The Effect of PNF Stretching and Lower Extremity Strengthening Programs on Knee Joint Range of Before and After Local Fatigue of the Quadriceps Muscle in Male Athletes with Patellofemoral Pain Syndrome

Rostamizalani F[1], Sahebozamani M[2], Daneshjoo AH[3], Zareei M[4]

1- Ph.D Student, Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sports Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2- Full Professor, Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sports Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3- Associate Professor, Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sports Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3- Associate Professor, Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sports Science, Shahid Beheshti University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2024.04.13 Accepted: 2024.05.21

Abstract

Purpose: Patellofemoral pain syndrome (PFPS) leads to a decrease in the range of motion and strength of the knee muscles. The aim of this study was to investigate the effect of PNF stretching exercises and lower extremity strengthening on knee range of motion and quadriceps muscle strength before and after local quadriceps fatigue in male athletes with PFPS.

Methods: 24 male athletes (20-30 years old) with PFPS from Tehran were randomly divided into two groups of PNF stretching exercises (12 people) and strengthening exercises (12 people). Two groups trained for 8 weeks, 3 sessions a week for 60 minutes. The range of motion of the knee and the strength of the quadriceps were measured before and after each training session (at each testing session and after harvesting) using a digital electro goniometer (accuracy: 0.1 degrees) and Biodex isokinetic dynamometer. The data were analyzed using ANOVA with a significance level of $P<0.05$

Results: The exercise program significantly improved the range of motion of the knee in the extension movement (ES=0.75 and $p<0.05$). A significant difference was observed between the measurements before and after the test (ES=0.75). The range of motion of the knee in the extension movement increased by 16% in the stretching group and 11% in the strengthening group after 8 weeks. Also, the exercise program significantly increased the strength of quadriceps muscles (ES=0.65 and $p<0.05$). The comparison and post-test showed a significant difference (ES=0.75). After 8 weeks, quadriceps strength increased by 19% in the stretching group and 12% in the strengthening group

Conclusion: Both training programs were exercises, but PNF stretching exercises were better than strengthening exercises in improving knee range of motion and knee strength in athletes with PFPS. Future research should examine the effectiveness of these interventions in female athletes.

Keywords: Patellofemoral Pain, Anterior Knee Pain, Therapeutic Exercise

Corresponding Author: Rostamizalani F

Email: f.rostami1010@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1417-8881

Copyright © 2023 Mashhad University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

► **Please cite this article as:** Rostamizalani F, Sahebozamani M, Daneshjoo AH, Zareei M. The Effect of PNF Stretching and Lower Extremity Strengthening Programs on Knee Joint Range of Before and After Local Fatigue of the Quadriceps Muscle in Male Athletes with Patellofemoral Pain Syndrome. **JPSR** 2024; 13(4): 64-74.
DOI: 10.22038/JPSR.2025.79288.2612.

اثر دو برنامه‌ی کششی PNF و تقویتی اندام تحتانی بر دامنه‌حرکتی و قدرت عضلات مفصل زانو قبل و بعد از خستگی موضعی عضله‌ی چهارسر رانی در مردان ورزشکار مبتلا به درد کشککی-رانی

فاروق رستمی‌ذلانی[۱]، منصور صاحب‌الزمانی[۲]، عبدالحمید دانشجو[۳]، مصطفی زارعی[۴]

هدف: درد کشککی-رانی (Patellofemoral Pain Syndrome; PFPS) منجر به کاهش دامنه حرکتی و قدرت عضلات زانو می‌شود. هدف این مطالعه بررسی اثر تمرینات کششی PNF (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation) و تقویتی اندام تحتانی بر دامنه حرکتی زانو و قدرت عضلات چهارسر رانی قبل و بعد از خستگی موضعی عضله چهارسر رانی در مردان ورزشکار مبتلا به PFPS بود.

روش بررسی: تعداد ۲۴ ورزشکار مرد (۲۰-۳۰ ساله) مبتلا به PFPS از شهر تهران به طور تصادفی به دو گروه تمرینات کششی PNF (۱۲ نفر) و تقویتی (۱۲ نفر) تقسیم شدند. دو گروه به مدت ۸ هفته، ۳ جلسه در هفته به مدت ۶۰ دقیقه تمرین کردند. دامنه حرکتی زانو و قدرت عضلات چهارسر رانی قبل و بعد از هر جلسه تمرین (در هر نوبت تست قبل و بعد از خستگی) با استفاده از الکتروگونیامتر دیجیتال (دقت: ۰/۱ درجه) و دینامومتر ایزوکینتیک بایودکس اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون سنجش مکرر ترکیبی آنوا با سطح معنی‌داری $p<۰/۰۵$ تحلیل شدند.

یافته ها: برنامه تمرینی به طور معنی‌داری دامنه حرکتی زانو را در حرکت اکستنشن (ES=۰/۷۵ و $p<۰/۰۵$) بهبود بخشید. تفاوت‌های معنی‌داری بین اندازه‌گیری‌های قبل و بعد از آزمون مشاهده شد (ES=۰/۷۵). دامنه حرکتی زانو در حرکت اکستنشن پس از ۸ هفته در گروه کششی ۱۶ درصد و در گروه تقویتی ۱۱ درصد افزایش یافت. برنامه تمرینی همچنین قدرت عضلات چهارسر رانی را به طور قابل توجهی افزایش داد (ES=۰/۶۵ و $p<۰/۰۵$). مقایسات قبل و بعد از آزمون تفاوت های معنی‌داری را نشان داد (ES=۰/۷۵). قدرت عضلات چهارسر رانی پس از ۸ هفته در گروه کششی ۱۹ درصد و در گروه تقویتی ۱۲ درصد افزایش یافت.

نتیجه گیری: هر دو برنامه تمرینی موثر بودند، اما تمرینات کششی PNF در بهبود دامنه حرکتی و قدرت عضلات مفصل زانو در ورزشکاران مبتلا به PFPS موثرتر از تمرینات تقویتی بود. تحقیقات آینده باید اثربخشی این مداخلات را در زنان ورزشکار بررسی کند.

کلمات کلیدی: درد پتلافمورال، درد قدامی زانو، تمرین درمانی

نویسنده مسئول: فاروق رستمی‌ذلانی، f.rostami1010@gmail.com، ORCID: 0000-0003-1417-8881

آدرس: کرمان، دانشگاه باهنر کرمان، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی

۱- دانشجوی دکتری گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- استاد گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- دانشیار گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- دانشیار گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم‌ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، تهران، ایران

مقدمه

سندرم درد کشککی_رانی (Patellofemoral Pain Syndrome; PFPS) یک اختلال شایع عضلانی-اسکلتی است که مفصل زانو را تحت تأثیر قرار می دهد و به ویژه در ورزشکاران شایع است (۱). این عارضه با درد قدامی زانو مشخص می شود و به طور قابل توجهی عملکرد زانو و عملکرد ورزشی را مختل می‌کند (۲). محدودیت دامنه حرکت (Renge of Motion; ROM) و ضعف عضلانی، بخصوص در عضلات چهارسر رانی و به ویژه عضله مورب داخلی (Vastus Medialis Obliquus; VMO) معمولاً با PFPS مرتبط است (۳). این عضله نقش اساسی در ردیابی و پایداری کشکک دارد و ضعف آن می‌تواند به تراز غیرطبیعی کشکک و درد منجر شود (۴). روش های توانبخشی سنتی برای PFPS اغلب بر روی

تمرینات تقویتی برای عضلات چهارسر رانی تمرکز دارند تا ردیابی (Tracking) کشکک و پایداری مفصل را بهبود بخشند (۵). با این حال، تحقیقات اخیر نشان می‌دهند که یک رویکرد چندوجهی که شامل تمرینات انعطاف‌پذیری نیز باشد، ممکن است نتایج درمانی بهتری به همراه داشته باشد (۶).

کشش تسهیل عصبی_عضلانی گیرنده‌های حس‌عمقی (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation; PNF) به عنوان روشی امیدوارکننده برای بهبود انعطاف‌پذیری و حس‌عمقی در افراد مبتلا به PFPS مطرح شده است (۷). کشش PNF یک تکنیک منحصر به فرد است که انقباضات ایزومتریک عضلات را با کشش غیرفعال ترکیب می‌کند. این روش ترکیبی ممکن است منجر به افزایش ورودی حس‌عمقی از فیبرهای عضلانی شود و به طور بالقوه کنترل عصبی_عضلانی و پایداری مفصل را بهبود بخشد (۸). مطالعات نشان داده‌اند که کشش PNF می‌تواند، انعطاف‌پذیری را در افراد مبتلا به PFPS به طور موثر بهبود بخشد (۹). با این حال، اثربخشی نسبی کشش PNFو تمرینات تقویتی سنتی بر دامنه حرکتی (ROM) زانو و قدرت عضلات چهارسر رانی، به خصوص با در نظر گرفتن تأثیر خستگی موضعی عضلات چهارسر رانی، هنوز مشخص نیست.

خستگی عضلانی یک عامل کلیدی در ایجاد و تداوم PFPS در نظر گرفته می شود (۱۰). خستگی موضعی عضلات چهارسر رانی می تواند منجر به الگوهای حرکتی تغییر یافته و کاهش پایداری مفصل شود و به طور بالقوه ردیابی و درد کشکک را تشدید کند (۱۰). در حالی که تحقیقات قبلی اثرات کشش PNF و تمرینات تقویتی را بر PFPS بررسی کرده است، مطالعات کمی اثربخشی آن ها را قبل و بعد از خستگی موضعی عضلات چهارسر رانی مقایسه کرده اند.

این مطالعه به منظور بررسی اثربخشی نسبی کشش PNF و تمرینات تقویتی اندام تحتانی بر ROM زانو و قدرت عضلات چهارسر رانی در مردان ورزشکار مبتلا به PFPS، طراحی شده است. ما قبل از ارزیابی مجدد ROM و قدرت عضلانی، خستگی موضعی عضلات چهارسر رانی را القا می‌کنیم، تا سناریوی بالینی واقعی‌تری را شبیه‌سازی کنیم. فرض می‌کنیم که کشش PNF در مقایسه با تمرینات تقویتی، به ویژه پس از تجربه خستگی عضلات چهارسر رانی، منجر به بهبود قابل توجه‌تری در دامنه حرکت زانو شود. همچنین پیش‌بینی می‌کنیم که هر دو مداخله ممکن است قدرت عضلات چهارسر رانی را افزایش دهند، اگرچه ممکن است تأثیر خستگی بین گروه ها متفاوت باشد. این مطالعه پتانسیل ارائه اطلاعات ارزشمندی در مورد موثرترین استراتژی‌های درمانی برای مدیریت PFPS، به ویژه با در نظر گرفتن تأثیر خستگی را دارد. یافته‌های این پژوهش ممکن است به توسعه برنامه‌های توانبخشی جامع‌تر و هدفمندتری برای بهبود وضعیت ورزشکاران مبتلا به PFPS کمک کند.

روش بررسی

این مطالعه از یک طرح شبه‌آزمایشی پیش آزمون و پس آزمون با دو گروه موازی استفاده کرد: کشش PNF (n=۱۲) و تقویت(n=۱۲) شرکت‌کنندگان از یک کلینیک پزشکی ورزشی در تهران/ ایران جذب شدند. همه شرکت‌کنندگان قبل از شرکت در مطالعه رضایت کتبی خود را ارائه دادند. حجم نمونه ۲۴ شرکت‌کننده (در هر گروه n=۱۲) با استفاده از نرم‌افزار G*Power ۳/۱ تعیین شد (۸). این محاسبه بر اساس اندازه اثر: ۰/۴ توان آزمون: ۰/۸ و سطح معناداری: ۰/۰۵بود. معیارهای ورود به مطالعه شامل: مردان ۲۰ تا ۳۰ ساله، تشخیص بالینی سندرم PFPS یکطرفه یا دوطرفه حداقل به مدت سه ماه، مشخص شده با درد جلوی زانو در حداقل دو مورد از فعالیت های زیر گزارش شده است: نشستن طولانی مدت، بالا و پایین رفتن از پله، اسکات، دویدن، پریدن، درد در حداقل دو مورد از آزمایشات زیر: انقباض ایزومتریک عضله چهارسر رانی، لمس لبه کشکک، تست اسکات، سابقه جراحی زانو، بی‌ثباتی رباط، دررفتگی داخلی، دررفتگی کشکک یا شرکت در برنامه‌های تمرینی اندام تحتانی فعال، عاری از شرایط حاد یا مزمن زانو، بیماری Osgood-Schlatter، پارگی عضلات، سندرم استیون جانسون، ادم مفصل، بیماری کشکک یا هر شرایط دیگری که ممکن است نتایج را مخدوش کند (۱۱).

معیارهای خروج از مطالعه شامل: سابقه جراحی زانو، بی‌ثباتی رباط، دررفتگی داخلی، دررفتگی کشکک یا شرکت در برنامه‌های تمرینی اندام تحتانی فعال، شرایط حاد یا مزمن زانو، بیماری Osgood-Schlatter، پارگی عضلات، سندرم استیون جانسون، ادم مفصل، بیماری کشکک یا هر

شرایط دیگری که ممکن است نتایج را مخدوش کند (۱۱). که البته تمامی این عوامل توسط متخصص فیزیوتراپیست مورد تأیید قرار گرفت.

ارزیابی دامنه حرکتی زانو و قدرت عضلات چهارسر رانی

دامنه حرکتی زانو

برای ارزیابی دامنه حرکتی غیرفعال اکستنشن زانو، از یک گونیامتر با قرار دادن شرکت‌کننده در وضعیت خوابیده به پهلو روی سمت سالم استفاده شد. مچ پای شرکت‌کننده در پای مورد آزمایش در وضعیت خنثی بین پلانتارفلکشن و دورسی‌فلکشن قرار داده شد. سپس، معاینه‌کننده مفصل زانوی پای مورد آزمایش را به طور غیرفعال تا نقطه محدودیت دامنه حرکت صاف کرد، جایی که شرکت‌کننده احساس ناراحتی یا مقاومت در برابر حرکت بیشتر کرد. زاویه بین ران و ساق پا با استفاده از گونیامتر اندازه‌گیری و ثبت شد. در طول ارزیابی، از شرکت‌کننده خواسته شد تا از هرگونه حرکت جبرانی، مانند کج شدن لگن، برای جداسازی حرکت مفصل زانو خودداری کند (۱۲).

قدرت عضلات چهارسر رانی

حداکثر قدرت عضلات چهارسر رانی با استفاده از دینامومتر ایزوکینتیک (سیستم Pro IV ساخت کشور آمریکا) ارزیابی شد. شرکت‌کننده با زاویه خم شدن ران ۱۱۰ درجه روی صندلی دینامومتر نشست. معاینه‌کننده تمامی اتصالات روی دینامومتر را برای جلوگیری از هرگونه حرکت جبرانی در طول آزمایش محکم کرد. محور چرخش بازوی دینامومتر با دقت در بالای اپی کوندیل خارجی مفصل زانوی پای مورد آزمایش قرار گرفت. پس از تثبیت تنه و ران شرکت‌کننده در صندلی، تنظیمات دینامومتر ایزوکینتیک به دامنه حرکتی ۱۰ تا ۹۰ درجه و سرعت ۱۲۰ درجه در ثانیه تنظیم شد. برای آشنایی شرکت‌کننده با روش آزمایش، چند بار حرکت اکستنشن زانو به عنوان تمرین انجام شد. آزمایش واقعی شامل سه انقباض ارادی حداکثری متمرکز در یک چرخه متمرکز-متمرکز بود. حداکثر گشتاور نرمال شده به وزن بدن (گشتاور پیک وزن/بدن) از این سه بار آزمایش محاسبه و برای تجزیه و تحلیل بیشتر استفاده شد (۱۳). دقت شود که تمام مراحل آزمایش در یک محیط آرام و کنترل شده انجام شد تا حواس‌پرتی به حداقل برسد و اندازه‌گیری های ثابتی انجام شود. یک ارزیاب‌کننده واحد که از تخصیص گروه کور بود، تمام اندازه‌گیری‌ها را در طول مطالعه انجام داد تا تنوع بین ارزیاب‌کننده ها را به حداقل برساند. دینامومتر ایزوکینتیک طبق دستورالعمل های سازنده به طور مرتب کالیبره می‌شد تا از دقت اندازه‌گیری گشتاور اطمینان حاصل شود.

پروتکل‌هاپروتکل خستگی عضله چهارسر رانی

خستگی موضعی عضلات چهارسر رانی با استفاده از پروتکل خستگی ایزوکینتیک با دستگاه ایزوکنتیک بایودکس (مدل Pro IV ساخت کشور آمریکا) انجام گرفت (تصویر ۱). خستگی به صورت انقباض درونگرای بیشینه عضلات چهارسر رانی و با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه بود؛ ابتدا از طریق انجام سه انقباض کانسنتریک بیشینه متوالی در دامنه حرکتی صفر تا ۹۰ درجه با سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه فرد حرکت را انجام داد. سپس از آزمودنی خواسته شد تا انقباضات پشت سر هم را تا جایی ادامه دهد که در حین انجام انقباض‌های پی‌درپی و به علت خستگی عضلانی، گشتاور عضلات چهارسر ران حداقل برای سه تکرار از ۵۰ درصد حداکثر گشتاور خود پایین‌تر برود. سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه بر اساس مطالعات قبلی (۱۴)، برای انجام آزمون خستگی انتخاب شد، زیرا این سرعت تکرارپذیری مناسبی برای پروتکل های خستگی دینامیک دارد.

تصویر ۱: دستگاه ایزوکنتیک بایودکس

پروتکل کششی PNF اندام تحتانی

برنامه تمرینی به مدت ۸ هفته، هر هفته ۳ جلسه انجام گرفت. هر کدام از دو گروه برنامه تمرینی خاص خود را انجام خواهند داد. این برنامه تمرینی توسط یک متخصص آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی طراحی و نظارت شده است. تمرینات کششی PNF از نوع انقباض-استراحت-کشش شامل حرکات غیرفعال بوده به گونه‌ای که پای فرد تا زاویه‌ای که احساس ناراحتی خفیفی به وجود بیاید و این حرکت را برای مدت ۱۵ ثانیه حفظ می‌نماید. سپس از افراد خواسته می‌شود تا در همان وضعیت انقباض ایزومتریک را به مدت ۱۰ ثانیه نگه دارند. بعد از این مرحله فرد عضلات را به مدت ۱۵ ثانیه ریلکس نموده و با کشیدن نفس عمیق آزمونگر پای فرد را مجددا به وضعیت جدید می‌رساند. کشش عضلات دوقلو و نعلی به صورت جداگانه انجام شد. برای کشش عضلات دوقلو و نعلی فرد به صورت دمر خوابیده و یک بار با زانوی خم و یک بار با زانوی باز شده برای هر دو عضله کشش انجام داده شد. (۱۵). قابل ذکر است که افراد قبل از اجرای تمرینات ویژه خود، در یک دوره گرم کردن هفت دقیقه‌ای شامل تمرین روی دوچرخه ثابت با بار سبک شرکت نمودند.

تمرینات تقویتی اندام تحتانی

تمرینات تقویتی در افراد مبتلا به PFPS به مدت ۸ هفته و هر هفته سه جلسه با مدت زمان ۶۰ دقیقه انجام گرفت. ۱۰ دقیقه از برنامه مربوط به گرم کردن افراد و پنج دقیقه پایانی مختص سرد کردن افراد بود (جدول ۱).

ورزشکار تمرین تقویتی مربوط به عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران را انجام داد. برای انجام برنامه تمرینی فرد به پهلو قرار می‌گیرد و با استرپ مناسب لگن به تخت ثابت و یک انتهای تیوب تمرینی ساخت کشور آمریکا (The Corporation, Akron, OH USA Hygienic) را به بالای قوزک مچ پا، متصل و انتهای دیگر تیوب به تخت ثابت می‌شود و از فرد خواسته می شود تا حرکت دور شدن را در زاویه ۳۰ درجه انجام دهد. تمرینات تقویتی عضلات چرخاننده خارجی ران در حالت نشسته با زانوی خم شده در زاویه ۹۰ درجه انجام شد؛ بدین صورت که یک انتهای تیوب به میله‌ای ثابت شده و آزمودنی حرکت را در طول دامنه ۳۰ درجه حرکتی انجام دادند (۱۱). تمرینات تقویتی عضلات چهارسر رانی به وسیله تیوب تمرینی (شامل چهار رنگ قرمز، سبز، سرمه‌ای و مشکی) ساخت کشور آمریکا اجرا گردید. پیش از شروع برنامه تمرینی، همه آزمودنی‌ها به منظور تعیین شدت تمرین و مناسب بودن تیوب تمرینی، مورد ارزیابی قرار گرفتند و روش چند تکرار بیشینه تا سرحد خستگی را اجرا نمودند، سپس هر فرد براساس ارزیابی اولیه، حرکات را شروع و به وسیله‌ی تیوب رنگی متناسب با قدرت خود، تمرینات را آغاز کردند (۱۱). برای تقویت عضله چهارسر رانی ، دو حرکت انجام شد که در حرکت اول، فرد پشت به دیوار قرار گرفته و در حالی که به دیوار تکیه داده بود، یک توپ والیبال را در بین دو زانو قرار داده و باید سعی کند، هیچ چرخش داخلی یا خارجی در زانوهایش وجود نداشته باشد و در این حالت به صورت حرکت نیم‌اسکات تا زاویه ۳۰ درجه پاهایش را خم کرده و توپ والیبال را فشار می‌دهد؛ البته قبل از انجام تمرین از فرد خواسته می‌شود تا زاویه ۳۰ درجه نیم اسکات برود تا محدوده حرکت نیم اسکات مشخص گردد (۱۱). در حرکت بعد نیز روی تخت نشسته و در زاویه ۳۰ درجه آخر، باز شدن را به گونه‌ای که تیوب از یک سر به بالای قوزک و از یک‌سر به زیر تخت ثابت شده باشد، به صورت باز و بسته شدن مفصل زانو انجام می‌داد (۱۵).

از آزمون سنجش مکرر ترکیبی آنوا (Mixed ANOVA Repeated Measures) و نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ در سطح معنی‌داری $p<۰/۰۵$ برای بررسی اثر متغیرهای بین‌گروهی (گروه) و درون‌گروهی (زمان) بر متغیر وابسته استفاده شد. متغیر درون‌گروهی، زمان، شامل دو سطح پیش آزمون و پس آزمون قبل و بعد از خستگی در هر مرحله آزمون بود. در بررسی طبیعی بودن توزیع داده ها، استقلال داده ها (تصادفی بودن داده ها)، همگنی

جدول ۱: پروتکل تمرینی گروه تمرینات تقویتی اندام تحتانی

نوع تمرین	هفته	تعداد ست و تکرار	رنگ کش
عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران/عضله چهارسر رانی	اول	۳ ست / ۱۰ تکراری	قرمز
عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران/عضله چهارسر رانی	دوم	۴ ست / ۱۰ تکراری	قرمز و سبز
عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران/عضله چهارسر رانی	سوم	۳ ست / ۱۵ تکراری	سبز
عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران/عضله چهارسر رانی	چهارم	۳ ست / ۲۰ تکراری	سبز و سرمه‌ای
عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران/عضله چهارسر رانی	پنجم	۴ ست / ۲۰ تکراری	سرمه‌ای
عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران/عضله چهارسر رانی	ششم	۳ ست / ۱۰ تکراری	سرمه‌ای و مشکی
عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران/عضله چهارسر رانی	هفتم	۳ ست / ۱۵ تکراری	مشکی
عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران/عضله چهارسر رانی	هشتم	۳ ست / ۲۰ تکراری	مشکی

واریانس ها و مولتیکولاریتی به ترتیب از آزمون شاپیرو_ویلک (Shapiro-wilk Test)، آزمون علامت (Runs Test)، آزمون لون (Levene's Test)، ام_باکس (Box's_M) استفاده شده است. جهت تعیین اندازه اثر از آزمون Partial Eta Square استفاده شد. در این آزمون تفسیر داده ها بدین‌گونه می‌باشد: ۰/۰۱=اندازه اثر کم، ۰/۰۶=اندازه اثر متوسط و ۰/۱۴=اندازه اثر زیاد.

یافته‌ها

اطلاعات مربوط به مشخصات دموگرافیک نمونه‌ها در جدول ۲ آمده است:

در جدول ۳ میانگین، انحراف معیار، مقادیر زمان، گروه و تعامل (زمان*گروه) نمرات دامنه حرکتی و قدرت عضلات چهارسر رانی آزمودنی های دو گروه در پیش-آزمون و پس آزمون ارایه شده است: اطلاعات به دست آمده از جدول ۳ نشان داد که برای ارزیابی تأثیر برنامه های تمرینی (کششی در مقابل تقویتی) بر دامنه حرکت مفصل زانو و قدرت عضله چهار سر ران، اندازه‌گیری شده در پیش آزمون و پس آزمون، تحلیل واریانس با اندازه‌گیری های مکرر انجام شد.

دامنه حرکت مفصل زانو

تجزیه و تحلیل نشان داد که اثرات اصلی معنی‌داری برای زمان (تغییر در طول زمان) (p=۰/۰۰۴) و گروه (گروه کششی در مقابل گروه تقویتی) (p=۰/۰۰۴) وجود دارد. این نشان می‌دهد تغییر قابل توجهی در دامنه حرکت در اندازه‌گیری‌های پیش آزمون و پس آزمون، صرف نظر از برنامه تمرینی است. به عبارت ساده‌تر، دامنه حرکت مفصل زانو شرکت‌کنندگان بین ابتدای و انتهای مطالعه به طور قابل‌توجهی تغییر کرد و گروه های کششی و تقویتی در مجموع تفاوت هایی در دامنه حرکت نشان دادند. به طوری که به طوری که میزان دامنه حرکتی اکستنشن زانو بعد از ۸ هفته در گروه کششی ۱۶ درصد و در گروه تقویتی ۱۱ درصد بهبود یافت.

به طور قابل توجهی، یک اثر تعاملی معنی‌دار بین زمان و گروه نیز مشاهده شد (p=۰/۰۰۱). این اثر تعاملی نشان می دهد که نحوه تأثیر برنامه تمرینی بر دامنه حرکت بسته به اینکه در پیش آزمون یا پس آزمون اندازه‌گیری شده بود، متفاوت بود. آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که تمرینات در گروه کششی PNF موثرتر از تمرینات تقویتی بود (p<۰/۰۵).

قدرت عضله چهار سر ران

مشابه دامنه حرکتی، قدرت عضله چهار سر ران اثرات اصلی معنی‌داری را برای هر دو زمان (تغییر در طول زمان) (p=۰/۰۰۳) و گروه (گروه کششی در مقابل گروه تقویتی) (p=۰/۰۰۵) نشان داد. این نشان دهنده تغییرات کلی در قدرت بین اندازه‌گیری های پیش آزمون و پس آزمون، صرف نظر از برنامه ورزشی است. قدرت عضلانی شرکت‌کنندگان در طول مطالعه به طور قابل‌توجهی تغییر کرد و گرو ه‌های کششی و تقویتی در مجموع تفاوت هایی در قدرت نشان دادند. به طوری که میزان قدرت عضلات چهارسر رانی بعد از ۸ هفته در گروه کششی ۱۶ درصد و در گروه تقویتی ۱۱ درصد بهبود یافت.

جدول ۲: اطلاعات دموگرافیک آزمودنی ها

متغیرها	گروه کششی (میانگین ±انحراف معیار)	گروه تقویتی (میانگین±انحراف معیار)	p- مقدار
سن (سال)	۲۴/۳±۳۰/۲۵	۲۶/۴±۱۷/۱۴	۰/۳۸۸
قد (سانتی متر)	۱۷۹/۳±۷۵/۴۵	۱۷۷/۲±۲۸/۸۴	۰/۵۰۲
وزن (کیلوگرم)	۶۵/۴±۸۴/۷۷	۶۶/۳±۴۳/۵۷	۰/۶۰۱
سابقه ابتلا	۲/۱±۱۹/۰۵	۲/۱±۳۴/۴۸	۰/۴۸۳
شاخص توده بدنی*(کیلوگرم/متر مربع)	۲۰/۲±۳۱/۱	۲۱/۰۸±۱/۵۵	۰/۸۰۷

*BMI: Body Mass Index

جدول ۳: نتایج آزمون آنالیز با اندازه‌های تکراری نمرات دامنه حرکتی و قدرت عضلات چهارسر رانی در مراحل مورد مطالعه

متغیر	گروه	پیش آزمون: قبل خستگی میانگین±انحراف معیار	پیش آزمون: بعد خستگی میانگین±انحراف معیار	پس آزمون: قبل خستگی میانگین±انحراف معیار	پس آزمون: بعد خستگی میانگین±انحراف معیار	زمان	گروه	زمان*گروه
دامنه حرکتی اکستنشن زانو (درجه)	کششی	۱۱۴/۳±۰۷/۲۰	۱۱۲/۳±۱۸/۴۶	۱۱۸/۲±۲۹/۸۴	۱۱۶/۲±۲۹/۳۱	F=۸/۲۹۳	F=۴/۱۰۵	F=۱۴/۰۸
	تقویتی	۱۱۳/۲±۴۷/۸۴	۱۱۲/۱±۰۸/۱۹	۱۱۶/۲±۳۶/۰۴	۱۱۵/۳±۱۹/۲۶	p=۰/۰۰۴ (۰/۷۰)	p=۰/۰۰۴ (۰/۷۵)	p=۰/۰۰۱ (۰/۶۵)
قدرت عضلات چهارسر رانی (نیوتن متر)	کششی	۷۴/۱±۵۷/۲۰	۷۱/۱±۸۵/۰۵	۸۰/۰±۱/۸۵	۷۹/۰±۷۵/۴۲	F=۵/۲۱۷	F=۳/۰۱۷	F=۱۹/۶
	تقویتی	۷۳/۱±۶۸/۱۲	۷۲/۱±۷۱/۱۵	۷۶/۱±۱۵/۸۵	۷۵/۰±۰۵/۴۲	p=۰/۰۰۳ (۰/۶۵)	p=۰/۰۰۵ (۰/۷۵)	p=۰/۰۰۱ (۰/۵۰)

علاوه بر این، اثر تعاملی بین زمان و گروه معنی‌دار بود (p=۰/۰۰۱). این اثر تعاملی نشان می‌دهد که تأثیر برنامه ورزشی بر قدرت عضله بسته به زمان اندازه‌گیری متفاوت بود. آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که تمرینات در گروه کششی PNF موثرتر از تمرینات تقویتی بود (p<۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه اثر دو برنامه‌ی کششی PNF و تقویتی اندام تحتانی بر دامنه‌حرکتی و قدرت عضلات مفصل زانو قبل و بعد از خستگی موضعی عضله‌ی چهارسر رانی در مردان ورزشکار مبتلا به PFPS بررسی شد. نتایج نشان داد که هر دو برنامه تمرینی منجر به بهبود قابل توجه دامنه حرکتی اکستنشن زانو و قدرت عضلات چهارسر رانی در افراد مبتلا به PFPS شد. با این حال، برنامه کشش‌های PNF در مقایسه با برنامه تمرینات تقویتی سنتی، اثر بیشتری بر افزایش دامنه حرکتی اکستنشن زانو و قدرت عضلات چهارسر رانی داشت.

نتایج تحقیق حاضر در مورد افزایش دامنه حرکتی اکستنشن زانو در افراد مبتلا به PFPS با نتایج تحقیقات Baellow و همکاران (۱۶) همخوانی دارد. Baellow و همکاران (۱۶)، در تحقیقی نشان دادند که افراد مبتلا به PFPS میزان اکستنشن کمتری را نسبت به افراد سالم نشان دادند. محدودیت دامنه حرکتی در این افراد ممکن است ناشی از عواملی مانند کوتاهی بافت نرم و عضلات اطراف مفصل زانو، از جمله عضلات راست‌رانی، تنسور فاشیالاتا و همسترینگ باشد. رحیمی و همکاران (۱۷)، نشان دادند افرادی که به این عارضه مبتلا باشند، عضلات همسترینگ و راست‌رانی کوتاه‌تری نسبت به افراد سالم دارند. در تحقیق حاضر هر دو برنامه تمرینات تقویتی و کششی PNF موجب افزایش دامنه حرکتی اکستنشن زانو در افراد مبتلا به PFPS شده است. در گروه تمرینات کششی PNF علاوه بر کنترل عصبی_عضلانی مناسب‌تر برقراری راستای مناسب مفصلی مچ پا با انجام کشش بر روی عضلات دوقلو و نعلی صورت گرفت. با انجام برنامه کششی عضلات دوقلو و نعلی دامنه حرکتی زانو افزایش خواهد یافت. در مورد برنامه تمرینات تقویتی نیز می توان به این موضوع

اشاره کرد که با توجه به اینکه در تحقیقات ضعف در کنترل قدرت اکسنتریکی عضلات ابداکتور هیپ در افراد نشان داده شده است، بنابراین در فازهای مختلف راه رفتن هنگامی که پای متحمل وزن به عنوان تکیه‌گاه و در یک زنجیره حرکتی بسته (Close Kinematic Chain; CKC) است، به دلیل عدم کنترل ضعیف عضلات هیپ در صفحه فرونتال شاهد حرکت والگوس مانند زانو و در نهایت افزایش زاویه زانو و اختلال در دامنه حرکتی خواهیم بود، که با برنامه تقویتی عضلات کمربند لگنی در تحقیق حاضر شاهد کاهش حرکت لگن در صفحه فرونتال و در نتیجه کاهش برخورد استخوان کشکک شده و با افزایش راستای مناسب در اندام تحتانی در نهایت افزایش دامنه حرکتی در زانو را به دنبال خواهد داشت. در مجموع، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تمرینات کششی PNF و تقویتی می‌توانند دامنه حرکتی اکستنشن زانو را در افراد مبتلا به PFPS افزایش دهند. این امر می‌تواند به بهبود عملکرد مفصل زانو و کیفیت زندگی این افراد کمک کند.

در مورد قدرت عضلات چهارسر رانی تحقیق حاضر نشان داد که هر دو برنامه تمرینی موجب افزایش قدرت در دو گروه بعد از هشت هفته برنامه تمرینی شده اند، هر چند میزان افزایش قدرت در گروه تمرینات کششی موثرتر از گروه تقویتی بود. در زمینه اثرات برنامه تمرینی بر قدرت عضلانی نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات Alonazi و همکاران (۱۸)، احمدی و همکاران (۱۹) همخوانی دارد. Alonazi و همکاران (۱۸)، در تحقیقی به بررسی اثرات تمرینی بیوفیدبک الکترومایوگرافیک همراه با تیپینگ پتلا بر قدرت عضله چهارسر در مردان سالمند مبتلا به PFPS تحقیقی انجام پرداختند. گروه های تجربی بعد از پایان برنامه تمرینات بهبود در فاکتورهای درد و عملکرد عضله چهارسر رانی نشان دادند. قدرت عضله چهارسر در هر دو گروه بهبود پیدا کرد. بهبودی در گروه تمرینات بیوفیدبک الکترومایوگرافیک بیشتر از گروه دیگر بود. احمدی و همکاران (۱۹)، در یک تحقیق به بررسی اثر ۱۲ هفته تمرینات حسی-حرکتی بر درد، حس عمقی، قدرت عضلانی و کنترل پوسچرال مردان مبتلا به PFPS پرداختند. نتایج نشان داد که در کلیه شاخص ها گروه تجربی نسبت به گروه کنترل بهبودی معناداری قابل ملاحظه بود و لذا تمرینات حسی-حرکتی به صورت معناداری می‌تواند درد را در افراد مبتلا به PFPS کاهش دهد. در تحقیق حاضر علت اثرگذاری بیشتر تمرینات کششی PNF بر میزان قدرت عضلات چهارسر رانی را می‌توان به دلیل حداکثر انقباضات ایزومتریکی که در ابتدا انجام می شود، دانست. با انجام این انقباضات، میزان انتقال جریان عصبی را که از طریق گیرنده-های عمقی برای انقباض به دوک عضلانی می رسد، را کاهش داده و مقاومت عضلات مخالف حرکت را کمتر نماید که این امر موجب کاهش پدیده مهار (Inhibition) عضلانی شده و با تقویت سیستم عصبی در مسیرهای آن اثرات بیشتر بر قدرت عضلات چهارسر رانی می‌گذارد. از طرفی با انجام برنامه تمرینات کششی PNF کنترل سیستم عصبی به دلیل درگیری بیشتر سیستم عصبی بالاتر رفته و می تواند کنترل مناسب تری بر روی مفصل داشته باشد و این امر به دلیل این موضوع است که برنامه تمرینات PNF به صورت مستقیم با سیستم عصبی ارتباط دارد. این امر در مورد گروه تقویتی در تحقیق حاضر تمرینات مورد استفاده به گونه ای طراحی شده است که علاوه بر عضلات ناحیه زانو، عضلات دیگر مفاصل اندام تحتانی نظیر مفصل ران که بر حرکات مفصل زانو موثر می‌باشند، را نیز تحت تأثیر قرار می دهد. تقویت عضلات چرخاننده خارجی ران می‌تواند با کاهش فعالیت عضله تنسورفاشیالاتا و به دنبال آن کاهش کشش رتیناکولوم جانب خارجی کشکک از طریق ایلیوتیبیال باند به قرار گرفتن کشکک در مسیر مناسب کمک کند و از این طریق تماس کشکک با اپی‌کندیل خارجی ران را کاهش دهد. از طرفی دیگر با انجام برنامه تمرینات تقویتی تعادل عضلانی مناسب بین عضلات موافق و مخالف در یک مفصل برقرار شده و موجب می‌شود تا اعمال مناسب عملکرد برای عضلات اطراف مفصل فراهم شده و این امر موجب جابه جایی و حرکت کشکک به سمت خارج نشود.

بحث پیرامون اثرات برنامه‌های تمرینی بر قبل و بعد از خستگی

تاکنون هیچ مطالعه‌ای به بررسی اثرات خستگی بر دامنه حرکتی قدرت زانو در مردان ورزشکار مبتلا به PFPS نپرداخته است. خستگی با اثر بر سیستم عصبی مرکزی، سناریوی عملکرد سینرژی عضلات چهارسر رانی را مختل می‌کند و موجب کاهش در اوج قدرت انقباض عضلات می‌شود. خستگی موجب تغییراتی در عملکرد عضله چهارسر رانی می شود و این در حالی است که در افراد مبتلا به PFPS اختلال در عملکرد عضله چهارسر رانی وجود دارد

(۲۰). این امر سبب کاهش قدرت ارادی و ظرفیت عملکردی عضلات، اختلال در فعالسازی همزمان عضلات موافق (Agonist) و مخالف (Antagonist) و در نهایت کاهش عملکرد و کارایی سیستم عصبی-عضلانی می‌شود (۲۲-۲۱). از جمله فاکتورهای متأثر از پروتکل خستگی عضلات مرکزی و کمربند لگنی، کاهش در زاویه دورسی فلکشن در وضعیت تحمل وزن می‌باشد. کاهش دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن مفصل مچ پا از جمله‌ی متغیرهای مهمی است که می‌تواند مچ پا را در معرض آسیب قرار دهد؛ محدودیت حرکتی دورسی فلکشن باعث می‌شود تا مچ پا در طی انجام فعالیت های مختلف، به دامنه‌ی انتهایی دورسی فلکشن خود نرسد و در پلانتارفلکشن نسبی باقی بماند و این در حالی است که افراد مبتلا به PFPS دچار کوتاهی در عضات دوقلو و نعلی هستند که این امر دامنه حرکتی مچ پا را کاهش داده و پا را در پلانتارفلکشن قرار می‌دهد. بنابراین این حالت باعث می‌شود تا مچ پا به حداکثر ثبات مکانیکی خود دست پیدا نکند و عدم دستیابی این مفصل به حداکثر ثبات مکانیکی خود، احتمال خطر ایجاد حرکت اینورژن غیرطبیعی را افزایش می‌دهد و با توجه به اینکه بدن به صورت زنجیره حرکتی است، این عوامل می‌تواند دامنه حرکتی مفصل زانو را تحت تأثیر قرار دهد. یکی از جمله تغییراتی که خستگی در دامنه حرکتی اندام‌های تحتانی به وجود می‌آورد، این است که دستورات فیدفورواردی مغز برای فعال شدن عضلات اطراف مفصل در پیشگیری از بروز آسیب در انتهای دیستال زنجیره حرکتی باشد؛ چرا که این امکان وجود دارد که ابتدای زنجیره حرکتی خود در اثر خستگی مفرط توان حفظ راستای مطلوب برای حرکت را نداشته باشد.

در این مطالعه، انجام برنامه کششی PNF به منظور برقراری طول مناسب عضلات دوقلو و نعلی، منجر به افزایش دامنه حرکتی مچ پا و در نتیجه اثرگذاری بر دامنه حرکتی زانو شد. از آنجا که عضله دوقلو دو مفصله است، این امر به طور طبیعی بر دامنه حرکتی مفصل زانو نیز اثر می‌گذارد و موجب افزایش دامنه حرکتی اکستنشن زانو می‌شود. علاوه بر این، انجام برنامه کششی PNF با ایجاد راستای مناسب در اندام های تحتانی، عضلات را در رابطه طول-تنش مناسبی قرار می دهد که این امر خود می‌تواند از اثرات مهم تمرینات کششی بر افزایش دامنه حرکتی و نهایتا برقراری قدرت عضلات چهارسر رانی باشد. هر دو برنامه تمرینی، در پیش آزمون و پس آزمون (قبل و بعد از خستگی) موجب بهبود دامنه حرکتی و افزایش قدرت عضلات چهارسر رانی در ورزشکاران مبتلا به PFPS شد. با این حال، تمرینات در گروه کششی PNF در مقایسه با گروه تقویتی، در پس‌آزمون و بعد از دوره تمرینات، در بهبود دامنه حرکتی و افزایش قدرت عضلات چهارسر رانی موثرتر بود. لذا، کاردرمانان، فیزیوتراپ ها، متخصصان آسیب‌شناسی ورزشی و سایر افراد مرتبط با این سندرم، می توانند از نتایج این مطالعه بهره‌مند شوند.

بحث پیرامون تعامل گروه و آزمون‌های هر دو گروه تمرینی

یافته‌های این پژوهش نشان داد که هر دو برنامه تمرینی کششی PNF و تقویتی اندام تحتانی، تفاوت معناداری در دامنه حرکتی مفصل زانو و قدرت عضلات چهارسر رانی قبل و بعد از تمرین ایجاد می‌کنند. نتایج این تحقیق با یافته‌های گلپایگانی و امامی (۹) در زمینه برنامه تمرینات کششی PNF و خیام‌باشی و همکاران (۱۱) در زمینه برنامه تمرینات تقویتی همسو است.

گلپایگانی و امامی (۹) در پژوهشی به بررسی تأثیر تمرینات کششی تسهیل عصبی-عضلانی حس عمقی (PNF) بر سندرم PFPS پرداختند. تمرینات کششی برای عضلات چهارسر رانی، همسترینگ و باند ایلیوتیبیال انجام شد. نتایج نشان داد که گروه تمرینات کششی در مقایسه با گروه کنترل، کاهش در میزان درد و بهبود در عملکرد را تجربه کردند. خیام‌باشی و همکاران (۱۱)، در پژوهشی جداگانه به جداسازی ابداکتورهای ران و تقویت عضلات چرخاننده خارجی ران بر روی درد و وضعیت سلامت در زنان مبتلا به سندرم کشکک-رانی پرداختند. تمرین در ناحیه پروگزیمال به این صورت بود که ابتدا ابداکشن ران و بعد چرخش خارجی ران توسط باند و در هر دو طرف بدن انجام می‌شد. بعد از هشت هفته تمرین، نتایج حاکی از آن بود که درد ۸۲ درصد کمتر شده و بعد از شش ماه هم درد ۷۸ درصد شده بود.

کاهش دامنه حرکتی دورسی فلکشن مفصل مچ پا و زانو از جمله متغیرهای مهمی است که می‌تواند مچ پا را در معرض آسیب قرار دهد. محدودیت حرکتی دورسی فلکشن باعث می شود تا مچ پا در طی انجام فعالیت های مختلف، به دامنه انتهایی دورسی فلکشن خود نرسد و در پلانتارفلکشن نسبی باقی بماند. این در حالی است که افراد

مبتلا به PFPS دچار کوتاهی در عضلات دوقلو و نعلی هستند که این امر دامنه حرکتی مچ پا را کاهش داده و پا را در پلانتارفلکشن قرار می دهد. با انجام برنامه تمرینات کششی PNF در این پژوهش، مچ پا به حداکثر ثبات مکانیکی خود دست پیدا کرد و با دستیابی این مفصل به حداکثر ثبات مکانیکی خود، احتمال خطر ایجاد حرکت اینورژن غیرطبیعی کاهش پیدا کرد. با توجه به اینکه بدن به صورت زنجیره حرکتی است، این عوامل می‌تواند دامنه حرکتی مفصل زانو را تحت تأثیر قرار دهد.

از طرف دیگر، با انجام برنامه تمرینات تقویتی، الگوی حرکتی مفاصل اندام تحتانی به واسطه وضعیت بیومکانیکی مناسب مفاصل در یک وضعیت مناسب قرار گرفته و از فشارهای نامناسب مفصلی جلوگیری به عمل خواهد آمد. با توجه به اینکه در تحقیقات ضعف در کنترل قدرت اکسنتریکی عضلات ابداکتور هیپ در افراد نشان داده شده است، بنابراین در فازهای مختلف راه رفتن هنگامی که پای متحمل وزن به عنوان تکیه‌گاه و در یک زنجیره حرکتی بسته است، به دلیل عدم کنترل ضعیف عضلات هیپ در صفحه فرونتال شاهد حرکت والگوس مانند زانو و در نهایت افزایش زاویه زانو و اختلال در دامنه حرکتی خواهیم بود. با برنامه تقویتی عضلات کمربند لگنی در این پژوهش، شاهد کاهش حرکت لگن در صفحه فرونتال و در نتیجه کاهش برخورد استخوان کشکک شدیم و با افزایش راستای مناسب در اندام تحتانی در نهایت افزایش دامنه حرکتی در زانو را به دنبال خواهد داشت.

در نهایت، یافته های این پژوهش نشان داد که هر دو برنامه تمرینی کششی PNF و تقویتی اندام تحتانی به طور مؤثری دامنه حرکتی مفصل زانو و قدرت عضلات چهارسر رانی را در افراد مبتلا به PFPS بهبود می بخشند. این یافته ها استفاده از این مداخلات را در مدیریت PFPS و پیشگیری از آسیب های مرتبط با آن تأیید می‌کند.

سپاسگزاری

بدین وسیله مراتب قدردانی خود را از تمامی اساتید محترم گروه های آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه باهنر کرمان و شهید بهشتی تهران، به پاس حمایت ها و راهنمایی های ارزشمندشان در طول انجام این پژوهش، ابراز می دارم. همچنین از تمامی داوطلبان گرامی که با صبر و حوصله در این مطالعه شرکت فعال داشتند، صمیمانه تشکر می‌کنم. مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه دکترای تخصصی رشته آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی است که با کد اخلاقی IR.UK.REC. 004/1402 در دانشگاه باهنر کرمان به تأیید رسیده است.

نقش نویسندگان

فاروق رستمی ذلانی (نویسنده اول و مسئول): طراحی و ایده پردازی، جمع آوری و تحلیل داده ها، نگارش اولیه و ویرایش نهایی مقاله.

منصور صاحب الزمانی: استاد راهنمای اول، نظارت بر طراحی و اجرای پژوهش، بازبینی، اصلاح، تأیید نهایی و ارائه مقاله به مجله.

عبدالحمید دانشجو: استاد راهنمای دوم، نظارت بر طراحی و اجرای پژوهش، بازبینی، اصلاح و تأیید نهایی مقاله.

مصطفی زارعی: استاد مشاور، نظارت بر کارهای آزمایشگاهی.

منابع مالی

برای انجام این مطالعه از هیچ موسسه یا سازمانی کمک مالی دریافت نشده است.

تعارض منافع

لازم به ذکر است که این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافع برای نویسندگان آن را به همراه ندارد.

منابع

1. Ozlu, Ozge, Atilgan Esra. "The effect of high-intensity laser therapy on pain and lower extremity function in patellofemoral pain syndrome: a single-blind randomized controlled trial." Lasers in Med Sci 2024, 39(1): 103.

2. Manske RC, Davies GJ. Examination of the patellofemoral joint. Int J Sports Phys Ther 2016; 11(6): 831-853.

3. Erkocak OF, Altan E, Altintas M, Aydin BK & et al. Lower extremity rotational deformities and patellofemoral alignment parameters in patients with anterior knee pain. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2016; 24(9): 3011-3020.

4. Smith, BE, Selfe, J, Thacker, D, Bateman M & et al. Incidence and prevalence of patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis PLOS One 20 2018; 13(1): e0190892.

5. Eui-young Jeong, Si-hyun Park. Effects of Hip Joint Mobilization on Pain, Balance, and Gait in Patients with Patellofemoral Pain Syndrome JKOMPT, 2021; 27(1): 31-39.

6. Sannasi, R, Rajashekar A, Hegde NS. Association of patellofemoral pain syndrome (PFPS) with quadratus lumborum and lower limb muscle tightness a cross-sectional study J Orthop 2023, 42: 1-5.

7. Kandalkar N, Warude T, Pawar A, Godse A, Savsaviya K. Effect of Pnf Stretching and Foam Rolling Exercises in Patellofemoral Pain Syndrome. Indian Journal of Public Health Research & Development 2019; 10(5): 59-63.

8. Afonso J, Andrade R, Rocha-Rodrigues S, Nakamura FY, et al. What We Do Not Know About Stretching in Healthy Athletes: A Scoping Review with Evidence Gap Map from 300 Trials. Sports Med 2024; 54(6): 1-35.

9. Golpayegani M, Emami S. The effect of proprioceptive neuromuscular facilities (PNF) stretching exercise on patellofemoral pain syndrome (PFPS). SJKU 2017; 22 (1): 36-42. [Persian]

10. Zhang X, Liu Z. Relief of sports fatigue after marathon races by pnf stretching. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2023, 17(2): 29-41.

11. Khayambashi K, Mohammadkhani Z, Ghaznavi K, Lyle MA, Powers CM. The effects of isolated hip abductor and external rotator muscle strengthening on pain, health status, and hip strength in females with patellofemoral pain: a randomized controlled trial. J orthop sports phys ther 2012; 42(1): 22-29.

12. Hassan KA, Youssef RS, Mahmoud NF, Eltagy H, El-Desouky MA. The relationship between ankle dorsiflexion range of motion, frontal plane projection angle, and patellofemoral pain syndrome. Foot Ankle Surg 2022; 28(8): 1427-1432.

13. Zaki YR, Abdelsalam MS, Faggal MS, Ezzat M. Effect of Hip Adductors Isometric Contraction on Knee Extensors Isokinetic Torque in Patellofemoral Pain Syndrome. Egyptian Journal of Physical Therapy 2023; 16(1): 38-44.

14. Varesco G, Lapole T, Royer N, Singh B, et al. Performance fatigability during isometric vs. concentric quadriceps fatiguing tasks in men and women. J Electromyogr Kinesiol 2022; 67:102715.

15. Zaidi S, Ahamad A, Fatima A, Ahmad I, et al. Immediate and long-term effectiveness of Proprioceptive neuromuscular Facilitation and static stretching on joint range of motion, flexibility, and electromyographic activity of knee muscles in older adults. J Clin Med 2023; 12(7): 2610.

16. Baellow A, Glaviano NR, Hertel J, Saliba SA. Lower Extremity Biomechanics during a Drop-Vertical Jump and Muscle Strength in Women with Patellofemoral Pain. J Athl Train, 2020; 55 (6): 615-622.

17. Rahimi M, Salvati M, Ebrahimi Takamjani I, Mohammadi L. Comparative investigation of the relationship between stiffness and maximum torque of hamstring and rectus femoris muscles in patients with anterior knee pain and healthy individuals. 2013; 21-28. [Persian]

18. Alonazi A, Shahnaz H, Shahnawaz A, Jamal A, et al. Efficacy of Electromyography-Biofeedback Supplementation Training with Patellar Taping on Quadriceps Strengthening in Patellofemoral Pain Syndrome among Young Adult Male Athletes . Int J Environ Res Public Health 2021; 18(9): 4514.

19. Ahmadi MR, Yalfani A, Gandomi F. Effect of Twelve Weeks of Sensorimotor Training on Pain, Improvement Proprioception, Muscle Strength, and Postural Control in Men with Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Single-Blind Clinical Trial, 2021; 10(1): 1-13.

20. Kim, S, Roh Y, Glaviano NR., Park J. "Quadriceps Neuromuscular Function During and After Exercise-Induced Fatigue in Patients with Patellofemoral Pain. J Athl Train 2023; 58(6): 554-562.

21. Dominelli PB, Senefeld JW, Wiggins CC, Baker SE, et al. Quadriceps fatigue during hypoxic and ischemic knee-extension exercise is similar in males and females. J Appl Physiol 2024; 136(1):177-188.

22. Hermann A, Christl V, Hastreiter V, Carqueville P, Ellenberger L, Senner V. Muscular Fatigue and Quadriceps-to-Hamstring Ratio in Alpine Skiing in Women over 40 Years. Int J Environ Res Public Health 2023; 20(8): 5486.