

طب ورزشی _ پاییز و زمستان ۱۳۹۲
دوره ۵، شماره ۲ - ص: ۷۳ - ۸۶
تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۲۱
تاریخ تصویب: ۹۲/۰۸/۱۹

اثر هشت هفته تمرین اصلاحی بر الگوی توزیع فشار کف پایي نوجوانان دچار زانوی پرنانزی حین راه رفتن

۱. حامد اسماعیلی - ۲. مهرداد عنبریان^۱ - ۳. فاطمه سالاری اسکر

۱. دانشجوی دکتری دانشگاه بوعلی سینا، ۲. دانشیار دانشگاه بوعلی سینا، ۳. کارشناس ارشد دانشگاه بوعلی سینا

چکیده

هدف این تحقیق تعیین اثر هشت هفته تمرین اصلاحی بر الگوی توزیع فشار کف پایي نوجوانان دچار زانوی پرنانزی بود. ۱۲ پسر ۱۳ تا ۱۷ ساله دچار دفورمیتی زانوی پرنانزی به عنوان گروه تجربی و ۱۲ نفر بدون دفورمیتی به عنوان گروه شاهد در این تحقیق شرکت کردند. از دستگاه اندازه گیری فشار کف پایي برای اندازه گیری پارامترهای کف پایي حین فاز استانس راه رفتن استفاده شد. گروه دچار زانوی پرنانزی هشت هفته تمرین اصلاحی انجام دادند. در ابتدا و انتهای دوره پیش‌آزمون و پس‌آزمون گرفته شد. اطلاعات جمع‌آوری شده گروه‌ها از طریق روش‌های آماری t مستقل و همبسته در سطح معناداری ۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شد. نتایج پیش‌آزمون نشان داد که افراد دچار زانوی پرنانزی در ناحیه انگشتان دوم تا پنجم، حداکثر فشار بیشتری را نسبت به افراد گروه شاهد تجربه می‌کنند ($P=0/018$). مرکز فشار پا در جهت جانب داخلی-خارجی این افراد در زیر فاز تماس پاشنه با زمین بیشتر سوپی نیت است ($P=0/049$). تمرینات اصلاحی موجب کاهش حداکثر فشار در ناحیه انگشتان دوم تا پنجم در گروه تجربی شد ($P=0/022$)، اما تغییر معناداری در مقادیر مرکز فشار پا در جهت جانب داخلی-خارجی مشاهده نشد ($P>0/05$). با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که حرکات اصلاحی موجب بهبود الگوی توزیع فشار افراد دچار زانوی پرنانزی و بهبود الگوی راه رفتن می‌شود.

واژه‌های کلیدی

تمرینات اصلاحی، راه رفتن، زانوی پرنانزی، فشار کف پایي، نوجوانان.

مقدمه

انسان در طول عمر خود حدود ۱۱۵/۰۰۰ مایل راه می‌رود (۵). پا، نقطه انتهایی زنجیره حرکتی انسان در حین حرکات انتقالی است (۲۸). از نظر بیومکانیکی اندام تحتانی باید نیروهای خمشی، پیچشی، برشی و فشاری را در فاز استانس راه رفتن به‌خوبی توزیع کند. توزیع نامناسب این نیروها ممکن است سبب حرکت غیرطبیعی و در نتیجه وارد آمدن بار اضافی بر بافت‌های پا شود؛ این امر موجب آسیب بافت‌های نرم و ناکارایی عضلات می‌شود (۲۱). اساساً زمانی که دفورمیتی ساختاری یا عملکردی در مفصلی بروز و گسترش پیدا کند، مفاصل مجاور از طریق حرکات جبرانی موجب تعدیل آن دفورمیتی می‌شوند. برای مثال مفصل ساب‌تالار در پاسخ به دفورمیتی‌های واروس یا والگوس زانو، از طریق حرکات سوپی نیشن^۱ یا پرونیشن^۲ سبب تعدیل دفورمیتی زانو می‌شود (۳۱).

راستای غیرطبیعی^۳ اندام تحتانی در صفحه فرونتال یک ریسک‌فاکتور برای ایجاد و توسعه استئوآرتروز زانو به‌شمار می‌رود (۲۹، ۱۲، ۹). در این بین، انحراف اضافی واروس زانو با اضافه‌بار بیش از حد معمول کمپارتمان داخلی زانو و شیوع استئوآرتروز در ارتباط است (۲۰). افراد به‌ویژه نوجوانان دچار واروس زانو یا زانوی پرانتری بیشتر در معرض ابتلا به استئوآرتروز کمپارتمان داخلی زانو قرار دارند (۶). دلیل این مسئله بیشتر بودن گشتاور نزدیک‌کنندگی زانو در راه رفتن و دیگر تکالیف همراه با تحمل وزن است (۱۱). در این افراد واروس زانو موجب ایجاد حرکات جبرانی در دیگر مفاصل می‌شود. هرچه شدت واروس زانو بیشتر باشد، پاشنه پا در لحظه تماس پاشنه با زمین حین گام‌برداری در وضعیت واروس بیشتری قرار می‌گیرد. بنابراین عقب پا^۴ و احتمالاً وسط پا^۵ متحمل پرونیشن بیشتری می‌شود تا به پا در پیشروی حرکت کمک کند (۸). جلو پا^۶ نیز به وضعیت والگوس می‌رود (۱۹). این حرکات موجب حرکت غیرمستقیم زانو به سمت داخل می‌شود و به کاهش گشتاور نزدیک‌کنندگی در زانو کمک می‌کند (۸)؛ در نتیجه مکانیک پا برای اجرای این حرکات جبرانی دچار تغییرات غیرطبیعی می‌شود که می‌تواند احتمال ابتلا به استئوآرتروز مفاصل مچ-کف پای را افزایش دهد که

-
1. Supination
 2. Pronation
 3. Malalignment
 4. Rearfoot
 5. Midfoot
 6. Forefoot

یکی از آسیب‌های شایع و از علل درد پا محسوب می‌شود (۲۶،۱۳). استئوآرتریت مفاصل مچی-کف پای به‌عنوان یکی از علل مهم سبب احساس درد در افراد مبتلا شده و مانع شرکت آنها در فعالیت‌های انتقالی به‌ویژه راه رفتن می‌شود (۲۶). بر اساس شواهد درد پا ممکن است مرتبط با فشار مکانیکی در نواحی مختلف کف پا (۱۴) باشد که وارد آمدن این بارهای نامتعادل می‌تواند بر گشتاور شبکه‌ای مفاصل و نیروهای عکس‌العمل مفاصل تأثیر بگذارد و فشار غیرطبیعی بر مفصل وارد آورد (۱۶، ۳۲).

در بین روش‌های آنالیز راه رفتن، اندازه‌گیری توزیع فشار کف پا یکی از روش‌های متداول و جدید است که عملکرد پا را در شرایط استاتیکی و دینامیکی به‌صورت کمی بررسی می‌کند (۱۸). از آنجا که توزیع نامناسب نیروهای کف پای سبب بروز حرکات غیرطبیعی و اعمال استرس در ساختار پا می‌شود، ابزار مفیدی برای ارزیابی عملکرد افراد با مشکلات اندام تحتانی است (۲۷). از میان پارامترهای فشار کف پای، اغلب حداکثر فشار کف پای استفاده می‌شود که حداکثر بار وارده بر نواحی مختلف پا را طی یک گام نشان می‌دهد (۱۰).

معدود مطالعاتی نقش مثبت حرکات اصلاحی و درمانی را در کاهش شدت عارضهٔ دفورمیتی‌های زانو مانند زانوی پرانتری را گزارش کرده‌اند (۱)، اما اثربخشی تمرینات بر الگوی گام‌برداری کمتر مورد توجه بوده است. البته در برخی از تحقیقات گذشته توزیع فشار کف پا در انواع مشکلات ساختاری اندام تحتانی مانند دفورمیتی کف پای صاف حین راه رفتن بررسی شده است. اما با وجود شیوع زیاد دفورمیتی زانوی پرانتری (۲) و تأثیر آن بر حرکات جبرانی پا طی راه رفتن (۱۹،۸) و در نتیجه تغییر الگوی طبیعی گام‌برداری به‌ویژه در کودکان و نوجوانان کمتر به آن پرداخته شده است. شناسایی اختلالات گام‌برداری در سنین پایین اطلاعات مفیدی را در اختیار محققان با اهداف کلینیکی و درمانی قرار می‌دهد. بنابراین، ارائهٔ جزئیات اختلالات گام‌برداری مرتبط با دفورمیتی‌های اندام تحتانی و به‌کارگیری روش‌های اصلاحی غیرتهاجمی که کمتر مورد توجه بوده است، ضرورت می‌یابد. اهداف پژوهش حاضر عبارتند از: مقایسهٔ متغیرهای فشار کف پای در نوجوانان دچار زانوی پرانتری یا وروس زانو و گروه همسالان نرمال در فاز استانس راه رفتن شامل سه زیرفاز (تماس پاشنه، میداستانس و پروپالژن) و مشخص کردن اثر هشت هفته تمرین اصلاحی بر تغییر پارامترهای توزیع فشار کف پای.

روش تحقیق

این پژوهش یک مطالعه شبه تجربی با گروه‌های تجربی و شاهد با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. ۱۵ پسر دچار واروس در ناحیه زانو شناسایی شدند و در گروه تجربی جای گرفتند، اما به دلیل عدم مشارکت ۳ نفر از آزمودنی‌های گروه تجربی تا پایان دوره پروتکل تمرینات اصلاحی، داده‌های ۱۲ نفر در تجزیه و تحلیل استفاده و گزارش شد. این افراد از بین ۴۰۰ دانش‌آموز ۱۳ تا ۱۷ ساله و با توجه به شرایط مورد نیاز انتخاب شدند و در این تحقیق شرکت کردند. ۱۲ پسر نوجوان با راستای طبیعی ناحیه زانو نیز به طور در دسترس و همسان در گروه شاهد جای گرفتند. انتخاب گروه فاقد عارضه زانوی پرانتری در این تحقیق به دو دلیل بود: ۱. مقایسه تفاوت گروه دچار زانوی پرانتری در پارامترهای فشار کف پای با الگوی نرمال در پیش‌آزمون (با توجه به محدودیت تحقیقات در این حوزه مطالعاتی)؛ ۲. تعیین اثر تمرینات اصلاحی در نزدیک کردن به الگوی راه رفتن طبیعی در گروه تجربی. ویژگی‌های فردی آزمودنی‌های دو گروه در جدول ۱ آورده شده است.

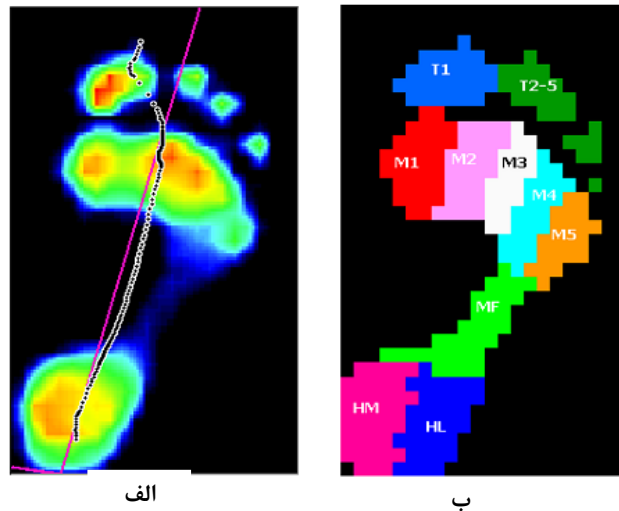
جدول ۱. اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌های حاضر در این پژوهش

گروه‌ها	تعداد	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	فاصله بین دو اپی‌کوندیل داخلی زانو
تجربی	۱۲	۰/۷±۱۵/۶۱	۵/۳۹±۱۶۷/۷۵	۶/۹۸±۵۴/۳۷	۱/۵۱±۶/۹
شاهد	۱۲	۰/۶±۱۵/۴	۴/۹۲±۱۶۴/۳۷	۵/۹۹±۵۷/۳۷	صفر

معیارهای ورود به گروه شاهد شامل عدم سابقه جراحی و صدمات شدید در اندام فوقانی و تحتانی بود (با توجه به بررسی پرونده پزشکی و پرسشنامه تکمیل شده توسط والدین دانش‌آموزان). علاوه بر شرایط مذکور، با انجام دادن تست‌هایی همانند تست آدامز، استفاده از شاقول و صفحه شطرنجی، اندازه‌گیری فاصله دو قوزک و دو اپی‌کوندیل داخلی ران با کولیس و استفاده از دستگاه فوت اسکن (برای تشخیص کف پای صاف و گود)، دانش‌آموزانی که فاقد هرگونه ناهنجاری قامتی بودند، به‌عنوان گروه شاهد انتخاب شدند. افراد گروه تجربی ضمن برخورداری از معیارها و ویژگی‌های گروه کنترل تنها در ناحیه زانو دارای دفورمیتی زانوی پرانتری بودند.

قبل از اجرای تست‌ها، رضایت آزمودنی‌ها و والدین آنها برای شرکت در تحقیق گرفته شد. در پیش‌آزمون، از افراد دو گروه خواسته شد تا با سرعت انتخابی مسیر ۱۴ متری گام‌برداری را طی کنند. داده‌های توزیع فشار کف پای طی فاز استانس راه رفتن به وسیله دستگاه اندازه‌گیری فشار کف پای RS-Scan ساخت بلژیک که در

وسط مسیر گام‌برداری قرار داده شده بود، جمع‌آوری شد. ابعاد این دستگاه ۴۰×۱۰۰ سانتی‌متر با تعداد ۸۱۹۲ حسگر و فرکانس نمونه‌گیری ۲۵۳ هرتز است. بزرگی توزیع فشار با رنگ‌بندی‌های به‌کاررفته مشخص می‌شود. رنگ آبی نماینده کمترین فشار و قرمز نشان‌دهنده بیشترین فشار است و رنگ سیاه نبود فشار را نشان می‌دهد. میزان فشار کف پای در ده ناحیه آناتومیکی حساس به فشار شامل شست پا، انگشتان دوم تا پنجم، سرم تاتار ساله‌ای اول تا پنجم، ناحیه میانی پا و نواحی داخلی و خارجی پاشنه پا به‌وسیله دستگاه مشخص می‌شود (شکل ۱ ب). از آزمودنی‌ها خواسته شد تا هنگام راه رفتن در مسیر گام‌برداری وضعیت سر خود را به سمت جلو نگاه‌دارند و به سطح زمین نگاه نکنند. هر آزمودنی مسیر را سه بار برای آشنایی با مسیر و سه بار هم به‌عنوان تست اصلی طی کردند. از بین پارامترهای کف پای، حداکثر فشار کف پای برای مقایسه بین گروه‌ها در نظر گرفته شد. علاوه بر آن مقادیر انحراف مرکز فشار از محور طولی پا نیز در این تحقیق در نظر گرفته شد. تغییرات مرکز فشار COP_x تغییرات داخلی-خارجی^۱ مرکز فشار نسبت به محور X را که بر محور طولی پا عمود است، بیان می‌کند. مقادیر مثبت نشان‌دهنده حرکت داخلی مرکز فشار یا پرونیشن پا و مقادیر منفی نشان‌دهنده حرکت مرکز فشار به سمت خارج پا یا سوپی نیشن پاست (شکل ۱ الف).



شکل ۱. نواحی ده‌گانه پا (ب)، وضعیت مرکز فشار نسبت به محور طولی پا (الف)

پس از پیش‌آزمون، افراد حاضر در گروه دچار زانوی پرانتری تمرینات اصلاحی را به مدت هشت هفته انجام دادند.

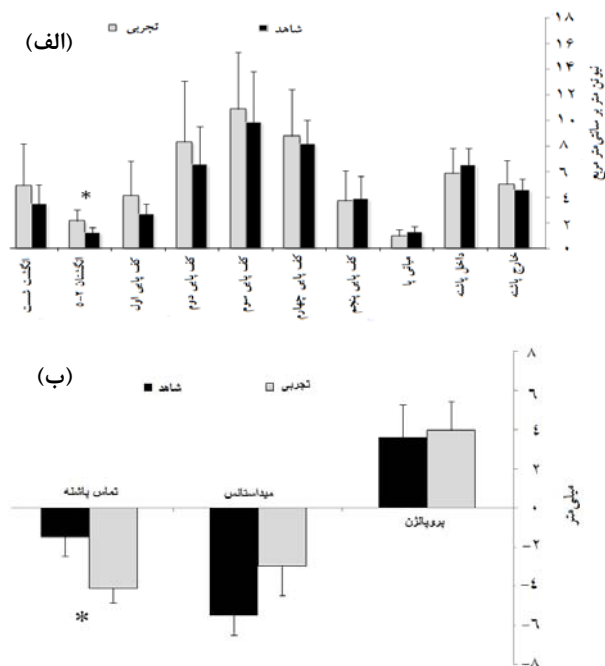
پروتکل تمرینی

پروتکل تمرینی شامل سه جلسه تمرین در هفته، به مدت هشت هفته بود و بین هر دو وهله تمرینی، دست کم ۲۴ تا ۴۸ ساعت استراحت وجود داشت. در طول این دوره گروه شاهد فعالیت روزانه خود را انجام می‌دادند و از انجام دادن حرکات و تمرینات مقاومتی و قدرتی خودداری می‌کردند. قدرت
$$RM = \frac{\text{مقدار بار}}{\text{تعداد تکرار} - ۰.۰۲}$$
 هر جلسه تمرینی با گرم کردن عمومی به مدت ده دقیقه شروع می‌شد و به دنبال آن دو تمرین ساده انجام می‌گرفت: ۱. کشش عضلات ناحیه داخلی ران و زانو (شامل کشش عضلات نزدیک‌کننده ران و عضلات جانب داخلی مفصل زانو در وضعیت نشسته (درحالی‌که آزمودنی به دیوار تکیه داده بود، آزمونگر برای باز کردن بیشتر مفصل ران آزمودنی سعی می‌کرد) و ایستاده (آزمودنی به پهلو در کنار نردبانی که به دیوار فیکس شده بود، قرار می‌گرفت و درحالی‌که وزن روی یک پا قرار داشت، سعی می‌کرد پای دیگر را روی پله‌های بالاتر نردبان قرار دهد). هر تمرین کششی حدود ۲۰ ثانیه طول می‌کشید و پنج مرتبه انجام می‌گرفت (۲۵). بین هر تمرین کششی استراحت کوتاهی داده می‌شد. ۲. تقویت عضلات ناحیه خارجی زانو و آبداکتور ران که با اجرای حرکات با دستگاه سیم‌کش و مقدار مقاومت ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه و ده بار تکرار انجام می‌گرفت (۷). مقادیر یک تکرار بیشینه طی انتهای هفته چهارم دوباره اندازه‌گیری می‌شد و در جلسات بعدی از مقدار یک تکرار بیشینه جدید در اجرای تمرینات استفاده شد. همه تمرینات در دو طرف بدن انجام می‌گرفت. بین ست‌های تمرینات قدرتی دو دقیقه استراحت داده می‌شد. یک جلسه تمرینی حدود ۴۵ دقیقه به درازا می‌کشید. در طول اجرای تمرینات یک مربی بر تمرینات آزمودنی‌ها نظارت داشت. این پروتکل برای افزایش قدرت عضلانی طراحی شده بود که دارای ست‌های کم، تعداد تکرارهای متوسط و بار کم تا متوسط بود (۷). این پروتکل تمرینی اجازه می‌داد تا آزمودنی‌ها با امنیت این تمرینات را انجام دهند. هر جلسه تمرین با پنج دقیقه سرد کردن شامل درجا دویدن، اجرای حرکات کششی عمومی و راه رفتن به اتمام می‌رسید. پس از اتمام دوره پروتکل تمرینی، آزمودنی‌ها دوباره به آزمایشگاه دعوت شدند و از آنها پس‌آزمون گرفته شد. شرایط پس‌آزمون دقیقاً شبیه به پیش‌آزمون بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ صورت گرفت. برای تجزیه و تحلیل‌های آماری از تست تی مستقل و وابسته استفاده شد. سطح معناداری در این پژوهش $\alpha=0.05$ در نظر گرفته شد.

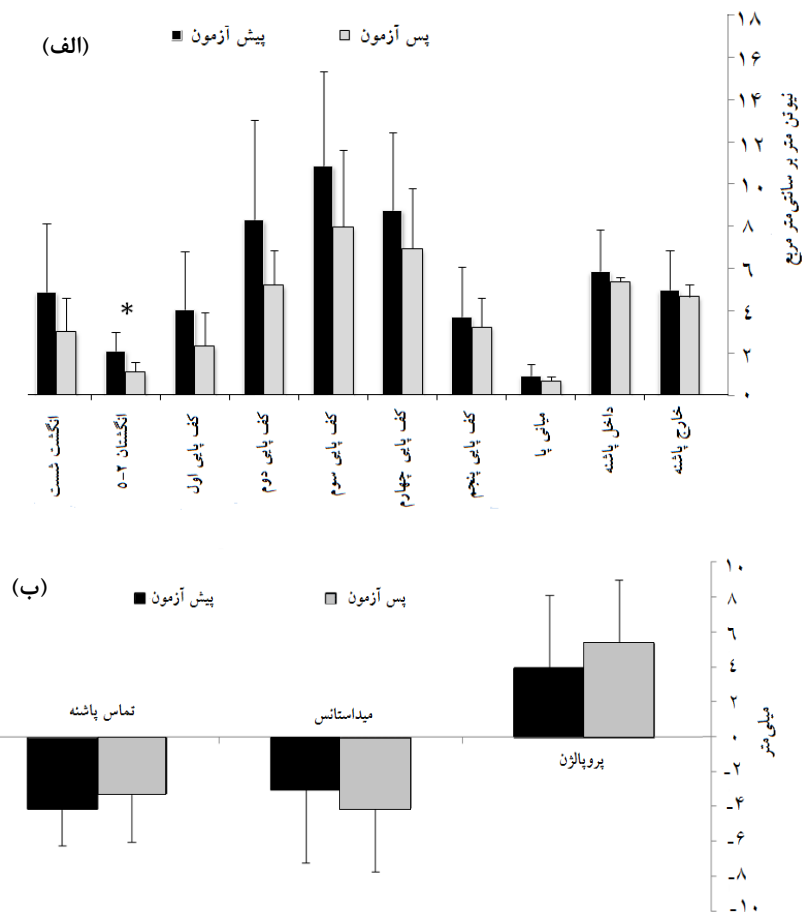
نتایج و یافته‌های تحقیق

نتایج پیش‌آزمون نشان داد که مقدار حداکثر فشار کف پای در ناحیه انگشتان دوم تا پنجم افراد حاضر در گروه تجربی به‌طور معناداری از گروه شاهد بیشتر ($P=0/018$) است (شکل ۲ الف). همچنین مقادیر Cop_x در این افراد در زیر فاز تماس پاشنه منفی‌تر بود یا به‌عبارتی پا در این فاز بیشتر سوپی‌نیت بود ($P=0/049$) (شکل ۲ ب).

در پس‌آزمون مقدار حداکثر فشار کف پای در ناحیه انگشتان دوم تا پنجم به‌طور معناداری در گروه دچار زانوی پرانتری کاهش یافت ($P=0/022$) (شکل ۳ الف). در مقدار Cop_x هیچ تفاوتی بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در زیر فازهای مختلف استانس راه رفتن در گروه دچار زانوی پرانتری مشاهده نشد (شکل ۳ ب). متغیرهای مورد بررسی در گروه شاهد تغییر معناداری را در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون به لحاظ آماری نشان نداد، بنابراین از نمایش اطلاعات مربوط به پس‌آزمون این گروه چشم‌پوشی شد.



شکل ۲. مقایسه حداکثر فشار کف پای بین دو گروه در پیش‌آزمون (الف)، مقایسه مقادیر Cop_x بین دو گروه در پیش‌آزمون در زیر فازهای استانس راه رفتن (ب)



شکل ۳. مقایسه نتایج مربوط به متغیرهای حداکثر فشار کف پای (الف) و مقادیر مربوط به Cop_x در زیرفازهای استانس راه رفتن (ب) در گروه دچار زانوی پرانتری طی پیش آزمون و پس آزمون

بحث و نتیجه گیری

هدف تحقیق حاضر بررسی توزیع فشار کف پای طی فاز استانس راه رفتن در نوجوانان پسر دچار زانوی پرانتری در مقایسه با همسالان نرمال و تعیین اثر تمرینات اصلاحی در تغییر الگوی توزیع فشار کف پای بود. نحوه توزیع حداکثر فشار کف پای تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند سن، نژاد و همچنین خصوصیات دستگاه اندازه گیری

قرار می‌گیرد (۶). نتایج این تحقیق نشان داد که مقادیر حداکثر فشار در نواحی مختلف پا تنها در ناحیه انگشتان دوم تا پنجم بین دو گروه شاهد و تجربی متفاوت است و در دیگر نواحی نه‌گانه پا هیچ‌گونه اختلاف معناداری بین مقادیر حداکثر فشار در دو گروه مشاهده نشد. نتایج تحقیقات پیشین در زمینه تجزیه و تحلیل کینماتیکی راه رفتن نوجوانان و جوانان دچار زانوی پرانتری نشان داده است با اینکه دفورمیتی در صفحه فرونتال است، علاوه بر صفحه فرونتال تغییرات متعددی در متغیرهای کینماتیکی و کینتکی در صفحه ساجیتال و هوریزنتال نیز ایجاد می‌کند (۳۰). این دفورمیتی در صفحه ساجیتال موجب کاهش معنادار حداکثر گشتاور اکستنشنی زانو و حداکثر دامنه اکستنشن زانو در مرحله پایانی استانس راه رفتن می‌شود (۳۰). حداکثر گشتاور چرخش داخلی زانو و حداکثر گشتاور چرخش خارجی ران (در صفحه هوریزنتال) طی فاز استانس راه رفتن در افراد دچار زانوی پرانتری نسبت به همسالان نرمال بیشتر است. مقادیر گشتاور نزدیک‌کننده وارد بر مفصل زانو در صفحه فرونتال حدود ۳۲ درصد در نوجوانان و جوانان دچار زانوی پرانتری نسبت به همسالان نرمال بیشتر است (۳۰). اما همان‌طور که نتایج پژوهش حاضر نشان داد، تنها حداکثر فشار پا در ناحیه انگشتان دوم تا پنجم در نوجوانان و جوانان دارای ناهنجاری زانوی پرانتری نسبت به همسالان نرمال بیشتر بود. از آنجا که فشار از تقسیم نیرو بر سطح مقطعی که نیرو بر آن وارد می‌شود، محاسبه می‌گردد، احتمالاً یکی از دلایل بیشتر بودن حداکثر فشار در ناحیه انگشتان دوم تا پنجم در افراد دچار زانوی پرانتری طی فاز استانس راه رفتن، بیشتر بودن مقادیر حداکثر گشتاور چرخش داخلی زانو طی فاز استانس راه رفتن است (۴، ۱۷، ۳۰). همچنین واروس زانو (پای پرانتری) سبب والگوس جلو پا (۱۹) و در نتیجه کاهش سطح مقطع کاهش می‌یابد؛ از این رو این مسئله موجب بالا رفتن فشار در این ناحیه می‌شود. میزان سوپی نیت بودن پا طی فاز تماس پاشنه با زمین در گروه دچار زانوی پرانتری نسبت به گروه نرمال بیشتر بود. حرکات در مفصل میدتارسال به وضعیت ساب تالار وابسته است، وقتی که مفصل ساب تالار در وضعیت پرونیشن قرار دارد، دو محور مفصل ساب تالار موازی هستند که سبب تحرک پذیری و در نتیجه جذب شوک بالا در مفصل میدتارسال می‌شود (۲۳). حرکت اصلی پا طی فاز تماس پاشنه (۱۵ درصد ابتدایی فاز استانس) پرونیشن و جذب شوک ناشی از انتقال وزن طی فاز تماس پاشنه با زمین است (۱۵). بنابراین سوپی نیت بودن بیشتر پا در افراد دچار زانوی پرانتری طی فاز تماس پاشنه با زمین می‌تواند سبب کاهش قابلیت جذب شوک و متعاقب آن ایجاد درد و استئوآرتریت مفاصل مچی - کف پای شود.

نتایج تحقیق عنبریان و همکاران در سال ۱۳۹۱، نشان داد که فعالیت عضله نازک‌نیی طویل در زیرفاز تماس پاشنه با زمین در افراد دچار واروس زانو به‌طور معناداری از افراد طبیعی بیشتر است (۳). مورلی^۱ و همکاران در سال ۲۰۱۰، طی تحقیقی نشان دادند که با بیشتر بودن میزان سوپی‌نیشن یا فعالیت عضله نازک‌نیی طویل افزایش می‌یابد (۲۲). با توجه به نتایج مذکور می‌توان گفت که بیشتر بودن مقادیر Cop_x در فاز تماس پاشنه با زمین در افراد دچار زانوی پرانتری به افزایش فعالیت عضله نازک‌نیی طویل طی این زیرفاز منتج می‌شود.

نتایج اجرای پروتکل تمرینات اصلاحی توسط گروه تجربی نشان داد که اجرای تمرینات بر مقادیر Cop_x اثر معناداری نداشت، اما مقادیر حداکثر فشار انگشتان ناحیه دوم تا پنجم به‌طور معناداری در پس‌آزمون و پس از هشت هفته پروتکل تمرینی کاهش یافت، درحالی‌که دیگر نواحی پا، حداکثر فشار کف پای بعد از دوره تمرینی تغییر معناداری را نشان نداد (شکل ۳ الف). به‌نظر می‌رسد اجرای تمرینات اصلاحی در این افراد با افزایش قدرت عضله کشنده پهن نیام و کشش عضلات ناحیه داخلی ران و زانو (نیمه‌وتری و نیمه‌غشایی) موجب کاهش فشار در این ناحیه شده است. احتمالاً افزایش در قدرت عضله کشنده پهن نیام سبب بیشتر شدن چرخش خارجی درشت‌نی در فاز استانس شده است (۲۴). افزایش در چرخش خارجی درشت‌نی می‌تواند به افزایش سطح تماس ناحیه انگشتان دوم تا پنجم و متعاقب آن کاهش حداکثر فشار کف پای در این ناحیه منجر شود. از محدودیت‌های این تحقیق می‌توان به کم بودن تعداد آزمودنی‌ها، بی‌توجهی به کینماتیک راه رفتن و فعالیت الکترومیوگرافی عضلات افراد اشاره کرد. به‌طور کلی وقتی سخن از سلامت عمومی افراد جامعه به‌میان می‌آید، وضعیت قرارگیری اندام‌های بدن نسبت به یکدیگر در اجرای حرکات مختلف و به‌عبارت دیگر برخورداری از پاسچر مناسب در فهرست عوامل مؤثر در کسب سلامت عمومی و به‌ویژه سلامت ارتوپدیکی قرار می‌گیرد. وضعیت صحیح قرارگیری اندام‌ها سبب می‌شود فرد با صرف انرژی کمتر و اعمال فشار و خستگی کمتر به مفاصل و عضلات، فعالیت‌های روزمره و ورزشی را انجام دهد. بخش زیادی از نوجوانان و جوانان با وضعیت راستای نامطلوب اندام‌های تحتانی و به‌خصوص ناحیه زانوها مواجهند. این مشکل خطر ابتلا به بیماری‌ها و مشکلات زانو را افزایش می‌دهد و کاهش سطح سلامت جامعه و ازدیاد هزینه‌های درمانی را در پی خواهد داشت. بنابراین بررسی روش‌های درمانی کم‌هزینه و غیرتهاجمی و ساده در اصلاح عوارض ناشی از دفورمیتی‌های

عضلانی-اسکلتی بسیار اهمیت دارد. در این میان چنانکه یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد، اجرای حرکات ساده ورزشی و اصلاحی به‌عنوان مطمئن‌ترین راه می‌تواند موجب بهبود الگوی توزیع فشار افراد دچار زانوی پرانتری و بهبود الگوی راه رفتن شود.

تشکر و قدردانی

محققان از تمامی آزمودنی‌ها و والدین آنها که در این پژوهش مشارکت کردند کمال تشکر را دارند.

منابع و مأخذ

۱. اکبرفهمی، نازیلا. جدیدی، بهرام. شاهی، زهرا. جدیدی، حبیب‌الله. (۱۳۸۸). "تأثیر تمرین درمانی بر ناهنجاریهای اسکلتی عضلانی دانش‌آموزان نابینای پسر (۱۸-۱۲ ساله) مجتمع آموزشی نابینایان شهید محبی تهران". کومش، شماره ۱۰. ص ۳۰۷-۳۱۳.
۲. حدادنژاد، ملیحه. لطافت کار، امیر. (۱۳۹۰). "رابطه بین ناهنجاری زانوی پرانتری با عملکرد و قدرت اندام تحتانی در فوتبالیست‌های نوجوان". مجله پژوهش در علوم توانبخشی، شماره ۲. ص: ۱۸۸-۱۹۶.
۳. عنبریان، مهرداد. اسماعیلی، حامد. حسینی نژاد، سیداسماعیل. ربیعی، محمد. بیناباجی، حجت. (۱۳۹۱). "مقایسه فعالیت عضلات اطراف زانو هنگام راه رفتن و دویدن در افراد با ناهنجاری و اروس زانو و گروه شاهد". مجله پژوهش در علوم توانبخشی، شماره ۲. ص: ۲۹۸-۳۰۹.
4. Astephen, JL. Deluzio, KJ. Caldwell, GE. Dunbar, MJ. Hubley-Kozey, CL. (2008). **"Gait and neuromuscular pattern changes are associated with differences in knee osteoarthritis severity levels"**. Journal of Biomechanics. 41(4): PP: 868-76.
5. Bancroft, RJ. McDonough, T. Shakespeare, J. Lynas, K. (2011). **"Orthotics"**. European Geriatric Medicine. 2 (2): PP: 122-125.
6. Bennell, KL. Hunt, MA. Wrigley, TV. Hunter, DJ. McManus, FJ. Hodges, PW. Li, L. Hinman, RS. (2010). **"Hip strengthening reduces symptoms but not knee load in people with medial knee osteoarthritis and varus malalignment: a randomized controlled trial"**. Osteoarthritis and Cartilage. 18 (5): PP: 621-628.
7. Cacchio, A. Don, R. Ranavolo, A. Guerra, E. McCaw, ST. Procaccianti, R. Camerota, F. Frascarelli, M. Santilli, V. (2008). **"Effects of 8-Week strength training with two**

- models of chest press machines on muscular activity pattern and strength".** Journal of Electromyography and Kinesiology. 18 (4): PP: 618-627.
8. Chang, A. Hayes, K. Dunlop, D. Song, J. Hurwitz, D. Cahue, S. Sharma, L. (2005). **"Hip abduction moment and protection against medial tibiofemora osteoarthritis progression"**. Arthritis & Rheumatism. 52 (11): PP: 3515–3519.
9. Cicuttini, F. Wluka, A. Hankin, J. Wang, Y. (2004). **"Longitudinal study of the relationship between knee angle and tibiofemoral cartilage volume in subjects with knee osteoarthritis"**. Rheumatology. 43 (3): PP: 321-4.
10. De Cock, A. Willems, T. Witvrouw, E. Vanrenterghem, J. De Clercq, D. (2006). **" A functional foot type classification with cluster analysis based on plantar pressure distribution during jogging"**. Gait & Posture. 23 (3): PP: 339-347.
11. Foroughi, N. Smith, RM. Lange, AK. Baker, MK. Fiatarone Singh, MA. Vanwanseele, B. (2011). **"Lower limb muscle strengthening does not change frontal plane moments in women with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial"**. Clinical Biomechanics. 26 (2): PP: 167–174.
12. Foroughi, N. Smith, RM. Lange, AK. Singh, MA. Vanwanseele, B. (2011). **"Progressive resistance training and dynamic alignment in osteoarthritis: a single-blind randomized controlled trial"**. Clinical Biomechanics. 26 (1): PP: 71–77.
13. Hardcastle, PH. Reschauer, R. Kutscha-Lissberg, E. Schoffmann, W. (1982). **"Injuries to the tarsometatarsal joint. Incidence, classification and treatment"**. The Journal of Bone and Joint Surgery [Br]. 64(3): PP: 349-356.
14. Hodge, MC. Bach, TM. Carter, GM. (1999). **"Orthotic management of plantar pressure and pain in rheumatoid arthritis"**. Clinical Biomechanics. 14(8): PP: 567-75.
15. Khamis, S. Yizhar, Z. (2007). **"Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position"**. Gait & Posture. 25 (1): PP: 127-134.
16. Kristen, KH. Berger, K. Berger, C. Kampla, W. Anzbock, W. Weitzel, SH. (2005). **"The first metatarsal bone under loading conditions: a finite element analysis"**. Foot and Ankle Clinics. 10 (1): PP: 1-14.
17. Landry, SC. McKean, KA. Hubley-Kozey, CL. Stanish, WD. Deluzio, KJ. (2007). **"Knee biomechanics of moderate OA patients measured during gait at a self-selected and fast walking speed"**. Journal of Biomechanics. 40 (8): PP: 1754–61.

18. Leitch, KM. Birmingham, TB. Jones, IC. Giffin, JR. Jenkyn, TR. (2011). **"In-shoe plantar pressure measurements for patients with knee osteoarthritis: Reliability and effects of lateral heel wedges"**. *Gait & Posture*. 34 (3): PP: 391–396.
19. Magee, DA.(2006). **"Orthopedic physical assessment"**. 4th Edition. Edmonton, Alberta, Canada. PP: 679-681.
20. Miyazaki, T. Wada, M. Kawahara, H. Sato, M. Baba, H. Shimada, S. (2002). **"Dynamic load at baseline can predict radiographic disease progression in medial compartment knee osteoarthritis"**. *Ann Rheum Dis*. 61: PP: 617–22.
21. Monteiro, M. Gabriel, R. Aranha, J. Neves e Castro, M. Sousa, M. Moreira, M. **"Influence of obesity and sarcopenic obesity on plantar pressure of postmenopausal women"**. *Clinical Biomechanics*. 25 : PP: 461–467.
22. Murley, GS. Landorf, KB. Menz, HB. (2010). **"Do foot orthoses change lower limb muscle activity in flat-arched feet towards a pattern observed in normal-arched feet?"** *Clinical Biomechanics*. 25 (7): PP: 728–736.
23. Nordin, M. Frankel, VH. (1989). **"Biomechanics of the hip"**. In M. Nordin & V. H. Frankel (Eds.). *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System*. Philadelphia: Lea & Febiger. PP:135-152.
24. Oatis CA. (2009). **"Kinesiology: The Mechanics and Pathomechanics of Human Movement"**. 2nd ed. Phyladelphia: Pennsylvania. PP: 783-786.
25. Piva, SR. Fitzgerald, GK. Wisniewski, S. Delitto, A. (2009). **"Predictors of pain and function outcome after rehabilitation in patients with patellofemoral pain syndrome"**. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 41(8): PP: 604–612.
26. Rao, S. Baumhauer, JF. Nawoczinski, DA. (2011). **"Is barefoot regional plantar loading related to self-reported foot pain in patients with midfoot osteoarthritis"**. *Osteoarthritis and Cartilage*. 19 (8): PP: 1019-1025.
27. Razak, AH. Zayegh, A. Begg, RK. Wahab, Y. (2012). **"Foot Plantar Pressure Measurement System: A Review"**. *Sensors*. 12 (7): PP: 9884-9912.
28. Rosenbaum, G. Becker, P. (1997). **"Plantar pressure distribution measurement technical background and clinical application"**. *Foot and Ankle Surgery*. 3: PP: 1-14.

-
29. Sharma, L. Song, J. Felson, DT. Cahue, S. Shamiyeh, E. Dunlop, DD. (2001). **"The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis"**. The Journal of the American Medical Association. 286 (2): PP:188-95.
 30. Stief, F. Böhm, H. Schwirtz, A. Dussa, CU. Döderlein, L. (2011). **"Dynamic loading of the knee and hip joint and compensatory strategies in children and adolescents with varus malalignment"**. Gait & Posture. 33 (3): PP: 490-495.
 31. Tsutomu, M. Hirofumi, T. Shuya, I. Masaaki, M. Takao, H. (2012). **"Foot pressure distribution in patients with gonarthrosis"**. The Foot. 22 (2): PP: 70-73.
 32. Yu, J. Cheung, JT. Fan, Y. Zhang, Y. Leung, AK. Zhang, M. (2008). **"A finite element model of female foot for high-heeled shoe design"**. Clinical Biomechanics. 23 (Suppl 1):S31-8.