Published Online: 2019.July.14 **Research Article**
Archive of SID

Influence of Semi-Rigid Foot Orthoses on Lower Limb Joints Stiffness in Male Children with Flexible Flatfoot during Walking

Amir Ali Jafarnezhadgero*[1], Seyedeh Maryam Anvari[2], Farzaneh Nasirpour[2]

1. Assistant Professor in Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. M.Sc student of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Received: 2019.January.16 **Revised: 2019.June.17** **Accepted: 2019.July.02**

Abstract

Background and Aims: The aim of the present study was to investigate the effect of semi-rigid foot orthoses on lower limb joints (ankle, knee, and hip) stiffness during loading response, mid stance, push off, and entire of stance phase in male children with flexible flatfoot while walking.

Materials and Methods: A semi-experimental study was conducted on 14 male children with flexible flat foot selected from available community. Data were collected under two specific test conditions including walking in shoes and shoes which were embedded with foot orthoses using semi rigid orthoses. Six Vicon cameras with a frequency of 100 Hz were used to quantify gait kinematic and also two force plates were used to record the ground reaction force components. Three-dimensional lower limb stiffness values during walking were calculated.

Results: Foot orthoses reduced ankle joint stiffness during loading response in sagittal plane (p=0.003) and increased it during push off phase in horizontal plane (p=0.001). Also, during the entire stance phase, foot orthoses reduced ankle joint stiffness in sagittal plane (p=0.033) and increased it in horizontal plane (p=0.039). In the knee joint, stiffness values during mid-stance in sagittal plane (p=0.014) decreased after using foot orthoses. Furthermore foot orthoses increased knee joint stiffness values in horizontal plane during mid stance (p=0.000), push off (p=0.001), and stance phases (p=0.001). Hip joint stiffness was increased in frontal plane (p=0.044) during loading response by foot orthoses.

Conclusion: Generally, semi rigid orthoses improved the ankle joint stiffness values in sagittal plane and it increased the ankle and knee joints stiffness values in horizontal plane.

Keywords: Joints stiffness; Semi-rigid orthoses; Flatfoot; Walking

Cite this article as: AmirAli Jafarnezhadgero, Seyede Maryam Anvari, Farzane Nasirpour. Influence of semi-rigid foot orthoses on lower limb joints stiffness in male children with flexible flatfoot during walking. J Rehab Med. 2020; 9(1): 183-193.

*** Corresponding Author:** AmirAli Jafarnezhadgero, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Educational Science and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
Email: amiraijafarnezhad@gmail.com

DOI: 10.22037/jrm.2019.111501.2036

www.SID.ir

Archive of SID

اثر ارتز نیمه‌سخت بر سفتی مفاصل اندام تحتانی طی راه رفتن در کودکان پسر دارای کف پای صاف

امیرعلی جعفرنژاد گرو*[1]، سیده مریم انواری[2]، فرزانه نصیرپور[2]

۱. استادیار بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹۷/۱۰/۲۶ بازنگری مقاله ۱۳۹۸/۰۳/۲۷ پذیرش مقاله ۱۳۹۸/۰٤/۱۱ *

چکیده

مقدمه و اهداف

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر ارتز نیمه‌سخت بر سفتی مفاصل اندام تحتانی (مچ پا، زانو و ران) در سه بعد ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال و در زیر فازهای پاسخ بارگیری، میانه اتکا، هل دادن و کل فاز اتکا در افراد دارای کف پای صاف طی راه رفتن بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع تحقیق نیمه‌تجربی می‌باشد. ۱۴ کودک (پسر) دارای کف پای صاف از طریق روش نمونه‌گیری در دسترس برای شرکت در پژوهش انتخاب شدند. داده‌ها تحت دو شرایط ویژه (راه رفتن با کفش بدون ارتز و کفش با ارتز) جمع‌آوری شد. ارتز مورد استفاده در پژوهش حاضر از نوع نیمه‌سخت بود. اطلاعات کینماتیکی راه رفتن با استفاده از ۶ دوربین وایکان و با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰ هرتز جمع‌آوری شد. از دو عدد صفحه نیرو با فرکانس نمونه-برداری ۱۰۰۰ هرتز برای ثبت داده‌های نیروی عکس‌العمل زمین استفاده شد. مقادیر سفتی مفاصل اندام تحتانی در سه بعد طی راه رفتن مورد محاسبه قرار گرفت.

یافته‌ها

در مفصل مچ پا ارتز نیمه‌سخت سبب کاهش معنادار مقدار سفتی در صفحه‌ی ساجیتال طی زیرفاز پاسخ بارگیری (P=۰/۰۰۳) و افزایش سفتی در صفحه هوریزنتال طی زیرفاز هل دادن (P=۰/۰۰۱) گردید. به‌علاوه، طی کل فاز اتکا و در صفحات ساجیتال (P=۰/۰۳۳) و هوریزنتال (P=۰/۰۳۹) به ترتیب ارتز سبب کاهش و افزایش معنادار سفتی مفصل مچ پا شد. استفاده از ارتز نیمه‌سخت سبب کاهش مقدار سفتی مفصل زانو طی زیرفاز میانه‌ی اتکا در صفحه‌ی ساجیتال (P=۰/۰۱۴) و افزایش مقادیر سفتی این مفصل در صفحه هوریزنتال طی زیرفاز میانه‌ی اتکا (P=۰/۰۰۰)، زیرفاز هل دادن (P=۰/۰۰۱) و کل فاز اتکا (P=۰/۰۰۱) شد. ارتز نیمه‌سخت طی زیرفاز پاسخ بارگیری در صفحه‌ی فرونتال سبب افزایش سفتی مفصل ران (P=۰/۰۴۴) شد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، ارتز نیمه‌سخت سفتی مفصل مچ پا را در صفحه‌ی ساجیتال بهبود بخشید و سبب افزایش سفتی مفاصل مچ پا و زانو در صفحه‌ی هوریزنتال شد.

واژه‌های کلیدی

سفتی مفاصل؛ ارتز نیمه‌سخت؛ کف پای صاف؛ راه رفتن

***نویسنده مسئول: امیرعلی جعفرنژادگرو، استادیار بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران**

آدرس الکترونیکی: amiralijafarnezhad@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه و اهداف

کف پای صاف به‌عنوان یکی از شایع‌ترین ناهنجاری‌های اندام تحتانی می‌تواند الگوی راه رفتن را تحت تاثیر قرار دهد. کف پای صاف، یک نوع ناهنجاری بیومکانیکی است که شامل اورژن بیش از حد مفصل ساب‌تالار در شرایط تحمل وزن، پلانتار فلکشن استخوان قاپ، پلانتار فلکشن پاشنه نسبت به استخوان درشت‌نی، دورسی فلکشن و ابداکشن استخوان ناوی، سوپینیشن بخش جلویی پا و چرخش خارجی پاشنه می‌باشد.[۱] عوامل متعددی در شیوع کف پای صاف تاثیرگذار هستند که عبارتند از سن، جنس، نژاد، نوع کفش و سنی که فرد شروع به پوشیدن کفش نموده است[۲]؛ بنابراین عوامل مذکور می‌تواند میزان شیوع در جمعیت‌های آماری مختلف را دستخوش تغییر نماید.

فایفر (Feiffer) و همکارانش گزارش نمودند که ۵۴ درصد از گروه کودکان ۳ سال و ۲۴ درصد از گروه کودکان ۶ سال دارای کف پای صاف هستند.[۳] ایزما (Ezema) و همکارانش میزان شیوع کف پای صاف را در بین دانش‌آموزان ۱۰-۶ سال ۲۲/۴ درصد اعلام کردند.[۴] در مطالعه‌ای دیگر اعلمی هرندی و همکاران شیوع کف پای صاف را در بین کودکان ایرانی ۱۴-۷ ساله ۶/۹ درصد گزارش کردند.[۵]

مطالعات نشان داده‌اند که منحنی مربوط به نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در افراد با کف پای صاف در مقایسه با افراد سالم دارای اوج ثانویه‌ی پایین‌تری است.[۶] به‌علاوه، این افراد دارای اوج فشار و بیشینه نیروی کمتری در بخش خارجی پای جلویی هستند، در حالی که در بخش داخلی قسمت میانی پا نیروی بیشینه‌ی بالاتری نسبت به افراد سالم را دارا می‌باشند.[۷] افراد دارای کف پای صاف از ایمپالس بالایی در راستای قدامی-خلفی[۸] و گشتاور اینورتوری بالایی در طی راه رفتن برخوردار هستند.[۹] گزارش شده است که افراد با کف پای صاف در مفصل میدتارسال کاهش در دامنه‌ی حرکتی در صفحه‌ی عرضی را دارا هستند[۹]، اگرچه مطالعات دیگر هیچ تفاوت معناداری در هیچ‌یک از صفحات حرکتی گزارش ننموده‌اند.[۱۰] سانچیز سیلز (Sanchis-Sales) و همکارانش در مطالعه‌ای تحت عنوان "اثر وضعیت ایستای پا روی سفتی دینامیک مفاصل پا طی راه رفتن" گزارش نمودند که سفتی مفصل مچ پای افراد دارای کف پای صاف در زیرفازهای میانه‌ی اتکا و هل دادن بزرگتر از افراد دارای کف پای گود و نرمال است.[۱۱] به‌علاوه، افراد دارای کف پای صاف در مفصل متاتارسال، در زیرفازهای میانه‌ی اتکا و هل دادن از سفتی بزرگتری نسبت به افراد دارای کف پای گود و سالم برخوردار هستند.[۱۱] سفتی مفصل متاتارسوفالانژیال نیز در افراد دارای کف پای صاف در زیرفاز هل دادن بیشتر از دو گروه دارای کف پای گود و سالم است.[۱۱] همچنین، مطالعات الکترومایوگرافی نشان داده‌اند که فعالیت برخی از عضلات ساق افراد دارای کف پای صاف (درشت‌نی خلفی، درشت‌نی قدامی، تاکنندهای شست پا) در مقایسه با افراد سالم افزایش و فعالیت عضلات اورتور آنان کاهش یافته است.[۱۳، ۱۲، ۹]

روش استاندارد برای درمان علائم تغییر شکل ناشی از صافی کف پا، ارتزدرمانی به کمک کفی یا ارتزهای مچ پا و یا تمرین‌درمانی می‌باشد.[۱۵، ۱۴] ارتزهای پا اغلب برای اصلاح الگوهای راه رفتن مورد استفاده قرار می‌گیرد.[۱۷، ۱۶] برخی از محققین در مطالعات خود در حیطه‌ی موجودات زنده برای نشان دادن اثرات سودمند ارتزها، با شکست روبرو شده‌اند[۱۹، ۱۸]، اگرچه مطالعات دیگری گزارش کرده‌اند که ارتزهای پا در کنترل حرکت بخش خلفی پا، کاهش و توزیع مجدد فشار کف پایی در افراد با صافی کف پای منعطف موثر است.[۱۷، ۱۶] تغییرات به‌وجودآمده در مولفه‌های فشار کف پایی و حرکت بخش خلفی پا می‌تواند بر توزیع بار در مفاصل دیگر اثر بگذارد. گزارش شده است که ارتزهای پا در کاهش عوارض اندام‌های تحتانی تاثیر دارد. با این اوصاف گزارش اثربخشی آن‌ها متفاوت بوده[۱۸] و هنوز یک موضوع بحث‌برانگیز می‌باشد. هم‌چنین، مطالعات نشان داده‌اند که کف پای صاف باعث افزایش پرونیشن مفصل تحت قاپی و چرخش داخلی ساق پا طی فاز راه رفتن می‌شود.[۲۰] از طرفی دیگر نیز، اسلامی و همکاران گزارش کردند که استفاده از کفی نیمه‌سخت باعث کاهش حرکت اورژن مفصل تحت قاپی شده و با کاهش گشتاور اداکتوری مفصل زانو نیز در ارتباط است.[۲۱] تاکنون مطالعات کمی، دلایل علمی برای این اثرات به‌خصوص برای کاربرد کفی‌های مناسب برای کودکان دارای صافی کف پای منعطف فراهم نموده‌اند.

تحلیل دینامیک مفاصل اندام تحتانی طی راه رفتن می‌تواند به آگاهی یافتن از شیوع و توسعه‌ی آسیب‌های اندام تحتانی و حتی تنه کمک نماید.[۲۲] یکی از این شیوه‌ها شامل ارزیابی سفتی دینامیک مفاصل است.[۲۴، ۲۳] سفتی به‌عنوان نسبت بین گشتاور خارجی اعمال‌شده به مفصل و زاویه‌ی مفصل در یک دوره زمانی مشخص در هنگام اجرای فعالیت‌هایی نظیر راه رفتن که نیازمند فعالیت عضلانی هستند، تعریف می‌شود.[۱۱] سفتی در واقع اثر نیروهای عضله، اینرسی و تغییر شکل بافت نرم را در ترکیب باهم نمایش می‌دهد.[۲۶، ۲۵، ۲۳] سفتی دینامیک بالا یا پایین به‌ترتیب با شیوع بالای آسیب‌های استخوان[۲۸، ۲۷]، حرکات اضافی مفصل و پایداری پایین مفصل[۲۹] مرتبط است. علاوه بر این، آنالیز سفتی دینامیک در ارائه‌ی ویژگی‌های مفاصل پا به‌منظور طراحی ارتز یا پروتز و همچنین برای ارزیابی اثر جراحی که ممکن است سختی مفصل را اصلاح کند، کاربرد دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

راه رفتن فعالیتی است پیچیده و هماهنگ که با همکاری سیستم عصبی، عضلانی و اسکلتی انجام می‌گردد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که راه رفتن طبیعی نیازمند فرمان‌های کنترل‌شده از دستگاه عصبی، تولید مقدار نیروی مشخص توسط عضلات و دامنه حرکتی مشخص برای هر مفصل است. به این صورت که اختلال در هر یک از این موارد می‌تواند راه رفتن طبیعی افراد را تحت تاثیر قرار دهد.[۳۰-۳۲] ناهنجاری‌های اسکلتی مانند کاهش غیرطبیعی قوس طولی-داخلی پا (کف پای صاف) از جمله مواردی است که می‌تواند دامنه حرکتی مفاصل را تحت تاثیر قرار داده و باعث راه رفتن غیرطبیعی شود. از آنجا که سفتی مفصل ترکیبی از دو عامل گشتاور خارجی اعمال‌شده به مفصل و دامنه حرکتی مفصل است، بررسی آن می‌تواند به شناخت هرچه بهتر الگوی راه رفتن افراد دارای کف پای صاف و متعاقبا تصحیح آن با استفاده از تداخلات درمانی گوناگون مانند ارتز، کمک نماید.

مفاصل مچ پا، زانو و ران، مفاصلی درگیر در عمل راه رفتن به شمار می‌آید و از طرفی دیگر نیز، مطالعه‌ای که سفتی این مفاصل را در افراد دارای کف پای صاف و در سه بعد مورد بررسی قرار دهد، یافت نشد؛ بنابراین هدف از پژوهش حاضر "بررسی اثر ارتز نیمه‌سخت بر سفتی مفاصل مچ پا، زانو و ران در سه بعد طی راه رفتن در کودکان پسر دارای کف پای صاف" بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع کارآزمایی (IRCT2017082235517N1) بود. در این پژوهش نیمه‌تجربی ۱۴ کودک (پسر) با روش نمونه‌گیری در دسترس به‌عنوان گروه تجربی انتخاب شدند. کودکان دارای کف پای صاف شهر همدان جامعه‌ی آماری پژوهش حاضر را تشکیل دادند. متوسط سن، وزن، قد و شاخص توده بدنی نمونه‌ها به ترتیب ۱/۴±۱۰/۲ سال (دامنه سنی افراد بین ۸ الی ۱۰ سال بود)، ۷±۴۲/۶ کیلوگرم، ۱۰/۲±۱۵۰/۶ سانتی‌متر و ۳/۵±۱۹/۱ کیلوگرم بر متر مربع بود. مطابق با معیار تعیین‌شده برای کف پای صاف، افراد با افت ناوی بیش از ۱۰ میلی‌متر انتخاب شدند.[۳۳] هر نمونه در صورت داشتن سابقه‌ی شکستگی‌های استخوانی، جراحی، بیماری‌های ارتوپدی، مشکلات عصبی-عضلانی و اختلاف بیش از ۵ میلی‌متر در طول اندام کنار گذاشته شد. علاوه بر این، اگر آزمودنی احساس خستگی کرده یا اعمال و تمارین سنگینی را طی دو روز گذشته داشت، از مطالعه حذف می‌شد. پای راهنمای تمامی افراد پای راست بود که با استفاده از آزمون ضربه به توپ تعیین شده بود. همچنین، تمام ضوابط اخلاقی رعایت شده و فرم رضایت نامه‌ی کتبی از والدین نمونه‌ها گرفته شد.

اطلاعات کینماتیکی با استفاده از سیستم تحلیل حرکتی با ۴ دوربین وایکون و با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰ هرتز جمع‌آوری شد. همچنین ۱۶ مارکر کروی منعکس‌کننده نور با قطر ۱۵ میلی‌متری مورد استفاده قرار گرفت. از چیدمان مارکرگذاری پلاگین گیت (Plug In Gait) جهت شناسایی موقعیت لگن هر دو سمت، ران‌ها، ساق‌ها و پاها توسط نرم‌افزار نکسوز استفاده شد.

دو عدد صفحه نیرو (Kistler, type 9281, Kistler Instruent AG, Winterthur, Switzerland) با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز برای ثبت داده‌های نیروی عکس‌العمل زمین مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های صفحه نیرو و سیستم تحلیل حرکتی وایکون به طور هم‌زمان ثبت می‌شد. صفحه نیروها در مرکز فضای کالیبراسیون قرار گرفته بود.

جمع‌آوری و تحلیل داده‌های کینماتیکی و کینیتیکی

مارکرهای منعکس‌کننده نور به‌صورت دوطرفه بر روی برجستگی‌های خار خاصره‌ای قدامی-فوقانی، خار خاصره‌ای خلفی-قدامی، بخش خارجی میانی ران، اپی‌کندیل خارجی ران، بخش میانی ساق، قوزک خارجی، پاشنه و بین دومین و سومین استخوان کف پایی نصب شد. به این علت که آزمودنی‌ها از کفش استفاده می‌نمودند، مارکرهای هر دو پاشنه و استخوان کف پایی به‌صورت مستقیم بر روی پوست قرار نگرفت و بر روی این نواحی بر روی کفش قرار گرفت. تمام داده‌های کینیتیکی با استفاده از فیلتر باتروورث پایین‌گذر مرتبه‌ی چهارم با برش فرکانسی ۲۰ هرتز و داده-های کینماتیکی با استفاده از فیلتر باتروورث مرتبه چهارم با برش فرکانسی ۶ هرتز فیلتر شد. سپس کوشش‌ها به صد نقطه تقلیل پیدا کرد که بر اساس درصدی از سیکل گام‌برداری نرمال‌سازی شد. گزارشات نهایی توسط نرم‌افزار Authoring Tool Polygon انجام شد.

پروتکل آزمایش

در ابتدا به‌منظور آشنایی شرکت‌کنندگان با محیط آزمایش از آن‌ها خواسته شد تا چندین بار (۳ مرتبه) در طول مسیر آزمایش راه بروند. علاوه بر این، قبل از اجرای هر کدام از شرایط آزمایش جهت تعیین موقعیت‌های مرکز فشار مفصل و محاسبه‌ی مختصات اندام از یک کوشش ایستا عکس‌برداری شد. سپس اطلاعات تحت دو شرایط ویژه (راه رفتن با کفش و کفش‌های با ارتز پا) جمع‌آوری شد. ترتیب اجرای شرایط بین نمونه‌ها به‌صورت تصادفی بود. ۶ کوشش راه رفتن برای هر کدام از شرایط، با سرعت خودانتخابی انجام شد. اجازه به یک استراحت دو دقیقه‌ای بین شرایط آزمایش داده شد. کوششی مورد قبول واقع می‌شد که هیچ تغییر مشهودی در مکانیک راه رفتن نمونه‌ها دیده نمی‌شد و کوششی که در آن پا بر لبه‌ی صفحه نیرو قرار می‌گرفت، حذف می‌شد.

www.SID.ir

Archive of SID

مشخصات ارتز

به دلیل اینکه امکان داشت نوع کفش بر استایل راه رفتن کودکان اثر بگذارد، در مطالعه‌ی حاضر تمام شرکت‌کنندگان در طی هر دو شرایط از کفش‌های مشابهی استفاده کردند (New Balance 759, USA).[۳۴،۳۵] از کفی حمایتی کف پای صاف (Longxin, Industrial Ltd, LX-0701-1) به‌عنوان مداخله‌گر مورد استفاده قرار گرفت. اوج ارتفاع قوس طولی کف پای صاف در قسمت میانی پا ۲۵ میلی‌متر بود. ارتزها در هر دو کفش راست و چپ جایگذاری شدند. مقادیر گشتاور و دامنه حرکتی مفاصل توسط نرم‌افزار پلیگان مورد محاسبه قرار گرفت. برای محاسبه‌ی سفتی مفصل از فرمول زیر استفاده شد[۳۶]:

$$K_{joint}=\Delta M/\Delta \Theta$$

ΔM تغییرات گشتاور عضلات و $\Delta \Theta$ تغییرات زاویه‌ی نسبی مفصل است. گشتاور با استفاده از دینامیک معکوس و داده‌های آنتروپومتری محاسبه شد. از آن‌جا که جرم بدن افراد می‌تواند در محاسبه‌ی سفتی مفصل مهم باشد، گشتاور عضلات به جرم بدن نرمال شد.[۳۷]

آنالیز آماری

از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ جهت تجزیه‌وتحلیل آماری استفاده شد. نرمال بودن توزیع فراوانی مقادیر تغییرات داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو–ویلک (Shapiro-Wilk) تایید شد ($p>۰/۰۵$). از آزمون تی زوجی جهت مقایسه‌ی مقادیر سفتی مفصل قبل و بعد از استفاده از ارتز استفاده شد. سطح معناداری $p<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد. در صورتی که اثر ارتز بر سفتی مفاصل معنادار بود، اندازه اثر جهت تعیین مقدار معناداری با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه شد[۳۸] .میانگین انحراف استاندارد دو شرایط/اختلاف میانگین دو شرایط=اندازه اثر (d)

یافته‌ها

یافته‌ها نشان داد که مقادیر سفتی مفصل مچ پا در مرحله‌ی پاسخ بارگیری طی شرایط راه رفتن با ارتز در مقایسه با شرایط بدون ارتز در صفحه‌ی ساجیتال تمایل به کاهش معنادار را دارا می‌باشد ($p=۰/۰۵۲$؛ $d=۰/۵۴$) (جدول ۱). با این وجود، در مقادیر سفتی مفصل مچ پا بین دو شرایط راه رفتن با و بدون ارتز در صفحات فرونتال و هوریزنتال در فاز پاسخ بارگیری تفاوت معناداری به لحاظ آماری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). یافته‌ها نشان داد که مقادیر سفتی این مفصل در مرحله‌ی میانه‌ی اتکا طی شرایط راه رفتن با و بدون ارتز در صفحه‌ی ساجیتال حدود ۲۱/۸ درصد ($p=۰/۰۰۳$؛ $d=۱/۱۲$) (جدول ۱) کاهش معنادار را دارا می‌باشد. با این وجود، هیچ تفاوت معناداری به لحاظ آماری در مقادیر سفتی مفصل مچ پا در مرحله‌ی میانه‌ی اتکا بین دو شرایط راه رفتن با و بدون ارتز در صفحات فرونتال و هوریزنتال مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

یافته‌ها در ارتباط با مرحله‌ی هل دادن نشان دادند که مقادیر سفتی مفصل مچ پا در این فاز طی شرایط راه رفتن با ارتز در مقایسه با شرایط بدون ارتز در صفحه‌ی هوریزنتال در حدود ۶۲ درصد ($p=۰/۰۰۱$؛ $d=۰/۹۵$) (جدول ۱) افزایش معناداری را دارا می‌باشد. در عین حال در این مفصل بین مقادیر سفتی در مرحله‌ی هل دادن طی شرایط راه رفتن با ارتز در مقایسه با شرایط بدون ارتز در دو صفحه‌ی ساجیتال و فرونتال هیچ تفاوت معناداری به لحاظ آماری یافت نشد ($p>۰/۰۵$).

یافته‌ها حاکی از آن بود که مقادیر سفتی مفصل مچ پا در فاز اتکا طی شرایط راه رفتن با ارتز در مقایسه با شرایط بدون ارتز در صفحات ساجیتال و هوریزنتال به ترتیب حدود ۷/۷۹ درصد کاهش ($p=۰/۰۳۳$؛ $d=۰/۳۵$) و ۲۱/۱۷ درصد افزایش ($p=۰/۰۳۹$؛ $d=۰/۵۲$) معناداری را دارا می‌باشد (جدول ۴). با این وجود، بین مقادیر سفتی مفصل مچ پا در این مرحله طی شرایط راه رفتن با و بدون ارتز در صفحه‌ی فرونتال هیچ تفاوت معناداری به لحاظ آماری یافت نگردید ($p>۰/۰۵$).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: سفتی مفصل مچ پا (N.m/Kg/Rad) (انحراف استاندارد±میانگین) در فازهای پاسخ بارگیری، میانه‌ی اتکا، هل دادن و اتکا در سه بعد طی شرایط راه رفتن با و بدون ارتز

فاز	صفحه	بدون ارتز	با ارتز	سطح معناداری	اندازه اثر
پاسخ بارگیری	ساجیتال	۴/۱۸±۲/۹۷	۲/۹۷±۱/۴۸	۰/۰۵۲	۰/۵۴
	فرونتال	۴/۰۶±۲/۲۹	۳/۲۰±۲/۲۳	۰/۰۸۹	۰/۳۸
	هوریزنتال	۰/۸۰±۰/۴۰	۰/۸۰±۰/۳۴	۰/۸۱۲	۰/۰۰
میانه‌ی اتکا	ساجیتال	۳/۶۶±۰/۵۱	۲/۸۶±۰/۹۱	*۰/۰۰۳	۱/۱۲
	فرونتال	۳/۶۰±۳/۳۲	۴/۰۱±۳/۳۸	۰/۶۷۶	۰/۱۲
	هوریزنتال	۱/۵۴±۰/۴۰	۱/۳۱±۰/۳۴	۰/۱۳۲	۰/۶۲
هل دادن	ساجیتال	۴/۰۶±۱/۶۰	۴/۱۸±۲/۰۰	۰/۸۶۴	۰/۰۶
	فرونتال	۵/۵۰±۳/۹۵	۶/۸۱±۵/۱۵	۰/۲۷۸	۰/۲۸
	هوریزنتال	۱/۶۶±۰/۷۴	۲/۶۹±۱/۴۳	*۰/۰۰۱	۰/۹۵
اتکا	ساجیتال	۳/۷۲±۰/۹۱	۳/۴۳±۰/۷۴	*۰/۰۳۳	۰/۳۵
	فرونتال	۳/۰۹±۲/۲۳	۳/۳۸±۱/۷۱	۰/۵۶۸	۰/۱۴
	هوریزنتال	۰/۸۵±۰/۲۸	۱/۰۳±۰/۴۰	*۰/۰۳۹	۰/۵۲

آزمون t زوجی، *سطح معناداری p<۰/۰۵

یافته‌ها در ارتباط با مفصل زانو نشان داد که مقادیر سفتی این مفصل در فاز پاسخ بارگیری طی شرایط راه رفتن با ارتز در مقایسه با شرایط بدون ارتز در صفحه‌ی هوریزنتال تمایل به کاهش معنادار را دارا می‌باشد (p=۰/۰۵۴؛ d=۰/۸۹) (جدول ۲). با این وجود، در مقادیر سفتی مفصل زانو بین دو شرایط راه رفتن با و بدون ارتز در مرحله‌ی پاسخ بارگیری در صفحات ساجیتال و فرونتال تفاوت معناداری به لحاظ آماری مشاهده نشد (p>۰/۰۵).

یافته‌ها حاکی از آن بود که مقادیر سفتی مفصل زانو طی شرایط راه رفتن با ارتز در مقایسه با شرایط بدون ارتز در فاز میانه‌ی اتکا در صفحات ساجیتال و هوریزنتال به ترتیب حدود ۲۰/۷۶ درصد کاهش (p=۰/۰۱۴؛ d=۰/۷۱) (جدول ۲) و ۱۱۳/۰۱ درصد افزایش (p=۰/۰۰۰؛ d=۱/۷۱) (جدول ۲) معنادار را دارا می‌باشد، ولی به لحاظ آماری هیچ تفاوت معناداری در مقادیر سفتی مفصل زانو در فاز میانه‌ی اتکا در صفحه‌ی فرونتال بین شرایط راه رفتن با ارتز در مقایسه با شرایط بدون ارتز یافت نشد (p>۰/۰۵).

یافته‌ها نشان داد که مقادیر سفتی مفصل زانو در فاز هل دادن طی شرایط راه رفتن با ارتز در مقایسه با شرایط بدون ارتز در صفحه‌ی هوریزنتال در حدود ۳۱/۸۶ درصد افزایش معنادار را دارا می‌باشد (p=۰/۰۰۱؛ d=۰/۷۸) (جدول ۲)، اما هیچ تفاوت معناداری به لحاظ آماری بین مقادیر سفتی مفصل زانو در فاز هل دادن طی شرایط راه رفتن با و بدون ارتز در صفحات ساجیتال و فرونتال مشاهده نشد (p>۰/۰۵).

یافته‌های مربوط به فاز اتکا نشان داد که مقادیر سفتی مفصل زانو دراین فاز طی شرایط راه رفتن با ارتز در مقایسه با شرایط بدون ارتز در صفحه‌ی هوریزنتال حدود ۲۵ درصد افزایش معناداری را دارا می‌باشد (p=۰/۰۰۱؛ d=۱/۰۰) (جدول ۲). با این وجود، هیچ تفاوت معناداری در مقادیر سفتی مفصل زانو در فاز اتکا طی شرایط راه رفتن با و بدون ارتز در صفحات حرکتی ساجیتال و فرونتال یافت نشد (p>۰/۰۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: سفتی مفصل زانو (N.m/Kg/Rad) (انحراف استاندارد±میانگین) در فازهای پاسخ بارگیری، میانه‌ی اتکا، هل دادن و اتکا در سه بعد طی شرایط راه رفتن با و بدون ارتز

فاز	صفحه	بدون ارتز	با ارتز	سطح معناداری	اندازه اثر
پاسخ بارگیری	ساجیتال	۶/۶۴±۲/۸۶	۵/۷۳±۲/۶۳	۰/۰۷۹	۰/۳۳
	فرونتال	۵/۳۲±۱/۳۷	۵/۴۴±۱/۶۶	۰/۸۶۴	۰/۰۷
	هوریزنتال	۱/۲۰±۰/۵۷	۰/۸۵±۰/۲۲	۰/۰۵۴	۰/۸۹
میانه‌ی اتکا	ساجیتال	۵/۷۸±۲/۱۷	۴/۵۸±۱/۲۰	٭۰/۰۱۴	۰/۷۱
	فرونتال	۲/۶۳±۱/۱۴	۲/۸۰±۱/۰۳	۰/۶۲۴	۰/۱۵
	هوریزنتال	۲/۶۹±۲/۰۶	۵/۷۳±۱/۴۸	٭۰/۰۰۰	۱/۷۱
هل دادن	ساجیتال	۰/۵۱±۰/۳۴	۰/۴۵±۰/۲۲	۰/۳۵۹	۰/۲۱
	فرونتال	۴/۹۲±۱/۴۸	۵/۵۰±۱/۹۴	۰/۱۳۵	۰/۳۳
	هوریزنتال	۰/۹۱±۰/۳۴	۱/۲۰±۰/۴۰	٭۰/۰۰۱	۰/۷۸
اتکا	ساجیتال	۱/۹۴±۰/۵۷	۲/۰۶±۰/۶۳	۰/۲۰۶	۰/۲۰
	فرونتال	۵/۰۴±۱/۰۳	۵/۵۵±۱/۴۳	۰/۱۸۶	۰/۴۱
	هوریزنتال	۰/۶۸±۰/۱۷	۰/۸۵±۰/۱۷	٭۰/۰۰۱	۱/۰۰

آزمون t زوجی، ٭سطح معناداری p<۰/۰۵

یافته‌ها نشان داد که مقادیر سفتی مفصل ران در مرحله‌ی پاسخ بارگیری طی شرایط راه رفتن با ارتز در مقایسه با شرایط بدون ارتز در صفحه‌ی فرونتال حدود ۹۲ درصد افزایش معناداری را دارا می‌باشد (p=۰/۰۴۴؛ d=۰/۸۳) (جدول ۳). با این وجود، هیچ تفاوت معناداری در مقادیر سفتی مفصل ران در مرحله‌ی پاسخ بارگیری طی شرایط راه رفتن با و بدون ارتز در دو صفحه‌ی ساجیتال و هوریزنتال یافت نشد (p>۰/۰۵). یافته‌ها حاکی از آن بود که در مقادیر سفتی مفصل ران در مرحله‌ی میانه‌ی اتکا طی شرایط راه رفتن با و بدون ارتز در هیچ‌یک از صفحات حرکتی تفاوت معناداری به‌لحاظ آماری وجود ندارد (p>۰/۰۵). به‌علاوه، یافته‌ها در ارتباط با مرحله‌ی هل دادن نیز در مفصل ران نشان داد که هیچ تفاوت معناداری بین مقادیر سفتی این مفصل در شرایط راه رفتن با ارتز در مقایسه با بدون ارتز در هیچ‌یک از صفحات حرکتی وجود ندارد (p>۰/۰۵). یافته‌ها نشان داد که در مفصل ران، در مرحله‌ی اتکا هیچ تفاوت معناداری بین مقادیر سفتی این مفصل طی شرایط راه رفتن با ارتز در مقایسه با شرایط بدون ارتز در هیچ‌یک از صفحات حرکتی وجود ندارد (p>۰/۰۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. سفتی مفصل ران (N.m/Kg/Rad) (انحراف استاندارد±میانگین) در فازهای پاسخ بارگیری، میانه‌ی اتکا، هل دادن و اتکا در سه بعد طی شرایط راه رفتن با و بدون ارتز

فاز	صفحه	بدون ارتز	با ارتز	سطح معناداری	اندازه اثر
پاسخ بارگیری	ساجیتال	۲۰/۶۲±۷/۶۷	۲۱/۴۳±۱۶/۰۴	۰/۸۱۵	۰/۰۶
	فرونتال	۱۵/۰۱±۸/۵۹	۳۰/۹۴±۲۹/۷۳	٭۰/۰۴۴	۰/۸۳
	هوریزنتال	۰/۶۳±۰/۲۲	۰/۶۳±۰/۲۸	۰/۶۶۹	۰/۰۰
میانه‌ی اتکا	ساجیتال	۱/۲۶±۰/۴۵	۱/۳۱±۰/۳۴	۰/۵۹۵	۰/۱۲
	فرونتال	۱۰/۸۲±۵/۵۵	۱۱/۰۵±۱۴/۰۹	۰/۹۵۳	۰/۰۲
	هوریزنتال	۲/۶۹±۱/۶۰	۲/۷۵±۱/۰۸	۰/۸۵۱	۰/۰۴
اتکا	فرونتال	۶/۸۱±۲/۰۶	۸/۵۳±۴/۴۶	۰/۰۷۶	۰/۵۲
	هوریزنتال	۵/۵۵±۳/۹۵	۴/۶۴±۱/۹۴	۰/۲۱۶	۰/۳۰
	ساجیتال	۲/۱۲±۰/۶۳	۱/۸۹±۰/۵۱	۰/۱۴۴	۰/۴۰
	فرونتال	۷/۹۰±۲/۹۷	۱۰/۶۵±۴/۸۷	۰/۱۰۵	۰/۷۰
	هوریزنتال	۱/۱۴±۰/۳۴	۱/۲۶±۰/۲۸	۰/۰۶۲	۰/۳۸

آزمون t زوجی، ٭سطح معناداری p<۰/۰۵

بحث

هدف از پژوهش حاضر، تعیین اثر ارتز نیمه‌سخت بر سفتی مفاصل اندام تحتانی (مچ پا، زانو و ران) در سه صفحه‌ی ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال در زیرفازهای پاسخ بارگیری، میانه‌ی اتکا، هل دادن و کل فاز اتکا بود.

نتایج مربوط به مفصل مچ پا نشان داد که استفاده از ارتز نیمه‌سخت در زیرفاز میانه‌ی اتکا، در صفحه‌ی ساجیتال موجب کاهش و در زیرفاز هل دادن، در صفحه‌ی هوریزنتال موجب افزایش معناداری در مقادیر سفتی این مفصل می‌گردد. همان‌گونه که ذکر شد، سانچیز سیلز (Sanchis-Sales) و همکارانش گزارش کردند که در صفحه‌ی ساجیتال، سفتی مفصل مچ پای افراد مبتلا به کف پای صاف در زیرفازهای میانه اتکا و هل دادن بزرگتر از افراد دارای کف پای گود و سالم می‌باشد.[۱۱] با توجه به نتایج مطالعه‌ی حاضر ارتز مورد استفاده در پژوهش حاضر سبب بهبود سفتی مفصل مچ پا در صفحه‌ی ساجیتال در زیرفاز میانه‌ی اتکا شده است. به‌علاوه، نتایج نشان داد که استفاده از ارتز نیمه‌سخت در کل فاز اتکا، در صفحه‌ی ساجیتال مقدار سفتی مفصل مچ پا را در حدود ۷/۷۹ درصد کاهش و در صفحه‌ی هوریزنتال تا ۲۱/۱۷ درصد افزایش می‌دهد. از آن جایی که سفتی مفصل مچ پا ناشی از تفاوت‌های جابه‌جایی زاویه‌ای مفصل و گشتاور عضلانی است، جعفرنژاد گرو و همکاران نشان دادند که در افراد دارای کف پای صاف ارتز اثر متفاوتی بر گشتاور مفاصل پای برتر در مقایسه با پای غیربرتر دارد، به‌گونه‌ای که استفاده از ارتز در پای برتر سبب کاهش گشتاور اورتوری مفصل مچ پا و در پای غیربرتر سبب کاهش گشتاورهای اورتوری و چرخش داخلی و افزایش گشتاور دورسی فلکسوری می‌گردد[۳۹]؛ بنابراین از آنجایی که سفتی مفصل مچ پا در صفحه ی هوریزنتال افزایش و میزان گشتاور چرخش داخلی پا نیز افزایش پیدا کرده است، می‌توان بیان نمود که احتمالا دامنه‌ی حرکتی مفصل مچ پا کاهش بالایی را در صفحه‌ی هوریزنتال داشته است. در پژوهشی گزارش شد که به طور کلی طی راه رفتن فعالیت عضله‌ی درشت‌نی قدامی به میزان قابل‌توجهی در افراد دارای کف پای صاف بیشتر از افراد با پای نرمال است.[۴۰] احتمالا افزایش فعالیت عضله‌ی درشت‌نی قدامی سبب شده است که میزان گشتاور اینورتوری در مفصل مچ پا افزایش پیدا کرده و به طور هم‌زمان میزان دامنه‌ی حرکتی مفصل مچ پا نیز در صفحه فرونتال دچار افزایش شده است. به همین دلیل است که میزان سفتی مفصل مچ پا در صفحه فرونتال تغییر معناداری را در هنگام استفاده از ارتز نیمه‌سخت دارا نبوده است. داگلاس (Douglas Bonifácio) و همکاران گزارش کردند که فعالیت عضله‌ی درشت‌نی قدامی و عضله دورکننده شست پا در شرایط با ارتز در مقایسه با شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

بدون ارتز به‌صورت معناداری دچار کاهش شده است.[۴۱] به‌علاوه، گزارش شد که استفاده از ارتز سبب افزایش اوج زاویه‌ی اورشن و ابداکشن در مفصل مچ پا می‌گردد.[۴۱]

نتایج به‌دست‌آمده در ارتباط با مفصل زانو نشان داد که با استفاده از ارتز مقادیر سفتی این مفصل در زیرفاز میانه‌ی اتکا، در صفحه‌ی ساجیتال و هوریزنتال به ترتیب حدود ۲۰/۷۶ درصد کاهش و به طور قابل توجهی در حدود ۱۱۳/۰۱ درصد افزایش یافته است. گزارش شده است که افزایش مقادیر سفتی مفصل زانو در صفحه‌ی ساجیتال طی فاز تماس پاشنه با افزایش مقادیر نرخ بارگذاری عمودی زمین مرتبط است که یک ریسک‌فاکتور آسیب در اندام تحتانی می‌باشد.[۴۲] با این وجود، نتایج پژوهش نشان داد که ارتز پا مقادیر سفتی مفصل زانو را در صفحه ساجیتال طی فاز تماس پاشنه تغییر نمی‌دهد؛ بنابراین در این زمینه می‌توان گفت که ارتز پا اثرات مثبت یا منفی را بر مقادیر سفتی مفصل زانو طی فاز پاسخ بارگیری دارا نمی‌باشد. هم‌چنین مقدار سفتی مفصل زانو توسط ارتز در زیرفاز هل دادن و در صفحه‌ی هوریزنتال تا حدود ۳۱/۸۶ درصد افزایش یافت. در کل فاز اتکا نیز ارتز سبب افزایش ۲۵ درصدی سفتی مفصل زانو در صفحه‌ی هوریزنتال گشت. از آنجایی که سفتی مفاصل اندام تحتانی با بسیاری از متغیرهای کینماتیکی مانند سرعت اجرای مهارت، میزان نیرو و توان تولیدی عضلات، پایداری اندام تحتانی و گام-برداری صحیح در حین راه رفتن ارتباط دارد[۴۳]، در مطالعه‌ای که فعالیت الکترومایوگرافی عضلات ساق پای افراد دارای کف پای صاف و طبیعی در دو سرعت متفاوت راه رفتن مورد بررسی قرار گرفته، گزارش شد که در هر دو سرعت راه رفتن فعالیت الکتریکی عضله‌ی دوقلو در افراد دارای کف پای صاف کمتر از افراد با پای طبیعی است. در پژوهشی دیگر گزارش شد که فعالیت الکتریکی قسمت داخلی و خارجی عضله‌ی دوقلو طی مرحله‌ی انتقال وزن در افراد با پای نرمال نسبت به گروه با صافی کف پا به طور معناداری بیشتر بود، در حالی که قسمت داخلی عضله‌ی دوقلو در مرحله‌ی انتهای فاز اتکا فعالیت کمتری داشت.[۳۹] عضله دوقلو یک عضله‌ی دومفصله می‌باشد که در هر دو مفصل مچ پا و زانو ایفای نقش می‌نماید. نتایج پژوهش حاضر هیچ‌گونه اثر معناداری را از ارتز پا بر روی مقادیر سفتی هر دو مفصل مچ پا و زانو طی فاز هل دادن در صفحه ساجیتال نشان نداد، احتمالا علت این موضوع عدم اثرگذاری ارتز پا بر روی فعالیت عضله‌ی دوقلو طی فاز هل دادن می‌باشد. با این وجود، اثبات هرچه بهتر این موضوع نیاز به بررسی فعالیت الکترومایوگرافی عضلات در دو شرایط راه رفتن با و بدون ارتز دارد. در پژوهشی دیگر گزارش شد که ارتزها سبب افزایش گشتاور اداکتوری زانو و کاهش گشتاور آن در صفحه‌ی هوریزنتال می‌شود.[۴۱] جعفرنژاد گرو و همکاران نشان دادند که استفاده از ارتز در افراد دارای کف پای صاف سبب کاهش گشتاور ابداکتوری زانو در پای برتر و کاهش گشتاور این مفصل در صفحات ساجیتال و هوریزنتال پای غیربرتر می‌گردد.[۳۹]

نتایج حاکی از آن بود که استفاده از ارتز نیمه‌سخت اثر معناداری بر سفتی مفصل ران در زیرفاز میانه‌ی اتکا، هل دادن و کل فاز اتکا نداشت، ولی در فاز پاسخ بارگیری و در صفحه‌ی فرونتال استفاده از این نوع ارتز سبب افزایش سفتی مفصل ران شد. جعفرنژاد گرو و همکارانش گزارش کردند که استفاده از ارتز در پای برتر سبب کاهش مقادیر گشتاور در صفحات ساجیتال و فرونتال و در پای غیربرتر سبب کاهش گشتاور در صفحه‌ی ساجیتال می‌گردد.[۳۹] از آنجایی که مطابق با فرمول سفتی ارتباط مستقیمی میان مقادیر گشتاور و سفتی مفاصل حاکم است، دلیل چنین مغایرتی در نتایج دو پژوهش می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع ارتز مورد استفاده قرارگرفته‌شده در پژوهش حاضر باشد. از سوی دیگر، در پژوهش جعفرنژاد گرو و همکارانش میزان اوج گشتاور در کل فاز اتکا در نظر گرفته شده بود که اوج گشتاور ابداکتوری معمولا در میانه‌ی فاز اتکا رخ می‌دهد، این موضوع می‌تواند یکی از علل تفاوت پژوهش حاضر با این پژوهش باشد. در پژوهشی دیگر که اثر سه نوع ارتز مختلف بر متغیرهای کینماتیکی افراد طی تکلیف پایین آمدن از پله سنجیده شد؛ گزارش شد که دامنه‌ی حرکتی مفصل ران در صفحه‌ی فرونتال هنگام استفاده از ارتز دارای گوه نسبت به ارتز مسطح کاهش معناداری را دارا می‌باشد.[۴۱] با توجه به رابطه‌ی عکس موجود بین دامنه‌ی حرکتی مفصل و سفتی مفصل، علی‌رغم وجود تفاوت‌هایی در نحوه‌ی اجرا، نتیجه‌ی به‌دست‌آمده تا حدی نزدیک به نتیجه‌ی پژوهش حاضر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به عدم وجود گروه سالم در مطالعه حاضر و هم‌چنین محدود بودن مطالعات پیشین (هیچ پژوهشی که به مقایسه‌ی سفتی مفاصل مچ پا، زانو و ران در افراد سالم و دارای کف پای صاف در سه بعد و حین راه رفتن پرداخته باشد، یافت نشد.) نمی‌توان به طور قطع اذعان نمود که افزایش یا کاهش یافتن سفتی مفاصل توسط ارتزها، نوعی مزیت یا عیب برای آن‌ها به شمار می‌رود، بلکه احتمالا مقدار بهینه برای سفتی مفاصل وجود دارد. با این وجود، ارتز مورد استفاده در پژوهش حاضر سبب بهبود سفتی مفصل مچ پا در زیرفاز میانه‌ی اتکا و در صفحه‌ی ساجیتال شد. با توجه به اینکه در انجام پژوهش کنونی تعداد افراد مورد مطالعه محدود بود، بهتر است مطالعات دیگر با تکیه بر افزایش حجم نمونه باشد. به‌علاوه، در این پژوهش به مطالعه‌ی اثر ارتز نیمه‌سخت بر سفتی مفاصل کودکان پسر پرداخته شده بود، بهتر است در مطالعات آتی

www.SID.ir

Archive of SID

به هر دو جنسیت زن و مرد پرداخت. استفاده از افراد سالم در مطالعه، امکان بررسی بهتر اثر ارتز بر سفتی مفاصل افراد دارای کف پای صـاف را فراهم می‌آورد؛ از این رو پیشنهاد می‌شود پژوهشگران این مطالعه را با افزودن گروه سالم تکرار نمایند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمامی افراد شرکت‌کننده در پژوهش حاضر کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

1. Canale S. Campbell's Operative Orthopaedics 10th edition Mosby. Philadelphia; 2003.##
2. Razeghi, M. and M.E. Batt, Foot type classification: a critical review of current methods. Gait & posture, 2002. 15(3): p. 282-291. ##
3. Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, Hauser G, Sluga M. Prevalence of flat foot in preschool-aged children. Pediatrics. 2006;118(2):634-9. ##
4. Ezema C, Abaraogu U, Okafor G. Flat foot and associated factors among primary school children: A cross-sectional study. Hong Kong Physiotherapy Journal. 2014;32(1):13-20. ##
5. Yaghoubi Z, Goljaryan S, Oskouei MAE, Biat L, Shahbazi H. The Effects of Flexible Flat Foot on Lower Limb among Children with the Age of 6-12 Years. Majallah-i pizishki-i Danishgah-i Ulum-i Pizishki va Khadamat-i Bihdashti-i Darmani-i Tabriz. 2014;36(3):98. ##
6. Kothari A, Dixon P, Stebbins J, Zavatsky A, Theologis T. Are flexible flat feet associated with proximal joint problems in children? Gait & posture. 2016;45:204-10. ##
7. 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. ##
8. Farahpour N, Jafarnezhad A, Damavandi M, Bakhtiari A, Allard P. Gait ground reaction force characteristics of low back pain patients with pronated foot and able-bodied individuals with and without foot pronation. Journal of biomechanics. 2016;49(9):1705-10. ##
9. 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. ##
10. Powell DW, Long B, Milner CE, Zhang S. Frontal plane multi-segment foot kinematics in high-and low-arched females during dynamic loading tasks. Human movement science. 2011;30(1):105-14. ##
11. Sanchis-Sales E, Sancho-Bru J, Roda-Sales A, Pascual-Huerta J. Effect of static foot posture on the dynamic stiffness of foot joints during walking. Gait & posture. 2018;62:241-6. ##
12. Murley GS, Landorf KB, Menz HB, Bird AR. Effect of foot posture, foot orthoses and footwear on lower limb muscle activity during walking and running: a systematic review. Gait & posture. 2009;29(2):172-87. ##
13. Gray EG, Basmajian JV. Electromyography and cinematography of leg and foot ("normal" and flat) during walking. The anatomical record. 1968;161(1):1-15. ##
14. Mann RA, Coughlin MJ, Saltzman CL. Surgery of the foot and ankle: Mosby St. Louis; 1993. ##
15. Wapner KL, Chao W. Nonoperative treatment of posterior tibial tendon dysfunction. Clinical orthopaedics and related research. 1999(365):39-45. ##
16. Tang SF-T, Chen C-H, Wu C-K, Hong W-H, Chen K-J, Chen C-K. The effects of total contact insole with forefoot medial posting on rearfoot movement and foot pressure distributions in patients with flexible flatfoot. Clinical neurology and neurosurgery. 2015;129:S8-S11. ##
17. Kido M, Ikoma K, Hara Y, Imai K, Maki M, Ikeda T, et al. Effect of therapeutic insoles on the medial longitudinal arch in patients with flatfoot deformity: a three-dimensional loading computed tomography study. Clinical Biomechanics. 2014;29(10):1095-8. ##
18. Chen Y-C, Lou S-Z, Huang C-Y, Su F-C. Effects of foot orthoses on gait patterns of flat feet patients. Clinical biomechanics. 2010;25(3):265-70. ##
19. Kulcu DG, Yavuzer G, Sarmer S, Ergin S. Immediate effects of silicone insoles on gait pattern in patients with flexible flatfoot. Foot & ankle international. 2007;28(10):1053-6. ##
20. Sadeghi, H., P. Aghaie Ataabadi, and F. Hovanlo, Immediate effect of pre-made foot orthotics on variability and joint coupling patterns of rear foot and tibia during gait in male athletes with pes planus. Journal of Sport Biomechanics, 2015. 1(2): p. 41-51. ##
21. Eslami, M., et al., Effect of foot orthoses on magnitude and timing of rearfoot and tibial motions, ground reaction force and knee moment during running. Journal of Science and Medicine in Sport, 2009. 12(6): p. 679-684. ##
22. Kuo AD, Donelan JM. Dynamic principles of gait and their clinical implications. Phys Ther. 2010;90(2):157-74. ##

www.SID.ir

Archive of SID

23. Davis RB, DeLuca PA. Gait characterization via dynamic joint stiffness. Gait Posture. 1996;4(3):224-31. ##
24. Shamaei K, Sawicki GS, Dollar AM. Estimation of quasi-stiffness and propulsive work of the human ankle in the stance phase of walking. PloS one. 2013;8(3):e59935. ##
25. Houdijk H, Doets HC, van Middelkoop M, Veeger HD. Joint stiffness of the ankle during walking after successful mobile-bearing total ankle replacement. Gait Posture. 2008;27(1):115-9. ##
26. Sekiguchi Y, Muraki T, Kuramatsu Y, Furusawa Y, Izumi S-I. The contribution of quasi-joint stiffness of the ankle joint to gait in patients with hemiparesis. Clinical biomechanics. 2012;27(5):495-9. ##
27. Williams Iii DS, McClay IS, Hamill J. Arch structure and injury patterns in runners. Clinical biomechanics. 2001;16(4):341-7. ##
28. Williams DS, Davis IM, Scholz JP, Hamill J, Buchanan TS. High-arched runners exhibit increased leg stiffness compared to low-arched runners. Gait Posture. 2004;19(3):263-9. ##
29. Granata K, Padua D, Wilson S. Gender differences in active musculoskeletal stiffness. Part II. Quantification of leg stiffness during functional hopping tasks. J Electromyogr Kinesiol. 2002;12(2):127-35. ##
30. Wilken, J., et al., The effect of arch height on kinematic coupling during walking. Clinical Biomechanics, 2011. 26(3): p. 318-323. ##
31. Levangie, P.K. and C.C. Norkin, Joint Structure and function: a comprehensive analysis. 3rd. Philadelphia: FA. Davis Company, 2000. ##
32. Neumann, D.A., Kinesiology of the musculoskeletal system-e-book: foundations for rehabilitation. 2013: Elsevier Health Sciences. ##
33. Lange B, Chipchase L, Evans A. The effect of low-Dye taping on plantar pressures, during gait, in subjects with navicular drop exceeding 10 mm. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2004;34(4):201-9. ##
34. Lythgo N, Wilson C, Galea M. Basic gait and symmetry measures for primary school-aged children and young adults whilst walking barefoot and with shoes. Gait & posture. 2009;30(4):502-6. ##
35. Wolf S, Simon J, Patikas D, Schuster W, Armbrust P, Döderlein L. Foot motion in children shoes—a comparison of barefoot walking with shod walking in conventional and flexible shoes. Gait & posture. 2008;27(1):51-9. ##
36. Charalambous L, Irwin G, Bezodis IN, Kerwin D. Lower limb joint kinetics and ankle joint stiffness in the sprint start push-off. Journal of sports sciences. 2012;30(1):1-9. ##
37. Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement: John Wiley & Sons; 2009. ##
38. Cohen J. A power primer. Psychological bulletin. 1992;112(1):155. ##
39. Jafarnezhadgero AA, Shad MM, Majlesi M. Effect of foot orthoses on the medial longitudinal arch in children with flexible flatfoot deformity: A three-dimensional moment analysis. Gait & posture. 2017;55:75-80. ##
40. Farahpour N, Jafarnezhadgero A, Allard P, Majlesi M. Muscle activity and kinetics of lower limbs during walking in pronated feet individuals with and without low back pain. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2018;39:35-41. ##
41. Bonifácio D, Richards J, Selfe J, Curran S, Trede R. Influence and benefits of foot orthoses on kinematics, kinetics and muscle activation during step descent task. Gait & posture. 2018;65:106-11. ##
42. Barrios JA, Davis IS, Higginson JS, Royer TD. Lower extremity walking mechanics of young individuals with asymptomatic varus knee alignment. Journal of Orthopaedic Research. 2009;27(11):1414-9. ##
43. Brughelli M, Cronin J. A review of research on the mechanical stiffness in running and jumping: methodology and implications. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2008;18(4):417-26. ##

www.SID.ir