

The Effect of Two PNF Stretching Programs and Lower Limb Strengthening on Pain and Proprioception of the Knee Joint before and after Local Fatigue of the Quadriceps Muscle in Male Athletes with Patellofemoral Pain Syndrome

Rostamizalani Zalani F¹, Sahebozamani M², Daneshjoo AH³, Zareei M⁴

- 1- PhD 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
- 4- Associate Professor, Department of Sports Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sports Science, Shahid beheshti University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Received: 2023.09.20 Accepted: 2023.11.27

Purpose: Fatigue of the quadriceps muscle causes pain and decreased knee proprioception. The aim of research was the effect of two PNF stretching programs and lower limb strengthening on pain and knee proprioception of the knee joint before and after local fatigue of the quadriceps muscle in male athlete with patellofemoral pain.

Methods: This research was semi-experimental and pre & post-test. The statistical population included men aged 20-30 with patella pain in Tehran. 24 people were placed in two groups of PNF stretching exercises (12 people) and strengthening (12 people) in a targeted and random selection. All subjects signed a personal consent form before participating in the study. Each group did their exercises for eight weeks and three 60-minute sessions each week. Before & after the exercises (before and after the test), knee pain and proprioceptive sensation were measured using visual pain measurement (VAS) and biodex isokinetic (model IV Pro made USA), respectively. Data were analysis significant ($P < 0.05$) using the combined repeated measure.

Results: the comparison of the first and third tests (before fatigue) ($ES = 0.5$, $p < 0.05$ and $F_{(1,22)} = 4.417$). The comparison of the second & fourth tests after fatigue ($ES = 0.8$, $p < 0.05$ and $F_{(1,22)} = 148.4$), there was a significant difference ($ES = 0.4$, $p < 0.002$ and $F_{(1,22)} = 52.14$). Pain reduction after training was 29% in the stretching group 18% in the strengthening group. The net effect of training on depth sensation improvement was significant ($ES = 0.6$, $p < 0.005$ and $F_{(1,22)} = 2.404$). Regarding the comparison of the first & third test (before fatigue) ($ES = 0.6$, $p < 0.001$ and $F_{(1,22)} = 108.2$). The comparison of the second & fourth test (after fatigue), there was a significant difference ($ES = 0.5$, $p < 0.002$ and $F_{(1,22)} = 51.1$). The improvement in proprioception after training was 15% in the stretching and 11% in the strengthening group. The exercises in the PNF stretching group were more effective on both variables in the post-test and after the training period.

Conclusion: Both exercise programs have been concluded for pain factor and proprioception, but the effect of PNF training to reduce pain and improve proprioception of patients was the amount of consumption.

Keywords: Patello femoral Pain, Fatigue, PNF Stretching Training

اثر دو برنامه‌ی کششی PNF و تقویتی اندام تحتانی بر درد و حس عمقی مفصل زانو قبل و بعد از خستگی

موضعی عضله‌ی چهارسر رانی در مردان ورزشکار مبتلا به درد کشکی-رانی

فاروق رستمی ذلانی^۱، منصور صاحب‌الزمانی^۲، عبدالحمید دانشجو^۳، مصطفی زارعی^۴

► Please cite this article as:

Rostamizalani Zalani F. The Effect of Two PNF Stretching Programs and Lower Limb Strengthening on Pain and Proprioception of the Knee Joint before and after Local Fatigue of the Quadriceps Muscle in Male Athletes with Patellofemoral Pain Syndrome . *JPSR* 2023; 12(4): 40-55. DOI: 10.22038/JPSR.2024.74843.2545

هدف: خستگی عضلات چهارسر رانی موجب درد و کاهش حس عمقی زانو می شود. هدف تحقیق اثر دو برنامه ی کششی PNF و تقویتی اندام تحتانی بر درد و حس عمقی مفصل زانو قبل و بعد از خستگی موضعی عضله ی چهارسررانی در مردان ورزشکار مبتلا به سندرم درد کشککی_رانی (Patellofemoral Pain Syndrome; PFPS) بود.

روش بررسی: این پژوهش نیمه تجربی و از نوع پیش آزمون و پس آزمون بود. جامعه آماری شامل مردان ۲۰-۳۰ ساله PFPS شهر تهران بود. ۲۴ نفر به روش هدفمند و در دسترس انتخاب و تصادفی در دو گروه تمرینات کششی تسهیل عصبی-عضلانی حس عمقی (Proprioceptive Neuromuscular Facilitating; PNF) (۱۲ نفر) و تقویتی (۱۲ نفر) قرار گرفتند. همه آزمودنی ها قبل از شرکت در تحقیق رضایت نامه شخصی را امضا نمودند. هر گروه هشت هفته و هر هفته سه جلسه ۶۰ دقیقه ای تمرینات خود را انجام دادند. قبل و بعد از تمرینات (در هر نوبت تست قبل و بعد از خستگی)، درد و حس عمقی زانو به ترتیب با مقیاس اندازه گیری بصری درد (Visual Analog Scale; VAS) و دستگاه ایزوکنتیک بایودکس (مدل IV Pro ساخت آمریکا) اندازه گیری شد. تحلیل داده با آزمون سنجش مکرر ترکیبی با معنی داری ($p < 0.05$) بود.

یافته ها: اثر خالص تمرین بر درد معنی دار بود ($ES=0.05$ و $p < 0.05$ و $F_{(1,22)}=4/417$). در مورد مقایسه آزمون اول و سوم (قبل خستگی) ($ES=0.08$ و $p < 0.05$ و $F_{(1,22)}=148/4$) و مقایسه آزمون دوم و چهارم بعد خستگی تفاوت معنی دار بود ($ES=0.04$ و $p < 0.002$ و $F_{(1,22)}=52/14$). کاهش درد بعد تمرین در گروه کششی ۲۹ درصد و تقویتی ۱۸ درصد بود. اثر خالص تمرین بر بهبود حس عمقی معنی دار بود ($ES=0.06$ و $p < 0.005$ و $F_{(1,22)}=2/404$). در خصوص مقایسه آزمون اول و سوم (قبل خستگی) ($ES=0.06$ و $p < 0.001$ و $F_{(1,22)}=108/2$) و مقایسه آزمون دوم و چهارم (بعد خستگی) تفاوت معنی دار بود ($ES=0.05$ و $p < 0.002$ و $F_{(1,22)}=51/1$). بهبود حس عمقی بعد تمرین در گروه کششی ۱۵ درصد و در تقویتی ۱۱ درصد بود. تمرینات در گروه کششی PNF بر هر دو متغیر در پس آزمون و بعد از دوره تمرین موثرتر بود.

نتیجه گیری: هر دو برنامه بر فاکتور درد و حس عمقی موثر بوده، اما تمرینات کششی PNF بر کاهش میزان درد و بهبود حس عمقی بیماران موثرتر بود.

کلمات کلیدی: درد کشککی-رانی، خستگی، تمرینات کششی PNF.

نویسنده مسئول: فاروق رستمی ذلانی، f.rostami1010@gmail.com ، ORCID: 0000-00013-1417-8881

آدرس: کرمان، دانشگاه شهید باهنر، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی
۱- دانشجوی دکتری گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۲- استاد تمام گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- دانشیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران

۴- دانشیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، تهران، ایران

مقدمه

مهمترین علت حرکت غیرطبیعی کشکک عدم تعادل اولیه در ثبات دهنده های دینامیک کشکک شامل عضلات پهن مایل داخلی و پهن خارجی است (۵). به طوری که تحقیقات نشان می دهد، فعالیت عضله ی پهن مایل داخلی به پهن خارجی در افراد سالم یک و در افرادی که دچار PFPS هستند، کمتر از یک است. عضله ی پهن مایل داخلی به عنوان یک ثبات دهنده ی دینامیکی عمل می کند و به اصلاح راستای حرکت درجه کشکک در دامنه ی ۲۰-۳۰ از باز شدن انتهایی زانو کمک می نماید. در ضعف

سندرم درد کشککی_رانی (Patellofemoral Pain Syndrome; PFPS) یا درد قدامی زانو (Anterior Knee Pain; AKP) یک اختلال شایع و با شیوع بیشتری نسبت به بیماری های دیگر مانند آرتروز در زانو است (۱-۳). محققان در یک مقاله مروری با بررسی ۱۳۶ مقاله در ایالت متحده آمریکا، استرالیا و اروپا می زان شیوع PFPS را ۲۵ درصد در جمعیت عمومی ورزشکاران معرفی کرده اند (۴).

این عضله، ممکن است کشش به خارج کشکک افزایش یابد و عملکرد مفصل زانو دچار اختلال شود (۹-۶). PFPS علاوه بر ضعف عضلانی می تواند موجب ناراستایی در اندامهای تحتانی شود (۱۰). با انحراف کشکک به خارج بر لبه داخلی مفصل کشککی رانی فشرده می شود و علاوه بر ناهنجاری در اندام های فوقانی، درد به وجود می آید. بسیاری از مطالعات به دلیل این که صرفاً مفصل زانو و هم چنین کشکک را به عنوان محل وقوع و ظهور علائمی چون درد می دانند، لذا بر روی مفصل زانو و عوامل بیو- مکانیکی نزدیک آن تمرکز دارند (۱۴-۱۱). با توجه به اینکه یکی از عوامل آناتومیک مؤثر در پایداری مفصل کشککی رانی، وجود تعادل بین نیروی عضلات واستوس داخلی و خارجی است، همراه با کاهش فعالیت عضله کوادریسپس و بر هم خوردن توالی انقباض عضلات وستوس داخلی و خارجی در PFPS، شاخص های ثابت مفصل نیز دچار تغییر می شوند؛ بنابراین همراه با تغییر در آوران های گیرنده های عضلانی، حس عمقی مفصل زانو آسیب می بیند (۱۶، ۱۵).

کوتاهای ایجاد شده در عضلات دوقلو و نعلی با کاهش در دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا در افراد مبتلا به PFPS موجب تغییر در نظم حرکتی پتلا و ایجاد درد است (۱۷). وقتی این عضلات دچار کوتاهی شوند، موجب افزایش تنش غیرفعال در عضلات شده و لذا عضله چهارسر رانی بایستی برای غلبه بر این تنش، نیروی بیشتری را در طی حرکات زانو ایجاد کند و این امر نیرو را در مفصل کشکک-ران افزایش می دهد (۱۸). از طرفی در کمربند لگنی نقص در حرکت گلاید مفصل کشککی رانی در نتیجه کوتاهی عضله کشنده پهن نیام (Tensor Fasciae Latae Muscle; TFLM) می تواند زمی نه ساز بروز برخورد کشکک با کندیل ران و درد باشد (۱۸). همچنین کوتاهی عضلات همسترینگ، دوقلو و نعلی به صورت یک تئوری مطرح است که موجب خم شدن ضعیف زانو در طی فعالیت ها و تولید نیروی بیش از حد لازم توسط عضله ی چهارسر رانی در مقابله با مقاومت غیرفعال (Passive) عضلات همسترینگ می شوند. هر دوی این موارد می توانند نیروی عکس العمل مفصل کشککی رانی را افزایش و در نهایت فشار و درد را در این مفصل موجب شده که این امر به اختلال در حس عمقی زانو منجر می شود (۲۰، ۱۹). تکنیک های کشش عضلانی با هدف بهبود دامنه حرکتی

مفاصل و عضلات می زان درد را کاهش می دهند (۲۱). محققان ضعف عضلات چهارسر رانی را به اختلالات در مفصل زانو و PFPS نسبت داده اند (۲۱). ضعف عضلات به ویژه عضله پهن داخلی (Vastus Medialis; VM) ران و عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران (Abductor & External Rotator of Femor) می تواند به دلیل غلبه عضلانی (Dominance) عضلات فعال تر باشد) در این عارضه به صورت مشهود است و محققان یکی از علل را عدم فعال سازی مناسب عضلات در زمان مناسب می دانند که این امر گشتاور بیشتری را برای حرکت کشکک به سمت بیرون فراهم آورد (۲۲). با توجه به این که اگر تنها نیروی مقاوم در برابر حرکت کشکک به سمت خارج (برآیند نیروهای کششی در زانو موجب حرکت و لغزش کشکک به سمت خارج می شود و عضله پهن داخلی به عنوان تنها عضله ثابت دهنده عمل می کند) به صورت مناسب عمل نکند، با حرکت استخوان کشکک به سمت بیرون و برخورد با کندیل خارجی استخوان ران و فشار بر کپسول مفصلی، درد در عارضه PFPS را موجب شود (۲۳). مستمند و همکاران (۲۴)، در یک تحقیق نتایج نشان دادند که استفاده از چسب کینزیولوژی موجب برقراری حس عمقی زانو و درد بین زنان و مردان مبتلا به PFPS یک طرفه شد (۲۴). احمدی و همکاران (۲۵)، در یک تحقیق نشان دادند که تمرینات حسی-حرکتی به صورت معناداری می تواند درد را در افراد مبتلا به PFPS کاهش دهد و موجب بهبود حس عمقی زانو شوند (۲۵). Alonazy و همکاران (۲۶)، در یک تحقیق نشان داد که گروه های تجربی بعد از پایان برنامه تمرینات با تقویت عضله چهارسر رانی بهبود در فاکتورهای درد، عملکرد و افزایش حس عمقی عضله چهارسر رانی نشان دادند ولی بهبودی در گروه تمرینات بیوفیدبک الکترومایوگرافیک بیشتر از گروه دیگر بود. Mackay و همکاران (۲۷)، در یک تحقیق نشان داد که تیپینگ توانسته است درد را به وسیله ی تغییرات در روتیشن تیبیا در طول اسکات تک پا و دویدن بهبود بخشد و به این صورت موجب کاهش درد شود.

تاکنون سناریوهای متفاوتی در مورد اثرات خستگی (Fatigue) بر افزایش درد در افراد مبتلا به PFPS گزارش شده است (۲۶). خستگی عضلانی و به خصوص عضله چهارسر رانی به دلیل ارتباط این عضله با استخوان کشککی

مشهود است. تمرینات کششی PNF (به عنوان بهترین نوع تمرینات در بین انواع مختلف برنامه های کششی) در مفاصل اندام تحتانی می تواند موجب قرارگیری مرکز مفصل در یک راستای مناسب شود، از طرفی تمرینات تقویتی در اندام های تحتانی نیز می تواند با افزایش قدرت عضلات راستای مناسب را برقرار کند. با توجه به روند خستگی عضلات چهارسر رانی و این که خستگی می تواند موجب تغییر در الگوی فراخوانی واحد حرکتی عضلات چهارسر رانی در افراد مبتلا به PFPS شود و با توجه به ادبیات کم تحقیق در زمینه مقایسه دو برنامه کششی PNF مفاصل اندام تحتانی و تمرینات تقویتی قبل و بعد از خستگی، لزوم انجام تحقیق حاضر آشکار خواهد شد تا بتوان به این مهم دست یافت که انجام کدام برنامه تمرینی می تواند هنگام خستگی عضله‌ی چهارسر رانی مفیدتر واقع شود.

روش بررسی

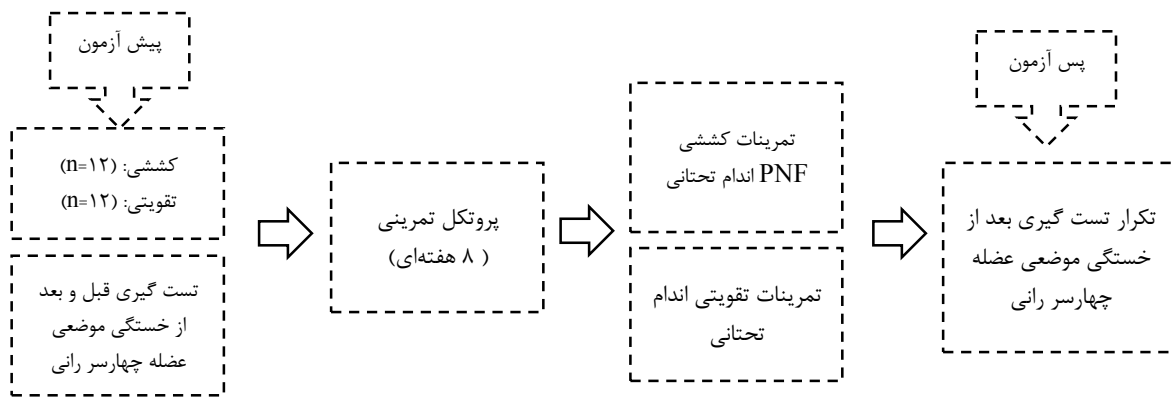
تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و به صورت پیش آزمون و پس آزمون بود. شایان ذکر است که در هر نوبت آزمون یک پروتکل خستگی (۲۷) عضلات چهارسر رانی به افراد داده شد و تست‌گیری مجدداً انجام شد (نمودار ۱). بین کلیه مردان مبتلا به PFPS مراجعه کننده به کلینیک پزشکی ورزشی با دامنه سنی ۲۰-۳۰ سال شهر تهران (۱۷)، تعداد ۲۴ نفر به صورت هدفمند انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه به صورت زیر توزیع شدند: ۱- گروه کششی PNF (۱۲ نفر) ۲- تقویتی (۱۲ نفر). در تعیین حجم نمونه از نرم افزار G*Power استفاده شد که مقادیر اعمال شده در نرم افزار شامل: اندازه اثر: ۰/۳ توان آزمون: ۰/۹۵ و سطح معناداری: ۰/۰۵ بود. تعداد کل حجم نمونه حاصل ۲۴ نفر محاسبه شد.

معیارهای ورود به تحقیق شامل: مردان ۲۰-۳۰ سال، مولفه های کلینیکی از PFPS یک طرفه و دو طرفه برای مدت بیشتر از سه ماه، درد قدامی یا خلفی گزارش شده در حداقل دو مورد از فعالیت های زیر (۱۷): نشستن طولانی مدت، بالا و پایین رفتن از پله، اسکات، دویدن و پریدن، به علاوه موارد بالا در معیارهای خروج از تحقیق حداقل دو تا سه مورد از آزمون های زیر درد وجود داشته باشد:

در بیماران مبتلا به PFPS به عنوان یک مبحث مهم مورد توجه محققان بوده است (۲۷). یکی از دلایل اختلال در عملکرد عضله چهارسر رانی مربوط به خستگی عضله چهارسر رانی بوده که با وجود خستگی موضعی عضله چهارسر رانی کاهش در قدرت گشتاوری اکستنسوری مشاهده می شود (۲۸). خستگی با اثر بر سیستم عصبی مرکزی سناریوی عملکرد همکاری (Synergy) عضلات چهارسر ران را مختل نموده و موجب کاهش در اوج قدرت انقباض عضلات خواهد شد. خستگی موجب تغییراتی در عملکرد عضله چهارسر رانی خواهد شد و این در حالی است که در افراد مبتلا به PFPS اختلال در عملکرد عضله چهارسر رانی وجود دارد (۲۸).

یکی از برنامه های قابل انجام در یک زنجیره بسته تمرینات کششی تسهیل عصبی-عضلانی حس عمقی (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation; PNF) بوده که شامل دو جز برنامه تمرینی می باشد. تکنیک‌های تقویتی آن شامل تکنیک ریتمی ک، معکوس-سازای آرام (Rhythmic Slow Inverting; RSI) و تمرینات کششی نگه داشتن، انبساط؛ انقباض-انبساط Holding Expansion Contraction-Expansion;) (HECE) بوده که این برنامه ها در تمرینات کششی PNF به استقامت عضلانی و افزایش دامنه حرکتی و کنترل عصبی-عضلانی در اطراف یک مفصل کمک می کند (۲۹). گلیپایگانی و امامی (۲۹)، در یک تحقیق تحت عنوان بررسی تأثیر تمرینات کششی PNF بر PFPS، موثر بودن تمرینات کششی PNF بر کاهش در می زان درد و بهبود در عملکرد بیماران را نشان دادند (۲۹). Alonazy و همکاران (۲۶)، نشان داد که افزایش دامنه حرکتی مفصل زانو با بهبود قدرت عضلانی در مفصل می تواند به عنوان یک درمان موثر مد نظر قرار گیرد (۲۶).

عامل به وجود آوردنده سندرم در هاله ای از ابهام قرار دارد. همچنین تحقیقات گذشته نیز به صورت مجزا دو برنامه تمرینی کششی و تقویتی را در درمان استفاده نموده-اند که البته نوع تمرینات کششی نیز PNF نبوده است. از طرفی هیچ مقایسه‌ای بین اثر این دو برنامه تمرینی قبل و بعد از خستگی عضلات چهارسر رانی انجام نشده است و این در حالی است که تغییرات در راستای مفاصل اندام تحتانی به عنوان یک امر بدیهی در افراد مبتلا به PFPS



نمودار ۱: شمای کلی تحقیق

نحوه ی انجام آزمون به این شرح بود: در حالی که فرد در وضعیت نشسته روی صندلی قرار می گیرد، زاویه ی ۹۰ درجه ای در هیپ و زانوی فرد باید حفظ شود. سپس زانوی آزمودنی ها به صورت پاسیو (Passive) و توسط دستگاه به زاویه ۶۰ درجه (زاویه هدف) (که البته در این زاویه میزان خطای حس عمقی زیاد بود چون جز زاویه ها بالا محسوب می شود) برده می شود و این وضعیت به مدت ۳ ثانیه حفظ می شود. سپس اندام تحتانی آزمودنی ها به وضعیت شروع بازگردانده می شود و بعد از پنج ثانیه از فرد خواسته می شود تا زاویه ی هدف را با چشمان بسته (Close Eye) و به صورت فعال (Active) بازسازی نمایند. این کار سه مرتبه انجام شد که بار اول برای آشنایی آزمودنی با نحوه ی انجام آزمون در نظر گرفته شد. میانگین میزان بازسازی زاویه ی هدف در سه تلاش آخر به عنوان نمره ی آزمودنی در این آزمون در نظر گرفته شد (۲۴). برای انجام این کار بدن فرد به صندلی توسط کمربندهای دستگاه ثابت شده تا از حرکات اضافی و اعمال کردن درگیری سایر عضلات جلوگیری به عمل آید و تمرکز لازم بر روی مفصل زانوی فرد باشد.

پروتکل ها

پروتکل 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. 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

چهارسر رانی، درد همراه با لمس در خط عقبی کشکک، درد در طول حرکت اسکات (۱۷).

معیارهای خروج از تحقیق شامل: افرادی که قبلاً عمل جراحی زانو داشته اند، بی ثباتی لیگامان و یا اختلالات داخلی، سابقه ی دررفتگی استخوان کشکک و یا نیم در رفتگی آن، قفل شدن و یا خالی کردن زانو، بیماری های حاد و مزمن، ازگود شلاتر (Osgood-Schlatter Disease; OSD)، پارگی های عضلانی، سندرم جانسون (Stevens Johnson Syndrome; SJS)، آماس کیسه های مفصلی، بیماری کشککی، شرکت کنندگانی که در حال حاضر در برنامه های آموزشی اندام تحتانی درگیری فعال داشتند (۱۸) که البته تمامی این عوامل توسط متخصص فیزیوتراپیست مورد تأیید قرار گرفت. جهت اندازه گیری درد از مقیاس دیداری درد (Visual Analog Scale; VAS) که نشان دهنده ی درد بیماران در حالت کلی است، استفاده شد. این مقیاس به صورت یک خط ده سانتی متری رسم می شود و برای درک مفهوم میزان درد توسط بیماران بین صفر تا ده سانتی متر درجه بندی می شود. عدد صفر هیچ گونه دردی را نشان نمی دهد، عدد ۱ تا ۳ درد خفیف، عدد ۴ تا ۶ درد متوسط و عدد ۷ تا ۱۰ درد شدید را بیان می کند (۲۳). پایایی داخلی آن (Intraclass Correlation Coefficient; ICC) بین ۰.۷۷ تا ۰.۷۹ برای بیماران مبتلا به PFPS گزارش شده است (۲۳).

به منظور ارزیابی میزان دقت در حس عمقی از روش بازسازی زاویه هدف توسط دستگاه ایزوکنتیک بایودکس (مدل Pro IV ساخت کشور آمریکا) استفاده شد. این دستگاه شامل یک صندلی با چرخش ۳۶۰ درجه ای نشیمنگاهی و با قابلیت تنظیم ارتفاع و با استحکام است.

آزمودنی خواسته شد تا انقباضات پشت سر هم را تا جایی ادامه دهد که در حین انجام انقباض های پی‌درپی و به علت خستگی عضلانی، گشتاور عضلات چهارسر ران حداقل برای سه تکرار از ۵۰ درصد حداکثر گشتاور خود پایین تر برود. جهت انجام آزمون خستگی، سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه در نظر گرفته شد، چرا که استفاده از سرعت های پایین، تکرارپذیری مناسبی جهت انجام پروتکل های خستگی دینامی ک دارد (۲۷).

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 دوره برنامه تمرینی زیر نظر محقق هدایت می شود. تمرینات کششی PNF از نوع انقباض-استراحت-کشش شامل حرکات غیرفعال بوده به گونه ای که پای فرد تا زاویه ای که احساس ناراحتی خفیفی به وجود بیاید و این حرکت را برای مدت ۱۵ ثانیه حفظ می نماید. سپس از افراد خواسته می شود 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 مجدداً به وضعیت جدید می رساند. کشش بر روی عضلات دوقلو و نعلی 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. (۲۸، ۲۹). قابل ذکر است که افراد قبل از اجرای تمرینات ویژه خود، در یک دوره گرم کردن هفت دقیقه ای شامل تمرین روی دوچرخه ثابت با بار سبک شرکت نمودند (۳۰).

تمرینات تقویتی اندام تحتانی

تمرینات تقویتی در افراد مبتلا به PFPS به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ 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. بیمار تمرین تقویتی مربوط به عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران را انجام داد. برای انجام برنامه تمرینی فرد به پهلو قرار می گیرد و با استرپ مناسب لگن به تخت ثابت و یک انتهای تیوب تمرینی ساخت کشور آمریکا (Corporation, Akron, OH USA The Hygienic) را به بالای قوزک مچ پا، متصل و انتهای دیگر تیوب به تخت

ثابت می شود و از فرد خواسته می شود تا حرکت دور شدن را در زاویه ۳۰ درجه انجام دهد. افراد تمرینات تقویتی عضلات چرخاننده خارجی ران را در حالت نشسته بر روی تخت با زانوی ۹۰ درجه فلکشن انجام دادند؛ بدین صورت که یک انتهای تیوب به می له‌ای ثابت شده و آزمودنی حرکت را در طول دامنه ۳۰ درجه حرکتی انجام دادند (۳۱).

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 بیمار براساس ارزیابی اولیه، حرکات را شروع و به وسیله‌ی تیوب رنگی متناسب با قدرت خود، تمرینات را آغاز کردند (۳۱). 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 می دهد؛ البته قبل از انجام تمرین از فرد خواسته می شود تا زاویه ۳۰ درجه نیم اسکات برود تا محدوده حرکت نیم اسکات مشخص گردد (۳۱). 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 می داد (۳۱). جهت تحلیل داده‌ها از روش سنجش مکرر ترکیبی در بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۳ در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ استفاده شد.

یافته‌ها

اطلاعات مربوط به مشخصات دموگرافیک نمونه‌ها در جدول ۱ آمده است:

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk)، همگنی واریانس با تست لیون (Leven's Test) ($p < 0.05$)، همگنی واریانس-کوواریانس (Box's_M) با استفاده از داده‌های

جدول ۱: اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌ها

گروه‌ها	کشتی ^o		تقویتی	
	(می انگیب±انحراف معیار)	(می انگیب±انحراف معیار)	آماره آزمون	p-مقدار
سن (سال)	۲۴/۳±۳۰/۲۵	۲۶/۴±۱۷/۱۴	۱/۳۱۵	۰/۳۸۸
قد (سانتی متر)	۱۷۹/۳±۷۵/۴۵	۱۷۷/۲±۲۸/۸۴	۰/۸۳۴	۰/۵۰۲
وزن (کیلوگرم)	۶۵/۴±۸۴/۷۷	۶۶/۳±۴۳/۵۷	۱/۱۱۹	۰/۶۰۱
سابقه ابتلا	۲/۱±۱۹/۰۵	۱/۱±۷۴/۴۸	۰/۷۴۸	۰/۴۸۳
شاخص توده بدنی ^{oo} (کیلوگرم/متر مربع)	۱/۳۰±۲/۲۰	۵۵/۲۲±۱/۰۸	۰/۹۱۲	۰/۸۰۷

*PNF Proprioceptive Neuromuscular Facilitating; **

Body Mass Index; BMI

از داده های جدول پیش فرض های آزمون سنجش مکرر ترکیبی مورد تأیید قرار گرفت (جدول ۲). از آزمون سنجش مکرر ترکیبی (Mixed Repeated Measures; MRM) برای مقایسه داده های متغیر بین گروهی (گروه ها) و متغیر درون گروهی، زمان (پیش آزمون و پس آزمون قبل و بعد از خستگی در هر مرحله آزمون) استفاده شد. جهت تعیین اندازه اثر از آزمون Partial Eta Square استفاده شد. در این آزمون تفسیر داده ها بدین گونه می باشد: $0/01 =$ اندازه اثر کم، $0/06 =$ اندازه اثر متوسط و $0/14 =$ اندازه اثر زیاد.

در جدول ۳ و ۴ میانگین و انحراف معیار نمرات درد VAS آزمودنی های دو گروه در پیش آزمون و پس آزمون ارائه شده است: اطلاعات به دست آمده نشان داد که اثر خالص تمرین بر درد معنی دار بود ($ES=0/5$ و $p<0/05$) و $F(1,22)=4/417$. اما در خصوص مقایسه آزمون های اول و سوم که هر دو قبل از پروتکل خستگی انجام شده اند، تفاوت معنی داری مشاهده شد ($ES=0/8$ و $p<0/05$) و $F(1,22)=148/4$. به طوری که میزان درد بعد از ۸ هفته در گروه کشتی ۲۶ درصد و در گروه تقویتی ۱۹ درصد کاهش یافت. در خصوص تعامل بین آزمون های اول و سوم و گروه، تعامل معنی داری بدست آمد که نشان دهنده تأثیر متفاوت پروتکل تمرینی بین دو گروه بود ($ES=0/5$ و $p<0/05$) و $F(1,22)=4/6$. در خصوص مقایسه آزمون های دوم و چهارم که هر دو بعد از پروتکل خستگی انجام شده اند، تفاوت معنی داری مشاهده شد ($ES=0/4$ و $p<0/002$) و $F(1,22)=52/14$. به طوری که میزان درد بعد از ۸ هفته و در

گروه کشتی ۲۶ درصد و در گروه تقویتی ۱۹ درصد کاهش یافت. در خصوص تعامل بین آزمون های اول و سوم و گروه، تعامل معنی داری بدست آمد که نشان دهنده تأثیر متفاوت پروتکل تمرینی بین دو گروه بود ($ES=0/4$) و $F(1,22)=5/07$ و $p<0/32$. در خصوص مقایسه آزمون های دوم و چهارم که هر دو بعد از پروتکل خستگی انجام شده اند، تفاوت معنی داری مشاهده شد ($ES=0/5$) و $F(1,22)=5/11$ و $p<0/002$. به طوری که میزان حس عمقی بعد از ۸ هفته در گروه کشتی ۲۱ درصد و در گروه تقویتی ۱۷ درصد بهبود یافت. در خصوص تعامل بین آزمون های اول و سوم و گروه، تعامل معنی داری بدست آمد که نشان دهنده تأثیر متفاوت پروتکل تمرینی بین دو گروه بود ($ES=0/4$) و $F(1,22)=5/07$ و $p<0/32$. در خصوص مقایسه آزمون های دوم و چهارم که هر دو بعد از پروتکل خستگی انجام شده اند، تفاوت معنی داری مشاهده شد ($ES=0/5$) و $F(1,22)=5/11$ و $p<0/002$. به طوری که میزان حس عمقی بعد از ۸ هفته و در گروه کشتی ۲۱ درصد و در گروه تقویتی ۱۷ درصد بهبود یافت. به بیان دیگر، سازگاری در گروه تجربی تمرینات کشتی بیشتر از گروه تقویتی بود. در خصوص تعامل بین آزمون های دوم و چهارم و گروه نیز تعامل معنی دار مشاهده شد ($ES=0/8$) و

در جدول ۳ و ۴ میانگین و انحراف معیار نمرات درد VAS آزمودنی های دو گروه در پیش آزمون و پس آزمون ارائه شده است: اطلاعات به دست آمده نشان داد که اثر خالص تمرین بر درد معنی دار بود ($ES=0/5$ و $p<0/05$) و $F(1,22)=4/417$. اما در خصوص مقایسه آزمون های اول و سوم که هر دو قبل از پروتکل خستگی انجام شده اند، تفاوت معنی داری مشاهده شد ($ES=0/8$ و $p<0/05$) و $F(1,22)=148/4$. به طوری که میزان درد بعد از ۸ هفته در گروه کشتی ۲۶ درصد و در گروه تقویتی ۱۹ درصد کاهش یافت. در خصوص تعامل بین آزمون های اول و سوم و گروه، تعامل معنی داری بدست آمد که نشان دهنده تأثیر متفاوت پروتکل تمرینی بین دو گروه بود ($ES=0/5$ و $p<0/05$) و $F(1,22)=4/6$. در خصوص مقایسه آزمون های دوم و چهارم که هر دو بعد از پروتکل خستگی انجام شده اند، تفاوت معنی داری مشاهده شد ($ES=0/4$ و $p<0/002$) و $F(1,22)=52/14$. به طوری که میزان درد بعد از ۸ هفته و در

گروه کشتی ۲۶ درصد و در گروه تقویتی ۱۹ درصد کاهش یافت. در خصوص تعامل بین آزمون های اول و سوم و گروه، تعامل معنی داری بدست آمد که نشان دهنده تأثیر متفاوت پروتکل تمرینی بین دو گروه بود ($ES=0/5$ و $p<0/05$) و $F(1,22)=4/6$. در خصوص مقایسه آزمون های دوم و چهارم که هر دو بعد از پروتکل خستگی انجام شده اند، تفاوت معنی داری مشاهده شد ($ES=0/4$) و $p<0/002$) و $F(1,22)=52/14$. به طوری که میزان درد بعد از ۸ هفته و در گروه کشتی ۲۹ درصد و در گروه تقویتی ۱۸ درصد کاهش یافت. به بیان دیگر، سازگاری در گروه تجربی تمرینات کشتی بیشتر از گروه تقویتی بود. در خصوص تعامل بین آزمون های دوم و چهارم و گروه نیز تعامل معنی دار مشاهده شد ($ES=0/8$) و

جدول ۲: پیش فرض های آزمون سنجش مکرر ترکیبی

گروه	مرحله آزمون	مرحله خستگی	نرمالیتی* -p مقدار	همگنی واریانس-کوواریانس -p مقدار	معناداری همگنی واریانس -p مقدار
کششی	پیش آزمون	قبل خستگی	۰/۱۲۵	۲۵/۱۴۵	۰/۲۱۴
		بعد خستگی	۰/۱۲۹	۲۷/۰۱۷	۰/۲۳۱
	پس آزمون	قبل خستگی	۰/۲۱۱	۱۴/۱۴۵	۰/۶۰۲
		بعد خستگی	۰/۱۹۴	۲۵/۳۶۹	۰/۴۰۱
تقویتی	پیش آزمون	قبل خستگی	۰/۱۵۴	۳۲/۲۴۷	۰/۲۰۱
		بعد خستگی	۰/۱۱۷	۲۳/۱۱۴	۰/۱۸۱
	پس آزمون	قبل خستگی	۰/۲۱۸	۱۴/۰۱۴	۰/۳۶۱
		بعد خستگی	۰/۳۰۱	۱۹/۱۹۲	۰/۷۴۲

* نرمالیتی داده ها بالاتر از ۰/۰۵ و بیانگر توزیع طبیعی داده ها

جدول ۳: نمرات درد

متغیر	نوبت آزمون	گروه کششی* میانگین±انحراف معیار	گروه تقویتی میانگین±انحراف معیار
درد	اول آزمون	۸/۳ ± ۱/۱۲	۷/۷۳ ± ۲/۱۱
	آزمون دوم	۸/۴۲ ± ۱/۴۶	۷/۸۴ ± ۱/۱۴
	آزمون سوم	۵/۵۵ ± ۱/۴۶	۶/۴۲ ± ۱/۷۲
	آزمون چهارم	۵/۶ ± ۱/۰۵	۶/۴۹ ± ۱/۳۲

*PNF; Proprioceptive Neuromuscular Facilitation

جدول ۴: اطلاعات آماری مربوط به نمرات درد

شاخص	درجه آزادی F	-p مقدار	اندازه اثر
اثر تمرین	۴/۴۱۷	*۰/۰۰۶	۰/۵
مقایسه آزمون های اول و سوم	۱۴۸/۴۰۱	*۰/۰۰۱	۰/۸
تعامل آزمون های اول و سوم با گروه	۴/۶۰۱	۰/۳۷۱	۰/۵
مقایسه آزمون های دوم و چهارم (اثر سازگاری)	۵۲/۱۴۱	*۰/۰۰۲	۰/۴
تعامل سازگاری و گروه	۱۶/۷۰۱	*۰/۰۰۱	۰/۶
تعامل آزمون های اول و سوم با سازگاری	۱/۱۵۱	۰/۸۱۸	۰/۱
تعامل آزمون های اول و سوم، سازگاری و گروه	۲/۲۸۲	۰/۴۸۳	۰/۱

* سطح معنی داری $p < 0.05$

جدول ۵: نمرات حس عمقی

متغیر	نوبت آزمون	گروه کششی*	گروه تقویتی
حس عمقی (خطای حس عمقی)	اول آزمون	۵/۲۷±۰/۲	۵/۷۱±۰/۱۲
	آزمون دوم	۵/۳۶±۰/۰۶	۵/۷۴±۰/۱۵
	آزمون سوم	۴/۸۸±۰/۱۲	۴/۵±۰/۰۲
	آزمون چهارم	۴/۲۷±۱/۰۵	۵/۱۹±۰/۳۲

*PNF; Proprioceptive Neuromuscular Facilitation

جدول ۶: اطلاعات آماری مربوط به نمرات حس عمقی

شاخص	درجه آزادی	p - مقدار	اندازه اثر
اثر تمرین	۲/۴۰۴	*۰/۰۰۵	۰/۶
مقایسه آزمون های اول و سوم	۱۰۸/۲	*۰/۰۰۱	۰/۶
تعامل آزمون های اول و سوم با گروه	۵/۰۷	۰/۳۲	۰/۴
مقایسه آزمون های دوم و چهارم (اثر سازگاری)	۵۱/۱	*۰/۰۰۲	۰/۵
تعامل سازگاری و گروه	۱۹/۴۲	*۰/۰۰۱	۰/۷
تعامل آزمون های اول و سوم با سازگاری	۱/۰۵	۰/۶۱	۰/۲
تعامل آزمون های اول و سوم، سازگاری و گروه	۴/۴۶	۰/۴۰۳	۰/۱

* سطح معنی داری $p < 0.05$

برنامه تمرینی در پیش آزمون و پس آزمون (قبل و بعد از خستگی) موجب کاهش درد و بهبود حس عمقی بیماران شده است، ولی تمرینات در گروه کششی PNF بر متغیر درد و حس عمقی در پس آزمون و بعد از دوره تمرینات موثرتر از گروه تقویتی بود.

تحقیقات در زمینه مقایسه دو برنامه تمرینی کششی PNF و تقویتی قبل و بعد از خستگی توسط محقق یافت نشد، اما نتایج تحقیقات دیگر در زمینه کاهش درد با نتایج تحقیقات Azab و همکاران (۳۲)، کریمیان و همکاران (۳۳)، Fang و همکاران (۳۴)، Alonazy و همکاران (۲۶)، Mackay و همکاران (۲۷)، امامیردی و همکاران (۳۵)، Billaeo و همکاران (۳۶)، شریف و همکاران (۳۷)، عزیز و همکاران (۳۸)، Kim و همکاران (۳۹)، مظلوم و رهنما (۴۰)، Yosmaoglu و همکاران (۴۱)، Chiu و همکاران (۴۲) و خیامباشی و همکاران (۳۱) در زمینه اثرات تمرین-درمانی بر کاهش میزان درد بیماران همخوانی دارد. Azab و همکاران (۳۲)، در یک تحقیق به بررسی اثرات برنامه قدرتی ناحیه مرکزی بدن بر پایه تمرینات پيلاتس در افراد

تقویتی بود. در خصوص تعامل بین آزمون های دوم و چهارم و گروه نیز تعامل معنی دار مشاهده شد ($ES=0.18$ و $p < 0.05$ و $F_{(1,22)}=52.14$). که نشان دهنده تأثیر متفاوت پروتکل تمرین و پروتکل خستگی بعد از ۸ هفته بین دو گروه و ایجاد سازگاری در گروه کششی بود. اما بین آزمون های اول و سوم و آزمون های دوم و چهارم، اثر تعاملی معنی داری مشاهده نشد و مشخص شد که آزمون های اول و سوم، تأثیر معنی داری بر حس عمقی در آزمون های دوم و چهارم ندارند ($ES=0.11$ و $p > 0.05$ و $F_{(1,22)}=1.15$). همچنین بررسی اثر تعاملی گروه، آزمون های اول و سوم و آزمون های دوم و چهارم نشان داد که این سه وضعیت، اثر تعاملی اضافی بر حس عمقی ندارند ($ES=0.11$ و $p > 0.05$ و $F_{(1,22)}=4.46$).

بحث و نتیجه گیری

هدف این تحقیق بررسی اثر دو برنامه ی کششی PNF و تقویتی اندام تحتانی بر درد و حس عمقی مفصل زانو قبل و بعد از خستگی موضعی عضله ی چهارسر رانی در مردان ورزشکار مبتلا به PFPS بود. نتایج نشان داد که هر دو

Billaeo و همکاران (۳۶)، در تحقیقی به بررسی حرکت و راستای اندام تحتانی در افراد مبتلا به PFPS تحقیق انجام دادند. نتایج نشان داد که افراد مبتلا به PFPS در طی این حرکت علاوه بر افزایش در والگوس زانو، چرخش‌های بیشتر در زانو و می زان خم شدن بیشتری را نسبت به افراد سالم نشان دادند. کینماتیک حرکت اندام‌های تحتانی و حس عمقی نیز به هم خورد. شریف و همکاران (۳۷)، در یک تحقیق به مقایسه تقویت عضلات ناحیه ران و درمان‌های مرسوم فیزیوتراپی بر عملکرد افراد مبتلا به PFPS پرداختند. نتایج نشان داد که تمرینات در هر دو گروه مؤثر بود ولی در گروه تمرینات تقویتی عضلات ران مؤثرتر از گروه دیگر بود. عزیزی و همکاران (۳۸)، در یک تحقیق به بررسی تقویت عضلات ابدکتور و چرخاننده خارجی ران بر درد و عملکرد افراد مبتلا به PFPS پرداختند. تقویت عضلات ابدکتور و چرخاننده خارجی ران به مدت ۸ هفته در گروه تجربی انجام شد و گروه کنترل فاقد فعالیت بودند. نتایج نشان داد که تمرینات تقویتی موجب کاهش درد و بهبود متغیرهای حس عمقی شد. Kim و همکاران (۳۹)، در یک تحقیق به بررسی آرام‌سازی با روش آروما در طول تمرینات ایزوتونیک بر نرخ درک تلاش و می زان فاکتورهای خستگی خون در ورزشکاران مبتلا به PFPS پرداختند. نتایج نشان داد که در گروهی که آرام‌سازی عضلانی را انجام داده بودند در فاکتور درک تلاش بهبود معناداری مشاهده شد. این تحقیق استفاده از انقباضات ایزوتونیک را در کاهش درد بهبود داد. خیام‌باشی و همکاران (۳۱)؛ در پژوهشی به مجزا کردن ابدکتورهای ران و تقویت عضلات چرخاننده‌ی خارجی ران بر روی درد و وضعیت سلامت در زنان مبتلا به سندرم کشکی_رانی پرداختند. بعد از هشت هفته تمرین نتایج حاکی از آن شد که درد ۸۲ درصد کمتر شده و بعد از شش ماه هم درد ۷۸ درصد شده بود.

در تحقیق حاضر هر دو برنامه تمرینات تقویتی و کششی PNF موجب کاهش درد بیماران شده است. در گروه تمرینات کششی PNF می‌توان دلیل کاهش درد را در این موضوع دانست که با توجه به اینکه این تمرینات به استقامت عضلانی و افزایش دامنه حرکتی و کنترل عصبی-عضلانی در اطراف یک مفصل کمک می‌کند (۲۹). دلیل دیگر در موثر بودن این برنامه‌ها را می‌توان در برقراری راستای مناسب مفصلی مچ پا با انجام کشش بر روی عضلات دوقلو و نعلی دانست. در مورد برنامه تمرینات تقویتی نیز می‌توان به این

نوجوان مبتلا به PFPS مطالعه انجام دادند. نتایج نشان داد که برنامه تمرینی در گروه تجربی توانسته است فاکتورهای درد و قدرت عضلانی را بهبود بخشد و موجب بهبود عملکرد شود. کیفیت زندگی افراد هم تفاوت معناداری با گروه کنترل از نظر روند بهبودی داشت. کریمیان و همکاران (۳۳)، در یک تحقیق به بررسی اثرات نیدلینگ خشک عضله سرینی میانی و عملکرد حرکتی زنان غیرورزشکار مبتلا به PFPS یک طرفه پرداختند. نتایج نشان داد که بعد از برنامه کاهش معناداری در درد گروه تجربی نسبت به گروه کنترل پیدا شد. این نوع درمان می‌تواند به عنوان مکمل درمان‌های دیگر استفاده شود. Fang و همکاران (۳۴)، در یک تحقیق به بررسی اثرات تمرینات آبی با شدت بالا یا دوچرخه در ورزشکاران مبتلا به PFPS یک طرفه تحقیقی انجام دادند. نتایج نشان داد که گروه تمرینات آبی بهبودی معناداری در مقایسه با گروه تمرینات دوچرخه در هر دو متغیر نشان دادند. علت بهبودی در گروه تمرینات آبی را به افزایش فاکتور قدرت عضلانی نسبت داده‌اند. Alonazy و همکاران (۲۶)، در یک تحقیق به بررسی اثرات تمرینی بیوفیدبک الکترومایوگرافیک همراه با تیپینگ پتلا بر قدرت عضله چهارسر و شاخص حس عمقی در مردان سالمند مبتلا به PFPS تحقیقی انجام دادند. گروه‌های تجربی بعد از پایان برنامه تمرینات بهبود در فاکتورهای درد، عملکرد و افزایش حس عمقی عضله چهارسر رانی نشان دادند. قدرت عضله چهارسر در هر دو گروه بهبود پیدا کرد و بهبودی در گروه تمرینات بیوفیدبک الکترومایوگرافیک بیشتر از گروه دیگر بود (۲۶). Mackay و همکاران (۲۷)، در یک تحقیق به بررسی استفاده از تکنیک تیپینگ مولیگان بر درد و راستای بیومکانیک اندام تحتانی در زنان مبتلا به PFPS به تحقیق پرداختند. نتایج نشان داد که تیپینگ توانسته است درد را به وسیله‌ی تغییرات در روتیشن تیبیا در طول اسکات تک پا و دوییدن بهبود بخشد و به این صورت موجب کاهش درد شود. امام‌پوردی و همکاران (۳۵)، در یک تحقیق به تأثیر تمرینات فیدبک کنترل والگوس زانو بر درد، گشتاور ران و عملکرد در افراد دارای PFPS پرداختند. تحلیل نتایج این تحقیق نشان داد که تمرینات فیدبکی با بهبود حس عمقی موجب کنترل والگوس زانو شده و تأثیرات سودمندی در افراد دارای PFPS داشت؛ که منجر به تغییرات در متغیرهای بیومکانیکی مانند گشتاور اکسنتریک ران، متغیرهای عملکردی، زاویه والگوس زانو و درد شد.

گونه ای که کاهش ۵۸ درصدی در درد را گزارش نمودند. تمرینات صرفاً روی مفصل زانو و شامل عضلات همسترینگ، ساق پا، عضلات چهارسر رانی و عضلات سرینی بود. ساعت-چیان و همکاران (۴۳)، در یک تحقیق نشان دادند که تمرینات منتخب تقویتی احتمالاً می تواند اثرات مثبتی بر کاهش فاکتورهای خطر PFPS داشته باشد. این تمرینات می تواند با افزایش حس عمقی و بهبود فعالیت الکتریکی عضلات در تکواندوکاران نخبه، باعث بالانس عضلات ناحیه زانو شده و در نهایت باعث کاهش فشار وارده بر مفصل کشکی-رانی و پیشگیری از PFPS شود. احمدی و همکاران (۲۵)، در یک تحقیق به بررسی اثر ۱۲ هفته تمرینات حسی-حرکتی بر درد، حس عمقی، قدرت عضلانی و کنترل پوسچرال (Postural) مردان مبتلا به PFPS پرداختند. 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 می تواند درد را در افراد مبتلا به PFPS کاهش دهد.

در زمینه بهبود حس عمقی نیز می توان اشاره کرد که هر چقدر راستای مفاصل اندام تحتانی مناسب تر باشد، تعادل عضلانی برقرار بوده و دوک عضلانی تحت کشش های غیرعادی نخواهد بود و در نتیجه موجب بهبود داده های آوران بهتری برای مغز خواهد بود. کوتاهی ایجاد شده در عضلات دوقلو و نعلی موجب تغییر در نظم حرکتی پتلا و ایجاد درد است (۱۷). وقتی این عضلات دچار کوتاهی شوند، موجب افزایش تنش غیرفعال در عضلات شده و لذا عضله چهارسر رانی بایستی برای غلبه بر این تنش، نیروی بیشتری را در طی حرکات زانو ایجاد کند و این امر نیرو را در مفصل کشکی-ران افزایش می دهد (۱۴). با انجام برنامه تمرینات کششی PNF در تحقیق حاضر با حداکثر انقباض عضلانی که در ابتدای کار اجرا می شود، ممکن است میزان انتقال جریانات عصبی که از طریق گیرنده های عمقی برای انقباض به دوک عضلانی می رسد، کاهش یافته و مقاومت عضلات مخالف حرکت را کمتر نماید. لذا کشش عضلات کوتاه شده می تواند موجب برقراری مجدد حس عمقی و کاهش تنش عضلانی شود. با تقویت عضلات اکستنسور زانو به دلیل قرارگیری در راستای صحیح عضلانی، دقت در تعیین حس وضعیت مفصل زانو خواهد یافت؛ زیرا این برنامه سبب افزایش حساسیت کششی دوک عضلانی می شود. درد موجب تحریک گیرنده های مکانیکی موجود در مفصل و

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 تکیه گاه 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 بروز درد خواهیم بود (۳۴)، که با برنامه تقویتی عضلات کمر بند لگنی در تحقیق حاضر شاهد کاهش حرکت لگن در صفحه فرونتال و در نتیجه کاهش برخورد استخوان کشکک بودیم. همچنین با برنامه تقویت عضلات چهارسر رانی می زان حرکت استخوان کشکک با کنترل مناسب تر عضله پهن داخلی که در این بیماران دچار ضعف بود، از حرکت کشکک و برخورد با کندیل خارجی ران جلوگیری نمود و بدین ترتیب درد کاهش پیدا کرد.

در زمینه بهبود حس عمقی نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات گلپایگانی و امامی (۲۹) همخوانی دارد. گلپایگانی و امامی (۲۹) در یک تحقیق به بررسی تاثیر تمرینات کششی PNF بر PFPS پرداختند. درد و عملکرد حرکتی بیماران اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که گروه تمرینات کششی کاهش در میزان درد و بهبود در عملکرد را نسبت به گروه کنترل نشان دادند. مظلوم و رهنما (۴۰)؛ در یک تحقیق اثرات مطلوب تکنیک لرزشی (Vibration) بر روی کاهش میزان خطای بازسازی زاویه هدف در زانو نشان داده شده است. نتایج بیانگر آن بود که در هر دو گروه تجربی بعد از انجام پروتکل های تمرینی خاص کاهش درد و خطای بازسازی زاویه هدف را در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد و نشان دادند که اثر تمرینات لرزشی بیشتر از تمرینات مقاومتی می باشد. Yosmaoglu و همکاران (۴۱)، به بررسی ارتباط بین مسیر حرکت، حس موقعیت مفصل و سطح عملکرد در افراد مبتلا به PFPS به مطالعه پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که اگر چه در حس وضعیت مفاصل اندام تحتانی بین گروه ها تفاوت پیدا نشد، ولی گروه مبتلا به PFPS دارای قدرت و استقامت کمتری نسبت به گروه کنترل بودند. Chiu و همکاران (۴۲)، در مطالعه ای به بررسی تمرینات تقویتی عضله ی چهارسر رانی بر روی فاکتورهای درد و عملکرد در بیماران مبتلا به PFPS پرداختند. پس از هشت هفته تمرین اختلاف معناداری در فاکتورهای درد و عملکرد در گروه تجربی را پیدا کردند به

ارسال اطلاعات حسی غیرطبیعی و در نتیجه کاهش فعالیت ارادی عضلات می‌شود، زیرا ارسال اطلاعات حسی غیرطبیعی، کاهش تحریک پذیری نورون حرکتی آلفا را به دنبال داشته و سبب کاهش حساسیت نورون حرکتی گاما و کاهش حساسیت دوک عضلانی و در نهایت کاهش دقت حس عمقی می‌شود، که به دلیل تمرینات انجام شده در تحقیق حاضر می‌زان درد در هر دو گروه کاهش پیدا کرده و به دلیل اینکه تعداد مفاصل درگیر در گروه اصلاح الگوی حرکتی اندام تحتانی بیشتر از گروه تمرینات سنتی بوده، این اثرگذاری بیشتر است.

بحث پیرامون اثرات برنامه‌های تمرینی بر قبل و بعد از خستگی

تاکنون سناریوهای متفاوتی در مورد اثرات خستگی بر کاهش حس عمقی و افزایش درد در افراد مبتلا به PFPS گزارش شده است (۲۴). خستگی با اثر بر سیستم عصبی مرکزی سناریوی عملکرد سینرژی عضلات چهارسر ران را مختل نموده و موجب کاهش در اوج قدرت انقباض عضلات خواهد شد. خستگی موجب تغییراتی در عملکرد عضله چهارسر رانی خواهد شد و این در حالی است که در افراد مبتلا به PFPS اختلال در عملکرد عضله چهارسر رانی وجود دارد (۲۴). این امر سبب کاهش قدرت ارادی و ظرفیت عملکردی عضلات، اختلال در فعال سازی همزمان عضلات موافق (Agonist) و مخالف (Antagonist) و در نهایت کاهش عملکرد و کارایی سیستم عصبی عضلانی می‌شود (۴۴). عوامل مؤثر بر بروز خستگی در دو دسته کلی، شامل عوامل مرکزی مانند خستگی ناشی از اختلال در سیستم عصبی-عضلانی و عوامل محیطی مانند خستگی در اثر اختلالات انقباض عضلانی جای می‌گیرند (۴۵). خستگی عضلات اطراف یک مفصل که با عنوان خستگی موضعی شناخته شده است، قادر به تغییر الگوی حرکت، اثر بر هم انقباضی عضلات مفصل و تغییر در حس وضعیت مفصلی است که افزایش احتمال آسیب دیدگی (۱۹) مفصل را به همراه خواهد داشت (۴۶). خستگی موضعی عضلات چهارسر ران سبب افزایش گشتاور اداکتوری زانو می‌شود (۴۶) که این گشتاور اداکتوری زانو به وسیله عضلات خارجی ران، همچون عضلات پهن چهارسر رانی و دوسر رانی کنترل می‌شود (۲۷)، در نتیجه کاهش فعالیت آن‌ها

سبب افزایش گشتاور اداکتوری زانو و انتقال بار به منطقه نامناسب در مفصل زانو و بروز درد می‌شود (۴۷). اگر بر حسب دو عامل فیزیولوژیکی و بیومکانیکی به مسأله خستگی نگاه کنیم، می‌توان بیان داشت که از نظر فیزیولوژیکی به صورت کلی خستگی موجب کاهش میانگین فرکانس به دلیل کاهش سرعت هدایت پتانسیل عمل فیبر عضلانی و همچنین افزایش مدت زمان پتانسیل عمل واحد حرکتی می‌شود (۴۶). کاهش مقدار تخلیه واحدهای حرکتی، افزایش یون پتاسیم خارج سلولی و اختلال در کانال‌های سدیمی ممکن است سبب کاهش تحریک غشای فیبر عضلانی شود که در پی آن میانگین فرکانس عضلات و سرعت هدایت پتانسیل عمل فیبر عضلانی کاهش می‌یابد (۴۶). از منظر بیومکانیکی نیز می‌توان بیان کرد که خستگی موجب برهم خوردن راستای مفصل و کاهش توان مکانیکی عضلات، افزایش زمان رسیدن به اوج گشتاور شده و اختلال حس عمقی مفصل زانو شده که این تأخیر با نقص فراهخوانی واحدهای حرکتی نیز همراه است (۴۷).

در مورد اثرات خستگی تحقیقی توسط محقق پیدا نشد، اما در تحقیق حاضر هر دو برنامه کششی PNF و تقویتی توانسته‌اند، اثرات خستگی را قبل و بعد از تست‌گیری در پیش‌آزمون و پس‌آزمون کمتر نموده و به این ترتیب درد را کاهش بدهند. علت اثرگذاری هر دو برنامه تمرینی را می‌توان از نظر بیومکانیکی در راستای مناسب مفصلی جست و جو کرد و از نظر فیزیولوژیکی نیز می‌توان گفت که اگر راستای مناسب مفصلی برقرار باشد، عضلات در یک رابطه طول-تنش (Length-Tension Relationship) مناسب قرار گرفته و فراهخوان واحد حرکتی بهتری خواهند داشت که نتیجه آن بهبود در حس حرکتی مفصل خواهد بود. علت اثرگذاری بیشتر تمرینات کششی PNF هم در پیش‌آزمون و هم در پس‌آزمون بعد از خستگی در این موضوع بود که به دلیل استفاده از برنامه حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک (Maximum Voluntary Isometric Contraction; MVIC) در ابتدای تکنیک کششی میزان مقاومت عضلات مخالف حرکت کمتر شده و فراهخوانی واحد حرکتی بهتری در عضلات موافق (واحد حرکتی در زمان و موقعیت مناسب فراهخوانی می‌شود) اتفاق می‌افتد و این موضوع موجب برقراری حرکت مناسب مفصلی در یک راستای درست خواهد بود. بدین ترتیب گیرنده‌های آوران مفصلی در یک وضعیت مناسب تری برای ارسال پیام

منابع

1. Robertson CJ, Hurley M, Jones. People's beliefs about the meaning of crepitus in patellofemoral pain and the impact of these beliefs on their behavior: A qualitative study. *Musculoskelet Sci Pract* 2017; 28: 59-64.
2. Lenhart RL, Thelen DG, Wille CM, Chumanov ES, et al. Increasing Running Step Rate Reduces Patellofemoral Joint Forces. *Med Sci Sports Exerc* 2014; 46(3): 557-564.
3. Lack S, Barton C, Sohan O, Crossley K, et al. Proximal muscle rehabilitation is effective for patellofemoral pain: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2015; 49(2): 1365-1376.
4. Phillips J, Coetsee MF. Incidence of non-traumatic anterior knee pain among 11-17 years-olds. *SAJSM* 2007; 19(2): 60-64.
5. Aeng Chat TSS. National statistics office, ministry of information and communication technology. Survey on population behavior in playing sport or physical exercise and mental health, 2011. [In thai]. Bangkok 2012; 3: 251-254.
6. Suarez C, Sibayan SA, Kubo M, Reginob J, et al. Association between lower extremity movement compensations in the presence of PFPS among female collegiate football athletes: a cross sectional study. *PJAHS* 2020; 3(1): 26-33.
7. Raju, Aiswarya, Kavitha Jayaraman, Shibili Nuhmani, Salbin Sebastian, et al. Effects of hip abductor with external rotator strengthening versus proprioceptive training on pain and functions in patients with patellofemoral pain syndrome: A randomized controlled trial. *Medicine* 2024; 103(1): 7.
8. Bazett-Jones DM, Cobb SC, Huddleston WE, O'Connor KM, et al. Effect of patellofemoral pain on strength and mechanics after an exhaustive run. *Med Sci Sports Exerc* 2013; 45(7): 1331-1339.
9. McManus L, Hu X, Rymer W, Lowery MM, et al. Changes in motor unit behavior following isometric fatigue of the first dorsal interosseous muscle. *J Neurophysiol* 2015; 113(9): 3186-3196.

قرار خواهند گرفت. همچنین نتیجه یک راستای مناسب در مفصل زانو عدم برخورد استخوان کشکک با کندیل ران و در نتیجه کاهش درد خواهد بود. این موضوع در تمرینات تقویتی به میزان بسیار کمتری اتفاق می افتد، زیرا تمرینات کششی PNF به صورت مستقیم با گیرنده های سیستم عصبی درگیر خواهد بود.

هر دو برنامه تمرینی در پیش آزمون و پس آزمون (قبل و بعد از خستگی) موجب بهبود درد بیماران شده است، ولی تمرینات در گروه کششی PNF بر متغیر درد در پس آزمون و بعد از دوره تمرینات موثرتر از گروه تقویتی بود. اثر تمرینات کششی PNF بر کاهش میزان درد بیماران مرد مبتلا به PFPS قبل و بعد از خستگی عضلات چهارسر رانی متعاقب یک دوره برنامه تمرینی هشت هفته ای موثرتر از گروه تقویتی بود. لذا کار درمانان، فیزیوتراپ ها و متخصصان آسیب شناسی ورزشی و کسانی که به نوعی با این بیماری سر و کار دارند، می توانند از نتایج این تحقیق استفاده کنند. از محدودیت های پژوهش حاضر می توان گفت علیرغم توصیه ها، کنترل میزان فعالیت های روزانه، استراحت و چگونگی رژیم غذایی و داروهای آزمودنی ها خارج از کنترل آزمونگر بود. عوامل روحی-روانی افراد نیز برای آزمونگر قابل کنترل نبوده است.

سپاسگزاری

از کلیه اساتید آسیب شناسی ورزشی دانشگاه باهنر کرمان و بهشتی تهران، کمال تشکر را دارم. مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه دکترای تخصصی آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی بوده که با کد اخلاق IR.UK.REC. 004/1402 در دانشگاه باهنر کرمان مورد تصویب قرار گرفته است.

10. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. The effects of core proprioception on knee injury: A prospective biomechanical-epidemiological study. *Am J Sports Med* 2007; 35(3): 368-373.
11. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: A literature and systematic review. *J Athl Train* 2012; 47(3): 339-357.
12. Nakagawa TH, Moriya ET, Maciel CD, Serrao FV. Trunk, pelvis, hip, and knee kinematics, hip strength, and gluteal muscle activation during a single-leg squat in males and females with and without patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012; 42(6): 491-501.
13. Manske RC, Davies GJ. Examination of the patellofemoral joint. *J Orthop Sports Phys Ther* 2016; 11(6): 831-53.
14. Cook C, Hegedus E, Hawkins R, Scovell F, Wyland D. Diagnostic accuracy and association to disability of clinical test findings associated with patellofemoral pain syndrome. *Physiother Can* 2010; 62(1): 17-24.
15. 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.
16. Smith BE, Selfe J, Thacker D, Bateman M, et al. Incidence and prevalence of patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis. *PLOS One*. 2018; 13(1): e0190892.
17. Stefanik JJ, Zhu Y, Zumwalt AC, Gross KD, et al. Association between patella alta and the prevalence and worsening of structural features of patellofemoral joint osteoarthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2010; 62(9):1258-1265.
18. Ho KY, Hu HH, Colletti PM, Powers CM. Running-induced patellofemoral pain fluctuates with changes in patella water content. *Eur J Sport Sci* 2014, 14(6): 623-34.
19. Noehren B, Sanchez Z, Cunningham T, McKeon PO. The effect of pain on hip and knee kinematics during running in females with chronic patellofemoral pain. *Gait Posture* 2012; 36(3): 596-599.
20. Casalini, Alberto, Davide Morganti, and Angela Maria Rosaria Salvemini. Diagnostic criteria for patellofemoral pain syndrome: a scoping review protocol. *medRxiv* 2023; 2023-03.
21. Satpute K, Reid S, Mitchell Th, Mackay G, Hall T. Efficacy of mobilization with movement (MWM) for shoulder conditions: a systematic review and meta-analysis, *J Man Manip Ther* 2022; 30(1): 13-32.
22. Papadopoulos K, Stasinopoulos D, Ganchev D. A systematic review of reviews on patellofemoral pain syndrome. Exploring the risk factors, diagnostic tests, Outcome Measurements and Exercise Treatment. *The Open Sports Medicine Journal* 2015; 9(1): 7-17.
23. Myer GD, Ford KR, Foss KD, Goodman A, et al. The incidence and potential path mechanics of patellofemoral pain in female athletes. *Clin Biomech* 2010; 25(7): 700-707.
24. Mostamand J, Shafizadegan Z, Tarrahi M J, Hosseini ZS. Comparing the Effect of Kinesiology Taping on Dynamic Balance and Pain of Men and Women with Unilateral Patellofemoral Pain Syndrome. *Jrehab* 2020; 21 (4):470-487.[Persian]
25. 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, *Research Article* 2021; 1-13. [Persian]
26. 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.
27. Mackay GJK, Stearn SM, Wild CY, Nugent EP, et al. Nugent, Alexander P. Murdock, Benjamin Mastaglia, and Toby M. Hall. Mulligan Knee Taping Using Both Elastic and Rigid Tape Reduces Pain and Alters Lower Limb Biomechanics in Female Patients

- With Patellofemoral Pain. *Orthop J Sports Med* 2020; 8(5): 1-13.
28. Hunter S K. The relevance of sex differences in performance fatigability. *Med Sci Sports Exerc* 2016; 48(11): 2247-2256.
29. Golpayegani M, Emami S. The effect of proprioceptive neuromuscular facilities (PNF) stretching exercise on patellofemoral pain syndrome (PFPS). *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences* 2017; 22(1): 36-42. [Persian]
30. Hosseini SH, Anbarian M, Farahmand F, Ansari M. Effect of Knee Isokinetic Extension Training with Maximum Lateral Tibial Rotation on Vastus Amplitudes in Patellofemoral Pain Syndrome Patients. *Jrehab* 2016; 16(4): 312-323. [Persian]
31. Khayambashi K, Fallah A, Movahedi AR, Bagwell J, Powers Ch. Posterolateral Hip Muscle Strengthening Versus Quadriceps Strengthening for Patellofemoral Pain: A Comparative Control Trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2014; 95(5), 900-907.
32. Azab AR, Addelbasset WK, Basha MA, Mahmoud WS, et al. Incorporation of Pilates-based core strengthening exercises into the rehabilitation protocol for adolescents with patellofemoral pain syndrome: a randomized clinical trial. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2022; 26(4): 1091-1100.
33. Karamian F, Javid M, Atefeh R, Nasirian M. The Effect of Gluteus Medius Dry Needling on Pain and Physical Function of Non-athlete women with Unilateral Patellofemoral Pain Syndrome: A Double-Blind Randomized Clinical Trial. *J Bodyw Mov Ther* 2022; 20: 23-29. [Persian]
34. Fang Bin, Yong-hwan Kim, Moon-young Choi. Effects of High-Intensity Aquatic or Bicycling Training in Athletes with Unilateral Patellofemoral Pain Syndrome. *Int J Environ Res Public Health* 2022; 19(8): 4675.
35. Emamverdi M, Letafatkar A, Khaleghi Tazji M. The effect of knee valgus control feedback exercise on pain, hip torque and performance variables in participants with patellofemoral pain. *Journal of Anesthesiology and Pain* 2020; 11(1): 85-96. [Persian]
36. 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.
37. Sharif F, Shoukat H, Asim Arif M. Effects of strengthening of hip abductors and lateral rotators for improving pain and functional limitation in patients with patellofemoral dysfunction. *RMJ* 2020; 45(1): 236-239.
38. Azizi S, Elahi M, Dadarkhah A, Shirzadi E, et al. The effect of strengthening exercise of the hip extensor and external rotator muscle on patellofemoral pain syndrome. *PMRED* 2019; 1(2): 83-90. [Persian]
39. Kim S, Choo JH, Ju S. The effect of aroma stimulation during isotonic exercise on the rating of perceived exertion and blood fatigue factors of athletes with patellofemoral pain syndrome. *J Phys Ther Sci* 2018, 30(2): 231-233.
40. Mazloun V, Rahnama N. Comparing the effect of vibration technique and resistance exercises on knee pain and proprioception in patients with chondromalacia patella, *Journal of Kerman University of Medical Sciences* 2013; 21(5): 22-34. [Persian]
41. Yosmaoglu HB, Kaya D, Guney H, Nyland J, et al. Is Therapy a relationship between tracking ability, joint position sense, and functional level in patellofemoral pain syndrome? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013; 21(11): 2564-2571.
42. Chiu JK, Wong YM, Young PS, Ng GY. The effect of quadriceps strengthening on pain, Function and patellofemoral joint contact area in persons with patellofemoral pain. *Am J Phys Med Rehabil* 2012; 91(2):98-106.
43. Sorfova, Monika, Michal Riha, Daniel J. Cleather, and Petr Kubovy. Patellofemoral pain syndrome assessed by Lysholm score, radiological and biorheometric measurements. *The Knee* 44 (2023): 100-109.
44. Scattone-Silva R, Lessi GC, Lobato D, Serrao FV. Acceleration time, peak torque and time to peak

- torque in elite karate athlete's .Science & Sports 2012; 27(4): 31-37.
45. Orishimo KF, Kremenic IJ, Mullaney MJ, McHugh MP, Nicholas SJ. Adaptations in single-leg hop biomechanics following anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2010, 18(11): 1593-1587.
46. Hatfield, G. The effects of quadriceps impairment on lower limb kinematics, kinetics and muscle activation during gait in young adults". Submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Science, Dalhousie, university Halifax, Nova Scotia. 2009; 45-53, 64-71, 86-93.
47. Cifrek M, Medved V, Tonkovic S, Ostojic S. Surface EMG based muscle fatigue evaluation in biomechanics". Clin Biomech (Bristol, Avon) 2009; 24(4): 327-340.