Archive of SID

Medical Journal
of
Tabriz University of Medical Sciences and Health Services

Original Article

Kinematic and kinetic features of normal level walking in athletes with tightness of gastrocnemius-soleus complex: more than a sagittal plane alteration

Farhad Rezazadeh[1*], Seyed Sadradin Shojaeddin[2], Ismael Ebrahimi[3], Amir Hossein Barati[4], Farzam Farahmand[5]

[1]Phd Candidate, Department of Corrective Exercise, School of Physical Education, Kharazmi University, Tehran, Iran
[2]Department of Sport Medicine, School of Physical Education, Kharazmi University, Tehran, Iran
[3]Department of Physical Therapy, School of Physical Therapy, Iran Medical University, Tehran, Iran
[4]Department of Physical Education, School of Physical Education, Tarbiat Moallem University, Tehran, Iran
[5]Department of Engineering, School of Engineering, Sharif University, Tehran, Iran
*Corresponding author; E-mail: Rezazade.farhad@gmail.com

Received: 23 July 2016 Accepted: 27 August 2016 First Published online: 28 August 2017
Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2017 October;39(4):42-52

Abstract

Background: A shortened Gastrocnemius soleus underlies many biomechanical interactions which is a contributing factor to the development of movement impairment syndromes. So, the present study was done to assess the impact of shortened gastrocnemius soleus muscle on kinetic and kinematic variables in athletes to identify the compensatory movement patterns done in system. Knee and ankle torque, range of motion and ground reaction forces recorded by gait analysis system. Independent T test was used to compare parameters between two groups.

Methods: This descriptive analytical study was carried out on 10 athletes which suffered from gastrocnemius soleus muscle shortness and ten healthy male athletes.

Results: Shortness group displayed an increased knee flexion in swing phase, increased maximum adduction and extension of knee in stance phase, and increased maximum eversion in loading response of gait cycle. Athletes with limited dorsiflexion also displayed a reduced dorsiflexion range of motion, knee flexion angle in stance phase. Also, whole eversion time of ankle in loading response, knee flexion angle of heel contact were reduced in athletes with ankle dorsiflexion limitation. Finally, the mean external rotation and extensor torque of knee in stance phase and maximum torque of plantar flexion in loading response were increased in athletes with gastrocnemius soleus shortness group.

Conclusion: Restricted DF ROM may alter movement mechanics in a manner that predisposes athletes to muscle skeletal injury. Therefore, the attention focused on the rehabilitation of gastrocnemius-soleus complex with an emphasis on motor control is important.

Keywords: Gait Analysis, Kinetic, Kinematic, Muscle Tightness, Ankle Dorsi Flexion Angle

How to cite this article: Rezazadeh F, Shojaeddin S.S, Ebrahimi I, Barati A.H, Farahmand F. [Kinematic and kinetic features of normal level walking in athletes with tightness of gastrocnemius-soleus complex: more than a sagittal plane alteration]. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2017 October;39(4):42-52. Persian.

© 2017 The Author(s). This is an Open Access article published by Tabriz University of Medical Sciences under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

www.SID.ir

Archive of SID

مقاله پژوهشی

ویژگی‌های کینماتیکی و کینتیکی راه رفتن در ورزشکاران دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس: تغییراتی فراتر از صفحه حرکتی ساجیتال

فرهاد رضازاده*[۱]، سید صدرالدین شجاع الدین[۲]، اسماعیل ابراهیمی[۳]، امیرحسین براتی[۴]، فرزام فرهمند[۵]

[۱] دانشجوی دکتری گروه حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
[۲] گروه حرکات اصلاحی دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
[۳] گروه فیزیوتراپی دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران ، ایران
[۴] گروه طب ورزشی دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه شهید رجایی، تهران، ایران
[۵] گروه بیومکانیک دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
* نویسنده رابط؛ ایمیل: Rezazade.farhad@gmail.com

دریافت: ۱۳۹۵/۵/۲ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۶ انتشار برخط: ۱۳۹۶/۶/۶
مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تبریز. مهر و آبان ۱۳۹۶؛ ۳۹(۴): ۴۲-۵۲

چکیده

زمینه: کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس از عوامل زمینه‌ساز تعاملات بیومکانیکی است که در توسعه اختلالات حرکتی مؤثرند. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس بر پارامترهای کینتیکی و کینماتیکی و مقایسه با ورزشکاران سالم جهت درک درست الگوهای حرکتی جبرانی انجام شد.

روش کار: این مطالعه توصیفی-تحلیلی روی ۱۰ ورزشکار با کوتاهی مجموعه عضلانی گاسئروسولئوس و ۱۰ ورزشکار سالم انجام شد. دامنه حرکتی و گشتاور مفاصل مچ پا و زانو و مقادیر نیروهای عمودی عکس العمل توسط سیستم آنالیز حرکت تعیین شد. مقایسه متغیرها بین دو گروه توسط آزمون آماری تی مستقل انجام شد.

یافته‌ها: در ورزشکاران مبتلا، زاویه فلکشنی زانو حین فاز تاب خوردن، ماکزیمم دامنه حرکتی اداکشن و ماکزیمم اکستنشن زانو، و ماکزیمم اورژن مچ پا حین فاز استقرار بیشتر بود. بعلاوه، دامنه دورسی فلکشن مچ پا، فلکشن زانو طی فاز استقرار، زاویه فلکشن زانو در لحظه تماس پاشنه با زمین و کل زمان اورژن مچ پا طی مرحله تحمل وزن در ورزشکاران مبتلا کمتر بود. نهایتاً گشتاور اکستانسوری و ماکزیمم گشتاور چرخش خارجی زانو طی فاز استقرار و میانگین گشتاور پلانتارفلکسوری طی فاز انتهایی استقرار در این افراد کمتر بود.

نتیجه‌گیری: محدودیت دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا منجر به تغییر مکانیک حرکت در هر سه صفحه حرکتی شده و ورزشکار را در معرض آسیبهای اسکلتی-عضلانی قرار می‌دهد. لذا، توجه به استراتژیهای متمرکز شده بر توانبخشی عضله گاستروسولئوس با تاکید بر کنترل حرکتی پر اهمیت است.

کلید واژه‌ها: آنالیز راه رفتن، کینماتیک، کینتیک، کوتاهی عضله، زاویه دورسی فلکشن مچ پا

نحوه استناد به این مقاله: رضازاده ف، شجاع الدین س ص ، ابراهیمی ا ، براتی ا ح، فرهمند ف. ویژگی‌های کینماتیکی و کینتیکی راه رفتن در ورزشکاران دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس: تغییراتی فراتر از صفحه حرکتی ساجیتال. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تبریز. ۱۳۹۶؛ ۳۹(۴): ۴۲-۵۲

حق تألیف برای مؤلفان محفوظ است.
این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تبریز تحت مجوز کریتیو 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.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مشکلات سیستم اسکلتی عضلانی سهم قابل‌توجهی در ناتوانی افراد عادی داشته و بخش عمده هزینه‌های بهداشت و درمان را در جوامع صنعتی به خود اختصاص می‌دهند. جالب اینکه، برخی از این اختلالات اسکلتی عضلانی (کوتاهی عضلات پشت ساق پا) در افرادی که در ورزش مشارکت می‌نمایند (الگوهای حرکتی پلایومتریک)، متداول تر است (۱).

دامنه حرکتی طبیعی مچ پا (دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن) از ضروریات انجام فعالیت های عملکردی نظیر دویدن، بالا رفتن و پایین آمدن از پله، و راه رفتن طبیعی می‌باشد. بطوریکه در فاز میانی استقرار، تیبیا به دورسی فلکشن مچ پای بیش از ۱۰ درجه‌ای نیازمند است تا بر روی پا به سمت جلو حرکت نماید و اجازه پیشروی بدن به جلو را فراهم نماید (۲, ۳). اعتقاد بر این است که محدودیت دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا مفصل ساب تلار را با اختلال حرکتی روبرو کرده و از رسیدن مفصل مچ پا به کلوزپک پوزیشن که حین راه رفتن و دویدن لازم است، جلوگیری می‌نماید و باعث تغییر بیومکانیک اندام تحتانی شده، که نه‌تنها ثبات در ناحیه مچ پا و زانو بلکه ثبات پاسچرال را با مخاطره روبرو می‌نماید (۴–۶). از سویی دیگر، بر اساس اصول کینزیولوژی، هیچ بخش یا ناحیه‌ای از سیستم حرکتی نمی‌تواند به‌صورت ایزوله (لوکال) تحت تأثیر قرار گیرد، چراکه تغییرات کنترل حرکتی و ناکارآمدی عملکرد عضلانی (کوتاهی گاستروسولئوس) زمینه بسیاری از تعاملات بیومکانیکی است که در ایجاد سندرم‌های اختلال حرکتی مؤثر است (۷–۱۲). سفتی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس احتمالاً علت سندرم‌های اختلال سیستم حرکتی است که نیازمند توجه ویژه‌ای است (۱۰، ۱۲، ۱۳).

از دیدگاه بیومکانیکی در مطالعات پیشین تفاوت در زوایا و گشتاورهای مفصلی بین افراد سالم و بیماران نورولوژیکی ارائه شده است (۱۴–۱۷). Mueller و همکاران کاهش در دامنه حرکتی مفصل مچ پا طی فاز انتهایی ایستادن در بیماران دیابتی و افراد دارای بیماری‌های نوروپاتی محیطی را گزارش نموده اند (۱۸). You و همکاران نشان دادند که زوایای مفصلی ران و زانو در افراد با کوتاهی گاستروکنمیوس به هنگام حرکت دورسی فلکشن حداکثر در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بوده و الگوی‌های حرکتی جبرانی در این مفاصل بروز می‌نمایند (۹). همچنین Wu و همکاران گزارش نموده‌اند که کوتاهی گاستروسولئوس موجب افزایش زاویه فلکشنی و گشتاور اکستانسوری حداکثر در فاز استقرار راه رفتن می‌گردد (۱۹).

اگرچه مطالعات پیشین اطلاعات ارزشمندی در ارتباط با تغییرات بیومکانیکی ناشی از محدودیت دامنه حرکتی مچ پا گزارش نموده‌اند (۲، ۵، ۹، ۱۴، ۱۵)، اما بررسی کینماتیکی و کینتیکی در صفحات حرکتی فرونتال و عرضی هدف تحقیقات بیومکانیکی در زمینه کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس نبوده است. به نظر می‌رسد شناسایی تغییرات بیومکانیکی ناشی از محدودیت حرکتی مچ پا در هر سه صفحه حرکتی از نقطه نظر کلینیکی اهمیت فراوانی دارد (۲۰). در واقع، اخیرا گزارش شده است که افزایش گشتاورهای ابداکتوری و چرخش خارجی زانو طی فاز استقرار راه رفتن شاید بعنوان نشانه‌های بیومکانیکی در ارزیابی مکانیسم‌های درگیر در پرونیشن و سوپینیشن مچ پا و پیدایش استئوآرتریت زانو باشد (۹ و ۲۱). Yoon و همکاران بیان می کند که در افراد با محدودیت دورسی فلکشن مچ پا، فقدان دورسی فلکشن طبیعی مچ پا به هنگام بلند شدن پاشنه پا از زمین شاید باعث بروز تغییرات جبرانی نظیر افزایش اکستنشن زانو، افزایش پرونیشن مچ پا و بلند شدن زود هنگام پاشنه از زمین گردد (۲). برخی از این مکانیسم‌های جبرانی موجب وارد شدن استرس بیش از حد به مفاصل زنجیره حرکتی می‌گردد (۸، ۱۱، ۱۲). این حقایق، از گزارشات ارائه شده از افزایش سندرم‌های اختلال حرکتی مچ پا، زانو، ران و ستون فقرات ناشی از محدودیت دامنه حرکتی مچ پا حمایت می‌نمایند (۸، ۹، ۱۱، ۱۲، ۲۲).

بدلیل بروز اختلالات نوروماسکولار ناشی از ایمبالانس در زمانبندی فراخوانی عضلات گاستروکنمیوس و سولئوس در افراد با محدودیت دامنه حرکتی مچ پا، گشتاورها و زوایای مفاصل مچ پا و زانو در هر سه صفحه حرکتی دچار تغییر شده و مفاصل و سگمنت‌های مختلف سیستم حرکتی در معرض اثرات بی‌ثبات کنندگی این نیروها قرار می‌گیرند (۵، ۷، ۸، ۲۲، ۲۳).

بنابراین، تحقیق حاضر با هدف بررسی برخی پارامترهای کینتیکی و کینماتیکی افراد دارای محدودیت دورسی فلکشن مچ پا حین راه رفتن عادی در هر سه صفحه حرکتی توسط دستگاه آنالیز حرکت، و مقایسه این پارامترهای منتخب افراد دارای کوتاهی با ورزشکاران سالم جهت درک صحیح الگوهای حرکتی جبرانی که در طراحی مداخلات تمرینی اثربخش در زمینه پیشگیری از آسیب و ناتوانی مهم می‌باشند، انجام گرفته است.

روش کار

این مطالعه توصیفی–تحلیلی روی ۱۰ ورزشکار مرد حرفه ای ۲۰–۳۵ ساله دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاسئروسولئوس و ۱۰ ورزشکار سالم در آزمایشگاه جواد محققیان دانشگاه صنعتی شریف، از اول دی ماه تا آخر اسفند سال ۱۳۹۴ انجام گرفت.

افراد مورد مطالعه از جامعه در دسترس، به روش نمونه‌گیری غیراحتمالی ساده با استفاده از یافته های حاصل از یک مطالعه مقدماتی برای تعیین حجم نمونه بر اساس واریانس پارامتر مورد مطالعه روی ۵ نفر و به صورت هدفمند روی ۱۰ ورزشکار مرد دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس (با دامنه دورسی

www.SID.ir

Archive of SID

فلکشن فعال مچ پا در وضعیت اکستنشن زانو با میانگین ۷/۷±/۹۴ درجه‌ای و دامنه حرکتی دورسی فلکشن فعال مچ پا در وضعیت فلکشن زانو با میانگین ۸/۴±/۶۹ درجه ای) با میانگین سن ۲۵/۹±۱/۴ سال، قد ۱۸۰/۱±۲/۵ سانتی‌متر و وزن ۷۵/۷±۴/۳ کیلوگرم و حداقل سابقه ۵ سال ورزش حرفه ای به صورت هدفمند انتخاب شدند و سپس ۱۰ ورزشکار مرد سالم (با دامنه دورسی فلکشن فعال مچ پا در وضعیت اکستنشن زانو با میانگین ۱۴/۴±/۸۴ درجه‌ای و دامنه حرکتی دورسی فلکشن فعال مچ پا در وضعیت فلکشن زانو با میانگین ۱۴/۵±/۹ درجه‌ای) با میانگین سن ۲۶/۷±۱/۴ سال، قد ۱۷۸/۳±۶/۱ سانتیمتر و وزن ۷۳/۴±۹/۵ کیلوگرم بر اساس همتاسازی و جورکردنی مطابق معیارهای قد، وزن، سن (۲۰–۳۵ سال)، رشته ورزشی، میزان فعالیت حرفه‌ای ورزش و غالب بودن اندام تحتانی راست انتخاب شدند.

معیارهای ورود به مطالعه ورزشکاران دارای محدودیت دورسی فلکشن مچ پا عبارت از کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس (دورسی فلکشن کمتر از ۱۰ درجه)، و سابقه فعالیت بیش از ۵ سال در ورزش های با الگوهای حرکتی پلایومتریک (دو و میدانی) بود.

معیارهای حذف از مطالعه عبارت بودنداز: سابقه تروما یا جراحی مچ پا، پاتولوژی استخوانی، اختلالات نورولوژیکی، وجود هر گونه بیماری سیستمیک فعال نظیر دیابت، سرطان، روماتوئید آرتریت، بیماریهای التهابی، وجود هرگونه ناهنجاری های وضعیتی موثر بر روند تحقیق و دریافت هرگونه مداخلات فیزیوتراپی مرتبط با نقاط ماشه ای مجموعه عضلانی گاستروسولئوس در سه ماه اخیر.

پس از اخذ موافقت آگاهانه از ورزشکاران شرکت کننده، معاینه تکمیلی توسط همکار پزشک انجام گرفته و ورزشکاران در جلسه‌ای به منظور آشنایی با روش انجام کار شرکت نمودند. سپس فرم کتبی اطلاعات تحقیق در اختیار آنها قرار گرفت و پرسشنامه‌ای حاوی اطلاعات دموگرافیک افراد شامل قد، وزن، سن توسط آزمونگر تکمیل گردید.

برای انتخاب نمونه‌های پژوهش حاضر و با مدنظر قرار دادن ملاک های ورود و خروج، در اولین جلسه حضور ورزشکاران از مقیاس عینی و به وسیله گونیامتر جهت ارزیابی دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا استفاده شد. به‌منظور تعیین دامنه حرکتی، ورزشکار بر روی تخت بصورت دمر با زانوی فلکشنی (اندازه گیری کوتاهی عضله سولئوس)، و با زانوی اکستنشن یافته (اندازه-گیری کوتاهی عضله گاستروکنمیوس) قرار می‌گرفت (۳, ۲۴). پایه گونیامتر دقیقاً بر روی مرکز قوزک خارجی قرار داده شده و یکی از بازوان به‌موازات نازک نی و بازوی دیگر به‌موازات استخوان متاتارس پنجم قرار می‌گرفت. (۲۴, ۲۵). پروسه اندازه‌گیری برای هر ورزشکار سه بار انجام گرفته و نهایتاً میانگین اندازه‌گیری‌ها به عنوان معیار سنجش در نظر گرفته شد. در واقع، بدلیل اینکه در فاز استقرار راه رفتن، استخوان درشت نی به دورسی فلکشن ده درجه ای نیاز داشته تا ساق پا به سمت جلو حرکت نموده و اجازه پیشروی بدن به جلو فراهم گردد، دامنه حرکتی دورسی فلکشن ده درجه ای بعنوان معیار به منظور انتخاب گروه ورزشکاران سالم و بیمار لحاظ گردید.

به منظور ارزیابی متغیرهای کینماتیکی طی راه رفتن در هر سه صفحه حرکتی از دستگاه آنالیز حرکتی مجهز به شش دوربین با مدل Vicon MX40S و با فرکانس ۱۲۰۰ هرتز بهره گرفته شد. جهت تعیین متغیرهای نیروی عمودی عکس العمل زمین و تغییرات مرکز فشار کف پا طی راه رفتن از صفحه نیروی مدل کیستلر ساخت کشور سوئیس با ابعاد ۵۰×۳۰ و با فرکانس نمونه برداری ۱۲۰ هرتز استفاده گردید. نیروی عکس العمل زمین و موقعیت مارکرها با استفاده از مدل دینامیک وایکون Plug-in-Gait- Workstation ۴.۶ پردازش و متغیرهای کینتیکی و کینماتیکی مفاصل مچ پا شامل زاویه (درجه) و گشتاور (نیوتن متر.بر کیلوگرم) محاسبه گردید. گشتاور مفاصل نسبت به جرم بدن نرمال و بر اساس نیوتن متر بر کیلوگرم بیان شده است. فیلتر پایین گذر مرتبه شش باترورث، با استفاده از نرم افزار MATLAB داده های کینتیکی و کینماتیکی را با فرکانس قطع ۱۰ هرتز فیلتر کردند.

مارکرهای با قطر ۹ میلیمتری به منظور شناسایی مرکز مفاصل و محور هر سگمنت استفاده شد و نحوه جاگذاری این مارکرها بر روی استخوانها بر اساس روش پیشنهادی مدل وایکون انجام شد که عبارتند از: یک مارکر در ناحیه مچ پا بر روی سر استخوان متاتارس دوم مابین قسمت جلو و میانی پا، یک مارکر بر قسمت خلفی پا بر روی پاشنه، و در نهایت آخرین مارکر مچ پا بر روی قوزک خارجی پا قرار داده می‌شد. در زانو یکی از مارکرها بر روی اپی کندیل خارجی ران، دو مارکر دیگر نیز به ترتیب در یک سوم قدامی تحتانی درشت نی (جهت تعیین محور حرکتی ساق پا) و یک سوم قدامی خارجی دیستال ران (جهت تعیین محور حرکتی زانو) نصب می‌گردید.

کالیبراسیون دوربین‌ها و صفحه نیرو قبل از شروع اندازه‌گیری پارامترهای کینتیکی و کینماتیکی برای هر ورزشکار به صورت جداگانه توسط متخصص دستگاه آنالیز حرکت انجام می‌گرفت. همچنین به منظور ثبت متغیرهای کینتیکی و کینماتیکی آزمودنی‌ها مسیر ۶ متری را با پای برهنه و سرعت راه رفتن خود انتخابی به شکلی طی می کردند که پای غالب آزمودنی بر روی صفحه نیرو که در فاصله سه متری مسیر راه رفتن تعبیه شده بود قرار می-گرفت. از هر آزمودنی سه کوشش موفق به ازای هر یک از متغیرها ثبت می‌شد و میانگین این کوشش‌ها بعنوان داده مدنظر پارامترهای کینماتیکی و کینتیکی مدنظر قرار گرفت. فاز استقرار پای مبتلا از لحظه برخورد پاشنه پا به صفحه نیرو تا جدا شدن پنجه همان پا از

www.SID.ir

Archive of SID

صفحه نیرو با استفاده از نمودار مولفه نیروی عمودی عکس العمل زمین تعیین شد. لازم به ذکر است که قبل از ثبت چرخه راه رفتن، به منظور عادت آزمودنی به محیط تست گیری، ورزشکار چندین دقیقه گام برداری بر روی مسیر شش متری که صفحه نیرو تعبیه شده بود را تمرین می‌نمود تا بر الگوی گام برداری مناسب مسلط گردد.

پارامترهای معمول گام برداری مدنظر طول گام، سرعت گام برداری و کل زمان استقرار بود. همچنین، پارامترهای کینتیکی و کینماتیکی مورد نظر جهت ارزیابی عبارتند از: متغیرهای نیروی عمودی عکس العمل زمین شامل پیک اول: انتقال وزن روی پاشنه، پیک دوم: تحمل وزن (تماس کف پا با زمین)، پیک سوم: انتقال وزن روی پنجه و زمان بروز این پیک ها براساس درصدی از کل زمان فاز استقرار، دامنه حرکتی فلکشن-اکستنشن زانو طی فاز استقرار، زاویه فلکشن زانو در لحظه تماس پاشنه با زمین، ماکزیمم زاویه زانو در فاز تاب خوردن، ماکزیمم زاویه فلکشن، اکستنشن و اداکشن زانو طی فاز استقرار، کل زمان اورژن و ماکزیمم مقدار اورژن مچ پا طی فاز تحمل وزن و میانگین دورسی فلکشن مچ پا طی فاز استقرار، مقادیر ماکزیمم گشتاور اکستانسوری و چرخش خارجی زانو طی فاز استقرار.

برای توصیف متغیرها از آمار توصیفی و برای تجزیه و تحلیل یافته ها از آمار استنباطی استفاده شد. داده ها بوسیله نرم افزار SPSS-18 تجزیه و تحلیل شدند. نرمال بودن توزیع داده ها با آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. سپس برای مقایسه هر یک از متغیرها در بین دو گروه از آزمون آماری تی مستقل استفاده شد. برای مقایسه های آماری سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار مقادیر پارامترهای منتخب کینتیکی، کینماتیکی و مولفه‌های نیروی عمودی عکس العمل زمین افراد دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس و افراد سالم در هر سه صفحه حرکتی طی فاز استقرار چرخه راه رفتن در (جدول ۱) آمده است. نرمال بودن توزیع متغیرها توسط آزمون شاپیروویلک مورد تایید قرار گرفت، لذا بمنظور مقایسه پارامترها بین دو گروه ورزشکار سالم و دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس از آزمون آماری پارامتریک تی مستقل استفاده گردید. مقادیر نیروی عمودی عکس العمل زمین در ورزشکاران دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس و ورزشکاران سالم طی فاز استقرار راه رفتن در شکل ۱ آورده شده است. همچنین، الگوی زوایای مفصلی در هر یک از وضعیت ها طی فاز استقرار چرخه راه رفتن در صفحه ساجیتال و فرونتال در شکل ۲ ارائه شده اند. شکل ۳ نشان دهنده مقادیر گشتاور مفصلی ورزشکاران دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس و ورزشکاران سالم طی فاز استقرار چرخه راه رفتن در صفحه ساجیتال و فرونتال می‌باشد.

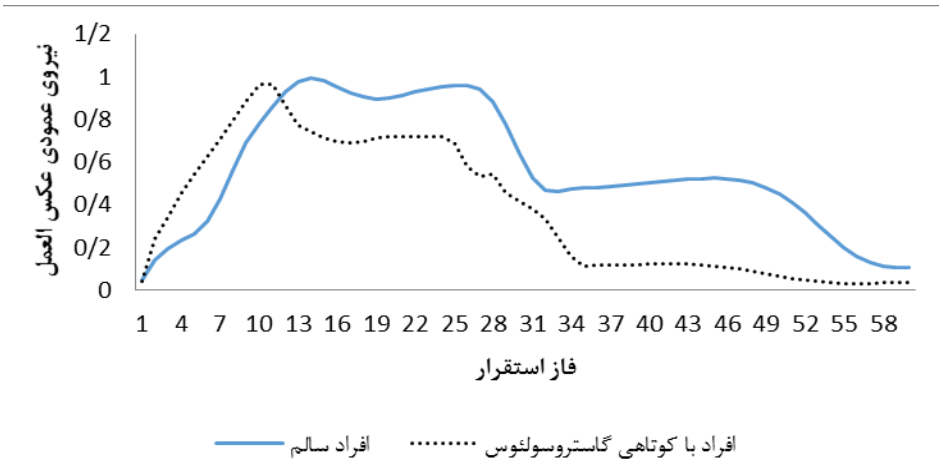
جدول ۱: مقادیر میانگین (انحراف معیار) پارامترهای معمول، کینتیکی، کینماتیکی و مولفه نیروی عمودی عکس العمل زمین

متغیرها	گروه آزمایش	گروه کنترل	مقادیر P
دامنه حرکتی فلکشن-اکستنشن زانو طی فاز استقرار (درجه)	۲۳/۶ (۷/۳)	۳۲/۸ (۱۲/۷)	۰/۰۲*
زاویه فلکشن زانو در لحظه تماس پاشنه پا با زمین	۶/۱ (۳/۹)	۱۴/۰۲ (۶/۴)	۰/۰۰۵*
ماکزیمم زاویه زانو در فاز تاب خوردن	۲۴/۸ (۸/۸)	۱۹/۳ (۸/۰۴)	۰/۰۴*
ماکزیمم زاویه فلکشن زانو طی فاز استقرار	۲۶/۷ (۱۰/۱)	۳۹/۵ (۱۲/۰۴)	۰/۰۲*
ماکزیمم زاویه اکستنشن زانو طی فاز استقرار	۱/۶ (۲/۲)	۰/۷ (۰/۶)	۰/۰۴*
ماکزیمم اداکشن زانو طی فاز استقرار	۸/۲ (۳/۸)	۴/۴ (۰/۸۳)	۰/۰۱*
میانگین دورسی فلکشن مچ پا طی فاز استقرار	۶/۷ (۵/۴)	۱۰/۶ (۴/۴)	۰/۰۳*
کل زمان اورژن مچ پا در فاز تحمل وزن	۰/۰۳ (۰/۰۲)	۰/۰۹ (۰/۱)	۰/۰۴*
ماکزیمم اورژن مچ پا در فاز تحمل وزن	۲ (۰/۹)	۰/۱۶ (۰/۷)	۰/۰۳*
ماکزیمم گشتاور چرخش خارجی زانو طی فاز استقرار	۰/۳۸ (۰/۴)	۰/۲۱ (۰/۰۵)	۰/۰۴*
میانگین گشتاور اکستانسوری زانو طی فاز استقرار	۷/۶ (۳/۱)	۶/۱ (۱/۷)	۰/۰۴*
میانگین گشتاور پلانتارفلکشن مچ پا طی فاز استقرار	۱۱/۰۱ (۱/۶)	۱۰/۴ (۱/۴)	۰/۰۴*
کل زمان فاز استقرار (ثانیه)	۰/۷۹ (۰/۳۱)	۰/۷۹ (۰/۱۴)	۰/۹۹
سرعت گام برداری (متر بر ثانیه)	۱/۱۸ (۰/۳۱)	۱/۱۶ (۰/۱۶)	۰/۸۷
طول گام (متر)	۱/۲۷ (۰/۱۹)	۱/۲۶ (۰/۰۸)	۰/۹۴
اوج نیروی عمودی (نیوتن بر کیلوگرم)	۰/۰۸ (۰/۲۱)	۰/۳۵ (۰/۱۹)	۰/۰۱*
اوج نیروی عمودی در فاز تحمل وزن	۱/۱۳ (۰/۱۶)	۱/۰۲ (۰/۱۶)	۰/۰۶
اوج نیروی عمودی در فاز انتقال وزن روی پنجه	۱/۱۲ (۰/۱۱)	۱/۰۵ (۰/۰۴)	۰/۰۵

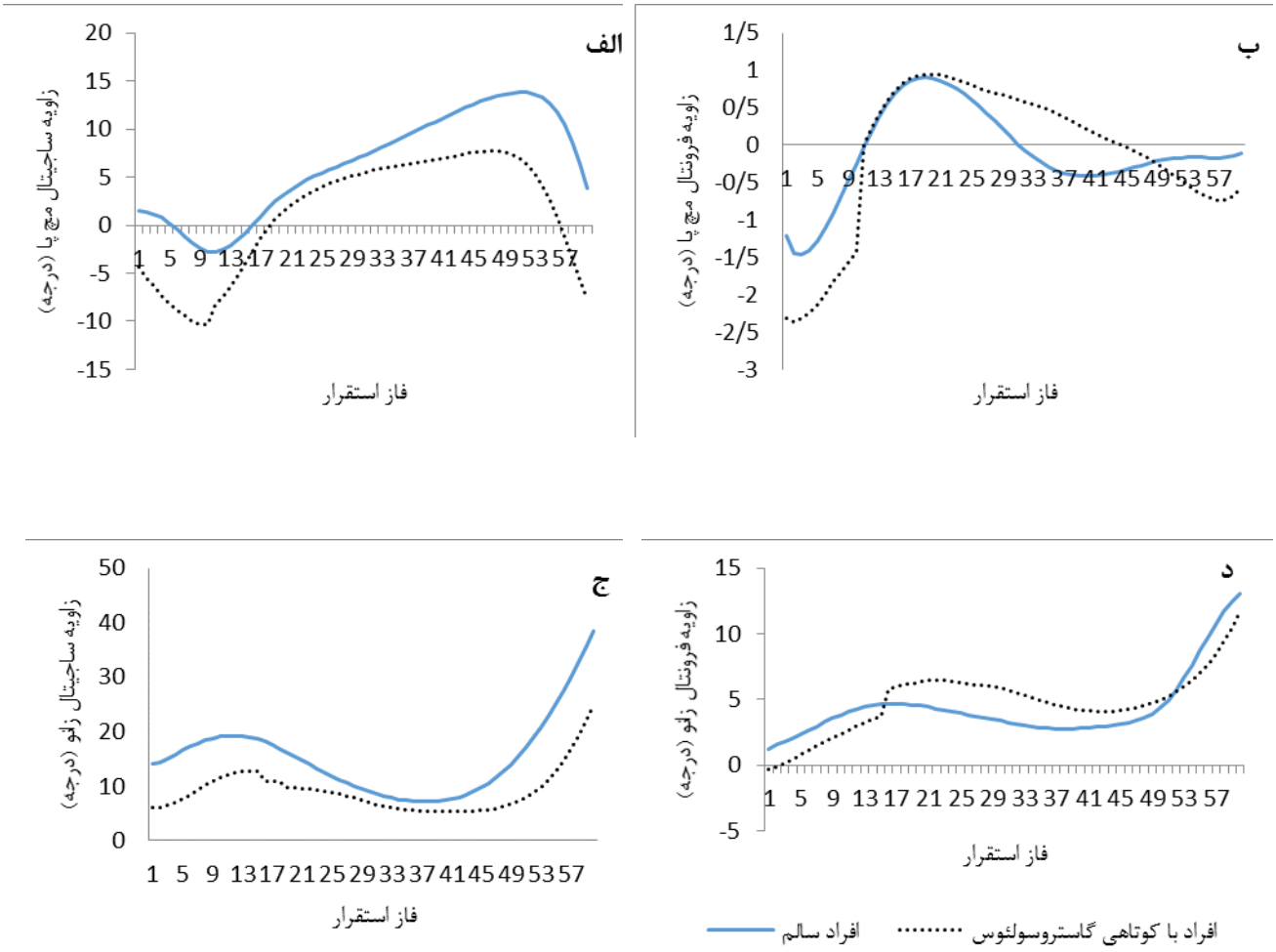
* معنی داری آزمون

www.SID.ir

Archive of SID



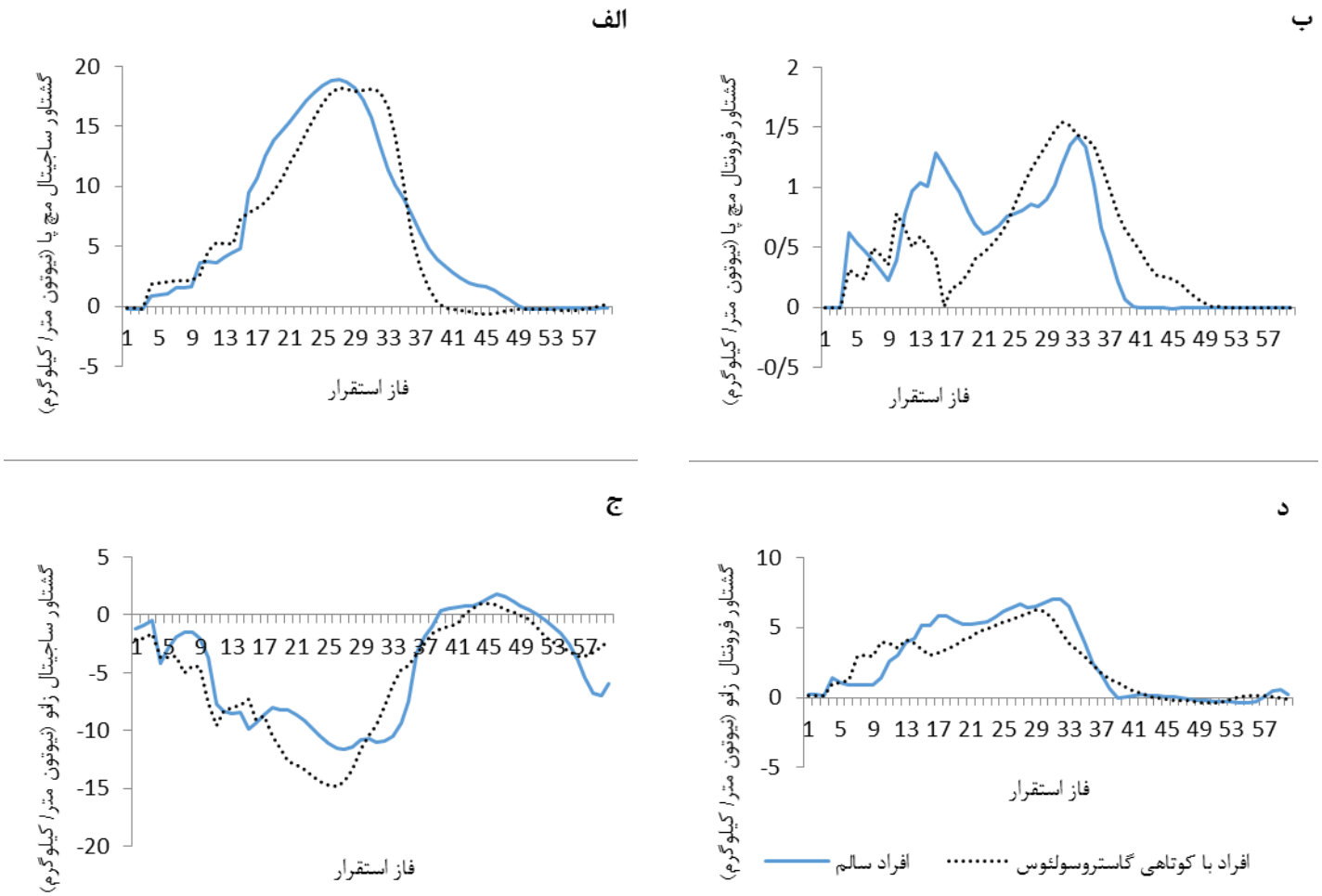
شکل ۱: نیروی عمودی عکس العمل زمین در ورزشکاران دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس و ورزشکاران سالم طی فاز استقرار راه رفتن.



شکل ۲: الگوی زوایای مفصلی (درجه) در هر یک از وضعیت ها طی فاز استقرار چرخه راه رفتن. تصاویر (الف) و (ب) زوایای مفصل مچ پا و تصویر (ج) و (د) زوایای مفصل زانو را بترتیب در صفحه ساجیتال و فرونتال را نشان می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳: الگوی گشتاور مفصلی (نیوتن متر بر کیلوگرم) ورزشکاران دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس و ورزشکاران سالم طی فاز استقرار چرخه راه رفتن. تصاویر (الف) و (ب) گشتاور مفصل مچ پا و تصویر (ج) و (د) گشتاور مفصل زانو را بترتیب در صفحه ساجیتال و فرونتال را نشان می دهد.

بحث

در مطالعه حاضر که با هدف بررسی تاثیر انعطاف‌پذیری مجموعه عضلانی گاستروسولئوس بر روی پارامترهای منتخب کینتیکی و کینماتیکی راه رفتن انجام شد، عدم انعطاف پذیری مجموعه عضلانی گاستروسولئوس منجر به افزایش زاویه فلکشنی زانو حین فاز تاب خوردن، افزایش ماکزیمم دامنه حرکتی اداکشن زانو حین فاز استقرار، افزایش ماکزیمم اکستنشن زانو و افزایش ماکزیمم اورژن مچ پا حین فاز استقرار شد. بعلاوه، دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا طی فاز استقرار راه رفتن، زاویه فلکشن زانو در لحظه تماس پاشنه با زمین، دامنه حرکتی فلکشن زانو طی فاز استقرار و کل زمان سپری شده اورژن مچ پا طی مرحله تحمل وزن فاز استقرار بطور معناداری در ورزشکاران با کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس در مقایسه با ورزشکاران سالم کاهش یافته بود. همچنین، ورزشکاران دچار محدودیت دورسی فلکشن در مقایسه با گروه سالم دچار افزایش در میانگین گشتاور اکستانسوری زانو طی فاز استقرار، میانگین گشتاور پلانتارفلکسوری مچ پا طی فاز انتهایی استقرار و ماکزیمم گشتاور چرخش خارجی زانو طی فاز استقرار بوده اند. اما، تفاوت معناداری بین دو گروه تحقیقی در سرعت و طول گام برداری و کل زمان استقرار مشاهده نگردید (جدول ۱).

بررسی یافته‌های پژوهش حاضر بیانگر این است که مقادیر ماکزیمم زاویه فلکشن زانو در فاز تاب خوردن ورزشکاران دارای کوتاهی عضله گاستروسولئوس در مقایسه با ورزشکاران گروه کنترل بیشتر می‌باشد. در تایید این موضوع، Neptune و همکاران بیان می‌نمایند که فعالیت عضلات پلانتارفلکسوری مچ پا از فاز میانی استقرار تا فاز انتهایی استقرار؛ جائیکه عضلات گاستروس و سولئوس با انقباض برونگرا چرخش قدامی درشت نی بر روی مچ

www.SID.ir

Archive of SID

پا را کنترل نموده و بعد از این مرحله با انقباض درونگرای خود باعث جدا شدن پنجه پا از روی زمین می‌شوند حیاتی جلوه می‌نماید، چرا که بمنظور شتاب بخشی به اندام جهت ایجاد فاز تاب خوردن حیاتی است (۱۱, ۲۶). کنترل مناسب و کافی چرخش درشت نی بر روی مچ پا در ایجاد ثبات به هنگام راه رفتن (قرارگیری یک پا بر روی زمین)، و اطمینان از ایجاد فلکشن زانو در شروع فاز تاب خوردن بسیار حیاتی می‌باشد (۲۷). با این حال، فعالیت ناکارآمد مجموعه عضلانی گاستروسولئوس ناشی از کوتاهی در ورزشکاران ممکن است باعث کاهش چرخش درشت نی بر روی مچ پا طی فاز میانی استقرار شده که این امر زمان طی شده در فاز حمایتی را با محدودیت روبرو نموده و نهایتا باعث جداشدگی زود هنگام پنجه پا از روی زمین شده است. در نتیجه، کاهش در میانگین دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا طی تمامی فازهای استقرار و بخصوص فاز انتهایی (شکل ۲)، و احتمالا نیاز به فلکشن ران و زانوی بیشتر در راستای کمک به جدا شدن پنجه پا از روی زمین قابل پیش‌بینی باشد. شایان ذکر است که توالی این رخدادها منجر به کاهش پیشروی بدن به سمت جلو، فلکشن بیش از حد ران و زانو در لحظه شروع فاز تاب خوردن و افزایش انرژی مصرفی در ازای گام برداری خواهد شد که با گذشت زمان و تکرار چنین الگوهای حرکتی نامناسب نه تنها یک وضعیت گام برداری بی ثبات در فرد ایجاد شده بلکه ایجاد تغییرات کنترل حرکتی در بخش های مختلفی از سیستم حرکتی فرد را مستعد سندرم های اختلال حرکتی در کل زنجیره حرکتی خواهد نمود (۸).

اهمیت عضلات گاستروس و سولئوس در پیشروی تنه به جلو به هنگام راه رفتن و ایجاد ثبات در تحقیقات گذشته بخوبی مستند است (۲۶). اعتقاد بر این است که در فاز میانی استقرار هر دوی این عضلات بعنوان کاهش دهنده شتاب تنه عمل می کنند؛ با این حال در انتهای فاز حمایتی عضلات پلانتار فلکسوی نقش آنتاگونیستی ایفا می نمایند. عضله سولئوس انرژی را از پا به تنه انتقال داده و عضله گاستروس انرژی را از تنه به اندام تحتانی منتقل می نماید. نتایج این نیروهای عکس العملی منجر به پیشبرد هدف حمایتی این مجموعه عضلانی از تنه و اندام تحتانی شده که اطمینان خاطر از وجود ثبات تنه حین راه رفتن را بوجود می‌آورد. حال به نظر می رسد که موتور سیستم ورزشکاران دونده بمنظور صرف حداقل انرژی و همچنین جابجایی سریع مرکز ثقل از الگوی حرکتی گام برداری بر روی پنجه پا استفاده می‌نمایند که در طولانی مدت منجر به کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس بخاطر سازگاری پلاستیسیتی می‌گردد که این مساله آغازگر بروز محدودیت دورسی فلکشن طی فاز استقرار (شکل ۲) در ورزشکاران بیمار پژوهش حاضر شده است (۲۷).

Kirkwood و همکاران ذکر نمودند که مجموعه عضلانی گاستروسولئوس در شروع فاز تاب خوردن چرخه راه رفتن تاثیر بسزایی داشته و باعث به چالش کشیده شدن دیگر مفاصل و عضلات اندام تحتانی می‌گردند. بنابراین، طبیعی است که با بروز اختلال در عملکرد این مجموعه عضلانی اثرات واضح در چرخه راه رفتن بروز نماید. در حقیقت، با ایجاد کوتاهی گاستروسولئوس، افزایش در فعالیت عضله دو سر رانی و اداکتور لانگوس اتفاق می‌افتد که هدف از آن شروع چرخش مچ پا، محدود سازی اکستنشن ران حین فاز تاب خوردن و اجازه ایجاد اکستنشن زانو در فاز حمایتی گام برداری ذکر شده است. بنابراین، بنظر می رسد یافته پژوهش حاضر مبنی بر وجود مقادیر ماکزیمم اکستنشن زانوی بیشتر در ورزشکاران دارای کوتاهی در مقایسه با گروه کنترل حین چرخه استقرار راه رفتن از این امر نشات می‌گیرد که سیستم حرکتی فرد از عضلات دو سر رانی (با بازوی مکانیکی بلندتر) و اداکتور لانگوس بعنوان جایگزینی جهت ایجاد اکستنشن زانو طی فاز استقرار راه رفتن استفاده نموده است (۲۷). حال، جالب اینجاست که Sahrmann افزایش فعالیت همسترینگ را از عوامل بروز پدیده غلبه سینرژیستیکی و بروز ضعف در عضلات اکستانسوری لوکال ران می‌داند (۸).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که پای ورزشکاران با کوتاهی گاستروسولئوس در مقایسه با ورزشکاران سالم در فاز ابتدایی استقرار نه تنها مدت زمان کمتری را در فاز پرونیشن سپری نموده‌اند، بلکه در همین مدت زمان کم ماکزیمم پرونیشن بیشتری در پای افراد دارای کوتاهی بدست آمده است (شکل ۲). در ارتباط با یافته های حاضر، Chutter و همکاران دامنه و سرعت افزایش یافته پرونیشن را از عوامل مهم در بروز استرس فراکچر تیبیا و فمور ذکر می‌نمایند. در حقیقت این محقق ابراز می‌نماید که افزایش زمان بمنظور رسیدن به اوج پرونیشن و اختصاص زمان بیشتری از فاز استقرار به پرونیشن بیانگر ریسک پایینی از بروز استرس فراکچر تیبیا و فمور می‌باشد. بنابراین، مهم است مدنظر قرار گیرد که شاید گروه ورزشکاری دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس بدلیل چنین تغییرات پرونیشنی مستعد آسیب‌های اندام تحتانی نظیر استرس فراکچر باشند (۲۸).

Wu و همکاران معتقدند که ماکزیمم دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا طی فاز استقرار چرخه راه رفتن درست قبل از بلند شدن پنجه پا از روی زمین بوقوع می‌پیوندد، یعنی درست لحظه ای که زانو بصورت نرمال نزدیک به اکستنشن کامل می‌باشد. این محقق نتیجه‌گیری می‌نماید که کوتاهی گاستروسولئوس از پیشروی تیبیا به سمت جلو بر روی مچ پا حین فاز استقرار جلوگیری می‌نماید. بنابراین، یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر کاهش دامنه دورسی فلکشن مچ پا طی هر سه مرحله فاز استقرار در ورزشکاران دارای کوتاهی گاستروسولئوس در مقایسه با ورزشکاران سالم همسو با اظهارات Wu و همکاران می‌باشد (۱۹). همچنین، اعتقاد بر این است که محدودیت دامنه دورسی فلکشن

www.SID.ir

Archive of SID

مچ پا منجر به تولید زوج حرکت پلانتار فلکشن مچ پا و اکستنشن زانو طی فاز استقرار راه رفتن می‌شود (۱۹)، که با یافته‌های پژوهش حاضر (افزایش گشتاور اکستانسوری زانو طی فاز استقرار (شکل ۳) و بالا بودن ماکزیمم زاویه اکستنشن زانوی ورزشکاران با کوتاهی گاستروسولئوس در مقایسه با ورزشکاران سالم) همسو است. از منظر کلینیکال، بارگذاریهای تکراری زانو یکی از نگرانی ها در خصوص ژنوریکورواتوم زانو می‌باشد، چرا که اثرات آسیب زای این بارگذاری تکراری بر روی مفصل زانو (بارگذاری کپسول خلفی زانو و بروز شلی) یافت شده است. وقوع این الگوهای حرکتی جبرانی در اندام تحتانی از عوامل مهم در وقوع اختلالات راستایی محسوب شده و در بروز آسیب رباط صلیبی قدامی نیز نقش مهمی ایفا می‌نماید (۲۹).

Caezu و همکاران طی مطالعه‌ای چنین نتیجه‌گیری نمودند که انقباض یک عضله تحت استرچ، نیروی بیشتری در مقایسه با یک عضله در وضعیت استراحتی قرار گرفته ایجاد می‌نماید. در اصل، با استرچ عضله نیرویی تحت عنوان نیروی الاستیکی ذخیره شده که بهنگام انقباض عضلانی باعث تولید نیروی بیشتری خواهد شد که منجر به چند برابری نیروی تولیدی گشته و اثربخشی مکانیکی را افزایش می‌دهد. محققان از این پدیده بعنوان اصل ذخیره‌سازی–تولید (Storage-Force Production) نیرو نام می‌برند. حال با توجه به اینکه استرچ عضلانی قبل از انقباض، وضعیت مفصل بندی را در طول حرکت تغییر می‌دهد، بنابراین، بنظر می‌رسد انقباض عضله دو مفصله گاستروس در وضعیت تحت کشش، بر اساس اصل ذخیره سازی–تولید، نیرو و گشتاور بیشتری ایجاد نماید (۳۰). باور محقق بر این است که شاید اصل ذخیره–تولید نیرو، افزایش میانگین گشتاور پلانتارفلکسوری مچ پا در فاز انتهایی استقرار و افزایش مقادیر ماکزیمم اکستنشن زانو طی فاز استقرار را در پژوهش حاضر توجیه نماید (شکل ۲ و ۳). در حقیقت، با قرارگیری زانو در وضعیت اکستنشن با مقادیر ماکزیمم بالاتر در ورزشکاران دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس (سر پروگزیمال گاستروس تحت استرچ قرار گرفته) و همچنین با قرارگیری گاستروسولئوس در فاز انتهایی استقرار در نهایی‌ترین وضعیت استرچی خود، تمایل بیشتر مفصل مچ پا بمنظور حصول گشتاور پلانتارفلکسوری مچ پا قابل دستیابی خواهد بود (۳۰).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که مقادیر ماکزیمم اداکشن زانو در صفحه فرونتال ورزشکاران با کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس دارای مقادیر بیشتری در مقایسه با ورزشکاران سالم بوده که با یافته‌های Ota و همکاران که در مطالعه‌ای وجود ارتباط بین زاویه واروس زانو و محدودیت دورسی فلکشن مچ پا را گزارش نمودند، همسو می‌باشد. اعتقاد بر این است که محدودیت دورسی فلکشن مچ پا در بارگذاری زانو در صفحه فرونتال مشارکت می‌نماید (شکل ۲) که از دلایل این امر پرونیشن ناشی از کوتاهی گاستروسولئوس و به تبع آن الگوهای حرکتی جبرانی ذکر شده است. این امر نشان دهنده این است که محدودیت دورسی فلکشن مچ پا در ورزشکاران می‌تواند منجر به بارگذاری زانو در صفحه فرونتال شده که از ریسک فاکتورهای اصلی وقوع استئوآرتریت با گذشت زمان و افزایش سن می‌باشد. بعلاوه، محدودیت دورسی فلکشن مچ پا در ورزشکاران در ترکیب با دیگر عوامل بیومکانیکی سهیم در بارگذاری زانو در صفحه فرونتال نظیر تیلت لگن ناشی از پرونیشن شاید منجر به پیشروی بسوی استئوآرتریت گردد (۲۹).

نتایج پژوهش حاضر نشان دهنده این است که ماکزیمم گشتاور چرخش خارجی زانو طی فاز استقرار راه رفتن در گروه دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس بطور معناداری بیشتر از گروه کنترل بوده است. حال این مساله موید این است که شاید تغییر قابل توجهی از چرخش خارجی زانو در افراد دارای کوتاهی وجود داشته است. حال، این گشتاور چرخش خارجی ابنورمال زانو بعنوان یکی از علل شایع دیسفانکشن جابجایی کشکک به سمت خارج بر روی فمور به کررات در ادبیات پیشینه ارائه شده است (۱۹). لذا، بنظر میرسد کوتاهی گاستروسولئوس ورزشکاران بایستی بعنوان یکی از فاکتورهای پیش بین سندرم درد پاتلوفمورال مورد توجه قرار گیرد.

نتایج مطالعه حاضر فراهم کننده شواهد بیشتری از این مساله می‌باشد که الگوهای ضربه پا با زمین (راه رفتن روی پنجه پا در ورزشکاران دونده در مقایسه با الگوی ضربه پاشنه پا با زمین در ورزشکاران سالم) موجب تغییر در نیروی ضربه ای عکس‌العمل زمین می‌گردد. با این وجود این ادعای کاهش نیروی ضربه ای عکس العمل زمین در طرح حاضر (شکل ۱) بدین معنا نخواهد بود که تمامی ورزشکاران دونده با الگوی گام برداری روی پنجه پا اقدام به دویدن می‌نمایند. از سوی دیگر، بررسی ادبیات پیشینه موید این موضوع است که دویدن بر روی پنجه پا باعث تغییرات کینماتیکی گسترده در مفاصل اندام تحتانی می‌گردد که همسو با این موضوع، در پژوهش حاضر ورزشکاران دچار محدودیت دورسی فلکشن در لحظه تماس پا با زمین و طی فاز استقرار دارای زاویه فلکشنی کمتری در مفصل زانو در مقایسه با گروه ورزشکاری سالم بودند (۸). بنظر می‌رسد چرایی این تغییر در نوع الگوی انتخابی ورزشکار (گام برداری روی پنجه پا) بمنظور موفقیت در ورزش و افزایش اقتصاد دویدن نهفته است که نهایتا چنین الگویی باعث تغییرات گسترده کینماتیکی و کینتیکی در سیستم حرکتی می‌گردد که این امر فراخوانی سینرژی‌های عضلانی را در زمان مناسب و با مقدار نیروی تولیدی مناسب را با اختلال روبرو نموده و ایمبالانس های عضلانی حادث شده و نیروهای ضربه‌ای عکس العمل زمین را دچار تغییر می‌نماید. در اصل، مهم است مدنظر قرار گیرد که مشخصه پلاستیسیتی در سیستم عضلانی

www.SID.ir

Archive of SID

و تاندونی انسان شاید اجازه بوجود آمدن حرکات و الگوهای حرکتی در بخش های دیگر سیستم در راستای جبران تغییرات ناشی از کوتاهی گاستروسولئوس را به سیستم لوکوموشن بدهد. بنابراین، محتمل است که ظرفیت تولید نیروی عضلات پلانتارفلکسوری مچ پا در ورزشکاران دارای کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس دچار چنین سازگاری شده باشد. بدین معنا که بمنظور تعدیل مزیت مکانیکی و پیشگیری از ضربات مکرر نیروی عکس العمل زمین، این عضلات از نظر تعداد و حجم سارکومرها دچار کاهش یا افزایش می‌گردند. حال، چرایی انتخاب الگوی راه رفتن بر روی مچ پا در برخی رشته های ورزشی بیشتر به منظور افزایش بهره وری مکانیکی یا دوری از آسیب‌های استفاده بیش از حد در عضلات و مفاصل ناشی از نیروهای تکراری ضربات عکس العمل می‌باشد، خود موضوعی است که از حوزه هدف طرح حاضر دور بوده است.

بعنوان آخرین یافته پژوهش حاضر، طول گام، سرعت گام برداری و کل زمان فاز استقرار ورزشکاران دچار محدودیت دورسی فلکشن مشابه با گروه کنترل بود که با یافته‌های You و همکاران مبنی بر کاهش معنادار طول گام برداری، زمان سپری شده در فاز استقرار و سرعت گام برداری افراد دارای محدودیت دورسی فلکشن مچ پا در مقایسه با افراد سالم، ناهمسو می‌باشد (۹). چرایی این تفاوت را می‌توان در نوع افراد مورد مطالعه طرح حاضر بیان نمود. در حقیقت، بخاطر اینکه گروه پژوهش حاضر متشکل از ورزشکاران دونده با الگوی گام برداری منحصر (گام برداری بر روی پنجه پا) است، بنابراین، این افراد ممکن است بیشتر در راستای بهبود اقتصاد دویدن تلاش می‌نمایند.

نتیجه‌گیری

از دیدگاه بالینی، یافته‌های پژوهش حاضر همراه با شواهد برآمده از متون پیشینه اهمیت استراتژی‌های متمرکز شده بر روی توانبخشی سیستم عضلانی گاستروسولئوس با تاکید بر فعالیت عضلانی دیگر بخش‌های زنجیره حرکتی (کنترل حرکتی) را در ورزشکاران با کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس تقویت می‌نماید، چراکه یافته‌ها حاکی از این است که ورزشکاران دارای محدودیت دورسی فلکشن مچ پا در معرض الگوهای حرکتی جبرانی نظیر افزایش پرونیشن مچ پا و واروس زانو بوده که خود ریسک فاکتوری برای سلسله اختلالات حرکتی نه تنها در اندام تحتانی (درد پاتلوفمورال، استئوآرتریت و استرس فراکچر) بلکه در کل سیستم حرکتی (کمردرد) می‌باشند.

یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر عدم آنالیز فعالیت الکترومیوگرافی عضلات درگیر به هنگام چرخه راه رفتن بوده که قطعا نحوه فراخوانی عضلات مفاصل اندام تحتانی تحت تاثیر محدودیت دورسی فلکشن مچ پا را دچار تغییر می‌نماید. از این رو، بنظر می‌رسد که مطالعات آتی در برگیرنده آنالیز الکترومیوگرافی مجموعه عضلانی گاستروسولئوس و دیگر عضلات اندام تحتانی بمنظور درک درست مکانیسم‌های فعالیت عضلانی افراد دارای محدودیت دورسی فلکشن مچ پا امری مهم جلوه می‌نماید. همچنین، ارزیابی کینماتیکی و کینتیکی به هنگام الگوهای حرکتی پیچیده تر از راه رفتن قطعا در کسب دانش تغییرات بیومکانیکی ناشی از اختلال در عملکرد مجموعه عضلانی گاستروسولئوس کمک شایانی خواهد نمود.

قدردانی

این مقاله برگرفته از بخشی از رساله دکتری حرکات اصلاحی بوده است. لذا، بدینوسیله از تمامی شرکت کنندگان و یاری کنندگان پژوهش حاضر کمال تشکر و قدردانی را داریم.

References

1. Kindred J, Trubey C, Simons SM. Foot injuries in runners. *Curr Sports Med Rep* 2011; **10**(5): 249-254.
2. Yoon J-y, Hwang Y-i, An D-h, Oh J-s. Changes in Kinetic, Kinematic, and Temporal Parameters of Walking in People With Limited Ankle Dorsiflexion: Pre-Post Application of Modified Mobilization With Movement Using Talus Glide Taping. *J Manip Physiol Ther* 2014; **37**(5): 320-325. doi: 10.1016/j.jmpt.2014.01.007
3. Grieve R, Barnett S, Coghill N, Cramp F. Myofascial trigger point therapy for triceps surae dysfunction: A case series. *Manual Ther* 2013; **18**(6): 519-525. doi: 10.1016/j.math.2013.04.004
4. Page P, Frank C, Lardner R. Assessment and treatment of muscle imbalance: the Janda approach: *Human Kinetics* 2010; **16**: 227-241.
5. Tabrizi P, McIntyre W, Quesnel M, Howard A. Limited dorsiflexion predisposes to injuries of the ankle in children. *J Bone Joint Surg Br* 2000; **82**(8): 1103-1106.
6. Fong C-M, Blackburn JT, Norcross MF, McGrath M, Padua DA. Ankle-dorsiflexion range of motion and landing biomechanics. *J Athl Training* 2011; **46**(1): 5. doi: 10.4085/1062-6050-46.1.5
7. Magee DJ, Zachazewski JE, Quillen WS. Scientific foundations and principles of practice in musculoskeletal rehabilitation. *Elsevier Health Sciences* 2007; **5**: 476-486.

www.SID.ir

Archive of SID

8. Sahrmann S. Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines. *Elsevier Health Sciences* 2010; **12**: 1-34.
9. You J-Y, Lee H-M, Luo H-J, Leu C-C, Cheng P-G, Wu S-K. Gastrocnemius tightness on joint angle and work of lower extremity during gait. *Clin Biomech* 2009; **24**(9): 744-750. 10.1016/j.clinbiomech.2009.07.002
10. Mitchell B, Bressel E, McNair PJ, Bressel ME. Effect of pelvic, hip, and knee position on ankle joint range of motion. *Phys Ther Sport* 2008; **9**(4): 202-208. doi: 10.1016/j.ptsp.2008.08.002
11. Zajac FE, Neptune RR, Kautz SA. Biomechanics and muscle coordination of human walking: Part I: Introduction to concepts, power transfer, dynamics and simulations. *Gait Posture* 2002; **16**(3): 215-232. doi: 10.1016/S0966-6362(02)00068-1
12. Zajac FE, Neptune RR, Kautz SA. Biomechanics and muscle coordination of human walking: Part II: Lessons from dynamical simulations and clinical implications. *Gait Posture* 2003; **17**(1): 1-17. doi: 10.1016/S0966-6362(02)00069-3
13. Chaitow L, DeLany JW. *Clinical Application of Neuromuscular Techniques*. Volume 2–The Lower Body. Philadelphia, Churchill Livingstone, 2002; PP: 35-113.
14. Armand S, Watelain E, Mercier M, Lensel G, Lepoutre F-X. Identification and classification of toe-walkers based on ankle kinematics, using a data-mining method. *Gait Posture* 2006; **23**(2): 240-248. doi: 10.1016/j.gaitpost. 2005.02.007
15. Baddar A, Granata K, Damiano DL, Carmines DV, Blanco JS, Abel MF. Ankle and knee coupling in patients with spastic diplegia: effects of gastrocnemius-soleus lengthening. *J Bone Joint Surg Am* 2002; **84**(5): 736-744.
16. Maluf K, Mueller M, Strube M, Engsberg J, Johnson J. Tendon Achilles lengthening for the treatment of neuropathic ulcers causes a temporary reduction in forefoot pressure associated with changes in plantar flexor power rather than ankle motion during gait. *J Biomech* 2004; **37**(6): 897-906. doi: 10.1016/j.jbiomech.2003.10.009
17. Wren TA, Do KP, Kay RM. Gastrocnemius and soleus lengths in cerebral palsy equinus gait—differences between children with and without static contracture and effects of gastrocnemius recession. *J Biomech* 2004; **37**(9): 1321-1327. doi: 10.1016/j.jbiomech.2003.12.035
18. Mueller MJ, Minor SD, Schaaf JA, Strube MJ, Sahrmann SA. Relationship of plantar-flexor peak torque and dorsiflexion range of motion to kinetic variables during walking. *Phys Ther* 1995; **75**(8): 684-693. doi: 10.1093/ptj/75.8.684
19. Wu S-K, Hong C-Z, You J-Y, Chen C-L, Wang L-H, Su F-C. Therapeutic effect on the change of gait performance in chronic calf myofascial pain syndrome: a time series case study. *J Musculoskelet Pain* 2005; **13**(3): 33-43. doi: 10.1300/J094v13n03_06
20. Paoloni M, Mangone M, Fratocchi G, Murgia M, Saraceni VM, Santilli V. Kinematic and kinetic features of normal level walking in patellofemoral pain syndrome: More than a sagittal plane alteration. *J Biomech* 2010; **43**(9): 1794-1798. doi: 10.1016/j.jbiomech.2010.02.013
21. Karamanidis K, Arampatzis A. Evidence of mechanical load redistribution at the knee joint in the elderly when ascending stairs and ramps. *Ann Biomed Eng* 2009; **37**(3): 467-476. doi: 10.1007/s10439-008-9624-7
22. Comerford M, Mottram S. Kinetic control: the management of uncontrolled movement: *Elsevier Australia* 2011; PP:1-34.
23. Moseley AM, Crosbie J, Adams R. High-and low-ankle flexibility and motor task performance. *Gait Posture* 2003; **18**(2): 73-80. doi: 10.1016/S0966-6362(02)00196-0
24. Grieve R, Cranston A, Henderson A, John R, Malone G, Mayall C. The immediate effect of triceps surae myofascial trigger point therapy on restricted active ankle joint dorsiflexion in recreational runners: A crossover randomised controlled trial. *J Bodyw Mov Ther* 2013; **17**(4): 453-461. doi: 10.1016/j.jbmt.2013.02.001
25. Johanson M, Baer J, Hovermale H, Phouthavong P. Subtalar joint position during gastrocnemius stretching and ankle dorsiflexion range of motion. *J Athl Training* 2008; **43**(2): 172-180.
26. Neptune RR, Kautz S, Zajac F. Contributions of the individual ankle plantar flexors to support, forward progression and swing initiation during walking. *J Biomech* 2001; **34**(11): 1387-1398. doi: 10.1016/S0021-9290(01) 00105-1
27. Kirkwood RN, Trede RG, de Souza Moreira B, Kirkwood SA, Pereira LSM. Decreased gastrocnemius temporal muscle activation during gait in elderly women with history of recurrent falls. *Gait Posture* 2011; **34**(1): 60-64. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.03.012
28. Chuter VH, Janse de Jonge XAK. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: A review of the literature. *Gait Posture* 2012; **36**(1): 7-15. doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.02.001
29. Ota S, Ueda M, Aimoto K, Suzuki Y, Sigward S. Acute influence of restricted ankle dorsiflexion angle on knee joint mechanics during gait. *Knee* 2014; **21**(3): 669-675. doi: 10.1016/j.knee.2014.01.006
30. Cazeau C, Stiglitz Y. Effects of Gastrocnemius Tightness on Forefoot During Gait. *Foot Ankle Clin* 2014; **19**(4): 649-657. doi: 10.1016/j.fcl.2014.08.003

www.SID.ir