرحله Stance (شکل ۱) بوسیله دستگاه نیروسنج (Force plate) کیستلر (kistler) مدل C9281 (ساخت کشور سوئیس) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

نقطه شروع به فاصله هفت قدم تا رسیدن به صفحه نیرو بود تا فرد سیکل راه رفتن طبیعی خود را پیدا می‌کرد (۲۰). در این حین اگر خطایی از جمله اینکه فرد تمام پای خود را روی صفحه نیرو قرار نمی‌داد و یا مواردی که در خروجی داده‌های حرکت مدنظر، اختلال ایجاد می‌کرد رخ می‌داد حرکت دوباره تکرار می‌شد (۱۸). بعد از اتمام مراحل تست و برای تعیین مراحل برخورد پاشنه با زمین و جدایی پنجه از زمین از آستانه نیرو عمودی عکس‌العمل زمین ۱۰ نیوتن استفاده شد (۱۴). سپس داده‌ها با استفاده از فیلتر باترورث درجه ۲۰ پایین گذر، فیلتر شدند. برای مقایسه متغیرهای مولفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین بین آزمودنی‌ها، زمان بروز این متغیرها براساس درصدی از کل زمان پا با زمین تعیین گردید (نمودار ۲-۱). برای هر کدام از داده‌های مد نظر و به منظور استاندارد کردن یافته‌های مربوط به نیروی عکس‌العمل زمین، اعداد بدست آمده تقسیم بر وزن افراد براساس نیوتون و ضربدر ۱۰۰ شد تا عامل وزن افراد به یک عامل خنثی و بی تاثیر در محاسبات آماری تبدیل شود (۲۰)، و به منظور تجزیه و تحلیل آماری میانگین چهار زمان نام برده از مرحله Stance در جهت‌های

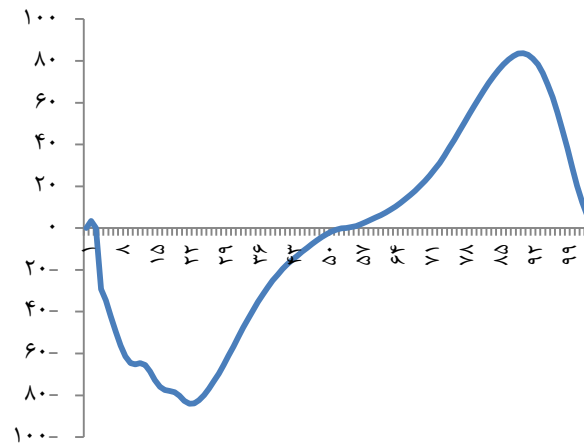


شکل ۱: زمانهای اندازه گیری شده از مراحل Stance



نمودار ۱: نیروی عکس العمل افقی (داخلی - خارجی)

- اعداد مثبت در نمودار ۱ نشان دهنده وارد آمدن نیرو به سمت داخل می باشد. خارج و نیز اعداد منفی نشان دهنده وارد آمدن نیرو به سمت داخل می باشد.



نمودار ۲: نیروی عکس العمل افقی (قدامی - خلفی)

- اعداد مثبت در نمودار ۲ نشان دهنده وارد آمدن نیرو به سمت قدام و نیز اعداد منفی نشان دهنده وارد آمدن نیرو به سمت خلف می باشد.

این افراد در ابتدای زمان مرحله Stance در هنگام ضربه پاشنه، به سمت خارج نیرو وارد می کنند (۲۲). مهمترین دلیلی که می توان، جهت توضیح این تفاوت، بین افراد دارای کف پای صاف و کف پای نرمال عنوان کرد، این است که افراد دارای کف پای صاف به دلیل افت قوس نسبت به افراد دارای کف پای نرمال در مچ پا دچار پرونیشن یا چرخش خارجی می شوند (۲۳). این چرخش خارجی باعث می شود افراد دارای کف پای صاف بر خلاف افراد دارای کف پای نرمال در زمان ضربه پاشنه به سمت خارج نیرو وارد کنند. در حالت طبیعی و در زمان برخورد پاشنه با زمین، پا در وضعیت چرخش به داخل می باشد و تماس اولیه سطح خلفی کالکانئوس با زمین صورت می گیرد. از آنجایی که کالکانئوس در حالت اینورشن است، پا به صورت اهرم محکمی در می آید تا زمان جذب نیروی زمین را شروع کند. پس از برخورد پاشنه با زمین در مرحله بعد یعنی زمانی که پا می خواهد وزن را تحمل کند، کالکانئوس به سرعت به ایورشن می رود و به صورت یک آداپتور متحرک در می آید و کمک بیشتری به جذب نیروهای زمین می کند ایورشن کالکانئوس قفل مفاصل ترنسورس تارسال را باز می کند و در نتیجه چرخش به خارج اتفاق می افتد، و جلو پا با تماس متناسب می شود و جذب نیرو در این مرحله نیز به خوبی صورت می گیرد (۲۴). به نظر می رسد به دلیل ایمبالانس عضلات پا و به هم خوردن مکانیسمی که به آن اشاره شد در افراد دارای صافی کف پا، جذب و جهت نیروهای وارده به پا دچار

کف پای نرمال اختلاف معنی داری وجود ندارد (۱۸). این نتایج با نتایج تحقیق حاضر هم خوانی ندارد، مهمترین دلیل عدم همخوانی، این است که پوک در تحقیق خود فقط دو نقطه از مرحله Stance مولفه افقی نیرو عکس العمل زمین در جهت های داخلی - خارجی و قدامی - خلفی دو گروه کف پای صاف و کف پای نرمال را با همدیگر مقایسه کرده بود. ولی در این تحقیق چهار نقطه، یعنی ضربه پاشنه (Initial heel contact)، انتقال وزن بر روی پاشنه (Loading response)، تماس کف پا با زمین (Mid stance) و انتقال وزن بر روی پنجه (Terminal stance) مرحله Stance مورد اندازه گیری و بررسی قرار گرفت.

در بررسی جهت های داخلی - خارجی مولفه افقی نیروی عکس العمل زمین در تحقیق حاضر مشاهده شد که افراد دارای کف پای نرمال در زمان ضربه پاشنه در جهت داخلی نیرو وارد می کنند، ولی افراد دارای کف پای صاف در این زمان از مرحله Stance در جهت خارجی نیرو وارد می کنند. در تحقیق ورنر و همکارش که مولفه افقی نیروی عکس العمل زمین افراد دارای افت قوس را در هنگام دویدن مورد بررسی قرار دادند، اشاره شده است که این افراد در ابتدای زمان مرحله Stance در هنگام ضربه پاشنه، به سمت خارج نیرو وارد می کنند (۲۲). مهمترین دلیلی که می توان، جهت توضیح این تفاوت، بین افراد نیروی عکس العمل زمین افراد دارای افت قوس را در هنگام دویدن مورد بررسی قرار دادند، اشاره شده است که

جدول ۱: مقایسه میانگین مولفه افقی (داخلی - خارجی) نیروی عکس العمل زمین در زمان های (IHC)^۱، (LR)^۲، (MS)^۳، (TS)^۴ بین دو گروه کف پای صاف و کف پای نرمال

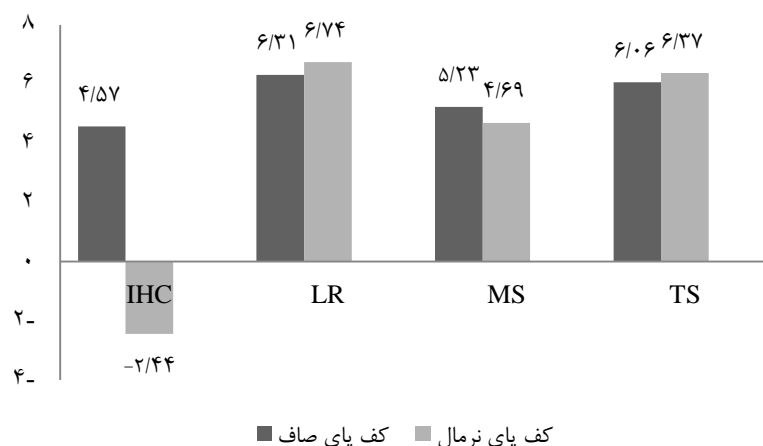
معنی داری	مقدار t	اختلاف میانگین	براساس درصدی از وزن (کیلو گرم)		زمان های مرحله STANCE
			کف پای نرمال	کف پای صاف	
*۰/۰۳	۲/۲۴	۲/۱۳	-۲/۴۴	۴/۵۷	^۱ IHC
۰/۷۵	-۰/۳۱	-/۴۲	۶/۷۴	۶/۳۱	^۲ LR
۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۵۳	۴/۶۹	۵/۲۳	^۳ MS
۰/۷۵	-۰/۳۲	-/۳۱	۶/۳۷	۶/۰۶	^۴ TS

^۱IHC: ضربه پاشنه، ^۲LR: انتقال وزن بر روی پاشنه، ^۳MS: تماس کف پا با زمین، ^۴TS: انتقال وزن بر روی پنجه

جدول ۲: مقایسه میانگین مولفه افقی (قدامی - خلفی) نیروی عکس العمل زمین در زمان های ضربه پاشنه (IHC)^۱، (LR)^۲، (MS)^۳، (TS)^۴ بین دو گروه کف پای صاف و کف پای نرمال

معنی داری	مقدار t	اختلاف میانگین	براساس درصدی از وزن (کیلو گرم)		زمان های مرحله STANCE
			کف پای نرمال	کف پای صاف	
*۰/۰۴	-۳/۱۱	-۱۲/۷۲	-۱۳/۹۳	-۲۶/۶۶	^۱ IHC
۰/۲۰	-۱/۲۹	-۵/۶۷	-۲۶/۸۱	-۳۲/۴۹	^۲ LR
۰/۲۱	۱/۲۶	-۰/۴۵	-۱/۳۳	۰/۸۸	^۳ MS
۱/۸۴	۱/۳۶	-/۳۱	۲۶/۱۰	۳۱/۶۲	^۴ TS

^۱IHC: ضربه پاشنه، ^۲LR: انتقال وزن بر روی پاشنه، ^۳MS: تماس کف پا با زمین، ^۴TS: انتقال وزن بر روی پنجه



نمودار ۳: مقایسه نیروی عکس العمل افقی زمین در حین راه رفتن به سمت جلو در جهت های داخلی - خارجی دو گروه کف پای صاف و کف پای نرمال

- منفی شدن نمودار دوم نسبت به نمودار اول از سمت چپ نشان دهنده این است که افراد دارای کف پای صاف بر خلاف افراد دارای کف پای نرمال در هنگام ضربه پاشنه به سمت خارج نیرو وارد می کنند.

دیده می‌شود، ولی در جهت قدامی - خلفی این اختلاف تنها در مقدار نیروی وارده به زمین دیده می‌شود. بنابراین طبق یافته‌های این تحقیق توصیه می‌شود افراد دارای کف پای صاف جهت کاهش آسیب‌های وارده به آنها از کفش‌هایی که دارای پاشنه مناسب، و نیز کفی‌هایی که بتواند پرونیشن یا چرخش خارجی مچ پای آنها را کمتر کند استفاده کنند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله نویسندگان مقاله مراتب سپاس خود را از مسئولین مدرسه ابتدایی اویس قرنی مشهد و والدین دانش‌آموزان به علت همکاری در زمینه انجام این تحقیق اعلام می‌دارند. این مقاله حاصل (بخشی از) پایان نامه تحت عنوان بررسی یک دوره حرکات اصلاحی بر نیروی عکس‌العمل زمین در حین راه رفتن و تعادل دانش‌آموزان دارای کف پای صاف در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۲ می‌باشد که با حمایت دانشکده تربیت بدنی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شده است.

تغییر شود. شاید به نظر آید که به هم خوردن این مکانیسم در دراز مدت تنها مچ پا را درگیر کند، ولی طبق نظریه زنجیره حرکتی Janda بخش‌های دورتر از قسمت آسیب دیده بدن نیز جهت جبران اختلال به وجود آمده وارد کار شده و همین عامل شاید به دلیل اختلال در الگوی تحمل وزن و توزیع نامناسب فشار، منجر به آسیب دیدگی بیشتر در آنها نیز شود (۲۵). تومی و همکاران که در تحقیقی خود به ارزیابی تفاوت کینماتیکی در پای افراد ۹ تا ۱۲ سال دارای کف پای صاف و کف پای نرمال پرداختند اشاره کردند که بیشترین اختلاف کینماتیکی بین افراد دارای کف پای صاف و کف پای نرمال در مرحله ضربه پاشنه رخ می‌دهد (۲۶).

با توجه به یافته‌های این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت بیشترین اختلاف بین افراد دارای کف پای صاف و کف پای نرمال، هم در جهت داخلی - خارجی و هم در جهت قدامی - خلفی، مربوط به زمان ضربه پاشنه (Initial heel contact) می‌باشد. در جهت داخلی - خارجی این اختلاف هم در جهت نیرو و هم در مقدار نیرو

منابع

1. Mark N, Charrette DC. Taking Care of Flat Feet in Children. Foot Levelers.NCCA-American. 2003; 1-5.
2. Boozari S, Jamshidi A, Sanjari M A, and Jafari H. Effect of Functional Fatigue on Vertical Ground-Reaction Force in Individuals With Flat Feet. Journal of Sport Rehabilitation 2013; 22: 177-183.
3. Vatkinz J. Structure and function of skeletal muscle. Omid danesh 2002; 1: 529-37. [Persian].
4. Hrysmomallis C, and Goodman C. A review of resistance exercise and posture realignment. Journal of Strength and Conditioning Research 2001; 20: 385-90.
5. Young M. A review on postural realignment and its muscular and neural components. British Jojrnl of Sports Medicine 2002; 9 (12): 51-76.
6. Franco AH. Pes cavus and pes planus: analyses and treatment. Phys Ther 1987; 67: 688-694.
7. Razeghi M, Batt M. Foot type classification: a critical review of current methods. Gait Posture 2002; 15: 282-291.
8. Cote K, Brunet M, Gansneder B, Shultz S. Effect of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. J Athl Train 2005; 40(1): 41-46.
9. Lusaradi M, Nilsen C. Orthotics and Prosthetics in Rehabilitation. 2nd edition Butterworth Heneman 2007; 182-3.
10. Ledoux W, Hillstrom H. The distributed plantar vertical force of neutrally aligned and pes planus feet. Gait & Posture 2002; 15: 1-9.
11. Jam Jenkins C. Using Ground Reaction Forces from Gait Analysis: Body Mass as a Weak Biometric. Lecture Notes in Computer Science 2007; 44: 251-267.
12. Winter DA. The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological. Ontario, Canada: University of Waterloo Press 1991; 291-95.

13. Syczewska M, Oberg T. Mechanical energy levels in respect to the center of mass of trunk segments during walking in healthy and stroke subjects. *Gait & Posture* 2001; 12(2): 131-38.
14. Eslami M, Damavandi M. Biomechanics and Motion Analysis principles. *Pozhoeshkade Tarbeyat Badani* 2012; 144-145. [Persian]
15. Sadeghi H, Mousavi Kh, Gghasempour H, Nabavi Nike H. Comparison of vertical component of ground reaction force during forward and backward walking in athletes with ankle sprains. *Journal of Rehabilitation Tehran* 2013; 1-7. [Persian].
16. Beynnon BD, Renstrom PA, Alosa DM, Baumhauer JF, Vacek PM. Ankle ligament injury risk factors: a prospective study of college athletes". *Journal of Orthopedic Reseschs* 2001; 19: 20.23.
17. Milgrom C, Shlamkovitch N, Finestone A, Eldad A, Laor A, Danon Y. Risk factors for lateral ankle sprain: a prospective study among military recruits. *Journal of Foot Ankle* 1991; 12: 26-30.
18. Pauk J. Analysis and assessment of foot posture in children with flat feet. *Minisymposia Mechanics* 2009; 9: 27 - 30.
19. Schaefer S, Lovden M, Wieckhorst B, Lindenbergerc U. 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.
20. Jong Sung Changa, Yong Hyun Kwonb, Chung Sun Kimc, Sang-Ho Ahnd, and So Hyun Parke. 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: 21-26.
21. Arastoo M, Zahednezhad SH, Arastoo 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 Tehran* 2012; 5(1): 1-7. [Persian]
22. Werner N, Benno M. Effect of arch height of the foot on ground reaction forces in running. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1992; 95: 131-36.
23. Letafatkar A, Abdolvahabi Z. Corrective Exercise". *Awaye Zohour. Tehran, Iran* 2012; 209. [Persian]
24. Sokhanguue Y, Sokhanguue M. Flat foot .*Harkat Now. Tehran, iran* 2006; 45. [Persian]
25. Letafatkar A, Zandi SH, Khodae M, Belali vashmeh sara J, Mazidi M. Relationship between flat foot deformity, Q angle and knee pain. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences* 2012; 8(1): 169-79.
26. Twomeya D, McIntosh A, Simon J, Lowe K, Wolf c. Kinematic differences between normal and low arched feet in children using the Heidelberg foot measurement method. *Gait & Posture* 2010; 32: 1-5.