

# اندازه‌گیری نیروهای عکس‌العمل زمین در حین راه رفتن به سمت جلو و عقب در دانشجویان دختر مبتلا به کف پای صاف انعطاف پذیر

مریم ارسطو<sup>۱</sup>، دکتر شهلا زاهد نژاد<sup>۲</sup>، دکتر علی اصغر ارسطو<sup>۲</sup>، دکتر حسین نگهبان<sup>۲</sup>، دکتر شاهین گوهرپی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیوتراپی دانشگاه جندی شاپور اهواز- واحد بین المللی علوم پزشکی اروند

۲- استادیار دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز.

## چکیده

**زمینه و هدف:** صافی انعطاف‌پذیر پا یک تغییر شکل شایع در اندام تحتانی است، که به دلیل عدم وجود یا کاهش قوس‌های کف پای نیروهای عکس‌العمل زمین که در حین راه رفتن به پا وارد می‌شوند تعدیل و تقلیل نمی‌یابند. راه رفتن به سمت عقب تکنیک توانبخشی متداولی است که با هدف بهبود قدرت عضلات و تعادل انجام می‌شود. به همین منظور هدف از این تحقیق بررسی نقاط شاخص نیروهای عکس‌العمل زمین در نمای عمودی در حین راه رفتن به سمت جلو و عقب در افراد کف پای صاف با استفاده از دستگاه صفحه نیرو و مقایسه آن با گروه شاهد بود.

**روش بررسی:** در این تحقیق ۱۰ فرد مبتلا به صافی کف پای انعطاف‌پذیر از جنس مؤنث و ۱۰ فرد نرمال با جنسیت مشابه به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند. افراد شرکت کننده ۵ مرتبه به سمت جلو و ۵ مرتبه به سمت عقب راه رفتند و با استفاده از صفحه نیرو، نیروی عکس‌العمل زمین در نمای عمودی اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** نتایج حاصله حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار در الگوی کینتیکی راه رفتن به سمت جلو نسبت به راه رفتن به سمت عقب در دو گروه شاهد و مورد بود. میانگین قله اول نیروی عکس‌العمل زمین در راه رفتن به سمت جلو نسبت به راه رفتن به سمت عقب کاهش چشمگیری داشت ( $p < 0.000$ ). در حالی که میانگین نیروی عمق فرورفتگی و نیروی قله دوم نیروی عکس‌العمل زمین در راه رفتن به سمت جلو نسبت به راه رفتن به سمت عقب افزایش چشمگیری نشان داد ( $p < 0.05$ ). نکته قابل ذکر آنکه بین یافته‌های مربوط به گروه شاهد و مورد در کلیه پارامترها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد راه رفتن به سمت عقب سبب تغییر نیروی عکس‌العمل زمین در مقایسه با راه رفتن به سمت جلو می‌شود و شاخص‌ترین تفاوت کاهش نیروهای وارده به پاشنه پا در حین راه رفتن به سمت عقب می‌باشد، که در افراد کف پای صاف حائز اهمیت است.

**کلید واژه‌ها:** راه رفتن به سمت عقب و جلو، کف پای صاف انعطاف‌پذیر، نیروی عکس‌العمل زمین

(وصول مقاله: ۱۳۸۹/۱۲/۱۷ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۵/۸)

**نویسنده مسئول:** پردیس دانشگاه، بیمارستان گلستان، روبروی ساختمان MRI دانشکده توانبخشی

Email: draarastoo@yahoo.com

## مقدمه

عروقی بدون ریسک اعمال نیروی زیاد مربوط به ضربه به اندام‌های تحتانی انجام پذیرد (۴).

در هر دو نوع راه رفتن به جلو و عقب، نیروی عکس‌العمل عمودی زمین دو اوج نیروی اصلی دارد که زمان وقوع آنها در مراحل ابتدایی و انتهایی فاز ایستادن روی دو پا است. بدن در این مراحل شتاب صعودی دارد و یک فرورفتگی بین آنها وجود دارد که در زمان **Mid Stance** و حین ایستادن روی یک پا است که بدن شتاب نزولی دارد. این دو اوج نیروی در راه رفتن به جلو تقریباً یکسان هستند ولی در راه رفتن به عقب اوج نیروی اولیه که توسط وزن‌گذاری بدن و حفظ ثبات ایجاد می‌شود (**Toe Contact**) بیشتر از اوج نیروی دومی است که توسط **Push-Off** پاشنه پا ایجاد می‌شود (۵).

راه رفتن نیاز اساسی هر فرد جهت حرکت از یک مکان به مکان دیگر است (۱). برای این امر پا یکی از اندام‌های مهم بدن انسان محسوب می‌شود، زیرا سه عملکرد جذب نیروهای برخورد پا با زمین، حفظ تعادل و انتقال نیروهای جلوبرنده را بر عهده دارد (۲). 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 می‌شود. در حین راه رفتن به سمت عقب این پیشرفت تحمل وزن برعکس می‌شود (۳). راه رفتن به سمت عقب مثل راه رفتن به سمت جلو، فعالیتی است که پای شخص همیشه در تماس با زمین است. به طور کلی راه رفتن (به سمت جلو یا عقب) می‌تواند با هدف حفظ تندرستی سیستم قلبی-

در صافی انعطاف‌پذیر کف پا قوس پا کاهش پیدا می‌کند و استخوان‌های **Midfoot** تا درجات متفاوتی دچار نیمه در رفتگی می‌شوند در حالی که لیگامان‌ها و کپسول مفصلی دچار استرچ می‌شوند (۹). به نظر می‌رسد در کف پای صاف تمایل شدیدی به وارد آمدن نیرو به پاشنه پا وجود دارد، در عین حال عمل پراکندگی شوک‌های وارده نیز حذف می‌شود. نیروهای شدید که در هنگام تماس پاشنه پا با زمین اتفاق می‌افتند معمولاً به خاطر زمان کم شان جذب نمی‌شوند، و با گذشت زمان باعث آسیب ساختمانی می‌شوند. در افراد مختلف الگوی انتقال و جذب این نیروها ممکن است متفاوت باشد، ولی جذب ضعیف منجر به ایجاد مفاصل دردناک می‌شود (۱۰). در همین راستا **Pryce** در بررسی‌های خود متوجه شد که ۹۵٪ از بیمارانی که عمل جراحی تعویض کامل زانو و ۹۰٪ از بیمارانی که عمل جراحی تعویض کامل هیپ را انجام می‌دهند کف پای صاف دارند (۱۱).

**Lin** و همکاران (۲۰۰۱) 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 فانکشن دینامیک در کل اندام تحتانی شود (۱۲). در راه رفتن به سمت جلو نقش عضلات نسبت به راه رفتن به سمت عقب متفاوت است؛ در راه رفتن به سمت جلو نیروی تحرک به طور عادی توسط عضلات پلانتر فلکسور مچ پا تأمین می‌شود علاوه نقش اولیه مفصل زانو تولید نیروست و مفصل مچ پا ابتدائاً نقش جذب شوک راداراست. در حالی که در راه رفتن به سمت عقب این نیروی تحرک توسط عضلات اکستانسور زانو و هیپ تأمین می‌شود و همچنین نقش اولیه زانو جذب شوک و مفصل مچ پا تولید نیرو می‌باشد (۱۳ و ۱۴). بنابراین راه رفتن به سمت عقب می‌تواند برای افراد با صافی کف پا مفید باشد.

با توجه به تأثیر فاکتور کینتیک بر مفاصل اندام تحتانی (پروگزیمال تا دیستال)، موضوع این مطالعه اندازه‌گیری فاکتور کینتیک الگوهای راه رفتن به جلو و عقب در نمای عمودی که بیشترین نیرو را به کف پا اعمال می‌نماید، تعیین گردید. نظر به اینکه تغییر ساختار کف پای صاف نسبت به پای نرمال می‌تواند منجر به تغییر الگوی وارد آمدن نیروی عکس‌العمل زمین به پا در حین راه رفتن به جلو و عقب شود و این تغییر می‌تواند مفاصل اندام‌های تحتانی را متأثر نماید، آگاهی از این نیروها درمانگران را در انتخاب روش درمانی صحیح یاری می‌نماید.

### روش بررسی

راه رفتن به عقب می‌تواند فواید بالقوه سودمندی برای توانبخشی یک ضایعه جسمی و به همان میزان برای فرد علاقمند به ورزش که با افزایش سن مواجه است داشته باشد. در مقایسه دو الگوی راه رفتن به جلو و عقب، برخی از این فواید در راه رفتن به عقب شامل افزایش استرچ همسترینگ در حین قدم زدن و بهبود حس عمقی / کنترل تعادل می‌باشد (۶) لازم به ذکر است فعالیت الکترومیوگرافی عضلات اندام تحتانی در حین راه رفتن به عقب در مقایسه با جلو بیشتر است، در نتیجه مصرف انرژی بیشتر است. در همین رابطه **Grasso** و همکاران (۵) گزارش دادند که راه رفتن به سمت عقب فواید بیشتری نسبت به راه رفتن به سمت جلو دارد. از جمله فواید راه رفتن به سمت عقب تولید فعالیت عضلانی بیشتر با توجه به تلاش فرد در مقایسه با راه رفتن رو به جلو می‌باشد. این مهم باعث مصرف انرژی بیشتر در حین راه رفتن به عقب می‌شود. همچنین در راه رفتن به عقب تقاضای اکسیژن مصرفی، پاسخ متابولیک و قلبی - تنفسی در مقایسه با راه رفتن به جلو بیشتر است (۷).

دانستن تفاوت‌های موجود بین حرکت رو به جلو و عقب در شناخت هر نوع تمرین روتین اهمیت خاصی دارد. راه رفتن به سمت عقب به میزان قابل توجهی، نیروی برخورد پا با سطح تماس را کاهش می‌دهد که این کاهش نیرو به واسطه کاهش طول **Stride**، الگوی تماس پا با زمین و الگوی کینماتیک اندام تحتانی می‌باشد (۸). نکته مهم دیگر این است که میزان حرکات مفاصل (مچ پا، زانو، هیپ) اندام تحتانی در حین راه رفتن به سمت عقب کمتر است. کاربرد این نکته مثبت در توانبخشی مفاصلی است که دچار محدودیت حرکت شده اند، که به بیمار اجازه می‌دهد بدون آسیب بیشتر تمرینات را در حد توان عملکردی آنها انجام دهد (۶). همچنین، در حین راه رفتن به سمت جلو در زمان تماس پا با زمین یک نیروی اکستریک خیلی قوی به زانو اعمال می‌شود اما با راه رفتن به سمت عقب، دامنه حرکتی مفصل زانو کاهش می‌یابد و یک الگوی تقریباً ایزومتریک به دنبال تماس پا با زمین ایجاد می‌شود. عضله همسترینگ قبل از شروع فعالیت به سمت عقب، در ران پای به عقب رونده کشیده می‌شود و بواسطه فلکسیون هیپ، پا با زمین تماس پیدا می‌کند. با در نظر گرفتن این کشش قبل از فعالیت، هر نیروی اضافه‌ای مثل زمان نیروی تحمل وزن در حین راه رفتن به سمت عقب، به شکل یک نیروی اضافه شده به گروه عضلانی کشیده شده می‌باشد که می‌تواند هم در توانبخشی و هم در آموزش مفید باشد (۴).

سمت عقب برای افزایش تعادل شرکت کننده یک آینه قدی در روبروی فرد قرار داده می‌شد تا با استفاده از آن آزمودنی فضای پشت سر خود را ببیند.

برای تعیین نقطه شروع حرکت، فرد از روی صفحه نیرو هفت قدم به جلو راه می‌رفت و برای راه رفتن به عقب هفت قدم به عقب راه می‌رفت. بعد از تعیین نقطه شروع حرکت فرد در حالی که به سمت جلو نگاه می‌کرد، با پای برهنه و با گام عادی (Preferred Gait) در مسیری که صفحه نیرو قرار داشت حرکت می‌کرد. بعلاوه قبل از هر دفعه راه رفتن بر روی صفحه نیرو، هر آزمودنی با ایستادن روی صفحه نیرو وزنش توسط دستگاه بطور دقیق (با دقت ۰/۰۱ کیلوگرم) ثبت می‌شد. آزمایش راه رفتن به سمت جلو ۵ بار تکرار می‌شد و بعد از اتمام آزمایشات مربوط به راه رفتن به سمت جلو به فرد ۵ دقیقه استراحت داده می‌شد. همه این مراحل مجدداً برای راه رفتن به سمت عقب تکرار می‌گردید.

لازم به توضیح است اگر در طی انجام آزمون فرد به دستگاه نگاه می‌کرد و یا پایش را بطور کامل روی صفحه نیرو نمی‌گذاشت، آزمون مجدداً تکرار می‌گردید.

برای بررسی نیروی عکس‌العمل زمین در نمای عمودی از دستگاه صفحه نیرو Bertec (Force Plate) ساخت شرکت MIE(UK) مدل ۶۰×۴۰ Series با مشخصات: Sampling Rate 200Hz, Sensitivity 1 استفاده شد.

این پژوهش در آزمایشگاه بیومکانیک مرکز تحقیقات توانبخشی دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز در سال ۱۳۸۹ انجام شد.

به منظور تجزیه و تحلیل آماری ابتدا میانگین ۵ مرتبه راه رفتن به سمت جلو و میانگین ۵ مرتبه راه رفتن به سمت عقب محاسبه شد. سپس برای استاندارد کردن یافته‌های مربوط به نیروی عکس‌العمل زمین؛ اعداد بدست آمده تقسیم بر وزن افراد بر اساس نیوتن و ضربدر ۱۰۰ شد تا عامل وزن افراد به یک عامل خنثی و بی‌تأثیر در محاسبات آماری تبدیل شود.

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SPSS-16 انجام شد و سطح معنی‌داری برای آزمون‌های آماری  $P < 0.05$  در نظر گرفته شد. آزمون آماری مورد استفاده شامل میانگین و انحراف معیار برای بررسی متغیرهای کمی، آزمون آماری K-S برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها و آزمون Independent T-Test جهت بررسی سطح معنی‌داری متغیرهای زمینه‌ای بین دو گروه شاهد و مورد و آنالیز واریانس دو طرف برای بررسی نقاط

این پژوهش از نوع کارآزمایی بالینی بود که در آن تعداد ۱۰ دانشجوی دختر مبتلا به صافی کف پای انعطاف‌پذیر (درجه ۲ و ۳) بر طبق ملاک‌های ورود و خروج با میانگین سنی ۱۸ تا ۳۰ سال، بر اساس تست خط فیس (Feiss Line Test) انتخاب شدند. همچنین جهت مقایسه نتایج آزمون تعداد ۱۰ دختر دانشجوی سالم، به عنوان گروه شاهد که با گروه بیمار از لحاظ سن، قد و وزن مطابقت داشتند، نیز انتخاب شدند. ملاک‌های ورود به تحقیق

دامنه حرکتی مفاصل و قدرت عضلات اندام تحتانی نرمال، عدم انجام جراحی در اندام‌های تحتانی، عدم اختلاف طول بیشتر از یک سانتی‌متر در اندام‌های تحتانی، کف هر دو پا صاف و یا نرمال باشد، افراد دارای کف پای صاف قادر به ایستادن بر روی نوک انگشتان پا باشند و درحین ایستادن بر روی نوک انگشتان قوس پا افزایش یابد (Flexible Flat Foot) (۱۳).

ملاک‌های خروج از تحقیق سابقه شکستگی در استخوان‌های ساق پا، مچ پا و پا در ۶ ماه گذشته، دیابت پلی‌نوریت، داشتن اختلال اسکلتی-عضلانی که موجب اختلال قابل رویت در گام فرد گردد. آزمون شوندگان قبل از شرکت در آزمون، فرم موافقت آگاهانه مورد نظر را تکمیل و امضاء کردند.

در ابتدا سن، قد و وزن شرکت کننده ثبت می‌گردید. سپس تست عملکردی اکستانسیون انگشت بزرگ پا در دو گروه شاهد و مورد برای تعیین عملکرد طبیعی پا استفاده شد (۱۰). در مرحله بعد کف پای شرکت کننده از طریق تست خط فیس (۱۳) ارزیابی می‌شد که اگر کف پای صاف درجه ۲ و ۳ بود، صاف بودن کف پای فرد برای شرکت در این مطالعه تأیید می‌گردید. در نهایت برای تعیین انعطاف‌پذیری از فرد خواسته می‌شد 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 می‌شد، صافی کف پا از نوع انعطاف‌پذیر بود.

بعد از اینکه مشخص می‌شد که فرد شرایط شرکت در آزمون را دارد در گروه مورد قرار می‌گرفت. در انتها گروه شاهد (افراد با کف پای طبیعی) که از نظر سن، قد و وزن با گروه مورد جور بودند، انتخاب شدند.

قبل از شروع آزمون روش کار به طور کامل برای افراد آزمودنی شرح داده شد، و از فرد خواسته می‌شد که در زمان عبور از روی صفحه نیرو به دستگاه نگاه نکند و حتی‌المقدور با گام‌های طبیعی به راه رفتن خود ادامه دهد. در هنگام راه رفتن به

میانگین سن  $21/5 \pm 1/95$  سال، میانگین قد  $161/5 \pm 3/34$  سانتی متر و میانگین وزن  $59/05 \pm 8/59$  کیلوگرم بود. بنابراین دو گروه شاهد و مورد از نظر سن، قد و وزن کاملاً با هم مطابقت داشتند.

اطلاعات مربوط به میانگین و انحراف معیار نقاط شاخص نیروی عکس‌العمل زمین در حین راه رفتن به سمت جلو و عقب برای دو گروه شاهد و مورد در جدول شماره ۱ آمده است.

شاخص نیروی عکس‌العمل زمین در نمای عمودی در حین راه رفتن به سمت جلو و عقب برای دو گروه شاهد و مورد بود.

### یافته‌ها

در این تحقیق ۱۰ دانشجوی دختر با کف پای طبیعی و ۱۰ دانشجوی دختر با کف پای صاف شرکت داشتند. در گروه شاهد میانگین سن  $21/4 \pm 2/27$  سال، میانگین قد  $161/2 \pm 3/79$  سانتی متر و میانگین وزن  $58/4 \pm 7/98$  کیلوگرم و در گروه مورد

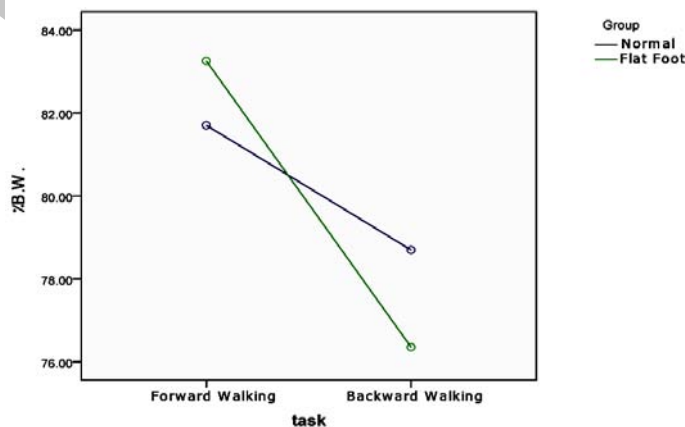
جدول شماره ۱- میانگین (انحراف معیار) نقاط شاخص نیروی عکس‌العمل زمین در نمای عمودی در حین راه رفتن به سمت جلو و عقب در دو گروه شاهد و مورد ( $n=10$  در هر گروه)

راه رفتن به سمت عقب		راه رفتن به سمت جلو		شرایط مختلف
مورد	شاهد	مورد	شاهد	
۱۲۹/۶۴ (۶/۴۱)	۱۲۹/۴۳ (۴/۸۸)	۱۰۳/۶۶ (۳/۳۴)	۱۰۴/۴۱ (۳/۶۴)	نیروی قله اول (%B.W.)
۷۶/۳۵ (۵/۹۵)	۷۸/۶۹ (۳/۲۷)	۸۳/۲۶ (۳/۹۷)	۸۱/۷۰ (۳/۶۵)	نیروی عمق فرورفتگی (%B.W.)
۹۹/۸۳ (۲/۱۹)	۹۸/۵۴ (۱/۹۱)	۱۰۵/۶ (۳/۸۷)	۱۰۶/۰۸ (۳/۰۷)	نیروی قله دوم (%B.W.)

نیروی عکس‌العمل زمین در نمای عمودی بود. نتایج مربوط به این پارامترها و مقایسه بین گروه شاهد و مورد در جدول ۲ آمده است. همچنین در نمودار ۱ مقایسه نیروی عمق فرورفتگی نیروی عکس‌العمل زمین در نمای عمودی در حین راه رفتن به سمت جلو و راه رفتن به سمت عقب در بین افراد کف پای طبیعی و کف پای صاف نمایش داده شده است.

نتایج این مطالعه به صورت زیر بود:

اثر تکلیف (راه رفتن به سمت جلو و عقب) و گروه (افراد کف پای طبیعی و کف پای صاف)، با استفاده از آنالیز واریانس دو طرفه ( $2 \times 2$ ) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پارامترهایی که در حین راه رفتن به سمت جلو و عقب مورد مطالعه قرار گرفتند شامل: نیروی قله اول، نیروی عمق فرورفتگی و نیروی قله دوم



نمودار ۱- نمایش نمودار خطی نیروی عمق فرورفتگی در حین راه رفتن به سمت جلو و راه رفتن به سمت عقب در گروه شاهد و مورد

جدول شماره ۲- گزارش آنالیز واریانس دو طرفه نقاط شاخص نیروی عکس‌العمل زمین در نمای عمودی در دو گروه شاهد و

مورد و بین دو گروه

نیروی قله دوم		نیروی عمق فرورفتگی		نیروی قله اول		شاخص‌های آماری شرایط مختلف
p-value	f-ratio	p-value	F-ratio	p-value	F-ratio	
۰/۰۰۰	۴۵/۰۵	۰/۰۰۰	۲۳/۷۵	۰/۰۰۰	۳۴۸/۶۵	راه رفتن به سمت جلو و عقب
۰/۶۰	۰/۲۷	۰/۸۱	۰/۰۵	۰/۸۶	۰/۰۲	گروه شاهد - گروه مورد

نتایج آنها نشان داد میانگین نیروی قله اول و دوم نیروی عکس‌العمل زمین در نمای عمودی در راه رفتن به سمت جلو و عقب مشابه یافته‌های این تحقیق بود.

به طور کلی نکته حائز اهمیت در این دو الگوی راه رفتن کاهش نیروهای وارده به پاشنه پا در حین راه رفتن به سمت عقب می‌باشد. به این معنا که نیروهای وارده به پاشنه پا در اثر تماس پاشنه با زمین در راه رفتن به سمت جلو بیشتر از نیروی وارده به پاشنه پا در اثر جدا شدن پاشنه از زمین در راه رفتن به سمت عقب می‌باشد. این موضوع می‌تواند در افراد کف پای صاف حائز اهمیت باشد زیرا در این افراد در حین راه رفتن به سمت جلو بیشتر نیروها به پاشنه پایشان وارد می‌شود.

در این راستا **Khodadadeh** و همکارش (۱۱) به مطالعه راه رفتن افراد دارای کف پای صاف پرداختند. نتایج آنها نشان داد در افراد کف پای صاف تمایل شدیدی به وارد آمدن نیرو به پاشنه پا وجود دارد. همچنین نیروهای شدیدی که در هنگام تماس پاشنه پا با زمین در حین راه رفتن به سمت جلو اتفاق می‌افتد معمولاً به خاطر زمان کمشان جذب نمی‌شوند و با گذشت زمان باعث آسیب ساختمانی می‌شوند.

نتایج این تحقیق در مورد مقایسه افراد کف پای صاف با کف پای طبیعی با نتایج پژوهش‌های گذشته همخوانی دارد (۱۵، ۱۶، ۱۷).

یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج **Hunt** و همکاران (۱۵) همسو است. زیرا آنها در بررسی‌های خود تفاوت جزئی بین دو گروه کف پای طبیعی و کف پای صاف یافتند که بیشتر مربوط به محدودیت حرکت بود. آنها قبل از تحقیق انتظار افزایش حرکت و افزایش به کارگیری عضله در گروه کف پای صاف را داشتند که این فرضیه به اثبات نرسید. **Hunt** پیشنهاد کرد که در افراد کف پای صاف بدون علائم، تطابق‌های مورد نیاز در حین راه رفتن از طریق جبران عضلانی امکان‌پذیر است.

**Yavuzer** و همکاران (۱۶) در تحقیق مشابهی به بررسی اختلافات دراز مدت در بیومکانیک راه رفتن افراد بزرگسال

چنانچه از جدول شماره ۲ می‌توان دریافت، در هر دو گروه شاهد و مورد میانگین قله اول نیروی عکس‌العمل زمین در راه رفتن به سمت جلو نسبت به راه رفتن به سمت عقب کاهش یافته است ( $P < 0/000$ ). در حالی که میانگین نیروی عمق فرورفتگی و نیروی قله دوم نیروی عکس‌العمل زمین در راه رفتن به سمت جلو نسبت به راه رفتن به سمت عقب افزایش یافته است ( $P < 0/000$ ). اما هیچ گونه تفاوت معنی‌داری از مقایسه گروه کف پای صاف با گروه کف پای طبیعی مشاهده نگردید.

## بحث

همانگونه که در نتایج این تحقیق مطرح شد در دو گروه شاهد و مورد نیروی قله اول نیروی عکس‌العمل زمین در نمای عمودی در حین راه رفتن به سمت جلو کمتر از راه رفتن به سمت عقب است. اما نیروی عمق فرورفتگی و نیروی قله دوم در راه رفتن به سمت جلو بیشتر از راه رفتن به سمت عقب است.

نتایج تحقیق حاضر با نتایج مطالعه **De Nunzio** و همکاران (۱۴) تطابق دارد. **De Nunzio** به بررسی اثر راه رفتن به سمت جلو و عقب بر روی جهت یابی بدن در فضا حین آرام ایستادن، با استفاده از نیروی عکس‌العمل زمین و جابجایی مرکز فشار پرداخت. نتایج مطالعه آنها نشان داد نیروی عکس‌العمل زمین در نمای عمودی در راه رفتن به سمت جلو نسبت به راه رفتن به سمت عقب اختلاف معنی‌داری دارد ( $P < 0/01$ ).

بعلاوه نتایج تحقیق حاضر با نتایج **Grasoo** و همکاران (۵) همسو است. در مطالعه **Grasoo** نیز الگوی حرکت راه رفتن به سمت جلو و عقب در انسان‌ها با استفاده از دستگاه صفحه نیرو و **EMG** ارزیابی شد. افراد شرکت کننده در این تحقیق با پای برهنه و در حالی که دست‌ها خم بر روی سینه قرار داشت، با سرعت دلخواه (عادی) راه می‌رفتند. از آزمودنی‌ها خواسته شده بود که توجهی به قدم نهادن بر روی صفحه نیرو نکنند، تا طول گام‌های طبیعی آنها تغییر نکند.

### قدردانی

این مقاله حاصل (بخشی از) پایان‌نامه تحت عنوان اندازه‌گیری نیروهای عکس‌العمل زمین در حین راه رفتن به سمت جلو و عقب در دانشجویان دختر مبتلا به کف پای صاف در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۹۰-۱۳۸۹ کد U-۸۷۰۴۱ می‌باشد که با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی جندی شاپور اهواز اجرا شده است.

پرداختند که از بچگی کف پای صاف انعطاف‌پذیر دو طرفه داشتند ولی هرگز درمان نشده بودند. آنها مشخصات مکانی - زمانی، کینماتیک و کینتیک را با استفاده از سیستم آنالیز **Gait** کامپیوتری سه بعدی (۵ تا دوربین و دو تا صفحه نیروی **Bertec**) اندازه‌گیری کردند.

نتایج آنها نشان داد در هیچ یک از پارامترها از جمله طول زمان گام (**Stride**) و قله اول و دوم نیروی عکس‌العمل زمین در نمای عمودی بین دو گروه کف پای طبیعی و کف پای صاف انعطاف‌پذیر تفاوت آماری معنی‌داری وجود ندارد؛ و نشان دهنده توافق با نتایج تحقیق حاضر است. بر اساس نتایج بدست آمده، **Yavuzer** و همکارانش اعلام کردند ممکن است در دوران بچگی برای افراد کف پای صاف انعطاف‌پذیر نیاز به هیچ گونه درمان تهاجمی نباشد.

همچنین **Bertani** و همکاران (۱۷) به ارزیابی عملکرد کف پای صاف با استفاده از ثبت نیروی عکس‌العمل زمین پرداختند. آنها نیز به نتایج مشابهی رسیدند که، الگوی راه رفتن افراد کف پای طبیعی و کف پای صاف را به سختی می‌توان از هم متمایز کرد. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت اگر افراد مبتلا به کف پای صاف انعطاف‌پذیر برای مدت زمان کوتاهی راه بروند یا فاصله کوتاهی را طی نمایند، نیروهای وارده به پای آنها با افراد کف پای طبیعی تفاوتی ندارد. بنابراین به نظر می‌رسد افراد کف پای صاف نیازی به استفاده از کفی طبی و یا غیره در راه رفتن برای مسافت کوتاه نداشته باشند.

با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که الگوی کینتیک نیروی وارده به کف پا در نمای عمودی در راه رفتن به سمت جلو با راه رفتن به سمت عقب متفاوت است. در راه رفتن به سمت عقب نیروهای وارده به پا از **Mid Stance** به **Heel Off** نسبت به راه رفتن به سمت جلو از **Mid Stance** به **Heel Contact** کمتر است. این نکته می‌تواند در مورد افراد کف پای صاف حائز اهمیت باشد.

البته نتایج تحقیق نشان داد الگوی وقوع نقاط شاخص نیروهای وارده به کف پای افراد مبتلا کف پای صاف با افراد دارای کف پای طبیعی تفاوت جزئی دارد. بعبارت دیگر این تفاوت جزئی ناشی از اختصاصی بودن الگوی راه رفتن برای هر یک از آزمودنی‌ها می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد در مسافت‌های کوتاه الگوی اعمال نیروی عکس‌العمل زمین در نمای عمودی به کف پا و زمان اعمال آن در افراد کف پای صاف به دلیل عدم خستگی عضلات به صورت طبیعی می‌باشد.



## REFERENCES

1. Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system*. 1<sup>st</sup> ed. New York: Mosby, 2002, 523.
2. Lusakadi MM, Nilsen CC. *Orthotics and Prosthetics in Rehabilitation*. 2<sup>nd</sup> edition Butterworth Heneman. 2007, 182-183.
3. Albensi RJ, Nyland J, Caborn DNM. The relationship of body weight and clinical foot and ankle measurements to the heel forces of forward and backward walking. *J Athletic Training* 1999; 34: 328-333.
4. Bates, BT, Morrison E, Hamill J. Differences between forward and backward running, M. Adrian and H. Deutsch (Eds.), *Proceedings of the 1984 Olympic Scientific Congress*, Eugene, Oregon: University of Oregon Microform Publications: 1986, 127-135.
5. Grasso R, Binachi L, Lacquaniti F. Motor patterns for human gait: backward versus forward locomotion. *Journal of Neurophysiology*. 1998, 80: 1868-1885.
6. Dufek, JS. Exercise variability: A prescription for overuse injury prevention. *Health and Fitness Journal*. 2002, 6(4): 18-23.
7. Woo Ty, Tseng Hy, Liu BS. Evaluating the difference of physiological load between forward and backward exercise. *APIEMS*. 2009, 464-472.
8. Arata AW. Kinematic comparison of high speed backward and forward running. *Air force academy; USA, Springs*. 2000, 1-4.
9. Magee DJ, Zachazewski JE, Quillen WS. *Pathology and intervention in musculoskeletal rehabilitation* St. Louis, Missouri, USA: Saunders Elsevier Inc. 2009, 799.
10. Khodadeh S, Welton EA. Gait studies of patients with flat feet. *TF*. 1993, 3: 189-193.
11. Pryce ML. Flatfoot. *Com. Marathon Shoe Company*. EP Patent 0,615,704, 1997.
12. Lin CJ, Lai KA, Kuan TS, Chou YL. Correlation factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2001, 21: 378-82.
13. Magee DJ. *Orthopedic Physical Assessment*. 4<sup>th</sup> edition (Enhanced Edition). Philadelphia: Saunders Elsevier Sciences. 2006, 783-784, 807-808.
14. De Nunzio AM, Zanetti C, Schieppati M. Post-effect of forward and backward locomotion on body orientation in space during quiet stance. *Eur J Appl Physiol*. 2009, 105: 297-307.
15. Hunt AE, Smith RM. Mechanics and control of the flat versus normal foot during the stance phase of walking. *Clinical Biomechanics*. 2004, 19 (4): 391-7.
16. Yavuzer G, Sarmer S, Ergin S. Gait deviation of subjects with flexible flatfeet. *Ankara University Medical School, Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Turkey*, 2001, 4-6.
17. Bertani A, Cappello A, Benedetti MG, Simoncini L, Catni F. Flat foot functional evaluation using pattern recognition of ground reaction data. *Clinical Biomechanics*. 1999, 14: 484-493.