Iranian Journal of Rehabilitation Research in Nursing Original Article

Summer 2025, Volume 11, Issue 4 10.22034/IJRN.11.4.3

The Effect of Sand Surface Training on Ankle Muscle Contraction in People with Pronitis and Anterior Cruciate Ligament Reconstruction During Running

Amirali Jafarnezhadgero[1*], Sara Imani Brouj [2], Hamed Sheikhalizade[3], Ebrahim Piri[4]

1- Associate Professor, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2- MSc in Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3- PhD Candidate in Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
4- PhD Candidate in Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Corresponding Author: Amirali Jafarnezhadgero**,** Associate Professor, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
Email: amiralijafarnezhad@gmail.com

Received: 2024/06/2 Accepted: 2025/01/7

Abstract

Introduction: A return to running after anterior cruciate ligament reconstruction (ACL-R) is critical to the clinical success. The purpose of this research was the effect of training on sand on the contraction of ankle muscles in people with pronitis and with anterior cruciate ligament reconstruction during running.

Methods: The current research was semi-experimental and applied research. Using G-Power software, the minimum sample size of 14 people was estimated for each group. The statistical sample of this research was made up of 28 teenagers from Ardabil province with an age range of 22 to 25 years. Biometric (Biometric Ltd) 8-channel surface electromyography signals were recorded with a sampling rate of 1000 Hz.

Results: The obtained results showed that ankle general co-contraction was greater in the experimental group compared to the control group during loading phase (P=0.001; d=0.363). Also, general co-contraction was greater in the experimental group compared to the control group during push-off phase (P=0.001; d=0.363).

Conclusion: According to the obtained results, it was found that the general ankle co-contraction was changed in people with anterior cruciate ligament reconstruction and peroneal foot in the running phase. However, more studies are needed to better prove this.

Keywords: Anterior cruciate ligament, Exercise on sand, Pronated foot, Electromyography.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.22034/IJRN.11.4.3]

نشریه پژوهش توانبخشی در پرستاری
مقاله پژوهشی

تابستان ۱۴۰۴، دوره ۱۱، شماره ۴

10.22034/IJRN.11.4.3

تاثیر تمرین بر روی شن بر هم انقباضی عضلات مچ پا در افراد دارای پاهای پرونیت و با سابقه بازسازی رباط صلیبی قدامی حین دویدن

امیرعلی جعفرنژادگرو[1*]، سارا ایمانی بروج [2]، حامد شیخعلی زاده [3]، ابراهیم پیری[4]

۱- دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲- کارشناس ارشد، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳- دانشجوی دکتری بیومکانیک، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۴- دانشجوی دکتری بیومکانیک، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

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

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۳/۱۳ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

چکیده

مقدمه: بازگشت به دویدن پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی (ACL-R) برای موفقیت بالینی بسیار مهم است. هدف از تحقیق حاضر تاثیر تمرین روی شن بر هم انقباضی عضلات مچ پا در افراد ACLR و دارای پای پرونیت حین دویدن بود.

روش کار: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی و نوع پژوهش کاربردی بود. حجم نمونه حداقلی ۱۴ نفر برای هرگروه برآورد شد. نمونه آماری این پژوهش را نوجوانان استان اردبیل ۲۸ نفر با محدوده سنی ۲۲ تا ۲۵ سال تشکیل دادند. سیگنال‌های الکترومایوگرافی بایومتریک (Biometric Ltd) سطحی ۸ کاناله با نرخ نمونه برداری ۱۰۰۰ هرتز ثبت شدند.

یافته ها: نتایج بدست آمده نشان داد اثر عامل گروه در فاز پاسخ بارگذاری هم انقباضی عمومی در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بود (P=۰/۰۰۱؛ d=۰/۳۶۳). همچنین اثر عامل گروه در فاز اتکا هم انقباضی عمومی در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بود (P=۰/۰۰۱؛ d=۰/۳۶۳).

نتیجه گیری: با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مشخص شد که هم انقباض عمومی مچ پا در افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی و پای پرونیت در مرحله دویدن تغییر یافته است. با این حال، مطالعات بیشتری برای اثبات بهتر این موضوع مورد نیاز است.

کلیدواژه ها: رباط صلیبی قدامی، تمرین روی شن، پای پرونیت، الکترومایوگرافی.

مقدمه

آسیب رباط صلیبی قدامی (ACL)، یکی از شایع ترین آسیب های مورد مطالعه در تحقیقات ارتوپدی است (۱). وقوع آسیب های ACL ۳۰ تا ۷۸ نفر در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر در سال تخمین زده می شود (۱). پس از آسیب ACL، بیماران و پزشکان باید رویکرد درمانی بهینه را برای اطمینان از ثبات مفصل و ارتقای بازگشت به عملکرد طبیعی اندام تحتانی تعیین کنند (۲). بازسازی رباط صلیبی قدامی (ACLR) یک درمان رایج پس از آسیب اولیه برای بازگرداندن ثبات مفصل و بازگرداندن بیماران به سطح فعالیت بدنی قبل از آسیب است (۲). هر ساله افراد زیادی تحت عمل جراحی ACL قرار می گیرند (۳). پس از بازسازی ACL، معمولاً ۸ تا ۱۸ ماه پس از بازسازی، بسته به سطح فعالیت میزان ۶۱٪ تا ۸۹٪ از ورزشکاران با موفقیت به ورزش باز می گردند (۱). راه رفتن یا اجرای برنامه های توانبخشی جزء حیاتی پروتکل های مراقبت

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-28]
[DOI: 10.22034/IJRN.11.4.3]

از بیمار دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی (ACLR) است (۳, ۴). چندین مطالعه نشان داده اند که افراد (ACLR) از سازگاری عصبی عضلانی در طول راه رفتن و فعالیت های عملکردی استفاده می کنند (۴). آموزش مجدد از طریق برخی از فعالیت های هوازی، مانند دوچرخه سواری یا تمرین پله، قبلاً مورد مطالعه قرار گرفته است، اما برخی فعالیت ها در بازیابی قدرت ایزوکنتیکی زانو موثر نبوده اند (۳).

منطقی به نظر می رسد که کوچکترین تغییر بیومکانیکی در اندام تحتانی بر فعالیت عضلانی تأثیر می گذارد و منجر به تغییر در عملکرد عضلانی و کاهش کارایی می شود (۵). مکانیسم جبرانی ناشی از ضعف عضلانی در برخی دیگر از عضلات می تواند باعث به هم خوردن نسبت نیروهای عضلانی و سپس تغییر در الگوی حرکتی شود (۵). پرونیشن بیش از حد پاها و افت ناویکولار از عوامل خطر آسیب های ACL در نظر گرفته می شوند (۶). شیوع بیش از حد پرونیشن پا در جمعیت عمومی۱۳/۶درصد است (۷). بکت و همکاران رابطه مستقیمی بین پرونیشن بیش از حد مفصل ساب تالار و پارگی ACL برقرار کردند (۸–۱۰). افراد آسیب دیده ACL نمرات آزمون افت ناویکولار بالاتری نسبت به افراد سالم داشتند (۹). پاهای دارای پرونیشن بیش از حد و چرخش داخلی درشت نی با یکدیگر جفت می شوند و ممکن است نیروهای پیچشی ایجاد کنند (۱۱).

منطقی به نظر می رسد که تغییرات در فعالیت الکتریکی عضلات منجر به تغییر در عملکرد عضلات و کاهش کارایی آنها شود (۵). افزایش همزمان انقباض عضلات باعث تغییر در ثبات و بار مفصل می شود (۱۲). الگوی مناسب فعالیت عضلانی و همزمانی عملکردی عضلات آگونیست و آنتاگونیست در اطراف مفاصل از نظر بیومکانیکی اهمیت ویژه ای دارد (۱۲, ۱۳). دو شکل هم انقباض عضلانی وجود دارد: هم انقباض عمومی و هم انقباض جهت دار، که فعالیت گروه های عضلانی آگونیست و آنتاگونیست اطراف مفاصل را بررسی می کند (۱۴). افزایش همزمان انقباض باعث افزایش بارهای وارده به مفصل می شود. بنابراین مطالعه افزایش هم انقباض عمومی در مفاصل زانو و مچ پا حائز اهمیت است (۱۲, ۱۴, ۱۵).

برنامه های توانبخشی که با رویکرد درمانی هستند برای بازگرداندن دامنه حرکتی مفاصل، قدرت عضلانی، هماهنگی عصبی عضلانی و مکانیک دویدن مثبت گزارش شده اند (۱۶). شن و ماسه می تواند یک ابزار امیدوارکننده برای درمان پرونیشن بیش از حد پا باشد زیرا دسترسی به آن در سراسر جهان بسیار آسان و مقرون به صرفه است (۱۷, ۱۸). شایان ذکر است که ویژگی های بیومکانیکی و فیزیولوژیکی خاص با ورزش روی شن همراه است (۱۷, ۱۹). قابل ذکر است که ماسه در مرحله بارگذاری شوک بالایی را جذب می کند (۱۷, ۱۸). علاوه بر این، یک مطالعه قبلی نشان داده است که ورزش بر روی شن، مصرف انرژی را افزایش می دهد و نیروهای ضربه را در مقایسه با ورزش روی زمین سفت کاهش می دهد (۱۷, ۱۹). یافته‌های فتح الهی و جعفرنژادگرو (۱۳۹۹)، نشان داد که افراد مبتلا به پروناسیون بیش از حد پا، ناپایداری و تحریک‌پذیری بالایی در مفاصل اندام‌های تحتانی دارند (۲۰). از سوی دیگر نشان دادند که افزایش هم انقباض می تواند بی ثباتی را در این افراد بهبود بخشد و آن را کنترل کند و در نهایت آسیب های اندام تحتانی را کاهش دهد. محققان مطالعه حاضر هیچ تحقیقی را که تأثیر ورزش روی سطح شن را بر انقباض عضلانی افراد مبتلا به پرونیشن بیش از حد پا و بازسازی ACL در حین دویدن بررسی کند، پیدا نکردند. به همین دلیل باید روش¬های درمانی مناسبی برای پیشگیری از آسیب در حین دویدن به ویژه در افراد مبتلا به پرونیشن بیش از حد پا پیدا کرد و این وضعیت را در این افراد بهبود بخشید. بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تمرین روی شن بر هم انقباضی عضلات مچ پا در افراد ACLR و دارای پاهای پرونیت حین دویدن بود.

روش کار

روش این تحقیق از نوع نیمه تجربی و آزمایشگاهی بود. حجم نمونه آماری پژوهش حاضر ۲۸ نفر بود. در هر گروه ۱۴ نفر حضور داشت تا توان آماری ۰/۸ در سطح معنی داری ۰/۰۵ در نرم افزار G*power برآورد شد. جامعه آماری این پژوهش مردانی با محدوده سنی ۲۲ تا ۲۵ سال که بصورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند، و در دو گروه تجربی (افراد دارای پای پرونیت با سابقه ی بازسازی رباط صلیبی–قدامی) و کنترل (شرکت کنندگان سالم که هیچ گونه مداخله ای بر روی آن ها صورت نگرفت) جای گرفتند. هر یک از آزمودنی های تحقیق بر اساس معیارهای ورود شامل: بررسی جنسیت مردان، تکمیل فرم رضایت فردی، عدم اختلاف در اندام های تحتانی، عدم

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.22034/IJRN.11.4.3]

سابقه ابتلا به آسیب های اسکلتی-عضلانی(شرط ورود گروه کنترل)، آسیب ACL در یک پا، داشتن پای پرونیشن و دامنه حرکتی کامل در مفصل زانو بود. از معیارهای خروج مطالعه حاضر می توان به مواردی از قبیل: بروز هر گونه آسیب در طول جمع آوری داده، انجام جراحی در شش ماه گذشته و استفاده از هرگونه ابزارهای حمایتی همچون کفی، بریس و زانوبند اشاره نمود.

طبق پرونده پزشکی آزمودنی ها تمامی افرادی که در گروه ACL قرار گرفته بودند پارگی کامل ACL داشتند که به روش جراحی آرتروسکوپی عمل شده بودند همچنین این افراد دارای پای پرونیت بودند. طی فراخوان صورت گرفته تنها ۲۸ نفر از آزمودنی ها شرایط ورود به تحقیق در گروه آسیب ACL را داشتند، که به صورت هدفمند انتخاب شدند. پای برتر آزمودنی ها توسط آزمون شوت توپ فوتبال مشخص گردید. تمام آزمودنی ها راست پا بودند. پس از توجیه آزمودنی ها و ذکر ملاحظات اخلاقی تحقیق و همچنین ذکر نکات و آموزش هایی که در روند انجام تحقیق و جمع آوری داده ها تداخلی ایجاد نمی کرد، از فرد خواسته شد که لباس ورزشی بپوشد و برای جلوگیری از آسیب، قبل از اجرای تست، گرم کردن اولیه را انجام دهند. سپس آزمودنی ها در مسیر ۱۵ متری عمل راه رفتن را انجام دادند. سپس گروه تجربی به مدت ۸ هفته پروتکل تمرینی را انجام دادند که در این مدت گروه کنترل تمریناتی را انجام ندادند. مجدد پس از اتمام ۸ هفته تمرین داده های فعالیت الکتریکی عضلات در حین عمل راه رفتن ثبت شد. به منظور ثبت سیگنال های الکترومایوگرافی از دستگاه الکترومایوگرام (Biometric Ltd, Nine Mile Point Ind Est, Newport, UK) استفاده شد. پیش از روند الکترودگذاری، موهای زائد تراشیده و پوست با الکل و پنبه طبی تمیز شد. محل قرارگیری الکترودهای سطحی جهت ثبت سیگنال های الکتریکی بر روی عضلات منتخب (درشت نئی قدامی، دوقلو داخلی، پهن داخلی، پهن خارجی، دوسررانی، نیم وتری، راست رانی و سرینی میانی) بر اساس پروتکل SENIAM قراد داده شد (۲۱). سیگنال های الکترومایوگرافی سطحی با نرخ نمونه برداری ۱۰۰۰ هرتز ثبت شدند. از برنامه Biometrics DataLITE برای تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد، همچنین داده ها به وسیله فیلتر میان گذر ۵۰۰ - ۱۰ هرتز فیلتر شدند (۱۲) برای تعیین هم انقباضی جهتدار و هم انقباضی عمومی در فازهای مختلف راه رفتن از روابط زیر استفاده شد (۲۲).

$$\text{هم انقباضی جهتدار} = 1 - \left(\frac{\text{فعالیت عضلات آنتاگونیست}}{\text{فعالیت عضلات آگونیست}}\right)$$

(میانگین فعالیت عضله آنتاگونیست<میانگین فعالیت عضله آگونیست)

$$\text{هم انقباضی جهتدار} = \frac{\text{فعالیت عضلات آگونیست}}{\text{فعالیت عضلات آنتاگونیست}}$$

(میانگین فعالیت عضله آنتاگونیست>میانگین فعالیت عضله آگونیست)

$$\text{هم انقباضی عمومی} = \frac{\text{مجموع تمام فعالیتهای عضلات عبور کننده از یک مفصل}}{}$$

جهت بررسی نرمال بودن توضیع داده ها از آزمون شاپیرووبلک استفاده شد. جهت تحلیل داده های آماری نیز از آزمون تحلیل واریانس دوسویه استفاده شد. تمام تحلیل ها با استفاده از نرم افزار Spss نسخه ۲۶ در سطح معنی داری $P<0/05$ انجام گردید. اثر عامل زمان برای بررسی اثر زمان یا مداخله طی پیش و پس آزمون و اثر عامل گروه برای مقایسه دو گروه کنترل و تجربی کاربرد دارد. از طرفی اثر متقابل زمان و گروه، میزان اثر زمان یا مداخله را طی پیش و پس آزمون در دو گروه نشان می دهد. تمام تحلیل ها با استفاده از نرم افزار spss نسخه ۲۶ انجام گردید.

پروتکل تمرینی

گروه تمرین برنامه تمرینی پیاده روی در شن را شامل آهسته دویدن (jogging)، قدم زدن (striding)، جهیدن (bounding)، گالوپینگ (galloping)، دوی سرعت کوتاه (short sprints) به مدت هشت هفته (سه جلسه در هفته) انجام داد (۲۳). برنامه تمرینی در حالت پابرهنه انجام شد. هر جلسه با یک جلسه گرم کردن و کشش به مدت پنج دقیقه شروع شد و با یک جلسه گرم کردن به مدت پنج دقیقه پایان یافت (۲۳). مدت تمرین ۵۰ دقیقه در هر جلسه بود (۲۴). هر جلسه تحت نظارت یک فیزیوتراپیست بود تا از تکنیک صحیح اطمینان حاصل شود یا تمرین یا پیشرفت را برای مطابقت با برنامه تمرینی تغییر دهد (جدول ۱). پس از مداخله، گروه تمرین با همان روش‌های ارزیابی اول مجددا ارزیابی شد. ارزیابی مجدد شش روز پس از جلسه مداخله نهایی برنامه ریزی شد تا تضمین شود که پاسخ های فیزیولوژیکی حاد به تمرین با اندازه گیری ها تداخل نداشته باشد. گروه کنترل همان تمرینات را در سطح سالن فوتسال انجام دادند و پس از ۸ هفته مجدداً ارزیابی شدند.

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.22034/IJRN.11.4.3]

جدول ۱. پروتکل تمرینی در هر دو گروه

فعالیت های انجام شده	مدت زمان (دقیقه)	تکرارها (تعداد)	مسافت (متر)	فاصله استراحت (دقیقه)
واکینگ (Walking)	۵	–	۵۰	–
جاگینگ (Jogging)	۲۰	–	۵۰	–
استرادینگ (Striding)	۳	۳-۲	۵۰	۱
بئندینگ (Bounding)	۳	۳-۲	۳۰	۱
گلپینگ (Galloping)	۳	۳-۲	۳۰	۱
شورت اسپرینس (Short sprints)	۶	۵-۳	۲۵	۲

یافته ها

پژوهش حاضر آورده شده است.

بر اساس جدول ۲، ویژگی های دموگرافیک آزمودنی های

جدول۲. مشخصات آنتروپومتریک آزمودنی ها

پارامتر	گروه کنترل	گروه تمرین
سن	۱/۰۵ ± ۲۴/۲۱	۱/۰۶ ± ۲۴/۲۸
قد	۵/۹۲ ± ۱۷۸/۱۴	۴/۵۶ ± ۱۷۵/۷۱
وزن	۶/۶۴ ± ۷۲/۵۷	۴/۳۶ ± ۷۱/۵۷

نتایج آزمون تی مستقل نشان داده شده در جدول ۳ حاکی از آن بود هم انقباضی عمومی و جهتدار در هیچ یک از فازها در مقایسه بین پیش آزمون دو گروه از نظر آماری دارای اختلاف معناداری نبودند (P>۰/۰۵) (جدول ۱).

جدول۳. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای هم انقباضی پیش آزمون دو گروه کنترل و تجربی طی تمرین روی سطح شن

هم انقباضی	فاز	گروه کنترل	گروه تجربی	سطح معناداری
عمومی	بارگذاری	۱۸/۴۲ ± ۱۰۸/۸۱	۲۳/۶۳ ± ۱۲۴/۰۶	۰/۰۶۸
	میانه اتکا	۸/۷۲ ± ۱۱۸/۱۶	۱۷/۰۴ ± ۱۱۰/۰۵	۰/۱۲۵
	پیش روی	۲۴/۲۷ ± ۱۲۵/۶۱	۵۵/۱۰ ± ۱۳۷/۶۰	۰/۴۶۳
جهت دار	بارگذاری	۰/۵۶ ± -۰/۱۸	۰/۸۰ ± -۰/۲۴	۰/۸۰۹
	میانه اتکا	۰/۵۰ ± -۰/۱۰	۰/۲۰ ± -۰/۰۰۶	۰/۵۱۹
	پیش روی	۰/۵۵ ± ۰/۱۶	۲/۴۲ ± -۰/۳۷	۰/۴۲۳

* سطح معناداری P<۰/۰۵

نتایج بدست آمده نشان داد اثر عامل گروه در فاز پاسخ بارگذاری هم انقباضی عمومی در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بود (P=۰/۰۰۱؛ d=۰/۳۶۳). همچنین اثر عامل گروه در فاز اتکا هم انقباضی عمومی در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بود (P=۰/۰۰۱؛ d=۰/۳۶۳). در دیگر متغیرها از نظر آماری اختلاف معناداری مشاهده نشد (P>۰/۰۵۰) (جدول ۴).

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.22034/IJRN.11.4.3]

جدول ٤. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای هم انقباضی دو گروه کنترل و تجربی طی تمرین روی سطح شن

هم انقباضی	فاز	گروه کنترل		گروه تجربی		اثر عامل زمان	اثر عامل گروه	اثر عامل زمان*گروه
		پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون			
عمومی	بارگذاری	۱۰۸/۸۱ ± ۱۸/۴۲	۸۷/۵۹ ± ۲۲/۵۳	۱۲۴/۰۶ ± ۲۳/۶۳	۱۲۷/۵۰ ± ۴۳/۵۶	۰/۲۸۶ (۰/۰۴۴)	* ۰/۰۰۱ (۰/۳۶۳)	۰/۱۴۳ (۰/۰۸۱)
	میانه اتکا	۱۱۸/۱۶ ± ۸/۷۲	۱۳۷/۶۲ ± ۵۶/۱۵	۱۱۰/۰۵ ± ۱۷/۰۴	۹۹/۹۴ ± ۴۲/۸۳	۰/۶۴۱ (۰/۰۰۸)	* ۰/۰۲۵ (۰/۱۷۹)	۰/۱۴۸ (۰/۰۷۹)
	پیشروی	۱۲۵/۶۱ ± ۲۴/۲۷	۱۲۴/۴۹ ± ۳۸/۲۷	۱۳۷/۶۰ ± ۵۵/۱۰	۱۰۸/۵۷ ± ۳۲/۶۶	۰/۱۰۸ (۰/۰۹۷)	۰/۸۶۹ (۰/۰۰۱)	۰/۱۳۵ (۰/۰۸۴)
جهتدار	بارگذاری	−۰/۱۸ ± ۰/۵۶	۰/۱۳ ± ۰/۵۴	−۰/۲۴ ± ۰/۸۰	−۰/۰۷ ± ۰/۸۸	۰/۲۳۷ (۰/۰۵۳)	۰/۴۵۶ (۰/۰۲۲)	۰/۷۱۵ (۰/۰۰۵)
	میانه اتکا	−۰/۱۰ ± ۰/۵۰	−۰/۶۶ ± ۱/۱۰	−۰/۰۰۶ ± ۰/۲۰	−۰/۱۵ ± ۱/۲۴	۰/۱۴۷ (۰/۰۷۹)	۰/۲۰۵ (۰/۰۶۱)	۰/۳۹۷ (۰/۰۲۸)
	پیشروی	۰/۱۶ ± ۰/۵۵	۰/۰۵ ± ۰/۴۴	−۰/۳۷ ± ۲/۴۲	۰/۰۵ ± ۰/۶۵	۰/۶۵۶ (۰/۰۰۸)	۰/۴۵۰ (۰/۰۲۲)	۰/۴۴۰ (۰/۰۲۳)

* سطح معناداری P<۰/۰۵

بحث

هدف از پژوهش حاضر تاثیر تمرین روی سطح شن بر هم انقباضی عضلات مچ پا در افراد ACLR و دارای پاهای پرونیت حین دویدن بود. نتایج بدست آمده نشان داد اثر عامل گروه در فاز پاسخ بارگذاری هم انقباضی عمومی در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بود. همچنین اثر عامل گروه در فاز اتکا هم انقباضی عمومی در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بود. Nigg و همکاران گزارش کردند که هرگاه مسیر کنترل حرکتی عضله حمایت شود، به دنبال آن فعالیت عضله کاهش می-یابد (۲۵). با توجه به اینکه دویدن روی شن باعث تغییر در فعالیت عضلات می شود (۲۶). در نتیجه هم انقباضی عضلانی نیز تغییر می کند که با نتایج تحقیق حاضر همسو است. افزایش فعالیت همزمان عضلات آگونیست و آنتاگونیست توسط یک مکانیسم هم فعالیتی مرکزی کنترل می شود (۲۷). Heiden و همکاران(۲۲)، گزارش کردند که افراد دچار پرونیشن پا بی ثباتی و حرکت پذیری بالایی در فاز پیشروی دارند و اظهار داشتند که افزایش هم انقباضی عضلات باعث ایجاد پایداری در مفصل مچ پا می شود. در نتیجه برای حفظ بیشتر ثبات در پا و جلوگیری از حرکات اضافی مفصل مچ پا، عضلات ساق افراد دچار پرونیشن پا میزان هم-انقباضی بیشتری را نیاز دارند که با نتایج تحقیق حاضر همسوست. احتمالا یکی از دلایل همسویی پژوهش حاضر با یافته های پیشین به این دلیل است که افراد ACLR و دارای پاهای پرونیت به دلیل ایجاد مکانیسم جبرانی با افزایش هم انقباضی عمومی طی فاز پاسخ بارگذاری درصدد بهبود سرعت و کیفیت دویدن خود باشند.

طی راه رفتن در فاز تماس پاشنه پا با زمین، پاشنه پا تمایل به اورژن در مفصل تحت قاپی دارد که به دنبال آن استخوان تیبیا به سمت داخل می چرخد تا به خوبی باعث جذب شوک در این فاز شود (۲۸). Vijittrakarnrung و همکاران (۲۹) نشان دادند که در افراد پرونیشن بیش از حد پا میزان اورژن مفصل تحت قاپی افزایش پیدا می کند. به عنوان مثال مطالعه های در این زمینه بر افزایش میزان اورژن مفصل تحت قاپی در مرحله استانس راه رفتن در افراد پرونیشن بیش از حد پا و از طرفی بر کاهش ارتفاع قوس طولی داخلی کف پا در سیکل راه رفتن این افراد تاکید کرده اند (۳۰). یکی از نقش های عضله ساقی قدامی، حفظ قوس طولی داخلی کف پا است (۳۱). با توجه به وظیفه عضله ساقی قدامی در حرکت اینورژن مفصل تحت قاپی و اینکه حرکت اینورژن مخالف با حرکت اورژن مفصل تحت قاپی است می توان بیان کرد که افزایش فعالیت عضله ساقی قدامی در افراد پرونیشن بیش از حد باعث جلوگیری از پرونیشن اضافی پا و حفظ ارتفاع قوس طولی داخلی کف پا می شود همچنین محققین گزارش کردند که فعالیت عضله دوقلوی داخلی در افراد پرونیشن بیش از حد پا نسبت به افراد سالم بیشتر است احتمالا افزایش فعالیت عضلات ساقی-قدامی و دوقلوی داخلی در افراد ACLR دارای پای پرونیت یکی از مکانیسم های جبرانی در جهت رسیدن به تعادل و فشارهای وارده به سطوح مفصلی

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.22034/IJRN.11.4.3]

باشد (۳۲). که به صورت غیر مستقیم با نتایج تحقیق حاضر همسو می باشد. با این که در پژوهش حاضر فعالیت عضله ساقی قدامی و دوقلوی داخلی در دو گروه طی پیش آزمون و پس آزمون مقایسه نشده است ولی با توجه به این که در فاز اتکای راه رفتن عضله ساقی قدامی آگونیست و عضله دوقلوی داخلی آنتاگونیست این حرکت می باشد (۳۳) و در این فاز هم انقباضی جهت دار مفصل مچ پا از تقسیم عضله آگونیست بر آنتاگونیست و اختلاف این عدد از یک محاسبه می شود و همچنین در این فاز میانگین فعالیت عضله آنتاگونیست دوقلوی (داخلی بزرگتر از میانگین فعالیت عضله آگونیست ساقی قدامی می باشد (۲۲).

در نتیجه با توجه به مطالب ذکر شده می توان بیان کرد که این افزایش می تواند ناشی از افزایش فعالیت عضله ساقی قدامی یا کاهش فعالیت عضله دوقلوی داخلی باشد به طور کلی می توان بیان کرد افزایش فعالیت عضله ساقی قدامی یا کاهش فعالیت عضله دوقلوی داخلی در افراد با پرونیشن بیش از حد پا نشان از اثرات مثبت تمرین روی شن در گروه تجربی بوده است. افزایش هم انقباضی جهت دار در مفصل مچ پا طی تمرین روی سطح شن میتواند بر بی ثباتی و حرکت پذیری مفصل مچ پای افراد با پرونیشن بیش از حد یا مفید واقع گردد (۳۴) که با تحقیق فوق همسو نبود. همچنین در پژوهشی نشان دادند که راه رفتن بر روی سطح شن نیاز به تلاش بسیار زیادی نسبت به سطح سخت دارد که به دنبال آن فعالیت عضلات افزایش یافته و این امر موجب تقویت تحمل و پایداری عضلات می شود (۳۵). پژوهش حاضر به دلیل بررسی همزمانی بازسازی رباط صلیبی قدامی و پرونیشن پا حائز اهمیت است در حالی که از نقاط ضعف مطالعه حاضر می توان به مواردی همچون عدم بررسی جنسیت دختران و ثبت متغیرهای کینماتیکی اشاره نمود.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده نمایان شد هم انقباضی عمومی افراد ACLR و دارای پای پرونیت در هنگام برخورد پا با زمین و میانه استقرار نسبت به گروه کنترل بهتر است. اما برای تاثیر تمرینات برروی شن در این افراد هنوز به مطالعات بیشتری نیاز است.

ملاحظات اخلاقی

پروتکل تحقیق توسط کمیته اخلاق (IR.BMSU.BAQ.REQ.1399.050) علوم پزشکی دانشگاه بقیه الله (عج) تصویب شد. پروتکل تحقیق این مطالعه در سازمان کارآزمایی بالینی ایران (IRCT20200912048696N1) به ثبت رسیده است. نویسندگان این مقاله طبق پروتکل های اخلاقی مطالعات هلسینکی عمل نموده و اطلاعات آزمودنی ها شرکت کننده در این مطالعه به طور کاملا ناشناس باقی می ماند و بعد از مطالعه نیز تمامی این اطلاعات محفوظ باقی خواهد ماند. همچنین تمامی شرکت کنندگان در این مطالعه فرم رضایت نامه شرکت در این مطالعه را پر کرده و تمامی مقاصد مطالعه برای شرکت کنندگان به طور کامل شرح داده شده است.

سپاسگزاری

از همه کسانی که ما را در انجام هر چه بهتر این پژوهش یاری نمودند، سپاسگزاریم.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافعی در این پژوهش وجود ندارد.

Refrences

1. Gans I, Retzky JS, Jones LC, Tanaka MJ. Epidemiology of recurrent anterior cruciate ligament injuries in National Collegiate Athletic Association sports: the Injury Surveillance Program, 2004-2014. Orthopaedic journal of sports medicine. 2018;6(6):2325967118777823. https://doi.org/10.1177/2325967118777823
2. Slater LV, Hart JM, Kelly AR, Kuenze CM. Progressive Changes in Walking Kinematics and Kinetics After Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction: A Review and Meta-Analysis. J Athl Train. 2017;52(9):847-60. https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.6.06
3. Dauty M, Menu P, Dubois C. Effects of running retraining after knee anterior cruciate ligament reconstruction. Annals of physical and rehabilitation medicine. 2010;53(3):150-61. https://doi.org/10.1016/j.rehab.2009.12.006
4. Decker MJ, Torry MR, Noonan TJ, Sterett WI, Steadman JR. Gait retraining after anterior cruciate ligament reconstruction. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2004;85(5):848-56. https://doi.org/10.1016/j.

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.22034/IJRN.11.4.3]

apmr.2003.07.014
5. Sadeghi H, Abasi A. Investigating ground reaction forces and electromyography muscle activity of lower extremity during the stance phase of walking in active male with and without genu varum deformity in kharazmi university in 2017: A descriptive study. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences. 2019;18(7):675-88. https://doi.org/20.1001.1.17353165.1398.18.7.3.1
6. Smith HC, Vacek P, Johnson RJ, Slauterbeck JR, Hashemi J, Shultz S, et al. Risk factors for anterior cruciate ligament injury: a review of the literature - part 1: neuromuscular and anatomic risk. Sports Health. 2012;4(1):69-78. https://doi.org/10.1177/1941738111428281
7. Aenumulapalli A, Kulkarni MM, Gandotra AR. Prevalence of Flexible Flat Foot in Adults. J Clin Diagn Res. 2017;11(6):Ac17-ac20. https://doi.org/10. 7860/JCDR/2017/26566.10059
8. C:\Users\1085\Downloads\1.doc8. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2009;17(7):705-29. http://doi.org/10.1007/s00167-009-0813-1
9. Beckett ME, Massie DL, Bowers KD, Stoll DA. Incidence of Hyperpronation in the ACL Injured Knee: A Clinical Perspective. J Athl Train. 1992;27(1):58-62.
10. Nakase J, Kitaoka K, Shima Y, Oshima T, Sakurai G, Tsuchiya H. Risk factors for noncontact anterior cruciate ligament injury in female high school basketball and handball players: A prospective 3-year cohort study. Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol. 2020;22:34-8. https://doi.org/10.1016/j.asmart.2020.06.002
11. Mokhtari Malekabadi A, Jafarnezhadgero A, Gghorbanlou F. The Effects of Changing Footstrike Pattern on the Amplitude and Frequency Spectrum of Ground Reaction Forces During Running in Individuals With Pronated Feet. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2020;10(4):205. https://doi.org/ 10.32598/ptj.10.4.348.2
12. Fatollahi A, Jafarnezhadgero AA, Alihosseini S. Effect of Sand Surface Training on Directed and General Co-contraction of Ankle Joint Muscles During Running. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2021;10(3):458-69. https://doi.org/ 10.32598/SJRM.10.3.7
13. Khandha A, Manal K, Capin J, Wellsandt E, Marmon A, Snyder-Mackler L, et al. High muscle co-contraction does not result in high joint forces during gait in anterior cruciate ligament deficient knees. Journal of Orthopaedic Research. 2019;37(1):104-12. https://doi.org/10.1002/jor.24141
14. Hubley-Kozey C, Deluzio K, Dunbar M. Muscle co-activation patterns during walking in those with severe knee osteoarthritis. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2008;23(1):71-80. https://doi.org/10.1002/jor.24141
15. Diamond LE, Hoang HX, Barrett RS, Loureiro A, Constantinou M, Lloyd DG, et al. Individuals with mild-to-moderate hip osteoarthritis walk with lower hip joint contact forces despite higher levels of muscle co-contraction compared to healthy individuals. Osteoarthritis Cartilage. 2020;28(7):924-31. https://doi.org/10.1016/j.joca.2020.04.008
16. Chinn L, Hertel J. Rehabilitation of ankle and foot injuries in athletes. Clin Sports Med. 2010;29(1):157-67, table of contents. https://doi.org/10.1016/j.csm.2009.09.006
17. Jafarnezhadgero AA, Fatollahi A, Granacher U. Eight Weeks of Exercising on Sand Has Positive Effects on Biomechanics of Walking and Muscle Activities in Individuals with Pronated Feet: A Randomized Double-Blinded Controlled Trial. Sports (Basel). 2022;10(5). https://doi.org/10.3390/sports10050070
18. van den Berg MEL, Barr CJ, McLoughlin JV, Crotty M. Effect of walking on sand on gait kinematics in individuals with multiple sclerosis. Mult Scler Relat Disord. 2017;16:15-21. https://doi.org/10.1016/j.msard.2017.05.008
19. Zamparo P, Perini R, Orizio C, Sacher M, Ferretti G. The energy cost of walking or running on sand. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1992;65(2):183-7. https://doi.org/10.1007/BF00705078
20. Fatollahi A, Jafarnezhadgero AA. Effect of Long-Term Training on Sand on Co-Contraction of Ankle Joint in Individuals with Pronated Feet. The Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences. 2021;29(4):3669-80. https://doi.org/10.18502/ssu.v٢٩i٤,٦٤٩٩

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.22034/IJRN.11.4.3]

21. Farahpour N, Jafarnezhadgero A, Allard P, Majlesi M. Muscle activity and kinetics of lower limbs during walking in pronated feet individuals with and without low back pain. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2018;39:35-41. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2018.01.006
22. Heiden TL, Lloyd DG, Ackland TR. Knee joint kinematics, kinetics and muscle co-contraction in knee osteoarthritis patient gait. Clinical biomechanics. 2009;24(10):833-41. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.08.005
23. Durai, D. B. J., & Shaju, M. F. (2019). Effect of sand running training on speed among school boys. International Journal of Physical Education, Sports and Health, 6(3), 117-22. https://doi.org/10.1258/JPESH762.2019.8
24. Anderson M, Barnum M. Foundations of athletic training: Prevention, assessment, and management: Lippincott Williams & Wilkins; 2021. https://doi.org/10.1025/sport10014520
25. Nigg BM, Nurse MA, Stefanyshyn DJ. Shoe inserts and orthotics for sport and physical activities. Medicine and science in sports and exercise. 1999;31:S421-S8. https://doi.org/10.1097/00005768-199907001-00003
26. Jafarnezhadgero A, Fatollahi A, Amirzadeh N, Siahkouhian 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;14(9):e0223219. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223219
27. De Luca CJ, Erim Z. Common drive in motor units of a synergistic muscle pair. Journal of neurophysiology. 2002;87(4):2200-4. https://doi.org/10.1152/jn.00793.2001
28. Adamson, L., Vandamme, L., Prior, T., & Miller, S. C. Running-related injury incidence: does it correlate with kinematic sub-groups of runners? A scoping review. Sports medicine, 2024;24(2)1-16. https://doi.org/10.1007/s40279-023-01984-0
29. Vijittrakarnrung, C., Mongkolpichayaruk, A., Limroongreungrat, W., & Chuckpaiwong, B. Comparison of Foot Kinematics Between Normal Arch and Flexible Flatfoot Using the Oxford Foot Model: A Matched Case-Control Study. Foot & Ankle Orthopaedics, 2024;9(1), 24730114241231245. https://doi.org/10.1177/24730114241231245
30. Hajilou, B., Esmaeili, H., & Anbarian, M. Effect of foot type on electromyographic characteristics and synergy of selected lower limb muscles during running.1-12(1)9;2024 . https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4452975/v1
31. Fukuchi CA, Fukuchi RK, Duarte M. Effects of walking speed on gait biomechanics in healthy participants: a systematic review and meta-analysis. Syst Rev. 2019;8(1):153. https:// doi.org/10.1186/s13643-019-1063-z
32. Jafarnezhadgero, A., Givi, A. M., Hamlabadi, M. P., Sajedi, H., & Zago, M. (2024). Muscle activation while running on the ground compared to artificial turf in males with pronated and supinated feet. Gait & Posture, 107, 306-311. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2023.10.020
33. Crouzier, M., Avrillon, S., Hug, F., & Cattagni, T. (2024). Horizontal foot orientation affects the distribution of neural drive between gastrocnemii during plantarflexion, without changing neural excitability. Journal of Applied Physiology. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00536.2023
34. Twomey D, McIntosh A. The effects of low arched feet on lower limb gait kinematics in children. The Foot. 2021;22(2):60-5. https://doi.org/10.1016/j.foot.2011.11.005
35. Durai DBJ, Shaju M. Effect of sand running training on speed among school boys. Journal of Physical Education, Sports and Health. 2019;6(3):117-22.

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-28]

[DOI: 10.22034/IJRN.11.4.3]