Journal of Ilam University of Medical Sciences

P-ISSN: 1563-4728
E-ISSN: 2588-3135

A comparison of plantar pressure variables and muscular frequency content between individuals with anterior cruciate ligament reconstruction and pronated feet and healthy controls

Amir Ali Jafarnezhadgero [1*], Ehsan Fakhri Mirzanag [1], Raziye Alizadeh [2], Davood khezri [3]

[1] Dept of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[2] Dept of Sports Biomechanics, Islamic Azad University of Tehran, Tehran, Iran
[3] Dept of Sports Biomechanics, Sport Sciences Research Institute, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Research article

Article History:
Received: Nov. 18, 2023
Revised: Dec. 09, 2023
Accepted: Mar. 11, 2024
Published Online: July. 22,2024

**** Correspondence to:***
Amir Ali Jafarnezhadgero
Dept of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
Email: amiralijafarnezhad@gmail.com

A B S T R A C T

Introduction: Asymmetrical gait mechanics after anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) are associated with the development of post-traumatic knee osteoarthritis. Current measures of gait mechanics have focused on peak magnitudes of knee kinematics, kinetics, and joint contact forces; nonetheless, they have seldom considered the plantar pressure and muscular frequency content in individuals with ACLR and pronate feet (PF). The present study aimed to compare ACLR and PF with healthy controls during walking.

Material & Methods: The present study was conducted based on a quasi-experimental and laboratory design. The sample of this study comprised 13 people with ACLR and PF and 13 subjects from the healthy group. The mean age scores of patients in the two groups of healthy and sick participants were 22.9±4.1 and 23.2±4.5 years, respectively. During the test, subjects walked barefoot on an 18-m runway. Peak plantar pressure variables in both groups were recorded by a foot scan system (sampling rate: 300 Hz). The electromyography activity of the tibialis anterior, gastrocnemius medialis, vastus lateralis, vastus medialis, rectus femoris, biceps femoris, semitendinosus, and gluteus medius were recorded during walking.

Results: The results demonstrated that the peak midfoot region plantar pressure values (P=0.018) were higher in the ACLR/PF group than in the healthy group during walking. In addition, the results highlighted a significant difference in the muscle frequency content of the rectus femoris (P=0.012, d=0.68) and vastus latelarlis (P=0.042) during the loading response and push-off phase in the ACLR/PF group compared to the healthy group during walking.

Discussion & Conclusion: Peak plantar pressure values at the midfoot region and rectus femoris and vastus lateralis muscular frequency content in the ACLR/PF group differed from that of the healthy group during walking.

Keywords: Anterior cruciate ligament, Electromyography, Pronate feet, Plantar pressure

➢ **How to cite this paper**
Jafarnezhadgero AA, Fakhri Mirzanag E, Alizadeh R, khezri D. A comparison of plantar pressure variables and muscular frequency content between individuals with anterior cruciate ligament reconstruction and pronated feet and healthy controls. Journal of Ilam University of Medical Sciences. 2024;32(3): 1-11.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2024-11-21]

© The Author(s)
Publisher: Ilam University of Medical Sciences

مجله دانشگاه علوم پزشکی ایلام

JIUMS

P-ISSN: ۱۵۶۳-۴۷۲۸

E-ISSN: ۲۵۸۸-۳۱۳۵

مقایسهٔ متغیرهای فشار کف‌پایی و فرکانس فعالیت عضلات در افراد سالم و افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی

امیرعلی جعفرنژادگرو [۱*]، **احسان فخری میرزانق** [۱]، **راضیه علیزاده** [۲]، **داود خضری** [۱]

[۱] گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[۲] گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۳] گروه بیومکانیک ورزشی، پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۷

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۵/۰۱

نویسنده مسئول:
امیرعلی جعفرنژادگرو
گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
Email:
amiralijafarnezhad@gmail.com

چکیده

مقدمه: پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی (ACLR)، مکانیک راه رفتن با ایجاد استئوآرتریت در مفصل زانو نامتقارن می شود. در مطالعات پیشین، پژوهشگران بیشتر بر اندازه‌گیری مقادیر مکانیک راه رفتن بر متغیر اوج سینماتیک و سینتیک و نیروهای تماس مفصلی متمرکز شده‌اند؛ اما به‌ندرت مقادیر فشار کف‌پایی و فرکانس فعالیت الکتریکی عضلات در افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی و پای پرونیت بررسی شده است. هدف از این مطالعه مقایسهٔ متغیرهای فشار کف‌پایی و فرکانس فعالیت عضلات طی راه رفتن میان افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت و افراد سالم بود.

مواد و روش‌ها: مطالعهٔ حاضر از نوع نیمه‌تجربی و آزمایشگاهی است. نمونهٔ آماری پژوهش حاضر شامل ۱۳ فرد مبتلا به بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت و ۱۳ فرد سالم بود که میانگین (انحراف معیار) سن آنان به‌ترتیب (۴/۵) ۲۳/۲ و (۴/۱) ۲۲/۹ سال بود. در طول آزمون، شرکت‌کنندگان با پای برهنه در یک مسیر ۱۸ متری راه رفتند. اوج متغیر فشار کف‌پایی در هر دو گروه توسط دستگاه فوت اسکن (نرخ نمونه‌برداری: ۳۰۰ هرتز) ثبت شد؛ همچنین فعالیت الکتریکی عضلات درشت نی قدامی، دوقلوی داخلی، پهن خارجی، پهن داخلی، راست رانی، دوسررانی، نیمه وتری و سرینی میانی طی راه رفتن ثبت گردید.

یافته‌های پژوهش: نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهندهٔ افزایش مقادیر اوج فشار **کف‌پایی** در قسمت میانی پا ($P=0.018$) در گروه بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت نسبت به گروه سالم طی راه رفتن است. علاوه بر این، نتایج تفاوت معنی داری را برای میانگین فرکانس عضلات راست‌رانی ($P=0.012$) و پهن خارجی ($P=0.042$) در مرحلهٔ فاز پاسخ بارگذاری و هل دادن در گروه افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت در مقایسه با گروه سالم طی راه رفتن نشان داد.

بحث و نتیجه‌گیری: مقادیر اوج فشار **کف‌پایی** در قسمت میانی پا و فرکانس فعالیت عضلات راست‌رانی و پهن خارجی در افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی و پای پرونیت در مقایسه با افراد سالم طی راه رفتن متفاوت است.

واژه‌های کلیدی: بازسازی رباط صلیبی قدامی، فعالیت الکتریکی عضلات، پای پرونیت، فشار **کف‌پایی**

استناد: جعفرنژادگرو امیرعلی، فخری میرزانق احسان، علیزاده راضیه، خضری داود. مقایسهٔ متغیرهای فشار کف‌پایی و فرکانس فعالیت عضلات در افراد سالم و افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی. مجله دانشگاه علوم پزشکی ایلام، مرداد ۱۴۰۳؛۳۲(۳): ۱۱-۱.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2024-11-21]

CC BY NC

حق‌مؤلف © نویسندگان

مقدمه

بازسازی رباط صلیبی قدامی (ACLR) یکی از روش های جراحی پرکاربرد در مدیریت آسیب رباط صلیبی قدامی حاد و مزمن است (۱). علی‌رغم ترمیم کافی عملکرد زانو در ۹۰ درصد بیماران (۲)، تنها ۶۵ درصد از بیماران پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی به عملکرد ورزشی پیش از آسیب بازمی‌گردند (۳). آسیب به غضروف‌های مفصلی یکی از نتایج ضعیف پس از ۵ تا ۱۵ سال در افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی و به دنبال آن، آسیب مینیسک داخلی و سپس مینیسک جانبی عوارض شایع‌تر گزارش‌شده است (۲)؛ اما بااین‌حال، میزان بازسازی مجدد رباط صلیبی قدامی بسیار پایین است و از ۲ تا ۶ درصد در مطالعات پیشین گزارش‌شده است (۴، ۳).

عارضهٔ پای پرونیت یکی از عارضه‌های اندام تحتانی در مفصل مچ پا است (۴). پای پرونیت یکی از شایع‌ترین عارضه‌هایی است که به علت تغییرات بیومکانیکی با ناکارآمدی در ناحیهٔ مفصل مچ پا مشاهده می‌شود.. میزان شیوع عارضهٔ پرونیت پا در سنین ۱۲-۶ سالگی ۱۷/۲ درصد، در ۱۳-۳ سالگی ۱۶/۴ درصد و در ۱۴-۷ سالگی ۱۷/۱ درصد است (۵). گزارش‌شده است که پروناسیون مفصل ساب تالار به افزایش چرخش داخلی استخوان تیبیا در طول فعالیت‌های دینامیک منجر می‌شود که به افزایش فشار در مفصل زانو و رباط‌های احاطه‌کنندهٔ مفصل می‌انجامد (۶). پای پرونیت یکی از عوامل ایجادکنندهٔ درد در بخش قدامی مفصل زانو است. در پژوهشی، میزان شیوع درد در بخش قدامی مفصل زانو در شرکت‌کنندگان مرد و زن با پای پرونیت به‌ترتیب ۱۶/۲۳ و ۱۱/۳۱ درصد گزارش شد (۷). طی تحمل وزن، پا و زانو به‌عنوان بخش‌های تعاملی عمل می‌کنند و پرونیشن پا با چرخش داخلی استخوان درشت‌نی به‌طور هم‌زمان اتفاق می افتد (۸). محدود کردن چرخش داخلی درشت‌نی یکی از عملکردهای مکانیکی رباط صلیبی قدامی (ACL) در زانو است (۹). مطالعات نشان می‌دهند که چرخش بیش‌ازحد درشت‌نی به‌سبب پرونیشن مفصل ساب تالار یکی از سازوکار های کمک‌کننده به بروز آسیب ACL است که در نتیجهٔ فشار بر روی ACL به افزایش خطر پارگی منجر می‌شود (۱۰). در ورزشکاران مبتلا به پارگی ACL و ACLR، متغیرهای بیومکانیکی اندام تحتانی در مقایسه با افراد سالم تغییر می‌کند، و به ایجاد ناپایداری در غضروف‌های مفصلی و مینیسک در مفصل زانو منجر می‌گردد (۱۱). بیماران با بازسازی رباط صلیبی قدامی از مجموعه‌ای از راهبردهای جبرانی در اندام تحتانی برای کاهش بار خارجی و نیروی عکس‌العمل زمین استفاده می‌کنند (۱۲) که ممکن است با ایجاد تغییر در گشتاور عضلانی در صفحهٔ ساجیتال همراه باشد (۱۳, ۱۴). بازسازی رباط صلیبی قدامی می‌تواند به تغییر در مؤلفه‌ها طی راه رفتن و دویدن منجر شود (۱۵). گزارش‌شده است، اختلال عملکرد عصبی-عضلانی پس از پارگی ACL و ACLR رخ می‌دهد (۱۶). این اختلال عملکردی شامل ضعف در فعال‌سازی عضلات است که پس از آسیب و بازسازی آن باقی می‌ماند (۱۷). در مطالعه‌ای با عنوان «اثر تمرینات توان‌بخشی بر روی متغیرهای EMG در افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی حاد و مزمن طی راه رفتن» گزارش شد که تمرینات توان‌بخشی پس از عمل، آثار چشمگیری بر مؤلفه‌های حرکتی، جنبشی و EMG طی راه رفتن در ACLR حاد نسبت به ACLR مزمن دارد؛ بنابراین، اجرای مداخلهٔ زودهنگام جراحی پس از توان‌بخشی برای به‌دست آوردن آثار چشمگیر در مؤلفه‌های بالینی در آسیب حاد و مزمن ACL الزامی است (۱۸).

دستگاه اندازه‌گیری توزیع فشار کف پا یکی از ابزارهایی است که برای تجزیه‌وتحلیل راه رفتن استفاده می شود. ویلیامز و یاکل در اعتبارسنجی دستگاه اندازه‌گیری توزیع فشار پا، به چهارده روش توجه کردند و پیشنهاد نمودند که کاهش قدرت عضلانی و ناهنجاری‌ها طی راه رفتن در بخش اندام آسیب‌دیده را می‌توان با استفاده از این دستگاه تعیین کرد. بااین‌حال، برای افراد دارای پای پرونیت، دربارهٔ اینکه کدام ناحیه بیشترین فشار را تحمل می‌کند، نتایج مشابه وجود ندارد. برخی از مطالعات نشان می‌دهند که حداکثر فشار در ناحیهٔ مرکزی جلوی پا قرار دارد (۱۱, ۱۹)، درحالی‌که برخی دیگر به قسمت ناحیهٔ انگشتان پا، به‌عنوان ناحیهٔ

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2024-11-21]

آناتومیکی با بیشترین فشار اشاره می‌کنند (۱۹).

با استفاده از فشار کف‌پایی و فعالیت عضلات، بسیاری از متغیرها را می‌توان استخراج کرد تا میان الگوهای رفتار طبیعی و غیرطبیعی تمایز قائل شد (۲۰). به‌نظر می‌رسد، اجرای پژوهش با هدف مقایسهٔ فشار کف‌پایی و فعالیت الکتریکی عضلات در بیماران مبتلا به بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت در مقایسه با افراد سالم طی راه رفتن مهم و ضروری است. لذا هدف از پژوهش حاضر مقایسه متغیرهای فشار کف‌پایی و فرکانس فعالیت عضلات طی راه رفتن بین افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت و افراد سالم است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع نیمه‌تجربی است که در سال ۱۴۰۱ در شهرستان اردبیل انجام شد. ۲۶ نفر در دو گروه (۱۳ نفر با بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت و ۱۳ نفر افراد سالم) شرکت کردند. معیارهای ورود به مطالعهٔ حاضر برای گروه ACLR با پای پرونیت عبارت بودند از: افراد دارای ACLR در یک پا با استفاده از اتوگرافت تاندون همسترینگ ۶ تا ۱۰ ماه پیش از اجرای پژوهش و بدون سایر آسیب‌های ارتوپدی (۱)، افت استخوان ناویکولار بیشتر از ۱۰ میلی‌متر (۲۱)، شاخص وضعیت پا بیشتر از ۱۰ و راست پا بودن.

افتادگی استخوان ناویکولار یک معیار بالینی برای اندازه‌گیری پای پرونیت است که تغییر ارتفاع این استخوان زمانی تعریف می‌شود که مفصل ساب‌تالار از حالت بدون تحمل وزن به حالت تحمل وزن آرام حرکت می‌کند (۱۵). به علت وجود مطالعاتی که افت ناویکولار را در افراد با سابقهٔ پارگی ACL بررسی کردند (۱۰, ۲۲)، در پژوهش حاضر، ما از اندازه‌گیری افت استخوان ناوی و شاخص پاسچر پا برای تشخیص پای پرونیت شرکت‌کنندگان استفاده کردیم.

معیارهای خروج از مطالعهٔ حاضر شامل این موارد بود: اسپاسم عضلانی، اختلالات عصبی عضلانی، بیماری‌های مرتبط با ارتوپدی و مواردی که به ایجاد وضعیتی دردناک در اندام تحتانی منجر می‌گردید.

رضایت‌نامهٔ کتبی مبنی بر شرکت در پژوهش از همهٔ آزمودنی‌ها گرفته شد. با استفاده از آزمون یک‌سو کور، اطلاعاتی که می‌توانست باعث منحرف شدن نتیجه آزمایش شوند، از دید شرکت‌کننده مخفی ماند. پژوهش حاضر توسط کمیتهٔ اخلاقی پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی با کد IR.SSRC.REC.1401.140 تصویب شد.

داده‌های فشار کف‌پایی: از دستگاه فوت اسکن برای ثبت داده‌های متغیر فشار کف‌پایی با استفاده از نرم‌افزار (آر، اس، اسکن) با فرکانس نمونه‌برداری ۳۰۰ هرتز استفاده گردید. دستگاه در میانهٔ مسیر راه رفتن ۱۸ متری قرار گرفت. ابتدا فرایند کالیبره کردن دستگاه فوت اسکن انجام شد. در ابتدا برای هر آزمودنی یک کوشش ایستا ثبت گردید که در آن، وزن آزمودنی و طول پای وی در نرم‌افزار دستگاه ثبت شد. کوشش راه رفتن صحیح شامل برخورد کامل پا روی بخش میانی دستگاه فوت اسکن بود. اگر فوت اسکن توسط آزمودنی برای تنظیم گام مورد هدف قرار می‌گرفت یا تعادل آزمودنی دچار اختلال می‌شد، کوشش راه رفتن تکرار می گردید. داده‌های فشار کف‌پایی طی مرحلهٔ اتکای راه رفتن استخراج شد. برای تنظیم قرارگیری پای آزمودنی‌ها بر روی فوت‌اسکن طی راه رفتن، ۵ مرتبه عمل راه رفتن به‌طور آزمایشی توسط هر آزمودنی انجام گرفت. متغیرهای مدنظر اوج فشار کف‌پایی در نواحی ده‌گانهٔ پا استخراج گردید که این نواحی به‌ترتیب شامل انگشت شست، انگشتان دوم تا پنجم، استخوان کف‌پایی اول، استخوان کف‌پایی دوم، استخوان کف‌پایی سوم، استخوان کف‌پایی چهارم، استخوان کف‌پایی پنجم، بخش میانهٔ پا، بخش داخلی پاشنه و بخش خارجی پاشنه بود.

مرحلهٔ برخورد پاشنه با زمین توسط بیشتر بودن نیروی عمودی عکس‌العمل بیشتر از ۲۰ نیوتن و جدا شدن پنجه توسط آخرین دادهٔ بیشتر از ۲۰ نیوتن مشخص گردید. داده های نیروی عمودی عکس‌العمل زمین توسط فیلتر باتروورث پایین‌گذر مرتبهٔ چهارم و با برش فرکانس ۲۰ هرتز انجام شد. برای نرمال کردن مقادیر نیروی عکس‌العمل زمین، این مقادیر بر جرم بدن تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب گردیدند.

داده‌های الکترومایوگرافی: برای ثبت فعالیت

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2024-11-21]

الکتریکی عضلات از یک دستگاه الکترومایوگرافی DataL (ITE EMG. Biometrics Ltd) Bandwidth: 10-490HZ ساخت کشور انگلستان استفاده شد. فعالیت عضلات درشت نی قدامی، دوقلوی داخلی، پهن داخلی، پهن خارجی، راست رانی، دوسررانی، نیم‌وتری و سرینی میانی توسط دستگاه الکترومایوگرافی بایوسیستم طی راه رفتن در افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت و سالم ثبت گردید. مواضع عضلانی محل نصب الکترودها، مطابق با توصیه‌های انجمن اروپایی الکترومایوگرافی (۱۴, ۲۳) آماده‌سازی شد. برای این منظور، ابتدا در محل‌های مدنظر برای نصب الکترود، موهای سطوح تراشیده شد و پوست با پنبهٔ آغشته به الکل ایزوپروپیل ۰/۵ تمیز گردید. جهت قرارگیری الکترودها به‌موازات تارهای عضلات بود. برای ثبت، همهٔ اصول دستورالعمل انجمن اروپایی (سنیام) رعایت شد (۲۳). نرخ نمونه‌برداری در دستگاه الکترومایوگرافی برابر ۱۰۰۰ هرتز (۲۴) و فاصلهٔ مرکز تا الکترودها برابر ۲ سانتی‌متر بود مقادیر میانهٔ فرکانس فعالیت عضلات توسط نرم‌افزار دیتالیت استخراج گردید. برای مشخص کردن مرحلههای مختلف راه رفتن، از دستگاه صفحه نیرو برتک با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز استفاده شد. مرحلههای بررسی‌شده شامل پاسخ بارگذاری (۰ تا ۲۰ درصد سیکل راه رفتن)، میانهٔ اتکا (۲۰ تا ۴۷ درصد سیکل راه رفتن) و هل دادن (۴۷ تا ۷۰ درصد سیکل راه رفتن) بود.. ثبت داده های الکترومایوگرافی توسط پژوهشگر و با کمک کارشناس آزمایشگاه و زیر نظر متخصص صورت گرفت. مدت‌زمان ثبت آزمون‌ها برای هر فرد حدود ۳۰ دقیقه بود.

تحلیل آماری: برای بررسی طبیعی بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو–ویلک استفاده شد. برای تحلیل آماری داده‌ها از آزمون تی مستقل در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده گردید. همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد. داده‌های آمار توصیفی به‌صورت میانگین (انحراف استاندارد) برای هر دو گروه بیان گردید. برای تجزیه‌وتحلیل دادهای آماری از آزمون تی مستقل استفاده شد؛ همچنین برای محاسبهٔ اندازهٔ اثر، از d کوهن استفاده گردید: d≤0.2 کوچک، d>0.8 بزرگ و بین این مقادیر، متوسط در نظر گرفته شد (۳۳). داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS vol.18 تجزیه‌وتحلیل گردید.

یافته‌های پژوهش

پژوهش حاضر در سال ۱۴۰۱ در شهرستان اردبیل انجام شد که ۲۶ نفر در دو گروه ۱۳ نفری شرکت کردند. مشخصات دموگرافیک هر دو گروه در جدول شمارهٔ ۱ نشان داده‌شده است. مطابق جدول شمارهٔ ۱، نتایج پژوهش حاضر نشان داد، تفاوت معناداری میان مشخصات دموگرافیک گروه ها وجود ندارد.

جدول شماره ۱. مقایسهٔ میانگین سن، قد و وزن گروه بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت و گروه سالم

مشخصات	گروه بیمار انحراف معیار±میانگین	گروه سالم انحراف معیار±میانگین	مقدار P
سن (سال)	۲۳/۰۲±۴/۰۵	۲۲/۰۹±۴/۱۵	۰/۷۶۶
قد (سانتی‌متر)	۱۷۷/۰۱±۷/۰۴	۱۷۶/۰۸ ±۸/۰۱	۰/۶۵۶
وزن (کیلوگرم)	۷۱/۰۷±۶/۰۴	۷۲/۰۷±۶/۰۱	۰/۵۹۸
افت استخوان ناوی (میلی‌متر)	۱۵/۰۲±۱/۴	۷/۰۷±۰/۹	>۰/۰۰۱

در جدول شمارهٔ ۲، نتایج آزمون تی مستقل نشان داد، از لحاظ آماری تفاوت معناداری میان مقادیر اوج اولیه و ثانویهٔ نیروی عکس‌العمل زمین در راستای محور عمودی وجود ندارد (P>۰,۰۰۵).

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2024-11-21]

جدول شماره ۲. میانگین و انحراف استاندارد متغیر اوج اولیه و ثانویهٔ نیروی عکس‌العمل زمین در دو گروه بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت و گروه سالم طی راه رفتن

متغیر	بازسازی رباط صلیبی قدامی	گروه سالم	سطح معناداری	اندازهٔ اثر
اوج اولیهٔ نیروی عکس‌العمل زمین	۲۶۱/۶۰±۵۲/۸۸	۲۸۰/۹۲±۶۲/۵۶	۰/۴۰۴	۰/۳۳
اوج ثانویهٔ نیروی عکس‌العمل زمین	۲۶۹/۳۱±۵۷/۸۲	۲۸۳/۸۷±۶۲/۳۹	۰/۵۴۳	۰/۲۴

مطابق جدول شمارهٔ ۳، نتایج نشان داد که متغیر اوج فشار کف‌پایی در بخش میانی کف پا بین دو گروه از لحاظ آماری تفاوت معناداری وجود دارد (P=0.018)، به‌طوری‌که اوج فشار کف‌پایی در بخش میانی پا در گروه افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت نسبت به گروه سالم بیشتر بود. با وجود این، نتایج در سایر متغیرهای اوج فشار کف‌پایی در هر دو گروه از لحاظ آماری تفاوت معناداری را نشان نداد (P>۰,۰۰۵).

جدول شماره ۳. میانگین و انحراف استاندارد متغیر فشار کف‌پایی نواحی ده‌گانهٔ پا در دو گروه بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت و گروه سالم طی راه رفتن

متغیر	بازسازی رباط صلیبی قدامی	گروه سالم	سطح معناداری	اندازهٔ اثر
انگشت شست	۱۵۳/۹۸±۳۱/۵۲	۱۲۷/۷۸±۲۹/۰۳	۰/۳۳۷	۰/۸۶۷
انگشتان دوم تا پنجم	۲۱۵/۷۳±۶۰/۷۴	۱۹۵/۱۹±۸۰/۸۱	۰/۴۷۱	۰/۲۹
کف‌پایی اول	۴۲۰/۵۸±۱۰۷/۵۶	۳۹۹/۸۱±۹۵/۸۳	۰/۶۰۸	۰/۲۰
کف‌پایی دوم	۲۲۹/۲۵±۶۵/۲۵	۲۶۰/۳۸±۱۰۵/۸۳	۰/۳۷۷	۰/۱۸
کف‌پایی سوم	۲۶۰/۲۱±۶۶/۵۶	۲۹۶/۳۵±۹۹/۷۸	۰/۲۹۰	۰/۴۳
کف‌پایی چهارم	۲۷۱/۵۸±۸۷/۰۳	۳۰۷/۴۵±۱۰۷/۲۹	۰/۳۵۹	۰/۳۶
کف‌پایی پنجم	۱۶۹/۴۴±۶۷/۰۹	۲۰۰/۴۱±۶۷/۴۵	۰/۲۵۲	۰/۴۵
میانی کف پا	۶۱۶/۳۶±۱۹۱/۴۵	۴۲۴/۷۱±۱۹۵/۶۹	۰/۰۱۸	۰/۹۹
داخلی پاشنه	۶۴۵/۰۷±۱۹۵/۰۷	۷۱۵/۳۷±۱۲۲/۰۲	۰/۲۸۴	۰/۴۳
خارجی پاشنه	۶۰۳/۱۱±۲۳۸/۳۳	۶۶۱/۹۱±۱۵۶/۴۸	۰/۴۶۵	۰/۲۹

همان‌طور که در جدول شمارهٔ ۴ ملاحظه می‌شود، نتایج نشان داد در میانگین فرکانس میانی عضلهٔ راست‌رانی در مرحلهٔ پاسخ بارگیری طی راه رفتن، میان دو گروه از لحاظ آماری تفاوت معناداری وجود دارد (P=0.012)، به‌طوری‌که میانگین فرکانس عضلهٔ راست‌رانی در گروه افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت افزایش معناداری را نسبت به گروه سالم نشان داد. فرکانس عضلهٔ پهن خارجی در مرحلهٔ هل دادن طی راه رفتن، در دو گروه از لحاظ آماری تفاوت معناداری را نشان داد (P=0.042)، به‌طوری‌که میانگین فرکانس این عضله در گروه افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت بیشتر از گروه سالم بود. بااین‌حال، نتایج در سایر مقادیر میانگین فرکانس عضلات در هر دو گروه از لحاظ آماری تفاوت معناداری را نشان ندادند (P>۰,۰۰۵).

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2024-11-21]

جدول شماره ٤. میانگین و انحراف استاندارد فرکانس فعالیت الکتریکی عضلات در دو گروه افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت و گروه سالم طی راه رفتن

	عضلات	بازسازی رباط صلیبی قدامی	سالم	سطح معناداری	اندازهٔ اثر
مرحلهٔ پاسخ بارگیری	درشت‌نی قدامی	۸۸/۹۴±۲۲/۸۹	۹۰/۷۳±۲۹/۳۷	۰/۸۶۴	۰/۰۴
	دوقلوی داخلی	۱۱۶/۰۰±۳۱/۱۵	۹۶/۹۱±۲۵/۷۲	۰/۱۰۲	۰/۴۳
	پهن خارجی	۸۱/۵۸±۲۵/۷۴	۸۷/۳۰±۲۸/۷۵	۰/۵۹۸	۰/۱۳
	پهن داخلی	۸۴/۷۲±۱۹/۲۹	۸۰/۲۰±۲۶/۳۰	۰/۶۲۳	۰/۱۲
	راست رانی	۹۷/۰۶±۲۴/۴۳	۷۴/۳۶±۱۷/۳۰	۰/۰۱۲	۰/۶۸
	دوسر رانی	۹۲/۵۵±۱۹/۶۹	۹۲/۱۰±۲۴/۷۱	۰/۹۵۹	۰/۰۱
	نیم وتری	۱۰۰/۹۶±۲۸/۲۳	۹۰/۰۶±۱۹/۵۳	۰/۲۸۹	۰/۲۷
	سرینی میانی	۷۹/۹۳±۳۲/۴۲	۷۵/۵۷±۲۵/۸۲	۰/۷۰۸	۰/۱۰
میانهٔ اتکا	درشت‌نی قدامی	۹۹/۳۱±۲۲/۳۸	۱۰۰/۸۱±۲۵/۹۸	۰/۸۷۶	۰/۰۴
	دوقلوی داخلی	۱۰۵/۰۲±۳۴/۲۶	۹۷/۸۳±۱۸/۷۲	۰/۵۱۳	۰/۱۳
	پهن خارجی	۹۱/۰۵±۲۳/۸۹	۷۵/۸۷±۲۲/۴۴	۰/۱۰۸	۰/۶۷
	پهن داخلی	۸۵/۰۳±۳۰/۲۳	۷۶/۱۶±۱۶/۵۳	۰/۳۶۵	۰/۳۹
	راست رانی	۱۰۴/۴۲±۵۶/۱۶	۸۴/۷۳±۲۸/۱۰	۰/۲۷۴	۰/۳۹
	دوسر رانی	۱۱۰/۱۳±۳۵/۶۴	۱۱۲/۹۷±۳۴/۷۲	۰/۸۳۸	۰/۴۶
	نیم وتری	۱۰۷/۲۹±۳۴/۸۰	۹۷/۹۶±۲۷/۷۷	۰/۴۵۸	۰/۰۸
	سرینی میانی	۸۶/۵۳±۱۶/۸۷	۸۱/۱۳±۲۴/۲۴	۰/۵۱۶	۰/۲۹
هل دادن	درشت‌نی قدامی	۱۴۱/۹۹±۳۴/۹۷	۱۰۷/۵۷±۳۷/۰۸	۰/۳۴۴	۰/۹۴
	دوقلوی داخلی	۹۹/۰۱±۱۴/۳۶	۱۱۳/۴۴±۳۳/۰۵	۰/۱۶۸	۰/۶۰
	پهن خارجی	۷۴/۰۵±۱۷/۱۷	۷۳/۰۱±۲۲/۹۵	۰/۸۹۷	۰/۰۶
	پهن داخلی	۸۶/۹۷±۲۳/۵۵	۶۹/۷۰±۱۶/۴۷	۰/۰۴۲	۰/۸۶
	راست رانی	۹۲/۲۴±۳۳/۶۰	۹۲/۲۶±۲۵/۳۴	۰/۹۹۹	۰/۰۰
	دوسرانی	۱۱۶/۵۹±۳۴/۱۰	۱۰۵/۶۳±۲۰/۱۵	۰/۳۳۱	۰/۲۴
	نیمه غشایی	۱۰۰/۰۰±۳۳/۹۰	۱۰۲/۹۳±۳۷/۰۶	۰/۸۳۶	۰/۰۸
	سرینی-میانی	۸۸/۰۴±۳۰/۷۷	۸۱/۶۰±۲۵/۶۸	۰/۵۶۸	۰/۲۴

بحث و نتیجه‌گیری

حرکات پرونیشن و سوپینشن در طول الگوی حرکتی چرخش پا رخ می‌دهد و به حرکت طبیعی در حین راه رفتن و دویدن کمک می‌کند. گزارش‌شده که پرونیشن بیش‌ازحد مفصل ساب‌تالار ممکن است به بروز آسیب ACL منجر گردد (۲۵)؛ بااین‌حال، هیچ اختلاف‌نظری در ارتباط با این موضوع در مطالعات وجود ندارد (۲۰, ۲۶)؛ بنابراین، هدف از این مطالعه مقایسهٔ متغیرهای فشار کف‌پایی و فرکانس فعالیت عضلات طی راه رفتن میان افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت و افراد سالم بود. نتایج پژوهش حاضر از لحاظ آماری تفاوت معناداری را در متغیر اوج فشار کف‌پایی در بخش میانی کف پا در دو گروه نشان داد، به‌طوری‌که اوج فشار کف‌پایی در قسمت میانی پا در گروه افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت نسبت به گروه سالم بیشتر بود؛ همچنین نتایج در سایر متغیرهای اوج فشار کف‌پایی در هر دو گروه از لحاظ آماری تفاوت معناداری را نشان نداد.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2024-11-21]

یافته‌های اصلی مطالعهٔ حاضر این است که فرکانس میانی عضلهٔ راست‌رانی در مرحلهٔ پاسخ بارگیری طی راه رفتن در دو گروه از لحاظ آماری تفاوت معناداری را نشان داد، به‌طوری‌که فرکانس عضلهٔ راست‌رانی در گروه افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت افزایش معناداری را نسبت به گروه سالم نشان داد؛ همچنین فرکانس عضلهٔ پهن خارجی در مرحلهٔ هل دادن طی راه رفتن، در دو گروه از لحاظ آماری متفاوت بود، به‌طوری‌که فرکانس این عضله در گروه افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت نسبت به گروه سالم بیشتر بود. گفتنی است، نتایج در سایر مقادیر فرکانس عضلات در هر دو گروه از لحاظ آماری تفاوت معناداری را نشان نداد.

بر اساس مطالعهٔ دیکاک و همکاران (۱۱)، افزایش فشار به‌صورت جانبی از بخش استخوان پنجم کف‌پایی شروع می‌شود و به دنبال آن، یک الگوی فشاری هم‌زمان به‌ترتیب از استخوان کف‌پایی چهارم، سوم و اول ایجاد می‌گردد و درنهایت، در استخوان کف‌پایی دوم تقریباً در ۶۲ درصد تماس کل پا با سطح زمین، به حداکثر فشار خود می‌رسد (۱۱) که با نتایج پژوهش حاضر غیرهمسو است. به‌نظر می‌رسد، یک الگوی مکانیکی غیرطبیعی به افزایش فشار در ناحیهٔ بخش میانی استخوان کف‌پایی در افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی منجر شده است. اردیم و همکاران در پژوهشی گزارش کردند که دویدن مداوم با سرعت متوسط باعث افزایش فشار زیر سر استخوان کف‌پایی دوم و تغییر بار از ناحیهٔ جانبی به بخش ناحیهٔ داخلی پاشنه پا می‌شود و این تغییر وضعیت ممکن است یکی از علل مرتبط با ایجاد پرونیشن پا باشد (۲۷) که با نتایج پژوهش حاضر غیرهمسو است؛ همچنین همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، سیتین و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی توزیع متغیرهای فشار کف‌پایی در افراد با آسیب رباط صلیبی قدامی پرداختند. نتایج نشان داد که آسیب رباط صلیبی قدامی منجر به تغییر در توزیع متغیر فشار کف‌پایی و بازسازی رباط صلیبی منجر به توزیع طبیعی متغیر فشار کف‌پایی در این افراد می‌گردد (۲۸). میلتمایر و همکاران طی مطالعه‌ای به بررسی توزیع متغیرهای فشار کف‌پایی در افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی پرداختند. نتایج کاهش معنادار فشار در زیر استخوان پاشنه را نشان داد و در سایر متغیرهای فشار کف‌پایی، تفاوت معناداری را گزارش نکردند (۲۹).

یافته‌های اصلی مطالعه حاضر این است که فرکانس میانی عضلهٔ راست‌رانی در مرحلهٔ پاسخ بارگیری طی راه رفتن در دو گروه از لحاظ آماری تفاوت معناداری را نشان داد، به‌طوری‌که فرکانس عضلهٔ راست‌رانی در گروه افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت افزایش معناداری را نسبت به گروه سالم نشان داد؛ همچنین فرکانس عضلهٔ پهن خارجی در مرحلهٔ هل دادن طی راه رفتن، در دو گروه از لحاظ آماری متفاوت بود، به‌طوری‌که فرکانس این عضله در گروه افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی با پای پرونیت نسبت به گروه سالم بیشتر بود؛ همچنین نتایج در سایر مقادیر فرکانس عضلات در هر دو گروه از لحاظ آماری تفاوت معناداری را نشان نداد.

در ارتباط با دامنهٔ فعالیت عضلات می‌توان به پژوهش بولگرونی و همکاران اشاره کرد که نتایج افزایش معنادار فعالیت عضلات چهارسرانی را طی مرحلهٔ پاسخ بارگیری در افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی در مقایسه با گروه سالم را نشان داد که با نتایج پژوهش حاضر همسو است؛ همچنین کاهش معنادار فعالیت عضلات همسترینگ طی مرحلهٔ اتکا در افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی در مقایسه با گروه سالم گزارش شد که با نتیجهٔ پژوهش حاضر ناهمسو است (۳۰). گفتنی است، همسو با یافته‌های پژوهش حاضر، سیکوتی و همکاران در مطالعهٔ خود، افزایش معنادار فعالیت عضلات چهارسرانی را طی مرحلهٔ پاسخ بارگیری در افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی در مقایسه با گروه سالم را گزارش کردند (۳۱). ازآنجاکه دامنهٔ EMG عضلات چهارسر ران در گشتاور اکستانسوری مفصل زانو نقش دارد و گشتاور عضلانی مجموع فعالیت عضلات آگونیست و آنتاگونیست است؛ بنابراین، گشتاور اکستنسوری کمتر مفصل زانو، در افراد مبتلا به ACLR می‌تواند به هم انقباضی بیشتر عضلات همسترینگ منجر گردد و این موضوع باید توسط محققان و پزشکان در تفسیر نقص در گشتاور اکستنسوری مفصل زانو

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2024-11-21]

در نظر گرفته شود (۳۲). بااین‌حال، مطالعات پیشین (۳۳, ۳۴) معمولاً EMG را بین اندام آسیب‌دیده و غیر آسیب‌دیده در افراد مبتلا به ACLR مقایسه کرده‌اند و نتایج نشان‌دهندهٔ این موضوع است که احتمال اینکه افراد مبتلا به ACLR ایجاد نقص دوطرفه در عملکرد عضلات چهار سر ران را نادیده می گیرند، وجود دارد (۳۵). با وجود این، ما اندازهٔ اثر متوسطی را میان میانگین‌ها یافتیم که نشان می‌دهد، در مطالعات آینده با حجم نمونهٔ آماری بیشتر ممکن است، تفاوت‌هایی در سایر محتوای فرکانس عضلانی اندام تحتانی میان گروه‌ها شناسایی شود. علاوه بر این، نقطهٔ قوت مطالعهٔ ما این بود که گروه کنترل و گروه سالم از نظر سن، جنس، شاخص تودهٔ بدنی و افت ناویکولار یکسان بودند، درحالی‌که در مطالعهٔ پیشین (۳۴)، اندازهٔ نمونه و جنسیت در افراد مبتلا به ACLR در مقایسه با گروه کنترل نامتعادل بود. با توجه به نابرابری در شیوع آسیب ACL میان مردان و زنان (۳۵)، مهم است که نمونه‌های پژوهش ویژگی‌های جمعیت‌شناختی مشابهی در هر دو گروه داشته باشند.

مقادیر اوج فشار کف‌پایی در بخش میانی پا و فرکانس فعالیت عضلات راست‌رانی و پهن خارجی در افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی و پای پرونیت در مقایسه با افراد سالم طی راه رفتن متفاوت است.

سپاس‌گزاری

از همهٔ آزمودنی‌های شرکت‌کننده در پژوهش حاضر و سایر افرادی که در اجرای پژوهش حاضر ما را یاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

تعارض منافع

هیچ‌کدام از نویسندگان این پژوهش، افراد و یا دستگاه‌ها تعارض منافعی برای انتشار این مقاله ندارند.

کد اخلاق

IR.SSRC.REC.1401.140

حمایت مالی

این مطالعه از هیچ ارگان و سازمانی هیچ حمایت مالی دریافت نکرد.

مشارکت نویسندگان

طراحی ایده: امیرعلی جعفرنژادگرو
روش کار: راضیه علیزاده، احسان فخری میرزانق
جمع آوری داده‌ها: احسان فخری میرزانق
تجزیه و تحلیل داده‌ها: داود خضری، راضیه علیزاده
نظارت: امیرعلی جعفرنژادگرو، داود خضری
مدیریت پروژه: امیرعلی جعفرنژادگرو، داود خضری
نگارش پیش نویس اصلی: امیرعلی جعفرنژادگرو، احسان فخری میرزانق
نگارش بررسی و ویرایش: امیرعلی جعفرنژادگرو، راضیه علیزاده.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2024-11-21]

References

1. Shorter KA, Polk JD, Rosengren KS, Hsiao-Wecksler ET. A new approach to detecting asymmetries in gait. Clin Biomech 2008;23:459-67 doi: 10.1016/j.clinbiomech.2007.11.009.
2. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. Br J Sports Med 2011;45:596-606. doi:10.1136/bjsm.2010.076364.
3. Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. Br J Sports Med 2014;48:1543-52. doi:10.1136/bjsports-2013-093398.
4. Nepple JJ, Dunn WR, Wright RW. Meniscal repair outcomes at greater than five years: a systematic literature review and meta-analysis. J Bone Joint Surg Am 2012;94:2222. doi: 10.2106/JBJS.K.01584.
5. Jafarnezhadgero A, Fatollahi A, Sheykholeslami A, Dionisio VC, Akrami M. Long-term training on sand changes lower limb muscle activities during running in runners with over-pronated feet. Biomed Eng Online 2021;20:1-18. doi: 10.1186/s12938-021-00955-8.
6. Feagin Jr JA, Wills RP, Lambert KL, Mott HW, Cunningham RR. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction; Bone-Patella Tendon-Bone Versus Semitendinosus Anatomic Reconstruction. Clin Orthop Relat Res 1997;341:69-72.
7. Loudon JK, Jenkins W, Loudon KL. The relationship between static posture and ACL injury in female athletes. J Orthop Sports Phys Ther 1996;24:91-7. doi: 10.2519/jospt.1996.24.2.91.
8. Sanford BA, Williams JL, Zucker-Levin A, Mihalko WM. Asymmetric ground reaction forces and knee kinematics during squat after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. Knee 2016;23:820-5. doi: 10.1016/j.knee.2015.11.001.
9. Vairo GL, Myers JB, Sell TC, Fu FH, Harner CD, Lephart SM. Neuromuscular and biomechanical landing performance subsequent to ipsilateral semitendinosus and gracilis autograft anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2008;16:2-14. doi: 10.1007/s00167-007-0427-4.
10. Baumgart C, Schubert M, Hoppe MW, Gokeler A, Freiwald J. Do ground reaction forces during unilateral and bilateral movements exhibit compensation strategies following ACL reconstruction? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2017;25:1385-94. doi: 10.1007/s00167-015-3623-7.
11. De Cock A, De Clercq D, Willems T, Witvrouw E. Temporal characteristics of foot roll-over during barefoot jogging: reference data for young adults. Gait Posture 2005;21:432-9. doi: 10.1016/j.gaitpost.2004.05.004.
12. Menz HB. Two feet, or one person? Problems associated with statistical analysis of paired data in foot and ankle medicine. Foot 2004;14:2-5. doi: 10.1016/S0958-2592(03)00047-6.
13. Robertson DGE, Caldwell GE, Hamill J, Kamen G, Whittlesey S. Research methods in biomechanics: Human kinetics; 2013.
14. Sugawara K, Okada K, Saito I, Saito A, Wakasa M. Foot Pressure pattern during walking in individuals with anterior cruciate ligament injury. J Am Podiatr Med Assoc 2016;106:201-6. doi: 10.7547/15-006.
15. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: FPI. Clin Biomech 2006;21:89-98. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2005.08.002.
16. Cavanagh P. The Running Shoe Book (Anderson World, CA: Mountain View). 1980.
17. Whittle MW. Gait analysis: an introduction: Butterworth-Heinemann; 2014.
18. Patil S, Thatte MA, Chaskar U. Development of planter foot pressure distribution system using flexi force sensors. Sens. transducers 2009;108:73.
19. Breniere Y, Do MC. When and how does steady state gait movement induced from upright posture begin? J Biomech 1986;19:1035-40. doi: 10.1016/0021-9290(86)90120-X .
20. Orendurff MS, Rohr ES, Segal AD, Medley JW, Green III JR, Kadel NJ. Regional foot pressure during running, cutting, jumping, and landing. Am J Sports Med 2008;36:566-71. doi: 10.1177/0363546507309315.
21. 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. J Biomech 2016;49:1705-10. doi: 10.1016/j.jbiomech.2016.03.056.
22. Hurd WJ, Snyder-Mackler L. Knee instability after acute ACL rupture affects movement patterns during the mid-stance phase of gait. J Orthop Res 2007;25:1369-77. doi: 10.1002/jor.20440.
23. Portero P, Dogadov AA, Servière C, Quaine F. Surface Electromyography in

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2024-11-21]

Physiotherapist Educational Program in France: Enhancing Learning sEMG in Stretching Practice. J Neurol 2020;11:584304. doi: 10.3389/fneur.2020.584304.
24. Farahpour N, Jafarnezhadgero A, Allard P, Majlesi MJ. Muscle activity and kinetics of lower limbs during walking in pronated feet individuals with and without low back pain. J Electromyogr Kinesiol 2018;39:35-41. doi: 10.1016/j.jelekin.2018.01.006.
25. Teitz CC, Harrington RM, Wiley H. Pressures on the foot in pointe shoes. Foot Ankle 1985;5:216-21. doi: 10.1177/107110078500500502.
26. Nagel A, Fernholz F, Kibele C, Rosenbaum D. Long distance running increases plantar pressures beneath the metatarsal heads: a barefoot walking investigation of 200 marathon runners. Gait Posture 2008;27:152-5. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.12.012.
27. Unver B, Erdem EU, Akbas E. Effects of short-foot exercises on foot posture, pain, disability, and plantar pressure in pes planus. J Sport Rehabil 2019;29:436-40. doi: 10.1123/jsr.2018-0363.
28. Cetin E, Deveci MA, Songür M, Özer H, Turanli SJTJoMS. Evaluation of plantar pressure distributions in patients with anteriorcruciate ligament deficiency: preoperative and postoperative changes. Turk J Med Sci 2017;47:587-91. doi: 10.3906/sag-1601-146.
29. Mittlmeier T, Weiler A, Söhn T, Kleinhans L, Mollbach S, Duda G, et al. Functional monitoring during rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. Clin Biomech 1999;14:576-84. doi: 10.1016/s0268-0033(99)00035-2.
30. Bulgheroni P, Bulgheroni M, Andrini L, Guffanti P, Giughello A. Gait patterns after anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 1997;5:14-21. doi: 10.1007/s001670050018.
31. MG C. An electromyographic analysis of the knee during functional activities. II. The anterior cruciate ligament-deficient and-reconstructed profiles. Int J Sports Med 1994;22:651-8. doi: 10.1177/036354659402200513.
32. Kline PW, Morgan KD, Johnson DL, Ireland ML, Noehren B. Impaired quadriceps rate of torque development and knee mechanics after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. Am J Sports Med 2015;43:2553-8. doi: 10.1177/0363546515595834.
33. Drechsler WI, Cramp MC, Scott OM. Changes in muscle strength and EMG median frequency after anterior cruciate ligament reconstruction. Eur J Appl Physiol 2006;98:613-23. doi: 10.1007/s00421-006-0311-9.
34. Jordan MJ, Aagaard P, Herzog W. Rapid hamstrings/quadriceps strength in ACL-reconstructed elite alpine ski racers. Med Sci Sports Exerc 2015;47:109-19. doi: 10.1249/MSS.0000000000000375.
35. Gwinn DE, Wilckens JH, McDevitt ER, Ross G, Kao TC. The relative incidence of anterior cruciate ligament injury in men and women at the United States Naval Academy. Am J Sports Med 2000;28:98-102. doi: 10.1177/03635465000280012901.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2024-11-21]