

## Effect of Perturbation Training on Postural Control in Patients Undergoing Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Sara Moradi<sup>1\*</sup>, Ali Ashraf Jamshidi<sup>2</sup>, Mohammad Ali Sanjari<sup>2</sup>

1. MSc Student of Physiotherapy, School of Rehabilitation, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Department of Physiotherapy and Iranian Center of Excellence in Physiotherapy, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3. Department of Basic Rehabilitation Sciences, School of Rehabilitation, and Biomechanics Lab., Rehabilitation Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Ira

Received: 2016.March.15    Revised: 2016. September.09    Accepted: 2016.October.03

### Abstract

**Background and Aim:** After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (ACLR), postural control deficit remains due to sensory defect. Performing exercises based on neuromuscular training (perturbation training) may cause “postural control” and “functional level” improvement. The present study was carried out to evaluate the effect of perturbation training on postural control in patients with history of ACLR.

**Materials and Methods:** A total of 20 patients with history of ACLR who had followed routine rehabilitation protocol, and who returned to the previous level of activity, were included in two equal treatment and control groups. The mean time after surgery was 9.5+/-2.1 months. Force plate test was performed for evaluating the center of pressure parameters such as mean Velocity (Vm), Standard Seviation for distance (SDx), and Velocity (SDv) for each group. Also, cross hop functional test and subjective IKDC were performed for both groups. For treatment group only, 10 sessions of perturbation training were performed. Finally, these tests were repeated and compared between the two groups.

**Results:** A significant increase was observed in the score of IkDC in treatment group (P-value<0.005) . Also, the results of functional test showed a decrease in the mean velocity and SDx in the involved limbs in the treatment group, but in the control group no obvious difference was noticed. The difference observed between treatment and control groups were statistically significant.

**Conclusion:** Perturbation training can induce decrease in the center of pressure parameters, which increases functional test and IKDS scores. According to the results of the present study, performing perturbation protocol in patients who have had ACLR is recommended.

**Key words:** Postural control; Perturbation training; Anterior cruciate ligament; Center of pressure

**Cite this article as:** Sara Moradi, Ali Ashraf Jamshidi, Mohammad Ali Sanjari. Effect of Perturbation Training on Postural Control in Patients Undergoing Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. J Rehab Med. 2017; 6(3): 113-117.

\* **Corresponding Author:** Sara Moradi .MSc Student of Physiotherapy, School of Rehabilitation, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran  
Email: s\_moradi\_f@yahoo.com

## بررسی اثر اغتشاش درمانی بر کنترل پاسچر بیماران پس از جراحی بازسازی رباط صلیبی قدامی

سارا مرادی<sup>۱\*</sup>، علی اشرف جمشیدی<sup>۲</sup>، محمد علی سنجرى<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیوتراپی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران  
۲. گروه فیزیوتراپی و قطب علمی آموزشی فیزیوتراپی ایران، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران  
۳. گروه علوم پایه توانبخشی، دانشکده علوم توانبخشی و آزمایشگاه بیومکانیک، مرکز تحقیقات توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

پذیرش مقاله ۱۳۹۵/۰۷/۱۲ \*

بازنگری مقاله ۱۳۹۵/۰۶/۱۹

\* دریافت مقاله ۱۳۹۵/۰۱/۲۷

### چکیده

#### مقدمه و اهداف

پس از جراحی بازسازی رباط صلیبی قدامی، اختلال کنترل پاسچر و تعادل باقی می‌ماند. بنابراین انتظار می‌رود که انجام تمرینات بر پایه آموزش عصبی-عضلانی (اغتشاش درمانی) منجر به بهبود کنترل پاسچر و افزایش سطح عملکردی گردد.

#### مواد و روش‌ها

بیست بیمار با سابقه بازسازی رباط صلیبی قدامی که دوره فیزیوتراپی متداول را طی کرده بودند، در دو گروه ده نفره کنترل و درمان وارد مطالعه شدند. داده‌های مربوط به مرکز فشار با استفاده از دستگاه صفحه نیرو ثبت شدند. همچنین پرسشنامه یک صد نمره‌ای International Knee IKDC (Documentation Committee) و آزمون عملکردی پرش متقاطع نیز برای هر دو گروه مورد ارزیابی قرار گرفت. برای گروه درمان دوره اغتشاش درمانی ده جلسه‌ای انجام و همگی آزمون‌ها مجدداً تکرار و نتایج با هم مقایسه شدند.

#### یافته‌ها

میانگین طول پرش قبل و بعد از درمان در گروه کنترل به ترتیب  $404/2$  و  $404/6$  و در گروه درمان به ترتیب  $402/8$  و  $436$  سانتی‌متر بود ( $p=0/15$ ). میانگین سرعت متوسط قبل و بعد از درمان در گروه کنترل به ترتیب  $6/28$  و  $5/45$  و در گروه درمان به ترتیب  $5/88$  و  $4/52$  سانتی‌متر بر ثانیه بود ( $p=0/31$ ). میانگین جابجایی مرکز فشار قبل و بعد از درمان در گروه کنترل به ترتیب  $0/87$  و  $0/78$  و در گروه درمان به ترتیب  $0/76$  و  $0/55$  سانتی‌متر بود ( $p=0/27$ ). پراکندگی سرعت مرکز فشار قبل و بعد از درمان در گروه کنترل به ترتیب  $5/55$  و  $4/98$  و در گروه درمان به ترتیب  $5/49$  و  $4/44$  سانتی‌متر بر ثانیه بود ( $p=0/15$ ). نمره پرسشنامه در گروه درمان در پایان تمرینات اغتشاشی افزایش معناداری نشان داد ( $p < 0/005$ ).

#### نتیجه‌گیری

تمرینات اغتشاشی باعث بهبود عملکرد و کنترل پاسچر در بیماران پس از جراحی بازسازی رباط صلیبی قدامی می‌شود.

#### لغات کلیدی

جراحی بازسازی رباط صلیبی قدامی؛ کنترل پاسچر؛ مرکز فشار؛ اغتشاش درمانی

نویسنده مسئول: سارا مرادی. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیوتراپی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

آدرس الکترونیکی: s\_moradi\_f@yahoo.com

## مقدمه و اهداف

رباط صلیبی قدامی<sup>۱</sup> دارای نقش دوگانه حسی و حرکتی است به طوری که آسیب رباط صلیبی قدامی منجر به کاهش سطح عملکردی شده که این نه فقط به خاطر عدم وجود نقش "مکانیکی" رباط صلیبی قدامی در تأمین ثبات مفصل زانو است که به علت از دست رفتن نقش حسی آن نیز می‌باشد<sup>[۱]</sup>. آسیب به گیرنده‌های حسی رباط صلیبی قدامی منجر به اختلال در تعادل می‌گردد. پاسچر و تعادل نیازمند انسجام هماهنگ داده‌های حسی از سیستم‌های بینایی، وستیبولار و سوماتوسنسوری می‌باشد و اختلال عملکرد هر یک از این بخش‌ها، می‌تواند باعث اختلال در پاسچر و تعادل گردد<sup>[۲]</sup>. این اختلال در مکانیسم مرکزی کنترل پاسچر، منجر به آن می‌شود که اثر آسیب و بازسازی رباط صلیبی قدامی مرکزی بوده و منجر به اختلال در پاسچر کلی فرد شود<sup>[۳]</sup>.

پس از جراحی نقص "مکانیکی" اصلاح می‌شود ولی در مورد بازسازی عملکرد حسی رباط گرفت شده، شرایط این گونه نیست، زیرا مکانورسپتورها و اتصالات عصبی بعد از جراحی بازسازی نمی‌شوند. به طوری که تحقیقی در گذشته از خطر بالای آسیب مجدد رباط صلیبی قدامی به خصوص در یکسال اولیه پس از جراحی خبر می‌دهد<sup>[۴]</sup>.

بنابراین نقص حسی رباط صلیبی قدامی منجر به کاهش کنترل پاسچر در بیماران تحت بازسازی رباط صلیبی قدامی می‌گردد. در مطالعات گذشته اختلال تعادل و کنترل پاسچر در افراد رباط صلیبی قدامی مطرح شده است، که جهت بررسی آن از دستگاه صفحه نیرو استفاده شده است<sup>[۴ و ۵]</sup>. از لحاظ نظریه دینامیک خطی، افرادی در تعادل مطلوب هستند که قادر به حفظ ایستادن با کمترین میزان نوسان حول نقطه تعادل مرکزی باشند. در واقع افزایش پراکندگی جابجایی و سرعت نوسان مرکز فشار مشخص کننده تعادل ضعیف و کنترل پاسچر مختل شده می‌باشد<sup>[۶]</sup>.

با پذیرش وجود این اختلال در بیماران رباط صلیبی قدامی، رویکردهای درمانی به سمت درمان‌هایی که پایه آموزش عصبی-عضلانی دارند، حرکت و یکی از کاربردی‌ترین این درمان‌ها اغتشاش درمانی است<sup>[۷، ۸ و ۵]</sup>.

با بررسی تحقیقات گذشته، که انجام این تمرینات منجر به بهبود سطح عملکرد و فعالیت بیماران که دچار پارگی رباط صلیبی قدامی شده‌اند<sup>[۵ و ۷ و ۸]</sup>، تصور می‌گردد که انجام این سری تمرینات در این افراد با بهبود کنترل عصبی-عضلانی منجر به بهبود پاسچر و تعادل گردد. تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر این تمرینات بر کنترل پاسچر بیماران رباط صلیبی قدامی صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک مطالعه شاهدهی-موردی و مداخله‌ای و یک تحقیق کاربردی است. از بین پرونده‌های در دسترس، بیماران که توسط پزشک بعد از جراحی بازسازی رباط صلیبی قدامی به کلینیک فیزیوتراپی ارجاع داده شده بودند و یک دوره فیزیوتراپی متداول را طی کرده بودند به صورت غیراحتمالی انتخاب شدند.

بیماران تحت معاینات از نظر بررسی معیار ورود قرار گرفته و در مورد حذف یا شرکت آنها تصمیم‌گیری صورت گرفت. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بود از جراحی بازسازی یک‌طرفه رباط صلیبی قدامی بدون آسیب و ترمیم منیسک و رباط‌های کولترال زانو، گذشت حداقل ۶ ماه از جراحی بازسازی رباط صلیبی قدامی و بازگشت به سطح فعالیت قبلی، حداقل قدرت عضلانی ۴/۵ در اندام تحتانی، عدم Giving Way در اندام درگیر، گذراندن دوره توانبخشی تسریع شده، توانایی حفظ تعادل و پریدن روی اندام درگیر و نیز سن بین ۱۸ تا ۳۵ سال. از بین افرادی که دارای شرایط لازم بودند تعداد ۲۰ نفر انتخاب شدند که به صورت غیراحتمالی در دو گروه ده نفری کنترل و مداخله قرار گرفتند. از همه این افراد رضایت‌نامه کتبی در خصوص انجام آزمایشات گرفته شد، سپس توسط آزمونگر اطلاعات زمینه‌ای بیماران شامل قد و وزن، اندام غالب، سابقه ورزشی و سطح فعالیت ورزشی در زمان مراجعه بود را جمع‌آوری و در فرم مخصوص ثبت گردید. جهت سنجش تلقی ذهنی فرد از زانوی خودش، پرسشنامه یک صد نمره‌ای Subjective International Knee Documentation Committee (IKDC) که توسط کمیته بین‌المللی زانو تهیه و تنظیم گردیده، استفاده شد. اعتبار و تکرارپذیری استفاده از این پرسشنامه به تأیید رسیده است<sup>[۹]</sup>. سوالات این پرسشنامه شامل سه بخش می‌باشد. در بخش اول، سوالاتی راجع به علائم که شامل درد، آدم، خالی شدن و قفل شدن زانو است، مطرح می‌شود. در بخش دوم سطح فعالیت ورزشی و میزان توانایی در انجام یکسری فعالیت‌های روزمره پرسیده می‌شود و در بخش سوم سطح فعالیت عملکردی فرد را با توجه به احساس فرد قبل از ضایعه و در حال حاضر را مورد بررسی قرار می‌دهد. نمره ابتدایی از پرسشنامه در شروع برای اندام درگیر و غیردرگیر (اندام سالم و جراحی نشده) به صورت درصدی از یک تا صد تعیین و ثبت شد.

<sup>1</sup> Anterior Cruciate Ligament (ACL)

سپس از بیماران آزمون عملکردی پرش متقاطع گرفته شد که جهت اندازه‌گیری قدرت و هماهنگی دستگاه عصبی-عضلانی طراحی شده و قابلیت این را دارد که توانایی اندام تحتانی را در انجام اعمالی که ثبات زانو را به چالش می‌کشد، ارزیابی کند و اعتبار و تکرارپذیری آن در آسیب رباط صلیبی قدامی نشان داده شده است<sup>[۱۰-۱۱]</sup>. این آزمون شامل سه پرش متوالی با حداکثر قدرت در امتداد نواری به عرض ۱۵ سانتی‌متر و طول ۶ متر می‌باشد. در ابتدا بیمار با نوع پرش آشنا و یک پرش آزمایشی را با پای سالم خود انجام داد. به بیمار گفته شد که سه پرش متوالی با حداکثر قدرت انجام دهد؛ به طوری که در هر بار پرش، نوار مشخص شده را قطع کرده و آزمونگر تاکید می‌نمود که فرد حرکت را در طول نوار مشخص شده بدون لغزش انجام دهد و سعی نماید انحراف کمتری داشته باشد. هر پرش برای هر پای بیمار سه بار تکرار و در بین هر تکرار یک دقیقه زمان استراحت در نظر گرفته شد. میانگین سه پرش برای هر پای بیمار به سانتیمتر ثبت شد. در مرحله بعدی از بیماران آزمون ثبت مرکز فشار با دستگاه صفحه نیرو گرفته شد. دستگاه صفحه نیرو، سیگنال‌های نوسانات مرکز فشار را که برای ارزیابی تعادل و پاسچر لازم است را ثبت می‌کند. منظور از مرکز فشار، برآیند نیروهای جاذبه و عضلانی به سطح تحمل‌کننده وزن است. از این معیارها به عنوان یک معیار پیش‌بینی‌کننده برای مشخص کردن اینکه فرد متعلق به کدام گروه (از لحاظ تعادلی) است، استفاده شده است<sup>[۱۲]</sup>. برای گرفتن این آزمون در ابتدا بیمار با نحوه آزمون آشنا شد و آن را یک بار به طور آزمایشی و با پای سالم انجام داد. به این صورت که از بیمار خواسته شد که از روی پلکانی که ارتفاع آن ۳۰ سانتیمتر بوده یک فرود تک پا بر روی صفحه نیرو داشته باشد؛ به طوری که هیچ حالت اوجی به سمت بالا نداشته باشد. نحوه قرار گرفتن بیمار روی پلکان به نحوی بود که پایی را که می‌خواست روی آن فرود بیاید را لبه پلکان و در هوا بدون تماس با پله قرار داده و سپس با فرمان آزمونگر به سمت پایین روی آن پا فرود می‌آمد و در ادامه بایستی تعادل خود را به مدت ۳۰ ثانیه روی همان پا با چشم باز حفظ می‌نمود. از بیمار خواسته شد که بعد از فرود دست‌ها را به کمر زده و به روبرو نگاه کند و پای مقابلش را از زانو خم نگه دارد. این آزمون برای هر دو پای سالم و جراحی شده فرد سه بار تکرار و بین هر تکرار یک دقیقه استراحت داده شد.

داده‌های مرکز فشار با استفاده از صفحه نیرو کیستلر (با نرخ نمونه برداری ۱۰۰ هرتز) به کمک نرم‌افزار دستگاه ثبت شد؛ گرچه نرم‌افزار Bioware مربوط به صفحات نیرو محاسبات عمومی را انجام می‌دهد، اما برای پردازش مطلوب تر مطابق با نیازهای این تحقیق، داده‌ها از قالب اصلی ذخیره شده توسط نرم‌افزار به قالب عمومی Text با استاندارد ASCII تبدیل و استخراج شد. سپس با کمک نرم‌افزارهای کمکی تحت متلب موجود در مرکز تحقیقات توانبخشی، متناسب با خصوصیات سیگنال ثبت‌شده، پردازش‌های مقدماتی شامل فیلتراسیون پایین‌گذر ۲۰ هرتز مرتبه ۴ و حذف مقادیر اولیه ثبت قبل از برخورد پا با صفحات نیرو انجام گرفت. در مرحله بعد، شاخص‌های مرکز فشار در جهت داخلی-خارجی که در راستای محور X صفحه نیرو اندازه‌گیری شده بود، محاسبه شد.

نهایتاً میزان جابجایی مرکز فشار (بر حسب سانتیمتر)، سرعت جابجایی مرکز فشار (بر حسب سانتیمتر بر ثانیه) و پراکندگی سرعت جابجایی مرکز فشار (بر حسب سانتیمتر بر ثانیه) ثبت گردید.

پس از گرفتن آزمون از گروه کنترل خواسته شد که پس از چهار هفته مجدداً برای انجام همین مراحل به آزمایشگاه گروه فیزیوتراپی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران مراجعه کند. از افراد گروه کنترل خواسته شد که در این مدت تمرینات تعادلی را انجام ندهند، اما انجام تمرینات ورزشی مربوطه به رشته بلامانع بود.

گروه مداخله پس از این مرحله وارد برنامه درمانی پروتکل تعدیل شده تمرینات اغتشاشی شدند که بر اساس پروتکل تعدیل شده Fitzgerald حدود ده جلسه برای هر فرد در نظر گرفته شد که در سه مرحله و سه بار در هفته به انجام رسید.

مرحله اول: شامل جلسات اول تا چهارم، مرحله دوم: جلسات پنجم تا هفتم، مرحله سوم: جلسات هشتم تا دهم، پیشرفت بیمار از هر مرحله به مرحله بعد و از هر جلسه به جلسه بعد مشروط به کسب شرایط لازم آن مرحله یا جلسه می‌بود و اگر بیمار قادر به رسیدن به آن شرایط نمی‌شد، آن جلسه برای بیمار تمدید می‌شد.

به طور کلی پایه و اساس و پیشرفت این تمرینات اغتشاشی به این صورت می‌باشد که تمرینات با شروع از صفحه ساجیتال به انجام تمرینات در صفحات فرونتال و دایاگونال، ایستادن روی دو پا به ایستادن روی پای درگیر، اعمال نیرو از سطح کمر برای آموزش به اعمال آن از سطح تخته برای درمان کاربرد نیروی کم با سرعت پایین به کاربرد نیروی بیشتر با سرعت بالاتر، چشم باز به چشم بسته، شروع از صفحه دور از آسیب رباط صلیبی قدامی به صفحه آسیب رباط صلیبی قدامی و دادن راهنمایی کلامی درمانگر به حذف راهنمایی کلامی می‌باشد. دوره درمان اغتشاشی ۴ هفته به طول انجامید.

در پایان این دوره تکمیل پرسشنامه و نیز آزمون‌های پرش متقاطع و صفحه نیرو برای هر دو اندام درگیر و غیردرگیر، برای هر دو گروه درمان و کنترل انجام و نتایج ثبت گردید.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ استفاده شد. از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه برای بررسی تفاوت گروه‌ها در اندام درگیر و از آزمون اندازه گیری مکرر جهت بررسی تفاوت قبل و بعد گروه درمان استفاده شد.

## یافته‌ها

در مطالعه حاضر ۲۰ نفر (شامل ۱۵ مرد و ۵ زن) در دو گروه ده نفره مداخله و گروه کنترل با میانگین سنی  $24/2 \pm 3/4$  سال در گروه مداخله و  $27/1 \pm 2/5$  در گروه کنترل شرکت داشتند. میانگین شاخص توده بدنی  $22/88 \pm 1/2$  در گروه کنترل و  $23/93 \pm 4/5$  در گروه مداخله بود. میانگین مدت زمان گذشت از جراحی در گروه مداخله  $9/5 \pm 2/17$  ماه و در گروه کنترل  $10/6 \pm 2/5$  ماه بود. در گروه کنترل میانگین نمرات پرسشنامه Subjective IKDC قبل از آزمون  $68/7$  و پس از آزمون  $70/06$  بوده، حال آن که در گروه درمان میانگین نمره پرسشنامه قبل از درمان  $67/03$  و پس از درمان  $82/02$  بوده است. به عبارت دیگر در گروه درمان میانگین نمره بعد از آزمون نسبت به قبل از آزمون ۱۵ نمره افزایش پیدا کرده بود. لازم به ذکر است که نمره پرسشنامه دو گروه قبل از مداخله تفاوت معناداری نداشت ( $p=0/79$ ) که این نشان می‌دهد افراد دو گروه از لحاظ سنجش و تلقی خود نسبت به وضعیت زانویشان در شرایط یکسانی بودند.

جدول ۱: نتایج شاخص‌های آزمون‌های پرش طول و صفحه نیرو و اندام‌های درگیر قبل و بعد درمان در گروه‌های کنترل و درمان

P value	گروه درمان	گروه کنترل		آزمون
۰/۹	$40/28 \pm 26/9$	$40/42 \pm 27/4$	طول پرش قبل درمان (سانتیمتر)	آزمون
۰/۰۱	$436 \pm 28/8$	$40/46 \pm 28$	طول پرش بعد درمان (سانتیمتر)	پرش متقاطع
۰/۲۵	$5/88 \pm 1/25$	$6/28 \pm 1/88$	سرعت متوسط قبل درمان (سانتیمتر بر ثانیه)	
۰/۰۳۱	$4/52 \pm 0/75$	$5/45 \pm 1/22$	سرعت متوسط بعد درمان (سانتیمتر بر ثانیه)	
۰/۲۸	$0/76 \pm 0/14$	$0/87 \pm 0/22$	پراکندگی جایجای قبل درمان (سانتیمتر)	شاخص‌های مرکز فشار
۰/۰۲۷	$0/55 \pm 0/06$	$0/78 \pm 0/13$	پراکندگی جایجایی بعد درمان (سانتیمتر)	مربوط به آزمون
۰/۸۱	$5/49 \pm 1/65$	$5/55 \pm 1/68$	پراکندگی سرعت قبل درمان (متر بر ثانیه)	صفحه نیرو
۰/۱۵	$4/44 \pm 1/1$	$4/98 \pm 1/27$	پراکندگی سرعت قبل درمان (متر بر ثانیه)	

همچنین نمره پرسشنامه در گروه درمان در پایان تمرینات اغتشاشی افزایش معناداری نشان داد ( $p < 0/005$ ) که این امر بیان‌کننده بهبودی ذهنیت و تلقی فرد از شرایط خودش می‌باشد. نتایج آزمون‌های پرش متقاطع و صفحه نیرو در جدول ۱ آورده شده است.

## بحث

در شروع بین دو گروه کنترل و درمان در هیچ یک از شاخص‌ها تفاوت معناداری وجود نداشت که نشانه همگن و یکسان بودن گروه‌ها باشد. پس از تمرینات تعادلی در گروه درمان نمره پرسشنامه افزایش یافت که می‌تواند مرتبط با وجود احساس ترس و عدم اعتماد به نفس در انجام فعالیت‌های ورزشی و فعالیت‌هایی که به مکانیسم آسیب شباهت داشته در مرحله قبل از درمان بوده که پس از درمان، این احساس ترس و عدم اعتماد به نفس کاهش و سبب افزایش نمره شده است. نمره آزمون پرش متقاطع اندام درگیر نیز در دو گروه، قبل از مداخله تفاوت معناداری با هم نداشت که نشان می‌دهد افراد شرکت‌کننده در دو گروه از لحاظ هماهنگی عصبی-عضلانی و عملکرد حرکتی در یک سطح قرار داشتند. در گروه درمان افزایش نمره آزمون پرش متقاطع (بعد از اغتشاش درمانی) در اندام درگیر نسبت به گروه کنترل معنادار بود. میزان پراکندگی شاخص‌های نوسان مرکز فشار در جهت داخلی-خارجی قبل از آزمون در دو گروه تفاوت معناداری با هم نداشت، اما پس از درمان میزان پراکندگی جایجایی مرکز فشار و سرعت میانگین نوسان مرکز فشار در جهت داخلی-خارجی در پای جراحی شده، بعد از درمان، کاهش معناداری پیدا کرد، در حالی که تفاوت معناداری بعد از درمان در پراکندگی نوسان مرکز فشار نبود. افزایش نمره آزمون پرش در گروه درمان را می‌توان در نتیجه اعمال تمرینات اغتشاشی دانست و مطالعه حاضر با نتایج مطالعات گذشته همخوانی دارد.

نوسانات مرکز فشار معیاری جهت تخمین پاسخ عصبی-عضلانی به عدم تعادل مرکز ثقل بوده و معیاری جهت کنترل تعادل می‌باشد و تعادل نیز تابع حس عمقی است [۱۳]. بنابراین وقتی گیرنده‌های مکانیکی رباط صلیبی نقص داشته باشد یعنی اختلال حس عمقی یا اختلال تعادل وجود دارد. شاخص‌های متفاوتی را می‌توان از تغییرات نوسانات مرکز فشار که توسط صفحه نیرو به دست می‌آید، مورد بررسی قرار داد. از این موارد شاخص‌هایی که بیشتر در مطالعات و تحقیقات گذشته جهت بررسی پاسجر به خصوص در مورد آسیب و بازسازی رباط صلیبی قدامی مورد بررسی قرار گرفته و اعتبار و تکرارپذیری آن‌ها تأیید شده است [۱۴-۱۵]، شامل سرعت میانگین نوسان

مرکز فشار، پراکندگی سرعت و جابجایی نوسان مرکز فشار می‌باشد. Riley و همکاران بیان کردند که اطلاعات سرعت به تنهایی و یا همراه اطلاعات جابجایی بیشتر از اطلاعات جابجایی صرف، اختلال تعادل را نشان می‌دهد و این شاخص‌ها بیانگر جنبه‌های پویای کنترل پاسچر هستند<sup>[۱۶]</sup>. همچنین از این شاخص‌های صفحه نیرو جهت بررسی اثرات درمانی اعم از تمرینات شناختی (۶)، تمرینات اغتشاشی (۵) و اثر تمرینات خستگی<sup>[۱۷]</sup> بر روی بیماران با آسیب و بازسازی رباط صلیبی قدامی در تحقیقات پیشین استفاده شده است.

بر طبق مطالعات انجام شده، اختلال پاسچر و کاهش تعادل خود را به صورت افزایش میانگین سرعت و یا با پراکندگی بیشتر جابجایی و سرعت نوسان مرکز فشار در دو جهت داخلی-خارجی و قدامی-خلفی نشان می‌دهد<sup>[۱۱]</sup>. در تحقیق حاضر بررسی شاخص‌های مرکز فشار، فقط در راستای داخلی-خارجی در جهت محور X انجام گردید؛ زیرا تکرارپذیری این متغیرها در جهت طرفی بیشتر از جهت قدامی-خلفی است<sup>[۱۲]</sup>. Ageberg حساسیت صفحه فرونتال را به نوسانات پاسچرال در زانو بیشتر از صفحه ساجیتال گزارش داد. وی بیان کرد که با توجه به محدودیت آناتومیکی در این صفحه، تنظیم پاسچر در آن مهمتر و حساس‌تر است<sup>[۱۸]</sup>. همچنین با توجه به در نظر گرفتن تکلیف حرکتی خواسته شده از بیماران در حین انجام آزمون توسط دستگاه صفحه نیرو در حین فرود بر روی یک پا و حفظ حالت ایستادن به مدت ۳۰ ثانیه، یک نیروی ولگوس در صفحه عرضی به رباط صلیبی قدامی وارد می‌شود که این نیرو می‌تواند باعث آسیب غیرتماسی در رباط بازسازی شده گردد، بنابراین بی‌ثباتی و نوسان بیشتر مرکز فشار در این صفحه برای بررسی تعادل در بیماران رباط صلیبی قدامی از نظر محقق مهمتر در نظر گرفته شده است.

در پژوهش حاضر جهت سنجش شاخص‌های نوسان مرکز فشار سه متغیر شامل سرعت متوسط، پراکندگی جابجایی و پراکندگی سرعت مورد بررسی قرار گرفته است. از آن جایی که هیچ تفاوت معناداری بین اندام درگیر و غیردرگیر قبل و بعد از درمان در گروه کنترل و درمان در مورد شاخص پراکندگی سرعت نبود، دیگر شاخص مورد بررسی در تحقیق حاضر، پراکندگی نوسان مرکز فشار می‌باشد. این شاخص عبارت است از پراکندگی توزیع جابجایی مرکز فشار حول نقطه نوسان مرکزی که هر چه مقدار پراکندگی نوسان بیشتر باشد یعنی فرد نوسان بیشتری در صفحه فرونتال داشته و در واقع مرکز فشار حول نقطه مرکزی توزیع یکنواختی نداشته است. در بیان توجیه این نوسانات، باید گفت که بر اساس تئوری دینامیک خطی تغییرپذیری برون‌داد نشان‌دهنده خطای تصادفی است. به عبارتی دیگر هر چه تغییرپذیری مکان مرکز فشار بیشتر باشد، میزان خطای تصادفی در حفظ تعادل بیشتر بوده و این به عنوان اختلال در کنترل پاسچر تلقی می‌شود<sup>[۱۱]</sup>.

شاخص دیگر مورد بررسی، سرعت میانگین نوسان مرکز فشار در جهت داخلی-خارجی می‌باشد که این شاخص بیانگر میانگین سرعت جابجایی مرکز فشار در یک مدت زمان معین بر حسب سانتیمتر بر ثانیه است و شاخص خوبی برای نشان دادن مقدار فعالیت لازم در حفظ ثبات می‌باشد<sup>[۱۲]</sup>. بر طبق مطالعات گذشته، یکی از شاخص‌های اصلی جهت بیان اختلال تعادل پس از آسیب و بازسازی رباط صلیبی قدامی، بررسی سرعت نوسان مرکز فشار است<sup>[۱۹]</sup> که هر چه سرعت میانگین نوسان مرکز فشار در جهت داخلی-خارجی بیشتر باشد یا به عبارتی میانگین سرعت جابجایی مرکز فشار بیشتر باشد، نشانه اختلال در پاسچر و تعادل ضعیف‌تر می‌باشد که این می‌تواند به آسیب گیرنده‌های "مکانیکی" رباط صلیبی قدامی مرتبط باشد<sup>[۱۸]</sup>. بنابراین آسیب رباط و یا گرافت آن منجر به اختلال و کاهش پیام‌های اوران به سیستم عصبی مرکزی می‌گردد که این خود باعث کاهش توانایی اندام تحتانی در حفظ و کنترل پاسچر خواهد بود. اگرچه بر طبق مطالعات انجام شده تعادل در بیماران پس از جراحی بازسازی رباط صلیبی قدامی، نسبت به افراد سالم کمتر است<sup>[۴]</sup> ولی در مقایسه با افراد با پارگی رباط صلیبی قدامی به طور معناداری بهتر است، به خصوص پس از گذشت زمان بیشتری از جراحی که عصب‌گیری مجدد در گرافت توسعه یافته باشد. در این راستا بر اساس نتایج به دست آمده در اندام درگیر، در گروه درمان میزان کاهش سرعت میانگین قبل و بعد از درمان معنادار بوده است.

## نتیجه گیری

یافته‌های تحقیق حاضر نیاز به دوره‌های درمانی که بر پایه بهبود کنترل عصبی-عضلانی در بیماران تحت بازسازی رباط صلیبی قدامی را که دچار اختلال تعادل و کنترل پاسچر هستند را مورد تاکید قرار می‌دهد. تمرینات اغتشاشی با توانایی تأثیر بر سیستم کنترل فید فوروارد توانستند در دوره کوتاهی باعث بهبود عملکرد حرکتی و تعادلی افراد و ایجاد حس بهتر نسبت به شرایط خودش شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود که برنامه تمرینات اغتشاشی در دوره فیزیوتراپی پس از عمل بیماران پس از جراحی بازسازی رباط صلیبی قدامی گنجانده شود.



## منابع

1. Johansson H, Sjölander P, Sojka P. A sensory role for the cruciate ligaments. *ClinOrthopRelat Res*. 1991;(268):161-178.
2. Zouita ben moussa A, Zouita S, Dziri C, Ben Salah FZ . Single –leg assessment of postural stability and knee functional outcome 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Ann PhysRehabilMed* 2009; 52:475-484.
3. Brooke E, Howells C, Clare L. Is postural control restored following anterior cruciate ligament reconstruction? A systematic review. *Knee Surg Sport Arthrosc*.2011
4. Mohammadi F, Salavati M, Akbari B, Mazaheri M. Static and dynamic postural control in competitive athletes after anterior cruciate ligament reconstruction and controls. *Knee Surg Sports J*.2011 Nov(10) : 456-461
5. Feizabadi N, Jamshidi AA. Effects of perturbation training on ground reaction force and function in ACLD Patients during step up and down]. Master of Science Thesis, Iran University of Medical Sciences , 2010
6. Negahban H, Hadian MR, Salavati M, Mazaheri M, Talebian S, Jafari AH, Parnianpour M . The effects of dual-tasking on postural control in people with unilateral anterior cruciate ligament injury. *Gait Posture* 2009;30:477-481. Master of Science Thesis, Iran University of Medical Sciences , 2007
7. Mehdi Naserpour, Ali Ashraf Jamshidi, Ali Amiry, Mohammad Reza Kihany. The Effect of a Modified Perturbation Training on Muscle Activation Pattern and Function in ACL Deficient Patients.
8. Abbasi L. Jamshidi AA. The survey on kinematics in patients with anterior cruciate ligament injury during walking. Master of Science Thesis, Iran University of Medical Sciences.
9. Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, et al. Development and validation of international knee documentation committee subjective the knee form. *Ame J Sport Med* 2001;29(5) ;600-613.
10. Swanic CB, Harner CD, Lephurat SM, Neurophysiology of the knee In: *Surgery of the knee*. (Norman SW, InsallGN, et al.) 3rd ed. NewYork : Churchill , 2001;pp:176-189.
11. Callaghan JJ, Rosenberg AG, Rubash HE. *The adult knee*. 3rd ed. . USA. Lippincott Williams and Wilkins, 2002; pp; 389-430.
12. Moghadam M, HadiyanMR, et al. Effects of single vs dual task balance training on postural control performance in older adult. *J Rehabil* 2010;8:345-349.
13. Zouita ben moussa A, Zouita S, Dziri C, Ben Salah FZ . Single –leg assessment of postural stability and knee functional outcome 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Ann PhysRehabilMed* 2009; 52:475-484.
14. Henriksson M, Ledin T, Good L . Postural control after anterior cruciate ligament reconstruction and functional rehabilitation. *Am J Sport Med* 2001;29:359-366.
15. Bonfim TR, Paccola CA, Barela JA. Proprioceptive and behavior impairment in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knee. *ArchPhys Med Rehabil* 2003; 84:1217-1223.
16. Riley PO, Benda BJ, Gill-Body KM, Krebs DE. Phase plane analysis of stability in quiet standing. *J Rehabil Res Dev* 1995;32(3):227–235.
17. Ageberg E, Roberts D, Friden T. The effect of short-duration sub-maximal cycling on balance in single-limb stance in patients with anterior cruciate ligament injury: BMC. 2004;10(4):231-237.
18. Ageberg E, Za'tterstro'm R, Moritz U, Friden T. Influence of supervised and unsupervised training on postural control after an acute anterior cruciate ligament rupture: A 3-year longitudinal prospective study. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001;31(11):632–644
19. Shirashi M, Mizuta H, Kubota K, et al. Stabilometric assessment in the anterior cruciate ligament-reconstructed knee. 1996, *Clin J Sport Med*:6:32-39.