

## Comparison of the Immediate Effects of Mirror, Raw Video, and Real-time Visual Feedback on Dynamic Lower Limb Alignment and Pain in Individuals with Patellofemoral Pain Syndrome

Farzaneh Alvandi<sup>1\*</sup>, Amir Letafatkar<sup>2</sup>

1 Master in Corrective Exercises, Department of Biomechanics and sport injuries, Faculty of Physical Education and Sports Science. University of Kharazmi, Tehran, Iran

2 Assistant Professor, Department of Biomechanics and sport injuries, Faculty of Physical Education and Sports Science, University of Kharazmi, Tehran, Iran

Received: 2018.February.30

Revised: 2018. March.26

Accepted: 2018.June.09

### Abstract

**Background and Aim:** Patellofemoral pain syndrome, described as the black hole of orthopedics, is one of the most common musculoskeletal complaints in athlete and non-athlete populations. Altered kinematic, including dynamic lower extremity valgus, helps with the patellofemoral pain. Using a visual feedback device can help in correction of dynamics knee alignment. The purpose of the present study was to compare the effects of mirror, raw video, and real-time visual feedbacks on dynamic lower limb alignment and pain in individuals with patellofemoral pain syndrome.

**Materials and Methods:** In the current study, 52 women with a mean age of  $42 \pm 4.16$  yrs with patellofemoral pain syndrome participated. The lower extremity dynamics and pain were measured using single leg squat and the Dartfish Pro Suite 7 software, and visual analog scale before and after correction of the dynamic lower limb alignment with three types of feedback: mirror, raw video, and real-time visual feedback.

**Results:** The results revealed that all three types of feedback mirror, raw video, and real-time visual biofeedback have a significant effect on lower extremity alignment, but the results for pain were not observed to be significant.

**Conclusion:** According to the results, all the three types of mirror feedback, raw film and visual feedback influenced the dynamic lower limb alignment in individuals with patellofemoral pain syndrome, but there was no significant difference between the effects of immediate feedbacks.

**Keywords:** Patellofemoral Pain Syndrome; Feedback; Single Leg Squat; Dynamic Knee Valgus; Pain

**Cite this article as:** Farzaneh Alvandi, Amir Letafatkar. Comparison of the effects of mirror, raw video, and real-time visual feedbacks on dynamic lower limb alignment and pain in individuals with patellofemoral pain syndrome. *J Rehab Med.*2019;7(4): 153-159

\* **Corresponding Author:** Farzane Alvandi. Master in Corrective Exercises, Department of Biomechanics and sport injuries, Faculty of Physical Education and Sports Science. University of Kharazmi, Tehran, Iran.  
Email: f\_alvandi67@yahoo.com

DOI: 10.22037/jrm.2018.111120.1775

## مقایسه اثر آینه، فیلم خام و باز خورد بینایی بر راستای داینامیک اندام تحتانی و درد در افراد دارای سندرم درد پتلوفمورال

فرزانه الوندی<sup>۱\*</sup>، امیر لطافت کار<sup>۲</sup>

۱. کارشناس ارشد حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، 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

پذیرش مقاله ۱۳۹۷/۰۳/۱۹ \*

بازنگری مقاله ۱۳۹۷/۰۱/۰۶

\* دریافت مقاله ۱۳۹۶/۱۱/۱۰

### چکیده

#### مقدمه و اهداف

امروزه سندرم درد پتلوفمورال که از آن به عنوان سیاه‌چاله‌ی ارتوپدی یاد شده است، یکی از شایع‌ترین مشکلات اسکلتی-عضلانی زنان در افراد ورزشکار و غیرورزشکار است. سینماتیک‌های تغییر یافته از جمله ولگوس داینامیک اندام تحتانی به درد پتلوفمورال کمک می‌کند. استفاده از یک دستگاه باز خورد بصری می‌تواند بر اصلاح راستای داینامیک زانو مفید باشد. تحقیق حاضر به منظور مقایسه تأثیر سه نوع باز خورد آینه، فیلم خام و باز خورد بینایی آنی بر راستای داینامیک اندام تحتانی و درد در افراد دارای سندرم درد پتلوفمورال انجام گرفت.

#### مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر تعداد ۵۲ زن با میانگین سن  $42 \pm 4/16$  سال دارای سندرم درد پتلوفمورال شرکت کردند. راستای داینامیک اندام تحتانی و درد به ترتیب با استفاده از تست اسکات تک‌پا و با استفاده از نرم‌افزار Dartfish ProSuite 7 و مقیاس بصری درد قبل و بعد از اصلاح راستای داینامیک اندام تحتانی همراه سه نوع باز خورد آینه، فیلم خام و باز خورد بینایی آنی، اندازه‌گیری شد.

#### یافته‌ها

یافته‌ها نشان داد که هر سه روش باز خورد آنی باعث ایجاد تغییرات معنادار در راستای داینامیک اندام تحتانی می‌شود، اما تأثیری بر درد ندارد.

#### نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد اصلاح راستای داینامیک اندام تحتانی با استفاده از سه نوع باز خورد آینه، فیلم خام و باز خورد بینایی بر راستای داینامیک اندام تحتانی در افراد دارای سندرم درد پتلوفمورال تأثیرگذار بوده است، اما تفاوت معناداری بین باز خورد های مختلف مشاهده نشد.

#### واژه‌های کلیدی

سندرم درد پتلوفمورال؛ باز خورد؛ اسکات تک‌پا؛ راستای (ولگوس) داینامیک زانو؛ درد

**نویسنده مسئول:** فرزانه الوندی، کارشناس ارشد حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی،

دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

آدرس الکترونیکی: f\_alvandi67@yahoo.com

سندرم درد پتروفمورال<sup>۱</sup> که به عنوان سیاه‌چاله‌ی ارتوپدی<sup>۲</sup> تعریف شده است<sup>۱</sup>، یکی از شایع‌ترین مشکلات اسکلتی-عضلانی زانو در افراد ورزشکار و غیرورزشکار است. این وضعیت به خصوص در فعالیتهایی که شامل اعمال نیروهای تکراری به اندام تحتانی هستند، مانند نشستن طولانی‌مدت، چمباتمه زدن، دویدن، پریدن، بالا و پایین رفتن از پله‌ها که به مفصل پتروفمورال فشار وارد می‌کنند، مشهود است.<sup>۵</sup>

<sup>۱۲</sup> ریسک فاکتورهای سندرم درد پتروفمورال شامل افزایش زاویه کوادریسپس<sup>۳</sup>، ناهنجاری‌های آناتومیکی، بدراستایی‌ها و تغییرات بیومکانیکی اندام تحتانی (استاتیک یا دینامیک)، اختلال در عملکرد عضلات، هایپرموبیلیتی پتلا، انعطاف‌پذیری ضعیف کوادریسپس یا ایلیوتیبیال باند، کوتاهی ساختارهای خارجی زانو (به عنوان مثال کوتاهی رتیناکلوم خارجی<sup>۴</sup>)، استفاده بیش از حد و تروما است. علائم این سندرم عبارتند از درد پشت و یا در اطراف پتلا که با دویدن و فعالیت‌هایی که با فلکشن زانو همراه است، افزایش می‌یابد.<sup>۷</sup>

در افراد دارای سندرم درد پتروفمورال، درد بر الگوهای حرکت و عملکرد تاثیرگذار است، به طوری که افراد مبتلا به این سندرم از لحاظ کنترل تعادل، در مقایسه با افراد نرمال عملکرد ضعیف‌تری از خود نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد درد قدامی زانو موجب بروز الگوی راه رفتن غیرطبیعی شود. از آنجا که بسیاری از فعالیت‌های معمول زندگی مانند نشستن و برخاستن، ایستادن و راه رفتن نیازمند حفظ تعادل است، کنترل پاسچر و تعادل یکی از شاخص‌های میزان استقلال در انجام فعالیت‌های روزانه زندگی تلقی می‌شود؛ از این رو توجه به کاهش درد و تقویت تعادل در افراد مبتلا به سندرم درد پتروفمورال ضروری است؛ بنابراین از بین بردن یا کاهش میزان درد در این افراد می‌تواند باعث ایجاد بهبودی در تعادل و پاسچر شود.<sup>۸</sup> ضعف عضلانی می‌تواند با تغییر در راستای اندام تحتانی و طرز قرارگیری پتلا، سبب افزایش نیروهای واردشده بر مفصل پتروفمورال گردیده و افراد برای مقابله با نیروهای ایجادشده در اندام تحتانی، سطح اتکای بی‌ثبات‌تری داشته باشند و این مسأله آنها را مستعد آسیب بیشتر می‌کند.<sup>۹، ۱۲</sup>

اکثر مطالعاتی که در ارتباط با نقش قدرت عضلانی و ابتلا به سندرم درد پتروفمورال می‌باشد، به عامل زمینه‌ساز ضعف عضلانی، در خود مفصل زانو و نواحی دیستال و بسیار کم‌تر در نواحی پروگزیمال این مفصل توجه کرده‌اند، در حالی که به نظر می‌رسد ضعف در قدرت عضلات ناحیه کمری-لگنی بتواند با ایجاد ضعف در فونداسیون اندام تحتانی در ابتلا به این سندرم مؤثر باشد. عضلات کمری-لگنی باعث ثبات در ناحیه تنه و لگن و حفظ راستای اندام تحتانی می‌شود.<sup>۱۳</sup> شواهد موجود برای حمایت از رابطه بین راستای فمورال و تیبیا و مکانیک مفصل پتروفمورال در شرایط استاتیک وجود دارد. به عنوان مثال، افزایش ابداعشن زانو با افزایش استرس مفصل پتروفمورال مرتبط است.<sup>۱۰</sup> همچنین، سینماتیک‌های تغییر یافته از جمله ولگوس دینامیک اندام تحتانی<sup>۵</sup> که به عنوان ترکیبی از حرکات و چرخش در اندام تحتانی شامل اداکشن و چرخش داخلی ران، ابداعشن زانو، اینترنال روتیشن و جابجایی قدامی تیبیا و اورژن مچ پا تعریف شده است<sup>۱۱</sup>، به درد پتروفمورال کمک می‌کند. در افراد دارای پتروفمورال این الگوی حرکت با افزایش درد همراه است. اگر ولگوس دینامیک زانو نقش یک مکانیزم سندرم درد پتروفمورال را با استفاده از تغییر سینماتیک‌های ران و زانو بازی کند، پس الگوهای حرکتی که در هنگام مشاهده موجب افزایش ولگوس دینامیک زانو می‌شود، باید نقص‌های سینماتیک قابل اندازه‌گیری را افزایش دهد و الگوهای حرکتی که در هنگام مشاهده موجب کاهش ولگوس دینامیک زانو می‌شود، باید نقص‌های سینماتیک قابل اندازه‌گیری را کاهش دهد.<sup>۱۰</sup>

اختلال عملکرد عضلات گوتتال ممکن است سبب افزایش حرکات اداکشن و چرخش داخلی مفصل ران در طی فعالیت‌هایی مانند دویدن و اسکات شود.<sup>۱۲</sup> گزارش شده است این حرکات بیش از حد ران به افزایش استرس‌های خارجی مفصل پتروفمورال و پیشرفت سندرم پتروفمورال کمک می‌کند.<sup>۱۳</sup> همچنین، الگوهای حرکتی تغییر یافته به عنوان عامل کمک‌کننده درد پتروفمورال گزارش شده است. شواهد نشان می‌دهد که فعالیت عضلانی گوتتوس مدیوس در هنگام بالا و پایین رفتن از پله در افراد مبتلا به سندرم درد پتروفمورال به تأخیر می‌افتد. در حمایت از این نظریه، برنامه‌های تقویت عضلات گوتتال با نتایج بالینی مثبت همراه است.<sup>۱۳</sup> علاوه بر این، ارزیابی اثربخشی مداخلاتی مانند بیوفیدبک و اصلاح الگوی حرکتی مورد نیاز است که هدف تغییر الگوهای فعال‌سازی عضلات گوتتال می‌باشد. McClelland و همکاران (۲۰۱۲) عقیده دارند تمرین با استفاده از یک دستگاه بازخورد بصری برای آموزش مجدد الگوی متقارن تمرینات مفصل زانو مفید است.<sup>۱۴</sup> استفاده از انواع بازخوردها به همراه تمرینات مختلف در اختلالات مفصل زانو مورد توجه محققان بوده است، اما اطلاعات جامعی در مورد اثربخشی این روش‌ها در دسترس نیست. با توجه به این موارد، هدف از مطالعه حاضر مقایسه تأثیر سه نوع بازخورد آینه، فیلم خام و بازخورد بینایی آبی بر راستای دینامیک اندام تحتانی و درد در افراد دارای سندرم درد پتروفمورال بود.

<sup>1</sup> Patellofemoral Pain Syndrome (PFPS)

<sup>2</sup> Black Hole of Orthopedics

<sup>3</sup> Quadriceps Angle (Q-angle)

<sup>4</sup> Lateral Retinaculum

<sup>5</sup> Dynamic Lower Extremity Valgus

پژوهش حاضر از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی-کاربردی است. جامعه تحقیق حاضر زنان دارای سندرم درد پتلوفمورال بودند. در مجموع تعداد ۴۲ زن دارای سن  $42 \pm 4/16$  سال، قد  $163 \pm 7/11$  سانتی‌متر و وزن  $68 \pm 5/2$  کیلوگرم برای اجرای این تحقیق انتخاب شده و به صورت تصادفی به چهار گروه (بازخورد آینه  $(n=13)$ ، فیلم خام  $(n=13)$ ، بازخورد بینایی  $(n=13)$  و گروه کنترل  $(n=13)$ ) تقسیم شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن درد قدامی یا تروپتار حداقل دو بار گزارش شده در فعالیت‌های زیر: بالا و پایین رفتن از پله‌ها، هایپنگ<sup>۶</sup> و دویدن، اسکات، زانو زدن و نشستن طولانی‌مدت، درد با فشار دادن پتلا، درد در فاست پتلا با لمس<sup>۴</sup>، وجود ولگوس داینامیک زانو قابل مشاهده در طول فاز اسکات تک‌پا<sup>۷</sup> (ارزیابی بصری زاویه زانو در صفحه فرونتال بیشتر از ۱۰ درجه)<sup>۱۵</sup>، همچنین داشتن سابقه عمل جراحی در اندام‌های تحتانی از جمله مفصل زانو، نقص در میدان دید و یا ناهنجاری در سیستم وستیبولار، و تغییر شکل در مفصل زانو، مفصل ران و پا، علاوه بر این به دست آوردن حداقل ۸۰ امتیاز، و کمتر از ۹۰ امتیاز برای پرسش‌نامه کوجالا<sup>۸</sup> بود. عملکرد توصیفی بر اساس پرسش‌نامه‌ی کوجالا شامل ۱۳ بخش بود که از گزارش خود فرد از عملکرد اندام تحتانی وی به دست آمد.<sup>۱۷</sup>

معیارهای خروج از مطالعه شامل شاخص توده بدنی بیشتر از ۳۰، گزارش خود فرد از سایر آسیب‌های زانو، علائم موجود برای کمتر از دو ماه، سابقه جراحی زانو، سابقه دررفتگی و نیمه‌دررفتگی پتلا و دیگر آسیب‌های اندام تحتانی بود.<sup>۴</sup> پس از تکمیل فرم جمع‌آوری اطلاعات، افرادی که دارای شرایط اولیه ورود به تحقیق بودند، فرم رضایت‌نامه را تکمیل و مشارکت داوطلبانه خود را در پژوهش حاضر تایید کردند.

### روش ارزیابی راستای داینامیک اندام تحتانی و درد

برای ارزیابی راستای اندام تحتانی، آزمودنی‌ها یک اسکات تک‌پا روی اندام درگیر خود انجام دادند. اسکات تک‌پا یک فعالیت تحریک‌کننده درد برای افراد مبتلا به درد پتلوفمورال است. این تست تقاضای مکانیکی را ایجاد می‌کند که می‌تواند موجب ولگوس داینامیک زانو شود و معمولاً در مطالعات سینماتیک اندام تحتانی در افراد مبتلا به درد پتلوفمورال مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آزمودنی‌ها خواسته شد دست‌ها را روی کمرست‌های ایلیاک<sup>۹</sup> قرار دهند، تنه را صاف و تا حد امکان زانو را از ۴۵ درجه بیشتر و از ۶۰ درجه کمتر خم کنند و به مدت ۵ ثانیه در این وضعیت بمانند. دو نشانگر بر روی خار خاصه‌ای قدامی فوقانی دو طرف نصب شد و برای تعیین زاویه‌ها در صفحه فرونتال یک خط بین نشانگرهای دو طرف کشیده شد. یک خط از نقطه میانی زانو به مفصل ران کشیده شد و ران را به دو قسمت تقسیم کرد. یک خط از نقطه میانی زانو تا نقطه میانی مچ پا کشیده شد. زاویه صفحه فرونتال زانو با کم کردن زاویه ۱۸۰ درجه از زاویه بین ران و ساق، و زاویه صفحه فرونتال ران، با کم کردن ۹۰ درجه از زاویه بین لگن و ران هر آزمودنی محاسبه شد. پنج تست برای تعیین وجود یا عدم وجود ولگوس داینامیک زانو انجام گرفت. اگر در اکثر آزمایشات مبتنی بر مشاهدات بینایی، زاویه زانو در صفحه فرونتال (ابداکشن) از ۱۰ درجه بیشتر و یا در مرحله پایین رفتن اسکات افزایش یابد، این موضوع به عنوان ولگوس داینامیک قابل مشاهده<sup>۱۰</sup> شناخته می‌شود. داده‌های دوبعدی با یک دوربین فیلم‌برداری سونی ضبط شد. یک دوربین به فاصله ۳ متر روبروی آزمودنی و در ارتفاع ۴۵ سانتی‌متری قرار گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Dartfish ProSuite 7 تجزیه و تحلیل شد.<sup>۱۰، ۱۵، ۲۱</sup>

خطاکش درد یا مقیاس آنالوگ بصری (VAS) میزان درد را در افراد در مقیاس صفر تا ده اندازه‌گیری می‌کند و به طور گسترده در افراد دارای شلی مفصلی استفاده می‌شود. برای این منظور از افراد خواسته شد تا شدت درد در زانوهایشان را با انتخاب اعداد بین صفر تا ده مشخص نمایند. عدد صفر نشان‌دهنده عدم وجود درد و عدد ده نشان‌دهنده درد شدید در مفصل زانو است. درد آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارزیابی شد.

### اصلاح راستای داینامیک اندام تحتانی

همه آزمودنی‌ها در یک جلسه آزمون شرکت کردند و به صورت تصادفی به سه گروه تقسیم شدند؛ یک گروه اصلاح راستای داینامیک را در مقابل آینه، یک گروه اصلاح راستای داینامیک را همراه با بازخورد بینایی آبی و یک گروه اصلاح راستای داینامیک را با استفاده از فیلم خام انجام دادند. از گروه اول خواسته شد در مقابل آینه زاویه ولگوس زانوی خود را در حین اجرای تست اسکات تک‌پا کاهش دهند. از گروه دوم خواسته شد زاویه ولگوس زانوی خود را در حین اجرای اسکات تک‌پا و با استفاده از فیلم خام که روی صفحه نمایش پخش می‌شد، کاهش دهند. در گروه سوم روش اصلاح راستای زانو با استفاده از بازخورد آبی، داده‌ها به صورت زنده به صفحه نمایش ویدئویی در مقابل آزمودنی منتقل شد و از آزمودنی‌ها خواسته شد به هنگام اجرای تست اسکات تک‌پا زانو را در راستای خط عمود روی صفحه نمایش قرار

<sup>6</sup> Hopping

<sup>7</sup> Single Leg Squat

<sup>8</sup> Kujala Scoring Questionnaire

<sup>9</sup> Iliac Crest

<sup>10</sup> Observable Dynamic Knee Valgus

\* فصلنامه علمی - پژوهشی طب توانبخشی

دهند. ۱۰ دقیقه قبل از مداخله، گرم کردن بر روی یک تردمیل یا تمرین با دوچرخه انجام شد.<sup>[۲۵، ۲۴]</sup> راستای داینامیک اندام تحتانی قبل و بعد از اصلاح راستا همراه با آینه، فیلم خام و بازخورد بینایی آنی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای آنالیز آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلیک استفاده شد. با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، برای مقایسه نتایج هر گروه قبل و پس از مداخله از آزمون t زوجی و برای مقایسه بین گروهی از تحلیل واریانس یک طرفه مستقل استفاده شد. آلفا کمتر از ۰/۰۵ معنادار در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

نتایج (میانگین و انحراف استاندارد، میزان تغییرات) در متغیرهای مطالعه در گروه‌های تجربی و گروه کنترل در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱: داده‌های توصیفی متغیرهای وابسته تحقیق در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیرها	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	میزان اختلاف	معناداری (t وابسته)
درد	بازخورد آینه	۵/۲۷±۱/۶	۵/۱±۱/۲	۰/۴۶±۰/۱۳	۰/۵۳۹
	فیلم خام	۶/۸±۱/۴	۶/۷±۱	۰/۳۵±۰/۱۱	۰/۷۶۵
	بازخورد بینایی	۶/۵±۱/۸	۶/۲±۱/۳	۰/۶۸±۰/۱۵	۰/۳۱۰
	کنترل	۵/۷۳±۲/۱	۵/۲±۱/۲	۱/۰۳±۰/۳۶	۰/۱۲۸
نتایج مقایسه بین گروهی		P=۰/۳۲۲	P=۰/۱۹۱	-	-
راستای داینامیک اندام تحتانی	بازخورد آینه	۱۳/۷±۲/۶	۱۱/۱±۲/۷	۱/۸±۰/۵	۰/۰۴۱*
	فیلم خام	۱۴/۱±۳/۳	۱۲/۳±۳/۶	۲/۲±۰/۵	۰/۰۳۹*
	بازخورد بینایی	۱۴/۲±۱/۵	۱۱/۴±۲/۲	۳/۲±۰/۷	۰/۰۳۲*
	کنترل	۱۳/۷±۲/۴	۱۳/۸±۲	۰/۳۱±۰/۰۹	۰/۶۷۱
نتایج مقایسه بین گروهی		P=۰/۱۴۳	P=۰/۰۳۷*	-	-

\* ایجاد تغییرات معنادار

نتایج آزمون تحلیل واریانس بیانگر آن بود که تفاوت بین گروهی معناداری در پیش‌آزمون و پس‌آزمون درد وجود ندارد، اما در پس‌آزمون تفاوت بین گروهی گروه‌های تجربی با گروه کنترل معنادار گزارش شد. نتایج ارائه شده در جدول شماره یک (آزمون t وابسته) حاکی از تاثیرگذاری هر سه بازخورد بر درد و راستای داینامیک اندام تحتانی بود؛ در حالی که نتایج آزمون تی وابسته در گروه کنترل از پیش‌آزمون به پس‌آزمون مشاهده معنادار نبود.

## بحث

تحقیق حاضر به منظور مقایسه تأثیر سه نوع بازخورد آینه، فیلم خام و بازخورد بینایی آنی بر راستای داینامیک اندام تحتانی در افراد دارای سندرم درد پتلفومورال انجام گرفت.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد اصلاح راستای داینامیک اندام تحتانی با استفاده از سه نوع بازخورد آینه، فیلم خام و بازخورد بینایی در افراد دارای سندرم درد پتلفومورال تأثیرگذار بوده است. همچنین تفاوت معناداری بین گروه‌های بازخوردی سه‌گانه مشاهده نشد.

یافته‌های Souza و همکاران (۲۰۱۰) نشان می‌دهد علت تغییرات سینماتیک مفصل پتلفومورال در طول تحمل وزن ممکن است بیشتر به حرکت غیرطبیعی استخوان ران نسبت به حرکت پتلا مرتبط باشد.<sup>[۱۹]</sup> کنترل چرخش استخوان ران در حین انجام وظایف تحمل وزن، به ویژه در درجه‌های کم فلکشن زانو، ممکن است در بازگرداندن سینماتیک مفصل پتلفومورال مهم باشد. در طی دهه‌های گذشته تمرینات تحمل وزن مانند اسکات تک‌پا به صورت توسعه یافته برای بازتوانی اندام تحتانی استفاده شده است. Madhavan و Shields (۲۰۰۹) گزارش کرده‌اند که تمرین با بازخورد بینایی در طول یک اسکات تک‌پا باعث بهبود دقت حرکت و تغییر استراتژی‌های فعال‌سازی عضلات می‌شود که این یافته با نتایج مطالعه حاضر همسو است.<sup>[۱۶]</sup>

Hwangbo (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای تأثیر تمرین اسکات همراه با بازخورد بینایی بر فعال‌سازی عضلات واستوس مدیالیس ابلیک را در زمینه پیشگیری از درد پتلفومورال را معنادار گزارش کرد.<sup>[۱۷]</sup> استفاده از بازخورد باعث می‌شود تا افراد در هنگام اجرای تمرین، الگوهای حرکتی غلط را تشخیص داده و آن را اصلاح کنند.

اضافه کردن بازخورد بینایی در حین اجرای اسکات یک استراتژی موثر برای تسهیل فعال‌سازی عضلات واستوس مدیالیس ابلیک و کاهش زوایای اینترال روتیشن ران و ولگوس زانو است. این استراتژی ممکن است برای تمرینات متنوع تحمل وزن در توانبخشی زانو مفید باشد. مداخله‌ای که هدف آن ارتقاء قدرت، استقامت و فعالیت عصبی-عضلانی عضلات پروگزیمال است، در درمان سندرم درد پتلفومورال موثر است و باید در تمرینات بالینی استفاده شود.<sup>[۱۵]</sup> بیماران مبتلا به سندرم درد پتلفومورال میزان قابل توجهی از ولگوس زانو در انجام وظایف

بارگذاری یک طرفه اندام را نشان می‌دهند و اگر اصلاح نگردد، ممکن است منجر به استرس اضافی مفصل پتلوفمورال و پیشرفت بیماری شود.<sup>[۳۱]</sup> اصلاح ولگوس اندام تحتانی از طریق اسکات تک پا و بازخوردهای مختلف می‌تواند باعث کنترل حرکات غیرنرمال مفصل پتلوفمورال شود.

به طور خاص، شواهد معتبری وجود دارد که مداخلات پروگزیمال باعث کاهش درد و بهبود عملکرد در کوتاه‌مدت می‌شود، در حالی که برنامه‌های زانو دارای اثربخشی متغیر هستند.<sup>[۳۶]</sup> Kang و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی به بررسی اثرات تمرین زنجیره حرکتی بسته با استفاده از بایوفیدیک الکترومیوگرافی برای تقویت عضله واستوس میدالیس ایلینک بر ویژگی‌های عملکردی عضلات اندام تحتانی در بیماران مبتلا به سندرم درد پتلوفمورال پرداختند و بهبود عملکرد بیماران مبتلا به سندرم درد پتلوفمورال در کنترل عضلات و توانایی واکنش با استفاده از بایوفیدیک الکترومیوگرافی در طول تمرین زنجیره حرکتی بسته، عملکردهای عضلانی آنها را افزایش داد.<sup>[۳۲]</sup> در تحقیق Noehren و همکاران (۲۰۱۰) بازآموزی راه رفتن در افراد مبتلا به سندرم درد پتلوفمورال منجر به کاهش معناداری درد و بهبود عملکرد شد.<sup>[۳۳]</sup> این مطالعه نشان داد که پرداختن به مکانیک‌های اساسی مرتبط با این آسیب، درد را کاهش می‌دهد. همچنین Rabelo و همکاران (۲۰۱۴) در هنگام استفاده از تمرینات عصبی-عضلانی از آینه به عنوان بازخورد بصری استفاده کردند که احتمالاً باعث افزایش تأثیر تمرینات می‌شود.<sup>[۳۵]</sup> تحقیق Ford و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که تمرینات عصبی-عضلانی متمرکز ران ممکن است در هنگام درمان بیماران مبتلا به پتلوفمورال مورد توجه قرار گیرد.<sup>[۳۱]</sup> به نظر می‌رسد که فعال شدن و تقویت عضلات مفصل ران ممکن است باعث اصلاح ولگوس داینامیک اندام تحتانی شود و ممکن است به کاهش خطر آسیب پتلوفمورال در آینده کمک کند. Willy و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه اصلاح راه رفتن در دوندگان دارای سندرم درد پتلوفمورال، با استفاده از یک آینه، درد، عملکرد و مکانیک غیرنرمال را نسبت به اندازه‌گیری‌های اولیه معنادار گزارش کردند.<sup>[۳۷]</sup> به نظر می‌رسد استفاده از انواع بازخورد جهت اصلاح سینماتیک‌های تغییر یافته مفاصل ران و زانو که از مکانیزم‌های سندرم درد پتلوفمورال هستند، ممکن است باعث کاهش استرس بر مفصل پتلوفمورال و کاهش درد و در نتیجه بهبود کیفیت زندگی در افراد دارای سندرم پتلوفمورال شود. در تحقیق حاضر احتمالاً استفاده از سه نوع بازخورد مختلف جهت کنترل حرکات غیرنرمال اندام به خصوص حرکت اینترنال روتیشن ران و تغییر در الگوی به‌کارگیری عضلات بخش-های مختلف اندام تحتانی و بخش مرکزی بدن باعث اصلاح راستای داینامیک اندام تحتانی شده است. بحث‌های قابل توجه در مورد تمرینات خاص، عضلات هدف و مدت زمان برنامه تمرین درمانی ایده‌آل برای بیماران مبتلا به درد پتلوفمورال ادامه دارد.

## نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد اصلاح راستای داینامیک اندام تحتانی با استفاده از سه نوع بازخورد آینه، فیلم خام و بازخورد بینایی بر راستای داینامیک اندام تحتانی افراد دارای سندرم درد پتلوفمورال تأثیرگذار بوده است. همچنین تفاوت معناداری بین بازخوردهای سه‌گانه مشاهده نشد؛ بنابراین توصیه می‌شود که از هر سه روش بازخوردی در این بیماران استفاده شود و همچنین اثبات اثرات بلندمدت این بازخوردها همراه با تمرینات سندرم درد پتلوفمورال، نیازمند تحقیقات بیشتری می‌باشد. همچنین تحقیق حاضر بر روی یک تکلیف ساده انجام شد و توصیه می‌شود در تحقیقات آینده تکلیف پیچیده‌تری مانند هاپینگ و دیگر تکالیف مد نظر قرار بگیرد.

## تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان مقاله از تمامی شرکت‌کنندگان در تحقیق حاضر تقدیر و تشکر به عمل می‌آورند. لازم به ذکر است که هیچ تضاد منافی در تحقیق حاضر وجود ندارد.

## منابع

1. Callaghan MJ, Oldham JA. Electric muscle stimulation of the quadriceps in the treatment of patellofemoral pain. Archives of physical medicine and rehabilitation, 2004; 85(6): 956-962.
2. Bokaee, F., Nasser, N., Mazaheri, H., Fakhari, Z., & Jalae, S. Strengths of lower extremity and lower trunk muscles in females with patellofemoral pain syndrome. Koomesh, 2010; 12(1): 22-30.
3. Dorosti R, Ghasemi M, Khademi Kalantari Kh, Baghban AA. The electromyography of knee muscles in people with patellofemoral pain syndrome: systematic review. Journal rehabilitation medicine, 2015; 4(4): 166-172.
4. Boling MC, Bolgla LA, Mattacola CG, Uhl TL, Hosey RG. Outcomes of a weight-bearing rehabilitation program for patients diagnosed with patellofemoral pain syndrome. Archives of physical medicine and rehabilitation, 2006; 87(11): 1428-1435.
5. Cowan SM, Hodges PW, Bennell KL, Crossley KM. Altered vastii recruitment when people with patellofemoral pain syndrome complete a postural task. Archives of physical medicine and rehabilitation, 2002; 83(7): 989-995.

6. LaBella C. Patellofemoral pain syndrome: evaluation and treatment. *Primary Care: Clinics in office practice*, 2004; 31(4): 977-1003.
7. Dixit S, Difiori JP, Burton M, Mines B. Management of patellofemoral pain syndrome. *Am Fam Physician*, 2007; 75(2): 194-202.
8. Tavakol A, Daneshjoo A, Sahebozamani M. Effect of six weeks shallow and deep water exercises on static balance and pain of girls with patellofemoral pain. *J Rehab Med*; 20165(3): 111118.
9. Yalfani A, Raeisi Z. comparison the lower extremity, Q angle, knee varus and valgus in women with patellofemoral pain with healthy participants. *Research in management and movement*, 2012; 2(4): 127-137.
10. 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): 1017-1024.
11. Ford KR, Nguyen AD, Dischiavi SL, Hegedus EJ, Zuk FF, Taylor JB. An evidence-based review of hip-focused neuromuscular exercise interventions to address dynamic lower extremity valgus. *Open access journal of sports medicine*, 2015; 6, 291.
12. Barton CJ, Lack S, Malliaras P, Morrissey D. Gluteal muscle activity and patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2013; 47:207-214.
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. McClelland J, Zeni JJ, Haley RM, Snyder-Mackler L. Functional and biomechanical outcomes after using biofeedback for retraining symmetrical movement patterns after total knee arthroplasty: a case report. *Journal of orthopedic & sports physical therapy*, 2012; 42(2): 135-144.
15. Graci V, Salsich GB. Trunk and lower extremity segment kinematics and their relationship to pain following movement instruction during a single-leg squat in females with dynamic knee valgus and patellofemoral pain. *Journal of science and medicine in sport*, 2015; 18(3): 343-347.
16. Madhavan S, Shields RK. Movement accuracy changes muscle-activation strategies in female subjects during a novel single-leg weight-bearing task. *Phys med rehab*, 2009; 1(4): 319-328.
17. Hwangbo PN. 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): 1507-1510.
18. Scholtes SA, Salsich GB. A dynamic valgus index that combines hip and knee angles: assessment of utility in females with patellofemoral pain. *International journal of sports physical therapy*, 2017; 12(3): 333.
19. Souza RB, Draper CE, Fredericson M, Powers CM. Femur rotation and patellofemoral joint kinematics: a weight-bearing magnetic resonance imaging analysis. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 2010; 40(5): 277-285.
20. Yoon JY, Kang MH, Oh JS. Effects of visual biofeedback using a laser beam on the EMG ratio of the medial and lateral vasti muscles and kinematics of hip and knee joints during a squat exercise. *Journal of Physical Therapy Science*, 2011; 23(4): 559-563.
21. Herrington L. Knee valgus angle during single leg squat and landing in patellofemoral pain patients and controls. *The Knee*, 2014; 21(2): 514-517.
22. Kang JY, Kim T G, Kim KY. The effects of closed kinetic chain exercise using EMG biofeedback on PFPS patients pain and muscle functions. *International Journal of Bio-Science and Bio-Technology*, 2014; 6(3): 55-62.
23. 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. *Br J Sports Med* 2011; 45(9): 691-6.
24. Hunt MA, Takacs J, Hart K, Massong E, Fuchko K, Biegler J. Comparison of mirror, raw video, and real-time visual biofeedback for training toe-out gait in individuals with knee osteoarthritis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 2014; 95(10): 1912-1917.
25. Anjos Rabelo ND, Lima B, dos Reis AC, Bley AS, Yi LC, Fukuda TY, Lucareli PRG. Neuromuscular training and muscle strengthening in patients with patellofemoral pain syndrome: a protocol of randomized controlled trial. *BMC musculoskeletal disorders*, 2014; 15(1): 157.
26. Peters JS, Tyson NL. Proximal exercises are effective in treating patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *International journal of sports physical therapy*, 2013; 8(5): 689.
27. Willy RW, Scholz JP, Davis IS. Mirror gait retraining for the treatment of patellofemoral pain in female runners. *Clinical Biomechanics*, 2012; 27(10): 1045-1051.