

Original Article

Effect of walking on sand on co-Contraction of the lower limb muscles in individuals with overpronated foot

Amir Fatollahi¹, Amir Jafarnezhadgero^{2*}, Nasrin Amirzadeh³

¹MSc in Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

²Department of Sport Managements and Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

³MSc in Sport Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*Corresponding author; E-mail: a.jafarnezhad@uma.ac.ir

Received: 31 Dec 2019 Accepted: 4 Feb 2020 First Published online: 17 April 2021
Med J Tabriz Uni Med Sciences. 2021;43(1):152-159

Abstract

Background: Foot pronation is in the open kinetic chain composed of eversion, abduction, and ankle dorsiflexion. Foot overpronation may be associated with different lower limb injuries. The purpose of this study was to investigate the effect of walking on the sand on co-Contraction of the lower limb muscles in individuals with overpronated foot.

Methods: The present study was a semi-experimental and laboratory type. Thirty healthy individuals and 30 individuals with foot overpronation volunteered to participate in this study. Muscle activity was recorded by an 8-channel electromyography system with a surface electrode during walking on sand. Two-way ANOVA test was used for statistical analysis at the significant level $P < 0/05$.

Results: The results demonstrated lower ankle-directed co-Contraction during walking on sand compared with walking on level ground ($P < 0/001$). Other components of ankle-directed co-Contraction did not demonstrate any significant differences between walking on sand compared with walking on level ground ($P > 0/05$).

Conclusion: Individuals with overpronated foot demonstrated lower ankle-directed co-Contraction during walking on sand compared with walking on stable level ground. Individuals with overpronated foot showed a greater ankle-directed co-Contraction than the healthy group. Decreased ankle-directed co-Contraction indicated a positive effect of walking on sand in individuals with foot overpronation.

Keywords: Foot overpronation, Walking, Sand, Co-Contraction

How to cite this article: Fatollahi A, Jafarnezhadgero A, Amirzadeh N. [Effect of walking on sand on co-Contraction of the lower limb muscles in individuals with overpronated foot]. Med J Tabriz Uni Med Sciences. 2021;43(1):152-159. Persian.

مقاله پژوهشی

اثر راه رفتن روی شن بر هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی افراد دارای Over-pronated foot

امیر فتح الهی^۱، امیر علی جعفرنژاد گرو^{۲*}، نسرين اميرزاده^۳

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
^۲گروه مدیریت و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
^۳دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
 *نویسنده مسئول؛ ایمیل: a.jafarnezhad@uma.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۰ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۵ انتشار برخط: ۱۴۰۰/۱/۲۸
 مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز. ۱۴۰۰؛ ۴۳(۱):۱۵۲-۱۵۹

چکیده

زمینه: پرونیشن پا به عنوان یک حرکت ترکیبی بیان شده است که در زنجیره حرکتی باز شامل اورژن، آبداکشن و دورسی فلکشن میچ پا است. وجود Over-pronated foot مناسب نیست، به این دلیل که می‌تواند منجر به آسیب‌های مختلفی در اندام تحتانی گردد. هدف از پژوهش حاضر، اثر راه رفتن روی شن بر هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی افراد دارای Over-pronated foot بود.

روش کار: پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی و آزمایشگاهی بود. نمونه‌های آماری پژوهش حاضر شامل ۳۰ فرد سالم و ۳۰ فرد با Over-pronated foot بودند که داوطلب شرکت در این مطالعه شدند. از دستگاه الکترومایوگرافی ۸ کاناله و با الکتروود سطحی فعالیت عضلات طی راه رفتن روی شن ثبت شد. از آزمون آنالیز واریانس دوسویه جهت تحلیل آماری در سطح معنی‌داری $p < 0/05$ استفاده شد.

یافته‌ها: یافته‌ها کاهش معنی‌داری را در directed co-contraction میچ پا ($p < 0/001$) در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن نسبت به سطح زمین در دو گروه نشان داد. سایر مولفه‌های هم‌انقباضی میچ پا هیچگونه اختلاف معنی‌داری را طی فازهای راه رفتن روی شن نشان نداد ($p > 0/05$).

نتیجه‌گیری: با توجه به میزان هم‌انقباضی عضلات مفصل میچ پا در مراحل مختلف استانس و مقایسه آن بین دو گروه، افراد Over-pronated foot طی راه رفتن روی شن کاهش معنی‌داری را در directed co-contraction میچ پا نشان دادند. با توجه به اینکه عضلات ساق افراد دچار Over-pronated foot میزان هم‌انقباضی بیشتری از خود نشان می‌دهند این کاهش directed co-contraction میچ پا طی راه رفتن روی شن نشان از اثر مثبت شن است. البته مطالعات بیشتری لازم است تا مکانیسم اثر دقیق راه رفتن روی شن ارزیابی شود.

کلید واژه‌ها: Over-pronated foot، راه رفتن، شن، هم‌انقباضی.

نحوه استناد به این مقاله: فتح الهی، ا، جعفرنژاد گرو ا، ع، امیرزاده ن. اثر راه رفتن روی شن بر هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی افراد دارای Over-pronated foot. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز. ۱۴۰۰؛ ۴۳(۱):۱۵۲-۱۵۹

حق تالیف برای مولفان محفوظ است.

این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی تبریز تحت مجوز کرییتیو کامنز (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) منتشر شده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

مقدمه

حرکات انتقالی راه رفتن از اجزای جدایی ناپذیر زندگی انسان است که به افراد اجازه فعالیت در محیط، انجام فعالیت‌های بدنی و ورزشی را در زندگی روزمره می‌دهد (۱). پرونیشن پا به عنوان یک حرکت ترکیبی بیان شده است که در زنجیره حرکتی باز شامل اورژن، آبداکشن و دورسی فلکشن می‌چ پا است (۲). این حرکت در مفاصل سابتالار و میدتارسال پا طی شروع فاز اتکا راه رفتن رخ می‌دهد و در جذب شوک نقش ایفا می‌کند (۳). با این حال، وجود Over-pronated foot مناسب نیست، به این دلیل که می‌تواند منجر به آسیب‌های مختلفی در اندام تحتانی و حتی ناحیه کمری گردد (۴). به‌عنوان مثال گزارش شده است که Over-pronated foot ممکن است منجر به ایجاد تاندونیت آشیل، درد کشکی‌رانی و همچنین درد در امتداد لبه داخلی ساق پا گردد (۵). همچنین در پژوهشی گزارش شده است که صافی کف پا با پرونیشن و چرخش داخلی استخوان درشت‌نی همراه است (۶). در پژوهشی گزارش شده است که عضلات ساق در افراد دچار Over-pronated foot، فعالیت بیشتری نسبت به ساختار نرمال پا دارد (۷). همچنین در پژوهشی افزایش فعالیت عضلات ایورتور در مبتلایان به Over-pronated foot گزارش شده است (۸). الگوی مناسب فعالیت عضلانی و هم‌زمانی عملکرد عضلات آگونیسست و آنتاگونیست اطراف مفاصل از نظر بیومکانیکی اهمیت ویژه‌ای دارند، زیرا جزو عواملی هستند که در حفظ ثبات و پایداری مفاصل نقش دارند (۹). فعالیت هم‌زمان عضلات مختلف عمل‌کننده حول یک مفصل را هم‌انقباضی عضلانی می‌گویند (۱۰). به‌طور کلی دو نوع هم‌انقباضی وجود دارد، یکی general co-contraction و دیگری directed co-contraction که به بررسی فعالیت گروه‌های عضلانی اطراف مفاصل می‌پردازند (۱۰). در general co-contraction و directed co-contraction عضلات آنتاگونیست و آگونیسست اطراف مفصل با هم به صورت برابر فعالیت می‌کنند تا با حمایت مفصل نسبت به گشتاورهای اضافی، باعث حفظ ثبات و پایداری مفصل شوند (۱۱). اعتقاد بر این است که هم‌انقباضی جهت‌دار گشتاورهای خارجی را حمایت کرده تا بارهای اضافی وارد بر مفصل را کاهش دهد (۱۱). مطالعات متعددی فعالیت عضلات افراد دچار Over-pronated foot، کینماتیک، کینتیک، فعالیت الکتریکی و میزان انرژی مصرفی طی پرش، راه رفتن و دویدن روی سطح شن را بررسی کرده‌اند (۱۲)، اما محققین، مطالعه‌ای که مکانیسم‌های کنترلی حرکت پا را از طریق هم‌انقباضی فعالیت عضلات موافق و مخالف طی راه رفتن روی شن در افراد دارای Over-pronated foot مشخص کرده باشد، پیدا نکردند. همچنین در گذشته تلاش شده تا Over-pronated foot با استفاده از روش‌هایی نظیر کشش (۱۳)، ارتز (۱۴)، تپینگ (۱۵) و یا تقویت عضلات ضعیف شده و کشش عضلات کوتاه شده ناحیه می‌چ پا (۱۶) درمان شود.

نکات کاربردی

تمرین بر روی شن اثر مثبتی بر بهبود directed co-contraction می‌چ پا در افراد دچار Over-pronated foot دارد.

راه رفتن در سطوح مختلف باعث ایجاد سازگاری در پارامترهای راه رفتن می‌شود. از آنجا که شن و ماسه غیرقابل پیش‌بینی، ناهموار و متحرک هستند، اهمیت ویژه‌ای در مکانیک حرکت انسان دارند (۱۷). همچنین تغییر الگوی طبیعی گام برداری به ویژه در افراد دارای Over-pronated foot اهمیت و ضرورت ویژه‌ای دارد. عارضه Over-pronated foot فعالیت عضلات را از حالت طبیعی تغییر می‌دهد (۸). به همین دلیل یافتن شیوه‌های درمانی مناسب جهت پیشگیری از وقوع آسیب طی راه رفتن به ویژه در افراد دارای Over-pronated foot ضرورت و اهمیت دارد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر راه رفتن روی شن بر هم‌انقباضی عضلات اندام تحتانی افراد دارای Over-pronated foot است.

روش کار

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی و آزمایشگاهی بود. نرم‌افزار *G Power 3/1 نشان داد که حداقل تعداد نمونه جهت دستیابی به توان آماری ۰/۸ در اندازه اثر ۰/۷ با سطح آلفا ۰/۰۵ برابر ۱۶ نفر در هر گروه است. نمونه آماری پژوهش حاضر شامل ۳۰ فرد سالم (۱۵ زن، ۱۵ مرد) و ۳۰ فرد با Over-pronated foot (۱۵ زن، ۱۵ مرد) بودند که داوطلب شرکت در این مطالعه شدند. تمام آزمودنی‌ها به صورت نمونه در دسترس از بین دانشجویان دانشگاه محقق اردبیلی، شهرستان اردبیل انتخاب شدند. از روش افتادگی استخوان ناوی برای تقسیم‌بندی آزمودنی‌ها به دو گروه سالم و Over-pronated foot استفاده شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد روی یک صندلی قرار بگیرند و پای خود را در حالت بی‌وزنی قرار دهند. سپس پای فرد در حالت طبیعی مفصل تحت قاپی قرار داده شد، به طوری که محقق انگشت شست خود را زیر قوزک داخلی قرار می‌داد و فرد به آرامی پا را به داخل و خارج می‌چرخاند تا انگشت اشاره و شست محقق در یک راستا قرار گیرد. در این حالت ابتدا زاویه ناوی علامت زده شد و سپس فاصله بین برجستگی ناوی و کف پا با خط‌کش اندازه‌گیری شد. سپس از آزمودنی خواسته شد در وضعیت ایستاده قرار گیرد و به طور مساوی وزن خود را روی دو پا توزیع کند. در این حالت نیز ارتفاع ناوی از کف اندازه‌گیری شد. در صورتی که اختلاف اندازه‌های این دو حالت نه تا پنج میلی‌متر بود، کف پای فرد نرمال و اگر مساوی و یا بیشتر از ۱۰ میلی‌متر می‌شد، فرد دارای Over-pronated foot منعطف بود (۱۲). پروتکل تحقیق

کلیدهای پای، سیگنال stride سوم به بعد راه رفتن مطالعه شد. برای تعیین مقادیر هم انقباضی عمومی و جهتدار در مراحل مختلف راه رفتن از روابط زیر استفاده شد (۱۱).

$$\text{directed co-contraction} = 1 - \frac{\text{میانگین فعالیت عضلات آنتاگونیست}}{\text{میانگین فعالیت عضلات آگونیست}}$$

general co-contraction = مجموع میانگین فعالیت تمام عضلات مفصل

در directed co-contraction هر چه عدد به دست آمده به صفر نزدیکتر باشد، میزان هم انقباضی بیشتر و هرچه عدد به ۱ و ۱- نزدیکتر باشد، میزان هم انقباضی کاهش می‌یابد (۱۱). تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون شاپیروویلیک بررسی شد ($p < 0.05$). از آزمون آنالیز واریانس دوسویه برای مقایسه دو گروه استفاده شد. جهت محاسبه اندازه اثر (d) از رابطه زیر استفاده شد (۱۲):

$$d = \frac{\text{اختلاف میانگین دو شرایط}}{\text{میانگین انحراف استاندارد دو شرایط}}$$

یافته‌ها

با توجه به نتایج پژوهش حاضر اختلاف معنی‌داری بین دو گروه سالم و Over-pronated foot در directed co-contraction داخلی- خارجی زانو ($p = 0.001$) طی فاز بارگذاری راه رفتن مشاهده شد. مقایسه زوجی نشان داد directed co-contraction داخلی- خارجی زانو طی فاز بارگذاری راه رفتن روی شن در گروه Over-pronated foot کاهش معنی‌داری نسبت به گروه سالم دارد (جدول ۲). همچنین اختلاف معنی‌داری بین دو گروه سالم و Over-pronated foot طی directed co-contraction عضلات پهن داخلی- خارجی زانو ($p = 0.019$) طی فاز بارگذاری راه رفتن مشاهده شد. مقایسه زوجی نشان داد directed co-contraction عضلات پهن داخلی- خارجی زانو طی فاز بارگذاری راه رفتن روی شن در گروه Over-pronated foot کاهش معنی‌داری نسبت به گروه سالم داشت (جدول ۲). general co-contraction مچ پا، directed co-contraction مچ پا، general co-contraction directed co-contraction فلکسوری-اکستنسوری زانو طی فاز بارگذاری راه رفتن روی شن و سطح زمین بین گروه سالم و Over-pronated foot تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند ($p > 0.05$). نتایج اختلاف معنی‌داری را در directed co-contraction عضلات پهن داخلی- خارجی زانو ($p < 0.001$) طی فاز اتکای راه رفتن روی شن و سطح زمین نشان داد. مقایسه زوجی نشان داد directed co-contraction عضلات پهن داخلی- خارجی زانو کاهش معنی‌داری طی فاز اتکای راه رفتن روی شن نسبت به سطح زمین دارد (جدول ۲). همچنین اختلاف معنی‌داری بین دو گروه سالم و Over-pronated foot طی directed co-contraction عضلات پهن داخلی- خارجی زانو ($p = 0.002$) طی فاز اتکای راه

توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی اردبیل (IR.ARUMS.REC.1398.119) تصویب شد. تمام موارد اجرای پژوهش مطابق با اعلامیه هلسینکی انجام شد (۱۸). معیارهای ورود شامل عدم اختلاف در اندام‌های تحتانی و همچنین عدم سابقه ابتلا به آسیب‌های اسکلتی-عضلانی به خصوص در ناحیه اندام تحتانی بودند. در نهایت ۳۰ آزمودنی در گروه سالم و ۳۰ آزمودنی در گروه Over-pronated foot شرکت نمودند. پای برتر آزمودنی‌ها توسط آزمون شوت نمودن توپ مشخص شد (۱۲). تمام آزمودنی‌ها راست‌پا بودند. پس از توجیه آزمودنی‌ها و ذکر ملاحظات اخلاقی تحقیق و نکات و آموزش‌هایی که در روند انجام تحقیق و جمع‌آوری داده‌ها تداخلی ایجاد نمی‌کرد، از فرد خواسته شد که لباس ورزشی بپوشد و برای جلوگیری از آسیب، قبل از اجرای تست، گرم کردن اولیه را انجام دهد. با استفاده از دستگاه الکترومایوگرافی (بیوسیستم، انگلیس) ۸ کاناله و با الکتروود سطحی فعالیت عضلات بررسی شد. به منظور ثبت امواج الکترومایوگرافی سطحی ابتدا موهای سطوح مورد نظر تراشیده و پوست با پنبه و الکل آماده الکتروودگذاری شد. فاصله مرکز تا مرکز الکتروودها ۲۰ میلی‌متر بود. سیگنال‌های الکتریکی با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز، پهنای باند ۵۰۰ هرتز ثبت شد و سپس با فیلترهای پایین‌گذر ۵۰۰ هرتز و بالاگذر ۱۰ هرتز و فیلتر ۵۰ هرتز ناچ نویزهای موجود حذف شد. از آنجا که فعالیت عضلات اندام تحتانی با ساختار پا و آسیب اندام تحتانی مرتبط است، فعالیت الکتریکی عضلات ساقی قدامی، دوقلوی داخلی، راست رانی، پهن خارجی، پهن داخلی، دوسر رانی، نیم وتری و سرینی میانی در فرکانس نمونه برداری ۱۰۰۰ هرتز برای محاسبه هم انقباضی ثبت شد (۱۲). سپس با روش SENIAM روی نقاط مد نظر برای ثبت داده‌ها الکتروودگذاری شد (۱۲). بعد از کامل شدن فرایند الکتروودگذاری از آزمودنی خواسته شد تا در محیط آزمایشگاه چند گام راه برود و از این طریق محدودیت‌های احتمالی از طریق الکتروودها که ممکن بود برای آزمودنی ایجاد شود، شناسایی و رفع شد. سپس آزمودنی‌های دو گروه سه آزمون راه رفتن روی سطح زمین و سه آزمون راه رفتن روی شن را به طور طبیعی انجام دادند.

برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از الکترومایوگرافی، نرم‌افزار Biometrics Data LITE و فیلتر میان گذر ۱۰ تا ۴۵۰ هرتز استفاده شد. برای نرمال کردن سیگنال‌های الکترومایوگرافی، اطلاعات RMS (Root mean square) هر عضله برای نرمال سازی داده‌ها به مقدار حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک (MVIC) آن عضله تقسیم و سپس در عدد صد ضرب گردید. برای این منظور هر عضله حداکثر فعالیت الکتریکی در بازه زمانی ۱ ثانیه ثبت شده و از آن به عنوان خط پایه (base line) جهت مقایسه‌ها استفاده شد. فعالیت عضلات در هر مرحله به صورت درصد از خط پایه بیان شد. با توجه به کیفیت سیگنال‌های حاصل از

زوجی نشان داد directed co-contraction عضلات پهن داخلی - خارجی زانو کاهش معنی داری در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن نسبت به سطح زمین دارد (جدول ۲). همچنین اختلاف معنی داری بین دو گروه سالم و Over-pronated foot طی directed co-contraction عضلات پهن داخلی - خارجی زانو (p=۰/۰۰۳) در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن مشاهده شد. مقایسه زوجی نشان داد directed co-contraction عضلات پهن داخلی - خارجی زانو در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن در گروه Over-pronated foot کاهش معنی - داری نسبت به گروه سالم دارد (جدول ۲). general co-contraction میچ پا و directed co-contraction فلکسوری - اکستنسوری زانو در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن و سطح زمین بین گروه سالم و Over-pronated foot اختلاف معنی - داری نشان ندادند (p>۰/۰۰۵). نتایج پژوهش حاضر نشان داد اختلاف معنی داری بین دو گروه سالم و Over-pronated foot طی general co-contraction زانو (p=۰/۰۳۸) طی فاز نوسان راه رفتن روی شن وجود دارد. مقایسه زوجی نشان داد general co-contraction زانو طی فاز نوسان راه رفتن روی شن در گروه Over-pronated foot کاهش معنی داری نسبت به گروه سالم دارد (جدول ۲). نتایج پژوهش اختلاف معنی داری بین دو گروه سالم و Over-pronated foot طی directed co-contraction داخلی - خارجی زانو (p=۰/۰۰۷) طی فاز نوسان راه رفتن روی شن را نشان داد. مقایسه زوجی نشان داد directed co-contraction داخلی - خارجی زانو طی فاز نوسان راه رفتن روی شن در گروه Over-pronated foot کاهش معنی داری نسبت به گروه سالم دارد (جدول ۲). همچنین نتایج پژوهش اختلاف معنی داری بین دو گروه سالم و Over-pronated foot طی directed co-contraction عضلات پهن داخلی - خارجی زانو (p<۰/۰۰۱) طی فاز نوسان راه رفتن روی شن نشان داد. مقایسه زوجی نشان داد directed co-contraction عضلات پهن داخلی - خارجی زانو طی فاز نوسان راه رفتن روی شن در گروه Over-pronated foot کاهش معنی داری نسبت به گروه سالم دارد (جدول ۲). general co-contraction میچ پا و directed co-contraction فلکسوری - اکستنسوری زانو طی فاز نوسان راه رفتن روی شن و سطح زمین بین گروه سالم و Over-pronated foot تفاوت معنی داری را نشان ندادند (p>۰/۰۰۵).

رفتن روی شن مشاهده شد. مقایسه زوجی نشان داد directed co-contraction عضلات پهن داخلی - خارجی زانو طی فاز اتکای راه رفتن روی شن در گروه Over-pronated foot کاهش معنی داری نسبت به گروه سالم دارد (جدول ۲). همچنین اختلاف معنی داری در بررسی اثر تعاملی گروه و سطح طی directed co-contraction عضلات پهن داخلی - خارجی زانو (p<۰/۰۰۱) طی فاز اتکای راه رفتن روی شن مشاهده شد. general co-contraction میچ پا، directed co-contraction میچ پا، general co-contraction زانو، directed co-contraction فلکسوری - اکستنسوری زانو و directed co-contraction داخلی - خارجی زانو طی فاز اتکای راه رفتن روی شن و سطح زمین بین گروه سالم و Over-pronated foot تفاوت معنی داری را نشان ندادند (p>۰/۰۰۵). نتایج تحقیق اختلاف معنی داری در directed co-contraction میچ پا (p<۰/۰۰۱) در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن و سطح زمین نشان داد. مقایسه زوجی نشان داد directed co-contraction میچ پا کاهش معنی داری در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن نسبت به سطح زمین دارد (جدول ۲). نتایج پژوهش اختلاف معنی داری را در general co-contraction زانو (p<۰/۰۰۱) در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن و سطح زمین نشان داد. مقایسه زوجی نشان داد general co-contraction زانو کاهش معنی داری در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن نسبت به سطح زمین دارد (جدول ۲). همچنین اختلاف معنی داری بین دو گروه سالم و Over-pronated foot طی general co-contraction زانو (p=۰/۰۱۷) در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن مشاهده شد. مقایسه زوجی نشان داد general co-contraction زانو در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن در گروه Over-pronated foot کاهش معنی داری نسبت به گروه سالم دارد (جدول ۲). یافته‌های پژوهش اختلاف معنی داری را در directed co-contraction داخلی - خارجی زانو (p<۰/۰۰۱) در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن و سطح زمین نشان داد. مقایسه زوجی نشان داد directed co-contraction داخلی - خارجی زانو کاهش معنی داری در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن نسبت به سطح زمین دارد (جدول ۲). یافته‌های پژوهش اختلاف معنی داری را در directed co-contraction عضلات پهن داخلی - خارجی زانو (p=۰/۰۲۸) در فاز جداشدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن و سطح زمین نشان داد. مقایسه

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد مشخصات دموگرافیک گروه سالم و گروه Over-pronated foot

مشخصات دموگرافیک	گروه سالم	گروه Over-pronated foot	سطح معنی داری
سن (سال)	۲۲/۲±۲/۵	۲۲/۲±۱/۹	۰/۹۸۵
قد (سانتی‌متر)	۱۷۸/۰±۶/۶	۱۶۹/۳±۵/۵	۰/۱۰۳
جرم بدن (کیلوگرم)	۷۵/۰±۸/۲	۶۸/۴±۸/۴	۰/۱۹۸
شاخص توده‌ی بدنی (کیلوگرم/متر مربع)	۲۳/۸±۳/۴	۲۵/۲±۵/۳	۰/۳۷۲

*سطح معنی داری p<۰/۰۰۵

جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای هم انقباضی بین دو گروه سالم و گروه Over-pronated foot در دو شرایط راه رفتن روی سطح زمین و شن

متغیرها		گروه سالم		گروه Over-pronated foot				سطح معنی داری	
LR MS PO SW	سطح زمین	شن	اندازه اثر	سطح زمین	شن	اندازه اثر	اثر عامل سطح	اثر عامل گروه	اثر متقابل سطح و گروه
LR	۶۶/۵۶±۲۲/۱۷	۶۲/۳۱±۲۳/۶۵	۰/۱۸	۶۲/۵۵±۲۰/۳۰	۵۶/۸۳±۲۰/۳۶	۰/۲۸	۰/۱۸۲	۰/۲۶۱	۰/۸۳۵
MS	۶۵/۸۲±۲۲/۰۳	۶۹/۴۶±۲۵/۲۳	۰/۱۵	۶۰/۰۲±۱۶/۶۸	۶۲/۴۳±۲۳/۸۵	۰/۱۱	۰/۳۸۸	۰/۱۶۹	۰/۸۶۰
PO	۷۳/۴۲±۲۴/۱۴	۵۸/۹۴±۲۲/۸۷	۰/۶۱	۸۸/۳۵±۳۰/۳۲	۶۶/۴۳±۲۴/۶۹	۰/۸۹	*۰/۰۰۰	*۰/۰۱۷	۰/۴۴۹
SW	۵۸/۰۱±۲۴/۳۴	۶۰/۹۷±۲۶/۰۸	۰/۱۱	۴۹/۵۹±۲۰/۴۶	۴۵/۷۱±۲۴/۵۲	۰/۱۷	۰/۸۷۰	*۰/۰۳۸	۰/۲۲۵
DCC فلکسوری-اکستوری زانو									
LR	۰/۵۴±۰/۲۳	۰/۵۵±۰/۲۲	۰/۰۴	۰/۶۰±۰/۲۱	۰/۵۶±۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۶۸۱	۰/۵۱۲	۰/۴۳۸
MS	۰/۵۸±۰/۲۵	۰/۵۱±۰/۴۱	۰/۲۱	۰/۵۹±۰/۲۸	۰/۵۲±۰/۳۵	۰/۱۵	۰/۲۰۵	۰/۷۶۴	۰/۹۳۶
PO	۰/۶۲±۰/۲۵	۰/۶۳±۰/۲۱	۰/۰۴	۰/۶۵±۰/۲۴	۰/۶۸±۰/۲۴	۰/۱۲	۰/۵۱۲	۰/۴۰۰	۰/۸۷۶
SW	۰/۴۹±۰/۳۰	۰/۵۵±۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۵۳±۰/۳۷	۰/۶۱±۰/۱۹	۰/۲۸	۰/۱۶۴	۰/۴۱۸	۰/۸۱۱
DCC داخلی-خارجی زانو									
LR	۰/۱۹±۰/۳۷	۰/۲۵±۰/۳۶	۰/۱۶	۰/۰۱±۰/۴۲	-۰/۱۴±۰/۴۵	۰/۲۹	۰/۵۵۵	*۰/۰۰۱	۰/۱۲۷
MS	۰/۱۹±۰/۴۸	۰/۱۸±۰/۵۲	۰/۰۲	۰/۱۸±۰/۴۴	۰/۰۱±۰/۴۹	۰/۳۶	۰/۲۵۲	۰/۳۶۸	۰/۳۴۲
PO	۰/۴۴±۰/۲۵	۰/۱۸±۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۴۴±۰/۲۶	۰/۱۷±۰/۴۷	۰/۸۳	*۰/۰۰۰	۰/۹۶۳	۰/۹۵۷
SW	۰/۳۰±۰/۳۸	۰/۲۳±۰/۵۲	۰/۱۵	۰/۰۵±۰/۴۰	-۰/۰۳±۰/۴۳	۰/۰۴	۰/۲۷۰	*۰/۰۰۷	۰/۸۳۸
DCC پهن داخلی-پهن خارجی زانو									
LR	۰/۲۵±۰/۴۹	۰/۳۱±۰/۴۳	۰/۱۳	-۰/۰۱±۰/۴۷	۰/۰۹±۰/۵۷	۰/۱۵	۰/۲۹۵	*۰/۰۱۹	۰/۷۲۶
MS	۰/۴۸±۰/۳۴	۰/۴۰±۰/۴۳	۰/۲۰	۰/۴۷±۰/۲۴	-۰/۱۲±۰/۵۳	۰/۹۰	*۰/۰۰۰	*۰/۰۰۲	*۰/۰۰۰
PO	۰/۶۳±۰/۲۲	۰/۵۳±۰/۳۹	۰/۳۲	۰/۴۷±۰/۲۷	۰/۲۹±۰/۴۳	۰/۵۱	*۰/۰۲۸	*۰/۰۰۳	۰/۵۱۷
SW	۰/۵۰±۰/۳۶	۰/۴۹±۰/۴۵	۰/۰۲	۰/۱۶±۰/۳۹	۰/۱۴±۰/۴۷	۰/۰۴	*۰/۰۰۰	*۰/۰۰۰	*۰/۰۰۰
GCC میچ پا									
LR	۳۷/۶۰±۲۲/۱۰	۳۴/۳۰±۲۰/۹۱	۰/۱۵	۳۵/۱۷±۱۷/۶۸	۳۲/۶۳±۱۴/۹۴	۰/۸۰	۰/۱۰۲	۰/۶۶۰	۰/۸۳۰
MS	۳۷/۰۳±۱۸/۸۹	۳۷/۴۶±۲۱/۰۱	۰/۰۲	۳۵/۶۴±۲۰/۸۸	۳۱/۸۷±۲۱/۲۵	۰/۱۸	۰/۵۷۱	۰/۴۳۹	۰/۴۷۶
PO	۴۹/۰۸±۲۲/۸۴	۴۹/۱۴±۱۹/۹۸	۰/۰۱	۵۵/۹۶±۲۲/۹۱	۵۹/۹۴±۲۱/۶۱	۰/۱۷	۰/۵۱۰	۰/۰۷۱	۰/۵۲۴
SW	۳۶/۵۴±۲۳/۸۰	۳۵/۲۵±۲۲/۳۹	۰/۰۵	۲۷/۶۸±۱۵/۹۲	۲۵/۲۹±۱۹/۰۵	۰/۱۳	۰/۴۱۴	۰/۰۵۷	۰/۸۰۶
DCC میچ پا									
LR	۰/۵۹±۰/۲۳	۰/۵۶±۰/۲۸	۰/۱۱	۰/۷۰±۰/۲۰	۰/۶۲±۰/۴۱	۰/۲۶	۰/۴۲۶	۰/۰۹۰	۰/۵۱۴
MS	-۳/۸۸±۴/۲۴	-۳/۳۹±۳/۷۹	۰/۰۹	-۴/۶۴±۵/۰۱	-۴/۰۴±۴/۶۱	۰/۱۲	۰/۴۸۴	۰/۴۱۴	۰/۸۸۰
PO	-۵/۳۱±۶/۵۳	-۰/۲۸±۰/۵۲	۱/۴۲	-۶/۶۳±۵/۶۹	-۰/۴۵±۰/۳۲	۲/۰۵	*۰/۰۰۰	۰/۳۶۵	۰/۴۶۸
SW	۰/۴۲±۰/۳۸	۰/۳۴±۰/۴۸	۰/۱۸	۰/۴۹±۰/۳۴	۰/۴۸±۰/۴۷	۰/۰۲	۰/۴۷۱	۰/۲۷۵	۰/۵۸۷

علایم و اختصارات: DCC=directed co-contraction, GCC=general co-contraction, LR=فاز بارگذاری، MS=فاز اتکا، فاز جدا شدن پنجه پا=PO و فاز نوسان=SW. * سطح معنی داری <0/05 p

بحث

هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر راه رفتن روی شن بر هم انقباضی عضلات اندام تحتانی افراد دارای Over-pronated foot است.

نیگ و همکاران (۱۹) گزارش کردند که هرگاه مسیر کنترل حرکتی عضله حمایت شود، به دنبال آن فعالیت عضله کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه راه رفتن روی شن باعث تغییر در فعالیت عضلات می‌شود (۱۲) در نتیجه هم انقباضی عضلانی نیز تغییر می‌کند که با نتایج تحقیق حاضر همسو است. نتایج پژوهش حاضر کاهش معنی داری در directed co-contraction میچ پا در فاز جدا شدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن نسبت به سطح زمین در دو گروه نشان داد. افزایش فعالیت همزمان عضلات آگونست و آنتاگونیست توسط یک مکانیسم هم فعالیتی مرکزی کنترل می‌شود (۲۰). افزایش هم انقباضی در برخی از تحقیقات به عنوان یک

مکانیسم خطرناک مطرح شده است که با نتایج تحقیق حاضر همسو نیست (۱۱). نتایج پژوهش حاضر کاهش معنی داری در directed co-contraction میچ پا در فاز جدا شدن پنجه پا طی راه رفتن روی شن نسبت به سطح زمین در دو گروه نشان داد. با توجه به این که عارضه Over-pronated foot منجر به آسیب‌های اندام تحتانی می‌شود و همچنین افزایش هم انقباضی در برخی از مطالعات به عنوان یک مکانیسم خطرناک مطرح شده است می‌توان بیان کرد که کاهش directed co-contraction میچ پا چه در افراد سالم و چه در افراد دارای عارضه Over-pronated foot نشان از اثرات مثبت راه رفتن روی شن است. همچنین مطالعات نشان داده‌اند که افراد دچار Over-pronated foot در فازهای اتکا و جدا شدن پنجه پا از زمین طی راه رفتن، بی ثباتی و حرکت پذیری بالایی دارند (۲۱). در پژوهشی گزارش شده است که افراد دارای Over-pronated foot از عضلات برون پای خود برای حفظ ثبات

روی شن مطالعه شد، حال آن که راه رفتن طولانی مدت روی شن ممکن است اثرات متفاوتی را نشان دهد.

نتیجه‌گیری

با توجه به میزان هم انقباضی عضلات مفصل مچ پا در مراحل مختلف استانس و مقایسه آن بین دو گروه، افراد Over-pronated foot طی راه رفتن روی شن کاهش معنی‌داری در directed co-contraction مچ پا نشان دادند. با توجه به اینکه عضلات ساق افراد دچار Over-pronated foot میزان هم انقباضی بیشتری از خود نشان می‌دهند، این کاهش directed co-contraction مچ پا طی راه رفتن روی شن نشان از اثر مثبت شن است. البته مطالعات بیشتری لازم است تا مکانیسم اثر دقیق راه رفتن روی شن ارزیابی شود.

قدردانی

از دست‌اندرکاران دانشگاه و دانشجویان مشارکت کننده در تحقیق تشکر می‌کنیم.

ملاحظات اخلاقی

پروتکل این مطالعه در کمیته پزشکی اردبیل استان اردبیل به شماره مرجع IR.ARUMS.REC.1398.119 تایید شده است.

منابع مالی

ندارد

منافع متقابل

مولفان اظهار می‌کنند که منافع متقابلی از تالیف و انتشار این مقاله ندارد.

مشارکت مولفان

اف، اع، ج، و ن در طراحی، اجرا و تحلیل نتایج مطالعه را عهده داشتند. همچنین مقاله را تالیف نموده و نسخه نهایی آن را خوانده و تایید کرده‌اند.

و قوس طولی داخلی کف پا استفاده می‌کنند (۷). در نتیجه برای حفظ بیشتر ثبات در پا و جلوگیری از حرکات اضافی، عضلات ساق افراد دچار Over-pronated foot میزان هم انقباضی بیشتری دارند که با نتایج تحقیق حاضر همسو نیست. نتایج پژوهش حاضر نشان داد افراد دچار Over-pronated foot طی راه رفتن روی شن در فاز جدا شدن پنجه پا، کاهش معنی‌داری در directed co-contraction مچ پا دارند. بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق و نتایج مطالعات گذشته، می‌توان بیان کرد متحرک بودن و نرمی سطح شن نسبت به سطح زمین، حرکات اضافی موجود در پای افراد دچار Over-pronated foot را محدود می‌کند. در نتیجه عضلات ساقی قدامی و دوقلوی داخلی نیازی به فعالیت بیشتر برای جلوگیری از این حرکات اضافی ندارند و فعالیتشان کاهش پیدا می‌کند. از دیگر مکانیسم‌های جبرانی بدن برای حفظ ثبات مفصل مچ پا که ناشی از Over-pronated foot است، می‌توان به پژوهش تومی و همکاران (۲۲) اشاره کرد. آن‌ها گزارش کردند چرخش خارجی استخوان ران افراد دارای Over-pronated foot نسبت به افراد نرمال بیشتر است (۲۲). افزایش چرخش خارجی ران با ابداعش پا همراه بوده و باعث کاهش حرکات اضافی پا می‌شود. این مکانیسم به صورت هوشمندانه باعث جبران حرکات اضافی پا در افراد Over-pronated foot می‌شود تا از لحاظ بارهای وارده بر اندام تحتانی نسبت به افراد نرمال تفاوتی نداشته باشند (۲۲). این مکانیسم مکانیکی با مکانیسم عصبی هم انقباضی همراه می‌شود تا باعث کاهش حرکات اضافی پا شود و بارهای مکانیکی اضافی و بی‌ثباتی پا را کاهش دهند. میزان هم انقباضی بین دو گروه، در فاز بارگذاری راه رفتن روی شن در مفصل مچ پا اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. مطالعات گذشته نشان دادند که در فاز بارگذاری، میزان اورژن قسمت rear-foot افراد دچار Over-pronated foot، از افراد نرمال بیشتر است (۲۱، ۲۲). با توجه به نبود اختلاف معنی‌داری از لحاظ عملکرد هم انقباضی عضلانی می‌توان بیان کرد که حرکت اضافی rear-foot در زیر فاز بارگذاری راه رفتن منشا غیر عضلانی دارد و عضلات کنترلی روی اورژن قسمت rear-foot ندارند.

پژوهش حاضر محدودیت‌هایی مانند عدم ثبت داده‌های کینماتیک داشت. همچنین در این پژوهش تنها اثر آنی راه رفتن

References

1. Deconinck FJ, De Clercq D, Savelsbergh GJ, Van Coster R, Oostra A, Dewitte G, et al. Differences in gait between children with and without developmental coordination disorder. *Motor Control*. 2006 Apr;10(2):125-42. doi: 10.1123/mcj.10.2.125. PMID: 16871009.
2. Doya H, Haraguchi N, Niki H, Takao M, Yamamoto H; Ad Hoc Committee on Terminology of the Japanese Society for Surgery of the Foot. Proposed novel unified nomenclature for range of joint motion: method for measuring and recording for the ankles, feet, and toes. *J Orthop Sci*. 2010 Jul;15(4):531-9. doi: 10.1007/s00776-010-1492-y. Epub 2010 Aug 19. PMID: 20721722.
3. 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. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004 Apr;34(4):201-9. doi: 10.2519/jospt.2004.34.4.201. PMID: 15128190.
4. Farahpour N, Jafarnejhad 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. *J Biomech.* 2016 Jun 14;49(9):1705-10. doi: 10.1016/j.jbiomech.2016.03.056. Epub 2016 Apr 5. PMID: 27086117.
 5. Herb CC, Chinn L, Dicharry J, McKeon PO, Hart JM, Hertel J. Shank-rearfoot joint coupling with chronic ankle instability. *J Appl Biomech.* 2014 Jun;30(3):366-72. doi: 10.1123/jab.2013-0085. Epub 2013 Dec 17. PMID: 24347533.
 6. Tweed JL, Campbell JA, Avil SJ. Biomechanical risk factors in the development of medial tibial stress syndrome in distance runners. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2008 Nov-Dec;98(6):436-44. doi: 10.7547/0980436. PMID: 19017851.
 7. Gray EG, Basmajian JV. Electromyography and cinematography of leg and foot ("normal" and flat) during walking. *Anat Rec.* 1968 May;161(1):1-15. doi: 10.1002/ar.1091610101. PMID: 5664082.
 8. Murley GS, Menz HB, Landorf KB. Foot posture influences the electromyographic activity of selected lower limb muscles during gait. *J Foot Ankle Res.* 2009 Nov 26;2:35. doi: 10.1186/1757-1146-2-35. PMID: 19939283; PMCID: PMC2788543.
 9. Hubley-Kozey C, Deluzio K, Dunbar M. Muscle co-activation patterns during walking in those with severe knee osteoarthritis. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2008 Jan;23(1):71-80. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2007.08.019. Epub 2007 Nov 1. PMID: 17935845.
 10. Lloyd DG, Buchanan TS. Strategies of muscular support of varus and valgus isometric loads at the human knee. *J Biomech.* 2001 Oct;34(10):1257-67. doi: 10.1016/s0021-9290(01)00095-1. PMID: 11522305.
 11. Heiden TL, Lloyd DG, Ackland TR. Knee joint kinematics, kinetics and muscle co-contraction in knee osteoarthritis patient gait. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2009 Dec;24(10):833-41. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2009.08.005. Epub 2009 Sep 17. PMID: 19765867.
 12. Jafarnejhadgero A, Fatollahi A, Amirzadeh N, Siahkoushian M, Granacher U. Ground reaction forces and muscle activity while walking on sand versus stable ground in individuals with pronated feet compared with healthy controls. *PLoS One.* 2019 Sep 26;14(9):e0223219. doi: 10.1371/journal.pone.0223219. PMID: 31557258; PMCID: PMC6762175.
 13. Snyder KR, Earl JE, O'Connor KM, Ebersole KT. Resistance training is accompanied by increases in hip strength and changes in lower extremity biomechanics during running. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2009 Jan;24(1):26-34. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2008.09.009. Epub 2008 Nov 14. PMID: 19013697.
 14. Rodgers MM, Leveau BF. Effectiveness of foot orthotic devices used to modify pronation in runners*. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1982;4(2):86-90. doi: 10.2519/jospt.1982.4.2.86. PMID: 18810107.
 15. Holmes CF, Wilcox D, Fletcher JP. Effect of a modified, low-dye medial longitudinal arch taping procedure on the subtalar joint neutral position before and after light exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2002 May;32(5):194-201. doi: 10.2519/jospt.2002.32.5.194. PMID: 12014823.
 16. Feltner ME, MacRae HS, MacRae PG, Turner NS, Hartman CA, Summers ML, et al. Strength training effects on rearfoot motion in running. *Med Sci Sports Exerc.* 1994 Aug;26(8):1021-7. PMID: 7968419.
 17. Hak L, Houdijk H, Steenbrink F, Mert A, van der Wurff P, Beek PJ, et al. Stepping strategies for regulating gait adaptability and stability. *J Biomech.* 2013 Mar 15;46(5):905-11. doi: 10.1016/j.jbiomech.2012.12.017. Epub 2013 Jan 18. PMID: 23332822.
 18. Association WM. "Ethical principles for medical research involving human subjects," Declaration of Helsinki. <http://www.wma.net/e/policy/b3.htm>. 2004. doi: 10.1515/9783110208856.233
 19. Nigg BM, Nurse MA, Stefanyshyn DJ. Shoe inserts and orthotics for sport and physical activities. *Med Sci Sports Exerc.* 1999 Jul;31(7 Suppl):S421-8. doi: 10.1097/00005768-199907001-00003. PMID: 10416543.
 20. De Luca CJ, Erim Z. Common drive in motor units of a synergistic muscle pair. *J Neurophysiol.* 2002 Apr;87(4):2200-4. doi: 10.1152/jn.00793.2001. PMID: 11929938.
 21. Powell DW, Long B, Milner CE, Zhang S. Frontal plane multi-segment foot kinematics in high- and low-arched females during dynamic loading tasks. *Hum Mov Sci.* 2011 Feb;30(1):105-14. doi: 10.1016/j.humov.2010.08.015. Epub 2011 Jan 8. PMID: 21220174.
 22. Twomey DM, McIntosh AS. The effects of low arched feet on lower limb gait kinematics in children. *Foot (Edinb).* 2012 Jun;22(2):60-5. doi: 10.1016/j.foot.2011.11.005. Epub 2011 Dec 10. PMID: 22155064.