

Original Paper

Effect of reconstruction surgery on hamstring reflex in patients with anterior cruciate ligament tear in acute phase

Majdoleslam B (PhD)¹, Salavati M (PhD)², Ebrahimi E (PhD)³, Kazemi M (MD)⁴
Esmailjah AA (MD)⁴, Baghaei Roodsari R (MSc)^{*5}

¹Assistant Professor, Department of Physical Therapy, University of Social Welfare and Rehabilitation, Tehran, Iran.

²Associate Professor, Department of Physical Therapy, University of Social Welfare and Rehabilitation, Tehran, Iran.

³Professor, Department of Physical Therapy, University of Social Welfare and Rehabilitation, Tehran, Iran. ⁴Assistant Professor, Department of Orthopedic Surgery, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. ⁵MSc in Orthotics and Prosthetics, Department of Orthotics and Prosthetics, University of Social Welfare and Rehabilitation, Tehran, Iran.

Abstract

Background and Objective: Anterior cruciate ligament (ACL) tear is one of the most common injuries at knee joint. This study was done to evaluate the effect of reconstruction surgery on hamstring reflex in patients with ACL tear.

Materials and Methods: In this Quasi- experimental study, 30 patients (16 males, 14 females) with ACL tear, with mean age of 26.52 ± 8.72 years old were recruited during 2007. Patients were selected in a non probability sampling manner. The Kinsiological Electromyography and trauma mechanism were used for testing the hamstring reflex. Muscle activity were measured as a dependent variable. Data were analyzed with Paired T-Test, ICC, SEM and K-S tests.

Results: Hamstring reflex in affected knee and after reconstruction surgery was 73.25 ± 3.22 and 47.35 ± 3.85 , respectively. This difference was significant ($P < 0.05$).

Conclusion: Reconstruction surgery in patients with ACL tear at acute phase is effective in improvement of hamstring reflex.

Keywords: Hamestring reflex, Reconstruction surgery, ACL, Muscle activity

* **Corresponding Author:** Baghaei Roodsari R (MSc), E-mail: r.baghaei1375@yahoo.com

Received 9 December 2009

Revised 30 January 2011

Accepted 1 February 2011

تحقیقی

اثر جراحی بازسازی بر رفلکس همسترینگ در مرحله حاد پارگی لیگامان صلیبی قدامی

دکتر بصیر مجدالاسلام^۱، دکتر مهیار صلواتی^۲، دکتر اسماعیل ابراهیمی^۳، دکتر سیدمرتضی کاظمی^۴، دکتر علی اکبر اسماعیل جاه^۴، روشنگ بقایی رودسری^۵
۱- استادیار گروه فیزیوتراپی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی. ۲- دانشیار گروه فیزیوتراپی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی. ۳- استادیار گروه فیزیوتراپی، دانشگاه علوم پزشکی تهران. ۴- استادیار گروه ارتوپدی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی. ۵- کارشناس ارشد ارتز و پروتز، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی.

چکیده

زمینه و هدف: یکی از آسیب‌های متداول در مفصل زانو، پارگی لیگامان صلیبی قدامی می‌باشد. این مطالعه به منظور تعیین اثر جراحی بازسازی بر رفلکس همسترینگ در بیماران مبتلا به پارگی لیگامان صلیبی قدامی انجام شد.

روش بررسی: این مطالعه شبه‌تجربی روی ۳۰ بیمار مبتلا به پارگی لیگامان صلیبی قدامی شامل ۱۶ مرد و ۱۴ زن با میانگین سنی ۲۶/۵۲±۸/۷۲ سال در دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی طی سال ۱۳۸۵ انجام شد. بیماران قبل و بعد از جراحی مورد ارزیابی قرار گرفتند. به منظور ارزیابی وضعیت رفلکس همسترینگ از دستگاه ایجاد ضربه و *Kinesiological Electromyography* برای اندازه‌گیری میزان فعالیت عضلانی استفاده شد. از آزمون تی زوجی و اسمیرونوف کولموگروف برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید.

یافته‌ها: وضعیت رفلکس همسترینگ در اندام مبتلا به پارگی لیگامان صلیبی قبل از جراحی بازسازی ۷۳/۲۵±۳/۲۲ و بعد از جراحی بازسازی ۴۷/۳۵±۳/۸۵ تعیین شد ($P < 0/05$).

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که جراحی بازسازی در بیماران پارگی لیگامان صلیبی قدامی در بهبود رفلکس همسترینگ تاثیر بارزی دارد.

کلید واژه‌ها: جراحی بازسازی، رفلکس همسترینگ، لیگامان صلیبی قدامی، میزان فعالیت عضلانی

* نویسنده مسؤول: روشنگ بقایی رودسری، پست الکترونیکی r.baghaei1375@yahoo.com

نشانی: تهران، خیابان اوین، خیابان کودکیار، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، گروه ارتز و پروتز، تلفن ۲۲۱۸۰۰۱۰-۰۲۱، نمابر: ۲۲۱۸۰۰۴۹
وصول مقاله: ۸۸/۹/۱۸، اصلاح نهایی: ۸۹/۱۱/۱۰، پذیرش مقاله: ۸۹/۱۱/۱۲

مقدمه

همکاران نشان داد که وضعیت لیگامان صلیبی قدامی و رفلکس همسترینگ تاثیر اندکی بر مقدار گشتاور عضلات آتاگونست همسترینگ در نیروهای مفصل زانو دارند (۱۰). از سوی دیگر Maffiuletti در سال ۲۰۱۰ اعلام نمود؛ تحقیقات بیشتری لازم است تا به بررسی بهتر آسیب‌های بافت نرم در مفاصلی همچون زانو در بیماران ارتوپدی پرداخته شود و این تحقیقات با هدف نهایی بهبود استراتژی‌های توانبخشی باید انجام گردد (۱۱). با توجه به اهمیت و پایایی بررسی‌های رفلکس همسترینگ در ارزیابی‌های بعد از جراحی‌های بازسازی لیگامان صلیبی قدامی و نیز کم بودن و نامشخص بودن نتایج تحقیقات انجام شده در این زمینه؛ لذا این مطالعه با هدف تعیین اثر جراحی بازسازی بر رفلکس همسترینگ انجام شد.

روش بررسی

در این مطالعه شبه‌تجربی ۳۰ بیمار مبتلا به پارگی لیگامان صلیبی قدامی از جامعه دردسترس به روش نمونه‌گیری غیراحتمالی، قبل و بعد از جراحی بازسازی در دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی طی سال ۱۳۸۵ مورد ارزیابی قرار گرفتند. زانوی سالم و زانوی درگیر بیماران ارجاع شده به آزمایشگاه بیومکانیک دانشگاه علوم پزشکی تهران؛ مورد ارزیابی قرار گرفت. هر بیمار تنها در یک زانو دچار پارگی بود و زانوی سالم به عنوان گروه کنترل استفاده شد. معیارهای ورود به مطالعه شامل نداشتن هیچ ضایعه دیگری در زانوی مبتلا و تشخیص مثبت بودن پارگی بین لیگامان صلیبی قدامی به وسیله MRI؛ معیار LYSHOLM بین ۸۵-۷۰ و قرار داشتن در مرحله حاد پارگی (وقوع پارگی حداکثر تا شش‌ماه قبل) بود (۱۱). LYSHOLM پرسشنامه‌ای است که میزان عملکرد بیماران مبتلا به پارگی لیگامان صلیبی قدامی را ارزیابی می‌کند.

معیار خروج از مطالعه شامل وجود هرگونه بدشکلی و آسیب ثانویه در بیماران بود.

روش انجام آزمون بدین ترتیب بود که بیماران بر روی تخت، دراز کشیدند و سیستم اعمال ضربه بر روی ساق آنان نصب شد. سپس سیستم توسط وزنه ۲ کیلوگرمی، ضربه‌ای معادل ۶ ژول به پروگزیمال تیبیا وارد آورد. این وزنه به یک

عوامل ایجاد کننده آسیب‌های لیگامان صلیبی قدامی پیچیده بوده و هنوز به خوبی درک نشده‌اند. با این حال روش‌های درمانی و ارزیابی گوناگونی در آسیب‌های این لیگامان مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۱). یکی از این روش‌های ارزیابی در آسیب‌های لیگامان صلیبی قدامی، ارزیابی رفلکس همسترینگ می‌باشد (۲). زمان شروع فعالیت عضله همسترینگ، از زمان تحریک گیرنده‌های سینرژیک آن را رفلکس همسترینگ گویند (۳). این رفلکس شامل زمان شروع فعالیت عضله همسترینگ از زمان وارد آمدن نیروی کشویی قدامی به قسمت پروگزیمال تیبیا به وسیله دستگاه الکترومیوگرافی می‌باشد (۴). میزان بروز سالیانه ضایعه لیگامان زانو در امریکا ۹۸ در صد هزار نفر گزارش شده است و اکثر این ضایعات در لیگامان صلیبی قدامی و جانبی داخلی روی داده است (۵). هر ساله در امریکا ۶۰ تا ۷۵ هزار مورد دوباره‌سازی لیگامان صلیبی قدامی انجام می‌گردد (۶).

تحقیقات نشان‌دهنده نتایج مختلف و گاهی متضاد در مورد اثر جراحی بازسازی لیگامان صلیبی قدامی بر رفلکس همسترینگ بوده است. Fleming و همکاران گزارش نمودند که زمان پاسخ همسترینگ بر اثر پارگی لیگامان صلیبی قدامی طولانی‌تر می‌گردد (۷). در مطالعه Wojtys و Huston روی ۲۵ بیمار مبتلا به پارگی لیگامان صلیبی قدامی قبل و بعد از عمل دوباره‌سازی؛ زمان پاسخ عضله همسترینگ تا نیروی خلقی قدامی وارد آمدن به خلف تیبیا بر اثر پارگی این لیگامان افزایش یافت و دوباره‌سازی این لیگامان تاثیری بر روی رفلکس همسترینگ نداشت (۸). در مطالعه Reider ۲۵ بیمار مبتلا به پارگی لیگامان صلیبی قدامی، قبل و بعد از دوباره‌سازی رفلکس همسترینگ ارزیابی گردید و کاهش پاسخ تاخیری عضله همسترینگ بعد از عمل جراحی، فقط در بیمارانی مشاهده شد که قبل از عمل پاسخ تاخیری عضله همسترینگ طولانی‌تری داشتند (۵). در مطالعه Konishi و Fukubayashi با بررسی تاثیر جراحی بازسازی لیگامان صلیبی قدامی بر قدرت عضلات همسترینگ، با گذشت کمتر از ۶ ماه از جراحی؛ میزان قدرت این عضلات و نیز گشتاور آنها به طرز معنی‌داری از سمت سالم کمتر بود (۹). مطالعه Bryant و

همسترینگ در اندام مبتلا به پارگی در گروه‌های مورد مطالعه به صورت دو به دو از آزمون تی زوجی استفاده گردید. سطح معنی‌داری آزمون‌ها کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

تعداد ۳۰ بیمار مبتلا به پارگی لیگامان صلیبی قدامی شامل ۱۶ مرد و ۱۴ زن با میانگین سنی $۲۶/۵۲ \pm ۸/۷۲$ سال، میانگین قد $۱۷۱/۵۶ \pm ۷/۵۶$ سانتی‌متر و وزن $۷۲/۴۳ \pm ۹/۴۸$ کیلوگرم مورد ارزیابی قرار گرفتند.

میانگین و انحراف معیار رفلکس همسترینگ در سمت مبتلا به پارگی حاد لیگامان ($۷۳/۲۵ \pm ۳/۲۲$) در مقایسه با سمت سالم ($۱۰/۲۲ \pm ۱۰/۶۶$) براساس آزمون تی زوجی افزایش معنی‌داری نشان داد ($P < ۰/۰۰۱$). همچنین میزان رفلکس همسترینگ در زانوی متعاقب بازسازی لیگامان پاره ($۴۷/۱۵ \pm ۳/۵۸$) در مقایسه با زانوی مبتلا کاهش معنی‌داری نشان داد ($P < ۰/۰۰۱$). اختلاف میزان رفلکس همسترینگ در سمت بازسازی شده در مقایسه با سمت سالم معنی‌دار نبود. برای تعیین تکرارپذیری نسبی رفلکس همسترینگ با دستگانه از Interclass Correlation Coefficient (ICC) استفاده شد (جدول یک).

جدول ۱: مقادیر ICC برای تعیین تکرارپذیری نسبی و SEM برای تعیین تکرارپذیری مطلق در گروه‌های سالم، لیگامان پاره در مرحله حاد و لیگامان دوباره‌سازی شده

سمت سالم	لیگامان پاره در مرحله حاد	لیگامان دوباره‌سازی شده
۰/۵۶	۲/۰۸	۱/۳۸
۰/۸۴۹	۰/۵۹۸	۰/۸۳۶

بحث

در این مطالعه میزان رفلکس تاندون همسترینگ در مقایسه میانگین سمت سالم با گروه مبتلا به پارگی لیگامان صلیبی قدامی از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری بود؛ اما اختلاف آماری معنی‌داری بین سمت سالم و متعاقب دوباره‌سازی مشاهده نشد.

در مطالعه Solomonow و همکاران پارگی لیگامان صلیبی قدامی باعث قطع راه اولیه رفلکس لیگامانی شد و نتیجه گرفته

آهن‌ربای الکتریکی وصل بود که با قطع و وصل کردن جریان الکتریکی وزنه رها می‌شد. مسافت رها شدن وزنه ۳۰ سانتی‌متر بود و با توجه به اعمال نیروی ۲ کیلوگرم، باعث ایجاد انرژی معادل ۶ ژول می‌گردید. این وزنه از طریق قرقره به وسیله طناب به بريس کوتاه ساق پا وصل گردید. رها شدن وزنه باعث ایجاد یک ضربه به تیبیا می‌گردید. بعد از نصب سیستم ضربه، دستگاه ثبت فعالیت عضلانی بر روی بیمار نصب شد. به منظور اندازه‌گیری و ثبت سیگنال‌ها، الکترودها بر روی سر خارجی عضلات همسترینگ بیمار قرار داده شد.

در زمان اعمال ضربه، برای ثبت فعالیت‌های عضلانی از یک دستگاه الکترومیوگرافی کینزپولوزیک استفاده گردید. دستگاه ۸ کاناله CT8 ساخت شرکت MIE از کشور انگلستان بود. نرخ نمونه‌برداری به میزان ۱۰۲۴ هرتز در کانال و ثبات خط پایه مناسب از ویژگی‌های این دستگاه به‌شمار می‌رود. آزمون‌های بالینی نظیر آزمون بازسازی زاویه، تجزیه و تحلیل گیت و پاسجرگرافی تغییرات پاتولوژیک بعد از پارگی لیگامانی را نشان می‌دهد؛ ولی ارزیابی مواردی همچون بی‌ثباتی زانو و احساس خالی کردن زانو و موارد عملکردی را با تغییراتی که در حس عمقی و میزان تغییرات رفلکس عضلانی رخ می‌دهد؛ می‌توان ارزیابی کرد (۱۲). مشاهداتی در دست است که نشان می‌دهد بیماران با پارگی لیگامان صلیبی قدامی؛ چه در حالت با ثبات و چه در حالت بی‌ثبات با استفاده از رفلکس همسترینگ مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (۱۳).

هشت آمپلی فایر مینیاتوری به کار گرفته شده در انجام الکترومیوگرافی کینزپولوزیک دارای مشخصات بهره دامنه ۴۰۰۰ فرکانس ۳۲ کیلوهرتز، 108 cmrr دسی‌بل (Common Mode Rejection Ratio) و مقاومت ورودی ۱۰۸ اهم بودند. فیلترینگ سیگنال‌های فعالیت الکتریکی عضلات در دامنه ۱۰۰ تا ۵۰۰ هرتز صورت گرفت.

سیگنال‌های ثبت شده بعد از اعمال ضربه با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS-13 و آزمون‌های اسمیرونوف-کولموگروف، Interclass Correlation Coefficient (ICC) و Standard Error of Measurement (SEM) تجزیه و تحلیل شدند. برای ارزیابی و مقایسه میانگین رفلکس

پارگی در مرحله مزمن بود. عملکرد گیرنده‌های داخل دوکی به مراتب با اهمیت‌تر از عملکرد گیرنده‌های رافینی لیگامان صلیبی قدامی در استابلیتی دینامیک مفصل زانو می‌باشد. از طرف دیگر اگر هم گیرنده‌های رافینی رژنراسیون پیدا کرده باشند؛ ۹ ماه زمان لازم است تا به حد بلوغ رسیده و عملکرد طبیعی پیدا کنند. لذا انجام تحقیق در مرحله حاد با انجام عمل در مرحله مزمن می‌تواند؛ نتایج مختلفی را به دنبال داشته باشد و این تفاوت در نتایج را توجیه نماید.

گیرنده‌های رافینی تاندون همسترینگ حدود ۱۵-۱۰ درصد از کل گیرنده‌های تاندون را تشکیل می‌دهد (۱۶ و ۱۵). بنابراین گیرنده‌های تاندون همسترینگ توانایی کامل جایگزینی گیرنده‌های رافینی لیگامان صلیبی قدامی را ندارد. بسیاری از بیماران مبتلا به پارگی لیگامان صلیبی قدامی با وجود عدم ثبات مفصلی و زیاد بودن کشوئی قدامی احساس رضایت می‌کنند و مشکلی در حرکات ورزشی ندارند. یعنی ارتباطی بین ثبات مفصلی و عملکرد بیمار وجود ندارد (۱۵). ثبات دینامیک زانو یک سینرژی پیچیده حسی حرکتی است که به تمامیت بافت‌های غیرفعال مثل لیگامان‌ها و عملکرد عضلات برای کنترل حرکت تیبیوفمورال برمی‌گردد. عمل لیگامان صلیبی قدامی علاوه بر نقش غیرفعال در ثبات مفصل زانو به‌عنوان واسط برای حس وضعیت، حس حرکت و استحکام رفلکس زانو عمل می‌کند. مکانسیم کنترل عصبی اهمیت بیشتری از بافت‌های غیرفعال برای پیش‌بینی عملکرد زانو دارد. انقباض رفلکسی همسترینگ داخلی و خارجی در پاسخ به تحریک گیرنده‌های مکانیکی کپسول مفصلی و لیگامان صلیبی قدامی بر اثر ضایعه این لیگامان به تاخیر می‌افتد.

در مطالعات گذشته (۸۶) زمان تاخیری پاسخ همسترینگ در دو اندام عده‌ای از بیماران مبتلا به پارگی یک طرفه لیگامان صلیبی قدامی اختلاف معنی‌داری گزارش نشد که با مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارد. دلیل این امر انتخاب بیماران در مرحله مزمن پارگی بود. سازش‌های عصبی عضلانی در این مرحله روی داده است (۸۶). در این تحقیقات کاهش زمان پاسخ تاخیری عضله همسترینگ فقط در گروهی که قبل از عمل جراحی افزایش این زمان را داشتند؛ وجود داشت و زمان تاخیری پاسخ همسترینگ در بیماران متعاقب دوباره‌سازی

شد که راه ثانویه برای تعدیل عملکرد عضلات چهار سر و سه‌سر از گیرنده‌های عضلانی و کپسولی کندتر عمل می‌کند (۱۴). پارگی لیگامان صلیبی قدامی باعث کاهش ارتباط حسی حرکتی برای استابلیتی دینامیک زانو می‌گردد. یکی از راه‌های بررسی استابلیتی زانو زمان پاسخ عضله همسترینگ در مقابل نیروی وارده خلفی قدامی به زانو است. اختلاف معنی‌دار زمان تاخیری پاسخ همسترینگ بعد از دوباره‌سازی لیگامان صلیبی قدامی نسبت به قبل از عمل جراحی نیز در مطالعه دیده شد. نتایج مطالعه Solomonow و همکاران با مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. در تحقیق حاضر مشخص گردید که میزان رفلکس همسترینگ بعد از جراحی اختلاف معنی‌داری با قبل از جراحی نداشت. نتایج مطالعه Konishi و Fukubayashi نشان داد که میزان قدرت همسترینگ و نیز گشتاور آنها بعد از جراحی بازسازی لیگامان صلیبی قدامی به طرز معنی‌داری از سمت سالم کمتر است (۹) که با نتایج مطالعه ما هم‌خوانی دارد. یافته مطالعه Bryant و همکاران نشان داد که وضعیت لیگامان صلیبی قدامی و رفلکس همسترینگ تاثیر اندکی بر مقدار گشتاور عضلات آنتاگونیست همسترینگ در نیروهای مفصل زانو دارند (۱۰) که مشابه یافته‌های ما می‌باشد.

Wojtys و Huston رفلکس همسترینگ را روی ۲۵ بیمار مبتلا به پارگی لیگامان صلیبی قدامی قبل و بعد از عمل جراحی ارزیابی کردند. ارزیابی در دوره مزمن پارگی انجام شده بود و نتایج نشان داد که دوباره‌سازی تاثیری روی زمان تاخیری پاسخ رفلکس همسترینگ ندارد (۸). نتایج مطالعه Wojtys و Huston با مطالعه ما هم‌خوانی نداشت. در تحقیق حاضر مشخص گردید که عمل دوباره‌سازی بر بهبود پاسخ همسترینگ تاثیر مثبت داشته است. از آنجایی که در مطالعه Wojtys و Huston (۸) عمل جراحی در مرحله مزمن انجام شده است؛ بنابراین سازش عصبی عضلانی صورت گرفته است. در صورتی که در تحقیق حاضر عمل جراحی در مرحله حاد صورت پذیرفته بود و شاید بتوان این اختلاف در نتایج را به این امر تعمیم داد. Reider نشان داد که دوباره‌سازی تاثیری در کاهش زمان تاخیری پاسخ همسترینگ ندارد (۵). علاوه بر این، مطالعه Reider با نتیجه تحقیق حاضر هم‌خوانی نداشت. Reider نیز انجام عمل جراحی را در زمانی انجام داده بود که

تصحیح شده و آستانه گیرنده‌های داخل دوکی به میزان زانوی سالم می‌شود. این دلایل می‌تواند به خوبی اختلاف در نتایج مطالعه اخیر با یافته‌های مطالعات فوق‌الذکر را بیان نماید.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که جراحی بازسازی می‌تواند در بهبود وضعیت رفلکس همسترینگ در بیماران مبتلا به پارگی لیگامان صلیبی قدامی در مرحله حاد؛ موثر باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی مصوب (۸۰۱/۴/۸۸/۱۶۰۶) معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی و توانبخشی بود. بدین وسیله از آن معاونت محترم به خاطر حمایت مالی و جناب آقای اکبر عدل کارشناس محترم پژوهشی تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Swärd P, Kostogiannis I, Roos H. Risk factors for a contralateral anterior cruciate ligament injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010 Mar;18(3):277-91.
2. Schoene M, Spengler C, Fahrbacher B, Hartmann J, Melnyk M, Friemert B. The reliability of a method for measuring the anterior cruciate ligament-hamstring reflex: an objective assessment of functional knee instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009 Sep;17(9):1107-16.
3. Ernst GP, Saliba E, Diduch DR, Hurwitz SR, Ball DW. Lower extremity compensations following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther.* 2000 Mar;80(3):251-60.
4. Pap G, Machner A, Nebelung W, Awiszus F. Detailed analysis of proprioception in normal and ACL-deficient knees. *J Bone Joint Surg Br.* 1999 Sep;81(5):764-8.
5. Reider B, Arcand MA, Diehl LH, Mroczek K, Abulencia A, Stroud CC, et al. Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2003 Jan;19(1):2-12.
6. Co FH, Skinner HB, Cannon WD. Effect of reconstruction of the anterior cruciate ligament on proprioception of the knee and the heel strike transient. *J Orthop Res.* 1993 Sep;11(5):696-704.
7. Fleming BC, Renstrom PA, Beynon BD, Engstrom B, Peura G. The influence of functional knee bracing on the anterior cruciate ligament strain biomechanics in weightbearing and nonweightbearing knees. *Am J Sports Med.* 2000 Nov-Dec;28(6):815-24.
8. Wojtys EM, Huston LJ. Neuromuscular performance in normal and anterior cruciate ligament-deficient lower extremities. *Am J*

لیگامان صلیبی قدامی نسبت به افراد سالم اختلاف معنی‌داری نداشت. از طرف دیگر زمان تاخیری پاسخ همسترینگ در بیماران متعاقب دوباره‌سازی لیگامان صلیبی قدامی نسبت به افراد مبتلا به پارگی این لیگامان در مرحله حاد اختلاف معنی‌داری دارد. در مطالعات قبلی از آنجایی که ارزیابی‌ها نهایتاً دو ماه بعد از دوباره‌سازی انجام شده است؛ نمی‌توان این نتیجه را به بازگشت عملکرد لیگامان صلیبی قدامی و گیرنده‌های مکانیکی آن مرتبط دانست. این ارزیابی در حالت خم زانو انجام شده است. در این وضعیت پلاتوی تیبیا نسبت به فمور به قدام می‌لغزد و باعث کشیدگی عضله کوادری سپس در نتیجه افزایش استرچ گیرنده‌های داخل دوکی می‌شود. با تصحیح این حرکت در دوباره‌سازی لیگامان صلیبی قدامی میزان کشویی قدامی و به دنبال آن طول تانسین همسترینگ

Sports Med. 1994 Jan-Feb;22(1):89-104.

9. Konishi Y, Fukubayashi T. Relationship between muscle volume and muscle torque of the hamstrings after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sci Med Sport.* 2010 Jan;13(1):101-5.
10. Bryant AL, Creaby MW, Newton RU, Steele JR. Hamstring antagonist torque generated in vivo following ACL rupture and ACL reconstruction. *Knee.* 2010 Aug;17(4):287-90.
11. Maffiuletti NA. Assessment of hip and knee muscle function in orthopaedic practice and research. *J Bone Joint Surg Am.* 2010 Jan;92(1):220-9.
12. Kålund S, Sinkjaer T, Arendt-Nielsen L, Simonsen O. Altered timing of hamstring muscle action in anterior cruciate ligament deficient patients. *Am J Sports Med.* 1990 May-Jun;18(3):245-8.
13. Melnyk M, Faist M, Gothner M, Claes L, Friemert B. Changes in stretch reflex excitability are related to "giving way" symptoms in patients with anterior cruciate ligament rupture. *J Neurophysiol.* 2007 Jan;97(1):474-80.
14. Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, Shoji H, Bose W, Beck C, D'Ambrosia R. The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *Am J Sports Med.* 1987 May-Jun;15(3):207-13.
15. Krogsgaard MR, Dyhre-Poulsen P, Fischer-Rasmussen T. Cruciate ligament reflexes. *J Electromyogr Kinesiol.* 2002 Jun;12(3):177-82.
16. Herrington L, Fowler E. A systematic literature review to investigate if we identify those patients who can cope with anterior cruciate ligament deficiency. *Knee.* 2006 Aug;13(4):260-5.