



مقایسه کنترل پاسچر بین زنان ورزشکار با و بدون بازسازی لیگامان صلیبی قدامی حین فرود تک پا

حمیدرضا زنگوئی^۱، رحمان شیخ حسینی^{۲*}، محمد یوسفی^۳، هاشم پیری^۴

۱. کارشناس ارشد آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی درمانی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی تهران، تهران، ایران.
۲. دانشیار گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی تهران، تهران، ایران.
۳. استادیار گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۴. استادیار گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی تهران، تهران، ایران.

مقاله پژوهشی

دریافت ۲۵ اردیبهشت ۱۴۰۱؛ پذیرش ۷ اسفند ۱۴۰۱

واژگان کلیدی

بازسازی ACL

کنترل پاسچر

زنان ورزشکار

چکیده

زمینه و هدف: پس از بازسازی لیگامان، نقص در کنترل پاسچر حین تکالیف عملکردی، ممکن است آسیب ثانویه لیگامان را پیش‌بینی نماید. لذا، این مطالعه با هدف مقایسه کنترل پاسچر بین ورزشکاران زن با و بدون بازسازی لیگامان صلیبی قدامی حین مانور فرود تک پا صورت گرفت.

روش بررسی: در این مطالعه مقطعی، ۲۰ ورزشکار زن (۱۰ ورزشکار گروه کنترل (بدون سابقه آسیب و جراحی زانو) با میانگین سنی $20/89 \pm 0/21$ سال، قد $164/81 \pm 0/69$ سانتی‌متر و جرم $62/8 \pm 0/92$ کیلوگرم و همچنین ۱۰ ورزشکار با ACLR با میانگین سنی $21/57 \pm 0/41$ سال، قد $165/48 \pm 0/37$ سانتی‌متر و جرم $61/56 \pm 0/76$ کیلوگرم)، تکلیف فرود تک پا را از یک سکوی ۳۰ سانتی‌متری بر روی مرکز فورس پلیت (۶۰×۴۰ برتک) سه مرتبه انجام دادند و تعادل خود را به مدت ۲۰ ثانیه حفظ نمودند. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط SPSS نسخه ۲۵ و آزمون تی مستقل در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد انجام شد ($P \leq 0/05$).

یافته‌ها: نتایج مطالعه نشان داد که میانگین شاخص کنترل پاسچر (سطح نوسان بیضی شکل) در گروه کنترل بیشتر از گروه ACLR بود. به عبارت دیگر، میانگین شاخص کنترل پاسچر در گروه کنترل $68/47$ سانتی‌متر مربع و در گروه ACLR $60/08$ سانتی‌متر مربع بود. نتیجه‌گیری: اگر چه بازسازی لیگامان صلیبی قدامی نقش مکانیکی آن را ترمیم می‌کند، اما در بازیابی عملکرد حسی چندان موفقیت‌آمیز نیست؛ و این عامل ممکن است منجر به کنترل پاسچر ضعیف، عدم حس موقعیت مفصل و نهایتاً آسیب ثانویه لیگامان صلیبی قدامی شود.

* اطلاعات نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۸۸۶۶۸۲۸۴

✉ پست الکترونیکی: Rahman.pt82@gmail.com

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22084/RSR.2023.26280.1643

مقدمه

لیگامان صلیبی قدامی^۱ (ACL) نقش مهمی در حفظ ثبات مکانیکی و عملکردی مفصل زانو ایفا می‌کند و براساس موقعیت آناتومیکی خود، در برابر جابجایی قدامی درشت نی و نیروهای چرخشی مقاومت می‌نماید (پترسون، ۲۰۰۹؛ اکارت، ۲۰۲۲). علاوه بر این، لیگامان‌های زانو سرشار از عصب‌گیری حسی هستند و این ویژگی آنها را قادر می‌سازد تا در مسیرهای رفلکس عصبی ادغام شوند (لارسون و همکاران، ۲۰۲۲). حین کشیدگی‌های غیرطبیعی، تحریک گیرنده‌های مکانیکی ACL انواع مختلفی از پاسخ‌های رفلکسی را از طریق قوس عصبی آغاز می‌کند تا بتواند آرتروکینماتیک مفصل را با انقباض مناسب عضلانی حفظ نماید (گریگ و همکاران، ۱۹۸۶؛ فلمینگ و همکاران، ۲۰۲۱).

در ورزش، پارگی ACL یکی از شایع‌ترین آسیب‌ها است که عمدتاً در رشته‌هایی نظیر: فوتبال، بسکتبال و اسکی آلپاین رخ می‌دهد (بولکاس، ۲۰۲۱). تمرکز اصلی درمان جراحی یا محافظه کارانه^۲ و برنامه توانبخشی متعاقب آن، بازگرداندن ثبات و کینماتیک مفصل برای اطمینان از بازگشت ایمن به ورزش است (فرخی و همکاران، ۲۰۲۰). با این وجود، مطالعات نشان می‌دهند که ۸۲ درصد از بیمارانی که به ورزش بازگشته‌اند، تنها ۶۳ درصد آنها به سطح اصلی رقابت خود دست یافته‌اند (آردرن و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین تا ۳۰ درصد افرادی که پس از بازسازی به ورزش بازمی‌گردند، آسیب ثانویه یا آسیب اندام مقابل را تجربه می‌کنند (پاترنو و همکاران، ۲۰۱۴).

یکی از دلایل افزایش ریسک آسیب ثانویه، مربوط به کاهش عملکرد حس عمقی^۳ پس از پارگی ACL می‌شود (دیلون، ۲۰۲۲). ماهیت طبیعی ACL حاوی گیرنده‌های مکانیکی بی‌شماری است که تغییرات در جهت حرکت، شتاب، سرعت، کشش و تخمین موقعیت مفصل را فراهم می‌آورد (لیو، ۲۰۰۳؛ دانلی، ۲۰۲۲). پارگی ACL به‌خودی خود بهبود نمی‌یابد و بازسازی جراحی پس از پارگی کامل ACL با استفاده از آلوگرافت تاندون یا اتوگرافت نیز اجازه عصب‌دهی مجدد گیرنده‌های مکانیکی را نمی‌دهد (یانگ و همکاران، ۲۰۱۶). بنابراین یک عامل کلیدی در بی‌ثباتی

عملکردی مداوم پس از پارگی ACL، نقص حرکتی و عملکرد عصبی-عضلانی تغییر یافته، ثانویه به کاهش بازخورد حسی- حرکتی است (لیو، ۲۰۰۳؛ آموروسو و همکاران، ۲۰۲۲). از طرفی اطلاعات حس عمقی برای تنظیم دقیق کنترل عصبی-عضلانی وجود ندارد و این می‌تواند باعث افزایش خطر آسیب مجدد و نقص در هماهنگی، حین انجام فعالیت‌های عملکردی شود. رویکردهای روش شناختی برای ارزیابی حس عمقی شامل؛ تشخیص و بازتولید موقعیت زاویه‌ای، احساس تنش یا تلاش است (پروسکه و همکاران، ۲۰۱۲).

بعد از پارگی ACL، هدف اصلی توانبخشی بهبود ثبات پویا (با وجود کاهش ثبات مکانیکی) و بازگشت عملکرد زانو از طریق افزایش کنترل عصبی-عضلانی می‌باشد؛ این را می‌توان با توسعه قدرت و هماهنگی عضلانی و همچنین بهبود توانایی حس-عمقی به‌دست آورد (کلت و همکاران، ۲۰۰۳؛ زو و همکاران، ۲۰۲۲). برنامه‌های تمرینی عصبی-عضلانی برای افراد پس از ACLR، منجر به بهبود فعال سازی عضلات، افزایش ثبات پویای مفصل و بازآموزی مجدد الگوهای حرکتی می‌گردد (ریزبرگ و همکاران، ۲۰۰۱؛ پارکر و همکاران، ۲۰۲۲). کنترل پاسچر مربوط به توانایی فرد برای کنترل موقعیت بدن در فضا با حفظ ثبات و جهت‌گیری مناسب است (چن و همکاران، ۲۰۲۱)، که می‌توان آن را با آزمون‌های تعادلی ارزیابی نمود (آگریگ و همکاران، ۲۰۰۵). چندین تست پرش برای ارزیابی عملکرد مفصل زانو در افراد با آسیب یا بازسازی ACL وجود دارد (موریسی و همکاران، ۲۰۰۴؛ فرخی و همکاران، ۲۰۲۱). پرش عمودی^۴، پرش طول^۵، پرش-فرود^۶ و همچنین پرش طول دو پا^۷، پرش چهارضلعی^۸ و پرش جانبی^۹ که همگی دارای پایایی بالایی هستند (گستاوسون و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین هدف مطالعه حاضر تجزیه و تحلیل ثبات پاسچر و فرود تک پا در زنان ورزشکار با و بدون بازسازی لیگامان صلیبی قدامی می‌باشد.

4. Vertical Jump
5. Hop For Distance
6. Drop Jump
7. Double Hop For Distance
8. Square Hop
9. Side Hop

1. Anterior Cruciate Ligament
2. Conservative
3. Proprioception

مواد و روش‌ها

مطالعه‌ی حاضر از نوع مقطعی، نیمه‌تجربی و روش نمونه‌گیری نیز به صورت نمونه‌گیری هدفمند و در دسترس می‌باشد. نمونه‌ی این تحقیق شامل ۲۰ ورزشکار زن (۱۰ نفر گروه ACLR و ۱۰ نفر گروه کنترل) می‌باشد. (حجم نمونه بر اساس نرم‌افزار G-Power 3.1.9.2 با در نظر گرفتن خطای نوع اول ۰/۰۵، اندازه اثر متوسط ۰/۵۰ و نسبت اختصاصی برابر در هر گروه به دست آمد). معیارهای ورود به تحقیق شامل؛ دامنه‌ی سنی ۱۷ تا ۲۳ سال، انجام تمرینات ورزشی حداقل پنج جلسه در هفته و حداقل سه سال سابقه ورزش منظم، ACL بازسازی شده از طریق بافت پیوندی اتوگرافت^۱ همسترینگ (تاندون دوسررانی)، دامنه‌ی حرکتی مفصل زانو بدون محدودیت (به‌ویژه ۱۵ درجه‌ی انتهایی حرکت اکستنشن)، سابقه یک سال پس از بازسازی ACL و در گروه کنترل عدم شکستگی، درد و جراحی در اندام تحتانی طی شش ماه گذشته بود. معیارهای خروج نیز شامل؛ عدم تمایل آزمودنی‌ها به ادامه‌ی آزمون، ناتوانی و درد حین انجام آزمون و وجود تورم قابل ملاحظه در اطراف مفصل بود. گروه کنترل شامل ورزشکاران زنی بود که سابقه هیچ‌گونه آسیب لیگامان در زانو و یا جراحی آن را گزارش نمی‌کردند. همه ورزشکاران از رشته‌های توپی شامل فوتبال، فوتسال و بسکتبال انتخاب شده‌اند.

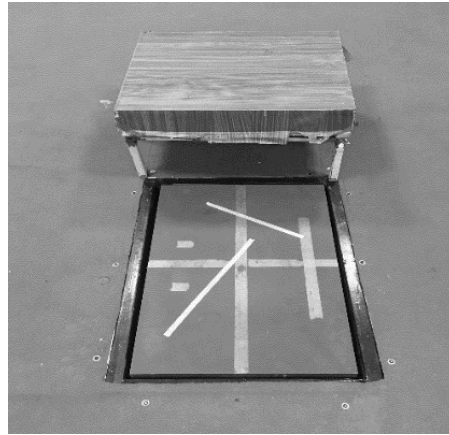
تأییدیه اخلاق این پژوهش نیز از کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علامه طباطبائی اخذ شده است (شماره تأییدیه کد اخلاق: IR.ATU.REC.1400.030). علاوه بر این، به منظور آگاهی از رضایت حضور شرکت‌کنندگان در این طرح، فرم رضایت‌نامه آگاهانه مورد استفاده قرار گرفت.

پروتکل آزمون

ابتدا از شرکت‌کنندگان خواسته شد که برای خواندن تمام مطالب وقت بگذارند تا به‌طور کامل روش انجام کار و خطرات و مزایای احتمالی مشارکت در این مطالعه را درک نمایند. هنگامی که آزمودنی‌ها با نحوه‌ی اجرای آزمون آشنا شدند؛ فرم‌های مربوط به اطلاعات و سلامت فردی و فعالیت بدنی را تکمیل کردند. با این وجود، اگر در هر زمان حین انجام فرایند آزمون، شرکت‌کنندگان تصمیم به انصراف از مطالعه را گرفتند؛ با حفظ اطلاعات و اسناد خود،

می‌توانستند از تحقیق خارج شوند. تکلیفی که شرکت‌کنندگان باید انجام می‌دادند؛ فرود تک پا بود. به منظور آمادگی برای انجام آزمون اصلی از آزمودنی‌ها خواسته شد که حداکثر پنج تلاش تمرینی را اجرا و جهت کاهش اثر یادگیری، به آنها اجازه بیش از پنج تلاش تمرینی داده نشد (گهرینگ و همکاران، ۲۰۰۹).

پروتکل آزمون برای هر دو گروه یکسان بود. ورزشکاران بر روی جعبه ۳۰ سانتی‌متری ایستادند (شکل ۱) و سپس از آنها خواسته شد که با پای غالب، یعنی پای که ورزشکار با آن شوت می‌زند (در گروه ACLR، پای غالب؛ پای آسیب دیده در نظر گرفته شد) (ویسلون و همکاران، ۲۰۰۶)، بر روی مرکز فورس پلیت فرود آیند و تعادل خود را پس از فرود برای مدت ۲۰ ثانیه حفظ نمایند. هر آزمودنی سه پرش عمودی موفق با پای برهنه را انجام داد (موحد و همکاران، ۲۰۱۹). برای کاهش اثر خستگی ناشی از تمرین، سی ثانیه بین هر تلاش متوالی به افراد استراحت داده می‌شد. تلاش موفق تلاشی بود که در آن پای غالب ورزشکار به‌طور کامل با فورس پلیت در تماس بوده و تعادل وی نیز پایدار باشد و پای دیگرش لمسی با زمین نداشت. در غیر این صورت، تلاش وی ناموفق تلقی می‌شد (موحد و همکاران، ۲۰۱۹).



شکل ۱: جعبه‌ی ۳۰ سانتی‌متری

همچنین به منظور محاسبه مساحت سطح نوسان بیضی شکل از فرمول زیر استفاده شد (محمدی‌راد و همکاران، ۲۰۲۲):

$$CEA = \pi a_c b_c$$

آنالیز آماری

پس از گردآوری اطلاعات پژوهش، دیتاهای مرتبط با مشخصات آزمودنی‌ها شامل سن، قد و وزن به همراه متغیرهای پژوهش در دو بخش آمار توصیفی و استنباطی، در برنامه SPSS نسخه ۲۵ مورد بررسی قرار گرفت. جهت شناسایی طبیعی بودن داده‌ها نیز از آزمون شاپیرو-ویلک^۴ استفاده شد. و برای بیان روابط بین متغیرهای تحقیق از آمار استنباطی تی مستقل در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد ($P \leq 0.05$) استفاده شد.

یافته‌ها

در جدول (۱) ویژگی‌های توصیفی دو گروه و مقایسه آنها آمده است. به منظور تعیین همگن بودن گروه‌ها در شاخص سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی از آزمون تی مستقل استفاده گردید. نتایج آزمون در رابطه با این متغیرها نشان می‌دهد که بین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود ندارد و گروه‌ها در این متغیرها همگن می‌باشند.

پردازش داده‌ها

جهت بررسی شاخص‌های تعادل از دو متغیر مرکز فشار در راستای قدامی-خلفی و داخلی-خارجی (Cop_x, Cop_y) استفاده شد. مقادیر در مرکز فشار برحسب یکای میلی‌متر در دسترس می‌باشند و فرکانس نمونه‌برداری^۱ سیستم فورس پلنت، ۱۰۰۰ هرتز می‌باشد. جهت آنالیز؛ به فرکانس ۱۰۰ هرتز، resample شد تا فرکانس نمونه‌برداری، ۱۰۰ هرتز تلقی شود.

به منظور رفع نویزهای موجود در محیط و سیستم، از فیلتر باترورث^۲ پایین گذر ۱۰۳ هرتز درجه دو ($n=2$) در فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰ هرتز ($f_s = 100 \text{ Hz}$) استفاده شد. ابعاد فورس پلنت نیز 40×60 سانتی‌متر و ساخت شرکت برتک^۳ و مدل ۰۸-۰۶۰۴ می‌باشد.

نحوه محاسبه طول منحنی جابه‌جایی، جهت دسترسی به طول کلی جابه‌جایی از فرمول زیر استفاده شد:

$$Totex = \sum_{n=1}^{n=N-1} \sqrt{(Cop_x(n+1) - Cop_x(n))^2 + (Cop_y(n+1) - Cop_y(n))^2}$$

طول منحنی جابه‌جایی در راستای قدامی-خلفی:

$$Totex_{Ap} = \sum_{n=1}^{n=N-1} \sqrt{(Cop_x(n+1) - Cop_x(n))^2}$$

طول منحنی جابه‌جایی در راستای داخلی-خارجی:

$$Totex_{ML} = \sum_{n=1}^{n=N-1} \sqrt{(Cop_y(n+1) - Cop_y(n))^2}$$

1. Sample rate
2. Butterworth filter
3. Bertec

جدول ۱: مشخصات آنتروپومتری و نتایج آزمون تی مستقل جهت بررسی همگن بودن گروه‌ها

متغیر	گروه	میانگین (انحراف استاندارد)	P-Value
سن (سال)	کنترل	۲۰/۸۹ ± ۰/۲۱	۰/۱۶۴
	ACLR	۲۱/۵۷ ± ۰/۴۱	
قد (سانتی‌متر)	کنترل	۱۶۴/۸۱ ± ۰/۶۹	۰/۴۰۶
	ACLR	۱۶۵/۴۸ ± ۰/۳۷	
جرم (کیلوگرم)	کنترل	۶۲/۸ ± ۰/۹۲	۰/۳۱۴
	ACLR	۶۱/۵۶ ± ۰/۷۶	
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	کنترل	۲۳/۱۳ ± ۰/۴	۰/۱۸۶
	ACLR	۲۲/۴۷ ± ۰/۲۵	

همچنین تفاوت معناداری بین شاخص کنترل پاسچر در زنان ورزشکار با و بدون بازسازی لیگامان صلیبی قدامی حین فرود مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۲: پارامترهای شاخص کنترل پاسچر بین دو گروه

میانگین و انحراف استاندارد سطح نوسان (سانتی‌متر مربع)	میانگین نوسان مرکز فشار در راستای AP (میلی‌متر)	میانگین نوسان مرکز فشار در راستای ML (میلی‌متر)	میانگین طول منحنی جابجایی در راستای AP (سانتی‌متر)	میانگین طول منحنی جابجایی در راستای ML (سانتی‌متر)	میانگین زمان رسیدن به پایداری* (ثانیه)	شرایط
۶۰/۰۸ ± ۶/۷۹	۴/۹۵ ± ۲/۶۱	۲/۱۷ ± ۰/۶۱	۳۷۴/۶ ± ۲۵۶/۵	۲۶۴/۳ ± ۹۹/۶	۲/۱۱ ± ۰/۱۵	کنترل
۶۸/۴۷ ± ۸/۶۷	۵/۷۸ ± ۱/۸۱	۳/۴۱ ± ۰/۴۴	۱۷۹/۵ ± ۱۱۰/۸	۱۴۸/۳ ± ۴۷/۹	۲/۰۱ ± ۰/۰۶	ACLR
۰/۰۰۱	۰/۰۳۲	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱	۰/۰۲۹	۰/۰۴۰	P-Value

* Time to Stabilization

بحث

این پژوهش نشان داد که در افراد دارای سابقه جراحی ACL، میزان تعادل فرد ورزشکار کاهش می‌یابد. آسیب ACL توانایی ایستادن و راه رفتن افراد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به عبارتی دیگر براساس مطالعات موجود، توانایی ایستادن افراد با ACLR نسبت به کنترل کاهش پیدا می‌کند (اقدام و همکاران، ۲۰۲۱). این موضوع حائز اهمیت است که یا بازسازی ACL باعث بهبود پایداری افراد می‌شود یا خیر. بنابراین هدف از این مطالعه ارزیابی تأثیر بازسازی لیگامان صلیبی قدامی بر روی ثبات پاسچرال بود. بر اساس نتایج مطالعه حاضر، کاهش معناداری در ثبات پاسچرال افراد با ACLR مشاهده شد. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است؛ تفاوت معناداری بین شاخص کنترل پاسچر (سطح نوسان بیضی و نوسان مرکز فشار) در زنان ورزشکار با و بدون بازسازی لیگامان صلیبی قدامی حین فرود مشاهده شد. همچنین گروه ACLR نقص ۱۰ ثانیه‌ای در به ثبات رسیدن نسبت به گروه کنترل، پس

با توجه به یافته‌های مطالعه، می‌توان چنین استنباط کرد که بین شاخص کنترل پاسچر دو گروه کنترل و ACLR تفاوت معناداری وجود دارد. به عبارتی دیگر، مقایسه نتایج نشان می‌دهد که میانگین سطح نوسان بیضی شکل در گروه کنترل (۶۸/۴۷ سانتی‌متر مربع) بیشتر از میانگین گروه ACLR (۶۰/۰۸ سانتی‌متر مربع)، میانگین نوسان مرکز فشار در راستای قدامی - خلفی در گروه کنترل (۵/۷۸ میلی‌متر) بیشتر از گروه ACLR (۴/۹۵ میلی‌متر)، میانگین نوسان مرکز فشار در راستای داخلی - خارجی در گروه کنترل (۳/۴۱ میلی‌متر) بیشتر از گروه ACLR (۲/۱۷ میلی‌متر)، همچنین میانگین طول منحنی جابه‌جایی در راستای قدامی - خلفی در گروه ACLR (۳۷۴/۶ سانتی‌متر) بیشتر از گروه کنترل (۱۷۹/۵ سانتی‌متر)، میانگین طول منحنی جابه‌جایی در راستای داخلی - خارجی در گروه ACLR (۱۴۸/۳ سانتی‌متر) و در گروه کنترل (۱۴۸/۳ سانتی‌متر) و میانگین زمان رسیدن به پایداری نیز در گروه ACLR (۲/۱۱ ثانیه) بیشتر از گروه کنترل (۱/۹۷ ثانیه) بود.

با این حال، چندین مطالعه نیز تفاوتی در کنترل پاسچر متعاقب بازسازی لیگامان صلیبی قدامی مشاهده نکردند. تضاد بین نتایج این مطالعات و تحقیق حاضر می‌تواند ناشی از شرایط مختلف دوره‌های بعد از عمل باشد. به‌عنوان مثال، دوره پس از بازسازی در این مطالعه کوتاه‌تر از مطالعات هریسون و همکاران (۱۹۹۴)، هافمن و همکاران (۱۹۹۹)، هنریکسون و همکاران (۲۰۰۱) و ماتاکولا و همکاران (۲۰۰۲) بود؛ که نشان دادند تفاوتی بین اندام درگیر و غیردرگیر بیماران با ACLR وجود ندارد. می‌توان چنین حدس زد که پس از یک دوره طولانی پس از عمل، پیوند مورد استفاده در بازسازی ACL ممکن است دوباره عصبدهی شود. اگر چه این فرضیه در مطالعات حیوانی اثبات شده است (اونه و همکاران، ۱۹۹۶؛ باراک و همکاران، ۱۹۹۷). در یک بررسی سیستماتیک که اخیراً منتشر شد، هاولز و همکاران پیشنهاد کردند که اگر چه نتایج متناقضی برای تکالیف تعادل ایستا وجود دارد، اما به‌نظر می‌رسد روندی به سمت اختلال در ثبات پاسچرال در افراد پس از بازسازی ACL در مقایسه با گروه کنترل وجود دارد. همچنین در مورد بازگشت ادراک حس عمقی و حس وضعیت مفصل پس از بازسازی ACL نیز اختلاف نظر وجود دارد. فورلانتو و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای حس عمقی ۲۰ بیمار را شش ماه پس از بازسازی لیگامان مورد بررسی و نشان دادند که حس عمقی در این افراد حتی پس از شش ماه بعد از جراحی باز نمی‌گردد.

با این وجود نیاز به تست‌های عملکردی عصبی - عضلانی مناسب، که شامل فعالیت‌های ورزشی برای ورزشکارانی است که تحت بازسازی ACL قرار گرفته‌اند، به وضوح دیده می‌شود (بیرمنگام و همکاران، ۱۹۹۸). اگر چه اندازه‌گیری تعادل ایستا ممکن است تا حدی به این هدف دست یابد، اما فعالیت‌هایی که سیستم‌های مختلف درگیر در ثبات پاسچرال را بیشتر به چالش می‌کشند و فعالیت‌های ورزشی را بهتر تقلید می‌کنند، اطلاعات بیشتری را ارائه می‌نمایند (هاولز و همکاران، ۲۰۱۱). بنابراین از فرود تک پا استفاده شده است که معمولاً در ورزش‌هایی نظیر بسکتبال و فوتبال دیده می‌شود (چو و همکاران، ۲۰۲۲). هدف از بازسازی ACL نه تنها بازگرداندن آناتومی صحیح مفصل بلکه حفظ ثبات زانو نیز می‌باشد. افراد با پارگی لیگامان نقص در حس عمقی را نشان می‌دهند. عدم وجود حس عمقی باعث از بین رفتن درک موقعیت و حرکت مفصل می‌گردد و

از تکلیف فرود را نشان دادند. بنابراین با توجه به مطالعات موجود و نتایج این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که ثبات پاسچرال افراد پس از بازسازی ACL کاهش می‌یابد (یوسفی و همکاران، ۲۰۲۰).

نتایج مطالعه‌ای که توسط هیرجاکوا و همکاران (۲۰۱۶) انجام شد، نشان داد که ثبات پاسچرال در بیماران با آسیب ACL شش هفته پس از بازسازی به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. همچنین یافته‌های مشابهی در دیگر مطالعات با نمونه‌ها و فواصل پس از جراحی متفاوت مانند؛ مطالعات بونفیم و همکاران (۲۰۰۳)، موسا و همکاران (۲۰۰۹) و داتی و همکاران (۲۰۱۰) به‌دست آمد. که نشان دادند آزمودنی‌های با ACLR در اندام بازسازی شده نسبت به اندام مقابل و همچنین گروه کنترل، به‌طور کلی سرعت و جابه‌جایی بیشتر و نقص در کنترل پاسچر را در اندام بازسازی شده داشتند (یوسفی و همکاران، ۲۰۲۰). در تحقیق حاضر نیز تفاوت‌های مشابه با مطالعات فوق‌الذکر مشاهده شد. این امر ممکن است ناشی از آسیب گیرنده‌های مکانیکی لیگامان باشد که به تغییر شکل مکانیکی بافت حساس هستند و موقعیت و حرکت مفصل را نشان می‌دهند. بسیاری از مطالعات پیشین شواهدی را ارائه داده‌اند که ACL حاوی منابع عصبی وسیعی است (یوهانسون و همکاران، ۱۹۹۱). علاوه بر این، وجود ارتباط مستقیم بین ساختارهای عصبی ACL و نخاع و همچنین نواحی فوق نخاعی مشاهده شده است (هنریکسون و همکاران، ۲۰۰۱). بنابراین، ممکن است آسیب لیگامان منجر به کاهش اطلاعات آوران شود. علی‌رغم این واقعیت که گیرنده‌های مکانیکی در ساختارهای دیگر اطراف زانو یافت شده‌اند، ممکن است اطلاعات کافی را ارائه ندهند؛ و لذا، پس از بازسازی ACL همچنان نقص باقی خواهد ماند (بونفیم و همکاران، ۲۰۰۳). کاهش اطلاعات آوران از مفصل زانو توانایی ثبات اندام تحتانی را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (بونفیم و همکاران، ۲۰۰۳؛ آلونسو و همکاران، ۲۰۰۹). اگر چه تعادل یک پای افراد با ACLR نسبت به افراد کنترل دچار اختلال است (نصرآبادی و همکاران، ۲۰۲۰)، اما شیریشی و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که نسبت به افرادی که دچار نقص^۱ لیگامان هستند؛ این تعادل بهتر بوده اما باز هم نه به‌طوری که قابل قبول باشد.

هنوز دچار اختلال می‌باشد. از آنجایی که الگوهای حرکتی عوامل مهم و قابل تغییری هستند که ممکن است منجر به افزایش آسیب ACL و سایر آسیب‌های اندام تحتانی شوند، وجود عدم تقارن باقی‌مانده در اندام درگیر ممکن است منجر به افزایش خطر آسیب‌های متعاقب بعدی گردد. شناسایی تفاوت‌های احتمالی بین گروهی ورزشکاران با ACLR و کنترل در تست‌های عملکردی تعادل؛ ممکن است به متخصصان در بهینه‌سازی پروتکل‌های توانبخشی پس از عمل و به حداقل رساندن خطر آسیب‌های بیشتر پس از بازگشت به ورزش کمک نماید. لذا براساس این نتایج، پیشنهاد می‌شود که متخصصان پروتکل‌های توانبخشی را برای اصلاح عدم تقارن‌های وضعیتی در آخرین مراحل توانبخشی در ورزشکاران بازسازی شده ACL قبل از بازگشت به ورزش در نظر بگیرند.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه علامه طباطبائی می‌باشد. بدین وسیله از تمام مساعدت اساتید و آزموذنی‌هایی که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

ملاحظات اخلاقی

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه علامه طباطبائی در نظر گرفته شده است، کد اخلاق به شماره IR.ATU.REC.1400.030 دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه/ طرح پژوهشی خانم/ آقای حمیدرضا زنگویی با راهنمایی آقای دکتر رحمان شیخ حسینی و مشاوره آقای دکتر محمد یوسفی گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه علامه طباطبائی می‌باشد.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشته‌اند.

نورون‌های حرکتی اطراف مفصل را مهار می‌نماید. از آنجایی که لیگامان صلیبی قدامی دارای دو نقش مهم مکانیکی و عصبی می‌باشد؛ با این وجود می‌توان گفت اگر چه بازسازی لیگامان صلیبی قدامی نقش مکانیکی ACL را بازیابی می‌نماید ولی در بازگرداندن نقش عصبی لیگامان چندان موفقیت حاصل نمی‌شود و این عامل می‌تواند علت آن باشد که حتی پس از گذشت مدت زمان زیادی از جراحی، بی‌ثباتی مجدد مفصل زانو تکرار می‌گردد (از بین رفتن گیرنده‌های حس عمقی موجود در لیگامان). این بی‌ثباتی نهایتاً منجر به کنترل پاسچر ضعیف و عدم حس وضعیت مفصل می‌گردد و متعاقب آن احتمال وقوع آسیب ثانویه لیگامان صلیبی قدامی نیز افزایش خواهد یافت. از آنجایی که الگوهای حرکتی عوامل مهم و قابل تغییری هستند که ممکن است منجر به افزایش آسیب ACL و سایر آسیب‌های اندام تحتانی شوند، وجود عدم تقارن باقی‌مانده در اندام درگیر ممکن است منجر به افزایش خطر آسیب‌های متعاقب بعدی گردد. شناسایی تفاوت‌های احتمالی بین گروهی ورزشکاران با بازسازی ACL و کنترل در تست‌های عملکردی تعادل؛ ممکن است به متخصصان در بهینه‌سازی پروتکل‌های توانبخشی پس از عمل و به حداقل رساندن خطر آسیب‌های بیشتر پس از بازگشت به ورزش کمک نماید. لذا براساس این نتایج، پیشنهاد می‌شود که متخصصان می‌بایست پروتکل‌های توانبخشی را برای اصلاح عدم تقارن‌های وضعیتی در آخرین مراحل توانبخشی در ورزشکاران بازسازی شده ACL قبل از بازگشت به ورزش در نظر بگیرند.

در مورد این پژوهش، محدودیت‌هایی وجود دارد که باید اذعان نمود. محدودیت اصلی نوع بازسازی ACL است چرا که افراد با اتوگرافت همسترینگ در این مطالعه انتخاب شدند. بنابراین توصیه می‌شود در مطالعات آتی، افرادی که دارای انواع دیگر بافت‌های پیوندی هستند؛ انتخاب شوند. محدودیت دیگر این بود که ثبات افراد تنها یک سال پس از جراحی بررسی شد. توصیه می‌گردد که ثبات وضعیتی پس از مدت زمان طولانی‌تری نیز ارزیابی شود.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این تحقیق نشان داد که حتی ۱۲ ماه پس از بازسازی لیگامان صلیبی قدامی، عملکرد تعادلی ورزشکاران

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

References

- Ageberg, E., Roberts, D., Holmström, E., & Fridén, T. (2005). "Balance in single-limb stance in patients with anterior cruciate ligament injury: relation to knee laxity, proprioception, muscle strength, and subjective function". *The American journal of sports medicine*, 33(10), 1527-1537.
- Alonso, A. C., Greve, J. M. D. A., & Camanho, G. L. (2009). "Evaluating the center of gravity of dislocations in soccer players with and without reconstruction of the anterior cruciate ligament using a balance platform". *Clinics*, 64(3), 163-170.
- Amoruso, E., Dowdall, L., Kollamkulam, M. T., Ukaegbu, O., Kieliba, P., Ng, T., ... & Makin, T. (2022). "Intrinsic somatosensory feedback supports motor control and learning to operate artificial body parts". *Journal of Neural Engineering*.
- Arderm, C. L., Taylor, N. F., Feller, J. A., & Webster, K. E. (2014). "Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors". *British journal of sports medicine*, 48(21), 1543-1552.
- Aune, A. K., Hukkanen, M., Madsen, J. E., Polak, J. M., & Nordsletten, L. (1996). "Nerve regeneration during patellar tendon autograft remodelling after anterior cruciate ligament reconstruction: an experimental and clinical study". *Journal of orthopaedic research*, 14(2), 193-199.
- Barrack, R. L., Lund, P. J., Munn, B. G., Wink, C., & Happel, L. (1997). "Evidence of reinnervation of free patellar tendon autograft used for anterior cruciate ligament reconstruction". *The American Journal of Sports Medicine*, 25(2), 196-202.
- Birmingham, T. B., Kramer, J. F., Inglis, J. T., Mooney, C. A., Murray, L. J., Fowler, P. J., & Kirkley, S. (1998). "Effect of a neoprene sleeve on knee joint position sense during sitting open kinetic chain and supine closed kinetic chain tests". *The American journal of sports medicine*, 26(4), 562-566.
- Bolcos, P. O. (2021). *Finite element modeling of anterior cruciate ligament reconstructed knee joints: toward clinical use via fast motion implementation and verification against MRI follow-up* (Doctoral dissertation, Itä-Suomen yliopisto).
- Bonfim, T. R., Paccola, C. A. J., & Barela, J. A. (2003). "Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees". *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 84(8), 1217-1223.
- Chen, Y., Pandey, A., Deng, Z., Nguyen, A., Wang, R., Thonapalin, P; ... & Gupta, S. K. (2021). "A semi-autonomous quadruped robot for performing disinfection in cluttered environments". In *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (Vol. 85451: V08BT08 A024) August. American Society of Mechanical Engineers.
- Chou, T. Y., Caccese, J. B., Huang, Y. L., Glutting, J. J., Buckley, T. A., Broglio, S. P; ... & Kaminski, T. W. (2022). "Effects of Pre-Collegiate Sport Specialization on Cognitive, Postural, and Psychological Functions: Findings from the NCAA-DoD CARE Consortium". *International journal of environmental research and public health*, 19(4), 2335.
- Dauty, M., Collon, S., & Dubois, C. (2010). "Change in posture control after recent knee anterior cruciate ligament reconstruction?", *Clinical physiology and functional imaging*, 30(3), 187-191.
- Dhillon, M. S., Rangasamy, K., Rajnish, R. K., & Gopinathan, N. R. (2022). "Paediatric Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injuries: Current Concepts Review". *Indian Journal of Orthopaedics*, 1-11.
- Donnelly, G. M., Brockwell, E., Rankin, A., & Moore, I. S. (2022). "Beyond the musculoskeletal system: considering whole-systems readiness for running postpartum". *Journal of Women's Health Physical Therapy*, 46(1), 48-56.
- Farokhi, S., Soleyman Fallah, M., & Yousefi, M. (2020). "Evaluation of the rate of anterior cruciate ligament injury in basketball player and appropriate training patterns to prevent non-contact injury". *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. (In Persian)
- Farokhi, S., Yousefi, M., & Bahari, M. (2021). "The effect of eight weeks of strength training on the ground reaction force in single-leg landing in semi-professional male basketball players". *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. (In Persian)
- Fleming, J. D., Ritzmann, R., & Centner, C. (2021). "Effect of an Anterior Cruciate Ligament Rupture on Knee Proprioception within 2 Years after Conservative and Operative Treatment: A Systematic Review with Meta-Analysis". *Sports Medicine*, 1-12.

- Furlanetto, T. S., Peyré-Tartaruga, L. A., Pinho, A. S. D., Bernardes, E. D. S., & Zaro, M. A. (2016). "Proprioception, body balance and functionality in individuals with ACL reconstruction". *Acta ortopedica brasileira*, 24, 67-72.
- Gehring, D., Melnyk, M., & Gollhofer, A. (2009). "Gender and fatigue have influence on knee joint control strategies during landing". *Clinical biomechanics*, 24(1), 82-87.
- Grigg, P., Schaible, H. G., & Schmidt, R. F. (1986). "Mechanical sensitivity of group III and IV afferents from posterior articular nerve in normal and inflamed cat knee". *Journal of Neurophysiology*, 55(4), 635-643.
- Gustavsson, A., Neeter, C., Thomeé, P., Grävare Silbernagel, K., Augustsson, J., Thomeé, R., & Karlsson, J. (2006). "A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction". *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 14(8), 778-788.
- Harrison, E. L., Duenkel, N., Dunlop, R., & Russell, G. (1994). "Evaluation of single-leg standing following anterior cruciate ligament surgery and rehabilitation". *Physical Therapy*, 74(3), 245-252.
- Henriksson, M., Ledin, T., & Good, L. (2001). "Postural control after anterior cruciate ligament reconstruction and functional rehabilitation". *The American journal of sports medicine*, 29(3), 359-366.
- Hirjaková, Z., Šingliarová, H., Bzdúšková, D., Kimijanová, J., Bučková, K., Valkovič, P., & Hlavačka, F. (2016). "Postural stability and responses to vibrations in patients after anterior cruciate ligament surgical reconstruction". *Physiological Research*, 65.
- Hoffman, M., Schrader, J., & Koceja, D. (1999). "An investigation of postural control in postoperative anterior cruciate ligament reconstruction patients". *Journal of Athletic Training*, 34(2), 130.
- Howells, B. E., Ardern, C. L., & Webster, K. E. (2011). "Is postural control restored following anterior cruciate ligament reconstruction? A systematic review". *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 19(7), 1168-1177.
- Johansson, H., Sjölander, P., & Sojka, P. (1991). "A sensory role for the cruciate ligaments". *Clinical orthopaedics and related research*, (268), 161-178.
- Kolt, G. S., & Snyder-Mackler, L. (2003). "The role of the physical therapies in sport, exercise, and physical activity". *Physical Therapies in Sport and Exercise*.
- Larson, D., Vu, V., Ness, B. M., Wellsandt, E., & Morrison, S. (2022). "A Multi-Systems Approach to Human Movement after ACL Reconstruction: The Musculoskeletal System". *International Journal of Sports Physical Therapy*, 17(1), 27.
- Liu-Ambrose, T. (2003). "The anterior cruciate ligament and functional stability of the knee joint". *BC Med J*, 45(10), 495-499.
- Mattacola, C. G., Perrin, D. H., Gansneder, B. M., Gieck, J. H., Saliba, E. N., & McCue III, F. C. (2002). "Strength, functional outcome, and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction". *Journal of athletic training*, 37(3), 262.
- Mohammadi-Rad, S.; Mohseni Bandpei, M. A.; Salavati, M.; Talebian, S.; Keyhani, S.; & Shanbehzadeh, S. (2022). "Reliability of Center of Pressure measures of Postural Stability in Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Athletes: Effect of Vibration and Cognitive Load". *The archives of bone and joint surgery*, 10(2), 171-182.
- Morrissey, M. C.; Hooper, D. M.; Drechsler, W. I.; & Hill, H. J. (2004). "Relationship of leg muscle strength and knee function in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction". *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(6): 360-366.
- Moussa, A. Z. B., Zouita, S., Dziri, C., & Salah, F. B. (2009). "Single-leg assessment of postural stability and knee functional outcome two years after anterior cruciate ligament reconstruction". *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 52(6): 475-484.
- Movahed, M., Salavati, M., Sheikhoesini, R., Arab, A. M., & O'Sullivan, K. (2019). "Single leg landing kinematics in volleyball athletes: A comparison between athletes with and without active extension low back pain". *Journal of bodywork and movement therapies*, 23(4), 924-929.
- Nasrabadi, R., Sadeghi, H., & Yousefi, M. (2020). "Effects of Local and Global Fatigue on the Myoelectric Variables of Selected Lower Limb Muscles in Healthy Young Active Men in Single Jump-Landing Task". *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 9(1), 1-10. (In Persian)
- Parker, C., Robinson, K., Nessler, T., Sells, P., & Lydon, K. (2022). "Investigation of an Eight-Week Neuromuscular Training Intervention on Biomechanical Parameters of the Lower Quarter in Adolescent Female Soccer Players". *Open Access Library Journal*, 9(1), 1-21.
- Paterno, M. V., Rauh, M. J., Schmitt, L. C., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2014). "Incidence of second ACL injuries 2 years after primary ACL reconstruction and return to sport". *The American journal of sports medicine*, 42(7), 1567-1573.
- Petersen, W. (2009). *Das vordere Kreuzband: Grundlagen und aktuelle Praxis der operativen Therapie; mit 29 Tabellen*. Deutscher Ärzteverlag.
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2012). "The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force". *Physiological reviews*.
- Risberg, M. A., Mørk, M., Jenssen, H. K., & Holm, I. (2001). "Design and implementation of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction". *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(11), 620-631.
- Shiraishi, M., Mizuta, H., Kubota, K., Otsuka, Y., Nagamoto, N., & Takagi, K. (1996). "Stabilometric assessment in the anterior cruciate ligament-

- reconstructed knee”. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 6(1), 32-39.
- Willson, J. D., Ireland, M. L., & Davis, I. (2006). “Core strength and lower extremity alignment during single leg squats”. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(5), 945-952.
- Young, S. W., Valladares, R. D., Loi, F., & Drago, J. L. (2016). “Mechanoreceptor reinnervation of autografts versus allografts after anterior cruciate ligament reconstruction”. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 4(10), 2325967116668782.
- Yousefi, M., Sadeghi, H., Ilbiegi, S., Ebrahimabadi, Z., Kakavand, M., & Wikstrom, E. A. (2020). “Center of pressure excursion and muscle activation during gait initiation in individuals with and without chronic ankle instability”. *Journal of Biomechanics*, 108, 109904.
- Zou, L., Yang, Y., & Wang, Y. (2022). “A Meta-Analysis of Systemic Evaluation of Knee Ligament Injury or Intervention of Knee Proprioceptive Function Recovery”. *Journal of Healthcare Engineering*.