

اثر صافی کف پا بر الگوی فعالیت عضلانی اندام تحتانی و ویژگی‌های فشار کف پایي هنگام راه رفتن

حجت بیناباجی^۱، مهرداد عنبریان*^۲، یحیی سخنگویی^۲

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: اثر وضعیت غیر طبیعی پا بر عملکرد حرکتی اندام تحتانی به ویژه در بین کودکان و نوجوانان کمتر مورد توجه قرار گرفته است. هدف مطالعه حاضر، مقایسه الگوی فعالیت عضلات منتخب اندام تحتانی و ویژگی‌های فشار کف پایي پسران نوجوان دارای صافی کف پا منعطف با گروه نرمال هنگام راه رفتن بود.

مواد و روش‌ها: تعداد ۱۲ نفر نوجوان با ساختار صافی کف پا و ۱۲ نفر با ساختار پای نرمال با استفاده از روش شاخص قوس طولی میانی پا در این مطالعه شرکت کردند. فعالیت الکترومایوگرافی عضلات تیبیالیس انتریور، پرونئوس لانگوس، سولئوس، بخش خارجی و داخلی عضله گاستروکنیمیوس به همراه ویژگی‌های فشار کف پایي آزمودنی‌ها هنگام راه رفتن با پای برهنه در یک مسیر ۱۰ متری با سرعت خودانتخابی جمع‌آوری شد و سپس داده‌ها با روش آماری Independent t تجزیه و تحلیل گردید.

یافته‌ها: فعالیت الکتریکی قسمت داخلی و خارجی عضله دو قلو طی مرحله انتقال وزن در افراد با پای نرمال نسبت به گروه با صافی کف پا به طور معنی‌داری بیشتر بود ($P = 0/001$)؛ در حالی که قسمت داخلی گاستروکنیمیوس در مرحله انتهای استانس فعالیت کمتری ($P = 0/048$) داشت. حداکثر فشار وارد شده در نواحی انگشت شست، انگشتان دوم تا پنجم، متاتارسال دوم و سوم و قسمت داخلی پاشنه در افراد دچار صافی کف پا بیشتر بود. به علاوه میزان تغییرات مرکز فشار پا در مراحل انتقال وزن، میداستانس و کل مرحله استانس، بین دو گروه تفاوت مشاهده شد (به ترتیب: $P = 0/011$ ، $P = 0/015$ و $P = 0/050$).

نتیجه‌گیری: وضعیت غیر طبیعی پا می‌تواند بر تغییر فعالیت عضلات اندام تحتانی و ویژگی‌های توزیع فشار کف پایي هنگام راه رفتن مؤثر باشد. نتایج این تحقیق بر لزوم بررسی دقیق و جامع وضعیت غیر طبیعی پا بر عملکرد اندام تحتانی هنگام راه رفتن برای طراحی برنامه درمانی مناسب تأکید داشت.

کلید واژه‌ها: صافی کف پا، راه رفتن، فعالیت الکترومیوگرافی، فشار کف پایي

ارجاع: بیناباجی حجت، عنبریان مهرداد، سخنگویی یحیی. اثر صافی کف پا بر الگوی فعالیت عضلانی اندام تحتانی و ویژگی‌های فشار کف پایي هنگام راه رفتن. پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۱؛ ۸ (۸): ۱۳۴۱-۱۳۲۸.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۱۹

* دانشجویار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران (نویسنده مسؤول)
Email: m_anbarian@yahoo.com

۱- کارشناس ارشد، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲- استادیار، گروه فیزیوتراپی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران

مقدمه

بدشکلی‌های اندام تحتانی عامل تأثیرگذاری را در ویژگی‌های بیومکانیکی عملکرد حرکتی کودکان و نوجوانان به ویژه هنگام راه رفتن دارد (۱). پا با توجه به ساختار آناتومیک و موقعیت قرارگیری‌اش در اندام تحتانی نقش عملکردی تعیین کننده‌ای در راه رفتن دارد (۲). در واقع ساختار پا هنگام راه رفتن از طریق حرکات مفصل تحت قاپی (Subtalar joint) با سطوح و ناهمواری‌های زمین سازگاری و تطابق برقرار کرده و در نتیجه به حفظ تعادل بدن کمک می‌کند (۳). به علاوه، پا ضمن تحمل وزن و جذب نیروهای وارده شده در اثر برخورد با زمین هنگام راه رفتن، با ایفای نقش اهرمی خود در انتقال نیروهای جلو برنده نیز تأثیر کلیدی دارد (۴، ۵). کاهش قوس طولی داخلی (Medial longitudinal arch) تحت عنوان صافی کف پا (Flat foot) تعریف شده است که یکی از شایع‌ترین بدشکلی‌های اندام بین کودکان در جوامع مختلف است و به طور معمول در بین پسران اندکی بیشتر دیده شده است (۶). برخی از کودکان از بدو تولد دارای صافی کف پا هستند (۷). قوس طولی داخلی پا بین ۲ تا ۶ سالگی شکل می‌گیرد (۸) و تا سال‌های ۱۲ تا ۱۳ سالگی تکامل پیدا می‌کند (۹).

به طور کل صافی کف پا با اورژن اضافی مفصل تحت قاپی، چرخش داخلی استخوان تی‌بیا و ابداکشن قسمت جلویی پا (Forefoot) همراه است که سبب تغییراتی در عملکرد پا می‌شود. برای مثال، اورژن بیش از حد طبیعی پاشنه باعث افزایش زمان حرکت پرونیشن مفصل تحت قاپی در مرحله ابتدایی استانس راه رفتن شده و کاهش جذب نیروهای وارد شده به پا را به همراه دارد (۱۰) و در نتیجه استرس اعمال شده به پا افزایش می‌یابد (۱۱). فشار و استرس اعمال شده بیشتر می‌تواند به مفاصل و بخش‌های بالاتر مانند زانو و ساق منتقل گردد و در نهایت راه رفتن با اختلال مواجه شود. به این دلیل اثر بدشکلی‌های اندام تحتانی و کف پا و به ویژه صافی کف پا در تحلیل راه رفتن در بررسی‌های بیومکانیکی مورد توجه محققین بوده است. در این بین سهم مطالعات بر روی کودکان و نوجوانان برای مشخص کردن اثر صافی کف پا بر نیروها و فشارهای وارد آمده بر ساختار و

عملکرد عضلانی - اسکلتی اندک بوده و به طور دقیق بررسی نشده است (۱۳، ۱۲): به طوری که بررسی‌های محدود انجام شده، بیشتر به تحلیل کینماتیکی راه رفتن کودکان پرداخته‌اند (۱۵، ۱۴، ۱۲). برای مثال Twmey و McIntosh تفاوت‌های کینماتیکی اندام تحتانی را در کودکان ۱۲-۱۱ سال دچار صافی کف پا و کف پا با ساختار نرمال هنگام راه رفتن بررسی کردند (۱۲). آن‌ها در این تحقیق، داده‌های کینماتیکی و برخی از پارامترهای فضایی - زمانی را در خلال مراحل مختلف راه رفتن مطالعه کردند و اختلاف ناچیزی را تنها در چرخش خارجی ران گزارش کردند و نتیجه گرفتند که شاید صافی کف پا منعطف عامل خطر ذاتی در راه رفتن کودکان نباشد، هر چند نیاز به بررسی جامع‌تر و دقیق‌تر ضروری است.

بررسی فعالیت الکتریکی عضلات در راه رفتن یکی از بخش‌های ضروری در مطالعه کلینیکی راه رفتن است که اطلاعات مفیدی مانند عملکرد و هم‌انقباضی عضلانی در اختیار متخصصین در انتخاب پروتکل‌های درمانی و توان‌بخشی قرار می‌دهد (۱۶). مطالعات انجام شده نشان داده است که در صافی کف پا، مفصل تحت قاپی در مرحله انتهایی استانس (Terminal stance) و در وضعیت پرونیشن قرار می‌گیرد و در نتیجه ثبات استخوانی مورد نیاز برای پیشروی مؤثر در مرحله جدا شدن شست پا از زمین کاهش می‌یابد. این تغییرات می‌تواند سبب افزایش فعالیت عضلات اینورتور از قبیل درشت نی قدامی و کاهش فعالیت اورتورها نظیر نازک نی طویل شود (۱۸، ۱۷). برای مثال، Hunt و Smith در تجزیه و تحلیل فعالیت عضلانی هنگام راه رفتن، گزارش کردند که فعالیت الکتریکی عضله تیبیالیس انتریور (Tibialis anterior) در مرحله استانس افزایش پیدا می‌کند؛ در حالی که فعالیت پرونیوس لانگوس (Peroneus longus)، گاستروکینیمیوس (Gastrocnemius) و سولئوس (Soleus) کاهش پیدا می‌کند (۱۷). در مقابل، مطالعاتی هم وجود دارند که اختلاف قابل توجهی را در فعالیت عضلانی افراد با کف پای صاف در مقایسه با افراد با ساختار طبیعی پا گزارش نکرده‌اند (۱۹). مستندات استفاده از اطلاعات فعالیت الکتریکی - عضلانی در

تجزیه و تحلیل راه رفتن کودکان به طور اعم محدود و در مورد کودکان با صافی کف پا به طور اخص بسیار اندک است. اندازه‌گیری توزیع فشار کف پا، یکی از روش‌های متداول و جدید است که ضمن مشخص کردن بدشکلی‌های ساختاری پا، عملکرد پا را در شرایط استاتیکی و دینامیکی به خصوص هنگام راه رفتن به صورت کمی بررسی می‌کند (۲۰). توزیع نامناسب نیروهای کف پای سبب ظهور حرکات غیر طبیعی و اعمال استرس در ساختار پا شده و بنابراین در بروز بدشکلی‌های پا و اختلال در عملکرد عضلات مؤثر است (۲۱). به همین دلیل برخی از تحقیقات به بررسی توزیع فشار کف پا در انواع ساختار متفاوت پا هنگام راه رفتن پرداخته‌اند (۲۲، ۲۳). مطالعه فعالیت عضلات و توزیع فشار کف پا، نه تنها روش مناسبی برای آنالیز و شناسایی نارسایی‌های راه رفتن به ویژه در کودکان با بدشکلی‌های کف پا می‌باشد، بلکه اطلاعات مفیدی در اختیار محققین با اهداف کلینیکی متفاوت قرار می‌دهد. با این وجود، گزارش‌های بسیار اندکی در خصوص توزیع فشار کف پا در تعامل با عملکرد عضلانی بدشکلی صافی کف پا وجود دارد (به ویژه در ایران گزارشی دیده نشد). هدف مطالعه حاضر، مقایسه الگوی فعالیت عضلات منتخب اندام تحتانی و ویژگی‌های فشار کف پای پسران نوجوان دچار صافی کف پا منقطع با گروه نرمال هنگام راه رفتن بود.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

متغیرها	گروه‌ها	
	صافی کف پا	کف پای طبیعی
سن (سال)	۱۱/۰۳ ± ۰/۰۴	۱۱/۵ ± ۰/۶۳
قد (سانتی‌متر)	۱۴۳/۶۶ ± ۳/۴۲	۱۴۴/۲۵ ± ۵/۸۳
جرم (کیلوگرم)	۳۸/۷۵ ± ۶/۸۰	۳۶/۲ ± ۴/۳۹
شاخص توده بدن (BMI)	۱۷/۷۲ ± ۲/۸۸	۱۷/۴۵ ± ۲/۲۷
ارتفاع ناویکولار (میلی‌متر)*	۳۲/۹ ± ۳/۲	۴۳/۱ ± ۲/۴
شاخص قوس پا (دینامیکی)*	۰/۳۰ ± ۰/۰۳	۰/۲۲ ± ۰/۰۲

BMI: Body mass index

* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

الکترومایوگرافی (Electromyography یا EMG) سطحی عضلات با دستگاه ۱۶ کاناله ME6000 Biomonitor ME6000 T16, Mega Electronics Ltd., (Kuopio, Finland) ساخت کشور فنلاند انجام شد. در این مطالعه پای راست آزمودنی‌ها که پای برتر آن‌ها بود، مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور ثبت سیگنال‌های الکترومایوگرافی، ابتدا موهای زاید محل مورد نظر تراشیده و پوست با پنبه و الکل طبی تمیز شد. سپس الکترودهای سطحی و چسبیده یک‌بار مصرف Ag-AgCl که حاوی ژل رسانا بودند، به منظور کاهش مقاومت الکتریکی پوست و انتقال آسان‌تر ایمپالس‌های الکتریکی بر روی عضلات منتخب شامل بخش خارجی و داخلی عضله گاستروکینیمیوس،

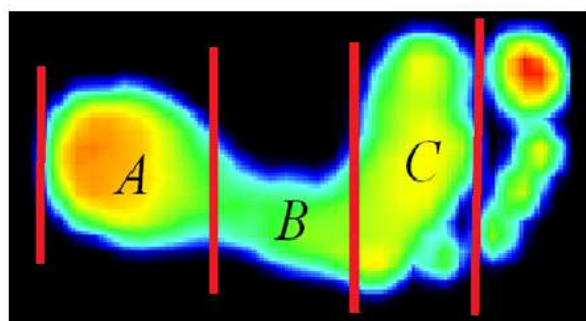
مواد و روش‌ها

در تحقیق شبه تجربی حاضر، تعداد ۲۴ پسر (۱۰-۱۲ سال) شامل ۱۲ نفر دچار صافی کف پا منقطع و ۱۲ نفر با ساختار طبیعی پا از بین دانش‌آموزان پسر پنجم دبستان و اول راهنمایی شهر همدان انتخاب و در این تحقیق شرکت کردند. سپس با هماهنگی با مدارس و والدین، آزمودنی‌ها برای انجام معاینه‌ها و آزمایش‌ها به آزمایشگاه تحقیقاتی بیومکانیک اندام تحتانی دانشگاه بوعلی سینا دعوت شدند. کلیه آزمودنی‌ها پیش از شرکت در مطالعه، توسط متخصص فیزیوتراپی مورد ارزیابی و معاینه قرار گرفتند. شرایط ورود به مطالعه، نداشتن هر گونه آسیب تروماتیک، سابقه عمل جراحی در اندام تحتانی

از سیستم اسکن پا (RS-Scan) ساخت کشور بلژیک برای اندازه‌گیری و ثبت فشار کف پا در وضعیت‌های ایستاده و راه رفتن استفاده شد. دستگاه، دارای ابعاد 100×40 سانتی‌متر با تعداد ۸۱۹۲ حسگر و فرکانس نمونه‌گیری ۲۵۳ هرتز می‌باشد. بزرگی توزیع فشار با رنگ‌بندی‌های به کار رفته مشخص می‌شود. رنگ آبی نماینده کمترین فشار، قرمز نشان دهنده بالاترین فشار و رنگ سیاه عدم وجود فشار را نشان می‌دهد (شکل ۱، سمت راست، قسمت ب). میزان فشار کف پای در ده ناحیه آناتومیکی حساس به فشار شامل شست پا، انگشتان دوم تا پنجم، سر متاتارسال‌های اول تا پنجم، ناحیه میانی پا و نواحی داخلی و خارجی پاشنه پا توسط دستگاه مشخص می‌شود (شکل ۱، سمت راست، قسمت الف).

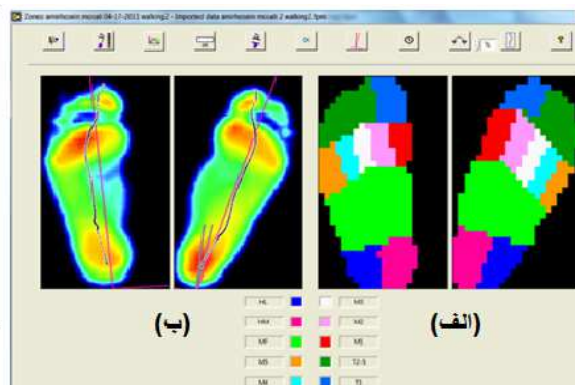
آزمودنی‌ها برای تطابق و آشنایی با مراحل آزمایش، چند بار مسیر راه رفتن را به طور آزمایشی طی کردند. به منظور ثبت ویژگی‌های فشار کف پا و فعالیت عضلانی اندام تحتانی هنگام راه رفتن در آزمون اصلی، آزمودنی‌ها مسیر ۱۰ متری را با پای برهنه و سرعت خودانتخابی (۲۹) سه بار به شکلی طی کردند که با پای راست از روی صفحه ثبت فشار کف پا (اسکن پا) عبور نمایند. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات خام به دست آمده از نرم‌افزار Mega Win 3.0.1 استفاده گردید. حداکثر میزان فشار کف پای، درصد زمانی وقوع اوج فشار و تغییرات مرکز فشار پا به عنوان ویژگی‌های فشار کف پا مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با آزمون Independent t در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد.

سولئوس، پروئوس لانگوس و تیبیالیس انتریور پای راست (پای برتر) بر اساس پروتکل اروپایی SENIAM نصب گردید (۲۷). فاصله بین دو قطب مثبت و منفی الکترودها (فاصله مرکز تا مرکز) ۲۰ میلی‌متر انتخاب شد. الکترودها به زمین روی برجستگی درشت نی قرار گرفت. الکترودها و کابل‌ها بر روی پوست ثابت شدند تا در حرکت آزمودنی اختلال ایجاد نکنند. سیگنال‌های EMG سطحی با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز جمع‌آوری گردید و با استفاده از یک فیلتر میان‌گذر ۴۵۰-۸ هرتز عبور داده شد. دو عدد سوئیچ فشاری حساس به نیرو، روی سطح کف پای در مفصل بین انگشتی شست و سطح خلفی پاشنه آزمودنی‌ها به منظور ثبت مشخصه‌های زمانی سیکل راه رفتن، یعنی زمان برخورد و جدا شدن پاشنه از زمین و نیز برای مشخص کردن مرحله استانس نصب شد. اطلاعات خام الکترومایوگرافی با روش میانگین ریشه مربعی (Root mean square یا RMS) تحلیل گردید. دامنه EMG هر آزمودنی حین راه رفتن پابرنه نسبت به فاز استانس راه رفتن سریع با پای برهنه خودش نرمال‌سازی شد. به این صورت که RMS راه رفتن در فازهای مختلف استانس بر داده‌های مشابه هر فاز راه رفتن سریع تقسیم و در ۱۰۰ ضرب شد (MVC% یا Maximal voluntary contraction). این روش نرمال‌سازی زیر بیشینه دینامیکی، یکی از روش‌های معتبر برای نرمال‌سازی داده‌های EMG در تجزیه و تحلیل راه رفتن است (۲۸).



$$AI = B / (A+B+C)$$

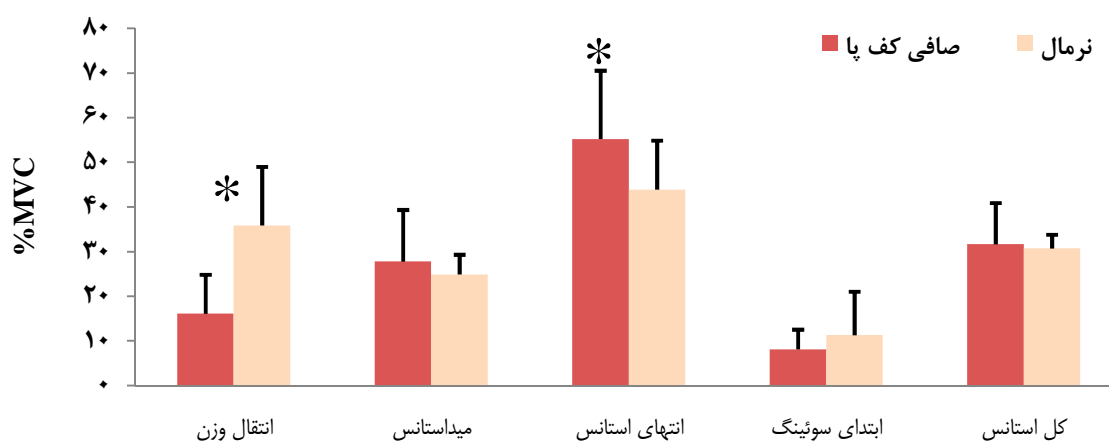
شکل ۱. سمت راست، الف: نواحی ده‌گانه آناتومیکی کف پا و ب: فشارهای وارد شده بر کف پا. سمت چپ: محاسبه شاخص قوس کف پا



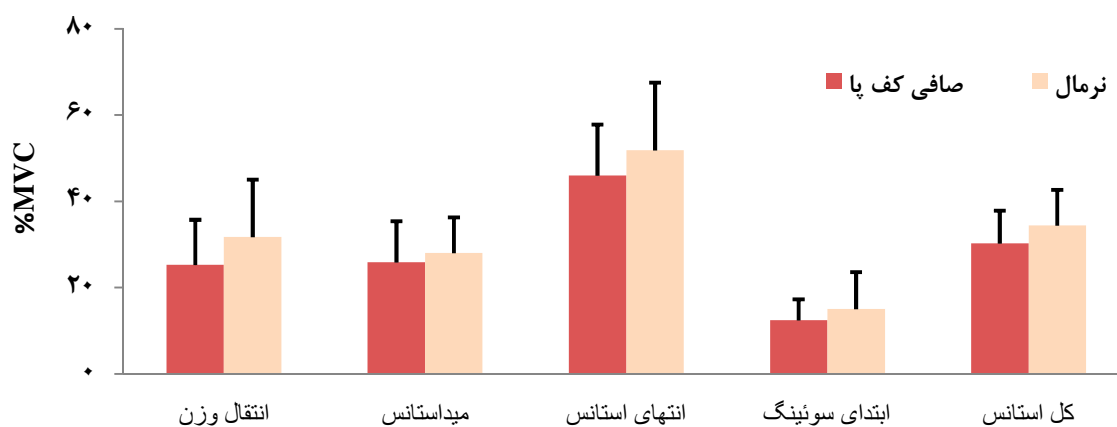
یافته‌ها

همان طور که در نمودارهای ۱ تا ۴ مشاهده می‌شود، فعالیت الکتریکی قسمت خارجی عضله گاستروکنیمیوس در مرحله انتقال وزن (Loading response) در افراد با ساختار طبیعی پا در مقایسه با کودکان گروه دچار صافی کف پای منقطع بیشتر بود ($P = 0/001$). فعالیت الکتریکی بخش داخلی عضله گاستروکنیمیوس، مانند قسمت خارجی در مرحله انتقال وزن به طور معنی‌داری در گروه با پای طبیعی بیشتر بود ($P = 0/001$); در حالی که در مرحله انتهایی استانس (۳۰ تا ۵۰ درصد سیکل راه رفتن) فعالیت عضله در کودکان دچار صافی کف پا بیشتر بود ($P = 0/048$), اما با وجود فعالیت بیشتر عضله سولئوس در تمام

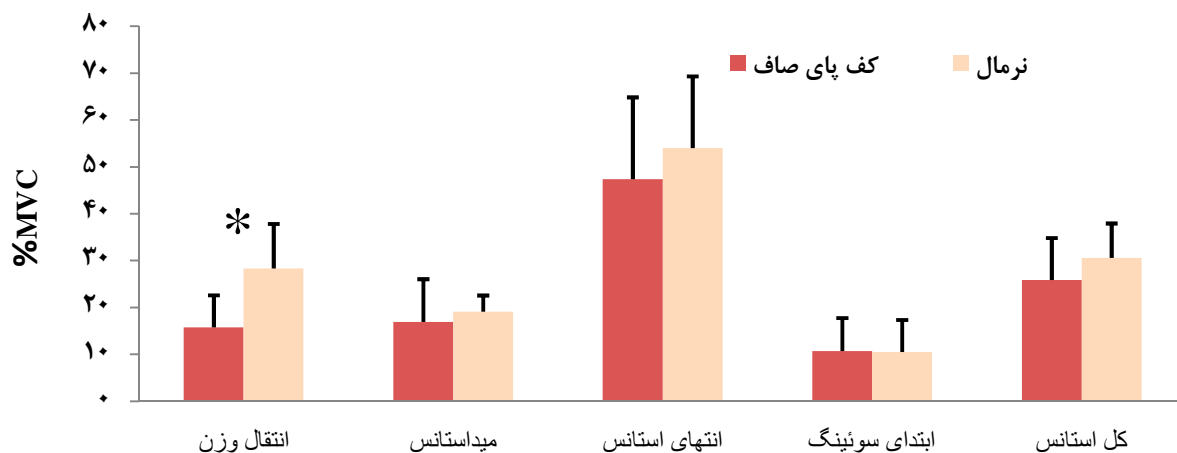
مراحل بررسی شده راه رفتن در این تحقیق، اختلاف از نظر آماری در کودکان گروه پای طبیعی معنی‌دار نبود. در عملکرد عضله پروئوس لانگوس نیز در دو گروه در مرحله استانس و زیر مراحل آن اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. در نهایت همان طور که در نمودار ۵ مشاهده می‌شود، کاهش معنی‌داری در فعالیت عضله تیبیالیس انتریور در مراحل انتقال وزن، انتهایی استانس، ابتدای فاز سوئینگ (Preswing) یا نوسان (۵۰ تا ۶۰ درصد سیکل راه رفتن) و کل فاز استانس یا ایستایی (مجموع چهار مرحله) در کودکان دچار صافی کف پا نسبت به گروه پای طبیعی دیده شد (به ترتیب: $P = 0/023$, $P = 0/041$, $P = 0/025$ و $P = 0/007$).



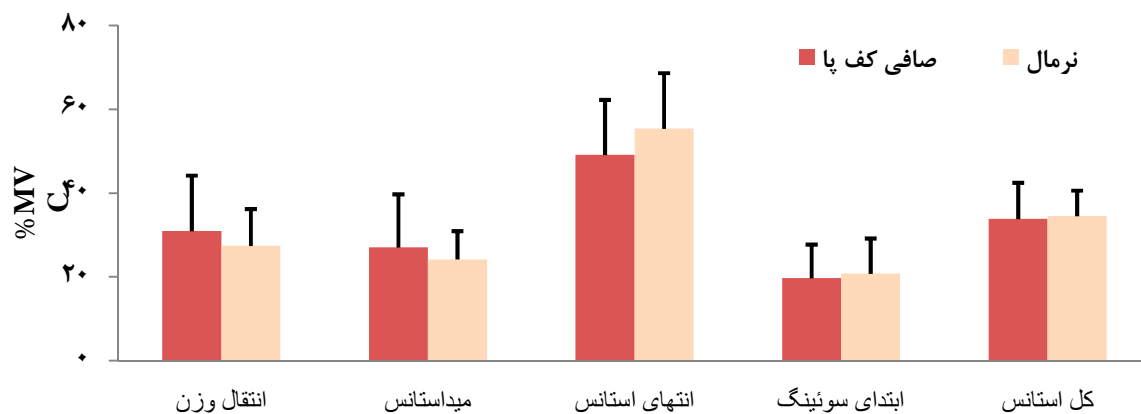
نمودار ۱. مقایسه فعالیت الکتریکی (نرمال سازی شده) بخش داخلی عضله گاستروکنیمیوس در مرحله استانس و زیرمراحل آن بین دو گروه تحقیق
MVC: Maximal voluntary contraction



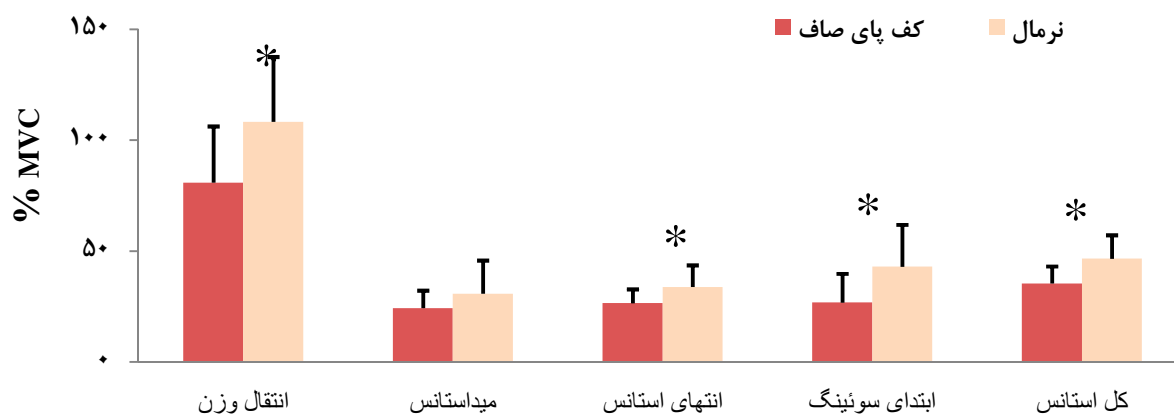
نمودار ۲. مقایسه فعالیت الکتریکی (نرمال سازی شده) عضله سولئوس در مرحله استانس و زیرمراحل آن بین دو گروه تحقیق
MVC: Maximal voluntary contraction



نمودار ۳. مقایسه فعالیت الکتریکی (نرمال سازی شده) بخش خارجی عضله گاستروکنمیوس در مرحله استانس و زیرمراحل آن بین دو گروه تحقیق MVC: Maximal voluntary contraction



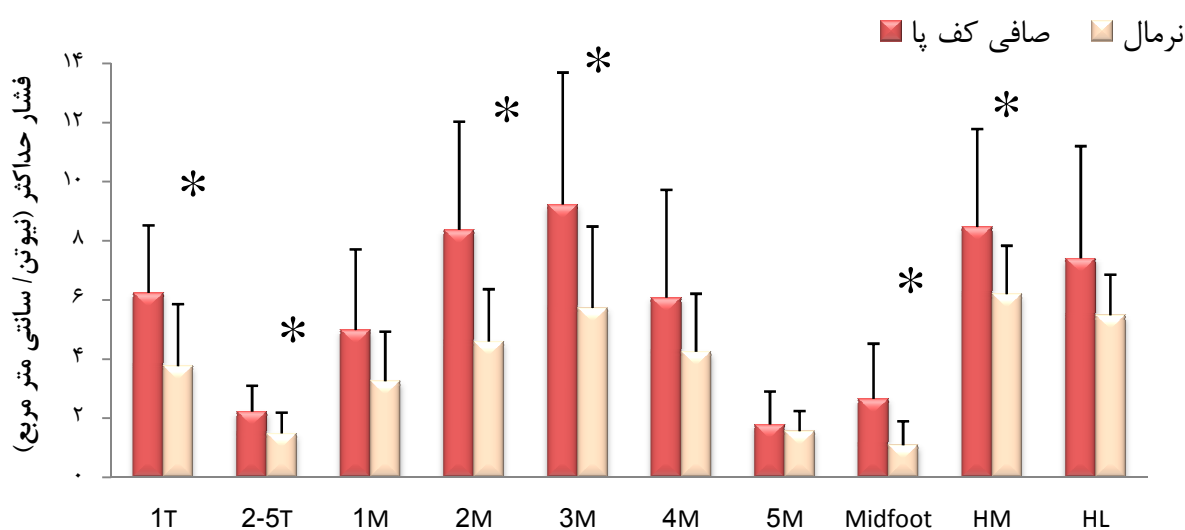
نمودار ۴. مقایسه فعالیت الکتریکی (نرمال سازی شده) عضله پرونئوس لانگوس در مرحله استانس و زیرمراحل آن بین دو گروه تحقیق MVC: Maximal voluntary contraction



نمودار ۵. مقایسه فعالیت الکتریکی (نرمال سازی شده) عضله تییبالیس انتریور در مرحله استانس و زیرمراحل آن بین دو گروه تحقیق MVC: Maximal voluntary contraction

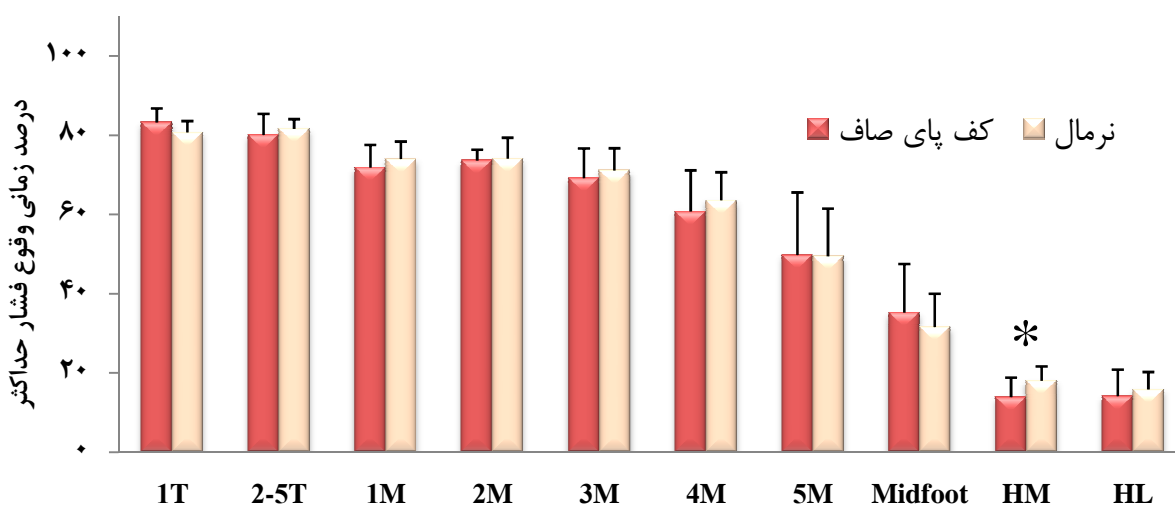
نمودار ۷، زمان وقوع اوج فشار را در بین نواحی مختلف کف پا نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود، تنها در قسمت داخلی پاشنه اختلاف معنی‌داری بین دو گروه مشاهده شد. یعنی، در ناحیه داخلی پاشنه لحظه رسیدن به اوج فشار در گروه دچار صافی کف پا (۱۳ درصد فاز استانس) از گروه پای طبیعی (۱۸ درصد فاز استانس) زودتر اتفاق می‌افتد ($P = ۰/۰۲۹$).

همان‌طور که در نمودار ۶ نشان داده است، حداکثر میزان فشار کف پای در گروه دچار صافی کف پا در زیر انگشت شست ($P = ۰/۰۱۱$)، انگشتان دوم تا پنجم ($P = ۰/۰۳۲$)، متاتارسال دوم ($P = ۰/۰۰۴$) و سوم ($P = ۰/۰۳۱$)، ناحیه میانی پا ($P = ۰/۰۱۴$) و قسمت داخلی پاشنه ($P = ۰/۰۴۴$) بیشتر از گروه پای طبیعی بود.



نمودار ۶. مقایسه فشار حداکثر در نواحی ده‌گانه کف پا در مرحله استانس راه رفتن در دو گروه تحقیق (واحد اندازه‌گیری: نیوتن بر سانتی‌متر مربع)

1T: انگشت شست
2-5: انگشتان دوم تا پنجم
1M تا M5: متاتارسال‌های اول تا پنجم
HL: قسمت خارجی پاشنه
HM: قسمت داخلی پاشنه
Midfoot: میانه پا



نمودار ۷. مقایسه درصد زمانی وقوع اوج فشار در نواحی ده‌گانه کف پا در مرحله استانس راه رفتن در دو گروه تحقیق

1T: انگشت شست
2-5: انگشتان دوم تا پنجم
1M تا M5: متاتارسال‌های اول تا پنجم
HL: قسمت خارجی پاشنه
HM: قسمت داخلی پاشنه
Midfoot: میانه پا

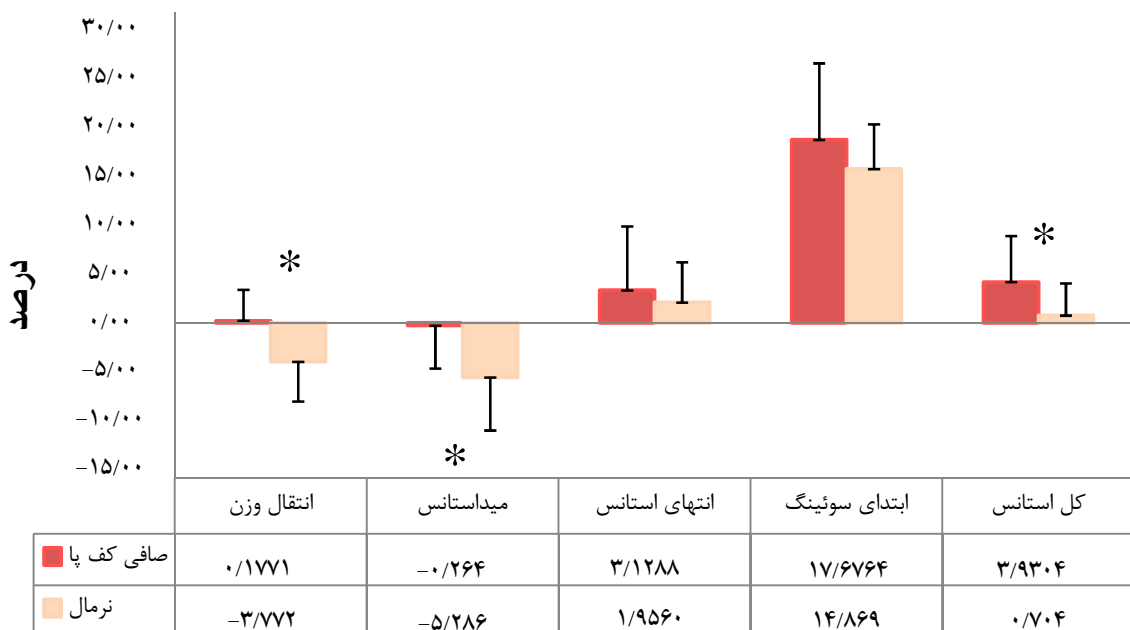
بررسی فعالیت الکتریکی عضلات

یافته‌های این تحقیق کاهش فعالیت عضله سولئوس و قسمت خارجی گاستروکینیمیوس را در افراد با پای صاف نسبت به پای طبیعی نشان داد، اگر چه این تفاوت معنی‌دار نبود. این نتایج پیش از این نیز گزارش شده بود (۱۸). دلیل این امر می‌تواند مربوط به ضعف عضلات پلنتار فلکسور (سولئوس و گاستروکینیمیوس) در بدشکلی صافی کف پا و در نتیجه فعالیت کمتر آن‌ها باشد. همچنین شاید وجود تغییرات و تفاوت‌های کینماتیکی مفاصل اندام تحتانی مبتلایان به صافی کف پا نسبت به ساختار طبیعی پا عملکرد این عضلات را متأثر کند؛ چرا که نقش پلنتارفلکسورها در طول راه رفتن، بیشتر مشارکت در ثبات زانو و مچ پا و مهار چرخش استخوان درشت نی است که با تغییرات مکانیکی مفاصل در اندام تحتانی مرتبط با صافی کف پا دچار تغییر می‌شود (۳۰). در بخش داخلی عضله گاستروکینیمیوس افزایش فعالیت معنی‌دار در گروه دچار صافی کف پا مشاهده شد که با توضیحات فوق تطابق ندارد. البته افزایش فعالیت عضله گاستروکینیمیوس

نمودار ۸ تغییرات مرکز فشار را طی مرحله استانس و زیرمراحل آن نشان می‌دهد. مقادیر ارایه شده نسبت به عرض پا یعنی فاصله بین سر متاتارسال‌های اول و پنجم نرمال‌سازی شده است. مقادیر مثبت معرف حرکت داخلی مرکز فشار یا پرونیشن پا و مقادیر منفی نشان دهنده حرکت مرکز فشار به سمت خارج پا یا سوپینیشن پا است. میزان جابجایی مرکز فشار بین دو گروه در مراحل انتقال وزن ($P = 0/011$)، میداستانس ($P = 0/015$) و کل مرحله استانس ($P = 0/050$) معنی‌داری بود.

بحث

نتایج این مطالعه بیانگر وجود تغییرات فعالیت عضلات اندام تحتانی و ویژگی‌های توزیع فشار کف پای هنگام راه رفتن در افراد دچار صافی کف پا در مقایسه با آزمودنی‌ها با ساختار پای نرمال بود. به منظور بررسی بهتر نتایج، در دو بخش جداگانه شامل فعالیت عضلانی و ویژگی‌های فشار کف پای بر روی یافته‌ها بحث می‌شود.



نمودار ۸. مقایسه تغییرات مرکز فشار در مرحله استانس راه رفتن و زیرمراحل آن در دو گروه تحقیق

(مقادیر مثبت، معرف حرکت مرکز فشار پا به سمت داخل یا پرونیشن و مقادیر منفی، معرف حرکت مرکز فشار به سمت خارج پا یا سوپینیشن است)

به هر حال عدم تطابق نتایج مطالعه حاضر با تحقیقات اشاره شده ممکن است به دلیل عدم همسانی الگوهای کینماتیکی و کینتیکی کودکان با بزرگسالان باشد. البته اختلالات حرکتی در نتیجه تغییرات مفاصل اندام تحتانی را نباید از نظر دور داشت. Twmey و همکاران، تفاوت اندکی را در بررسی کینماتیکی راه رفتن بین گروه کودکان ۱۲-۱۱ سال دچار صافی کف پا در مقایسه با گروه نرمال گزارش کردند. تنها تفاوت معنی‌دار که از سوی آن‌ها بیان شد، چرخش بیشتر خارجی ران در کودکان دچار صافی کف پا بود (۱). شاید همین چرخش خارجی بزرگتر ران در گروه دچار صافی کف پا باعث عدم کاهش عملکرد پرونوس لانگوس در مقایسه با تحقیق Murley و همکاران باشد؛ چرا که رابطه چرخش خارجی ران با زاویه Q بزرگتر پیش از این گزارش شده است (۳۳، ۳۲). این مکانیزم تا حدی فشار بر روی قوس طولی را کم می‌کند و بنابراین نیاز به عملکرد جبرانی پرونوس لانگوس از طریق کاهش فعالیت خود نیست.

همان‌طور که انتظار می‌رفت، در این تحقیق کاهش قابل توجه فعالیت عضله تیبیالیس انتریور کودکان دچار صافی کف پا در کلیه مراحل اندازه‌گیری شده هنگام راه رفتن نسبت به گروه پای طبیعی مشاهده شد که این اختلاف تنها در مرحله میداستانس از نظر آماری معنی‌دار نبود (نمودار ۲). Shih و همکاران، اطلاعات کینماتیکی اندام تحتانی ۲۰ کودک با صافی کف پا و ۱۰ نفر با پای طبیعی را هنگام راه رفتن بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که اندازه اورژن پاشنه در وضعیت ایستاده در گروه دچار صافی کف پا بیشتر بود، اما هر دو گروه هنگام راه رفتن اورژن زیادی داشتند و اختلاف معنی‌داری دیده نشد (۱۳). البته همین نتیجه در مطالعه Smith و Hunt (۱۷) که در گروه سنی بزرگسالان صورت گرفت و همچنین از سوی Twmey و همکاران (۱) در آنالیز راه رفتن کودکان گزارش شد. البته در مقابل Levinger و همکاران در بررسی گیت افراد بزرگسال وجود اورژن بیشتر را در گروه دچار صافی کف پا ارایه نمودند (۳۴). Shih و همکاران، دلیل این تناقض‌ها را وجود اختلاف در اندازه‌گیری و ثبت اطلاعات کینماتیکی شامل اختلاف در سن

هنگام راه رفتن به عنوان مکانیزم جبرانی مرتبط با اختلالات مکانیکی مفاصل پا به ویژه صافی کف پا پیش از این هم گزارش شده است (۳۱). شاید دلیل این افزایش فعالیت عضلانی مربوط به تأخیر در بلند شدن پاشنه پا در مرحله انتهایی استانس در افراد دچار صافی کف پا به علت ضعف پلنتار فلکسورها (۱۸) باشد. در چنین موقعیتی ممکن است افزایش فعالیت قسمت داخلی گاستروکنیمیوس با توجه به قرارگیری جهت تارهای عضله نسبت به قوس طولی داخلی، کمک به بلند شدن پاشنه از زمین در افراد دچار صافی کف پا باشد.

یافته‌های این تحقیق نشان داد که فعالیت الکتریکی عضله پرونوس لانگوس در کل فاز استانس و هیچ‌یک از زیرمراحل آن، بین دو گروه هنگام راه رفتن از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. البته در بخش انتهایی استانس، گروه پای صاف فعالیت کمتری را نشان داد، اما در مراحل میداستانس و انتقال وزن حتی فعالیت بیشتری در گروه دچار صافی کف پا نسبت به گروه پای طبیعی دیده شد، اما اختلافات معنی‌دار نبود. اگر چه تحقیق مشابهی که در کودکان دچار صافی کف پا این عضله را بررسی کرده باشد دیده نشد، ولی با یافته‌های تحقیقات انجام گرفته پیشین بین افراد بزرگسال همسویی نداشت. به عنوان مثال، Hunt و Smith پیشنهاد کردند که افراد دچار صافی کف پا، تطابق مورد نیاز کینماتیکی را در مقایسه با پای طبیعی از طریق جبران عضلانی به وجود می‌آورند (۱۷). Murley و همکاران گزارش کردند که فعالیت عضله پرونوس لانگوس در افراد دچار صافی کف پا به طور معنی‌داری کمتر از افراد با ساختار طبیعی پا است (۱۸). آن‌ها بیان کردند که عضله پرونوس لانگوس که اورتور ساب‌تالار محسوب می‌شود شاید با کم کردن فعالیت خود در واقع عمل جبرانی برای کاهش فشار به قوس داخلی پا انجام می‌دهد. این استدلال منطقی به نظر می‌رسد؛ چرا که احتمال دارد این امر از نظر بیومکانیکی در افراد دچار صافی کف پا نتیجه عملکرد عضله پرونوس لانگوس به همراه پرونوس برویس (Peroneus brevis) برای غلبه و کنترل عمل عضله تیبیالیس پوستریور - که نقش اینورتوری دارد - در ایجاد پلنتار فلکشن بدون چرخش داخلی کف پا باشد.

سطح است، توصیف می‌شود. هر چند تمام سطح کف پای که با زمین تماس دارد در معرض فشار قرار می‌گیرد، اما الگوی فشار اعمال شده بر کف پا با ساختار نرمال نشان داده است که بیشترین بار و فشار عمودی هنگام تماس با زمین بر پاشنه اعمال می‌شود. پس از پاشنه سر استخوان‌های متاتارسال به خصوص متاتارسال دوم در مرتبه بعدی قرار می‌گیرد. در میان انگشتان، انگشت شست بالاترین فشار را تحمل می‌کند (۳۶). مطالعات انجام شده بر روی توزیع فشار کف پای، نشان داده‌اند که بررسی فشار کف پا روش مناسبی برای مشخص کردن غیر طبیعی بودن الگوی راه رفتن است (۴۰-۳۸، ۳۶، ۲۳).

در این تحقیق مشاهده شد که توزیع فشار کف پای در هر دو گروه هنگام راه رفتن الگوی به نسبت مشابهی دارد که با نتایج ارائه شده از سوی برخی تحقیقات نزدیک بود (۴۱)، اگر چه افراد گروه دچار صافی کف پا در مقایسه با گروه نرمال در نواحی مورد بررسی کف پای، دارای فشار بیشتری بودند. البته حداکثر فشار وارد شده تنها در نواحی انگشت شست، انگشتان دوم تا پنجم، متاتارسال دوم و سوم، میانه پا و قسمت داخلی پاشنه از نظر آماری به طور معنی‌دار در مرحله استانس راه رفتن در گروه دچار صافی کف پا بیشتر بود. البته بخش کمی از این مطالعات بر روی راه رفتن کودکان متمرکز شده است و نیازمند بررسی‌های بیشتر و دقیق‌تر می‌باشد.

Han و همکاران، اطلاعات فشار کف پای ۱۹ نفر که در دو گروه دچار صافی کف پا (۱/۲۲ سال) و کف پای طبیعی (۶/۲۰ سال) جای دادند را جمع‌آوری نمودند (۲۴). آن‌ها افزایش فشار را در نواحی انگشت شست و پنجم و متاتارسال‌های دوم و سوم افراد با پای صاف مشاهده کردند، ولی اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود. در نواحی پاشنه و متاتارسال‌های چهارم و پنجم کاهش معنی‌داری در گروه پای صاف در مقایسه با گروه نرمال دیده شد. یافته‌های تحقیق حاضر با برخی از نتایج Han و همکاران هماهنگ ولی با برخی دیگر (به ویژه در نواحی پاشنه و میانه پا) مطابقت ندارد. درصد زمانی وقوع اوج فشار در افراد مبتلا به صافی کف پا فقط در قسمت داخلی پاشنه نسبت به افراد نرمال زودتر حادث شد. به علاوه میزان تغییرات مرکز فشار بین دو گروه

آزمودنی‌ها و مدل مارکری به کار رفته برای جمع‌آوری اطلاعات کینماتیکی دانستند؛ چرا که از یک سو مدل مارکری معتبر برای کودکان تعریف نشده است و از سوی دیگر وجود خطای ذاتی در ثبت اطلاعات ناشی از حرکت پوست بدن در مفاصل با دامنه حرکتی کم‌نظیر حرکات اورژن و اینورژن پاشنه می‌تواند نتایج را محدود کند. بنابراین، وجود تناقض‌ها و محدودیت‌های موجود در ادبیات تحقیق مرتبط با ویژگی‌های کینماتیکی راه رفتن کودکان از یک سو و مطالعات معدود موجود در این حوزه از سوی دیگر سبب شده است تا الگوی دقیق و معتبری از فعالیت عضلانی اندام تحتانی در کودکان هنگام راه رفتن در دسترس نباشد که نتایج این تحقیق را با آن مقایسه کرد. هر چند Vittore و همکاران، فعالیت عضله تیبیالیس انتریور را در کودکان ۱۵-۱۰ ساله مبتلا به صافی کف پا منعطف در وضعیت‌های ایستاده و طاق‌باز با کودکان پای طبیعی مقایسه کردند و نتایج مشابه تحقیق حاضر را ارائه دادند (۳۵). آن‌ها گزارش کردند که هر چه شدت صافی کف پا بیشتر می‌شود، فعالیت الکتریکی تیبیالیس انتریور هم متناسب با آن کاهش می‌یابد که احتمال دارد این امر مربوط به ویژگی پاتولوژیکی صافی کف پای کودکان باشد. از منظر دیگر با توجه نتایج ارائه شده از سوی برخی مطالعات، اشاره شده است که فعالیت بیشتر عضله تیبیالیس انتریور در مبتلایان به صافی کف پا شاید به فعالیت جبرانی این عضله برای کاهش گشتاور پرونیشنی در مفصل ساب‌تالار در پای صاف باشد (۳۱، ۲۵). توضیح این‌که اکثر این مطالعات در جمعیت بزرگسالان انجام گرفته است و از سوی دیگر احتمال دارد عضله تیبیالیس پوسترئور به عنوان اینورتور قوی این وظیفه را عهده‌دار شود؛ چرا که نقش اینورتوری تیبیالیس انتریور کمتر است و بیشتر زمانی به اینورژن کمک می‌کند که پا به اینورژن متمایل شده باشد. البته اثبات این نظر در کودکان نیاز به بررسی فعالیت عضله تیبیالیس پوسترئور دارد که به علت عمقی بودن عضله در مطالعه حاضر فعالیت آن اندازه‌گیری نشد.

بررسی توزیع فشار کف پای

بار وارد شده بر پا با مقیاس فشار که برابر با نیرو تقسیم بر

تفاوت معنی‌داری را نشان داد.

بر اساس بررسی محققین این تحقیق، کار مشابهی که به بررسی زمان وقوع اوج فشار پرداخته باشد، پیدا نشد تا با نتایج به دست آمده مقایسه شود؛ اما به نظر می‌رسد چندین عامل می‌تواند در ایجاد این فشارها و نیروهای برشی وارد شده بر پا مانند شکل ساختاری پا، ارتفاع قوس طولی داخلی و عضلات حمایت کننده مچ پا مؤثر باشد. در افراد مبتلا به صافی کف پا سقوط قوس طولی داخلی باعث به هم خوردن ساختار بیومکانیکی پا می‌شود. راستای خط ثقل به سمت قسمت داخلی پا منحرف می‌شود که باعث تماس بیشتر قسمت داخلی پا با زمین می‌شود و افزایش فشار در نواحی میانی پا، قسمت داخلی پاشنه و متاتارسال‌های اول تا سوم را به همراه دارد. قوس‌های کف پا با یکدیگر یکپارچه هستند و عملکرد دینامیکی پا را ارتقا می‌بخشند. از آنجا سقوط قوس طولی داخلی می‌تواند بر قوس عرضی تأثیر گذارد و باعث سقوط آن شود. افزایش فشار در استخوان‌های کف پای دوم و سوم می‌تواند مشهودتر باشد. شاید سقوط قوس عرضی قدامی پا باعث می‌شود که در مرحله بلند شدن انگشتان (Toe-off) نیروی بیشتری بر انگشتان وارد شده و افزایش فشار را به دنبال داشته باشد.

شاید کاهش قوس‌های پا باعث شود که زمان اوج فشار در نواحی مختلف کف پا با تغییراتی همراه باشد. همان طور که نتایج نشان داد، در ناحیه داخلی پاشنه لحظه رسیدن به اوج فشار در افراد مبتلا به صافی کف پا (۱۳ درصد فاز استانس) از افراد نرمال (۱۸ درصد فاز استانس) به طور معنی‌داری زودتر اتفاق می‌افتد ($P = 0/029$). به نظر می‌رسد که دلیل این امر، وجود اورژن بیش از حد طبیعی در مفصل تحت قاپی باشد که در ساختار آناتومیکی صافی کف پا وجود دارد. این تغییرات ساختاری در عملکرد عضلات ساق پا نیز مؤثر است و می‌تواند باعث تمایل بیشتر به انجام حرکت پرونیشن در مرحله استانس و وقوع زودتر زمان اوج فشار در گروه دچار صافی کف پا نسبت به افراد نرمال گردد. حرکت مرکز فشار پا به سمت داخل که در گروه دچار صافی کف پا مشاهده شد نیز به دلیل وجود اورژن در این افراد است که

الگوی متفاوتی را نسبت به گروه نرمال ارایه می‌دهد. همچنین حرکت مرکز فشار پا به سمت داخل که الگوی متفاوتی را در مراحل انتقال وزن و میداستانس در گروه دچار صافی کف پا نسبت به گروه نرمال ارایه کرد می‌تواند ناشی از اورژن بیش از حد در گروه دچار صافی کف پا باشد.

لازم به ذکر است که اگر نتایج این تحقیق با اطلاعات کینماتیکی همراه بود، تفسیر نتایج راحت‌تر بود که از محدودیت‌های این مطالعه به شمار می‌رود. هر چند هم‌چنان که پیش‌تر نیز بیان شد، مطالعات کینماتیکی راه رفتن کودکان بسیار اندک و در عین حال مبین نتایج متناقض هستند. برای مثال Shih و همکاران عدم وجود اختلاف معنی‌دار را در اورژن مفصل تحت قاپی هنگام راه رفتن بین افراد دچار صافی کف پا و نرمال ارایه می‌دهند، هر چند در حالت استاتیکی افراد با پای صاف دارای اورژن بیشتر بودند (۱۳). از سوی دیگر Williams و همکاران وجود اورژن را در گیت افراد دچار صافی کف پا گزارش کرده‌اند (۱۱).

این مطالعه در جایگاه معدود مطالعات انجام شده در حوزه آنالیز راه رفتن کودکان و نوجوانان، دارای چند نقطه قوت بود. یکی بهره گرفتن از روش شاخص قوس پا با سیستم معتبر اسکن پا (۲۱، ۲۰) در وضعیت دینامیکی که در مطالعات بیومکانیکی عملکرد اندام تحتانی اهمیت فراوان دارد. به کارگیری این روش، می‌تواند الگوی مناسبی برای مطالعات مشابه یا آن دسته از مطالعاتی باشد که نیاز به اندازه‌گیری ساختار پا دارند؛ چرا که اندازه‌گیری ساختار آناتومیکی پا در وضعیت دینامیکی قادر است تأثیر دقیق‌تر ساختاری پا را در آنالیز گیت یا فعالیت‌های دینامیکی دیگر بررسی کند تا اندازه‌های استاتیکی. در این تحقیق اندازه‌های ارتفاع استخوان نایوکولار و شاخص قوس پا با اندازه‌های مشابه مطالعات پیشین مطابقت داشت (۲۴-۲۲) که بیان کننده دقت و مناسبیت این اندازه‌ها در بررسی ساختار پا می‌باشد.

دوم، بررسی فعالیت عضلانی و توزیع فشار کف پای در صافی کف پای منطف که جز اولین مطالعاتی است که اطلاعات مفیدی در اختیار محققین و درمانگران برای طراحی برنامه درمانی قرار می‌دهد. البته باید این نکته را هم مدنظر

گروه نرمال را نشان داد. نتایج حاصل شده می‌تواند ضرورت توجه به فشار کف پای بیشتر در افراد دچار صافی کف پا را جهت پیشگیری از مشکلات بعدی یادآوری کند. هر چند به دلیل وجود اطلاعات بسیار اندک در این حوزه مطالعاتی، برای استنتاج کلینیکی نیاز به تحقیقات بیشتر وجود دارد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق بخش عمده‌ای از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی بود که محققین ضمن ابلاغ تشکر و امتنان از مسؤولین دانشگاه بوعلی سینا، مراتب تقدیر و تشکر خود را از کلیه مسؤولین آموزش و پرورش همدان و دانش‌آموزانی که در انجام آزمایش‌ها شرکت نمودند، اعلام می‌دارند.

قرار داد که در تعمیم یافته‌های این تحقیق به افراد با کف پای پاتولوژیکی صاف باید جانب احتیاط را رعایت کرد. در مقابل محدودیت‌هایی نیز در تحقیق حاضر وجود داشت مانند این‌که اطلاعات کینماتیکی مورد بررسی قرار نگرفت و بنابراین نتایج حاصل شده تنها تفاوت در الگوهای فعالیت عضلانی منتخبی از عضلات اندام تحتانی و همچنین توزیع فشار در نواحی مختلف کف پای را در صافی کف پا منعطف بیان می‌دارد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این تحقیق وجود برخی تغییرات در عملکرد عضلات اندام تحتانی و ویژگی‌های فشار کف پای هنگام راه رفتن در پسران نوجوان با ساختار صافی کف پای منعطف در مقایسه با

References

- Twomey D, McIntosh AS, Simon J, Lowe K, Wolf SI. Kinematic differences between normal and low arched feet in children using the Heidelberg foot measurement method. *Gait Posture* 2010; 32(1): 1-5.
- McPoil TG, Knecht HG. Biomechanics of the foot in walking: a function approach. *J Orthop Sports Phys Ther* 1985; 7(2): 69-72.
- Harris GF, Smith PA. *Foot and ankle motion analysis: clinical treatment and technology*. Oxford, UK: Taylor & Francis; 2010.
- Halleman A, De Clercq D, Van Dongen S, Aerts P. Changes in foot-function parameters during the first 5 months after the onset of independent walking: a longitudinal follow-up study. *Gait Posture* 2006; 23(2): 142-8.
- Scott G, Menz HB, Newcombe L. Age-related differences in foot structure and function. *Gait Posture* 2007; 26(1): 68-75.
- Chen JP, Chung MJ, Wang MJ. Flatfoot prevalence and foot dimensions of 5- to 13-year-old children in Taiwan. *Foot Ankle Int* 2009; 30(4): 326-32.
- El O, Akcali O, Kosay C, Kaner B, Arslan Y, Sagol E, et al. Flexible flatfoot and related factors in primary school children: a report of a screening study. *Rheumatol Int* 2006; 26(11): 1050-3.
- Volpon JB. Footprint analysis during the growth period. *J Pediatr Orthop* 1994; 14(1): 83-5.
- Garcia-Rodriguez A, Martin-Jimenez F, Carnero-Varo M, Gomez-Gracia E, Gomez-Aracena J, Fernandez-Crehuet J. Flexible flat feet in children: a real problem? *Pediatrics* 1999; 103(6): e84.
- Ledoux WR, Hillstrom HJ. Acceleration of the calcaneus at heel strike in neutrally aligned and pes planus feet. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2001; 16(7): 608-13.
- Williams III DS, McClay IS, Hamill J, Buchanan TS. Lower extremity kinematic and kinetic differences in runners with high and low arches. *J Appl Biomech* 2001; 17(2): 153-63.
- Twomey DM, McIntosh AS. The effects of low arched feet on lower limb gait kinematics in children. *Foot (Edinb)* 2012; 22(2): 60-5.
- Shih YF, Chen CY, Chen WY, Lin HC. Lower extremity kinematics in children with and without flexible flatfoot: a comparative study. *BMC Musculoskelet Disord* 2012; 13: 31.
- Benedetti MG, Ceccarelli F, Berti L, Luciani D, Catani F, Boschi M, et al. Diagnosis of flexible flatfoot in children: a systematic clinical approach. *Orthopedics* 2011; 34(2): 94.
- Lee JH, Sung IY, Yoo JY. Clinical or radiologic measurements and 3-D gait analysis in children with pes planus. *Pediatr Int* 2009; 51(2): 201-5.
- Frigo C, Crenna P. Multichannel SEMG in clinical gait analysis: a review and state-of-the-art. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2009; 24(3): 236-45.

17. Hunt AE, Smith RM. Mechanics and control of the flat versus normal foot during the stance phase of walking. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2004; 19(4): 391-7.
18. Murley GS, Menz HB, Landorf KB. Foot posture influences the electromyographic activity of selected lower limb muscles during gait. *J Foot Ankle Res* 2009; 2: 35.
19. Keenan MA, Peabody TD, Gronley JK, Perry J. Valgus deformities of the feet and characteristics of gait in patients who have rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am* 1991; 73(2): 237-47.
20. Firth J, Turner D, Smith W, Woodburn J, Helliwell P. The validity and reliability of PressureStat for measuring plantar foot pressures in patients with rheumatoid arthritis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2007; 22(5): 603-6.
21. Kwon OY, Mueller MJ. Walking patterns used to reduce forefoot plantar pressures in people with diabetic neuropathies. *Phys Ther* 2001; 81(2): 828-35.
22. Chuckpaiwong B, Nunley JA, Mall NA, Queen RM. The effect of foot type on in-shoe plantar pressure during walking and running. *Gait Posture* 2008; 28(3): 405-11.
23. Pauk J, Daunoraviciene K, Ihnatouski M, Griskevicius J, Raso JV. Analysis of the plantar pressure distribution in children with foot deformities. *Acta Bioeng Biomech* 2010; 12(1): 29-34.
24. Han JT, Koo HM, Jung JM, Jung Kim Y, Lee JH. Differences in plantar foot pressure and COP between flat and normal feet during walking. *Journal of Physical Therapy Science* 2011; 23(4): 683-5.
25. Murley GS, Menz HB, Landorf KB. A protocol for classifying normal- and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements. *J Foot Ankle Res* 2009; 2: 22.
26. Mickle KJ, Steele JR, Munro BJ. Is the foot structure of preschool children moderated by gender? *J Pediatr Orthop* 2008; 28(5): 593-6.
27. Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, et al. European recommendations for surface electromyography SENIAM 8 [Project]. Enschede, NL: Roessingh Research and Development; 1999.
28. Albertus-Kajee Y, Tucker R, Derman W, Lamberts RP, Lambert MI. Alternative methods of normalising EMG during running. *J Electromyogr Kinesiol* 2011; 21(4): 579-86.
29. Latour E, Latour M, Arlet J, Adach Z, Bohatyrewicz A. Gait functional assessment: Spatio-temporal analysis and classification of barefoot plantar pressure in a group of 11-12-year-old children. *Gait Posture* 2011; 34(3): 415-20.
30. Sutherland DH, Cooper L, Daniel D. The role of the ankle plantar flexors in normal walking. *J Bone Joint Surg Am* 1980; 62(3): 354-63.
31. Ringleb SI, Kavros SJ, Kotajarvi BR, Hansen DK, Kitaoka HB, Kaufman KR. Changes in gait associated with acute stage II posterior tibial tendon dysfunction. *Gait Posture* 2007; 25(4): 555-64.
32. Daneshmandi H, Saki F, Shahheidari S. Lower extremity malalignment and linear relation with Q angle in female athletes. *Brazilian Journal of Biomotricity* 2011; 5(1): 45-52.
33. Hvid I, Andersen LI. The quadriceps angle and its relation to femoral torsion. *Acta Orthop Scand* 1982; 53(4): 577-9.
34. Levinger P, Murley GS, Barton CJ, Cotchett MP, McSweeney SR, Menz HB. A comparison of foot kinematics in people with normal- and flat-arched feet using the Oxford Foot Model. *Gait Posture* 2010; 32(4): 519-23.
35. Vittore D, Patella V, Petreria M, Caizzi G, Ranieri M, Putignano P, et al. Extensor deficiency: first cause of childhood flexible flat foot. *Orthopedics* 2009; 32(1): 28.
36. Cavanagh PR, Rodgers MM, Iiboshi A. Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. *Foot Ankle* 1987; 7(5): 262-76..
37. Azizpour S, Anbarian M. Effects of pronated and supinated foot types on the surface electromyographic activity of selected lower limb muscles during gait. *Studies in Sport Medicine* 2012; 10: 123-38
38. Lin CJ, Lai KA, Kuan TS, Chou YL. Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. *J Pediatr Orthop* 2001; 21(3): 378-82.
39. Rai DV, Aggarwal LM, Bahadur R. Plantar pressure changes in normal and pathological foot during bipedal standing. *Foot* 2006; 40(2): 119-22.
40. Burnfield JM, Few CD, Mohamed OS, Perry J. The influence of walking speed and footwear on plantar pressures in older adults. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2004; 19(1): 78-84.
41. Bahramian H, Ghoseiri K. Foot plantar pressure assessment in type ii diabetic patients with mild neuropathy. *J Rehab* 2011; 12(2(47)): 32-3.

The effect of flat foot on lower limb muscles activity pattern and plantar pressure characteristics during walking

Hojat Beinabaji¹, Mehrdad Anbarian^{*}, Yahya Sokhangouei²

Abstract

Original Article

Introduction: The effect of abnormal foot structure on dynamic function in lower extremity, particularly among children and adolescents has yet received little attention. The purpose of this study was to determine the electromyographic (EMG) activation patterns of selected lower limb muscles and plantar pressure characteristics during gait in teenage boys with normal and flat foot deformity.

Materials and Methods: Twelve subjects with flat foot and twelve with normal foot defined by arch index method participated in this study. Surface electromyographic activity of selected lower limb muscles for tibialis anterior, peroneus longus, soleus, medial and lateral gastrocnemius were recorded. Plantar pressure characteristics were measured at their self-selected walking speed along a 10 m walkway. Independent t-test was used for statistical analyses.

Results: EMG of medial and lateral gastrocnemius muscles were significantly greater in individuals with normal foot compared with flat foot group during loading response phase ($P = 0.001$) While medial gastrocnemius showed a decreased activation in terminal stance phase ($P = 0.048$). Peak pressure under foot regions including hallux and other toes, head of 2nd and 3th metatarsals and medial part of heel was greater in pes planus group. Center of pressure displacement was different between two groups during loading response, mid stance, and stance phase ($P = 0.011$, $P = 0.015$, and $P = 0.050$, respectively).

Conclusion: Abnormal foot posture could change the lower limb muscle activity and plantar pressure parameters during gait. The results of this study suggest that further studies can focus on the effects of foot abnormality on dynamic function in lower extremity to understand the underlying mechanisms and also set the suitable treatment manner.

Keywords: Flat foot; Gait; Electromyography; Plantar pressure

Citation: Beinabaji H, Anbarian M, Sokhangouei Y. **The effect of flat foot on lower limb muscles activity pattern and plantar pressure characteristics during walking.** J Res Rehabil Sci 2012; 8(8): 1328-41.

Received date: 08/06/2012

Accept date: 27/02/2013

* Associate Professor, Department of Physical education and Sport Sciences, School of Literature and Humanities, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran (Corresponding Author) Email: m_anbarian@yahoo.com

1- Department of Physical education and Sport Sciences, School of Literature and Humanities, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Physiotherapy, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran