



The effect of knee valgus control feedback exercise on pain, hip torque and performance variables in participants with patellofemoral pain

Mahsa Emamverdi^{1*}, Amir Letafatkar², Mehdi Khaleghi Tazji²

1. MA, Department of Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Physical Education and Sport sciences, Kharazmi University, Tehran, Republic of Iran, Tehran-Iran.
2. Assistant Professor, Department of Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Physical Education and Sport sciences, Kharazmi, Tehran-Iran

ABSTRACT

Aims and background: Patellofemoral pain syndrome (PFPS) is a common knee disorder frequently occurred in young females. Abnormalities of lower limb movement patterns during weight-bearing activities can directly affect referred pain. The purpose of this study was to determine the effect of knee valgus control feedback exercise on pain, eccentric hip muscle torque, performance and knee angle in females with PFPS.

Materials and methods: 32 women with PFPS with mean age 22.6 ± 6.18 years selected and were divided into experimental (n=16) and control (n=16) groups. The isokinetic dynamometer, visual analogue scale (VAS), 4 lower extremity performance tests includes (single leg hop test, triple hop test, crossover hop test and single leg 6m timed hop test) and single leg squat were used respectively in order to measure eccentric hip muscle torque, pain, performance and knee angle. The Shapiro-Wilk, repeated measure, paired and sample t tests were used for statistical analysis (significance level $\alpha \leq 0.05$).

Findings: Based on the findings of this study, the significant changes were reported in experimental group in hip abductor to adductor ratio ($P=0.001$) hip external to internal rotation ratio ($P=0.001$), pain ($P=0.001$), and all performance tests ($P=0.001$) and knee valgus angles were ($P=0.001$), that indicate knee valgus control feedback exercises improve the hip torque ratio, pain, dynamic knee valgus angle and performance.

Conclusions: The results revealed that, dynamic knee valgus control feedback exercises have a beneficial effect on PFPS participants due to alteration in biomechanical variables such as eccentric hip muscle torque, performance variables, knee dynamic valgus angle and pain.

Keywords: Patellofemoral pain syndrome, feedback, dynamic knee valgus, pain, eccentric torque, performance.

► Please cite this paper as:

Emamverdi M, Letafatkar A, Khaleghi Tazji M [The effect of knee valgus control feedback exercise on pain, hip torque and performance variables in participants with patellofemoral pain(Persian)]. J Anesth Pain 2020;11(1):85-96.

Corresponding Author: Mahsa Emamverdi, MA, Department of Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Physical Education and Sport sciences, Kharazmi University, Tehran, Republic of Iran, Tehran-Iran.

Email: mahsa.emamverdi@gmail.com

فصلنامه علمی پژوهشی بیهوشی و درد، دوره ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹

فصلنامه علمی پژوهشی بیهوشی و درد، دوره ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹

تأثیر تمرینات فیدبک کنترل والگوس زانو بر درد، گشتاور ران و عملکرد ر افراد دارای سندروم درد پتلافمورال

مهسا امامویردی^{۱*}، امیر لطافت کار^۲، مهدی خالقی تازجی^۲

۱. کارشناس ارشد آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران- ایران
۲. استادیار، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران- ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۲۰

تاریخ بازبینی:

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۷

چکیده

زمینه و هدف: سندروم درد پتلافمورال شایع‌ترین اختلال زانو در زنان جوان است. اختلالات الگوهای حرکتی اندام تحتانی در طی فعالیت‌های همراه با تحمل وزن می‌تواند به طور مستقیم روی درد ارجاعی تأثیرگذار باشد. هدف از این پژوهش تعیین تأثیر تمرینات فیدبکی والگوس زانو بر درد، گشتاور اکسنتریک ران، زاویه والگوس زانو و عملکرد در افراد دارای سندروم درد پتلافمورال بود.

مواد و روش‌ها: ۳۲ زن مبتلا به سندروم سندروم درد پتلافمورال با میانگین سن $22/6 \pm 6/18$ سال انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه کنترل ($n=16$) و تجربی ($n=16$) تقسیم‌بندی شدند. قبل و پس از اجرای تمرینات، به منظور اندازه‌گیری گشتاور اکسنتریک ران، درد و زاویه والگوس زانو به ترتیب از دستگاه داینامومتر ایزوکتیک، مقیاس آزمون بصری (VAS)، دوربین فیلم‌برداری و همچنین آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی استفاده شد. از آزمون‌های آماری آنالیز واریانس اندازه‌گیری مکرر، تی وابسته و مستقل برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد.

یافته‌ها: بر اساس یافته‌های این تحقیق، در گروه تجربی تغییرات معناداری در نسبت حداکثر گشتاور اداکتور به اداکتور ($p=0/001$) و اکسنترنال روتیتور به اینترنال روتیتور ($p=0/001$)، درد ($p=0/001$) و زاویه والگوس زانو ($p=0/001$) و عملکرد ($p=0/001$) مشاهده شد که نشان داد تمرینات کنترل والگوس زانو گشتاور اکسنتریک ران، درد، زاویه والگوس زانو و عملکرد را بهبود داد.

نتیجه‌گیری: تحلیل نتایج این تحقیق نشان داد که تمرینات فیدبکی کنترل والگوس زانو تأثیرات سودمندی در افراد دارای سندروم درد پتلافمورال داشت؛ که منجر به تغییرات در متغیرهای بیومکانیکی مانند گشتاور اکسنتریک ران، متغیرهای عملکردی، زاویه والگوس زانو و درد شد. **واژه‌های کلیدی:** سندروم درد پتلافمورال، فیدبک، والگوس داینامیک زانو، درد، گشتاور اکسنتریک، عملکرد

مقدمه

در انواع دردهای اسکلتی-عضلانی از جمله درد پتلافمورال

پیشنهاد شده است^(۱،۲). اخیراً نظریه‌ای در ارتباط با الگوهای

الگوهای تغییر یافته حرکت به عنوان یک فاکتور سهیم

نویسنده مسئول: مهسا امامویردی، کارشناس ارشد آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران- ایران

پست الکترونیک: mahsa.emamverdi@gmail.com

تغییر یافته زانو و هیپ بازی کند؛ الگوهای حرکتی که باعث افزایش والگوس داینامیک زانو در هنگام مشاهده می‌گردد، باید خطای اندازه‌گیری کینماتیکی بیشتری داشته باشند و کسانی که کاهش والگوس داینامیک زانو در هنگام مشاهده دارند، باید خطای اندازه‌گیری کینماتیکی کمتری داشته باشند. گذشته از این، کینماتیک‌های تغییر یافته در افرادی که والگوس داینامیک قابل مشاهده در طول تکالیف همراه با تحمل وزن به نمایش می‌گذارند باید به آسانی دیده شوند.

در ارتباط با درد، چنانچه این علائم در نتیجه‌ی میکروتروماهای پی در پی در حرکات تکراری در یک جهت مشخص تحمیل شده باشند^(۱۱)، افزایش والگوس داینامیک زانو در طی حرکت اسکات باید باعث افزایش درد و کاهش واگوس داینامیک زانو باید باعث کاهش درد شود. همچنین گزارش شده است که والگوس بیش از حد زانو با کاهش قدرت عضلات اطراف ران (مخصوصاً ابداکتورها و اکسترنال روتیتورها) ارتباط دارد که این موضوع منجر به آسیب‌های مختلف زانو شامل PFPS و پارگی لیگامان صلیبی قدامی (ACL) می‌شود^(۱۲). این عضلات باید عمل اکسنتریکی به کنترل و مقاومت بیش از حد اداکشن و اینترنال روتیشن ران در طی فعالیت‌های عملکردی با تحمل وزن، نشان دهد^(۱۳). پژوهش حاضر در پی پاسخ به این سوال می‌باشد تا این فرضیه را در زنان دارای سندروم پتلافمورال آزمایش کند که آیا کسانی که افزایش والگوس داینامیک زانو را در طی تکلیف اسکات تک پا (SLS) (فعالیت تحریک کننده درد برای افراد دارای سندروم درد پتلافمورال) به نمایش گذاشتند، با فیدبک کنترل والگوس زانو طی تمرینات عملکردی دردشان کاهش و عملکردشان افزایش خواهد یافت؟

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی، طرح تحقیق حاضر دو گروه کنترل و تجربی با پیش آزمون و پس آزمون است. جامعه آماری تحقیق حاضر، دانشجویان دختر دانشگاه

حرکتی اندام تحتانی و درد پتلافمورال پیشنهاد شده است که مجموعه‌ای از کینماتیک‌های تغییر یافته شامل افزایش اداکشن ران (هیپ) و مدیال روتیشن، افزایش والگوس زانو (ابداکشن) و افزایش لترال روتیشن تیبیا (زانو) را توصیف می‌کند؛ که مجموعاً والگوس داینامیک زانو نامیده می‌شود. به دلیل اتصال پتلا بین فمور و تیبیا، تغییرات کینماتیک هیپ و زانو بر اساس نظریات گذشته باعث افزایش زاویه کوادریسپس و نیروهای متعاقب لترال روی مفصل پتلافمورال می‌شود؛ که منجر به کاهش ناحیه برخورد مفصل پتلافمورال و افزایش استرس و متعاقب آن درد می‌گردد^(۳). شواهد موجود از ارتباط بین همراستایی تیبیا و فمورال و مکانیسم‌های مفصل پتلافمورال تحت وضعیت‌های استاتیک حمایت می‌کند. به عنوان مثال، افزایش اداکشن زانو با افزایش استرس مفصل پتلافمورال مرتبط شده است^(۴،۵). به‌طور مشابه نشان داده شده است که افزایش مدیال روتیشن فمورال نسبت به تیبیا با کاهش سطح تماس پتلافمورال و افزایش استرس مفصل پتلافمورال مرتبط است^(۶). علیرغم شواهد مرتبط با همراستایی استاتیک تیبیا و فمورال و مکانیسم‌های پتلافمورال، ارتباط بین والگوس داینامیک زانو در طی حرکت و درد در افراد با سندروم درد پتلافمورال به‌طور واضح گزارش نشده است. نویسندگان متعددی تغییرات کینماتیکی از قبیل افزایش اداکشن هیپ، افزایش مدیال روتیشن هیپ، افزایش اداکشن زانو و افزایش لترال روتیشن زانو در زنان با سندروم درد پتلافمورال در مقایسه با افراد بدون درد گزارش کرده‌اند؛ هرچند ماهیت مطالعات مقطعی این تحقیقات سبب پیشگیری از ارتباط علی بین کینماتیک و درد می‌شود^(۷-۹). مطالعات آینده‌نگر عوامل گوناگون خطرزا بیومکانیکی برای این سندروم از قبیل افزایش مدیال روتیشن هیپ، افزایش لحظه‌ایی و ضربه‌ایی اداکشن زانو را مشخص می‌کند^(۱۰)؛ اما هیچ مطالعه‌ایی بطور مستقیم کینماتیک در طی تکلیف عملکردی و پاسخ درد در آزمودنی‌ها را بررسی نکرده است. اگر والگوس داینامیک زانو نقشی را در مکانیسم سندروم پتلافمورال با کینماتیک

گشتاورهای ابداکشن، اداکشن، اکسترنال و اینترنال روتیشن در بین آزمودنی‌ها بعمل آمد. در صورتی که تست با گشتاور اکسنتریک ابداکشن و اداکشن ران شروع می‌شد، آزمودنی در وضعیت خوابیده به پهلو با ران و زانوی خم شده و فیکس شده با استرپ قرار می‌گرفت^(۱۵). محور چرخش مفصل و محور چرخش دستگاه دینامومتر در یک راستا قرار گرفت. یکی از خط‌ها زیر PSIS به سمت ران بسمت خط دیگر بصورت مدیال از تروکانتر بزرگ ران بسمت خط میانی بدن قرار می‌گرفت. بازوی اهرمی دینامومتر با استفاده از استرپ پنج سانتی‌متری بالای حاشیه فوقانی کشکک متصل شد. وضعیت ران در هر سه محور حرکتی بصورت خنثی قرار گرفت و به آزمودنی آموزش داده شد که انگشتان را به سمت جلو نگه دارند و زانوها را به منظور جلوگیری از تغییرات فراخوانی عضلات و ایجاد حرکات جبرانی حین تست‌گیری خم نکند (شکل ۱).



شکل ۱. وضعیت آزمودنی برای اندازه‌گیری گشتاور ابداکشن و اداکشن ران

خوارزمی با دامنه سنی ۱۸-۲۶ سال بودند. به منظور انتخاب آزمودنی‌ها افراد تحت آزمون‌های تست کلارک (ارزیابی بوسیله ارتوپد) و ارزیابی والگوس داینامیک زانو حین اجرای اسکوات تک پا قرار گرفتند. بعد از مدنظر قرار دادن ملاک‌های اولیه، با استفاده از نرم‌افزار جی پاور^(۱۴) جهت تعیین حجم نمونه ۳۲ آزمودنی انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه تمرینات کنترل ولگوس داینامیک زانو (۱۶ نفر) و کنترل (۱۶ نفر) گماشته شدند. بعد از انتخاب آزمودنی‌ها، فرم رضایت‌نامه در اختیار آنها قرار گرفته و رضایت‌نامه آگاهانه کتبی شرکت در تحقیق از آنها بعمل آمد. **ابزارها و روش اجرای تحقیق:** بعد از کسب رضایت‌نامه کتبی، ابتدا مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها ثبت شد و سپس به منظور ارزیابی‌های مربوط به پیش‌آزمون، آزمودنی‌ها پنج دقیقه گرم کردن زیربیشینه را بر روی ارگومتر انجام دادند. در ادامه فرآیند آشنایی با تست‌های

سه دقیقه استراحت اینتروال بین ست‌ها انجام می‌داد^(۱۵). سپس مرحله آشنایی اینترنال روتیشن و اکسترنال روتیشن اکسنتریک ران انجام و آزمون‌های گشتاور اجرا می‌شد. حداکثر گشتاور اینترنال روتیشن و اکسترنال روتیشن ران در وضعیت نشسته و فلکشن ۹۰ درجه زانو و ران انجام شد^(۱۵). محور دینامومتر در طول محور استخوان ران قرار می‌گرفت (شکل ۲).

دامنه حرکت تست از وضعیت صفر درجه (وضعیت خنثی تا ۳۰ درجه ابداکشن ران) است^(۱۶). آزمودنی یک ست پنج تکرار زیر بیشینه و یک ست پنج تکرار بیشینه ابداکشن و اداکشن را با یک دقیقه استراحت بین دو ست جهت آشنایی با انقباض‌های مرتبط انجام می‌داد. بعد از سه دقیقه استراحت اینتروال آزمودنی دو ست پنج تکرار حداکثر تلاش ارادی اکسنتریک را به همراه



شکل ۲. وضعیت آزمودنی در اندازه‌گیری گشتاور اینترنال روتیشن و اکسترنال روتیشن

درجه‌بندی گردید. عدد صفر هیچگونه دردی را نشان نمی‌دهد، عدد یک تا سه درد خفیف، عدد چهار تا شش درد متوسط و عدد هفت تا ۱۰ درد شدید را بیان می‌کند^(۱۹). اندازه‌گیری فاکتور عملکرد افراد: عملکرد فیزیکی با استفاده از آزمون‌های مبتنی بر عملکرد اندازه‌گیری شد. تست پرش لی تک پا (SLH) پرش سه لی تک پا (SLTH)، تست پرش لی زیگ زاگ (CLH) و پرش لی لی ۶ متر زمان‌بندی شده (SLTT) با فاصله اجرا گردید. در این تست‌ها، افراد با عضو مبتلا شروع به پریدن می‌کردند. افراد یک‌بار با تلاش زیربیشینه و یک‌بار با حداکثر تلاش با استراحت ۱ دقیقه‌ای بین هر کدام انجام می‌دادند تا افراد با این تست آشنا شوند. متعاقباً، بعد از دو دقیقه استراحت، افراد ۲ بار با حداکثر تلاش خود با دو دقیقه استراحت بین هر کدام تست را اجرا کردند. در آزمون پرش لی تک پا فرد یک پرش لی را با حداکثر توان خود انجام می‌دهد. در آزمون پرش سه لی تک پا فرد سه لی پشت سرهم انجام دادند و حداکثر مسافت کسب شده به عنوان رکورد فرد در نظر گرفته می‌شد، در پرش لی لی زیگزاگ نیز فرد سه بار لی لی بصورت زیگزاگ انجام داده و مسافت طی شده طولی اندازه‌گیری می‌شود. اگر افراد از دست‌های خود برای اضافه کردن نیروی محرکه استفاده کنند و یا در طول تست تعادل خود را از دست بدهند، اجرای تست

دامنه حرکت تست از صفر درجه (وضعیت خنثی) تا ۳۰ درجه اکسترنال روتیشن ران بود^(۱۶). حرکات در سرعت زاویه‌ای ۳۰ درجه بر ثانیه اجرا می‌شد^(۱۶). آنالیز بصری کلیه تکرارها برای تعیین و خارج کردن تکرارهایی که احتمالاً باعث تأثیرگذاری بر ارزش میانگین می‌شد به عمل می‌آمد. اگر در اجرای یکی از تکرارها، آزمودنی قادر به شروع حرکت یا قادر به کامل کردن حرکت در کل دامنه حرکتی در حین تست گشتاور اکسنتریک نبود و یا ارزش گشتاور زیر ۸۰ درصد ارزش گشتاور حداکثر باشد (پنج تکرار آخر) تکرار مورد نظر حذف می‌شود. پس از انجام تست‌گیری پارامترهای حداکثر گشتاور ابدکتور، ادداکتور، اکسترنال و اینترنال روتیتور از دستگاه استخراج شد^(۱۵). **تجزیه و تحلیل دو بعدی حرکت:** SLS اندازه‌گیری دو بعدی حرکت در صفحه فرونتال با استفاده از نرم‌افزار تجزیه و تحلیل حرکت (version 0.8.15; Association Kinovea) صورت گرفت^(۱۷). هنگام انجام حرکت SLS^(۱۸) داده‌ها با استفاده از فیلم‌برداری با دوربین دیجیتال Samsung galaxy Note 4 ساخت کره جنوبی جمع‌آوری شدند. ارزیابی میزان درد مفصل پتلا فمورال: ارزیابی میزان درد در آزمودنی‌ها استفاده از مقیاس بصری درد (VAS) در مرحله پیش آزمون و پس آزمون صورت پذیرفت. این مقیاس به صورت یک خط ۱۰ سانتی‌متری رسم شد و برای درک مفهوم میزان درد بیماران بین صفر تا ۱۰ سانتی‌متر

برای کنترل حرکت لگن و زانو در صفحه فرونتال (به این ترتیب که فرد دست‌ورالعمل‌هایی مبنی بر «زانوها به داخل نروند»، «زانو روبرو را نگاه کند» و «لگن را در یک سطح حفظ کند») داده می‌شود. در صورتی که فرد در حین تمرین وضعیت صحیح را حفظ نمی‌کرد، فیدبک کلامی دوباره تکرار می‌شد. در طی دوره تمرینی فرد اجازه نداشت به تنهایی و خارج از آزمایشگاه تمرین کند^(۳۱).

تجزیه تحلیل آماری داده‌ها: از آمار توصیفی جهت محاسبه و گزارش میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. پس از تأیید نرمال بودن داده‌ها از آزمون‌های پارامتریک برای تحلیل آماری استفاده شد. به منظور تعیین تعامل گروه و زمان از آزمون آنالیز واریانس اندازه‌گیری مکرر، بررسی تغییرات درون گروهی از آزمون تی وابسته و تغییرات بین گروهی از آزمون تی مستقل در سطح معناداری ۰/۰۵ در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده شد. اندازه اثر به روش دی-کوهن محاسبه گردید به این صورت که ۰/۲ اندازه اثر کم، ۰/۵ اندازه اثر متوسط و ۰/۸ اندازه اثر بالا در نظر گرفته شد.

نتایج و یافته‌ها

مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها در جدول یک ارائه شده است.

تکرار می‌شد. در لی‌تک پا زمان‌بندی شده در شش متر از فرد خواسته شد که با استفاده از یک پا، لی‌لی پشت سرهم داشته باشد که با استفاده از کرنومتر، میزان زمان اجرای این آزمون سنجیده می‌شد. مطالعات قبلی قابلیت اطمینان بسیار عالی برای این تست نشان داده است^(۳۰). پروتکل تمرینی تحقیق: مداخله تمرینی شامل شش هفته و سه جلسه در هفته بود. هر جلسه تمرینی شامل گرم کردن، اجرای تمرینات و سرد کردن بود و حدود ۳۰-۴۵ دقیقه به طول می‌انجامید.

پیشرفت شدت تمرینات هر دو هفته یک بار اعمال می‌شد. هر تمرین سه ست و در هفته اول هر تمرین جدید با تکرار ۶-۸-۴ انجام می‌گرفت که فرد بتواند با تکرار کم تنها به اصلاح تکنیک پردازد و پس از یادگیری، حجم و شدت تمرین با توجه به اصول تمرین افزایش می‌یافت. تمرینات در هفته اول و دوم شامل (اسکات، لترال واک با تراباند) هفته دوم و سوم (اسکات، لترال واک، تلندربرگ، اسکات با کش الاستیک دور پا، لانچ) و هفته پنجم و شش (اسکات روی بوسوبال، اسکات تک پا ۳۰°، اسکات روی بوسوبال با کش الاستیک دور پا، لانچ با تراباند و ایجاد مقاومت به داخل) بود و قبل از شروع تمرین، نحوه صحیح و نادرست اجرای تمرینات به فرد آموزش داده شده بود. آزمونگر با کمک آینه و کلام فیدبک دیداری و شنیداری

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها

معناداری	تجربی (n=۱۶)	کنترل (n=۱۶)	گروه
۰/۶۴۷	۲۲/۵±۱/۸۸	۲۳/۶±۱/۴۹	متغیر سن، سال
۰/۶۹۳	۱۶۲/۷±۵/۶۰	۱۶۴/۸±۴/۰۹	قد، سانتی متر
۰/۵۹۸	۵۹/۳±۶/۶۶	۵۸/۵±۶/۰۲	جرم، کیلوگرم
۰/۴۳۸	۲۲/۱±۱/۶۱	۲۱/۱±۲/۰۰	شاخص توده بدنی، kg/m ²

فیدبکی و کنترل معنی‌دار نبود؛ اما در ارتباط با نسبت حداکثر گشتاور ابدکتور به اداکتور (F=۱۷/۳۸۹، P=۰/۰۰۱)

(F=۰/۲۶۸، P=۰/۶۰۹)، حداکثر گشتاور اداکتور (F=۲/۷۲، P=۰/۱۰۹) نشان داد که اثر تعاملی زمان بر گروه تمرینات

با توجه به معنی‌داری اثر تعاملی زمان بر گروه از آزمون تی وابسته برای مقایسه درون گروهی (پیش آزمون و پس آزمون) و آزمون تی مستقل جهت مقایسه بین گروهی (گروه تمرینات فیدبکی و کنترل) استفاده شد و با معنی‌دار نشدن فاکتور گشتاور ابدکتور و اداکتور نیازی به پیگیری آزمون‌های تی نبود.

و حداکثر گشتاور اکسترنال روتیتور ($P=0/001, F=192/067$), حداکثر گشتاور اینترنال روتیتور ($P=0/001, F=15/024$), نسبت حداکثر گشتاور اکسترنال روتیتور به اینترنال روتیتور ($P=0/001, F=53/983$), درد ($P=0/001, F=73/431$), زاویه والگوس داینامیک زانو ($P=0/001, F=70/901$), اثر تعاملی زمان بر گروه تمرینات بازخوردی و کنترل معنی‌دار گردید.

جدول ۲. اطلاعات توصیفی و آماره تغییرات درون گروهی و بین گروهی.

اندازه اثر	تی وابسته	تی مستقل	درصد تغییرات	میانگین و انحراف معیار		گروه	متغیر
				پس آزمون	پیش آزمون		
۰/۱۲۰	* ۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	٪۱۴/۶۰↑	۱/۰±۰۲/۸۱	۰/۰±۸۹/۰۶۳	تجربی	نسبت گشتاور اکسنتریک اداکتور به اداکتور
			-	۰/۰±۸۸/۰۷	۰/۰±۸۸/۵۲	کنترل	
۰/۱۸۶۴	* ۰/۰۰۵	۰/۰۲۳	٪۵۹/۷۳↑	۶۵/۶±۲۲/۳۰	۴۰/۵±۸۳/۷۵	تجربی	گشتاور اکسنتریک اکسترنال روتیتور
			٪۵/۴۵↓	۴۳/۶±۱۶/۵۰	۴۵/۶±۷۵/۳۰	کنترل	
۰/۲۷۰	* ۰/۰۰۲	۰/۰۲۸	٪۱۵/۶۶↑	۵۳/۷±۰۳/۸۷	۴۵/۷±۹۳/۲۰	تجربی	گشتاور اکسنتریک اینترنال روتیتور
			٪۷/۱۴↓	۴۷/۱۲±۲۷/۱۷	۵۰/۱۰±۹۱/۴۹	کنترل	
۰/۱۸۴۰	* ۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	٪۴۰/۹۰↑	۱/۰±۲۴/۱۴	۰/۰±۸۸/۰۷	تجربی	نسبت گشتاور اکسنتریک اکسترنال به اینترنال روتیتور
			٪۲/۲۷↑	۰/۰±۹۰/۰۴۶	۰/۰±۸۸/۰۶۲	کنترل	
۰/۷۲۰	* ۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	٪۵۹/۴۸↓	۷/۲±۶۲/۰۴	۱۸/۲±۸۱/۶۶	تجربی	زاویه والگوس زانو
			٪۵/۸۲↓	۱۶/۲±۵۰/۰۱	۱۷/۸±۵۲/۵۱	کنترل	
۰/۶۲۱	* ۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	٪۴۹/۱۸↓	۳/۱±۱/۶۱	۶/۱±۱/۱۸	تجربی	درد
			-	۶/۱±۱/۱۸	۶/۱±۰/۱۲	کنترل	
۰/۶۷۶	* ۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	٪۲۴/۶۲↑	۱۴۰/۱۱±۱۲/۵۰	۱۱۲/۹±۴۳/۶۰	تجربی	پرش لی تک پا
			٪۰/۹۲↓	۱۱۷/۱۳±۵۰/۰۵	۱۱۸/۱۴±۶۰/۰۱	کنترل	
۰/۶۴۱	* ۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	٪۲۳/۷۵↑	۳۸۱/۳۳±۵۴/۴۰	۳۰۸/۵۸±۳۱/۴۴	تجربی	تست سه هاپ تک پا
			٪۵/۵۵↓	۳۲۴/۳۵±۱۲/۲۲	۳۴۲/۴۲±۱۸/۶۶	کنترل	
۰/۵۷۲	* ۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	٪۱۲/۸۸↑	۳۴۰/۱۸±۰۶/۹۵	۳۰۱/۱۴±۲۵/۶۳	تجربی	پرش لی زیگزاگ سه‌گام
			٪۲/۲۰↓	۲۹۹/۳۶±۶۲/۲۵	۳۰۶/۴۰±۳۷/۴۷	کنترل	
۰/۱۵۱	* ۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	٪۷/۴۳↓	۱/۰±۰۹/۶۲	۱/۰±۰۹/۶۰	تجربی	لی لی زمان بندی شده
			٪۱/۲۷↑	۱/۰±۲۹/۶۷	۱/۰±۹۶/۴۴	کنترل	

* تغییرات معنادار بین گروهی در پس آزمون، † تغییرات درون گروهی

بحث

هدف از تحقیق حاضر تاثیر تمرینات فیدبک کنترل والگوس زانو بر درد، گشتاور ران، زاویه والگوس زانو و عملکرد در افراد دارای سندروم درد پتلافورال بود. نتایج حاکی از آن بود که انجام شش هفته تمرین فیدبکی کنترل والگوس داینامیک زانو، تأثیر معنی‌داری بر متغیرهای حداکثر گشتاور ابداکتور و اداکتور نداشته است؛ اما موجب بهبود نسبت حداکثر گشتاور اکسنتریک اداکتور به اداکتور و حداکثر گشتاور اکسنترال روتیور و اینترنال روتیور و نسبت آن‌ها، عملکرد و زاویه والگوس داینامیک زانو و درد زانو شده است.

مطالعه حاضر با نتایج مطالعات هنریک ریل و همکاران (۲۰۱۶)، هاوانگبو و همکاران (۲۰۱۵)، بالدون و همکاران (۲۰۱۴)، فوکودا و همکاران (۲۰۱۴)، هرمن و همکاران (۲۰۰۸)، خیام‌باشی و همکاران (۲۰۱۲)، لیوی و همکاران (۲۰۱۰)، مک لود و همکاران (۲۰۰۹)، فوکودا و همکاران (۲۰۱۰) همخوانی دارد.

برخلاف پژوهش‌های دیگر تحقیق هرمن و همکاران (۲۰۰۸) که به بررسی تمرینات قدرتی با تمرکز بر عضلات کوادریسپس، همسترینگ، گلوئوس مدیوس و ماکزیموس بر بیومکانیک اندام تحتانی پرداختند؛ دریافتند که تمرینات قدرتی به تنهایی نمیتوانند باعث تغییرات کینماتیکی و کنترلی شود و عوامل خطر آسیب غیربرخوردی را کاهش دهد. نتایج یافته‌های این تحقیق با تحقیق کنونی همسو نیست. اختلاف نتایج این مطالعه و مطالعه حاضر احتمالاً مبین این امر است که پروتکل تمرینی در این دو تحقیق کاملاً از یکدیگر متفاوت بوده و پروتکل تمرینی حاضر به دلیل فیدبک‌های کلامی از طرف آزمونگر و همچنین فیدبک دیداری از طریق آینه اطلاعات دقیق‌تر و کامل‌تری به بیمار برای کنترل زاویه والگوس داده؛ و موجب تغییرات کینماتیکی شده، زیرا الگوهای غیرطبیعی حرکات پایین تنه در طی فعالیت‌های تحمل وزن می‌تواند به طور مستقیم روی درد ارجاعی تأثیرگذار باشد (۲۲،۱۸).

این تحقیق با نتایج حاصل از تحقیق فوکودا و همکاران (۲۰۱۰) همسو بود، آنها به این نتیجه دست یافتند که پس از ۴ هفته برنامه تمرینات تقویتی مفصل زانو و هیپ، در زنان مبتلا به PFPS، درد کمتری را در مقایسه با گروهی که تنها تمرینات تقویت زانو را انجام داد، داشتند. هر دو گروه همچنین بهبود عملکرد و درد در هنگام پایین آمدن از پله را نشان دادند (۲۳).

در تحقیق فربر و همکاران (۲۰۱۵) بهبودی در میزان درد و قدرت عضلات در گروه تمرینات ران، در بازه زمانی کوتاه‌تری نسبت به گروه تمرینات چهارسر حاصل شد، که با نتایج تحقیق حاضر همسو می‌باشد (۲۴).

در تحقیق بالدون و همکاران (۲۰۱۴) برنامه مداخله‌ای شامل قدرت عضلات ران و کنترل حرکات پایین تنه و تنه در بهبود درد، عملکرد جسمانی و کینماتیک و قدرت عضلات در مقایسه با تمرینات قدرتی کوادریسپس به تنهایی بیشتر اثرگذار و مفید بود. اما قدرت عضلات اکسنترال روتیور تغییری نکرد (۲۵).

همچنین در تحقیق دولاک و همکاران (۲۰۱۴) گروه تمرینات ران و گروه چهارسر ران همگی تغییرات معنادار در قدرت ایزومتریک برای عضلات اکسنترال روتیور ران و اکسنسور ران با استفاده از داینامومتر نشان دادند. این تحقیق با تحقیق دولاک و همکاران در روش اندازه‌گیری قدرت و نوع قدرت تفاوت داشت (۲۵)؛ اما نتایج حاصل همخوان بوده است. همچنین هاوانگبو (۲۰۱۵) در تحقیقی با عنوان اثرات اسکات با فیدبک دیداری بر فعالیت عضله واستوس مایل داخلی و واستوس خارجی در افراد با افزایش زاویه Q به این نتیجه رسید که تجزیه و تحلیل فعالیت عضلات افرادی که تمرین اسکات ۹۰ درجه را انجام می‌دهند نشان داد که افزایش معناداری در فعالیت عضله واستوس خارجی و داخلی رخ داده است و تمرین اسکوات با فیدبک دیداری تأثیر معناداری در هر دو این عضلات دارند و این یافته‌ها از نظر جلوگیری از بروز درد پتلافورال معنادار هستند. از دلایل محکم همراستا بودن این دو مطالعه با مطالعه حاضر، می‌توان به مشترک

بنابراین اصلاح کینماتیک همراه با بهبود عملکرد عضلات اندام تحتانی احتمالاً می‌تواند نقش مهمی در پیشگیری و کاهش درد در آسیب مذکور داشته باشد در این راستا مطالعات گوناگون، اثر انواع تمرینات با برنامه‌های تمرینی متفاوت را با هدف پیشگیری از آسیب مورد بررسی قرار داده‌اند. از آنجا که طرح تمرینی حاضر بر اساس چند هدف طراحی شد می‌توان گفت که بهبود عملکرد و کینماتیک زانو ناشی از چندین عامل بوده است؛ که می‌توان به نوع پروتکل تمرینی در اصلاح کینماتیک و به دنبال آن بهبود نسبت گشتاور اکسنتریکی عضلات ران در مطالعه حاضر اشاره کرد، این تأییدی بر تحقیقات گذشته است که اشاره به این مسئله داشتند؛ که ضعف گشتاور اکسنتریکی عضلات ران، تأثیر در کاهش ثبات دینامیک دارد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات فیدبکی کنترل والگوس دینامیک زانو در ابتدا از طریق اصلاح عوامل بیومکانیکی در تمرینات با ارائه پی‌درپی، سریع و دقیق، نظیر کاهش اداکشن ران و اداکشن زانو سعی در برطرف نمودن نقص‌های حرکتی، بارها و نیروهای اضافی داشت؛ در مراحل پایانی و با پیشرفت فازهای تمرینی با کمتر کردن ارائه بازخورد و افزایش دشواری باعث بهبود نسبت گشتاور ران، کاهش والگوس دینامیک زانو و کاهش درد شد، لذا به عنوان یک روش پیشنهادی و مکمل در درمان بیماران دارای سندروم PFPS و پیشگیری از آسیب‌های غیر برخوردار پارگی رباط ACL به دلیل شباهت مکانیسم آسیب قابل توصیه است.

محدودیت‌های تحقیق

در مطالعه فعلی محدودیتهایی وجود دارد. برنامه تمرینی در این تحقیق تنها به مدت شش هفته اجرا شد، بنابراین نتایج آن نمی‌تواند تعیین کننده اثرات طولانی

بودن پروتکل تمرینی از نوع فیدبکی اشاره کرد^(۲۵). در تحقیقی که توسط خیام باشی و همکاران (۲۰۱۲) صورت گرفت آنها به مقایسه تمرینات تقویت عضلات لگن و تمرینات تقویت عضلات چهارسر بر درد و عملکرد بیماران مبتلا به PFPS پرداختند؛ پس از انجام تمرینات به این نتیجه رسیدند که هر دو نوع تمرین باعث کاهش میزان درد و بهبود عملکرد می‌شود؛ اما تمرینات تقویت عضلات لگن در بهبود این بیماران تأثیر بیشتری داشت^(۲۶).

ویلی و همکاران (۲۰۱۱) با هدف رسیدن به این نتیجه که برنامه آموزشی حرکت و قدرت با هدف عضلات اداکتور و اکسترنال روتاتور، باعث تغییر مکانیک مفصل ران در حین دویدن و اجرای حرکت اسکات تک پا می‌گردد؛ به این نتیجه دست یافتند که برنامه تمرینی شامل قدرت عضلات ران و آموزش حرکات بخصوص در اسکات تک پا باعث تغییر در مکانیک دویدن نشد اما سبب بهبود مکانیک اسکات تک پا گردید. این تحقیق با تحقیق حاضر در بهبود مکانیک اسکات تک پا همخوانی دارد^(۲۷).

در تحقیقات اخیر به این نتیجه دست یافتند که قدرت اکسنتریک عضلات اداکتور، اکسترنال روتاتور در افراد با PFPS کمتر از افراد سالم است و این باعث افزایش اداکشن ران و اینترنال روتیشن طی حرکات عملکردی می‌شود^(۲۸)؛ همچنین در تحقیق رابینسن و نی (۲۰۰۷) با بررسی قدرت عضلات ران در افراد دارای PFPS نشان دادند که این افراد ۲۷٪ قدرت کمتر در عضلات اداکتور ران و ۳۰٪ قدرت کمتر در عضلات اکسترنال روتاتور ران برخوردار هستند^(۲۹).

فعالسازی عضلات ران برای متعادل کردن حرکات تنه و تنظیم پوسچر اندام تحتانی حین اجرای مهارتهای دینامیک می‌تواند تا حدی شتاب تنه را کنترل کرده و با حفظ ثبات اندام تحتانی از آسیب پیشگیری کند. کاهش فعالیت این عضلات می‌تواند باعث حرکت تنه به جانب و افزایش بارهای اداکشن زانو شود^(۳۰).

مدت آن در این سندروم باشد. بنابراین پیشنهاد ما این است تحقیقات آینده باید در مدت زمان طولانی انجام شود و نتایج پیگیری باید در نظر گرفته شود. همچنین اگر چه اعتبار دوربین‌های دوبعدی در حد قابل قبول گزارش شده است، اما پیشنهاد ما این است که محققان بعدی برای بررسی کینماتیک، ارزیابی‌های سه بعدی برای بدست آوردن جزئیات بیشتر انجام دهند.

تقدیر و تشکر

از همکاری صمیمانه پرسنل دانشگاه خوارزمی و کلیه شرکت‌کنندگان که ما را در انجام این مطالعه یاری فرمودند، کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم.

References

1. Dolak KL, Silkman C, McKeon JM, Hosey RG, Lattermann C, Uhl TL. Hip strengthening prior to functional exercises reduces pain sooner than quadriceps strengthening in females with patellofemoral pain syndrome: a randomized clinical trial. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2011;41(8):560-70.
2. Riegger-Krugh C, Keysor JJ. Skeletal malalignments of the lower quarter: correlated and compensatory motions and postures. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1996;23(2):164-70.
3. Noehren B, Scholz J, Davis I. The effect of real-time gait retraining on hip kinematics, pain and function in subjects with patellofemoral pain syndrome. *British journal of sports medicine*. 2011;45(9):691-6.
4. Huberti H, Hayes W. Patellofemoral contact pressures. The influence of q-angle and tendofemoral contact. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1984;66(5):715-24.
5. Ramappa AJ, Apreleva M, Harrold FR, Fitzgibbons PG, Wilson DR, Gill TJ. The effects of medialization and anteromedialization of the tibial tubercle on patellofemoral mechanics and kinematics. *The American journal of sports medicine*. 2006;34(5):749-56.
6. Csintalan RP, Schulz MM, Woo J, McMahon PJ, Lee TQ. Gender differences in patellofemoral joint biomechanics. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2002;402:260-9.
7. Salsich GB, Long-Rossi F. Do females with patellofemoral pain have abnormal hip and knee kinematics during gait? *Physiotherapy theory and practice*. 2010;26(3):150-9.
8. Willson JD, Davis IS. Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands. *Clinical biomechanics*. 2008;23(2):203-11.
9. Wirtz AD, Willson JD, Kernozek TW, Hong D-A. Patellofemoral joint stress during running in females with and without patellofemoral pain. *The Knee*. 2012;19(5):703-8.
10. Stefanyshyn DJ, Stergiou P, Lun VMY, Meeuwisse WH, Worobets JT. Knee Angular Impulse as a Predictor of Patellofemoral Pain in Runners. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006;34(11):1844-51.
11. Sahrmann S. Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines-e-book: Elsevier Health Sciences; 2010.
12. Powers CM. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2003;33(11):639-46.
13. Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2010;40(2):42-51.
14. Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*. 2007;39(2):175-91.
15. de Marche Baldon R, Nakagawa TH, Muniz TB, Amorim CF, Maciel CD, Serrão FV. Eccentric hip muscle function in females with and without patellofemoral pain syndrome. *Journal of athletic training*. 2009;44(5):490-6.
16. Donatelli R, Catlin PA, Backer GS, Drane DL, Slater SM. Isokinetic hip abductor to adductor torque ratio in normals. *Isokinetics and Exercise Science*. 1991;1(2):103-11.
17. Rabin A, Einstein O, Kozol Z. Agreement Between Visual Assessment and 2-Dimensional Analysis During Jump Landing Among Healthy Female Athletes. *Journal of athletic training*. 2018;53(4):386-94.
18. Salsich GB, Graci V, Maxam DE. The effects of movement pattern modification on lower extremity kinematics and pain in women with patellofemoral

- pain. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2012; 42(12):1017-24.
19. Laprade J, Culham E. A self-administered pain severity scale for patellofemoral pain syndrome. *Clinical rehabilitation*. 2002; 16(7):780-8.
 20. Balton RDM, Serrão FV, Scattone Silva R, Piva SR. Effects of functional stabilization training on pain, function, and lower extremity biomechanics in women with patellofemoral pain: a randomized clinical trial. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2014; 44(4): 240-A8.
 21. dos Anjos Rabelo ND, Lima B, dos Reis AC, Bley AS, Yi LC, Fukuda TY, et al. Neuromuscular training and muscle strengthening in patients with patellofemoral pain syndrome: a protocol of randomized controlled trial. *BMC musculoskeletal disorders*. 2014; 15(1):157.
 22. Herman DC, Weinhold PS, Guskiewicz KM, Garrett WE, Yu B, Padua DA. The effects of strength training on the lower extremity biomechanics of female recreational athletes during a stop-jump task. *The American journal of sports medicine*. 2008; 36(4): 733-40.
 23. Fukuda TY, Rossetto FM, Magalhães E, Bryk FF, Garcia Lucareli PR, de Almeida Carvalho NA. Short-term effects of hip abductors and lateral rotators strengthening in females with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled clinical trial. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2010;40(11): 736-42.
 24. Ferber R, Bolgla L, Earl-Boehm JE, Emery C, Hamstra-Wright K. Strengthening of the hip and core versus knee muscles for the treatment of patellofemoral pain: a multicenter randomized controlled trial. *Journal of athletic training*. 2015; 50(4): 366-77.
 25. Hwangbo P-N. The effects of squatting with visual feedback on the muscle activation of the vastus medialis oblique and the vastus lateralis in young adults with an increased quadriceps angle. *Journal of physical therapy science*. 2015; 27(5):1507-10.
 26. Khayambashi K, Mohammadkhani Z, Ghaznavi K, Lyle MA, Powers CM. The effects of isolated hip abductor and external rotator muscle strengthening on pain, health status, and hip strength in females with patellofemoral pain: a randomized controlled trial. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2012;42(1):22-9.
 27. Willy RW, Davis IS. The effect of a hip-strengthening program on mechanics during running and during a single-leg squat. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2011;41(9):625-32.
 28. Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Hip strength in females with and without patellofemoral pain. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2003;33(11):671-6.
 29. Robinson RL, Nee RJ. Analysis of hip strength in females seeking physical therapy treatment for unilateral patellofemoral pain syndrome. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2007; 37(5):232-8.
 30. Zazulak BT, Ponce PL, Straub SJ, Medvecky MJ, Avedisian L, Hewett TE. Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2005; 35(5):292-9.