

## تأثیر یک دوره تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی بر اصلاح راستای کشکک و کاهش درد زانو در زنان مبتلا به سندرم درد کشککی رانی

بنفشه محمدی<sup>۱\*</sup>، نادر فرهپور<sup>۲</sup>، مسعود ریاحی سامانی<sup>۳</sup>، میرحسین دزفولیان<sup>۴</sup>، محمدمبین محبوبی<sup>۵</sup>  
<sup>۱</sup>دانشجو، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران؛ <sup>۲</sup>گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران؛ <sup>۳</sup>گروه جراحی استخوان و مفاصل، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران؛ <sup>۴</sup>گروه کامپیوتر، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران؛ <sup>۵</sup>دانشجو، گروه کامپیوتر، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۱۹

### چکیده:

**زمینه و هدف:** بیوفیدبک الکترومیوگرافی به عنوان ابزاری نسبتاً جدید در کمک به رفع اختلالات عملکرد عضلانی مطرح شده است. هدف این پژوهش بررسی اثر یک دوره تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی بر اصلاح راستای کشکک و کاهش درد زانو در زنان مبتلا به سندرم درد کشککی- رانی بود.

**روش بررسی:** این مطالعه از نوع کار آزمایشی بالینی بود، تعداد ۲۲ آزمودنی زن مبتلا به سندرم درد کشککی- رانی به صورت تصادفی به دو گروه ۱۱ نفره تقسیم شدند. گروه اول تحت یک دوره برنامه تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی و گروه دوم نیز تحت یک دوره برنامه تمرینی بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی قرار گرفتند. میزان درد زانو با استفاده از پرسشنامه VAS ارزیابی شد. زوایای سالکوس، کانگرونس و تیلت استخوان کشکک از طریق رادیوگرافی و زاویه Q از طریق ارزیابی کلینیکی اندازه گیری شدند. سپس به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های تی مستقل و زوجی در نرم افزار SPSS استفاده شد.

**یافته ها:** نتایج بعد از درمان نشان دهنده کاهش معنی دار میزان درد زانو، زوایای Q و کانگرونس در هر دو گروه بود ( $P < 0/05$ ). در صورتی که زاویه تیلت فقط در گروه تمرین تقویت عضلانی همراه بیوفیدبک الکترومیوگرافی کاهش معنی داری را نشان داد ( $P < 0/05$ ). در مقایسه بین گروهی، کاهش میزان درد و زاویه Q در گروه تمرینی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی به طور معنی داری بیشتر از گروه تمرین تقویت عضلانی بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی بود.

**نتیجه گیری:** تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی اثر بهتری در کاهش میزان درد و اصلاح هم ترازای راستای زانو دارد. به نظر می رسد ارائه بیوفیدبک الکترومیوگرافی از طریق ایجاد انگیزه بیشتر برای اجرای دقیق تمرینات نسبت به روش تمرین تقویت عضلانی بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی ترجیح داده می شود و می توان آن را به عنوان یک وسیله کمکی برای استفاده در توانبخشی معرفی کرد.

**واژه های کلیدی:** بیوفیدبک الکترومیوگرافی، سندرم درد کشککی- رانی، زاویه Q، زانو.

### مقدمه:

می شوند. شیوع PFPS در زنان به خصوص در سنین ۴۰-۱۸ سال بیشتر از مردان است (۴-۱). این سندرم که ورزشکاران را نیز درگیر می سازد، در اصطلاح به زانوی دوندگان معروف است و شیوع آن در بین دوندگان و

یکی از علل درد زانو که از ناهنجاری های ارتوپدیکی و معضل شایعی است سندرم درد کشککی- رانی (Patella Femoral Pain Syndrome= PFPS) است که حدود ۲۰٪-۴۰٪ از افراد فعال جامعه به آن مبتلا

\*نویسنده مسئول: همدان- دانشگاه بوعلی سینا همدان- گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی- تلفن: ۰۹۱۳۱۳۵۸۹۰

E-mail: [banafsheh.mohammadi@yahoo.com](mailto:banafsheh.mohammadi@yahoo.com)

ندارد. درمان‌های تمرینی بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی شامل: استفاده ترکیبی از سرما و التراسوند، استفاده از یخ، آموزش افراد مبتلا برای اجرای صحیح حرکات، تقویت عضلانی، تحریک الکتریکی عصبی عضلانی، استفاده از زانوبند، نوارهای طبی، دارودرمانی و لیزر می‌باشند، ولی در حال حاضر هنوز یک روش درمان جامع و کلی مشخص نشده است (۲۰، ۱۹).

اخیراً ارائه بیوفیدبک الکترومیوگرافی (Electromyography Biofeedback) هنگام اجرای تمرینات مقاومتی و تقویت عضلانی در کلینیک‌های توانبخشی برای درمان PFPS توصیه شده است.

بیوفیدبک الکترومیوگرافی یک ابزار توانبخشی است که امکان اندازه‌گیری و مشاهده فعالیت عضلانی در زمان واقعی و به صورت Real Time را برای متخصصان بالینی، تمرین دهندگان و افراد مبتلا به اختلالات عضلانی اسکلتی در طی تمرینات فراهم می‌سازد (۲۱، ۲۲). عقیده بر این است که استفاده از روش بیوفیدبک الکترومیوگرافی حین تمرینات تقویتی عضلات چهار سر رانی و برای فعال سازی انتخابی عضلات VMO و VL ممکن است در درمان این سندرم موثر واقع شود (۲۶-۲۳).

اصلاح جابجایی و تیلت طرفی کشکک از طریق افزایش قدرت عضله VMO یکی از اهداف تمرین در PFPS است. تمرینات مرسوم حرکات ارائه شده برای تقویت عضلات چهار سر، هر دو عضله VMO و VL را تقریباً به طور یکسان تقویت می‌کند و ممکن است با اجرای این روش درمانی راستای کشکک تغییری نکند و در نتیجه کاهش درد صورت نپذیرد (۲۵، ۲۷). با استفاده از بیوفیدبک الکترومیوگرافی همزمان با تمرین می‌توان از نحوه فعالیت عضلات، صحت اجرای تمرین و تقویت مناسب عضله انتخابی مطلع شد. همچنین استفاده از بیوفیدبک ممکن است با افزایش انگیزه آزمودنی برای ادامه تمرین همراه باشد (۲۸).

بقیه ورزشکاران استقامتی بالای ۲۵٪ گزارش شده است (۷-۵). در افراد مبتلا به PFPS، درد در جلو و بخش جانبی زانو، پشت کشکک و یا اطراف آن احساس می‌شود و با فعالیت‌هایی از قبیل نشستن طولانی، بالا و پایین رفتن از پله، دویدن، پریدن و اسکات زدن که نیروی فشاری بر روی زانو را افزایش می‌دهند، تشدید می‌شود (۱۰-۸).

اگرچه علت اصلی PFPS هنوز ناشناخته است، اما محققان دو دسته عوامل اصلی شامل عوامل آناتومیکی و بیومکانیکی را با این سندرم مرتبط دانسته‌اند (۱۱). عدم همترازی اندام تحتانی، افزایش زاویه والگوس زانو، افزایش زاویه Q، افزایش تحرک پذیری (Mobility) داخلی خارجی کشکک، سفتی نوار ایلیوتیبیال، کاهش میزان قدرت اکستنسورهای زانو، ضعف عضلات ابداکتور ران و نیز عدم تعادل بین نیروهای عضلات (Vastus medialis oblique = VMO) پهن داخلی و (Vastus Lateralis = VL) پهن خارجی از ناهنجاری‌های آناتومیکی و بیومکانیکی مرتبط با بروز این سندرم شناخته شده‌اند (۱۲، ۱۳).

نشان داده شده که زاویه Q ممکن است در افراد مبتلا به PFPS و درد قدامی زانو در مقایسه با افراد سالم به نسبت ۵۰٪-۳۰٪ افزایش یابد (۱۴). افزایش زاویه Q، کشکک را در جهت خارجی جابجا نموده و با افزایش فشار خلفی کشکک در این افراد سبب ایجاد درد می‌گردد (۱۵). مفهوم تیلت کشکک برای اولین بار به‌عنوان نوعی از عدم همترازی زانو معرفی گردید و برخی محققان از آن به‌عنوان موقعیت استراحتی کشکک یاد می‌کنند (۱۶، ۱۷).

مطالعات آینده نگر نشان داده است که PFPS به‌صورت خودبه‌خود درمان نمی‌شود و علائم ناشی از آن ممکن است بیش از ۲۰ سال باقی بمانند (۱۸). برای درمان این عارضه از روش‌های متفاوتی استفاده می‌شود و هنوز بر روی یک روش خاص توافق همگانی وجود

بیوفیدبک الکترومیوگرافی بر میزان راستای کشکک و درد زانو در افراد مبتلا به PFPS تأثیر دارد یا خیر و آیا بین این روش‌های درمانی تفاوتی وجود دارد؟

### روش بررسی:

مطالعه حاضر از نوع کار آزمایشی بالینی بود. آزمودنی‌های این مطالعه شامل ۲۲ زن مبتلا به PFPS با دامنه سنی (۲۵-۲۰) سال بودند که به صورت داوطلبانه و هدفمند در مطالعه شرکت کردند. پس از همگن‌سازی افراد داوطلب از لحاظ سن، قد و وزن، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه ۱۱ نفره شامل یک گروه تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی (میانگین سنی  $20/8 \pm 1/39$  سال، قد  $163 \pm 4/0$  سانتی متر، وزن  $59/1 \pm 6/65$  کیلوگرم و شاخص توده بدنی  $20/7 \pm 2/03$ ) و یک گروه تمرین تقویت عضلانی به روش بدون ارائه بیوفیدبک الکترومیوگرافی (میانگین سنی  $22/9 \pm 4/9$  سال، قد  $160 \pm 6/0$  سانتی متر، وزن  $56/0 \pm 12/36$  کیلوگرم و شاخص توده بدنی  $21/6 \pm 4/06$ ) تقسیم شدند. پروتکل این تحقیق در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی همدان ( $1392/11/20$ - $5828/35/16$  پ) مورد تصویب قرار گرفت. آزمودنی‌ها پس از اطلاع از کلیه روند آزمون، رضایت خود را برای شرکت در آزمون از طریق امضای فرم رضایت‌نامه کتبی اعلام نمودند.

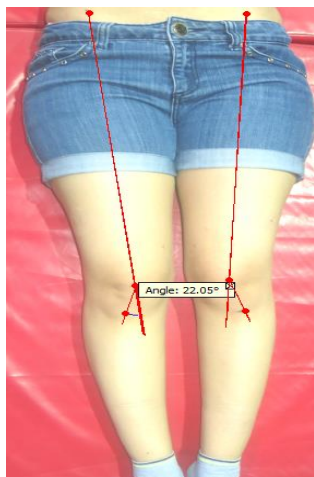
ابتدا آزمودنی‌ها توسط جراح متخصص ارتوپد و از طریق آزمون‌های بالینی PFPS از جمله آزمون کلارک، تست مک کانل و تست فشار و بررسی حرکت کشکک به موقعیت داخل و خارج و درد در حین ایجاد مقاومت در مقابل باز کردن زانوی خم انجام شد ( $33,34$ ). معیارهای ورود به مطالعه شامل: داشتن سابقه درد مزمن در ناحیه قدامی زانوی راست بیش از سه ماه و داشتن حداقل نمره سه بر اساس پرسشنامه (Visual Analog Scale=VAS) ( $24,35,36$ ) و داشتن

گزارش شده است که یک دوره تمرین تقویتی زنجیره بسته به همراه بیوفیدبک الکترومیوگرافی در افراد مبتلا به PFPS به مدت ۶ هفته و ۳ جلسه تمرینی در هر هفته، سبب کاهش میزان درد و افزایش نسبت فعالیت الکترومیوگرافی VMO/VL گردیده است ( $29$ ). نتایج تحقیقات نشان داده است که اثر ۳ هفته تمرین ایزومتریک به همراه بیوفیدبک الکترومیوگرافی بر افراد مبتلا به PFPS سبب کاهش میزان درد شده است ( $30$ ). همچنین اثر ۸ هفته تمرین تقویتی عضلات VMO و تمرین تقویتی گیرنده‌های حسی عمقی در دو گروه با و بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی بر روی ۲۶ فرد مبتلا به PFPS مورد بررسی قرار گرفته است و تغییرات معنی داری در نسبت عضلانی VL/VMO در گروه تمرین همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی گزارش شده است ( $25$ ).

مطالعات انجام شده در زمینه‌ی استفاده از بیوفیدبک الکترومیوگرافی در درمان PFPS دارای محدودیت‌هایی هستند. در غالب این تحقیقات انجام شده با استفاده از بیوفیدبک الکترومیوگرافی، معمولاً اثر کوتاه‌مدت یک یا چند حرکت ویژه بدون تکمیل یک دوره کامل حرکت درمانی به کار گرفته شده است ( $30,31$ ).

بدیهی است اثر کوتاه‌مدت تمرین تقویتی شامل یک یا دو حرکت خاص نمی‌تواند منعکس کننده نقش بیوفیدبک در یک دوره توانبخشی باشد. همچنین در بعضی از تحقیقات تنها بررسی اثر بیوفیدبک الکترومیوگرافی از طریق پرسشنامه سنجیده شده ( $32$ )، درحالی‌که اثر واقعی بیوفیدبک الکترومیوگرافی را باید در یک دوره کامل درمانی و از طریق بررسی‌های دقیق مورد ارزیابی قرارداد. لذا با توجه به موارد ذکر شده محقق در این مطالعه به دنبال پاسخ به این سؤال می‌باشد که آیا یک دوره تمرینات تقویت عضلانی همراه با

لمس دقیق مشخص و علامت گذاری شد (۴۱،۴۰) و با دوربین Digital photographer Canon ISS 110 از آزمودنی عکس برداری گردید. سپس با استفاده از نرم افزار Digimizer 2015 (Image Analysis version 4.5.2) نقاط مشخص شده به هم وصل شده و زاویه بین خط اتصال خار خاصره قدامی فوقانی و مرکز کشکک و خط بین مرکز کشکک و برجستگی درشت نی به عنوان زاویه Q مشخص و به وسیله نرم افزار مشخص و اندازه گیری شد (۴۲) (تصویر شماره ۱). مقادیر نرمال برای زاویه Q در مردان  $14^{\circ}$  -  $10^{\circ}$  و در زنان  $17/5^{\circ}$  -  $14/5^{\circ}$  گزارش شده است (۴۲،۴۱).



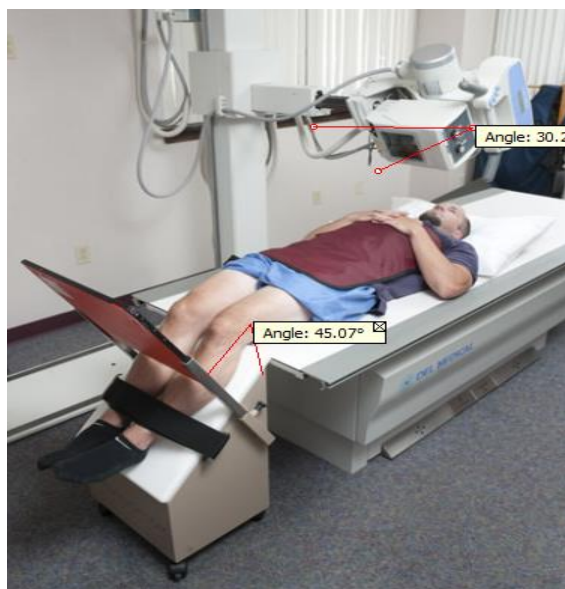
**تصویر شماره ۱:** روش بررسی و اندازه گیری زاویه Q

جهت اندازه گیری زوایای سالکوس، کانگرونس و تیلت استخوان کشکک، رادیوگرافی زانو با استفاده از دستگاه diamond ISO 1996 american در نمای Axial View و با استفاده از تکنیک رادیولوژی Merchant View تهیه شد (تصویر شماره ۲ و ۳). رادیوگرافی همه آزمودنی ها توسط یک رادیولوژیست انجام شد. در تکنیک رادیولوژی Merchant آزمودنی با زاویه فلکشن زانوی ۴۵ درجه روی تخت به پشت دراز می کشید و درحالی که زاویه تیوپ تابش اشعه X-Ray نسبت به صفحه هوریزنتال ۳۰ درجه منفی بود، رادیوگرافی انجام می شد (۴۳). تمامی زوایای حاصل از رادیوگرافی با استفاده از نرم افزار Digimizer محاسبه شد.

درد در حداقل دو فعالیت از فعالیت های بالا رفتن از پله، پایین آمدن از پله، اسکات، نشستن دو زانو، خم کردن بیشتر از ۹۰ درجه زانو برای مدت طولانی، دویدن و پریدن بود (۳۰). در راستای همگن سازی آزمودنی ها، شرط میزان درد در زانوی پای راست به عنوان یکی از ملاک های ورود تعیین شد، افرادی که پای برتر آن ها پای راست بود، انتخاب شدند و افرادی که درد زانوی راست داشتند ولی پای برتر آن ها چپ بود از تحقیق حذف شدند. تست ملاک پای برتر، ضربه به توپ بود (۳۷). همچنین معیارهای خروج از مطالعه عبارت بودند از: داشتن سابقه پاتولوژی زانو به غیر از PFPS، آسیب یا جراحی قبلی زانو، استفاده از داروهای ضدالتهابی، سابقه شرکت در جلسات فیزیوتراپی برای اندام تحتانی در سه ماه گذشته (۲۴،۳۸) و وجود هرگونه اختلال عصبی عضلانی تأثیرگذار بر حرکت فرد. این مطالعه با همکاری کلینیک فوق تخصصی امام رضا (ع) شهرکرد و دانشگاه شهرکرد در تاریخ مهر ماه تا دی ماه سال ۱۳۹۴ اجرا گردید.

میزان درد، زوایای Q، سالکوس، کانگرونس و تیلت در ابتدا و انتهای دوره تمرین تقویت عضلانی به عنوان متغیرهای این مطالعه بر روی پای برتر ارزیابی شدند. میزان درد آزمودنی ها به وسیله پرسشنامه درد (The Visual Analogue Scale= VAS) در ابتدا و انتهای دوره تمرین ارزیابی شد (۳۹). پرسشنامه درد فرم رایجی است که برای بررسی نتایج مطالعات مربوط به سلامتی به کار می رود. این پرسشنامه که اغلب برای اندازه گیری درد استفاده می شود به صورت یک خط ۱۰۰ میلی متری با کلمات مرجع در دو سوی این خط (بدون درد- بیشترین درد ممکن) ارائه می گردد.

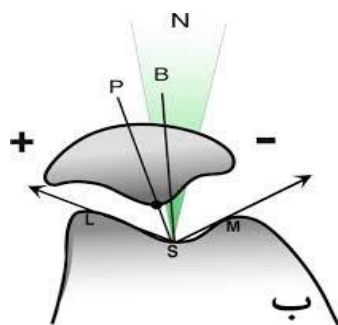
برای اندازه گیری زاویه Q، فرد با پاهای جفت شده، در حالی که زانو در حالت اکستشن کامل و عضلات اطراف آن در حالت استراحت قرار داشتند بر روی زمین به پشت دراز کشید. مرکز کشکک، برجستگی درشت نی و خار خاصره قدامی فوقانی با



**تصویر شماره ۲: روش عکس برداری رادیولوژی Merchant با نمای Axial View**

تیلت کشکک به عنوان زاویه میان خطی که بالاترین نقاط داخلی و خارجی سطوح مفصلی ران را به هم متصل می نمود و خط عبور کننده از پهن ترین قسمت کشکک مورد محاسبه قرار گرفت (تصویر شماره ۳). اندازه گیری این زاویه از سمت داخل مثبت و از سمت خارج منفی است. زاویه  $(\leq +5)$  تیلت خارجی و زاویه  $(\leq -5)$  تیلت داخلی تعریف و حد وسط این دو زاویه به عنوان حالت طبیعی بیان می شود (۴۷،۴۶).

برای محاسبه زاویه کانگرونس از زاویه سالکوس استفاده شد. بدین منظور نیمساز زاویه سالکوس به عنوان خط رفرنس رسم گردید، زاویه بین خط رفرنس و خط جانبی که از زاویه رأس سالکوس به پایین ترین نقطه لبه مفصلی کشکک رسم شد به عنوان زاویه کانگرونس در نظر گرفته شد. در صورتی که خط جانبی در طرف خارج خط رفرنس قرار می گرفت ارزش زاویه مثبت و در صورت قرار گیری در طرف داخل خط رفرنس، ارزش زاویه منفی بود (تصویر شماره ۳). اندازه نرمال این زاویه  $(11 \pm 6)$  گزارش شده است (۴۵-۴۳).



**تصویر شماره ۳: روش بررسی و اندازه گیری**

(الف) زاویه تیلت کشکک؛ (ب) زاویه کانگرونس.

کانادا، نرم افزار BioGraph Infinity Software و سنسورهای از نوع EMG MyoScan-Pro™ Sensor- T9401M-60

برای ارائه بیوفیدبک الکترومیوگرافی از دستگاه ۸ کاناله (ProComp Infinity; Thought Technology) ساخت کشور

شدت فعالیت بیشتر (۵۰٪ MVIC) به دست آمده بود. حرکاتی از قبیل قوس کوتاه چهار سر همراه با چرخش خارجی مفصل ران، صاف و مستقیم بالا بردن پا همراه چرخش خارجی مفصل ران، صاف و مستقیم بالا بردن پا همراه با دورسی فلکشن و چرخش خارجی مفصل ران، تحمل وزن در حرکات یک طرفه (اسکات یک پا (One leg squat)، گام به جلو (Forward step up)، گام به پهلو (Lateral step up)) اسکات نیمه، فلکشن ۴۵ درجه به همراه آداکشن مفصل ران، اسکات به همراه آداکشن مفصل ران استفاده شد (۴۹-۵۳).

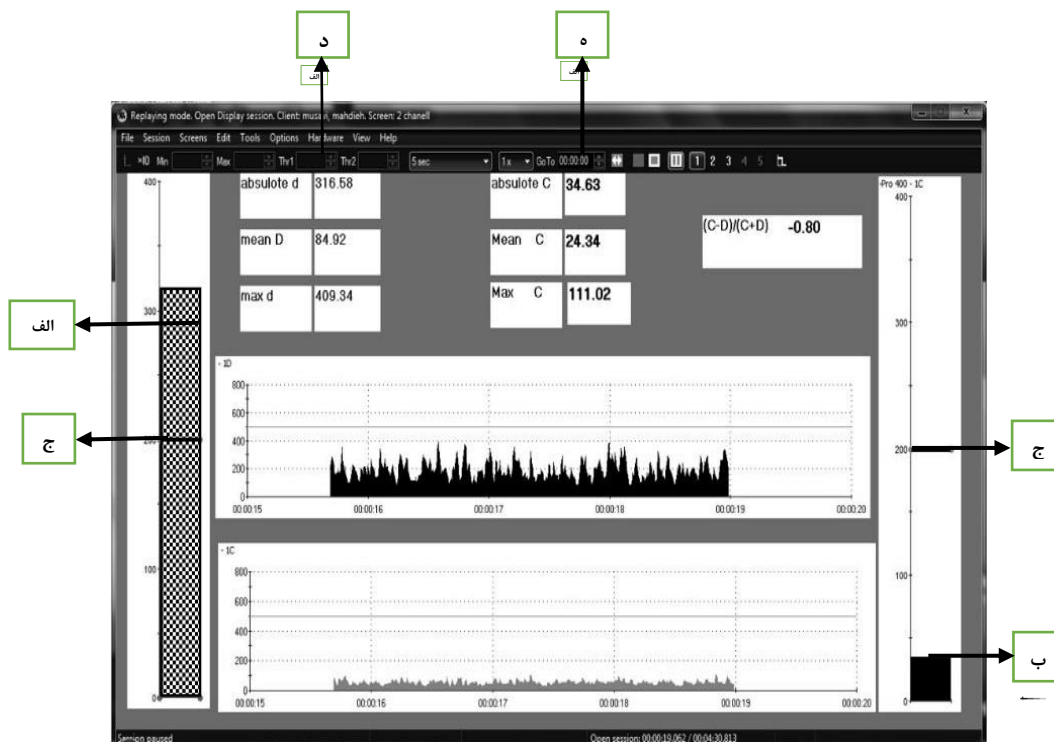
تمرینات تقویت عضلانی در دو گروه به طور کاملاً یکسان انجام شد و تنها تفاوت بین دو گروه دریافت بیوفیدبک بصری در حین تمرین تقویت عضلانی در گروه تمرینی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی بود. در گروه تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی ابتدا الکترودهای بیوفیدبک الکترومیوگرافی بر روی عضلات مورد نظر نصب گردید. الکتروگذارای همه آزمودنی‌ها در کلیه جلسات تمرین توسط یک آزمونگر انجام شد. سپس به آزمودنی‌ها در گروه تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی آموزش داده شد که چگونه از طریق بازخورد بصری که از مانیتور می‌گرفتند، بدن را در بهترین وضعیت و حالت آناتومیکی قرار دهند که بتوانند حرکات توصیه شده را با هدف به حداکثر رساندن شدت فعالیت عضله VMO بالای آستانه ۸۰٪ MVIC و به طور همزمان شدت فعالیت عضله VL در زیر سطح آستانه مشخص شده، انجام دهند (۲۴).

تمرینات تقویت عضلانی از هفته اول با ۳ ست ۱۰ تکرار انقباض ۱۰ ثانیه‌ای و ۲۰ ثانیه استراحت بین حرکات شروع گردید و با توجه به اصل اضافه بار با افزایش تعداد تکرارها و ست‌های تمرینی در پایان دوره تمرینی به ۵ ست با ۳۰ تکرار رسید که در هر دو گروه به‌طور مشابه انجام شد.

استفاده شد. الکترودهای مورد استفاده در این تحقیق الکترودهای سه قطبی کلرید نقره و از نوع T3402M-Triode Electrode با فاصله استاندارد ۲۰ میلی متر بود. سنسور استفاده شده بر اساس Low Sampling Rate و اندازه‌گیری SEMG Root Mean Square (RMS) طراحی شده بود. همچنین امپدانس دستگاه  $1000000 \text{ M}\Omega$  و  $>130 \text{ dB CMRR}$  (Common Mode Rejection Ratio) بود.

برای اندازه‌گیری سیگنال EMG توصیه‌های SENIAM به کار گرفته شد. برای کاهش امپدانس پس از تراشیدن کامل موهای زائد، پوست با پنبه و الکلی طبی ۷۰٪ (ethanol-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) تمیز گردید. الکترودها روی عضلات VMO و VL قرار گرفتند. الکترودهای عضله VMO به صورت مورب و با زاویه ۵۵ درجه بالای شکم عضله و ۴ سانتی متر بالای لبه کشکک و با فاصله ۳ سانتی متر از قسمت داخلی لبه فوقانی کشکک نصب گردید. همچنین الکترودهای VL با زاویه ۱۵ درجه مورب و ۱۰ سانتی متر بالا و ۷ سانتی متر از جانب خارجی از لبه فوقانی کشکک قرار داده شد (۲۵).

برای اجرای برنامه تمرین جهت تقویت عضلات VMO و VL با استفاده از بیوفیدبک الکترومیوگرافی، ابتدا از همه آزمودنی‌ها تست حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک (MVIC) عضلات VMO و VL با ۳ تکرار ۵ ثانیه و ۱۰ ثانیه استراحت بین تکرارها گرفته شد (۴۸). در طی هفته اول تمرینات توصیه شده برای تقویت کلی عضله چهار سر به کار رفت (حرکات کششی و انعطاف‌پذیری جهت گرم کردن بدن، انقباض ایزومتریک چهار سر، بالا بردن صاف و مستقیم پا اسکات، قوس کوتاه چهار سر، لانگز (Lunges)، باز کردن ساق پا) (۳۰). سپس در جلسات بعدی بر اساس نتایج تحقیق انجام شده، تمرینات تقویتی عضله VMO در جهت تصحیح عدم تعادل راستای زانو انجام شد (۲۴). حرکات توصیه شده در تحقیقات، با هدف افزایش فعالیت عضله VMO نسبت به عضله VL و



تصویر شماره ۴: نحوه ارائه فیدبک بصری از فعالیت عضلات با استفاده از دستگاه

### بیوفیدبک الکترومیوگرافی و نرم افزار BioGraph Infiniti Software

الف: سیگنال EMG عضله VMO؛ ب: سیگنال EMG عضله VL؛ ج: سطح آستانه تعیین شده؛ د: میزان فعالیت RMS عضله VMO؛ ه: میزان فعالیت RMS عضله VL.

بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی به همراه دو جلسه تمرین در خانه انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گردید. نرمال بودن توزیع داده‌ها از طریق آزمون شاپیروویلک مورد بررسی قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل‌های آماری از آزمون‌های تی مستقل و زوجی استفاده گردید و سطح معنی داری در این پژوهش ( $P \leq 0.05$ ) در نظر گرفته شد.

### یافته‌ها:

نتایج آزمون شاپیروویلک نشان داد، داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار می‌باشند؛ بنابراین در تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های پارامتریک (آزمون تی زوجی و مستقل) به منظور بررسی تفاوت‌های درون گروهی و بین گروهی استفاده شد (جدول شماره ۱).

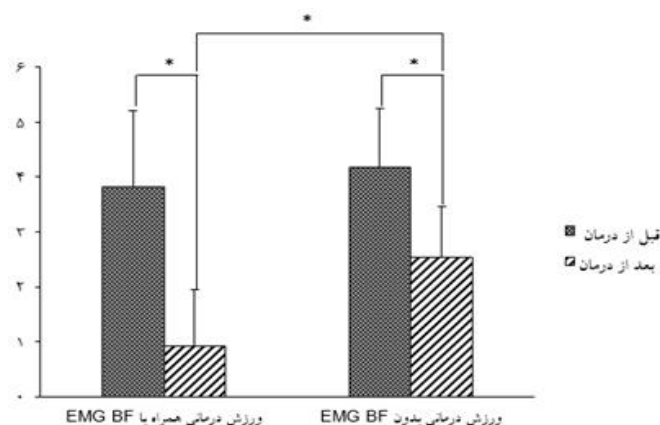
آزمودنی‌ها در حین اجرای فعالیت‌های استاتیک و دینامیک از طریق بیوفیدبک الکترومیوگرافی بازخورد بصری دریافت می‌کردند. برای مشخص نمودن سطح آستانه فعالیت عضلانی از نمودار میله‌ای با دورنگ متفاوت استفاده شد. بدین صورت که پس از عبور فعالیت عضله از سطح آستانه، بازخورد لازم برای فعالیت هر عضله به صورت مستقل از طریق تغییر رنگ نمودار به آزمودنی ارائه می‌گردید (۲۴، ۲۵). تمرینات تقویت عضلانی در حالت‌های آناتومیکی تعیین شده همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی جهت ارائه میزان فعالیت عضلات انتخابی مورد نظر بر اساس سطح آستانه و میزان پیشرفت نسبت به جلسات قبل انجام می‌گردید. تمرین تقویت عضلانی بر طبق یک دوره کامل شش هفته‌ای توانبخشی PFPS و ۳ جلسه در هر هفته به طور یکسان با رعایت اصل اضافه بار برای دو گروه با و

جدول شماره ۱: اندازه‌های آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها

گروه	سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم به مترمربع)
تمرینی همراه با EMG BF	۲۰/۸±۱/۳۹	۱۶۳±۳	۵۹/۱±۶/۶۵	۲۰/۰۳±۲/۰۷
تمرینی بدون EMG BF	۲۲/۹±۴/۹	۱۶۰±۶	۵۶/۰±۱۲/۳۶	۲۱/۶±۴/۰۶
سطح معنی داری ( $P \leq 0/05$ )	۰/۲۱۵	۰/۱۲۶	۰/۲۲۷	۰/۱۲۴

نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که بعد از اتمام پروتکل تمرینی تفاوت معنی‌داری در کاهش میزان درد در هر دو گروه تمرین تقویت عضلانی مشاهده شد. گروه تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی ( $P=0/001$ ) کاهش به میزان ۲/۸۱ نمره و در گروه تمرین تقویت عضلانی بدون بیوفیدبک ( $P=0/002$ ) به میزان ۱/۶۸ نمره بود و همچنین در بررسی میزان تغییرات بین گروهی نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میزان تأثیرات دو گروه تمرینی وجود دارد و تمرینات تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی موثرتر بوده ( $P=0/001$ ) و به میزان ۱/۵ نمره بر میزان کاهش درد در افراد مبتلا به PFPS داشت.

نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که بعد از اتمام پروتکل تمرینی تفاوت معنی‌داری در کاهش میزان درد در هر دو گروه تمرین تقویت عضلانی مشاهده شد. گروه تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی ( $P=0/001$ ) کاهش به میزان ۲/۸۱ نمره و در گروه تمرین تقویت عضلانی بدون بیوفیدبک ( $P=0/002$ ) به میزان ۱/۶۸ نمره بود و همچنین در بررسی میزان تغییرات بین گروهی نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میزان تأثیرات دو گروه تمرین تقویت عضلانی مشاهده شد.



نمودار شماره ۱: مقایسه درد در دو گروه درمان با بیوفیدبک الکترومیوگرافی و گروه تمرینی بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی

\*: اختلاف معنی داری ( $P \leq 0/05$ ).

عضلانی وجود دارد و تمرینات تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی موثرتر بوده ( $P=0/046$ ) و به میزان ۷٪ بر میزان کاهش مقدار زاویه Q در افراد مبتلا به PFPS داشت (جدول شماره ۲).

نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در کاهش مقدار زاویه کانگرونس در هر دو گروه تمرین تقویت عضلانی مشاهده شد. مقدار زاویه کانگرونس در هر دو گروه به طور مشابه به میزان ۳۱٪ بهبود یافت و تفاوت بین گروهی مشاهده نشد.

در بررسی میزان تغییرات درون گروهی نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مقدار زاویه Q قبل و بعد از درمان در هر دو روش تمرین تقویت عضلانی وجود دارد. در گروه تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی ( $P=0/003$ ) کاهش به میزان ۲۶٪ نمره و در گروه تمرین تقویت عضلانی بدون بیوفیدبک ( $P=0/001$ ) به میزان ۱۹٪ نمره بود و همچنین در بررسی میزان تغییرات بین گروهی نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میزان تأثیرات دو گروه تمرین تقویت



در بررسی میزان تغییرات زاویه تیلت در هر دو گروه تمرین تقویت عضلانی، مشاهده شد زاویه تیلت تنها در گروه تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی بعد از درمان به طور معنی داری ( $P=0/012$ ) و به میزان ۸٪ کاهش داشت.

### جدول شماره ۲: میانگین و انحراف استاندارد زوایای Q، کانگرونس و تیلت قبل و بعد از تمرین بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی و تمرین همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی

گروه	نتایج	زاویه Q	زاویه کانگرونس	تیلت کشکک
تمرین بدون EMG BF	قبل از درمان	۲۳/۰۲±۵/۶۱	۱۴/۷۴±۸/۱۶	۱۵/۲۲±۱/۵۸
	بعد از درمان	۱۹/۳±۵/۶۷	۱۰/۱۲±۵/۳۷	۱۶/۲۷±۳/۴۵
	تی	۴/۸۸	۲/۸۶	-۱/۲۹
	سطح معنی داری	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۱۷	۰/۲۲۴
تمرین همراه با EMG BF	قبل از درمان	۱۹/۴۸±۶/۱۹	۱۳/۴۲±۴/۹۷	۱۸/۳۴±۴/۷۲
	بعد از درمان	۱۴/۳۹±۵/۱۲	۹/۲۷±۴/۵۶	۱۶/۷۷±۴/۲۳
	تی	۳/۹۰	۵/۳۸	۳/۰۶
	سطح معنی داری	* ۰/۰۰۳	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۱۲
مقایسه بین گروهی	سطح معنی داری	۰/۰۴۶	۰/۶۹۲	۰/۷۶

\*: سطح معنی داری ( $P \leq 0/05$ ).

### بحث:

بود و تفاوت معنی داری در مقایسه دو روش تمرینی نداشت و در این زمینه با نتایج این مطالعه غیرهمسو بود (۳۲، ۲۹، ۲۴).

بر اساس تحقیقات Raj و همکاران می‌توان چنین تحلیل کرد که پژوهش‌های مختلفی در رابطه با استفاده بیوفیدبک الکترومیوگرافی در افراد مبتلا به PFPS صورت گرفته است ولی به دلیل تفاوت در تعداد آزمودنی، سن، جنس، مدت دوره تمرینی، جای گذاری الکترودها، انواع مداخلات تمرینی، انواع فیدبک‌های استفاده شده، تست‌های ملاک اندازه‌گیری پس از دوره، روش‌های اندازه‌گیری، تست‌های ارزیابی قدرت و در نهایت ارزیابی نتایج در این تحقیقات، نتیجه‌گیری یکسان نیست (۵۶).

هدف اصلی در درمان‌های غیرتهاجمی PFPS تغییر وضعیت کشکک به چیدمان طبیعی‌تر و مطلوب سازی راستای بیومکانیکی کشکک و باز شرطی‌سازی مجموعه

هدف این پژوهش تجزیه و تحلیل اثر یک دوره تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی بر اصلاح راستای کشکک و کاهش درد زانو در زنان مبتلا به PFPS بود. بر اساس نتایج مطالعه حاضر تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی موثرتر از تمرین تقویت عضلانی بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی بود که با نتایج تحقیقات Ng و همکاران، Qi و Ng، Alam، Jain و Kim همسو بود (۵۵، ۵۴، ۲۸، ۲۵).

نتایج پژوهش‌های Dursun و همکاران، Kang و همکاران، Salwa و همکاران بر اثربخشی قبل و بعد از دوره تمرین همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی تأکید داشته و نشان دادند که تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی یکی از روش‌های بهبود در افراد مبتلا به PFPS است، ولی نتایج آن‌ها در دو گروه تمرین با و بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی یکسان

عضلات زانو است (۳۹،۳۶،۱۵) و تقویت گروه عضلات چهار سر رانی و به خصوص تأکید بر تقویت عضله VMO به طور عمومی به عنوان درمان PFPS در نظر گرفته می شود (۴۱،۴۰،۳۵). در بیان مکانیسم های احتمالی اثر این نوع تمرینات می توان بیان کرد که احتمالاً این نوع روش تمرینی استرس وارد بر کشکک را به میزان زیادی کاهش می دهد و با کاهش نیروی عکس العمل وارده از جانب زمین و اندام تحتانی بر زانو، گشتاور والگوسی وارد بر این مفصل نیز کاهش می یابد. از طرفی کاهش این زاویه از طریق کنترل جابجایی جانبی کشکک منجر به اصلاح عدم همترازی زانو شده و از طریق کاهش فشار خلفی و جانبی کشکک و گشتاور وارد بر غضروف مفصلی خطر تخریب غضروف مفصلی و دررفتگی کشکک را کاهش می دهد (۵۷).

در تحقیق حاضر زاویه کانگرونس کشکک بعد از تمرین در هر دو گروه تمرین تقویت عضلانی با و بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی به طور معنی داری کاهش یافت. با این حال مقایسات بین گروهی تفاوت معنی داری را در این زاویه نشان نداد. این نتایج با تحقیق Knight و Ingersoll همسو بود (۵۸). اندازه گیری های رادیوگرافی زاویه کانگرونس کشکک نشان می دهد که این زاویه در افراد مبتلا به PFPS بزرگتر از افراد سالم است (۶۰،۵۹،۴۳). تحقیقات نشان می دهد که زاویه کانگرونس کشکک به عنوان اندازه ای از جابجایی کشکک در نظر گرفته می شود و یکی از شاخص های عدم همترازی که منجر به نیمه دررفتگی مفصل کشککی رانی است، در نظر گرفته می شود (۶۱،۵۸،۱۶).

Jan و همکاران گزارش کرد که زاویه کانگرونس کشکک به طور معنی داری در آزمودنی هایی که پس از تمرین تقویت عضلانی بدون درد بودند کاهش یافت، در حالی که تفاوت معنی داری در آزمودنی هایی که پس از تمرین تقویت عضلانی هنوز درد داشتند مشاهده نگردید (۶۱). همچنین گزارش شده است که افزایش زاویه کانگرونس کشکک منجر به ناپایداری کشکک و

تیلت به سمت جانب و یا هر دو می گردد و احتمال وقوع در رفتگی داخلی را افزایش می دهد که معمولاً با انتقال داخلی بیش از حد برجستگی درشت نی همراه خواهد بود (۶۲). در این مطالعه تمرین تقویت عضلانی با و بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی سبب کاهش زاویه کانگرونس گردید. بر این اساس می توان نتیجه گرفت که تمرین تقویت عضلانی منجر به اصلاح عدم همترازی و نیمه در رفتگی مفصل کشککی رانی شده و از این راه سبب بهبود PFPS شده است. به علاوه، کاهش این زاویه از تیلت جانبی بیش از حد کشکک جلوگیری نموده و احتمال وقوع نیمه در رفتگی را در افراد مبتلا به PFPS کاهش می دهد. هنگامی که عدم همترازی زانو سبب درد مزمن می شود، احتمال آسیب در سطوح مفصلی وجود دارد که این شرایط معمولاً در سطوح مفصلی جانبی و بخش مرکزی و دور از تنه کشکک رخ می دهد (۶۳)؛ بنابراین اصلاح عدم همترازی مفصل کشککی- رانی متعاقب تمرین تقویت عضلانی با و بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی می تواند سبب کاهش درد شده و آسیب های وارده بر سطوح مفصلی را کاهش دهد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که زاویه تیلت کشکک بعد از درمان در گروه تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی کاهش معنی داری یافت. این نتایج با یافته های McCarthy و Strickland که تمرینات خاص هدف گذاری شده بر زانو مانند افزایش قدرت چهار سر، افزایش انعطاف همسترینگ و چهار سر، کشش دستی، رتیناکولار جانبی در اصلاح راستای تیلت کشکک را برای بهبود درد قدامی زانو مفید دانسته بودند، همسو بود (۶۷-۶۴). با این حال تحقیقی که به بررسی اثر تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی بر اصلاح راستای زانو از طریق اصلاح تیلت کشکک پرداخته باشد، یافت نگردید و به همین دلیل امکان مقایسه نتایج وجود نداشت.

افزایش تیلت جانبی کشکک موجب افزایش فشار تماسی مفصلی، باریکی فضای مفصلی و ناپایداری

ایستای کشکک شده و با پیشرفت عارضه و روند افزایش شدت درد در ارتباط است (۶۹،۶۸،۱۷). همچنین به عنوان علامتی برای افزایش فشار جانبی مفصل کشککی رانی در نظر گرفته می‌شود (۷۱،۷۰). به نظر می‌رسد تیلت کشکک احتمالاً از طریق انتشار نابجای نیرو در مفصل کشککی رانی سبب درد می‌شود. Grelsamer نشان داد که اگر کشکک در حالت تیلت قرار بگیرد، تنش‌های دردناک مفصل کشککی رانی افزایش می‌یابد (۶۰). Leshner و همکاران در تحقیقی به بررسی قوانین پیش‌بینی کلینیکی برای دسته‌بندی افراد مبتلا به PFPS که به درمان نوار طبی پاسخ داده بودند پرداختند و تیلت کشکک را به عنوان یکی از پیش‌بینی کننده‌های کلیدی موفقیت درمان در تحقیق خود در نظر گرفتند (۷۲). بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که کاهش تیلت جانبی کشکک ناشی از تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی می‌تواند سبب کاهش فشار تماسی، باریکی فضای مفصل کشککی رانی و ناپایداری ایستای کشکک شده و ضمن کاهش فشار جانبی وارد بر این مفصل سبب کاهش درد و بهبود PFPS گردد.

نتایج پرسشنامه درد کاهش درد را در گروه تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی به میزان دو برابر گروه تمرین تقویت عضلانی بدون بیوفیدبک نشان داد. از طرفی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که زاویه تیلت کشکک بعد از درمان در گروه تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی کاهش معنی داری یافت. درحالی‌که در گروه تمرین تقویت عضلانی بدون بیوفیدبک معنی دار نبود. با توجه به ارتباط میان افزایش تیلت کشکک و پیشرفت عارضه و شدت درد می‌توان چنین نتیجه گرفت که احتمالاً یکی از علل کاهش حدوداً دو برابری درد در گروه تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی نسبت به گروه تمرین تقویت عضلانی بدون بیوفیدبک به دلیل کاهش تیلت در این گروه بوده است.

هرچند نتایج این تحقیق با تحقیق گذشته که تأثیر تمرینات توانبخشی و کاهش تیلت، چرخش و نیمه

دررفتگی کشکک را با استفاده از نوار طبی مورد بررسی قرار داده بودند، غیرهمسو بود که این غیرهمسویی ممکن است، به دلیل استفاده آنی از نوارهای طبی بوده باشد (۷۳). همان‌گونه که پیشتر اشاره گردید PFPS یک ماهیت چندعاملی دارد و به همین سبب کنترل هر یک از عوامل درگیر در این سندروم به بهبود آن و کاهش درد کمک خواهد نمود (۵،۷۴). با توجه به معنی داری نتایج بررسی زوایای Q، تیلت و کانگرونس در قبل و بعد از تمرین تقویت عضلانی و همچنین تفاوت معنی دار زوایای Q و تیلت میان گروه تمرین تقویت عضلانی با بیوفیدبک الکترومیوگرافی و گروه تمرین تقویت عضلانی بدون بیوفیدبک الکترومیوگرافی و نظر به رابطه و اثر این ۳ متغیر بر یکدیگر می‌توان نتیجه گرفت، نه تنها کنترل هر یک از این متغیرها سبب کاهش درد می‌گردد بلکه تلاش برای کنترل همزمان این عوامل تأثیرات بهتری را بر جای خواهد گذاشت. تفاوت معنی دار نتایج پرسشنامه درد میان گروه تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی و گروه تمرین تقویت عضلانی بدون بیوفیدبک نیز موید این مطلب می‌باشد.

### نتیجه‌گیری:

یافته‌های این پژوهش نشان داد که عملکرد عضلات چهار سر و به‌خصوص VMO بر اثر تمرینات تقویتی با بیوفیدبک الکترومیوگرافی بهبود یافت و متعاقب آن میانگین زوایای تیلت، کانگرونس و Q کاهش یافت. کاهش این زوایا به معنای اثربخشی تمرین تقویت عضلانی و بهبود عارضه و اثرات مثبت درمان است. این کاهش به دلیل تقویت عضله VMO و کمک به کاهش عدم همترازی کشکک و اصلاح راستای کشکک بوده و اثربخشی تمرین تقویت عضلانی همراه با بیوفیدبک الکترومیوگرافی را نشان می‌دهد و می‌تواند کاهش درد و عملکرد و اصلاح راستا افراد مبتلا به PFPS باشد؛ بنابراین می‌توان بیان کرد بیوفیدبک الکترومیوگرافی یک ابزار توانبخشی است که توانایی

### تشکر و قدردانی:

این مقاله بخشی از نتایج پایان نامه دکتری نویسنده اول با کد طرح ۱۲۷۲۹۹۳ و زمان تصویب ۹۳/۶/۱۶ است. مولفین از همه همکاران در این مطالعه و از پرسنل بخش رادیولوژی کلینیک فوق تخصصی امام رضا (ع) شهرکرد، اداره تربیت بدنی دانشگاه شهرکرد و همچنین از تمام کسانی که در انجام این پژوهش همکاری صمیمانه‌ای داشتند، قدردانی می‌نمایند.

اندازه‌گیری و مشاهده فعالیت عضلانی را در زمان واقعی برای آزمودنی‌ها و متخصصین بالینی در طی تمرینات توانبخشی فراهم می‌کند. این ابزار ممکن است فرصت‌هایی برای بهبود دقت در حین انجام وظایف عملکردی، علاوه بر افزایش انگیزه آزمودنی‌ها در مشارکت برنامه توانبخشی ایجاد کرده و باعث کاهش نیاز به تماس با متخصصان سلامت برای نظارت بر اجرای برنامه‌های توانبخشی را ایجاد کند.

### منابع:

1. Van Linschoten R, Van Middelkoop M, Berger MY, Heintjes EM, Verhaar JA, Willemsen SP, et al. Supervised exercise therapy versus usual care for patellofemoral pain syndrome: An open label randomised controlled trial. *BMJ*. 2009; 339: b4074.
2. Boling M, Padua D, Marshall S, Guskiewicz K, Pyne S, Beutler A. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. *Scand J Med Sci Sports*. 2010; 20(5): 725-30.
3. Earl JE, Vetter CS. Patellofemoral pain. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2007; 18(3): 439-58.
4. Arti H, Fakoor M. Evaluation of correlation between Q-angle and anterior knee pain. *J Shahrekord Univ Med Sci*. 2012; 14(1): 11-9.
5. Papadopoulos K, Stasinopoulos D, Ganchev D. A systematic review of reviews in patellofemoral pain syndrome. Exploring the risk factors, diagnostic tests, outcome measurements and exercise treatment. *Open Sports Med J*. 2015; 9(1): 59-64.
6. Biber R, Gregory A. Overuse injuries in youth sports: Is there such a thing as too much sports? *J Pediatr Ann*. 2010; 39(5): 286-92.
7. Shafipour A, Shojaedin S. The comparison of knee joint position sense in soccer player, volleyball player and non-athlete men. *J Shahrekord Univ Med Sci*. 2014; 16(3): 33-42.
8. Wilson T. The measurement of patellar alignment in patellofemoral pain syndrome: Are we confusing assumptions with evidence? *J Orthop Sports Phys Ther*. 2007; 37(6): 330-41.
9. Barton CJ, Webster KE, Menz HB. Evaluation of the scope and quality of systematic reviews on nonpharmacological conservative treatment for patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2008; 38(9): 529-41.
10. Wilson T, Carter N, Thomas G. A multicenter, single-masked study of medial, neutral, and lateral patellar taping in individuals with patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003; 33(8): 437-43.
11. Bizzini M, Childs JD, Piva SR, Delitto A. Systematic review of the quality of randomized controlled trials for patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003; 33(1): 4-20.
12. Van Tiggelen D, Cowan S, Coorevits P, Duvigneaud N, Witvrouw E. Delayed vastus medialis obliquus to vastus lateralis onset timing contributes to the development of patellofemoral pain in previously healthy men: a prospective study. *Am J Sports Med*. 2009; 37(6): 1099-105.
13. Luhmann SJ, Schoenecker PL, Dobbs MB, Eric Gordon J. Adolescent patellofemoral pain: implicating the medial patellofemoral ligament as the main pain generator. *J Child Orthop*. 2008; 2(4): 269-77.
14. Emami MJ, Ghahramani MH, Abdinejad F, Namazi H. Q-angle: An invaluable parameter for evaluation of anterior knee pain. *Arch Iran Med*. 2007; 10(1): 24-6.
15. Herrington L, Nester C. Q-angle undervalued? The relationship between Q-angle and medio-lateral position of the patella. *Clin Biomech*. 2004; 19(10): 1070-3.
16. Mirza Toluei F, Afshar A, Salarilak S, Sina A. CT patellar cortex tilt angle: A radiological method to measure patellar tilt. *Iran J Radiol*. 2005; 3(1): 17-21.

17. Wong YM, Chan ST, Tang KW, Ng GY. Two modes of weight training programs and patellar stabilization. *J Athl Train.* 2009; 44(3): 264-71.
18. Nimon G, Murray D, Sandow M, Goodfellow J. Natural history of anterior knee pain: A 14- to 20-year follow-up of nonoperative management. *J Pediatr Orthop.* 1998; 18(1): 118-22.
19. Lake DA, Wofford NH. Effect of therapeutic modalities on patients with patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *Sports Health.* 2011; 3(2): 182-9.
20. Clijisen R, Fuchs J, Taeymans J. Effectiveness of exercise therapy in treatment of patients with patellofemoral pain syndrome: Systematic review and meta-analysis. *Phys Ther.* 2014; 94(12): 1697-708.
21. Bhatt A, Khan MH. Preferential vastus medialis oblique activation and its effectiveness in patellofemoral pain syndrome: A review of literature-an update. *Saudi J Sport Med.* 2015; 15(2): 117.
22. Silkman C, McKeon J. The effectiveness of electromyographic biofeedback supplementation during knee rehabilitation after injury. *J Sport Rehabil.* 2010; 19(3): 343-51.
23. Angoules AG, Balakatounis KC, Panagiotopoulou KA, Mavrogenis AF, Mitsiokapa EA, Papagelopoulos PJ. Effectiveness of electromyographic biofeedback in the treatment of musculoskeletal pain. *Orthopedics.* 2008; 31(10): 66-9.
24. Dursun N, Dursun E, Kilic Z. Electromyographic biofeedback-controlled exercise versus conservative care for patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001; 82(12): 1692-5.
25. Ng GY, Zhang AQ, Li CK. Biofeedback exercise improved the EMG activity ratio of the medial and lateral vasti muscles in subjects with patellofemoral pain syndrome. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008; 18(1): 128-33.
26. Yip SL, Ng GY. Biofeedback supplementation to physiotherapy exercise programme for rehabilitation of patellofemoral pain syndrome: A randomized controlled pilot study. *Clin Rehabil.* 2006; 20(12): 1050-7.
27. Choi B, Kim M, Jeon HS. The effects of an isometric knee extension with hip adduction (KEWHA) exercise on selective VMO muscle strengthening. *J Electromyogr Kinesiol.* 2011; 21(6): 1011-6.
28. Qi Z, Ng G. EMG analysis of vastus medialis obliquus/vastus lateralis activities in subjects with patellofemoral pain syndrome before and after a home exercise program. *J Phys Ther Sci.* 2007; 19(2): 131-7.
29. Kang J-Y, Kim T-G, Kim K-Y. The effects of closed kinetic chain exercise using EMG biofeedback on PFPS patients pain and muscle functions. *Int J Biosci Biotechnol.* 2014; 6(3): 55-62.
30. Alam M, Jain A. Efficacy of electromyographic biofeedback strength training on quadriceps femoris muscles in patellofemoral pain syndrome. *J Adv Sci Res.* 2012; 3(3): 22-6.
31. Pietrosimone B, McLeod MM, Florea D, Gribble PA, Tevald MA. Immediate increases in quadriceps corticomotor excitability during an electromyography biofeedback intervention. *J Electromyogr Kinesiol.* 2015; 25(2): 316-22.
32. Salwa F, El Majeed AA, Shohda EES. Biofeedback Training for Treating Patellofemoral Pain. *JBull Fac Ph Th Cairo Univ.* 2006; 11(2): 55-8.
33. Ferrari D, Kuriki HU, Silva CR, Alves N, Micolis de Azevedo F. Diagnostic accuracy of the electromyography parameters associated with anterior knee pain in the diagnosis of patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014; 95(8): 1521-6.
34. Briani RV, Silva Dde O, Pazzinatto MF, Albuquerque CE, Ferrari D, Aragao FA, et al. Comparison of frequency and time domain electromyography parameters in women with patellofemoral pain. *Clin Biomech.* 2015; 30(3): 302-7.
35. Nejati P, Forogh B, Moeineddin R, Baradaran HR, Nejati M. Patellofemoral pain syndrome in Iranian female athletes. *Acta Med Iran.* 2011; 49(3): 169-72.
36. Cheung RT, Ngai SP, Lam PL, Chiu JK, Fung EY. Chinese translation and validation of the Kujala scale for patients with patellofemoral pain. *Disabil Rehabil.* 2012; 34(6): 510-3.
37. Pietrosimone BG, Park CM, Gribble PA, Pfile KR, Tevald MA. Inter-limb differences in quadriceps strength and volitional activation. *J Sports Sci.* 2012; 30(5): 471-7.

38. Alam M, Jain A. Efficacy of electromyographic biofeedback strength training on quadriceps femoris muscles in patellofemoral pain syndrome. *J Adv Space Res.* 2012; 3(3): 27-9.
39. Silva Dde O, Briani RV, Pazzinatto MF, Goncalves AV, Ferrari D, Aragao FA, et al. Q-angle static or dynamic measurements, which is the best choice for patellofemoral pain? *Clin Biomech.* 2015; 30(10): 1083-7.
40. Elias DA, White LM. Imaging of patellofemoral disorders. *Clin Radiol.* 2004; 59(7): 543-57.
41. Greene CC, Edwards TB, Wade MR, Carson EW. Reliability of the quadriceps angle measurement. *Am J Knee Surg.* 2001; 14(2): 97-103.
42. Herrington L. Does the change in Q angle magnitude in unilateral stance differ when comparing asymptomatic individuals to those with patellofemoral pain? *J Phys Ther Sport.* 2013; 14(2): 94-7.
43. Merchant AC. Patellofemoral imaging. *Clin Orthop Relat Res.* 2001; 38(9): 15-21.
44. Ishikawa M, Adachi N, Deie M, Nakamae A, Nakasa T, Kamei G, et al. Unique patellofemoral alignment in a patient with a symptomatic bipartite patella. *Knee.* 2016; 23(1): 127-32.
45. Nord A, Agel J, Arendt EA. Axial knee radiographs: Consistency across clinic sites. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014; 22(10): 2401-7.
46. Drez D, Jr., Edwards TB, Williams CS. Results of medial patellofemoral ligament reconstruction in the treatment of patellar dislocation. *Arthroscopy.* 2001; 17(3): 298-306.
47. Ji HM, Ha YC, Baek JH, Ko YB. Advantage of minimal anterior knee pain and long-term survivorship of cemented single radius posterior-stabilized total knee arthroplasty without patella resurfacing. *Clin Orthop Surg.* 2015; 7(1): 54-61.
48. Boling MC, Bolgla LA, Mattacola CG, Uhl TL, Hosey RG. Outcomes of a weight-bearing rehabilitation program for patients diagnosed with patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006; 87(11): 1428-35.
49. Choi S-A, Cynn H-S, Yoon T-L, Choi W-J, Lee J-H. Effects of ankle dorsiflexion on vastus medialis oblique and vastus lateralis muscle activity during straight leg raise exercise with hip external rotation in patellofemoral pain syndrome. *J Musculoskel Pain.* 2014; 22(3): 260-7.
50. Kushion D, Rheume J, Kopchitz K, Glass S, Alderink G, Jinn JH. EMG activation of the vastus medialis oblique and vastus lateralis during four rehabilitative exercises. *Open Rehabil J.* 2012; 33(9): 87-9.
51. Ayotte NW, Stetts DM, Keenan G, Greenway EH. Electromyographical analysis of selected lower extremity muscles during 5 unilateral weight-bearing exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007; 37(2): 48-55.
52. Sykes K, Wong YM. Electrical activity of vastus medialis oblique muscle in straight leg raise exercise with different angles of hip rotation. *J Physiother* 2003; 89(7): 423-30.
53. Rezazade F, Rajabi R, Karimi N, Valizadeh A, Mahmoodpoor A. Electromyographic activity of the vastus medialis obliques and vastus lateralis longus muscles during squat with isometric hip adduction in athletes with patellofemoral pain syndrome and healthy athletes. *J Gorgan Univ Med Sci.* 2012; 14(1): 66-74.
54. Alam M, Jain A. Efficacy of Electromyographic Biofeedback Strength Training on Quadriceps Femoris Muscles In Patellofemoral Pain Syndrome. *J Adv Sci Res.* 2012; 3(3): 31-9.
55. Kim JH. Effects of EMG-Biofeedback Using Closed Kinetic Chain Exercise on Q-angle and Quadriceps Muscle Activation in Patellofemoral Pain Syndrome. *J Korean Phys Ther.* 2016; 28(2): 65-70.
56. Raj NB, Shokri AB, Hashim HA, Saha S, Ismail MBS, Liza CM, et al. Effectiveness of electromyography biofeedback in common knee disorders: A review. *Int J Pharma Bio Sci.* 2015; 2(4): 66-70.
57. Messier SP, Legault C, Schoenlank CR, Newman JJ, Martin DF, De Vita P. Risk factors and mechanisms of knee injury in runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40(11): 1873-9.
58. Ingersoll CD, Knight KL. Patellar location changes following EMG biofeedback or progressive resistive exercises. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23(10): 1122-7.
59. Lin YF, Lin JJ, Cheng CK, Lin DH, Jan MH. Association between sonographic morphology of vastus medialis obliquus and patellar alignment in patients with patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008; 38(4): 196-202.

60. Grelsamer RP. Patellar malalignment. *J Bone Joint Surg Am.* 2000; 82-A(11): 1639-50.
61. Jan MH, Lin DH, Lin CH, Lin YF, Cheng CK. The effects of quadriceps contraction on different patellofemoral alignment subtypes: An axial computed tomography study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009; 39(4): 264-9.
62. Merchant AC. Radiography of the patellofemoral joint. *Operat Tech Sports Med.* 1999; 7(2): 59-64.
63. Fulkerson JP. Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. *Am J Sports Med.* 2002; 30(3): 447-56.
64. Mc CJ. The management of chondromalacia patellae: A long term solution. *Aust J Physiother.* 1986; 32(4): 215-23.
65. McCarthy MM, Strickland SM. Patellofemoral pain: An update on diagnostic and treatment options. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2013; 6(2): 188-94.
66. Bennell K, Duncan M, Cowan S, McConnell J, Hodges P, Crossley K. Effects of vastus medialis oblique retraining versus general quadriceps strengthening on vasti onset. *Med Sci Sports Exerc.* 2010; 42(5): 856-64.
67. McConnell J. The physical therapist's approach to patellofemoral disorders. *Clin Sports Med.* 2002; 21(3): 363-87.
68. Wu CC, Shih CH. The influence of iliotibial tract on patellar tracking. *Orthopedics.* 2004; 27(2): 199-203.
69. Hunter DJ, Zhang YQ, Niu JB, Felson DT, Kwoh K, Newman A, et al. Patella malalignment, pain and patellofemoral progression: the Health ABC Study. *Osteoarthritis Cartilage.* 2007; 15(10): 1120-7.
70. Fithian DC, Nomura E, Arendt E. Anatomy of patellar dislocation. *J Oper Tech Sports Med.* 2001; 9(3): 102-11.
71. Fithian DC, Paxton EW, Cohen AB. Indications in the treatment of patellar instability. *J Knee Surg.* 2004; 17(1): 47-56.
72. Leshner JD, Sutlive TG, Miller GA, Chine NJ, Garber MB, Wainner RS. Development of a clinical prediction rule for classifying patients with patellofemoral pain syndrome who respond to patellar taping. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006; 36(11): 854-66.
73. Herrington L. The effect of patella taping on quadriceps strength and functional performance in normal subjects. *J Phys Ther Sport.* 2004; 5(1): 33-6.
74. Lankhorst NE, Bierma-Zeinstra SM, van Middelkoop M. Factors associated with patellofemoral pain syndrome: A systematic review. *Br J Sports Med.* 2013; 47(4): 193-206.

## The effects of a strengthening exercise program with EMG biofeedback to correct patellar alignment and reduce knee pain in women with patellofemoral pain syndrome

Mohammadi B<sup>1\*</sup>, Farahpour N<sup>2</sup>, Riahi Samani M<sup>3</sup>, Dezfoulian MH<sup>4</sup>, Mahboobi MA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Student, Physical Education and Sport Sciences Dept., Bu-Ali Sina University, Hamedan, I.R. Iran; <sup>2</sup>Physical Education and Sport Sciences Dept., Bu-Ali Sina University, Hamedan, I.R. Iran; <sup>3</sup>Orthopedics Surgery Dept., Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran; <sup>4</sup>Computer Engineering Dept., Bu-Ali Sina University, Hamedan, I.R. Iran; <sup>5</sup>Student, Computer Engineering Dept., Bu-Ali Sina University, Hamedan, I.R. Iran.

Received: 9/Sep/2016 Accepted: 11/Jan/2017

**Background and aims:** EMG biofeedback as a relatively new tool in helping to relieve muscle dysfunction has been proposed. The aim of this study was to investigate the effects of a strengthening exercise program with electromyographical biofeedback on the alignment corrections of the patella and the knee pain in patients with patella-femoral pain syndrome.

**Methods:** This research was a clinical trials study. 22 participants with patella-femoral pain syndrome were randomly divided into two equal groups (n=11). The first group underwent a strengthening exercise program with biofeedback electromyography. The second group also received a strengthening exercise program without biofeedback electromyography. Using VAS questionnaire, the knee pain was assessed. Radiography technique was also applied to evaluate the knee alignments including Sulcus, congruence and tilt angles and Q angle assessed by clinical tests. Pair t-test and Independent t-test with SPSS were used for statistical analysis.

**Results:** The results showed that the knee pain, congruence and Q angle had significant decrease after the therapy in both groups (P<0.05). However, the patellar tilt displayed a significant decrease only in the strengthening exercise program in the biofeedback electromyography group (P<0.05). In between group comparisons, pain and Q angle reduction after strengthening exercise program with biofeedback electromyography group was significantly more than strengthening exercise program without biofeedback electromyography group (P<0.05).

**Conclusion:** Muscular strengthening exercise with electromyographical biofeedback displayed a better treatment outcome for pain reduction and correction of knee alignment. It seems that the provision of electromyographic biofeedback be preferred in comparison with the muscular strength training method without electromyographic biofeedback by creating more motivation for performing the exercises precisely and it can be used as a supportive tool in rehabilitation.

**Keywords:** Biofeedback electromyography, Patella-femoral pain syndrome, Q angle, Knee.

**Cite this article as:** Mohammadi B, Farahpour N, Riahi Samani M, Dezfoulian MH, Mahboobi MA. The effects of a strengthening exercise program with EMG biofeedback to correct patellar alignment and to reduce knee pain in women with patellofemoral pain syndrome. J Shahrekord Univ Med Sci. 2018; 19(6): 57-72.

**\*Corresponding author:**

Physical Education and Sport Sciences Dept., Bu-Ali Sina University, Hamedan, I.R. Iran.  
Tel: 00989131835890, E-mail: banafsheh.mohammadi@yahoo.com