DOI: 10.22122/jrrs.v14i3.3216 Published by Vesnu Publications

بررسی حس نیروی استاتیک عضلات فلکسوری زانو پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی: یک مطالعه مقطعی

محمود پناهی[۱]، سید محسن میربد[۲]، زهرا سادات رضائیان[۳]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: حس نیرو، یکی از سه جزء اصلی حس عمقی و مربوط به درک نیروی داخل عضلات در حین انقباض می‌باشد. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی حس نیروی استاتیک عضلات فلکسوری زانو پس از بازسازی رباط متقاطع قدامی (Anterior cruciate ligament یا ACL) در مقایسه با زانوی فرد سالم بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مقطعی، ۳۲ مرد ۱۹ تا ۴۰ سال غیر ورزشکار شرکت نمودند و به صورت هدفمند در دو گروه ۱۶ نفره جراحی ACL و سالم قرار گرفتند. جهت ارزیابی حس نیرو، از دستگاه بایودکس ۳ استفاده شد. نمونه‌ها به طور تصادفی در یکی از زوایای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه، حداکثر گشتاور ایزومتریک ارادی عضلات همسترینگ را تولید کردند. دو نیروی هدف ۲۰ و ۶۰ درصد، حداکثر انقباض در نظر گرفته شد و افراد در هر سه زاویه به صورت تصادفی، ابتدا با بازخورد بینایی و سپس بدون بازخورد بینایی این دو نیرو را تولید نمودند تا میزان اختلاف درک نیرو در هر فرد مشخص شود. آزمون Mann-Whitney U جهت مقایسه میانگین حس نیروی استاتیک بین دو گروه مورد استفاده قرار گرفت و ارتباط بین حداکثر گشتاور زانو و دقت برآورد حس نیز با ضریب همبستگی Kendall's tau-b محاسبه گردید.

یافته‌ها: اختلاف معنی‌داری در میانگین خطای حس نیروی فلکسوری زانو در زوایای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه با نیروی هدف ۲۰ و ۶۰ درصد بین افراد گروه ACL و گروه سالم وجود نداشت ($P > ۰/۰۵$). همچنین، ارتباط معنی‌داری بین میانگین خطای حس نیروی فلکسوری در زوایای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه با نیروی هدف ۲۰ و ۶۰ درصد و حداکثر گشتاور ایزومتریک ارادی فلکسوری زانو در هیچ یک از دو گروه مشاهده نشد ($r \leq ۰/۸۲$، $P > ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد، حس نیروی استاتیک عضلات فلکسوری زانو پس از گذشت شش ماه از جراحی ACL، مشابه افراد سالم خواهد شد.

کلید واژه‌ها: حس نیروی استاتیک، عضلات همسترینگ، بازسازی رباط متقاطع قدامی

ارجاع: پناهی محمود، میربد سید محسن، رضائیان زهرا سادات. **بررسی حس نیروی استاتیک عضلات فلکسوری زانو پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی: یک مطالعه مقطعی.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۷؛ ۱۴ (۳): ۱۵۹-۱۵۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۲۰ تاریخ چاپ: ۱۳۹۷/۵/۱۵

مقدمه

در حوزه آسیب‌های مفصل زانو، پارگی رباط متقاطع قدامی (Anterior cruciate ligament یا ACL) شیوع بالا و رو به افزایشی دارد (۱). اطلاعات حس عمقی از طریق آوران‌های مرتبط با گیرنده‌های مکانیکی محیطی که در عضلات، تاندون‌ها، لیگامان‌ها، کپسول مفاصل و پوست قرار دارند، منتقل می‌شود (۲). این گیرنده‌های مکانیکی در ACL به تعداد زیادی وجود دارند (۳) و به همین دلیل پارگی این رباط نه فقط به دلیل آسیب یک لیگامنت حمایت‌کننده مفصل زانو، بلکه به علت اختلال در حس عمقی، باعث بی‌ثباتی زانو می‌شود (۴، ۵).

به دنبال این عارضه، ظرفیت فعالیت عضلات زانو برای پاسخ مناسب به فشارهای وارد شده کاهش می‌یابد (۵، ۶). بازسازی ACL (ACL reconstruction) با بهبود ثبات زانو، منجر به ارتقای عملکرد مفصل زانو می‌شود (۷). حس عمقی دارای سه جزء اصلی «حس تشخیص وضعیت، حس تشخیص حرکت و حس تشخیص نیرو (Tension)» می‌باشد. حس نیرو مربوط به درک نیرو داخل عضلات در حین انقباض و جزء مهمی در کیفیت عملکرد حرکتی محسوب می‌شود و با دقت مناسبی قابل برآورد می‌باشد (۸، ۹).

برای این که مفصل ثبات لازم را برای انجام فعالیت‌هایش بدون این که به

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی و عضلانی، مجموعه مراکز تحقیقاتی (پژوهشکده) دانشکده علوم توانبخشی و کمیته تحقیقات دانشجویی و گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی و دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- مربی، مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی و عضلانی، مجموعه مراکز تحقیقاتی (پژوهشکده) دانشکده علوم توانبخشی و گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی و دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- استادیار، مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی و عضلانی، مجموعه مراکز تحقیقاتی (پژوهشکده) دانشکده علوم توانبخشی و گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی و دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

نویسنده مسؤول: سید محسن میربد Email: mirbod@rehab.mui.ac.ir

مفصل آسیبی برسد، داشته باشد، داشتن حس وضعیت و حس حرکت به تنهایی کافی نیست و به همان اندازه سلامت حس نیرو جهت تنظیم سطح تشخیص نیروی عضلانی به طور مناسب و بدون هیچ‌گونه آسیب به مفصل در طول وزن‌اندازی (Weight-bearing) ضروری است (۱۱، ۱۰). در بیشتر پژوهش‌ها، از آزمون‌های حس وضعیت مفصل و آستانه تشخیص حرکت غیر فعال، برای ارزیابی عملکرد و حس عمقی افراد پس از ACL reconstruction استفاده شده است؛ به طوری که نتایج برخی از آن‌ها نشان دهنده اختلال حس عمقی فرد جراحی شده در مقایسه با افراد سالم می‌باشد (۱۴-۱۲). از جمله در آزمون‌های Joint position، Flexion Threshold و Latency Onset of Hamstring Muscles برای ارزیابی حس عمقی، مشخص شد که این افراد در مقایسه با افراد سالم، از عملکرد حسی و حرکتی ضعیف‌تری برخوردار هستند و این جراحی به میزان کمی می‌تواند سلامت ACL را برگرداند (۱۵). از طرف دیگر، نتایج مطالعه‌ای نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در نتایج آزمون‌های Joint position sense flexion، Postural control و Step-up and down وجود نداشت (۱۶).

عملکرد عضلات همسترینگ، خم کردن زانو و کنترل صاف شدن زانو است. علاوه بر این، با چرخش تیبیا در ارتباط می‌باشد و مهم‌تر از همه این که از نیمه دررفتگی استخوان تیبیا به سمت قدام زیر استخوان فمور و ایجاد استرس روی رباط ACL جلوگیری می‌کند (۲۰-۱۷). قدرت عضلات همسترینگ بعد از جراحی ACL، در زوایای ۲۰ تا ۳۰ درجه که بالاترین مقدار گشتاور خروجی این عضلات در این زوایا است، به صورت قابل توجهی کاهش نمی‌یابد، اما قدرتشان در زوایای بالاتر کاهش پیدا می‌کند (۲۲، ۲۱). نتایج تحقیقی نشان داد که قدرت عضلات همسترینگ بعد از جراحی بازسازی ACL reconstruction، در زوایای بالای ۳۰ درجه خم کردن زانو به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد (۲۳) و پژوهش دیگری عنوان نمود که قدرت عضلات همسترینگ بعد از جراحی بازسازی رباط ACL به میزان ۱۷ درصد کاهش پیدا می‌کند (۲۴). عضلات همسترینگ، همکار رباط ACL می‌باشد و پس از آسیب ACL، دچار پرکاری و اسپاسم می‌گردد تا جابه‌جایی قدامی استخوان تیبیا را محدود و اختلال عملکرد ACL را جبران نماید (۲۵). بنابراین، نیروی عضلات همسترینگ در بازیابی عملکرد زانو پس از ACL reconstruction اهمیت فراوانی دارد و بررسی حس نیروی آن به عنوان بخشی از حس عمقی مفصل زانو می‌تواند ارزش بالینی داشته باشد.

در مطالعات بسیاری سطوح عملکرد و حس عمقی افراد پس از جراحی ACL reconstruction مورد ارزیابی قرار گرفته است و بیشتر مطالعات برای ارزیابی حس عمقی، از آزمون‌های حس وضعیت مفصل و آستانه تشخیص حرکت غیر فعال استفاده کرده‌اند (۲۶، ۱۲). حس نیرو به تازگی مورد توجه واقع شده، اما با این وجود تحقیقات بسیار کمی در ارتباط با این حس برای ارزیابی علمی حس عمقی مفصل زانو صورت گرفته است (۲۷). حس نیرو یکی از مکانیزم‌هایی است که سیستم عصبی را قادر می‌سازد تا درباره میزان نیروی عضلانی قضاوت کند.

برای کنترل حرکت و وضعیت، به همان اندازه که پردازش شاخص طول عضله نیاز است، پردازش دقیق حس تشخیص نیروی عضله نیز اهمیت دارد و اختلال در یکی از این دو شاخص، به طور قطع بر کنترل حرکت تأثیر خواهد گذاشت و می‌تواند احتمال آسیب را افزایش دهد (۲۸). به دلیل آسیب ACL پس از جراحی بازسازی و به هم خوردن مکانیسم‌های کنترل عصبی و آسیب‌های همراه در بافت‌های دیگر اطراف مفصل، احتمال اختلال حس نیرو در عضلات اطراف زانو به خصوص عضلات همسترینگ که همکار ACL در زانو هستند، وجود دارد (۲۹، ۲۵). بنابراین، نیروی عضله همسترینگ در بازیابی عملکرد زانو پس از ACL reconstruction اهمیت دارد و بررسی حس نیروی آن به عنوان بخشی از حس عمقی مفصل زانو می‌تواند دارای ارزش بالینی باشد. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان تفاوت حس نیروی زانوی افراد پس از جراحی ACL reconstruction با زانوی افراد سالم و همچنین، تعیین ارتباط بین حداکثر گشتاور فلکسوری زانو و دقت برآورد حس نیرو در افراد دو گروه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه، کاربردی از نوع مقطعی بود که به صورت ارزیابی موردی، در مرکز تحقیقات دانشکده تربیت بدنی دانشگاه اصفهان در شهریور سال ۱۳۹۶ صورت گرفت. قبل از شروع تحقیق، روش انجام آزمون‌ها به تأیید کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی اصفهان رسید (کد تصویب ۳۹۶۶۰۴ و کد اخلاق IR.MUI.REC.1396.3.603) و جزییات آن برای داوطلبان شرکت‌کننده توضیح داده شد و از آن‌ها رضایت‌نامه آگاهانه اخذ گردید.

افراد از طریق فراخوان در مراکز درمانی دولتی و خصوصی شهر اصفهان و اطلاع‌رسانی در شبکه‌های اجتماعی و پوستر، به شرکت در پژوهش تشویق شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل مردان غیر ورزشکار سالم، انجام جراحی ACL reconstruction (۱۶)، گذشت حداقل شش ماه از انجام جراحی (۳۰)، دامنه سنی بین ۱۷ تا ۵۰ سال (۳۰) و نداشتن هیچ‌گونه آسیب دیگر در اندام تحتانی در گروه ACL reconstruction (۱۶) بود. عدم همکاری یا انصراف در طول جلسه ارزیابی (۱۶)، افراد دارای آسیب منیسک، وجود مشکلات کمر و لگن، درد رادیکولار، درد حین راه رفتن (۱۶)، عدم توانایی در تکمیل ارزیابی‌ها (۱۶)، وجود Extension Lag در زانوی فرد (۳۱) و وجود درد در زانوی فرد (۱۶) نیز به عنوان شرایط خروج در نظر گرفته شد. در گروه سالم، هر نوع سابقه آسیب اندام تحتانی باعث ممانعت از حضور فرد در تحقیق بود (۱۶). معیارهای ورود و خروج افراد توسط یک فیزیوتراپیست باتجربه که نسبت به طرح پژوهش ناآگاه بود، بررسی گردید.

نمونه‌ها وارد مطالعه شدند و به صورت هدفمند در دو گروه ۱۶ نفره قرار گرفتند. حجم نمونه در هر گروه با توجه به تحقیقات پیشین که حس وضعیت را در مفصل زانو مورد ارزیابی قرار داده بود (۱۶)، در نظر گرفتن $\alpha = ۰/۰۵$ و $\beta = ۰/۸$ و با کمک نرم‌افزار G*Power (version 3.1.5, Freeware, University of Düsseldorf, Düsseldorf, Germany)، ۱۶ نفر به دست آمد (۳۳، ۳۲). افراد سالم به عنوان گروه سالم و کسانی که حداقل شش ماه از جراحی آن‌ها گذشته بود، به عنوان گروه ACL reconstruction مورد بررسی قرار گرفتند. شرکت‌کنندگان هر دو گروه توسط دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد فیزیوتراپی که نسبت به گروه‌بندی افراد بی‌اطلاع بود، به وسیله دستگاه بایودکس (Biodex System 3Multi-Joint Testing and Rehabilitation System, Biodex Medical Systems Inc., Shirley, NY, USA) (۳۴) از لحاظ حس نیروی عضلات فلکسوری زانو ارزیابی شدند. بدین صورت که ابتدا شرکت‌کنندگان ۵ دقیقه بر روی دوچرخه

http://jrrs.mui.ac.ir

ثابت بدون مقاومت و با سرعت رکاب زدن دلخواه گرم کردند (۳۵) و سپس روی صندلی بایودکس قرار گرفتند.

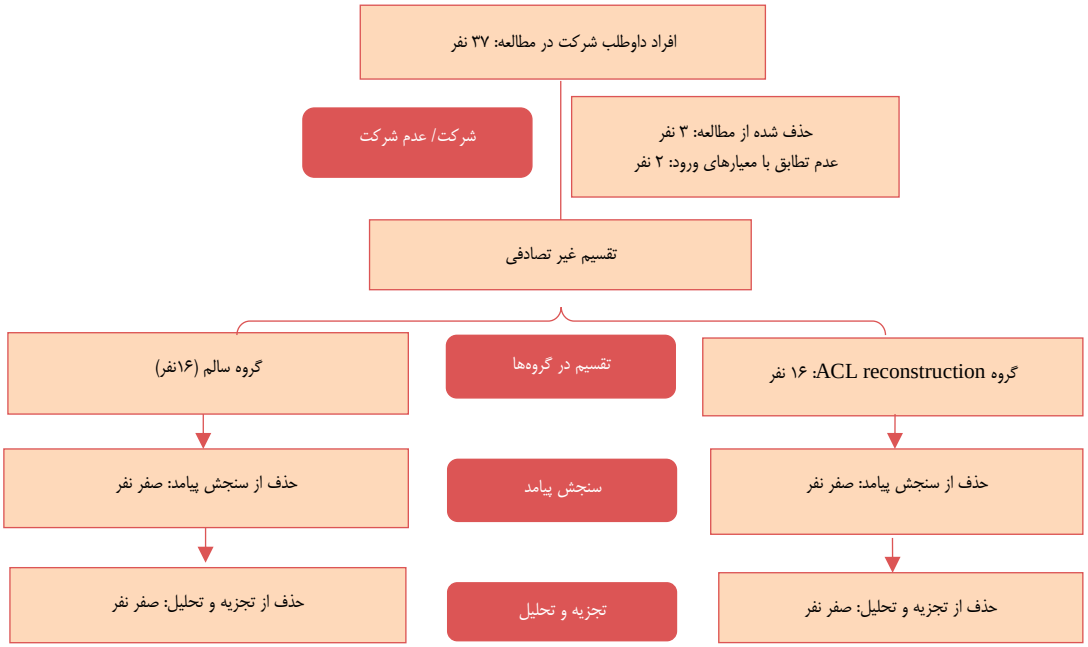
برای هر فرد، مفصل زانو به صورت تصادفی و با قرعه‌کشی در یکی از زوایای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه قرار داده شد. علت انتخاب زوایای فوق این بود که بالاترین مقدار گشتاور خروجی عضلات همسترینگ در زوایای ۲۰ تا ۳۰ درجه فلکشن زانو است (۲۲، ۲۱)؛ در حالی که بر اساس پژوهش‌های موجود، قدرت این عضلات بعد از جراحی ACL reconstruction در این زوایا تغییر قابل توجهی نمی‌یابد و در زوایای بالاتر کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد (۲۳-۲۱). حداکثر انقباض ایزومتریک ارادی (Maximum voluntary isometric contraction یا MVIC) در زاویای فوق با ترتیب تصادفی و از طریق قرعه‌کشی از افراد گرفته شد. سپس به منظور ارزیابی حس نیرو، بر اساس مطالعه صلاح‌زاده و همکاران (۳۶)، نیروی هدف به صورت ۲۰ و ۶۰ درصد MVIC تعیین و بر روی نمایشگر دستگاه به عنوان بازخورد بینایی مشخص گردید. سپس افراد به ترتیب تصادفی و به قید قرعه، نیروی انقباضی مورد نظر (۲۰ و ۶۰ درصد MVIC) را با چشم باز (با مشاهده بازخورد بینایی روی نمایشگر دستگاه) تولید کردند. پس از رسیدن به نیروی هدف، فرد آن نیرو را ۵ ثانیه نگه می‌داشت. پس از ۵ ثانیه استراحت، از فرد درخواست شد چشمان خود را ببندد (حذف بازخورد بینایی) و همان نیروی هدف را مجدد بر اساس درک خود از حس تشخیص نیروی عضله، ایجاد و آن را ۵ ثانیه حفظ نماید. ترتیب تولید نیروی هدف (۲۰ و ۶۰ درصد MVIC) و ترتیب زوایای تولید آن تصادفی و به قید قرعه بود. بین هر آزمون تا آزمون بعدی در زاویه و نیروی هدف جدید، ۳۰ ثانیه استراحت در نظر گرفته شد تا فرد خاطره نیروی قبلی را فراموش کند (۴۰-۳۷).

برای تمام افراد تولید نیرو با وجود بازخورد بینایی انجام شد تا فرد نیروی هدف را به مدت ۵ ثانیه با چشم باز تولید و آن را درک کند و به ذهن بسپارد. سپس همان میزان نیروی درک کرده را با دقت با چشمان بسته بازتولید نماید تا تفاوت میزان نیروی تولید شده با چشمان باز با میزان نیروی درک شده توسط گیرنده‌های مکانیکی داخل مفصل و رباط ACL در حالت چشم بسته مقایسه گردد. بر این اساس، آزمون حس نیرو طی شش مرحله برای هر شرکت‌کننده به طور تصادفی در یکی از مراحل «زاویه ۳۰ درجه با ۲۰ درصد MVIC، زاویه ۳۰ درجه با ۶۰ درصد MVIC، زاویه ۶۰ درجه با ۲۰ درصد MVIC، زاویه ۶۰ درجه با ۶۰ رصد MVIC، زاویه ۹۰ درجه با ۲۰ درصد MVIC و زاویه ۹۰ درجه با ۶۰ درصد MVIC» انجام گرفت.

ابتدا وجود داده‌های پرت با محاسبه Z-score و توزیع نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk بررسی گردید. جهت مقایسه میانگین حس نیروی استاتیک و حداکثر گشتاور ایزومتریک ارادی بین دو گروه در شش وضعیت مورد بررسی با توجه عدم تبعیت توزیع داده‌ها از توزیع نرمال، از آزمون Mann-Whitney استفاده شد. ارتباط بین حداکثر گشتاور زانو و دقت برآورد حس نیز با ضریب همبستگی Kendall's tau-b محاسبه گردید. در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ (version 20, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. $P < ۰/۰۵$ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

هیچ کدام از متغیرهای مورد بررسی از توزیع نرمال پیروی نکرد و بنابراین، مقایسه گروه‌ها با استفاده از آزمون Mann-Whitney انجام شد. ۳۲ نفر وارد مطالعه شدند و همگی کلیه مراحل مطالعه را به صورت کامل طی کردند. مراحل انجام پژوهش در شکل ۱ ارایه شده است.



شکل ۱. فرایند ورود افراد به مطالعه و میزان ریزش

ACL reconstruction: Anterior cruciate ligament reconstruction

http://jrrs.mui.ac.ir

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان به تفکیک گروه

گروه	سن (سال) (میانگین ± انحراف معیار)	وزن (کیلوگرم) (میانگین ± انحراف معیار)	قد (سانتی‌متر) (میانگین ± انحراف معیار)	اندام غالب راست (درصد)	اندام ACL reconstruction راست (درصد)	اندام غالب و اندام آسیب دیده هم‌نام (درصد)
سالم	۲۳/۹۰ ± ۴/۹۴	۷۶/۶۲ ± ۳/۰۸	۱۷۷/۰۰ ± ۸/۲۸	۸۱/۲۵	۰	۰
ACL reconstruction	۲۷/۵۱ ± ۵/۲۹	۷۷/۵۰ ± ۵/۸۷	۱۷۵/۰۰ ± ۱۶/۶۰	۶۲/۵۰	۶۸/۷۵	۶۲/۵۰

ACL reconstruction: Anterior cruciate ligament reconstruction

مشخصات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان به تفکیک گروه‌ها در جدول ۱ آمده است.

متوسط نیروی هدف در گروه‌های سالم و ACL reconstruction در جدول ۲ ارایه شده است.

تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های ACL reconstruction و سالم در میانگین خطای حس نیروی فلکسوری زانو در زوایای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه با نیروی هدف ۲۰ و ۶۰ درصد MVIC وجود نداشت ($P > ۰/۰۵$) (جدول ۳).

ارتباط بین میانگین خطای حس نیروی فلکسوری و MVICفلکسوری زانو در هر دو گروه در جدول ۴ ارایه شده است. ارتباط معنی‌داری بین دو گروه در میانگین خطای حس نیروی فلکسوری در زاویه ۳۰ درجه با نیروی هدف ۲۰ و ۶۰ درصد MVIC و حداکثر گشتاور ایزومتریک ارادی فلکسوری زانو مشاهده نشد ($P \geq ۰/۰۵$).

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین افراد سالم و کسانی که حداقل شش ماه پیش عمل جراحی ACL reconstruction را انجام داده بودند، مشاهده نشد؛ به گونه‌ای که ارزیابی‌ها در هر سه زاویه و با هر دو سطح نیروی هدف نتایج مشابهی داشت. همچنین، ارتباط معنی‌داری بین دو گروه در میانگین خطای حس نیروی فلکسوری در زاویای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درجه در دو سطح نیروی هدف ۲۰ و ۶۰ درصد MVIC با حداکثر گشتاور ایزومتریک ارادی فلکسوری زانو مشاهده نشد.

اختلال حس نیرو می‌تواند یکی از علل و یا پیامدهای آسیب‌های اسکلتی- عضلانی باشد. بر اساس مطالعات موجود، حس وضعیت مفصلی و حس نیرو ممکن است با بروز اختلالات اسکلتی- عضلانی مانند سندرم درد کشککی- رانی (۳۶) یا آسیب عضلانی ناشی از ورزش (۴۱) دچار اختلال شود. گفته می‌شود که آسیب‌های عضلانی ناشی از ورزش می‌تواند حس وضعیت مفصلی و حس نیرو را تا بیشتر از ۴۸ ساعت و حس حرکت را تا ۲۴ ساعت دچار اختلال کند که این پدیده شاید به دلیل تأثیر نامطلوب آسیب مذکور بر گیرنده‌های مسؤول تأمین حس نیرو باشد (۴۱). نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که آسیب‌های همراه با آسیب‌های لیگامانی مچ پا، ممکن است علت اصلی اختلال حس نیرو باشد. ارگان‌های تاندونی گلژی (Golgi tendon organs یا GTO) به عنوان اصلی‌ترین گیرنده‌های حس نیرو، در محل اتصال تاندون- عضله قرار دارند و به همین علت حین کشیدگی‌های عضلانی، به شدت مستعد آسیب هستند (۱۰). گفته می‌شود که ضایعه GTO به همراه عضلات و لیگامان‌های مجاور آن‌ها می‌تواند فرد مبتلا را در تخمین نیروی مورد نیاز در محل اتصال تاندون عضلات ناتوان کند و زمینه را برای عود بی‌ثباتی فراهم سازد (۱۰). بنابراین، احتمال دارد به دنبال ACL reconstruction، سلامت GTO در واحد عضلانی- تاندونی عضله همسترینگ (اصلی‌ترین همکار ACL در مفصل زانو)، از دیگر گیرنده‌های مکانیکی حس نیرو در ساختار مفصل بسیار مهم‌تر و تعیین‌کننده‌تر باشد.

در بیشتر پژوهش‌های انجام شده، خطای حس نیرو به دنبال آسیب عضلانی و یا تغییر مکانیسم‌های کنترل عصبی- عضلانی در عضلات مجاور مفصل مربوط به آن اتفاق افتاده بود. در مطالعه حاضر، هیچ‌گونه آسیب و اختلالی در عضلات همسترینگ گروه سالم مشاهده نشد و بر اساس نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد که در گروه ACL reconstruction نیز اختلالی در این عضلات وجود نداشته باشد. بنابراین، می‌توان گفت با وجود اختلال قطعی در عملکرد گیرنده‌های مکانیکی به دنبال آسیب ACL (۶-۴)، شاید صرف نظر از نوع توان‌بخشی انجام شده، شش ماه پس از ACL reconstruction، اصلی‌ترین گیرنده‌های حس نیرو یعنی GTO در واحد عضلانی- تاندونی همسترینگ و دیگر گیرنده‌های مکانیکی حس نیرو در ساختار مفصل به وضعیت و عملکرد طبیعی خود بازگشته‌اند و به همین دلیل اختلال حس نیرو در گروه ACL reconstruction در مقایسه با گروه سالم مشاهده نشد.

جدول ۲. میانگین حداکثر انقباض ایزومتریک ارادی Maximum voluntary isometric contraction (MVIC) و نیروی هدف در گروه‌های مورد بررسی

گشتاور (نیوتون متر)	MVIC			۶۰ درصد MVIC			۲۰ درصد MVIC		
زاویه اندازه‌گیری (درجه)	۳۰	۶۰	۹۰	۳۰	۶۰	۹۰	۳۰	۶۰	۹۰
سالم	۱۴۸/۰۰ ± ۲۳/۲۸	۱۲۵/۰۰ ± ۲۳/۳۶	۹۵/۸۱ ± ۱۵/۷۹	۹۰/۰۰ ± ۱۳/۵۸	۷۶/۰۷ ± ۱۳/۹۰	۵۳/۴۲ ± ۸/۲۰	۳۰/۳۳ ± ۴/۱۴	۲۵/۷۴ ± ۴/۲۱	۱۸/۶۹ ± ۳/۸۲
ACL reconstruction	۱۳۶/۰۰ ± ۱۱/۹۱	۱۱۹/۰۰ ± ۱۱/۴۱	۸۲/۹۰ ± ۹/۸۹	۸۱/۸ ± ۷/۹۸	۶۹/۴۴ ± ۱۴/۵۴	۵۲/۶۲ ± ۱۱/۵۳	۲۷/۹۸ ± ۲/۸۵	۲۴/۸۳ ± ۳/۴۰	۱۷/۶۹ ± ۳/۵۱
مقدار P	۰/۵۹	۰/۹۲	۰/۹۶	۰/۶۲	۰/۸۱	۰/۴۷	۰/۱۸	۰/۶۱	۰/۰۸

ACL reconstruction: Anterior cruciate ligament reconstruction; MVIC: Maximum voluntary isometric contraction

داده‌ها بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

http://jrrs.mui.ac.ir

جدول ۳: میانگین خطای حس نیروی فلکسوری زانو (هر گروه: ۱۶ نفر)

زاویه اندازه‌گیری	نیروی هدف	گروه	میانگین ± انحراف معیار	بیشترین مقدار	کمترین مقدار	مقدار P
۳۰ درجه	۲۰ درصد MVIC	سالم	۳/۱۷ ± ۰/۳۷	۳/۸۰	-۳/۷۰	۰/۱۸
		ACL reconstruction	۲/۹۴ ± -۱/۶۲	۳/۶۰	-۴/۸۰	
	۶۰ درصد MVIC	سالم	۲/۶۸± ۱/۰۲	۳/۴۰	-۳/۰۰	۰/۰۶
		ACL reconstruction	۲/۶۷ ± ۲/۰۶	۳/۹۰	-۳/۶۰	
۶۰ درجه	۲۰ درصد MVIC	سالم	۳/۴۴ ± -۰/۱۹	۳/۶۰	-۴/۳۰	۰/۱۲
		ACL reconstruction	۳/۹۴ ± ۱/۰۸	۴/۶۰	-۴/۳۰	
	۶۰ درصد MVIC	سالم	۳/۰۰ ± ۰/۲۳	۳/۹۰	-۳/۴۰	۰/۲۲
		ACL reconstruction	۴/۴۸ ± -۰/۷۹	۶/۶۰	-۴/۹۰	
۹۰ درجه	۲۰ درصد MVIC	سالم	۲/۴۲ ± ۰/۳۸	۲/۹۰	-۲/۷۰	۰/۰۷
		ACL reconstruction	۳/۵۸ ± -۱/۴۴	۴/۱۰	-۴/۴۰	
	۶۰ درصد MVIC	سالم	۳/۱۷ ± -۰/۴۷	۳/۷۰	-۳/۸۰	۰/۱۰
		ACL reconstruction	۴/۲۱ ± -۱/۷۱	۴/۸۰	-۴/۹۰	

ACL reconstruction: Anterior cruciate ligament reconstruction; MVIC: Maximum voluntary isometric contraction

بر اساس مطالعات صورت گرفته، به نظر می‌رسد تاکنون حس نیروی عضلات همسترینگ در افراد سالم و ACL reconstruction مقایسه نشده است. متون گذشته تنها به مقایسه حس وضعیت مفصل و درک حرکت غیر فعال مفصل پرداخته بودند و به همین دلیل مقایسه نتایج چندان قابل اعتماد نخواهد بود. هرچند تحقیقاتی که به ارزیابی حس عمقی مفصل زانو از دو روش بازسازی مفصلی جهت تعیین حس وضعیت مفصلی و همچنین، تعیین آستانه درک حرکت غیر فعال پرداختند (۱۶، ۱۴)، نتایجی مشابه با یافته‌های پژوهش حاضر گزارش کردند. در مطالعه‌ای، حس عمقی مفصل زانو پس از جراحی ACL reconstruction در مقاطع زمانی قبل از جراحی، ۳ هفته، ۵ هفته، ۳ ماه و ۶ ماه پس از جراحی بررسی گردید و مشاهده شد که دقت درک حرکت غیر فعال مفصل قبل از جراحی در پای مبتلا و غیر مبتلا نسبت به افراد سالم ضعیف‌تر بود (۴۱)؛ در حالی که نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که پس از جراحی این مشکل به تدریج بهبود یافت و ۶ ماه بعد نیز هیچ اختلاف معنی‌داری با افراد سالم مشاهده نشد (۱۶، ۱۴). در پژوهش دیگری به این نتیجه دست یافت که گرافت ACL از تاندون همسترینگ و تاندون پاتلا هر دو باعث ضعف حس وضعیت مفصلی و حس حرکت مفصل در پای آسیب دیده نسبت به پای مقابل پس از جراحی می‌گردد که این اشکال ۶ ماه پس از جراحی از بین رفت (۳۰). نتایج مطالعات حاکی از آن است که پس از جراحی ACL reconstruction، در صورت سالم بودن دیگر گیرنده‌ها، مفصل زانو از نظر حس عمقی روند رو به بهبودی را طی خواهد کرد؛ به گونه‌ای که ۶ ماه پس از جراحی اختلال قابل ملاحظه‌ای در حس عمقی مشاهده نمی‌شود. از آن‌جا که حس نیرو بخشی از حس عمقی مفصل است، یافته‌های مذکور به صورت ضمنی نتایج بررسی حاضر را تأیید می‌کند. همچنین، یافته‌های حاضر این احتمال را تقویت می‌کند که در فرایند بهبودی پس از ACL reconstruction، صرف نظر از نوع گرافت استفاده شده و برنامه توان‌بخشی بعد از عمل جراحی، گیرنده‌های حس نیروی عضلات همسترینگ طی ۶ ماه به وضعیت سلامت باز می‌گردند و شاید به همین دلیل تفاوتی در خطای درک نیرو بین دو گروه مشاهده نگردید.

یافته دیگر بررسی حاضر، عدم ارتباط بین خطای حس نیروی استاتیک فلکسوری و مقدار نیروی حداکثر انقباض ایزومتریک ارادی است. یافته‌های پژوهشی گزارش کرد که قدرت عضلات همسترینگ بعد از جراحی ACL reconstruction، به میزان ۱۷ درصد کاهش می‌یابد (۲۴). نتایج مطالعه Carson و همکاران نشان داد که در اثر تمرینات عضلات سه سر بازویی، با وجود افزایش دستورات حرکتی و فعالیت الکتریکی عضله، دقت برایند نیرو در عضله مربوط کاهش می‌یابد. آن‌ها در تحقیق خود از ۵۰ انقباض اکسنتریک و کانسنتریک در ۸ دوره با شدت ۸۵ درصد حداکثر یک تکرار کانسنتریک روی این عضلات بهره گرفتند (۴۲). با توجه به این که در بررسی آنان، ارزیابی حس نیرو حداکثر تا دو روز بعد از تمرینات عضلانی ادامه داشت (۴۲)، می‌توان گفت که تأثیر خستگی و آسیب عضلانی به واسطه ورزش بر دقت حس نیرو نادیده گرفته شده است.

جدول ۴. ارتباط بین میانگین خطای حس نیروی فلکسوری و حداکثر گشتاور ایزومتریک ارادی فلکسوری زانو در گروه‌های مورد بررسی

زاویه اندازه‌گیری (درجه)	گروه	۳۰		۶۰		۹۰	
نیروی هدف (درصد MVIC)		۲۰ درصد	۶۰ درصد	۲۰ درصد	۶۰ درصد	۲۰ درصد	۶۰ درصد
ضریب همبستگی (r)	سالم (۱۶ نفر)	-۰/۰۹	۰/۲۹	۰/۰۴	۰/۰۶	-۰/۰۴	-۰/۱۱
	ACL reconstruction (۱۶ نفر)	-۰/۱۰	۰/۲۴	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۸۲	۰/۵۲
مقدار P	سالم (۱۶ نفر)	۰/۶۱	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۳۱	۰/۱۵	۰/۱۷
	ACL reconstruction (۱۶ نفر)	۰/۵۹	۰/۱۸	۰/۵۲	۰/۱۰	۰/۴۱	۰/۳۶

ACL reconstruction: Anterior cruciate ligament reconstruction; MVIC: Maximum voluntary isometric contraction

http://jrrs.mui.ac.ir

به نظر می‌رسد که در صورت عدم وجود خستگی و آسیب عضلانی در عضلات مورد ارزیابی، حتی در صورت کاهش قدرت عضله بعد از جراحی، تطابق مناسبی بین سیستم عصبی و قدرت عضلانی بیمار رخ می‌دهد و حس نیرو به طور کامل برآورد می‌شود. بنابراین، عدم ارتباط بین کاهش حداکثر گشتاور ایزومتریک ارادی عضلات همسترینگ و خطای حس نیرو منطقی می‌باشد.

محدودیت‌ها

در تحقیق حاضر اطلاعات زمینه‌ای مهمی در مورد مکانیسم بروز آسیب ACL، نوع جراحی افراد، رژیم توان‌بخشی پس از آن و قدرت عضلات قبل از انجام جراحی جمع‌آوری نگردید. همچنین، سطح فعالیت عضله و الگوی فراخوانی آن با استفاده از ثبت سیگنال‌های الکتریکی عضله (Electromyography یا EMG) میسر نبود. این اطلاعات امکان بحث دقیق‌تر در مورد نتایج پژوهش را فراهم می‌نمود. در مطالعه حاضر فقط افرادی که حداقل ۶ ماه از زمان جراحی آن‌ها گذشته بود، مورد بررسی قرار گرفتند. بنابراین، روند زمانی تغییر حس نیرو قابل بحث نبود. همچنین، بررسی حاضر تنها بر روی مردان و افراد غیر ورزشکار انجام شد.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی مکانیسم بروز آسیب ACL، نوع جراحی افراد، رژیم توان‌بخشی پس از آن و قدرت عضلات قبل از انجام جراحی بررسی گردد. همچنین، بهتر است سطح فعالیت عضله و الگوی فراخوانی در پژوهش‌های آینده ثبت شود. با توجه به نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد که حس نیروی عضله همسترینگ، ۶ ماه پس از جراحی ACL reconstruction به حد طبیعی باز می‌گردد. انجام مطالعات مشابه با ثبت اطلاعات در فواصل زمانی معین پس از جراحی ACL reconstruction، از لحاظ بالینی در شناسایی زمان بازگشت حس نیروی عضلات همسترینگ به سطح طبیعی، ارزش قابل توجهی خواهد داشت. همچنین، انجام این تحقیق در زنان و ورزشکاران توصیه می‌گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده این احتمالات را می‌دهد که ۶ ماه پس از جراحی ACL reconstruction، همه گیرنده‌های حس عمقی عضلات همسترینگ به ویژه گیرنده‌های GTO که مخصوص تأمین حس نیرو می‌باشند، صرف نظر از نوع گرافت استفاده شده و برنامه توان‌بخشی بعد از عمل، از نظر تأمین حس نیرو روند رو به بهبودی را طی خواهد کرد؛ به گونه‌ای که اختلال قابل توجهی در دقت حس نیروی عضلات همسترینگ مشاهده نمی‌شود و یا گیرنده‌های حس نیرو طی پارگی ACL به مقدار قابل ملاحظه‌ای دستخوش آسیب قرار نمی‌گیرند و این جزء از حس عمقی، سالم باقی می‌ماند.

این احتمال می‌رود که در صورت عدم وجود خستگی و آسیب عضلانی در عضلات مورد ارزیابی، حتی در صورت کاهش قدرت عضله بعد از جراحی، تطابق مناسبی بین سیستم عصبی و قدرت عضلانی فعلی بیمار رخ دهد و گیرنده‌های حس نیرو به خوبی عمل نمایند. بنابراین، عدم ارتباط بین کاهش حداکثر گشتاور ایزومتریک ارادی عضلات همسترینگ و خطای حس نیرو، منطقی به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد فیزیوتراپی با شماره ۳۹۶۶۰۴، مصوب دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد که با کد اخلاق IR.MUI.REC.1396.3.603 به ثبت رسید. بدین وسیله نویسندگان از سرکار خانم هوسپیان، مسؤول آزمایشگاه دانشکده تربیت بدنی و جناب آقای رجب‌زاده، دانشجوی مقطع دکتری فیزیوتراپی که در انجام ارزیابی‌ها مشارکت نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند. همچنین، از شورای بالینی و معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و همه بیمارانی که در اجرای این مطالعه همکاری کردند، سپاسگزاری می‌گردد.

نقش نویسندگان

محمود پناهی، فراهم کردن تجهیزات و نمونه‌های مطالعه، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر نتایج، خدمات تخصصی آمار، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران، سید محسن میربد، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، جذب منابع مالی برای انجام مطالعه، خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه، فراهم کردن تجهیزات و نمونه‌های مطالعه، مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران، زهرا سادات رضائیان، خدمات تخصصی آمار، تنظیم دست‌نوشته، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران را بر عهده داشتند.

منابع مالی

مطالعه حاضر بر اساس تحلیل ثانویه بخشی از اطلاعات مستخرج از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد فیزیوتراپی با شماره ۳۹۶۶۰۴ و کد اخلاق IR.MUI.REC.1396.3.603، در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان تصویب گردید. دانشگاه علوم پزشکی اصفهان در جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و گزارش آن‌ها، تنظیم دست‌نوشته و تأیید نهایی مقاله برای انتشار اعمال نظر نداشته است.

تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند. سید محسن میربد بودجه انجام مطالعات پایه مرتبط با این تحقیق را از دانشگاه علوم پزشکی اصفهان جذب نمود و از سال ۱۳۷۳ به عنوان عضو هیأت علمی گروه فیزیوتراپی در این دانشگاه مشغول به فعالیت می‌باشد. محمود پناهی از سال ۱۳۹۴ دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد فیزیوتراپی در دانشکده علوم توان‌بخشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد.

References

1. Pap G, Machner A, Nebelung W, Awiszus F. Detailed analysis of proprioception in normal and ACL-deficient knees. J Bone Joint Surg Br 1999; 81(5): 764-8.
2. Myers JB, Wassinger CA, Lephart SM. Sensorimotor contribution to shoulder stability: Effect of injury and rehabilitation. Man Ther 2006; 11(3): 197-201.
3. Johansson H, Sjolander P, Sojka P. A sensory role for the cruciate ligaments. Clin Orthop Relat Res 1991; (268): 161-78.
4. Dhillon MS, Bali K, Vasistha RK. Immunohistological evaluation of proprioceptive potential of the residual stump of injured anterior cruciate ligaments (ACL). Int Orthop 2010; 34(5): 737-41.
5. Beynnon BD, Ryder SH, Konradsen L, Johnson RJ, Johnson K, Renstrom PA. The effect of anterior cruciate ligament trauma and bracing on knee proprioception. Am J Sports Med 1999; 27(2): 150-5.
6. Solomonow M, Krogsgaard M. Sensorimotor control of knee stability. A review. Scand J Med Sci Sports 2001; 11(2): 64-80.
7. MacDonald PB, Hedden D, Pacin O, Sutherland K. Proprioception in anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knees. Am J Sports Med 1996; 24(6): 774-8.
8. Plaskett CJ, Cafarelli E. Caffeine increases endurance and attenuates force sensation during submaximal isometric contractions. J Appl Physiol (1985) 2001; 91(4): 1535-44.
9. Fredericson M. Patellofemoral pain in runners. J Back Musculoskelet Rehabil 1995; 5(4): 305-16.
10. Docherty CL, Arnold BL, Hurwitz S. Contralateral force sense deficits are related to the presence of functional ankle instability. J Orthop Res 2006; 24(7): 1412-9.
11. Arnold BL, Docherty CL. Low-load eversion force sense, self-reported ankle instability, and frequency of giving way. J Athl Train 2006; 41(3): 233-8.
12. Friden T, Roberts D, Zatterstrom R, Lindstrand A, Moritz U. Proprioception after an acute knee ligament injury: a longitudinal study on 16 consecutive patients. J Orthop Res 1997; 15(5): 637-44.
13. Corrigan JP, Cashman WF, Brady MP. Proprioception in the cruciate deficient knee. J Bone Joint Surg Br 1992; 74(2): 247-50.
14. 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; 19(1): 2-12.
15. Bonfim TR, Jansen Paccola CA, Barela JA. Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees. Arch Phys Med Rehabil 2003; 84(8): 1217-23.
16. Furlanetto TS, Peyre-Tartaruga LA, do Pinho AS, Bernardes ES, Zaro MA. Proprioception, body balance and functionality in individuals with acl reconstruction. Acta Ortop Bras 2016; 24(2): 67-72.
17. Draganich LF, Jaeger RJ, Kralj AR. Coactivation of the hamstrings and quadriceps during extension of the knee. J Bone Joint Surg Am 1989; 71(7): 1075-81.
18. Liu W, Maitland ME. The effect of hamstring muscle compensation for anterior laxity in the ACL-deficient knee during gait. J Biomech 2000; 33(7): 871-9.
19. MacWilliams BA, Wilson DR, DesJardins JD, Romero J, Chao EY. Hamstrings cocontraction reduces internal rotation, anterior translation, and anterior cruciate ligament load in weight-bearing flexion. J Orthop Res 1999; 17(6): 817-22.
20. More RC, Karras BT, Neiman R, Fritschy D, Woo SL, Daniel DM. Hamstrings--an anterior cruciate ligament protagonist. An in vitro study. Am J Sports Med 1993; 21(2): 231-7.
21. Scharf HP, Noack W. The importance of isokinetic measurement of force in sports and rehabilitation. Sportverletz Sportschaden 1987; 1(3): 142-9. [In German].
22. Nakamura N, Horibe S, Sasaki S, Kitaguchi T, Tagami M, Mitsuoka T, et al. Evaluation of active knee flexion and hamstring strength after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendons. Arthroscopy 2002; 18(6): 598-602.
23. Tashiro T, Kurosawa H, Kawakami A, Hikita A, Fukui N. Influence of medial hamstring tendon harvest on knee flexor strength after anterior cruciate ligament reconstruction. A detailed evaluation with comparison of single- and double-tendon harvest. Am J Sports Med 2003; 31(4): 522-9.
24. Marder RA, Raskind JR, Carroll M. Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction. Patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendons. Am J Sports Med 1991; 19(5): 478-84.
25. Neumann DN. Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Physical Rehabilitation. Philadelphia, PA: Mosby; 2002. p. 14-18.
26. Barrett DS. Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. J Bone Joint Surg Br 1991; 73(5): 833-7.
27. Godinho P, Nicoliche E, Cossich V, de Sousa EB, Velasques B, Salles JI. Proprioceptive deficit in patients with complete tearing of the anterior cruciate ligament. Rev Bras Ortop 2014; 49(6): 613-8.
28. Christou EA, Zelent M, Carlton LG. Force control is greater in the upper compared with the lower extremity. J Mot Behav 2003; 35(4): 322-4.
29. Ingersoll CD, Grindstaff TL, Pietrosimone BG, Hart JM. Neuromuscular consequences of anterior cruciate ligament injury. Clin Sports Med 2008; 27(3): 383-404, vii.
30. Angoules AG, Mavrogenis AF, Dimitriou R, Karzis K, Drakoulakis E, Michos J, et al. Knee proprioception following ACL reconstruction; a prospective trial comparing hamstrings with bone-patellar tendon-bone autograft. Knee 2011; 18(2): 76-82.
31. Shelbourne KD, Gray T. Results of anterior cruciate ligament reconstruction based on meniscus and articular cartilage status at the time of surgery. Five- to fifteen-year evaluations. Am J Sports Med 2000; 28(4): 446-52.

32. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. Behav Res Methods 2009; 41(4): 1149-60.
33. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behav Res Methods 2007; 39(2): 175-91.
34. Nagai T, Sell TC, House AJ, Abt JP, Lephart SM. Knee proprioception and strength and landing kinematics during a single-leg stop-jump task. J Athl Train 2013; 48(1): 31-8.
35. Katch VL, McArdle WD, Katch FI. Essentials of Exercise Physiology. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins; 2011. p. 14-5.
36. Salah-Zadeh Z, Salavati M, Maroufi N, Sanjari M A, Goharpey S. Comparison of static force sense of knee extension between women with patellofemoral pain syndrome and healthy women. J Rhab 2008; 8(4): 66-71. [In Persian].
37. Kramer J, Handfield T, Kiefer G, Forwell L, Birmingham T. Comparisons of weight-bearing and non-weight-bearing tests of knee proprioception performed by patients with patello-femoral pain syndrome and asymptomatic individuals. Clin J Sport Med 1997; 7(2): 113-8.
38. Jones LA. Role of central and peripheral signals in force sensation during fatigue. Exp Neurol 1983; 81(2): 497-503.
39. Dover G, Powers ME. Reliability of Joint Position Sense and Force-Reproduction Measures During Internal and External Rotation of the Shoulder. J Athl Train 2003; 38(4): 304-10.
40. Weerakkody NS, Percival P, Canny BJ, Morgan DL, Proske U. Force matching at the elbow joint is disturbed by muscle soreness. Somatosens Mot Res 2003; 20(1): 27-32.
41. Torres R, Vasques J, Duarte JA, Cabri JM. Knee proprioception after exercise-induced muscle damage. Int J Sports Med 2010; 31(6): 410-5.
42. Carson RG, Riek S, Shahbazpour N. Central and peripheral mediation of human force sensation following eccentric or concentric contractions. J Physiol 2002; 539(Pt 3): 913-25.

DOI: 10.22122/jrrs.v14i3.3216 Published by Vesnu Publications

Evaluation of Static Force Sense of Knee Flexor Muscles after the Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament: A Cross-Sectional Study

Mahmood Panahi[1], Sayed Mohsen Mirbod[2], Zahra Sadat Rezaeian[3]

Original Article

Abstract

Introduction: The sense of force is one of the three main components of proprioception, associated with the realization of the force within the muscles during contraction. The purpose of this study was to investigate the static force sense of the knee flexor muscles after reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) in comparison to healthy person's knee.

Materials and Methods: This cross-sectional study was carried out on 32 non-athletic men aged 19-40 years who were assigned into two groups of 16 participants purposefully, ACL reconstruction and healthy. Using a Biodex machine 3.0, maximum voluntary isometric contraction of hamstring muscles was measured in 30°, 60°, and 90° angles in a random order. Then, 20% and 60% of maximum muscle contraction were calculated for each subject. The participants were requested to produce 20% and 60% contraction force randomly in aforementioned angles with and without visual feedback. This way the difference between subject' performance with and without visual feedback was calculated. The average of static force sense and the maximum voluntary isometric contraction (MVIC) were compared between the groups using Mann-Whitney U test. Using the Kendall's tau-b Correlation Coefficient, the correlation between MIVC and mean error of static force sense was determined.

Results: There was no statistically significant difference between the groups in the term of average error of knee flexor static force sense in 30°, 60°, and 90° angles with target forces of 20% and 60% ($P > 0.05$). Moreover, the average error of flexor static force sense in 30°, 60°, and 90° angles and the maximum voluntary isometric contraction of knee flexor were not significantly correlated in either group ($r \leq 0.82$, $P > 0.05$).

Conclusion: It seems that the static force sense of knee flexor muscles of the knee will be similar to healthy subjects, 6 months after ACL reconstruction surgery.

Keywords: Static force sense, Flexor muscles of knee, Anterior cruciate ligament reconstruction

Citation: Panahi M, Mirbod SM, Rezaeian ZS. **Evaluation of Static Force Sense of Knee Flexor Muscles after the Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament: A Cross-Sectional Study.** J Res Rehabil Sci 2018; 14(3): 151-9.

Received: 05.06.2018 Accepted: 11.07.2018 Published: 06.08.2018

1- MSc Student, Musculoskeletal Research Center, Rehabilitation Research Institute AND Student Research Committee AND Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- Instructor, Musculoskeletal Research Center, Rehabilitation Research Institute AND Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
3- Assistant Professor, Musculoskeletal Research Center, Rehabilitation Research Institute AND Department of Physical Therapy, School of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Sayed Mohsen Mirbod, Email: mirbod@rehab.mui.ac.ir