

The Effect of Cross Exercise on the Quadriceps Muscle Strength after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Norouzi K¹, Hashemi Javaheri A.A², Ariamanesh A.SH³, khoshraftar yazdi N⁴

Abstract

Purpose: Quadriceps muscle strength was reduced significantly after anterior cruciate ligament reconstruction. Finding a solution to overcome this problem is crucial. The objective of the present study is to investigate the effect of eight weeks cross exercise on the quadriceps muscle strength, in men after anterior cruciate ligament reconstruction.

Methods: Twenty patients with anterior cruciate ligament tear, with an average age of 22.02 ± 1.55 years and mean weight of 71.7 ± 7.15 kilograms, were selected as volunteers. They were divided into two groups: experimental group and control. The experimental group, in addition to physiotherapy, performed eight weeks cross exercise with uninjured leg, three sessions per week and each session lasted for 20 minutes. The control group just received physiotherapy. Before three days of ACLR and After 9 weeks and performing 24 sessions of cross exercise, isometric strength of quadriceps muscle in both groups were measured at 60 degrees of flexion in both legs, by Isokinetic BIODEX system.. Data were analyzed by paired and independent samples t-test at a significance level of $p < 0.05$

Results: The results showed that following eight weeks of cross exercise, the quadriceps muscles strength in uninjured leg, in the experimental group was significantly increased ($P=0.002$). Likewise, after reconstruction of the ACL, the amount of reduction in quadriceps muscles in the experimental group was significantly lower than the control group ($P=0.001$).

Conclusion: The degree of strength loss can be positively reduced by continuum concentric cross exercises. Along with the optimization of the healthy organs, these exercises enhance the strength of organs, which underwent surgery.

Keywords: Concentric Cross Exercise, Strength, Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

دریافت مقاله: ۹۳/۷/۴ تایید مقاله: ۹۳/۱۱/۳۰

تأثیر تمرینات متقاطع بر قدرت عضلات چهارسرانی پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی

کاظم نوروزی^۱، سید علی اکبر هاشمی جواهری^۲، امیرشهریار آریامنش^۳، ناهید خوشرفتار یزدی^۴

هدف: پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی قدرت عضلات چهارسرانی به میزان زیادی کاهش پیدا می‌کند. پیدا کردن یک راه‌حل برای جلوگیری از کاهش قدرت دارای اهمیت زیادی است. هدف این پژوهش بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات متقاطع بر قدرت عضله چهارسرانی مردان پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی بود.

روش بررسی: تعداد ۲۰ بیمار با میانگین سنی $22/02 \pm 1/55$ سال و میانگین وزنی $71/7 \pm 7/15$ کیلوگرم که دچار پارگی رباط صلیبی قدامی شده بودند، انتخاب و به دو گروه تجربی و کنترل تقسیم شدند. گروه تجربی علاوه بر تمرینات فیزیوتراپی تمرینات متقاطع را با پای سالم به مدت هشت هفته، هر هفته سه جلسه، هر جلسه ۲۰ دقیقه و گروه کنترل فقط تمرینات فیزیوتراپی خود را تمرینات را انجام دادند. سه روز قبل از عمل بازسازی رباط و بعد از گذشت ۹ هفته و انجام ۲۴ جلسه تمرینات متقاطع، قدرت ایزومتریک عضلات چهارسرانی هر دو پای بیماران در زاویه ۶۰ درجه، با استفاده از دستگاه ایزوکنتریک باپودکس اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون T Student در سطح معنی داری $p < 0/05$ آزمایش شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد به دنبال هشت هفته تمرینات متقاطع کانستریک ، قدرت عضله چهارسرانی پای سالم آزمودنی های گروه تجربی به طور معناداری افزایش یافت ($p=0/002$). همچنین میزان کاهش قدرت در عضلات چهارسرانی افراد پس از بازسازی ACL، در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به طور معناداری کمتر بود ($p=0/001$).

نتیجه‌گیری: تمرینات متقاطع بصورت کانستریک می‌تواند اثرات مثبتی در جهت کاهش کمتر میزان قدرت داشته باشد. این تمرینات می‌تواند باعث افزایش قدرت در اندام سالم و همچنین جلوگیری از میزان کاهش زیاد قدرت در اندامی که مورد جراحی قرار گرفته شود.

کلمات کلیدی: تمرینات متقاطع، قدرت، بازسازی رباط صلیبی قدامی

نویسنده مسئول: کاظم نوروزی، ka.norouzi@gmail.com

آدرس: دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

۱- دانشجوی دکترای آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲- دانشیار، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- استادیار گروه ارتوپدی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

۴- استادیار، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

مقدمه

یکی از راههای کاهش این تغییرات و بازیابی سریعتر قدرت استفاده از تمرینات متقاطع^۳ در طول دوره بی-حرکی و یا کم‌حرکی اندام است (۷). Zhou (۲۰۰۳) بیان می‌کند که انتقال متقاطع^۴ پدیده‌ای است که با تمرین یک عضو (تمرین‌های یکطرفه^۵) آثار سودمندی در عضو طرف مقابل بدون فعالیت ایجاد می‌کند (۸) این پدیده باعث اصلاح آثار ناشی از عضو ثابت می‌شود و به روند بازتوانی عصبی و عضلانی در عضو بی‌حرک کمک می‌کند (۹). در یک مطالعه Arai (۲۰۰۱) اثر آموزش متقاطع در تمرینات مقاومتی مختلف بر اندام تحتانی طرف مقابل مورد بررسی قرار داد و افزایش ۲۷ درصدی را در قدرت عضله چهارسر مشاهده کرد (۱۰).

Magnus و همکاران (۱۱) اثر تمرینات متقاطع را در افراد با شکستگی مچ دست مورد بررسی کردند و افزایش قدرت را در هر دو عضو سالم و آسیب دیده مشاهده کردند. Papandreu و همکاران (۱۲) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر هشت هفته تمرین متقاطع اکسنتریک^۶ بر روی بیمارانی که ACL خود را بازسازی کرده بودند پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تمرینات متقاطع بصورت ۳ و ۵ بار در هفته در مراحل بعد از بازسازی باعث کاهش کمتری در قدرت عضلات چهارسران می‌شود.

پارگی رباط صلیبی قدامی^۱ (ACL) یکی از آسیب‌های جدی و رایج زانو است که بطور ویژه‌ای در ورزشکاران اتفاق می‌افتد و باعث بی‌ثباتی، کاهش فعالیت و عملکرد ضعیف زانو می‌شود (۱). در ورزشکارانی که فعالیت زیادی انجام می‌دهند بهترین گزینه برای پارگی ACL، بازسازی آرتوسکوپیک^۲ است (۲). در این روش ساختار زنده رباط آسیب دیده بطور کامل حذف می‌شود و یک رباط دیگر جایگزین آن می‌شود (۳) بدنبال جراحی ACL، قدرت عضلات چهارسر رانی بخاطر ثبات و عدم تحرک کافی بطور معناداری کاهش می‌یابد. این کاهش قدرت در ماههای اول بعد جراحی به بیشترین حد خود می‌رسد (۴) بطوری که این کاهش قدرت معمولاً به بیشتر از ۲۰٪ در مقایسه با پای سالم در ۴ هفته اول گزارش شده است (۵). به همین خاطر پیدا کردن یک راه برای به حداقل رساندن این تغییرات و همچنین بازیابی سریعتر قدرت از اهمیت زیادی برخوردار است. ترمیم حجم عضلانی و قدرت بعد از بازسازی رباط صلیبی قدامی همچنان بصورت یک چالش در توانبخشی مطرح است. اقداماتی که بتواند بدون خطر و بطور موثر بتواند آنروفی و ضعف عضلات را در مراحل اولیه توانبخشی به حداقل برساند یکی از روش‌های درمان استاندارد است (۶).

³ cross exercise

⁴ Cross transfer

⁵ Unilateral Exercises

⁶ Eccentric

¹ Anterior cruciate ligament

² arthroscopic

دیده آنها، پای غیربرترشان بود و آنها از نظر بیماری‌های عضلانی و اسکلتی و مشکلات قلبی تنفسی در سلامت کامل بودند. قرار داشتن در سطوح C و D فرم معاینات زانو (IKDC)^۴. هیچکدام از این بیمارها ناهنجاری‌هایی مانند واروس (Varus) و والگوس (Valgus) در پاها نداشتند و دامنه حرکتی آنها کامل بود. بازسازی رباط آنها به روش آرتوسکوپیک ACL با آلوگرافت تاندون آشیل بود. اندازه گیری قدرت ایزومتریک بیماران در دو مرحله ۳ روز قبل عمل و ۹ هفته بعد عمل انجام شد (۱۲).

اندازه‌گیری قدرت ایزومتریک: پیش از اجرای آزمون اصلی، هر آزمودنی روی دوچرخه کارسنج قرار گرفت و پروتکل گرم کردن که شامل ۵ دقیقه رکابزنی و اجرای چند حرکت کششی برای گروه‌های عضلانی چهارسرانی و همسترینگ بود را انجام داد. پس از گرم کردن از آزمودنی خواسته شد روی صندلی دستگاه بنشیند به طوری که بدن وی در وضعیت راحت و استاندارد قرار داشته باشد. سپس به منظور اجرای آزمون به شکل بهینه و استاندارد، بخش‌های تنه، لگن و ران پای مورد آزمون با استفاده از تسمه‌های مربوطه روی دستگاه محکم شدند (۱۶). طبق استانداردهای ذکر شده در راهنمای کاربری دستگاه ایزوکینتیک (Biodex Multi-Joint System 4 Pro) چرخش‌ها، ارتفاع و زوایای مربوط به نحوه قرارگیری صندلی و دینامومتر تنظیم شدند.

تنظیمات نهایی به گونه‌ای انجام شد که مرکز محور چرخش دینامومتر و مرکز محور چرخش مفصل زانو بر یکدیگر منطبق شدند. سپس بازوی مربوطه که به صورت اختصاصی برای پای چپ یا راست طراحی شده بود بر اساس پای مورد آزمون روی دینامومتر نصب شد. پس از تنظیم ارتفاع بازو نسبت به طول پا، با استفاده از تسمه و بالشتک مخصوص، پا روی بازو به گونه‌ای بسته و محکم می‌شد که بالشتک روی مچ پا قرار می‌گرفت. از آزمودنی خواسته شد چند انقباض طبیعی در طول دامنه حرکتی انجام دهد که این امر به منظور اطمینان یافتن از راحتی فرد، اجرای صحیح حرکت و همچنین ایجاد آشنایی و ارتباط فرد با دستگاه صورت گرفت.

پس از ورود اطلاعات فردی و تعیین پروتکل آزمون (ایزومتریک، ۳ تکرار، هر تکرار ۵ ثانیه، در زاویه ۶۰ درجه

همچنین در مطالعه‌ای دیگر در سال (۲۰۰۷) او بیان می‌کند که این نوع تمرینات باعث افزایش قدرت را در دو زاویه ۴۵ و ۹۰ درجه و همچنین کاهش زمان عکس‌العمل عضلات چهارسرانی در زاویه ۹۰ درجه می‌شود (۱۳).

اگرچه که مشخص شده است که بازسازی ACL باعث بهبود عملکرد ورزشکار می‌شود ولی مطالعات بیان کرده‌اند میزان قدرت عضلات زانو به میزان ۶۰ درصد پس از ۵ تا ۶ هفته بی‌حرکی کاهش پیدا می‌کند (۱۴). پروتکل‌های توانبخشی استاندارد در مراحل اولیه پس از بازسازی ACL در زنجیره حرکت بسته و بصورت افزایش دامنه حرکتی و بازگشت قدرت عمومی است (۱۵). در این نوع برنامه‌های توانبخشی تمرینات قدرتی بر روی اندام سالم به ندرت صورت می‌گیرد. از آنجایی که اجرای تمرینات قدرتی روی اندام سالم پس از جراحی ممکن است باعث بهبود قدرت در اندام آسیب دیده پس از عمل جراحی شود و همچنین با توجه به اهمیت توانبخشی سریع ولی ایمن و بازگشت سریع ورزشکار به سطح قبل از آسیب اجرای تمرینات متقاطع ضروری بنظر می‌رسد. بنابراین ما در این تحقیق قصد داریم از تمرینات متقاطع به عنوان یک تمرین مکمل استفاده کنیم و مشخص نماییم که آیا قدرت عضلات چهارسرانی بیماران در مراحل اولیه توانبخشی پس از بازسازی ACL بعد از یک دوره تمرینات متقاطع تغییر پیدا می‌کند؟

روش بررسی

در این مطالعه ۲۰ بیمار با جراحی بازسازی رباط صلیبی قدامی به صورت تصادفی به دو گروه تجربی و کنترل به ترتیب با میانگین سنی $22/2 \pm 1/54$ سال و $22/8 \pm 1/68$ سال و شاخص توده بدنی $21/94$ و $22/34$ تقسیم شدند. پس از مصاحبه اولیه و آگاهی از شرایط تحقیق بطور داوطلبانه آمادگی خود را جهت شرکت در این تحقیق اعلام کردند. معیارهای ورود به تحقیق بیماران بدین صورت بود که شش ماه بیشتر از آسیب آنها نگذشته بود، تنها پارگی رباط Acl داشتند و سایر بخشها مانند منیسکها، Pcl^۱، Mcl^۲ و Lcl^۳ سالم بود. هیچگونه آسیب دیدگی قبلی در اندام تحتانی نداشتند. پای آسیب

¹ Posterior cruciate ligament

² Medial collateral ligament

³ lateral collateral ligament

⁴ International Knee Documentation Committee

متغیرهای در هر دو گروه تغییر معنی‌داری داشته است ($p < 0.05$). مقایسه میانگین‌های بین گروهی نیز نشان داد تفاوت میانگین‌های قدرت پای سالم و همچنین قدرت پای آسیب دیده بین دو گروه تفاوت معنی‌داری دارد ($p < 0.05$) (جدول ۲ و ۳) (نمودار ۱ و ۲).

بحث و نتیجه گیری

هدف از این تحقیق بررسی اثر ۸ هفته تمرینات متقاطع کانسنتریک بر روی میزان بهبود در کاهش قدرت عضلات چهارسرانی بیماران پس از بازسازی ACL بود. نتایج پژوهش حاضر نشان دادند که تمرینات یکطرفه کانسنتریک باعث افزایش بیشتر قدرت در عضو تمرین کرده ۹/۴۷٪ نسبت به گروه کنترل ۴/۴۶٪ و همچنین کاهش کمتر قدرت در اندام آسیب دیده ۱۱/۸۴٪ نسبت به گروه کنترل ۲۵/۲۶٪ در زاویه ۶۰ درجه شدند و بدلیل اینکه در گروه کنترل این کاهش قدرت به صورت معناداری بیشتر بود می‌توان تغییرات بوجود آمده در اندام آسیب دیده گروه تجربی را ناشی از تمرینات دانست.

Papandreou و همکاران (۱۲) به ارزیابی تمرینات متقاطع اکسنتریک بر میزان کاهش قدرت ناشی از بازسازی ACL در عضلات چهار سرانی پرداخت، نتایج آنها نشان داد که تمرینات متقاطع اکسنتریک با تواتر ۳ و ۵ مرتبه در هفته باعث کاهش کمتری در قدرت ایزومتریک عضلات چهارسرانی در مراحل اولیه توانبخشی می‌شود. همچنین در تحقیق دیگری Papandreou و همکاران (۱۳) تأثیر تمرینات متقاطع اکسنتریک بر میزان قدرت عضلات چهار سرانی در افراد بعد از بازسازی ACL در زوایای مختلف را بررسی کردند که افزایش قدرت را در دو زاویه ۴۵ و ۹۰ درجه و همچنین کاهش زمان عکس العمل عضلات چهارسرانی در زاویه ۹۰ درجه در مراحل اولیه توانبخشی مشاهده کردند؛ که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

در مطالعه دیگری، Arai و همکاران (۱۰) اثر آموزش متقاطع در تمرینات مقاومتی مختلف بر قدرت عضلات چهار سرانی ۶ بیمار با ضایعات ارتوپدیک یکطرفه اندام تحتانی قبل و بعد از تمرینات یکطرفه PNF را ارزیابی کرد و ۲۷ درصد افزایش قدرت را در عضله چهارسر مشاهده کرد. در همین راستا magnus و همکاران (۱۱) اثر تمرینات متقاطع را در افراد با شکستگی دیستال مچ

(۱۶) در دستگاه، از آزمودنی خواسته شد همزمان با آغاز آزمون با انقباض عضلات چهارسرانی برای حرکت باز شدن زانو به صورت ایزومتریک و با حداکثر تلاش به داینامومتر نیرو وارد کند. پس از اجرای آزمون برای یک پا تنظیمات برای پای دیگر انجام شد و مجدداً آزمون اجرا شد. با اتمام آزمون‌ها نتایج توسط دستگاه تعیین شد.

پروتکل تمرینی: برنامه تمرینات شامل هشت هفته، با تواتر سه جلسه در هفته در یک مرکز فیزیوتراپی و تمرین درمانی انجام شد. تمرینات به این صورت بود که بعد از مشخص شدن یک تکرار بیشینه (1RM) با استفاده از فرمول (۱۷):

$$1RM = \frac{\text{وزنه}}{\{1.0278 - (0.0278 \times \text{تکرار})\}}$$

هر آزمودنی تمرینات را با ۸۰٪ 1RM خود به صورت انقباض درون‌گرا (کانسنتریک) انجام می‌داد. در هفته اول آزمودنی‌ها پس از ۳ ست گرم کردن با دستگاه مخصوص تمرین جلو ران، ۳ ست با ۶ تکرار با ۸۰٪ 1RM حرکت جلوران را انجام دادند. در هفته دوم پس از گرم کردن تمرینات را ۴ ست با ۶ تکرار با ۸۰٪ 1RM حرکت جلوران را انجام دادند. تمرینات از هفته سوم تا هشتم به ۵ ست با ۶ تکرار با ۸۰٪ 1RM افزایش یافت. زمان استراحت بین هر ست ۲ دقیقه بود و در پایان هر جلسه تمرین آزمودنی ۳ ست حرکت جلو ران را با وزنه‌های سبک به منظور سرد کردن و برگشت به حالت اولیه انجام می‌داد. در پایان هر دو هفته 1RM هر آزمودنی دوباره اندازه‌گیری می‌شد تا با توجه به افزایش قدرت حاصله از تمرینات کانسنتریک دو هفته قبل ۸۰٪ 1RM آنها اندازه‌گیری شود (۱۶).

یافته ها

با توجه به جدول ۱ نتایج آزمون کلوموگراف - اسمیرنف توزیع داده‌ها در تمامی متغیرها در هر دو گروه تمرین نرمال بود ($p > 0.05$)؛ از طرفی نتایج تست لون نشان داد که بین واریانس‌های دو گروه تفاوت معناداری وجود نداشت ($p > 0.05$). همچنین برای استنباط آماری از دو آزمون پارامتری تی همبسته (درون گروهی) و آزمون تی مستقل (بین گروهی) استفاده شد. نتایج حاصل از تحلیل داده‌های پیش آزمون و پس آزمون نشان می‌دهد پس از پروتکل مورد نظر تغییرات میانگین درون گروهی

جدول ۱: نتایج آزمون کلموگروف- اسمیرنوف برای متغیرهای تحقیق (گروه تجربی و کنترل)

متغیر	گروه‌ها	میانگین \pm انحراف معیار	نتایج آزمون KS (سطح معنی داری)
سن (سال)	تجربی	۲۲/۰۲ \pm ۱/۵۵	۰/۹۰۰
	کنترل	۲۲/۸ \pm ۱/۶۸	۰/۵۲۳
وزن (کیلوگرم)	تجربی	۷۱/۷ \pm ۷/۱۵	۰/۸۴۶
	کنترل	۷۰/۳ \pm ۸/۹۴	۰/۴۳۴
قد (سانتیمتر)	تجربی	۱۷۷/۴ \pm ۶/۶	۰/۹۵۱
	کنترل	۱۷۷/۱ \pm ۵/۴۹	۰/۶۳۶
شاخص توده‌ای بدن	تجربی	۲۲/۷۵ \pm ۱/۴۲	۰/۹۷۸
	کنترل	۲۲/۶۴ \pm ۱/۶۸	۰/۴۸۳
قدرت پای سالم	کنترل	۲۴۲/۲۲ \pm ۱۹/۷۸	۰/۹۹۶
	تجربی	۲۴۷/۰۲ \pm ۱۵/۴۷	۰/۷۲۹
قدرت پای آسیب‌دیده	تجربی	۲۳۰/۱۵ \pm ۱۷/۸۵	۰/۸۰۶
	کنترل	۲۱۴/۵۸ \pm ۱۸/۷۴	۰/۹۹۹

جدول ۲: مقایسه تغییرات میانگین‌های درون گروهی متغیرهای وابسته

متغیرها	گروه‌ها	مراحل		تغییرات درون گروهی
		پیش آزمون	پس آزمون	
قدرت پای سالم	تجربی	۲۴۷/۰۲ \pm ۱۵/۴۷	۲۷۰/۴۲ \pm ۱۲/۳۵	مقدار t: -۱۰/۷۷ مقدار P: ۰/۰۰۱*
	کنترل	۲۴۲/۲۲ \pm ۱۹/۷۸	۲۵۳/۰۳ \pm ۲۲/۱۲	مقدار t: -۴/۰۵ مقدار P: ۰/۰۰۳*
قدرت پای آسیب‌دیده	تجربی	۲۳۰/۱۵ \pm ۱۷/۸۵	۲۰۲/۸۸ \pm ۲۱/۲۹	مقدار t: ۱۶/۲۵ مقدار P: ۰/۰۰۱*
	کنترل	۲۱۴/۵۸ \pm ۱۸/۷۴	۱۵۹/۷۴ \pm ۱۴/۵۱	مقدار t: ۱۵/۷ مقدار P: ۰/۰۰۱*

* معنی داری در سطح $p < 0.05$ جهت تغییرات درون گروهی

جدول ۳: مقایسه تغییرات میانگین‌های بین گروهی متغیرهای وابسته

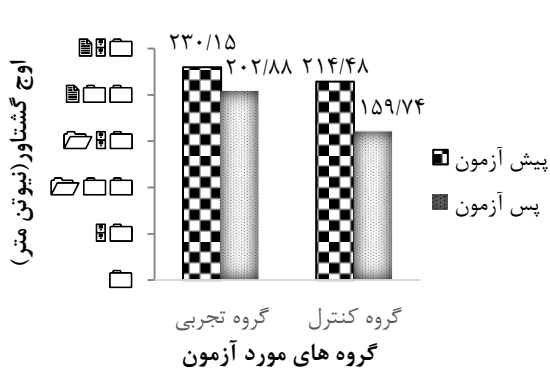
متغیرها	اختلاف میانگین‌ها	مقایسه بین گروهی	
		مقدار t	مقدار P*
قدرت پای سالم	۱۲/۵۹	۳/۶۵	۰/۰۰۳*
قدرت پای آسیب‌دیده	۲۷/۵۷	۷/۱۱	۰/۰۰۱*

* معنی داری در سطح $p < 0.05$ جهت تغییرات بین گروهی

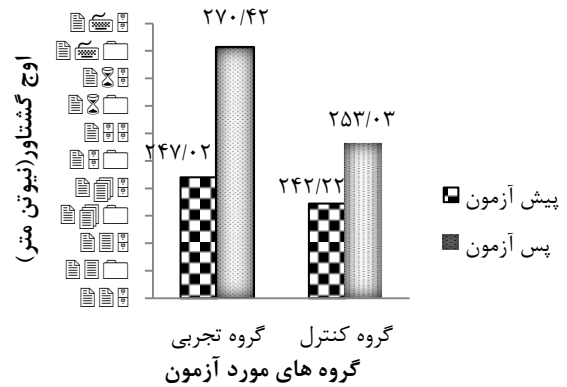
هیچ تأثیری روی شانه‌ای که تحت عمل جراحی قرار گرفته، ندارد (۱۸). از آنجایی که ادبیات پیشینه کمی در زمینه اثر تمرینات متقاطع بر روی آسیب‌ها وجود دارد تنها حدس و گمان ممکن است بتواند توضیح دهد که چرا هیچ تغییر معناداری در قدرت پس از جراحی مشاهده نشده است. آسیب شانه در آزمودنی‌های این مطالعه تقریباً

دست بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تمرینات متقاطع باعث افزایش بهبودی قدرت عضلات مچ هر دو دست می‌شود که با تحقیق ما همخوانی دارد.

ولی در مطالعه دیگری که *magnus* روی بیماران با عمل جراحی شانه انجام داد، نشان داد که تمرینات متقاطع فقط باعث افزایش قدرت در اندام سالم می‌شود و



نمودار ۲: مقایسه میانگین قدرت پای آسیب دیده در گروه تجربی و کنترل



نمودار ۱: مقایسه میانگین قدرت پای سالم در گروه تجربی و کنترل

جلسات تمرینی بیماران شرکت کننده در این تحقیق باشد. پس از بازسازی ACL، عدم تحرک و یا کمبود تحرک زانو می تواند اثرات نامطلوبی بر غضروف مفصلی، رباطها، کپسول، عضلات و استخوان های مفصل زانو برجای گذارد (۲۰). یکی از راههای کاهش این تغییرات و بازیابی سریعتر قدرت، استفاده از تمرینات متقاطع در طول دوره بی تحرکی و یا کم تحرکی اندام است (۷). تحقیقاتی به بررسی تمرینات متقاطع بر روی اندام آسیب دیده پرداخته اند و تأیید کرده اند که تمرین روی اندام سالم باعث افزایش قدرت در اندام آسیب دیده می شود (۱۰-۱۳). محققان دلیل این افزایش قدرت را مربوط به مکانیسم های نخاعی و مغزی دانسته اند (۲۱). از آنجایی که در این تحقیق میزان کاهش کمتری در قدرت عضلات چهارسرران پس از بازسازی ACL را مشاهده شد، می توان اینگونه بیان کرد که احتمالاً یکی از مکانیسم هایی که باعث افزایش قدرت عضلات شده است مربوط به مکانیسم های نخاعی و مغزی است. به همین خاطر همکاری مکانیسم های نخاعی همراه با مکانیسم های مغزی ممکن است به آموزش متقاطع منجر شود. مغز و طناب نخاعی در انجام بسیاری از حرکات با هم بطور هماهنگ کار می کنند که این ممکن است تأثیر طناب نخاعی را در ارتباط با افزایش قدرت در اندام تمرین نکرده نشان دهد (۱۸). احتمال می رود مکانیسم های نخاعی با اصلاح رفلکسها و تغییر در فرمانهای نخاعی که به عضلات می رود در آموزش متقاطع همکاری کند (۲۲).

Hortobágyi و همکاران (۲۳) نشان دادند که رفلکس هافمن^۱ (رفلکس H) در عضله فلکسور کارپی

۲ سال قبل از عمل جراحی اتفاق افتاده بود، در صورتی که آزمودنی های مطالعه ای ما از زمان آسیب تا جراحی آنها حداکثر ۶ ماه بیشتر نگذشته بود. شاید این زمان، مرحله بسیار مهمی برای تغییرات آناتومیکی و عملکردی عضله باشد. بنابراین قبل از عمل جراحی اثرات زیان آوری مانند آتروفی عضلانی و ضعف ممکن است روی عضلات اثر گذاشته باشد. به همین خاطر می توان گفت در صورتی که زمان بین آسیب و عمل در تمرینات یکطرفه طولانی شود، تأثیر این تمرینات بر قدرت بسیار کم خواهد بود (۱۸). از دلایل احتمالی دیگر می توان به موضع و بافت آسیب دیده و همچنین برتر و غیر برتر بودن اندام اشاره کرد. در این تحقیق ACL آسیب دیده بود و جراحی نیز روی همین بافت انجام، و اثر تمرینات متقاطع روی عضلات چهارسررانی بررسی شده است؛ در حالی که در آسیب شانه، بافت آسیب دیده تاندون عضلات چرخش دهنده شانه بوده اند و تمرینات روی عضلاتی که تاندون آن آسیب دیده صورت گرفته است به همین خاطر شاید اختلال در واحد تاندونی - عضلانی روی آموزش متقاطع اثر گذاشته باشد.

آموزش متقاطع از اندام برتر به اندام غیر برتر به میزان بیشتری صورت می گیرد (۱۹). در گروه تمرینی magnus ۶ نفر و در گروه کنترل او ۹ نفر جراحی را در شانه اندام برترشان داشتند ولی در تحقیق ما تمام بیماران پای غیر برتر آنها جراحی شده بود. به همین خاطر از نظر تئوری اگر همه بیماران تحقیق مگنوس اندام غیر برتر آنها مورد جراحی قرار می گرفت احتمالاً اثر آموزش متقاطع اتفاق می افتاد (۱۸). از دلایل احتمالی دیگر می توان به تفاوت در تعداد شرکت کنندگان، نوع تمرینات و تعداد

¹ H-reflex

- حرکتی و ناحیه لوب گیجگاهی همان طرف وجود داشت (۲۹).

Farthing و همکاران (۱۹) همچنین بیان می‌کند که لوب گیجگاهی معمولاً در بازیابی اطلاعات حرکتی و حافظه معنایی^۳ نقش دارد. این نوع فعالیت لوب گیجگاهی ممکن است بعد از تمرینات قدرتی یکطرفه به فراخوانی حافظه یک حرکت قدرتی منجر شود. احتمالاً بازیابی‌های بهتر حافظه از یک عمل در برنامه‌ریزی حرکتی و اجرای آن کمک می‌کند و این به نوبه خود ممکن است در افزایش قدرتی که در آموزش متقاطع نشان داده می‌شود، دخیل باشد. این مطالعه نشان می‌دهد تغییراتی در فعالیت‌های عصبی رخ می‌دهد که ممکن است بین دو نیمکره تقسیم شود (۲۹).

یافته‌های تحقیق حاضر نشان می‌دهد که تمرینات متقاطع کانسنتریک باعث کاهش کمتر در قدرت عضلات چهار سرران در مراحل اولیه توانبخشی بعد از بازسازی ACL می‌شود. نتایج این تحقیق ممکن است بطور بالقوه در پروتکل‌های توانبخشی فعلی آسیب‌های یکطرفه مفید باشد اما برای کاربردهای بالینی آن نیاز به تحقیقات بیشتری است.

سپاسگزاری

بدینوسیله از تمام بیمارانی که در این تحقیق با ما همکاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

منابع

1. Frobell RB, Roos EM, Roos HP, Ranstam J, Lohmander LS. A randomized trial of treatment for acute anterior cruciate ligament tears. *New England Journal of Medicine* 2010; 363(4): 331-42.
2. Radice F, Yáñez R, Gutiérrez V, Rosales J, Pinedo M, Coda S. Comparison of magnetic resonance imaging findings in anterior cruciate ligament grafts with and without autologous platelet-derived growth factors. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 2010; 26(1): 50-7.
3. Streich NA, Barié A, Gotterbarm T, Keil M, Schmitt H. Transphyseal reconstruction of the anterior cruciate ligament in prepubescent athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2010; 18(11): 1481-6.

رادالیس هنگام خم کردن و بازکردن قوی مچ طرف مقابل، کاهش می‌یابد. Zehr (۲۰۱۱) تغییرات معناداری از آموزش متقاطع در دورسی فلکسورهای مچ پا و در آستانه تحریک‌پذیری رفلکس H در افراد سالم یافت. او بیان کرد تغییراتی در تحریک‌پذیری طناب نخاعی که منجر به تعمیم یافتن سیگنال‌های نزولی در اندام تحتانی در هر دو اندام تمرین کرده و تمرین نکرده می‌شود، وجود دارد. این مطالعه شواهدی از سازگاری عصبی تغییر یافته در خروجی رفلکس نخاعی تولید شده توسط تمرینات یکطرفه را فراهم می‌کند. شواهد اخیر از آن زمان به بعد پیشنهاد کرد که شکل‌گیری رفلکس نخاعی نقش اساسی در آموزش متقاطع بازی می‌کند (۲۴).

از طرفی شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد ساختمان مغز ممکن است در آموزش متقاطع نقش داشته باشد (۲۵). ارتباطات آناتومیکی و ارتباطات عصبی بین دو نیمکره مغز نقش مهمی را در انتقال اطلاعات مختلف دارد (۲۶) تصور بر این است که ارتباطات بین این دو نیمکره نقش اصلی را در آموزش متقاطع بر عهده دارد (۲۵). از نظر تئوریک تمرین قدرتی بر روی یک اندام می‌تواند باعث سازگاری بین قسمت‌های مختلف مغز و قشر حرکتی اولیه در دو نیمکره شود. اتصالات جسم پینه‌ای بین نواحی حرکتی مکمل، ناحیه حرکتی سینگولی و ناحیه پیش پیشانی^۱ در دو نیمکره ممکن است جاهایی باشند که سازگاری در آن رخ می‌دهد (۲۷). در تحقیقاتی که بر روی عکس‌های مغز انجام شد، مشخص شد که این نواحی در انقباضات یکطرفه فعال هستند (۲۸). در همین راستا در مطالعه‌ای که توسط Farthing و همکاران (۲۹) بر روی فعالیت مغز با استفاده از عکسبرداری رزونانس مغناطیسی عملکردی^۲ (Fmri) بعد از تمرینات قدرتی یکطرفه دست برتر انجام شد، مشخص شد، ناحیه‌ای در مغز وجود دارد که از نظر فعالیت فیزیولوژیکی فعالیت بیشتری دارد. نتایج نشان داد که برای دست راست (تمرین کرده)، تغییراتی در فعالیت در هر دو نیمکره قشر مغز، و شواهدی از افزایش در فعال شدن قشر حسی - حرکتی طرف مقابل وجود دارد. در دست چپ (تمرین نکرده)، افزایش فعالیت در قشر حسی

¹ Prefrontal cortex

² functional magnetic resonance imaging

³ semantic memory

4. McHugh MP, Tyler TF, Browne MG, Gleim GW, Nicholas SJ. Electromyographic predictors of residual quadriceps muscle weakness after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 2002; 30(3): 334-9.
5. Papandreou M, Billis E, Papathanasiou G, Spyropoulos P, Papaioannou N. Cross-exercise on quadriceps deficit after ACL reconstruction. *J Knee Surg* 2013; 26: 51-8.
6. Gerber JP, Marcus RL, Dibble LE, Greis PE, Burks RT, LaStayo PC. Effects of early progressive eccentric exercise on muscle size and function after anterior cruciate ligament reconstruction: a 1-year follow-up study of a randomized clinical trial. *Physical therapy* 2009; 89(1): 51-9.
7. Magnus CR, Barss TS, Lanovaz JL, Farthing JP. Effects of cross-education on the muscle after a period of unilateral limb immobilization using a shoulder sling and swathe. *Journal of Applied Physiology* 2010; 109(6): 1887-94.
8. Zhou S. Chronic neural adaptations to unilateral exercise: mechanisms of cross education. *Exercise and sport sciences reviews* 2000; 28(4): 177-84.
9. Jackson SW, Turner DL. Prolonged muscle vibration reduces maximal voluntary knee extension performance in both the ipsilateral and the contralateral limb in man. *European journal of applied physiology* 2003; 88(4-5): 380-6.
10. Arai M, Shimizu H, Shimizu M, Tanaka Y, Yanagisawa K. Effects of the use of cross-education to the affected side through various resistive exercises of the sound side and settings of the length of the affected muscles. *Hiroshima journal of medical sciences* 2001; 50(3): 65-73.
11. Magnus CR, Arnold CM, Johnston G, Dal-Bello Haas V, Basran J, Krentz JR, et al. Cross-education for improving strength and mobility after distal radius fractures: a randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 2013; 94(7): 1247-55.
12. Papandreou M, Billis E, Papathanasiou G, Spyropoulos P, Papaioannou N. Cross-Exercise on Quadriceps Deficit after ACL Reconstruction. *The journal of knee surgery*. 2012.
13. Papandreou M, Papaioannou N, Antonogiannakis E, Zeiris H, Papandreou MG. The effect of cross exercise on quadriceps strength in different knee angles after the anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J of Biometricity* 2007; 1: 123-37.
14. Wigerstad-Lossing I, Grimby G, Jonsson T, Morelli B, Peterson L, Renström P. Effects of electrical muscle stimulation combined with voluntary contractions after knee ligament surgery. *Medicine and Science in Sports and exercise* 1988; 20(1): 93.
15. Fitzgerald GK. Open versus closed kinetic chain exercise: issues in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstructive surgery. *Physical therapy* 1997; 77(12): 1747-54.
16. Housh T, Housh D, Weir J, Weir L. Effects of eccentric-only resistance training and detraining. *International journal of sports medicine* 1996; 17(2): 145-8.
17. Kannus P, Alosa D, Cook L, Johnson R, Renström P, Pope M, et al. Effect of one-legged exercise on the strength, power and endurance of the contralateral leg. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 1992; 64(2): 117-26.
18. Magnus C. Clinical application of cross-education to unilateral limb immobilization. 2013.
19. Farthing JP, Krentz JR, Magnus CR. Strength training the free limb attenuates strength loss during unilateral immobilization. *Journal of Applied Physiology* 2009; 106(3): 830-6.
20. Jozsa L, Thöring J, Järvinen M, Kannus P, Lehto M, Kvist M. Quantitative alterations in intramuscular connective tissue following immobilization: an experimental study in the rat calf muscles. *Experimental and molecular pathology* 1988; 49(2): 267-78.
21. Hendy AM, Spittle M, Kidgell DJ. Cross education and immobilisation: mechanisms and implications for injury rehabilitation. *Journal of science and medicine in sport* 2012; 15(2): 94-101.
22. Pierrot-Deseilligny E, Burke D. The circuitry of the human spinal cord: its role in motor control and movement disorders: Cambridge University Press; 2005.
23. Hortobágyi T, Taylor JL, Petersen NT, Russell G, Gandevia SC. Changes in segmental and motor cortical output with contralateral muscle contractions and altered sensory inputs in humans. *Journal of Neurophysiology* 2003; 90(4): 2451-9.
24. Dragert K, Zehr EP. Bilateral neuromuscular plasticity from unilateral training of the ankle dorsiflexors. *Experimental brain research* 2011; 208(2): 217-27.

25. Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, Lee M, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *Journal of Applied Physiology* 2006; 101(5): 1514-22.
26. Eliassen JC, Baynes K, Gazzaniga MS. Direction information coordinated via the posterior third of the corpus callosum during bimanual movements. *Experimental brain research* 1999; 128(4): 573-7.
27. Iwamura Y, Taoka M, Iriki A. Book Review: Bilateral Activity and Callosal Connections in the Somatosensory Cortex. *The Neuroscientist*. 2001;7(5): 419-29.
28. Dettmers C, Ridding MC, Stephan KM, Lemon RN, Rothwell JC, Frackowiak R. Comparison of regional cerebral blood flow with transcranial magnetic stimulation at different forces. *Journal of Applied Physiology* 1996; 81(2): 596-603.
29. Farthing JP, Borowsky R, Chilibeck PD, Binsted G, Sarty GE. Neuro-physiological adaptations associated with cross-education of strength. *Brain topography* 2007; 20(2): 77-88.