



## تأثیر تمرینات تقویت ایزوکینتیک انتخابی و تقویت عمومی عضلات چهارسر بر زمان فعال شدن عضلات پهن داخلی و خارجی در مبتلایان به سندروم درد پاتلوفمورال

سید حسین حسینی<sup>۱\*</sup>، مهرداد عنبریان<sup>۲</sup>، فرزاد فرهمند<sup>۳</sup>

۱. استادیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت
۲. دانشیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۳. استاد بیومکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران

دریافت ۲۸ مهر ۱۳۹۴؛ پذیرش ۶ تیر ۱۳۹۵

### چکیده

زمینه و هدف: سندروم درد پاتلوفمورال (PFPS) ارتباط نزدیکی با عدم تعادل زمان فعال شدن عضلات پهن داخلی مایل (VMO) و پهن خارجی (VL) دارد. هدف تحقیق حاضر، مقایسه تأثیر تمرینات تقویت ایزوکینتیک انتخابی و تقویت عمومی عضلات چهارسر بر زمان فعال شدن عضلات VMO و VL در مبتلایان به PFPS بود.

مواد و روش‌ها: ۳۶ زن مبتلا به PFPS بامیانگین سن  $27/3 \pm 6/8$  سال، به‌طور داوطلبانه در تحقیق حاضر شرکت کرده و به‌طور تصادفی در یکی از ۳ گروه تمرینی: تقویت ایزوکینتیک انتخابی VMO (VMO-SIS)، تقویت عمومی کوادریسپس (QGS) و کنترل (CO) قرار گرفتند. تمرینات به مدت ۸ هفته اجرا و زمان فعال شدن عضلات VMO و VL، با استفاده از الکترومایوگرافی محاسبه گردید. تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون‌های آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر و بونفرونی صورت گرفت. یافته‌ها: قبل از مداخلات، بین گروه‌ها اختلافی وجود نداشت ( $P > 0/05$ ) و در هر سه گروه، زمان فعال شدن عضله VMO بیشتر از VL بود ( $P < 0/01$ ). بعد از مداخلات، در گروه VMO-SIS، زمان فعال شدن عضله VMO کاهش یافت ( $P < 0/01$ )، اما برای عضله VL تغییری نکرد ( $P > 0/05$ ). در گروه QGS، زمان فعال شدن عضله VL کاهش یافت ( $P = 0/01$ ) اما برای عضله VMO تغییری نکرد ( $P > 0/05$ ). همچنین در گروه VMO-SIS، تأخیر زمانی فعال شدن عضله VMO کاهش ( $P = 0/002$ ) اما در گروه QGS، افزایش ( $p = 0/04$ ) یافت.

نتیجه‌گیری: پیشنهاد می‌شود تمرین اکستنشن ایزوکینتیک زانو از زاویه ۳۰ درجه با حداکثر چرخش خارجی تیبیا، به‌عنوان یک مداخله درمانی مطلوب جهت بهبود تعادل زمان فعال شدن عضلات پهن داخلی و خارجی در مبتلایان به PFPS استفاده شود.

### واژگان کلیدی

تمرین درمانی  
تأخیر زمانی فعال شدن  
پهن داخلی مایل  
پهن خارجی  
اکستنشن ایزوکینتیک

## مقدمه

سندروم درد پاتلوفمورال<sup>۱</sup> (PFPS) اغلب در زنانی که به لحاظ جسمانی فعال هستند، دیده می‌شود و ممکن است ۲۵ تا ۴۰ درصد از کل آسیب‌های زانو در کلینیک‌های پزشکی ورزشی را به خود اختصاص دهد (ویترو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۴؛ لین<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). بر اساس تحقیقات قبلی، عوامل یا اختلالات متعددی از قبیل: ضعف عضلانی یا کوتاهی بافت نرم (کولادو و فردریکسون<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰)، تغییرات بیومکانیکی و ساختاری اندام تحتانی (شیهان<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۰) و کیفیت حرکت (سالسیچ<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۰) در وقوع PFPS نقش دارند، لیکن، علت‌شناسی این سندروم به‌طور عمده به بدراستایی<sup>۷</sup> و مسیر حرکتی<sup>۸</sup> نامطلوب<sup>۹</sup> پاتلا به دلیل اختلالات در عملکرد عضلات کوادریسپس به‌ویژه ضعف یا ناکارآمدی عضله پهن داخلی مایل<sup>۱۰</sup> (VMO) نسبت به عضله پهن خارجی<sup>۱۱</sup> (VL)، نسبت داده شده است (کولادو و فردریکسون، ۲۰۱۰؛ فرمند و همکاران، ۲۰۱۲). این بدراستایی خارجی پاتلا سبب مسیر حرکتی نامطلوب آن در شیار رانی در طول فلکشن و اکستنشن زانو و تحمیل فشارهای نابرابری روی خود پاتلا و بافتهای زیرین آن می‌شود که در بلندمدت منجر به PFPS می‌گردد (فرمند و همکاران، ۲۰۱۲). باور بر این است که عمل VMO - به دلیل محل آناتومیکی‌اش - محدود کردن شیفت و تیلت خارجی پاتلا است و عامل اصلی بدراستایی و مسیر حرکتی نامطلوب پاتلا در بیماران PFPS، ضعف ساختارهای بخش داخلی مفصل پاتلوفمورال و به‌ویژه VMO است (لین و همکاران، ۲۰۱۰؛ فرمند و همکاران، ۲۰۱۲). محققان نشان داده‌اند که بین تأخیر فعالیت VMO و مسیر حرکتی نامطلوب پاتلا در بیماران با درد قدامی زانو ارتباط وجود دارد (لین و همکاران، ۲۰۱۰؛ پال<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۱).

علی‌رغم اینکه درخصوص مناسب‌ترین درمان برای PFPS هیچ توافقی بین محققان وجود ندارد، لیکن رویکرد درمانی ترجیحی برای این عارضه تا حد وسیعی، رویکرد درمانی غیرجراحی می‌باشد. اگر چه به نظر می‌رسد که مداخلات بالینی، به رفع علائم دردناک بیماران و افزایش عملکردشان کمک می‌کند، لیکن مطالعات قبلی مربوط به مداخلات توانبخشی بالینی، نتایج مختلف و گاه حتی متناقضی را با افراد مبتلا به PFPS استخراج کرده‌اند. اخیراً محققان گزارش کرده‌اند که مداخلات بالینی غیر حرکتی اگر چه ممکن است در کاهش درد و بهبود عملکرد پاتلوفمورال مؤثر باشد، لیکن اثر معنی‌داری بر بهبود پوزیشن پاتلا و فعالیت عضلات نخواهد داشت (مانزر<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). سایر محققان اظهار داشته‌اند که روش‌های درمانی غیرتمرینی صرفاً باید به‌عنوان روش‌های مکمل برنامه‌های تمرین درمانی در افراد مبتلا به PFPS، در نظر گرفته شوند (فابیان<sup>۱۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). با این حال، بیشتر روش‌های تمرینی سنتی جهت بهبود PFPS روی افزایش قدرت گروه عضلات چهارسر ران بدون در نظر گرفتن این نکته که عضله VL به‌طور طبیعی قوی‌تر از عضله VMO است (لین و همکاران، ۲۰۱۰)، طراحی شده‌اند.

گزارش شده است که عدم تعادل در زمان فعالیت عضلانی بین VMO و VL می‌تواند منجر به بدراستایی خارجی پاتلا و بارگیری غیرطبیعی<sup>۱۵</sup> آن و درد گردد (نپتون<sup>۱۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۰). مطابق تحقیقات، VMO بایستی زودتر یا همزمان با VL فعال گردد زیرا تأخیر در شروع فعالیت VMO می‌تواند سبب شیفت خارجی پاتلا و تشدید درد پاتلوفمورال گردد، آن‌چنان‌که در مبتلایان به PFPS رخ می‌دهد (وویت و ویدر<sup>۱۷</sup>، ۱۹۹۱). برخی محققان نشان داده‌اند که تأخیری به میزان ۵ میلی ثانیه در شروع فعالیت VMO می‌تواند سبب افزایش نیروهای فشاری خارجی روی مفصل پاتلوفمورال گردد (نپتون و همکاران، ۲۰۰۰).

اگر چه تمرین می‌تواند نقش عمده‌ای را در تقویت عضله بازی کند، لیکن تمریناتی که تاکنون برای تقویت این گروه

1. Patellofemoral pain syndrome
2. Witvrouw
3. Lin
4. Collado & Fredericson
5. Sheehan
6. Salsich
7. Malalignment
8. Tracking
9. Maltracking
10. Vastus Medialis Oblique
11. Vastus Lateralis
12. Pal

13. Manzer
14. Fabiana,
15. Abnormal loading
16. Neptune
17. Voight & Wieder

تصادفی و برابر در یکی از ۳ گروه تمرین ایزوکینتیک مبتنی بر تقویت انتخابی VMO (VMO-SIS)<sup>۵</sup>، تمرین تقویت عمومی کوادریسپس (QGS)<sup>۶</sup> و کنترل قرار گرفتند. از کلیه آزمودنی‌ها رضایت‌نامه مشارکت داوطلبانه در تحقیق اخذ شد. معیارهای ورود آزمودنی‌ها به تحقیق عبارت بودند از: وجود علائم PFPS تنها در پای راست، بروز درد قدامی زانو یا پشت پاتلا<sup>۷</sup> در حداقل دو مورد از فعالیت‌های: نشستن طولانی مدت، بالارفتن از پله‌ها، اسکات، دویدن، دو زانو نشستن و لی‌لی کردن/ پریدن، بروز علائمی که مربوط به حوادث ناشی از ضربه نیست، و مثبت شدن جواب تست کلارک<sup>۸</sup> (ضربه زدن به پاتلا). آزمودنی‌های واجد شرایط دارای علائم ابتلا به PFPS در طول مدت بیش از ۲ ماه بودند. همچنین وجود استئوآرتروز/ آرتروز زانو، جراحی یا آسیب قبلی زانو، آسیب‌دیدگی تاندون پاتلا، آسیب‌های لیگامنتی یا منیسکی، عارضه از گود شلاتر و یا سایر شرایط پاتولوژیکی شناخته شده در زانو باعث خروج آزمودنی از مطالعه می‌گردید.

#### تنظیمات دستگاه ایزوکینتیک

از دینامومتر ایزوکینتیک (مدل System 4 Pro ساخت کمپانی بایودکس آمریکا) به منظور اجرای برنامه تمرینی گروه VMO-SIS استفاده گردید. در طی اجرای تمرینات، آزمودنی‌ها در حالت نشسته بوده (زاویه مفصل ران، ۱۰۰ درجه) و تنه آنها در وضعیت نسبتاً عمودی قرار داشت و مرکز دینامومتر، منطبق بر محور چرخش زانو تنظیم گردید. محور چرخش زانو منطبق بر انتهای ران در راستای دو کندیل دیستال آن در نظر گرفته شد. با استفاده از تسمه‌های ویژه، تنه به پشتی صندلی و ران به نشیمنگاه بسته و ثابت شده و ساق پا کمی بالاتر از مچ به بازوی دینامومتر متصل گردید (شکل ۱). با استفاده از یک نوار چسب‌دار محکم، حداکثر میزان چرخش خارجی قابل تحمل به تیبیا اعمال می‌گردید (شکل ۱). سرعت دستگاه بسته به نوع تمرینات، در سه سرعت ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه بر ثانیه تنظیم شد.

عضلانی استفاده شده‌اند، غالباً سبب تقویت کل عضله کوادریسپس شده و لذا منجر به برجسته‌تر شدن تفاوت زمان فعال شدن عضلات پهن داخلی و خارجی و تشدید درد گردیده‌اند. همچنین برخی شیوه‌های درمانی که بر تقویت عضله VMO برای بهبود پایداری دینامیکی پاتلا تمرکز کرده‌اند، قادر به تقویت انتخابی این عضله نبوده‌اند (اسپایرانی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲؛ ونگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). لذا تاکنون تصور شده است که درمان موفقیت آمیز درد پاتلوفمورال می‌تواند از طریق تمرینات تقویت عمومی کوادریسپس حاصل گردد (چیو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۲؛ فوکودا<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). لیکن، چنین مطالعاتی غالباً به بررسی سطح درد بیماران پرداخته‌اند. علاوه بر این، به نظر می‌رسد چنین تمریناتی قدرت هر دو عضله پهن داخلی و خارجی را به‌طور برابری افزایش داده و لذا تفاوت‌های بین قدرت این دو عضله را مرتفع نمی‌کنند. بنابراین تمریناتی که نیروهای خارجی و داخلی را روی پاتلا متعادل نکنند، سبب افزایش جابجایی خارجی پاتلا و تشدید عدم تعادل نیروی عضلات VMO و VL و در نتیجه برجسته‌تر شدن PFPS می‌گردد. از طرفی تحقیقات گذشته تاکنون به مطالعه تمرینات اکستنشن ایزوکینتیک با حداکثر چرخش خارجی تیبیا در مبتلایان به PFPS نپرداخته‌اند. لذا هدف تحقیق حاضر، مقایسه تأثیر «تمرین اکستنشن ایزوکینتیک مبتنی بر تقویت انتخابی عضله VMO و تمرین تقویت عمومی عضلات چهارسر بر زمان فعال شدن عضلات VMO و VL و نیز تأخیر زمانی فعال شدن عضله VMO در مبتلایان به سندروم درد پاتلوفمورال، بود.

#### روش پژوهش

##### آزمودنی‌ها

پژوهش حاضر از نوع آزمایشگاهی نیمه تجربی و به لحاظ هدف از نوع پژوهش‌های کاربردی است. جامعه آماری تحقیق را زنان ۱۸ تا ۳۰ ساله مبتلا به سندروم PFPS تشکیل دادند. ۳۶ زن مبتلا به PFPS از طریق مراجعه به یک کلینیک فیزیوتراپی و به‌وسیله پزشکان متخصص ارتوپدی به‌عنوان نمونه تحقیق انتخاب شده و به‌طور

5. VMO selective isokinetic strengthening exercise  
6. Quadriceps general strengthening exercise  
7. Retro patellar  
8. Clarke's test

1. Spairani  
2. Wong  
3. Chiu  
4. Fukuda

### پروتکل‌های تمرینی

هر دو گروه تمرینی قبل از اجرای تمرینات ویژه خود، در یک دوره گرم کردن ۷ دقیقه‌ای شامل کشش عضلات اندام تحتانی و تمرین روی دوچرخه ثابت شرکت نمودند. گروه VMO-SIS در یک پروتکل تمرینی مشتمل بر ۳ تمرین اکستنشن ایزوکینتیک زانو با سرعت‌های ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه بر ثانیه و در وضعیت حداکثر چرخش خارجی قابل تحمل تیپا از وضعیت مرجع فلکشن ۳۰ درجه زانو، شرکت کردند. این تمرینات به صورت سیکل کانسنتریک-اکسنتریک اجرا شد. ابتدا آزمودنی‌ها جهت آشنایی با تجهیزات و وظیفه عملکردی، تمرینات مذکور را ۵ بار در هر سرعت اجرا کردند. چرخش خارجی اعمال شده به تیپا، به صورت بیشترین مقدار قابل تحمل آزمودنی تا قبل از احساس درد یا ناراحتی بود. تمرینات به مدت ۸ هفته، هر هفته ۳ روز و هر روز ۳ تمرین، هر تمرین ۳ ست ۱۰ تا ۱۶ تکراری انجام

شدند. بین ست‌ها ۱ تا ۲ دقیقه و بین تمرین‌ها ۱/۵ تا ۳ دقیقه استراحت در نظر گرفته شد.

پروتکل تمرینی گروه QGS از ۳ تمرین برای تقویت عضله کوادریسپس تشکیل شده بود که همگی در حالت عدم تحمل وزن و در وضعیت طاقباز اجرا شدند: (۱) انقباض ایزومتریک بیشینه عضله کوادریسپس با زانو در اکستنشن کامل؛ (۲) بالا بردن پا با زانوی باز<sup>۱</sup> (SLR) تا فلکشن تقریباً ۳۰ درجه هیپ و حفظ زانو در اکستنشن؛ و (۳) اکستنشن زانو در یک قوس کوچک از فلکشن ۱۰ درجه تا اکستنشن کامل زانو. هر تمرین در ۳ ست ۱۰ تکراری با یک زمان نگهداری ۶ ثانیه‌ای اجرا می‌شد. تمرینات این گروه به مدت ۸ هفته، ۲ روز در هفته و هر روز یک بار با فاصله استراحتی ۹۰ ثانیه بین ست‌ها و ۱۲۰ ثانیه بین تمرین‌ها اجرا گردید.



شکل ۱: نحوه نشستن بر روی دستگاه ایزوکینتیک

تنه و ران با بلت‌های ویژه به صندلی بسته شده و تیپا در پوزیشن حداکثر چرخش خارجی قابل تحمل آزمودنی قرار گرفت.

با استفاده از اصل اضافه بار بود. به همین منظور، در پروتکل QGS، قبل از شروع برنامه، وزنه 10RM برای هر تمرین تعیین شد. مقاومت با ۷۰٪ وزنه 10RM در هفته اول و دوم

برای حذف اثر تفاوت برنامه‌های تمرینی بر تغییرات پارامترهای مورد مطالعه، حتی الامکان سعی گردید تا پروتکل‌های دو گروه تجربی به لحاظ حجم کلی تمرینات همسان سازی شوند. هدف از هر دو پروتکل، افزایش قدرت

جفت الکتروود سطحی دوقطبی Ag-AgCl به قطر ۱۰ میلیمتر و با فاصله ۲۰ میلیمتری از مرکز یکدیگر روی محل‌های تعیین شده قرارداد شده. الکتروودها برای VMO، تقریباً ۴ سانتیمتر بالاتر و ۳ سانتیمتر داخل‌تر نسبت به گوشه فوقانی- داخلی پاتلا و در زاویه ۵۵ درجه نسبت به محور طولی ران و برای VL، ۱۰ سانتیمتر بالاتر و ۷ سانتیمتر خارج‌تر از گوشه فوقانی پاتلا در زاویه ۱۵ درجه با محور طولی ران نصب شدند (ابطحی و همکاران، ۲۰۱۰). الکتروود مرجع نیز به برجستگی تیبیا متصل گردید. جهت جلوگیری از جدا شدن الکتروودها از پوست و قطع تماس در طول حرکت، محل اتصال الکتروودها با نوارچسب بانداژ شد. برای پردازش سیگنال‌های EMG از نرم‌افزار DataLink استفاده شد. سیگنال‌های الکترومیوگرافی خام به‌طور دیجیتالی در باند ۲۰-۵۰۰ هرتز فیلتر شده و به‌وسیله یک کانورتور A/D ۱۲-بیتی، به عدد تبدیل شدند. فعالیت EMG عضلات در عمل اکستنشن از وضعیت مرجع فلکشن ۴۵ درجه زانو در وضعیت نشسته و مچ پا در وضعیت خنثی، ثبت شد. این عمل در طول ۳ ثانیه به پایان می‌رسید و زانو در پایان این حرکت، ۲ ثانیه در اکستنشن کامل نگه داشته می‌شد. عمل مذکور ۳ بار با فاصله زمانی ۶۰ ثانیه تکرار شده و میانگین داده‌های این سه بار محاسبه می‌شد.

تأخیر زمانی شروع فعالیت VMO نسبت به VL، از طریق تفاضل زمان فعال شدن عضله VL از عضله VMO محاسبه شد:

$$\text{VMO فعال شدن} - \text{VL فعال شدن} = \text{delay} \text{ فعال شدن VL} - \text{time} \text{ فعال شدن VMO}$$

### روش‌های آنالیز آماری

از میانگین و انحراف معیار جهت توصیف متغیرها و آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی جهت مقایسه میانگین متغیرها استفاده گردید. سطح معنی‌داری تفاوت‌ها  $P \leq 0.05$  در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده در محیط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و ترسیم نمودارها در محیط نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

### یافته‌های تحقیق

میانگین و انحراف معیار سن، قد و وزن آزمودنی‌ها به‌طور کلی به ترتیب  $27/3 \pm 6/8$  سال،  $167/1 \pm 18/75$  سانتیمتر و

شروع شده و سپس به تدریج توسط آزمونگر هر دو هفته یک بار با استفاده از وزنه‌های مچ پا، ۱۰ درصد افزایش می‌یافت تا به وزنه 10RM در هفته هشتم برسد. در گروه تمرین VMO-SIS، برای رعایت اصل اضافه بار تدریجی، علاوه بر تشویق شفاهی آزمودنی‌ها به اعمال حداکثر نیرو در هر جلسه، تعداد تکرارها و زمان استراحت بین ست‌ها توسط محقق دستکاری می‌شد. بدین منظور تعداد تکرارهای هر تمرین در هر ست در هفته‌های اول و دوم ۱۰ بار بوده و به تدریج اضافه گردید تا به ۱۶ تکرار در هفته آخر برسد. زمان استراحت بین ست‌ها در هفته‌های اول و دوم ۱۲۰ ثانیه بوده و به تدریج در طول هفته‌ها کاهش یافت تا به ۶۰ ثانیه در هفته هشتم برسد، همچنین زمان استراحت بین تمرین‌ها در دو هفته اول ۳ دقیقه بوده و به تدریج کاهش یافت تا به ۹۰ ثانیه در هفته آخر برسد. در پایان هر جلسه تمرینات اصلی، هر دو گروه تجربی در یک دوره تمرینات خنک کردن شامل کشش عضلات همسترینگ، دوقلو، چهارسر و باند خاصه‌ای-درشت‌نئی<sup>۱</sup> (ITB)، به مدت ۵ دقیقه شرکت کردند.

افراد مختص به گروه کنترل در ابتدای مطالعه ارزیابی شدند، به اعضای گروه کنترل توصیه گردید تا از هر نوع برنامه تمرینی جدید و اختصاصی خودداری کنند تا به دنبال ارزیابی اولیه، ۸ هفته بعد، مجدداً ارزیابی شوند.

### اندازه‌گیری داده‌ها

برای اندازه‌گیری زمان فعال شدن فعالیت عضلات VMO و VL از دستگاه الکترومایوگرافی ۸ کاناله مدل DataLink DLK900 ساخت شرکت Biometric انگلستان با سرعت سمپلینگ ۱ کیلوهرتز و CMRR ۱۳۰ دسی‌بل استفاده شد. به منظور ارزیابی روایی دستگاه، ۱۰ نفر از آزمودنی‌ها دوبار با فاصله ۲۰ دقیقه از هم و بدون جابجایی الکتروودها، مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمون دوم بعد از اطمینان از عدم خستگی آزمودنی‌ها انجام شد. میزان تکرارپذیری دستگاه برای عضلات VMO و VL به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۹۳ محاسبه شد که حاکی از تکرارپذیری بسیار بالایی است.

بعد از آماده‌کردن پوست محل مورد نظر از طریق تراشیدن مو (در صورت لزوم) و پاک کردن ناحیه با الکل ایزوپروپیل<sup>۲</sup> به کمک یکی از کارشناسان زن آزمایشگاه، یک

1. Iliotibial band  
2. Isopropyl

انحراف معیار زمان فعال شدن عضلات VMO و VL قبل و پس از مداخلات مربوطه در گروه‌های مختلف مورد مطالعه، در جدول ۲ گزارش گردیده است.

۱۰/۶±۶۴/۵ کیلوگرم بود. میانگین سن، وزن، قد، BMI و مدت زمان علائم PFPS آزمودنی‌ها به تفکیک گروه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ گزارش شده است. میانگین و

جدول ۱: مشخصات آنترپومتریک و شخصی آزمودنی‌ها\*

مقدار P	گروه CO (n=۱۲)	گروه QGS (n=۱۲)	گروه VMO-SIS (n=۱۲)	متغیر
۰/۱۵۵	۲۷/۸±۷/۳	۲۵/۹±۶/۵	۲۸/۶±۵/۹	سن (سال)
۰/۴۲۷	۶۴/۲۵±۹/۶	۶۲/۶±۱۰/۱	۶۶/۴±۹/۵	وزن (kg)
۰/۷۲۹	۱۶۴/۸±۱۸/۳	۱۶۵/۵±۱۷/۶	۱۶۸/۴±۱۳/۳۵	قد (cm)
۰/۶۲۲	۲۳/۸±۳/۴	۲۳/۴۵±۳/۸	۲۲/۷±۳/۵	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
۰/۲۷۱	۳۸/۴±۱۴/۷	۳۵/۷±۱۲/۶	۳۴/۲±۱۱/۵	مدت زمان علائم PFPS (ماه)

\* مقادیر به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده‌اند.

معنی‌داری کمتر از گروه VMO-SIS بود ( $P < 0/01$ ). هنگام مقایسه اختلافات بین عضلات، نیز تفاوت‌های معنی‌داری مشاهده شد. قبل از مداخلات، در هر سه گروه، زمان فعال شدن عضله VMO به‌طور معنی‌داری بیشتر از VL بود ( $P < 0/01$ ). پس از مداخلات، در گروه VMO-SIS، زمان فعال شدن عضله VMO به‌طور معنی‌داری کمتر از VL ( $P = 0/02$ ) اما در گروه‌های QGS و CO همچنان بیشتر از VL بود ( $P < 0/01$ ) (جدول ۲).

قبل از مداخلات، در زمان فعال شدن عضلات بین گروه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $P > 0/05$ ). اما بعد از مداخلات تفاوت‌های معنی‌داری مشاهده گردید. زمان فعال شدن عضله VMO در گروه VMO-SIS به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ( $P < 0/001$ ) و مقدار آن به‌طور معنی‌داری کمتر از دو گروه دیگر بود ( $P < 0/0001$ ). زمان فعال شدن عضله VL در گروه‌های VMO-SIS و CO تغییر معنی‌داری نکرد ( $P > 0/05$ ) اما در گروه QGS به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ( $P = 0/01$ ) و مقدار آن به‌طور

جدول ۲: زمان فعال شدن عضلات VMO و VL قبل و پس از مداخلات تمرینی\*

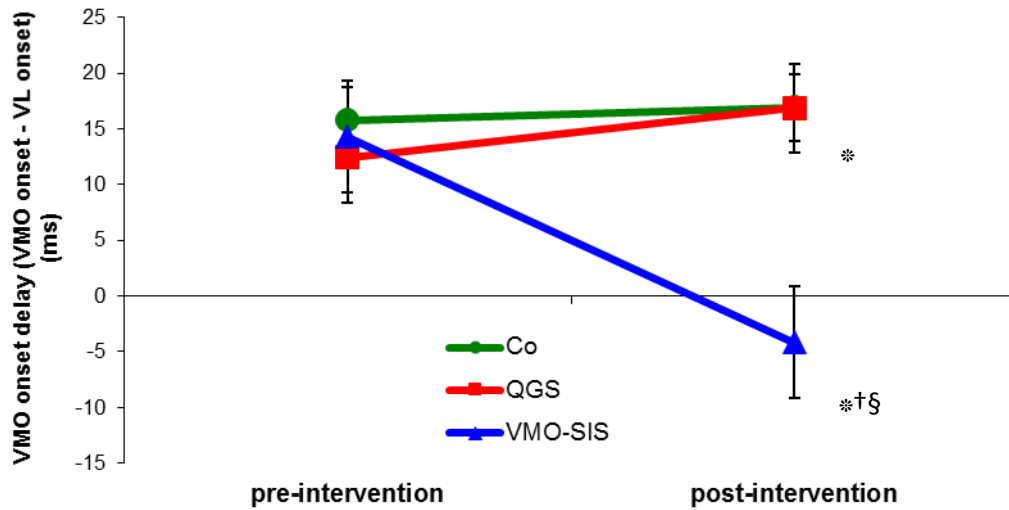
متغیر	گروه VMO-SIS (n=۱۲)		گروه QGS (n=۱۲)		گروه CO (n=۱۲)	
	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد
زمان فعال شدن VMO	۳۴/۴±۳۵/۱ ¶	۳۴/۵±۳۴/۱ ¶	۳۷/۳±۳۶/۴ ¶	۳۴/۵±۳۴/۱ ¶	۳۵/۴±۳۵/۸ ¶	۳۵/۴±۳۵/۸ ¶
زمان فعال شدن VL	۲۲/۴±۲۱/۵	۲۳/۱±۲۱/۲ †	۲۴/۴±۲۳/۵	۱۹/۳±۲۰/۳ *	۲۱/۸±۱۹/۳	۲۰/۹±۲۰/۳

\* مقادیر به صورت میانگین ± انحراف معیار و برحسب میلی ثانیه گزارش شده‌اند.

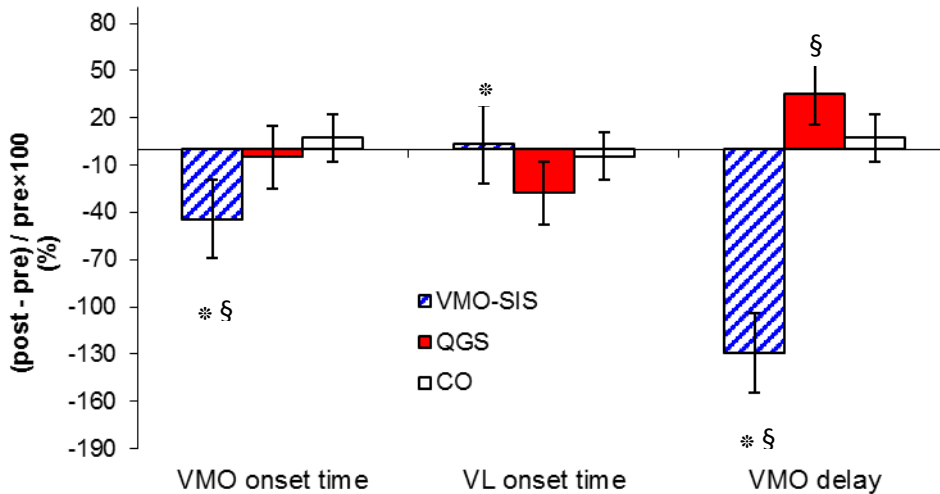
¶ اختلاف معنی‌دار با قبل از مداخله؛ † اختلاف معنی‌دار با گروه QGS پس از مداخله؛ § اختلاف معنی‌دار با گروه کنترل پس از مداخله؛ ¶ افزایش معنی‌دار نسبت به عضله VL. † کاهش معنی‌دار نسبت به عضله VL. (سطح معنی‌داری،  $P \leq 0/05$  بود).

فعال شدن عضله VMO در گروه QGS به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ( $p = 0/04$ ). در گروه کنترل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ). همچنین نمودار (۲) درصد تغییرات زمان فعالیت عضلات VMO و VL را نشان می‌دهد.

علاوه بر این، همان‌طور که نمودار (۱) نشان می‌دهد، مقایسه تأخیر زمانی فعال شدن عضله VMO نشان داد که در گروه VMO-SIS این تأخیر زمانی به‌طور معنی‌داری کاهش یافته ( $P = 0/0002$ ) و مقدار آن به‌طور معنی‌داری کمتر از دو گروه دیگر است ( $P < 0/0001$ ). تأخیر زمانی



نمودار ۱: مقایسه تغییرات بین گروهی تأخیر زمانی فعال شدن عضله VMO نسبت به عضله VL در سه گروه مورد مطالعه \* اختلاف معنی‌دار با قبل از مداخله، † اختلاف معنی‌دار با گروه QGS، § اختلاف معنی‌دار با گروه کنترل



نمودار ۲: درصد تغییرات درون گروهی زمان فعال شدن عضلات (تفاضل مقدار متغیر قبل از مداخله از مقدار بعد از مداخله) \* اختلاف معنی‌دار با گروه QGS، § اختلاف معنی‌دار با گروه کنترل

### بحث و تفسیر یافته‌ها

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، زمان فعال شدن عضله VMO در گروه VMO-SIS برخلاف دو گروه دیگر و زمان فعال شدن عضله VL در گروه QGS برخلاف دو گروه دیگر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. زمان فعال شدن عضله VMO در گروه VMO-SIS، قبل از مداخله به‌طور معنی‌داری بیشتر از زمان فعال شدن عضله VL بود، اما پس از مداخله به‌طور معنی‌داری کاهش یافته و به مقداری کمتر از عضله VL رسید. در گروه QGS چه قبل از مداخله و یا پس از آن، زمان فعال شدن عضله VMO به‌طور معنی‌داری

بیشتر از VL بود، اما زمان فعال شدن عضله VL پس از مداخله به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و همچنان کمتر از VMO بود.

این نتایج با یافته‌های سایر محققان که نشان داده‌اند در افراد سالم، مدت زمان پاسخ رفلکسی عضله VMO به‌طور آشکاری کوتاه‌تر از زمان پاسخ رفلکسی عضله VL بوده است، در حالی‌که در افراد مبتلا به اختلالات مکانیسم اکستنسور زانو، زمان پاسخ رفلکسی عضله VL به‌طور مشهودی کوتاه‌تر از زمان پاسخ رفلکسی عضله VMO است، همخوانی دارد. این محققان پیشنهاد کردند که در این بیماران تغییری

زمانی ۱۷/۷ میلی ثانیه‌ای در وظیفه حرکتی بالارفتن از پله و یک تأخیر زمانی ۳۰/۲۵ میلی ثانیه‌ای در وظیفه حرکتی پایین آمدن از پله، در گروه درد قدمی زانو نسبت به گروه کنترل سالم می‌باشد (چستر و همکاران، ۲۰۰۸). این در حالی است که محققان اظهار داشته‌اند که تأخیری حتی به اندازه ۵ میلی ثانیه در زمان فعال شدن VMO می‌تواند سبب یک عدم تعادل بیومکانیکی در مفصل پاتلوفمورال شود (نپتون و همکاران، ۲۰۰۰).

محققان کاهش تأخیر زمانی شروع فعالیت VMO را با هر دو نوع تمرینات زنجیره باز و یا بسته نشان داده‌اند اما بین تأثیر این دو نوع تمرین اختلاف قابل ملاحظه‌ای گزارش نکرده‌اند (ویترو و همکاران، ۲۰۰۲). با این حال، پس از هر دو نوع مداخله، شروع فعالیت VMO همچنان با یک تأخیر زمانی بیش از ۵ میلی ثانیه‌ای نسبت به VL اتفاق افتاد. این در حالی است که تحقیقات نشان داده‌اند که تأخیری حتی به میزان ۵ میلی ثانیه در شروع فعالیت VMO می‌تواند سبب افزایش نیروهای فشاری خارجی روی مفصل پاتلوفمورال (نپتون و همکاران، ۲۰۰۰) و در نتیجه درد (بولینگ و همکاران، ۲۰۰۶) گردد.

محققان دیگر، اثر آموزش کنترل حرکتی VMO با بیوفیدبک EMG و تقویت عمومی کوادریسپس را بر زمان فعال شدن عضلات VMO و VL در دو وظیفه حرکتی بالا رفتن و پایین آمدن از پله، مورد مقایسه قرار دادند. در طی بالارفتن از پله، تغییر معنی‌داری در تأخیر زمانی فعال شدن VMO در گروه بیوفیدبک مشاهده شد. اما در میزان این تغییر بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در طی پایین آمدن از پله، این تأخیر زمانی در هر دو گروه تغییر کرد اما میزان آن در گروه بیوفیدبک بیشتر بود. ۲ هفته پس از پایان تمرینات، زمان VMO و قدرت کوادریسپس نسبت به مقادیر پایه بهبود نشان دادند لیکن بین دو گروه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (بنل و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های کوان و همکاران (۲۰۰۲) همخوانی داشت. این محققان تغییرات معنی‌داری را در زمان فعال شدن عضله VMO در مقایسه با VL پس از درمان در گروه فیزیکیال تراپی نشان دادند.

در پژوهشی دیگر، تأخیر معنی‌داری در شروع فعالیت VMO قبل از مداخله نشان داد شده و گزارش شده است که فعالیت این عضله بلافاصله پس از مداخله موفقیت‌آمیز

معکوس در الگوی فعال شدن عضلانی VMO و VL اتفاق می‌افتد (وویت و ویدر، ۱۹۹۱).

مقایسه تأخیر زمانی فعال شدن عضله VMO نشان داد که در گروه VMO-SIS این تأخیر زمانی به‌طور معنی‌داری کاهش و در گروه QGS به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. علت چنین تغییراتی در زمان فعال شدن عضلات به سه عامل مربوط است: اول اینکه سطح مقطع عرضی VMO کوچکتر از VL است؛ دوم اینکه محل اتصال عضله VMO در مقایسه با عضله VL در نقطه‌ای بالاتر روی کشکک واقع شده است و سوم آنکه VMO دارای فیبرهایی عصبی با آستانه پایین‌تر در مقایسه با VL است (وویت و ویدر، ۱۹۹۱).

این نتایج با فرض ما مبنی بر کاهش زمان فعال شدن عضله VMO و تأخیر زمانی فعال شدن این عضله، به دنبال تمرینات اکستنشن ایزوکتینیک با حداکثر چرخش خارجی تیبیا، همخوان بود. چنین نتایجی حاکی از این است که کنترل پاتلا در جهت داخلی در بیماران PFPS پس از شرکت در تمرینات ایزوکتینیک ویژه تقویت انتخابی VMO، بهبود می‌یابد. زیرا تأخیر زمانی شروع فعالیت VMO کاهش یافته و این عضله زودتر از VL شروع به فعالیت می‌کند. به‌علاوه، آن‌چنان‌که ما انتظار داشتیم، زمان فعال شدن عضله VL به دنبال تمرینات تقویت عمومی عضلات کوادریسپس، کاهش و تأخیر زمانی فعال شدن عضله VMO افزایش یافت، اگر چه زمان فعال شدن عضله VMO به‌طور مستقل دچار تغییر عمده‌ای نشد.

عقیده بر این است که VMO باید زودتر و یا حداقل همزمان با VL وارد عمل شود. زیرا تأخیر زمانی فعال شدن عضله VMO می‌تواند سبب شیفت خارجی غیرطبیعی پاتلا گردد (بولینگ<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). اکثر تحقیقات منتشر شده بر تأخیر زمانی فعالیت VMO در طول انقباضات ارادی، وظایف حرکتی بالارفتن یا پایین آمدن از پله را در افراد سالم و بیماران PFPS مقایسه کرده‌اند (کوازوتی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۰؛ چستر<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۸؛ کوان<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۲؛ بنل<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). مرور چنین تحقیقاتی نشان می‌دهد که عضله VMO به‌طور میانگین دارای یک تأخیر

1. Boling
2. Cavazzuti
3. Chester
4. Cowan
5. Bennell



که تمرینات QGS نه تنها در بهبود زمان فعالیت VMO و لذا بهبود بالانس بین زمان فعال شدن دو عضله مؤثر نمی‌باشد بلکه سبب تشدید عدم تعادل زمان فعال شدن بین دو عضله می‌گردد.

به دلیل ماهیت تمرینات در پروتکل گروه QGS، همه اجزای این گروه عضلانی ممکن است به‌طور مشابه حجیم شده و لذا عضله VMO، دچار تغییر محسوسی نسبت به سایر اجزا نگردد. به‌علاوه، اصل ویژگی تمرین نیز می‌تواند چنین تغییراتی را توجیه کند. تغییرات ناشی از تمرینات مختلف در عضلات، بستگی به ویژگی و نوع تمرینات مذکور دارد. تمرین تقویت عمومی کوادریسپس به نظر می‌رسد که سبب تقویت کل این عضلات به‌طور عمومی شود. پروتکل QGS از انقباضات ایزومتریکی و یا دینامیکی سبک تشکیل شده است. در حالی که تمرین ایزوکینتیک با فعال‌سازی انتخابی VMO، بیشتر متمرکز بر تقویت این عضله می‌باشد. پروتکل VMO-SIS بر سیکل‌های تکراری انقباضات کانسنتریک و اکسنتریک عضله VMO تأکید دارد. لذا این امر می‌تواند علت کاهش بیشتر در تأخیر زمانی فعال شدن عضله VMO در گروه VMO-SIS در مقایسه با گروه QGS را توجیه کند. از طرفی به لحاظ مکانیکی، رابطه طول-تنش عضله نیز بر این تغییرات حکم‌فرما خواهد بود به نحوی که تمرینات تقویت انتخابی VMO با چرخش خارجی تیبیا، احتمالاً سبب افزایش طول عضله VMO و به همان نسبت اثرات مثبت بر پارامترهای فعالیت الکتریکی آن گردد. لیکن، در گروه QGS، به دلیل عدم تغییر طول VMO نسبت به سایر اجزای کوادریسپس، هیچ‌گونه افزایش تنش بیشتری در VMO نسبت به سایر اجزا ایجاد نخواهد شد.

#### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی اجرای تمرینات اکستنشن ایزوکینتیک با حداکثر چرخش خارجی قابل تحمل تیبیا، تأخیر زمانی فعال شدن عضله VMO را کاهش داده و عدم تعادل زمانی بین فعالیت عضلات پهن داخلی و خارجی (که در مبتلایان به PFPS امری رایج است)، را بهبود بخشید. لذا، پیشنهاد می‌شود این پروتکل تمرینی، به‌عنوان یک مداخله درمانی مطلوب جهت بهبود تعادل بین زمان فعال شدن عضلات پهن داخلی و خارجی در مبتلایان به PFPS استفاده شود. از طرفی، اجرای تمرینات تقویت عمومی عضلات چهارسر، نه تنها در بهبود

(کاهش درد)، به‌طور معنی‌داری زودتر شروع می‌شود (بولینگ و همکاران، ۲۰۰۶). در حقیقت، محققان اظهار داشته‌اند که زمان فعال شدن سریعتر عضله VMO پیش‌بینی‌کننده موفقیت پروتکل‌های توانبخشی است (ونگ، ۲۰۰۹).

کاهش تأخیر زمانی فعال شدن عضله VMO و بهبود آن در اثر تمرینات گروه VMO-SIS، از این فرضیه که در افراد فاقد علائم PFPS، کنترل عضلانی بهتری روی پاتلا در جهت داخلی صورت می‌گیرد (ملر و هاجز، ۲۰۰۲)، حمایت می‌کند. اصل ویژگی تمرین نیز ممکن است تا حدی توجیه کند که چرا تغییرات بیشتری در تأخیر زمانی فعال شدن عضله VMO در گروه VMO-SIS در مقایسه با گروه QGS ایجاد می‌شود. این پاسخ‌های متفاوت ممکن است ویژگی برنامه تمرینی نسبت به اندازه‌های استخراجی از وظیفه حرکتی را منعکس کند. برنامه VMO-SIS مبتنی بر تأکید قوی روی انقباضات کانسنتریک و اکسنتریک عضله VMO و شامل یک تمرین اکستنشن مشابه با وظیفه حرکتی مورد آزمون بود. این تشابه تمرینات ایزوکینتیک با وظیفه حرکتی مورد آزمون ممکن است در بهبود زمان عضله مؤثرتر باشد. علاوه بر این شواهدی وجود دارد که شروع فعالیت EMG عضلات پهن داخلی و خارجی در تمرینات تحمل وزن از همزمانی بیشتری نسبت به تمرینات عدم تحمل وزن، برخوردار است (بولگلا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین تمرین در شرایط تحمل وزن در مقایسه با تمرینات عدم تحمل وزن، ممکن است زمان‌های فعال شدن نزدیک‌تری بین VMO و VL تولید کند. به هر حال، بر اساس نتایج تحقیق حاضر، تمرین ایزوکینتیک (زنجیره باز) با حداکثر چرخش خارجی تیبیا، رویکرد درمانی مناسبی برای بهبود زمان فعالیت عضلات کوادریسپس داخلی و خارجی بود. محققان در مواجهه با بیماران مبتلا به ناراحتی‌های مزمن زانو، در ابتدا تمرین در زنجیره باز را تجویز می‌کنند و زمانی که بیماران قادر به اجرای وظیفه حرکتی ASLR گردند، برای آنها تمرینات تحمل وزن تجویز می‌نمایند (بولگلا و همکاران، ۲۰۰۸).

همچنین در تحقیق حاضر زمان فعال شدن عضله VL در گروه QGS به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد و تأخیر زمانی فعال شدن عضله VMO افزایش یافت. این امر نشان می‌دهد

## تشکر و قدردانی

محققین بدین وسیله تشکر صمیمانه خویش را از مسئولین و پرسنل محترم بیمارستان‌های نورافشار و شریعتی تهران به جهت همکاری‌های بی چشمداشت، ابراز می‌دارند.

زمان فعالیت VMO مؤثر نبود، بلکه سبب تشدید عدم تعادل بین زمان فعال شدن دو عضله گردید. افزایش عدم تعادل عضلانی منجر به تشدید درد پاتلوفمورال شده و لذا تمرین تقویت عمومی عضلات چهارسر (که به‌طور رایجی در مراکز بالینی تجویز می‌شود) برای بهبود مبتلایان به PFPS توصیه نمی‌گردد.

## References

- Abtahi E., Majdoleslam B., Abdollahi I., Rahgozar M. [Onset Latency of Vastus Medialis Obliques and Vastus Lateralis in Patients with Patellofemoral Pain Syndrome: Open or Closed Chain Terminal Knee Extension Exercise]. *Journal of Kerman University of Medical Sciences* 2010, 17(4): 307-315.
- Bennell, K., et al. Effects of Vastus Medialis Oblique Retraining versus General Quadriceps Strengthening on Vasti onset, *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2010, 856-64.
- Bolgia LA, Shaffer SW, Malone TR. Vastus Medialis Activation During Knee Extension Exercises: Evidence for Exercise Prescription. *Journal of Sport Rehabilitation*, 2008, 17, 1-10.
- Boling MC, Bolgia LA, Mattacola CG, Uhl TL, Hosey RG. Outcomes of a weightbearing rehabilitation program for patients diagnosed with patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87(11): 1428-35.
- Cavazzuti L, Merlo A, Orlandi F, Campanini I. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Gait & Posture* 2010, 32 290-295.
- Chester R, Smith TO, Sweeting D, Dixon J, Wood S, Song F. The relative timing of VMO and VL in the aetiology of anterior knee pain: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord* 2008;9:64.
- Chiu JK, Wong Y, Yung P, Ng GY. Effects of quadriceps strengthening on pain, function, and patellofemoral joint contact area in persons with patellofemoral pain. *Am J Phys Med Rehabil* 2012; 91: 98-106.
- Collado H., Fredericson M. Patellofemoral Pain Syndrome. *Clin Sports Med* 2010, 29: 379-398.
- Cowan SM, Bennell KL, Crossley KM, Hodges PW, McConnell J. Physical therapy alters recruitment of the vasti in patellofemoral pain syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2002, 34: 1879-85.
- Fabiana, RG, Fabio, MA., Neri, A. et al. Effects of electrical stimulation of vastus medialis oblique in PFPS patients with patellofemoral pain syndrome: an electromyographic analysis. *Rev Bras Fisioter* 2010, 14(6): 477-82.
- Farahmand F, Akbar M, Jafari A, Foumani MS. A Detailed and Validated Three Dimensional Dynamic Model of patellofemoral joint. *J Biomech Eng* 2012, 134(4): 041005.
- Fukuda TY, Melo WP, Zaffalon BM, et al. Hip posterolateral musculature strengthening in sedentary women with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled clinical trial with 1-year follow-up. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012; 42: 823-30.
- Lin F, Wilson NA, Makhsous M., et al. In vivo patellar tracking induced by individual quadriceps components in individuals with patellofemoral pain. *J Biomech.* 2010, 43: 235-241.
- Manzer, M.H., Zutshi, K., Mandal, P. Response of therapeutic exercise and patellar taping on patella position and pain control in the Patellofemoral pain syndrome. *Indian Journal of Pain* 2013, 27(2): 75-79.
- Mellor R, Hodges P. Motor unit synchronization of the vasti muscles in closed and open chain tasks. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:716-21.
- Neptune RR, Wright. IC, van den Bogert AJ. The influence of orthotic devices and vastus medialis strength and timing on patellofemoral loads during running. *Clinical Biomechanics* 2000, 15: 611-8.
- Pal S, Draper CE, Fredericson M, Gold GE, Delp SL, Beaupre GS, et al. Patellar maltracking correlates with vastus medialis activation delay in patellofemoral pain patients. *Am J Sports Med* 2011, 39: 590-8.
- Salsich GB, Long-Rossi F. Do females with patellofemoral pain have abnormal hip and knee kinematics during gait? *Physiother Theory Pract* 2010; 26: 150-9.
- Sheehan FT, Derasari A, Fine KM, Brindle TJ, Alter KE. Q-angle and J-sign: indicative of maltracking subgroups in patellofemoral pain. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468:266-75.
- Spairani L, Barbero M, Cescon C, et al. An electromyographic study of the vastii muscles during open and closed kinetic chain submaximal isometric exercises. *Int J Sports Phys Ther* 2012; 7: 617-26.
- Voight ML, Wieder DL: Comparative reflex response times of vastus medialis obliquus and vastus lateralis in normal subjects and subjects with

- extensor mechanism dysfunction. An electromyographic study. *Am J Sports Med*, 1991, 19: 131-137.
- Witvrouw E, Callaghan MJ, Stefanik JJ, Noehren B, Bazett-Jones DM, Willson JD, et al. Patellofemoral pain: consensus statement from the 3rd International Patellofemoral Pain Research Retreat held in Vancouver, September 2013. *Br J Sports Med* 2014; 48: 411-414.
- Witvrouw E, Lysen R, Bellemans J, Cambier D, Cools A, Danneels L, Bourgeois J: Which risk factors predict outcome in the treatment program of anterior knee pain? *Scand J Med Sci Sports* 2002, 12:40-46.
- Wong YM, Straub RK, Powers CM. The VMO: VL activation ratio while squatting with hip adduction is influenced by the choice of recording electrode. *J Electromyogr Kinesiol* 2013; 23: 443-7.
- Wong YM. Recording the vastii muscle onset timing as a diagnostic parameter for patellofemoral pain syndrome: fact or fad? *Phys Ther Sport* 2009;10(2): 71-4.