# The effect of resistance training with different weight adjustments on muscle strength, muscle endurance and movement performance in women with patellofemoral pain syndrome

**Shahin Mirpoor Shirkhoda[1*1], Mohammad Mehdi Safaei Zadeh[2], Ebrahim Basivand[3], Mona Sadat Kimiaei[4]**

1. MSc, Department of Pathology and Corrective Movements, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
2. MSc, Department of Pathology and Corrective Movements, Boroujerd Branch, Islamic Azad University, Boroujerd, Iran.
3. MSc, Department of Exercise Physiology, Boroujerd Branch, Islamic Azad University, Boroujerd, Iran.
4. MSc, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

Received: 01 August 2024; Accepted: 11 June 2025, Published: 21 June 2025

## Abstract

**Background and Purpose:** One of the therapeutic interventions in patellofemoral pain syndrome (PFPS) is rehabilitation of motor movement with exercise. The aim of the present study was to determine the effect of resistance training with different weight adjustments on muscle and motor function in women with PFPS.

**Material and Methods:** In this semi-experimental study, 75 women with PFPS were selected by purposive sampling method and randomly divided into 5 weight adjustment groups (1/4 body weight, 1/2 body weight, 3/4 body weight), and without weight adjustment and the control group were divided. The exercise protocol included selected resistance and functional exercises to strengthen hip and knee muscles, which were performed on stable and unstable surfaces.

**Results:** In the training groups were founded a significant increase in muscle strength and endurance, as well as an improvement in motor movement compared to the pre-test, and control group ($P < 0.001$). there was a significant increase in the strength of the extensor muscles in the intervention groups compared to the control group ($P < 0.010$). There was a significant difference in the increase in strength in the 1.2 weight adjustment and 3.4 weight adjustment groups compared to the group without weight adjustment ($P<0.010$), but there was a significant difference between the 1.2 weight adjustment and 3.4 weight adjustment groups ($P<0.05$). Also, no significant difference was observed between the 1.4 groups with weight adjustment and without weight adjustment ($P<0.05$).

**Conclusion:** Based on the findings of this research, resistance training improves muscle function in women with PFPS. It seems that weight adjustment of more than 1.2% of body weight can improve the quality of exercise and result in neuromuscular adaptations, including increased extensor muscle strength in PFPS.

**Keywords:** Patellofemoral pain syndrome, Exercise training, Weight adjustment, Pain, Muscle function

[1] **Corresponding author**

**Shahin Mirpoor Shirkhoda**

**Address:** Department of Pathology and Corrective Movements, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

**Phone:** 09161400079

**Email:** mirpourshirkhoda59@gmail.com

# اثر تمرینات مقاومتی با تعدیل وزن متفاوت بر عملکرد عضلانی و حرکتی در زنان مبتلا به سندرم درد کشککی-رانی

**شهین میرپور شیرخدا [*۱]، محمدمهدی صفائی زاده[۲]، ابراهیم بسی‌وند[۳]، مناسادات کیمایی[۴]**

۱. کارشناسی ارشد، گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۲. کارشناسی ارشد، گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران
۳. کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی ورزش، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران
۴. کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۱۱ ، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰ ، تاریخ چاپ ۳۱ خرداد ۱۴۰۴

## چکیده

**هدف:** یکی از مداخلات درمانی در سندرم درد رانی-کشککی (PFPS)، بازتوانی عملکرد حرکتی با تمرینات ورزشی می باشد. هدف تحقیق حاضر تعیین اثر تمرینات مقاومتی با تعدیل وزن متفاوت بر عملکرد عضلانی و حرکتی در زنان مبتلا به PFPS بود.

**مواد و روش‌ها:** در پژوهش نیمه‌تجربی حاضر ۷۵ زن مبتلا به PFPS به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب و به صورت تصادفی به گروه های تعدیل وزن (۱/۴ وزن بدن، ۱/۲ وزن بدن و ۳/۴ وزن بدن)، بدون تعدیل وزن و کنترل تقسیم شدند. پروتکل تمرینی شامل تمرینات مقاومتی و عملکردی منتخب تقویت عضلات لگن و زانو بود که روی سطوح پایدار و ناپایدار انجام شد.

**نتایج:** در گروه های تمرین افزایش معنی داری در قدرت و استقامت عضلانی و همچنین بهبود عملکرد حرکتی نسبت به پیش آزمون و گروه کنترل مشاهده شد (P< ۰/۰۰۱). افزایش قدرت در گروه های ۱/۲ تعدیل وزن و ۳/۴ تعدیل وزن نسبت به گروه بدون تعدیل وزن معنی دار بود (P< ۰/۰۱۰) ولی تفاوت معنی داری بین گروه های ۱/۲ تعدیل وزن و ۳/۴ تعدیل وزن مشاهده نشد (P> ۰/۰۵). همچنین تفاوت معنی داری بین گروه های ۱/۴ تعدیل وزن و بدون تعدیل وزن مشاهده نشد (P> ۰/۰۵).

**نتیجه گیری:** بر اساس یافته‌های این پژوهش تمرین مقاومتی موجب بهبود عملکرد عضلانی در زنان مبتلا به PFPS می شود به نظر می رسد که تعدیل وزن بیشتر از ۱/۲ وزن بدن می تواند موجب بهبود کیفیت تمرین و در نتیجه سازگاری های عصبی عضلانی از جمله افزایش قدرت عضلات اکستنسور در PFPS شود.

**کلیدواژه‌ها:** سندرم درد کشککی-رانی، تمرینات ورزشی، تعدیل وزن، عملکرد عضلانی

[۱] **نویسنده مسوول:**
**شهین میرپور شیرخدا**
**نشانی:** گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
**تلفن:** ۰۹۱۶۱۴۰۰۰۷۹
**ایمیل:** mirpourshirkhoda59@gmail.com

## مقدمه

وجود درد در قسمت قدامی و خلفی کشکک، بدون حضور سایر پاتولوژی‌های مفصل زانو را سندرم درد کشککی-رانی[1] (PFPS) می گویند که یکی از شایع‌ترین اشکال زانودرد است. این سندرم یکی از شایع‌ترین اختلالات اسکلتی عضلانی است و شیوع این سندرم، در زنان دوبرابر مردان است (میرپورشیرخدا، ۲۰۲۴).

استفاده از ورزش درمانی اخیراً به عنوان مداخله انتخابی در مدیریت PFPS مورد تأیید قرار گرفته است. بر اساس پژوهش های قبلی استفاده از تمرینات ورزشی بخصوص تمرینات ترکیبی هدفمند برای مفاصل زانو و ران در کاهش درد و بهبود عملکرد در کوتاه مدت، میان مدت و طولانی مدت موثر هستند (میرپورشیرخدا، ۲۰۲۴). با این وجود گاهی PFPS با تمرینات بهبود نمی یابد و ممکن است برای سال‌ها ادامه داشته باشد (اسکافوگلیری و همکاران، ۲۰۲۱). حدود نیمی از بیماران مبتلا به PFPS همچنان درد و اختلال عملکرد را تجربه می کنند (کالینز و همکاران، ۲۰۱۳؛ لانکورست و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین این افراد دارای ضعف عضلات در عملکرد حرکتی در بالارفتن و پایین امدن از پله می باشند (گلاویانو و همکاران، ۲۰۲۲). مطالعات اخیر نشان داده است که علاوه بر کمبود قدرت عضلانی، زنان مبتلا به PFPS در عضلات لگن و زانو نیز دچار کمبود قدرت می شوند؛ بر اساس همین استدلال، افزودن تمرینات متمرکز بر بازیابی قدرت عضلانی ممکن است بازیابی پایدارتری از ظرفیت عضلانی را در این جمعیت فراهم کند و در نتیجه، مزایای بالینی بیشتری ارائه دهد .

با توجه به اینکه درد ناحیه زانو از عوارض اصلی در PFPS هست و این درد هنگام اجرای تمرینات بخصوص هنگام حرکاتی که در آنها به علت تحمل وزن بدن و شیف وزنی به سمت زانو می‌تواند محدودیت‌های حرکتی را بیشتر کند، بنابراین استفاده از رویکردهای موثر بر کاهش درد از جمله تعدیل وزن می تواند برای درمان این عارضه مفید باشد (میرپورشیرخدا، ۲۰۲۴). از طرف دیگر مشخص شده است برای درمان درد این سندرم استفاده از تمرینات ورزشی ترکیبی با هدف بهبود عملکرد زانو و لگن اثرات بالینی سودمندی برای PFPS دارد (اسکافوگلیری و همکاران، ۲۰۲۱). با این حال یکی از محدودیت های انجام تمرینات عملکردی که با هدف تقویت این عضلات انجام شود، بروز درد در مفصل زانو هنگام اجرای حرکات هست که به دلیل بار زیاد هنگام ایستادن، چمباتمه زدن، یا بالا و پایین رفتن از پله ها ایجاد می‌شود (کراسلی و همکاران، ۲۰۱۶)؛ بنابراین ضرورت دارد که در برنامه تمرینی این بیماران تمهیدات لازم برای کاهش استرس ایجاد شده به مفصل زانو هنگام اجرای حرکات تمرینی در نظر گرفته شود (میرپورشیرخدا، ۲۰۲۴).
با وجود اهمیت تعدیل وزن و امکان اثر تعدیل وزن بر سازگاری های کسب شده از تمرینات، تاکنون پژوهشی که به طور خاص به بررسی اثر تمرینات بازتوانی با تعدیل وزن بر قدرت و استقامت عضلانی و همچنین عملکرد حرکتی در زنان مبتلا PFPS انجام شده باشد، یافت نشد؛ که ضرورت پژوهش حاضر را توجیه می کند. همچنین در پژوهش حاضر اثر میزان تعدیل وزن به صورت کاهش وزن به میزان یک چهارم، یک سوم و یک دوم وزن هر فرد انجام شد و با توجه به نتایج پژوهش حاضر می توان میزان تعدیل وزن بهینه برای بهبود عملکرد عضلانی و عملکرد حرکتی در اندام تحتقانی در این سندرم را نیز ارزیابی کرد.
با توجه به مطالب گفته شده هدف تحقیق حاضر اثر تمرینات مقاومتی با تعدیل وزن متفاوت بر عملکرد عضلانی و حرکتی در زنان مبتلا به PFPS بود.

## روش کار

در تحقیق نیمه تجربی حاضر، ۷۵ زن مبتلا به PFPS با دامنه سنی ۵۵ تا ۶۵ سال به روش نمونه گیری هدفمند از افراد مراجعه کننده به مراکز بازتوانی شهرستان اندیمشک انتخاب شدند. سپس شرکت کنندگان به صورت تصادفی در ۵ گروه (۱۵ نفره) شامل:

[1] patellofemoral pain

۱- تمرین با تعدیل وزن ۱/۴ وزن بدن؛ ۲- تمرین با تعدیل وزن ۱/۲ وزن بدن ؛ ۳- تمرین با تعدیل وزن ۳/۴ وزن بدن ؛ ۴- تمرین بدون تعدیل وزن و کنترل (بدون مداخله تمرین یا تعدیل وزن) تقسیم شدند (جدول ۱). شرایط ورود به پژوهش شامل جنسیت زن، دامنه سنی ۵۵ سال تا ۶۵ سال، غیر ورزشکار بودن، ابتلا به PFPS که توسط پزشک متخصص و دارا بودن وجود درد در ناحیه زانو و اطراف کشکک یا وجود درد در حین راه رفتن، دوچرخه سواری، اسکوات، بالا و پایین رفتن از پله، نشستن با زانوی خم به مدت طولانی و مثبت بودن آزمون کلارک (یانگ و همکاران، ۲۰۲۰) بود. شرایط خروج از پژوهش نیز شامل غیبت بیش از ۲ جلسه تمرین متوالی یا ۳ غیبت غیرمتوالی در طول دوره پژوهش، افزایش درد در هنگام اجرای تمرینات و عدم همکاری مناسب برای انجام تمرینات در طول دوره پژوهش بود. در ابتدا اهداف، جزئیات و همچنین اجرای تمرین ها برای همگی آزمودنی‌ها تشریح شد و سپس از افراد واجد شرایط داوطلب، رضایت‌نامه کتبی گرفته شد. از تمامی شرکت کنندگان ا قبل از شروع پژوهش آزمون‌های تن‌سنجی، و میزان درد و علمکرد حرکتی گرفته شد.

**جدول۱. طرح تحقیق**

| گروه های تحقیق | پیش آزمون | تمرین اصلاحی | تعدیل وزن | پس آزمون |
|---|---|---|---|---|
| **گروه تجربی ۱** | قدرت عضلات اکستنسور زانو | بله | ۱/۴ | قدرت عضلات اکستنسور زانو |
| **گروه تجربی ۲** | استقامت عضلات اکستنسور زانو | بله | **۱/۲** | استقامت عضلات اکستنسور زانو |
| **گروه تجربی ۳** | آزمون پایین آمدن از استپ به جلو | بله | **۳/۴** | آزمون پایین آمدن از استپ به جلو |
| **گروه تجربی ۴** | | بله | **خیر** | |
| **کنترل** | | **خیر** | **خیر** | |

در پژوهش حاضر وزن آزمودنی ها با استفاده از ترازوی توزین وزن با حداقل لباس ممکن اندازه گیری شد. قد آزمودنی ها نیز با رعایت اصول استاندارد و به صورت ایستاده با استفاده از قدسنج اندازه گیری شد. سپس شاخص توده بدن با فرمول زیر محاسبه شد.

$$BMI = Weigh\ (kg) / Height^2\ (m)$$

**آزمون پایین آمدن از استپ به جلو**[1]: آزمون پایین آمدن از استپ به جلو (FSD) یکی از آزمون های عملکردی زانو است که برای سنجش میزان عملکرد زانو در افراد مبتلا به PFPS استفاده می شود (نیکنام و همکاران، ۲۰۲۰)؛ امتیازدهی و طبقه بندی آزمون FSD در ۳ دسته (خوب، متوسط و ضعیف) بر اساس کیفیت حرکت تمرین می باشد و نمره کل ۰ یا ۱ به عنوان کیفیت حرکت خوب، نمره کل ۲ یا ۳ به عنوان کیفیت حرکت متوسط و نمره کل ۴ یا بیشتر به عنوان کیفیت حرکت ضعیف طبقه بندی می شود (لیم و همکاران، ۲۰۲۰). در این آزمون پای آزمایش‌شده به‌عنوان سمتی انتخاب شد که زانو در آن بیشترین علائم را برای هر آزمودنی در طول FSD داشته باشد. آزمودنی پاها را به اندازه عرض شانه باز کرد و روی استپ قرار گرفت و دست های خود را روی کمر قرار داده و انگشتان پا را با انتهای جلویی استپ قرار داد. ارتفاع پله بدون توجه به طول پا بر اساس مطالعات قبلی که در طول انجام تست پایین آمدن به جلو استفاده شده بود، ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (پارک و همکاران، ۲۰۱۳). از آزمودنی خواسته شد تا زانوی سمت آزمایش‌شده را خم کند تا زمانی که پاشنه اندام آزمایش‌شده با زمین تماس پیدا کند در حالی که تنه را صاف نگه داشته باشد بدون اینکه وزنی روی پاشنه وارد کند؛ سپس به حالت شروع بازگردد. پس از تکمیل ۵ آزمون متوالی، آزمونگر عملکرد آزمودنی را در هر ۵ تکرار آزمون FSD ارزیابی کرد.

[1] Forward step down

**قدرت عضلات اکستنسور زانو:** در تحقیق حاضر برای سنجش قدرت عضلانی عضلات اکسنتسور زانو از حرکت پرس پا خوابیده (هرمان و همکاران، ۲۰۱۶) استفاده شد و با استفاده از تعداد تکرار حرکت پرس پا و وزنه انتخابی و قراردهی در آزمون برزیسکی[1]، یک تکرار بیشینه آزمودنی ها به عنوان قدرت بیشینه هر فرد ثبت شد (شادلو و همکاران، ۲۰۲۱).

$$1RM = Weight \div [\ 1.0278 - (0.0278 \times Number\ of\ repetitions)]$$

**استقامت عضلات اکستنسور زانو:** در تحقیق حاضر به منظور اندازه گیری استقامت عضلات اکستنسور زانو از آزمون اسکات دیوار ایزومتریک تک پا[2] (منظوری و همکاران، ۲۰۲۰) استفاده شد. در این آزمون از شرکت کنندگان خواسته شد که پشت خود را به سمت پایین دیوار ثابت تکیه دهند و با تنظیمات وضعیت بدن و قرارگیری در وضعیتی که زاویه زانو به ۹۰ درجه برسند، در حالی که اندام تحتانی عمودی و تنه ایستاده باشد. سپس با ستون کردن اندامی که درد بیشتری دارد، پای دیگر خود را بالا آورد و مدت زمان حفظ وضعیت بر روی یک پا به عنوان رکورد هر آزمودنی ثبت شد (ناکاگاوا و همکاران، ۲۰۱۲؛ مارکول و همکاران، ۲۰۲۱).

روز بعد از پیش‌آزمون با توجه به گروه‌بندی انجام شده و با برنامه تمرینی در نظر گرفته شده مداخلات تمرینات اصلاحی به مدت هشت هفته و در سه جلسه غیرمتوالی در هفته اجرا شد. پروتکل تمرین در تحقیق حاضر شامل تمرینات اصلاحی بود که تمرینات بر اساس پژوهش های پیشین، شامل حرکات مقاومتی و عملکردی برای تقویت عضلات پایین‌تنه بخصوص عضلات زانو و لگن انتخاب شدند (باتی و همکاران، ۲۰۱۹). در گروه کنترل هیچ گونه مداخله‌ای توسط پژوهشگر انجام نشد و این افراد همان برنامه روتین درمان خود را ادامه دادند و پس از اتمام پروتکل تحقیق به افرادی که مایل به دریافت برنامه تمرینی بودند، خدمات تمرینی به صورت رایگان ارایه شد.

در پروتکل تمرینی در پژوهش حاضر پس از گرم کردن و حرکات کششی، حرکات مقاومتی با وزن بدن شامل حرکات اسکوات با وزن بدن، لانجز جلو، لانجز بغل، ترکیب اسکوات و لانجز جلو، بالا رفتن از استپ ۱۰ سانتی متری با بالا آوردن زانوی پای مخالف انجام شد. همچنین به منظور تقویت عضلات لگنی از حرکات آبداکشن ران در زوایای مختلف به حالت ایستاده به منظور تقویت عضلات لگن استفاده شد. انجام این بخش از تمرینات حدود ۲۰-۱۵ دقیقه بود. پس از انجام تمرینات مقاومتی انجام تمرینات تعادلی به مدت ۱۵-۲۰ دقیقه انجام شد که شامل تمرینات تعادلی ایستا و پویا روی سطح پایدار و همچنین روی سطح ناپایدار (بوسوبال) بود. همچنین با توجه به سطح پیشرفت شرکت کنندگان پس از هفته سوم ۲۰-۱۰ دقیقه پایانی تمرین شامل تمرینات عملکردی با هدف ارتقای عملکرد حرکتی اجرا شد. در این بخش از تمرین از تمرینات چرخش ستاره روی یک پا و انجام حرکات برای ارتقای تعادل روی سطوح پایدار و ناپایدار مانند بوسوبال انجام شد . پس از هر جلسه تمرین نیز حرکات سبک و کشش به مدت ۱۰-۵ دقیقه به منظور بازگشت به حالت اولیه شرکت کنندگان استفاده شد (میرپورشیرخدا، ۲۰۲۴). تمامی جلسات تمرین در پژوهش حاضر زیر نظر پژوهشگر و یک فیزیوتراپ انجام شد و استفاده از حرکات تمرینی به صورت پایلوت حرکات و بر اساس پیشرفت شرکت کنندگان انتخاب شدند. پس از اتمام مداخلات تمرین (۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین) متغیرهای پژوهش به همان ترتیب پیش آزمون اندازه گیری شدند.

**پروتکل تعدیل وزن:** در پژوهش حاضر برای کاهش اثر جاذبه و تعدیل وزن از هارنس کوهنوردی برای استفاده شد و هارنس مورد استفاده با حمایت کابل که به سازه تمرین وصل شد. برای تعدیل وزن در پژوهش حاضر از کش‌های الاستیک و تراباندهای تمرینی که به انتهای کابل حمایتی وصل شده بودند، استفاده شد. میزان تعدیل وزن در پژوهش حاضر بر اساس وزن هر فرد و با کم و زیاد کردن مقاومت کش‌های الاستیک و همچنین ارتفاع کابل حمایتی سازه تمرین با توجه به شرایط وزنی و قدی هر آزمودنی، تنظیم شد و برای سنجش میزان تعدیل وزن از ترازو استفاده شد. هیچ گونه تفاوتی بین مداخله ورزشی در گروه های تمرین وجود نداشت و تنها تفاوت در میزان تعدیل وزن بر اساس گروه تمرین بود که با استفاده از وسایل حمایتی و تراباند توسط پژوهشگر اعمال شد. برای سنجش میزان تعدیل وزن از ترازو استفاده شد و تعدیل وزن به صورت اختصاصی با توجه به وزن هر آزمودنی محاسبه گردید.

[1] Brzycki
[2] Single-leg squat

برای میزان تعدیل وزن ابتدا وزن هر فرد اندازه گیری می شد و بر اساس پروتکل تحقیق میزان تعدیل وزن محاسبه می شد برای مثال در گروه تعدیل وزن ۱/۴ به وسایل حمایتی کش های ترابانت تا حدی اضافه می شد که ۲۵ درصد از وزن هر فرد کاسته شود؛ در گروه ۱/۲ وزن فرد تا ۵۰ درصد وزن او کاشته می شد و در گروه ۱/۳ میزان تعدیل وزن تا ۷۵ درصد وزن هر فرد کاسته می شد. همچنین در طول دوره تحقیق نیز وزن هر آزمودنی هر هفته اندازه گیری می شد تا در صورت تغییر وزن وسایل حمایتی نیز تغییر کند (میرپورشیرخدا، ۲۰۲۴).

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون های تی وابسته و تحلیل کواریانس استفاده شد و در صوت معنی‌دار بودن برای یافتن محل اختلاف از آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد. کلیه عملیات آماری در سطح $\alpha$=۰/۰۵ و با نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ انجام شد.

## نتایج

با توجه به نتایج آزمون‌های شاپیروویلک و آزمون لوین، پیش شرط طبیعی بودن داده ها و همچنین تجانس واریانس‌ها بین گروه‌های تحقیق وجود داشت.

مشخصات مربوط به سن، وزن، قد و شاخص توده بدن آزمودنی ها در جدول ۲ ارایه شده است.

**جدول ۲. متغیرهای سن، وزن، قد و شاخص توده بدن شرکت کنندگان در گروه های پژوهش**

| گروه | سن (سال) | وزن (کیلوگرم) | قد (متر) | BMI (kg/m$^2$) |
|---|---|---|---|---|
| **تمرین باتعدیل وزن۱/۴** | ۶۳/۱۴ ± ۱/۷۷ | ۶۵/۱۷ ± ۸/۸۵ | ۱/۵۱ ± ۰/۰۹ | ۲۸/۳۷ ± ۱/۴۷ |
| **تمرین با تعدیل وزن ۱/۲** | ۶۴/۸۳ ± ۳/۱۳ | ۶۷/۰۸ ± ۱۱/۵۸ | ۱/۵۹ ± ۰/۱۱ | ۲۷/۴۶ ± ۲/۱۲ |
| **تمرین با تعدیل وزن ۳/۴** | ۶۳/۱۴ ± ۱/۶۸ | ۶۳/۹۹ ± ۵/۳۳ | ۱/۵۳ ± ۰/۰۷ | ۲۷/۳۳ ± ۲/۳۸ |
| **تمرین بدون تعدیل وزن** | ۶۳/۵۰ ± ۱/۳۸ | ۶۵/۱۵ ± ۴/۴۷ | ۱/۵۲ ± ۰/۰۴ | ۲۸/۳۷ ± ۱/۲۶ |
| **کنترل** | ۶۳/۷۸ ± ۱/۳۰ | ۶۶/۸۱ ± ۵/۷۲ | ۱/۵۵ ± ۰/۰۸ | ۲۸/۰۳ ± ۲/۴۴ |

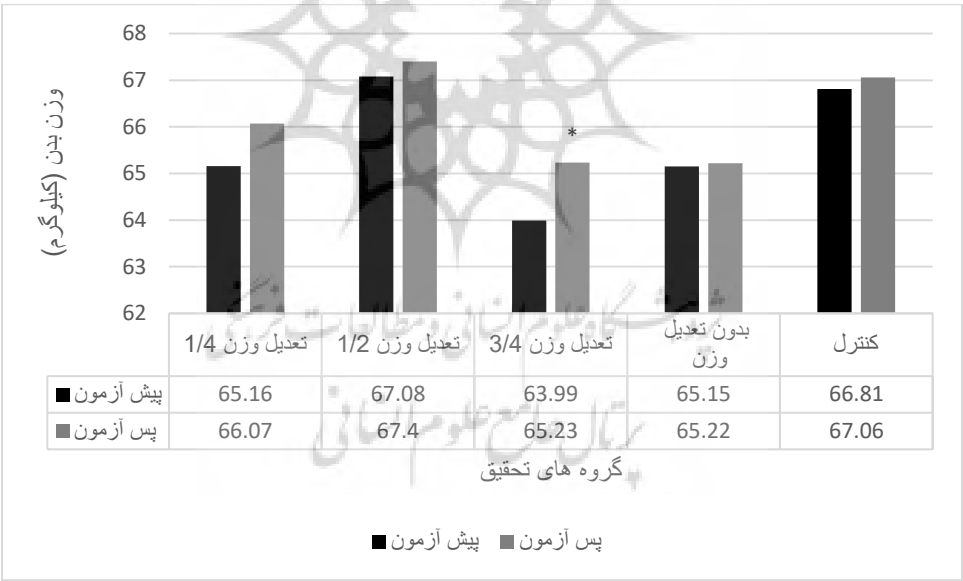
BMI: شاخص توده بدن

**جدول ۳. مقایسه تغییرات درون گروهی و بین گروهی متغیرهای مورد بررسی**

| متغیر | گروه | پیش آزمون | پس آزمون | t | P | F | P | اتا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **وزن بدن (کیلوگرم)** | تعدیل وزن ۱/۴ | ۶۵/۱۶ ± ۸/۸۶ | ۶۶/۰۷ ± ۷/۸۰ | -۲/۱۷۷ | ۰/۰۷۴ | ۱/۳۵۹ | ۰/۲۷۲ | ۰/۱۵۸ |
| | تعدیل وزن ۱/۲ | ۶۷/۰۸ ± ۱۱/۵۸ | ۶۷/۴۰ ± ۹/۹۳ | -۰/۳۹۵ | ۰/۷۰۹ | | | |
| | تعدیل وزن ۳/۴ | ۶۳/۹۹ ± ۵/۳۳ | ۶۵/۲۳ ± ۴/۶۵ | -۲/۶۱ | ۰/۰۳۷ | | | |
| | بدون تعدیل وزن | ۶۵/۱۵ ± ۴/۶۶ | ۶۵/۲۲ ± ۴/۴۶ | -۰/۱۱۴ | ۰/۹۱۳ | | | |
| | کنترل | ۶۶/۸۱ ± ۵/۷۲ | ۶۷/۰۶ ± ۵/۳۶ | -۱/۴۵۹ | ۰/۱۸۳ | | | |
| **قدرت عضلات اکستنسور** | تعدیل وزن ۱/۴ | ۸۵/۶۹ ± ۱۰/۵۰ | ۱۰۷/۷۶ ± ۸/۹۰ | -۱۲/۰۲۲ | <۰/۰۰۱ | ۱۹/۵۶۹ | <۰/۰۰۱ | ۰/۸۸۹ |
| | تعدیل وزن ۱/۲ | ۸۶/۶۸ ± ۱۵/۱۲ | ۱۲۸/۵۰ ± ۱۷/۶۳ | -۱۴/۲۱۳ | <۰/۰۰۱ | | | |
| | تعدیل وزن ۳/۴ | ۸۵/۷۳ ± ۹/۸۹ | ۱۲۵/۵۴ ± ۱۰/۱۶ | -۱۳/۸۴۸ | <۰/۰۰۱ | | | |
| | بدون تعدیل وزن | ۷۸/۳۵ ± ۸/۴۰ | ۱۰۰/۸۵ ± ۱۰/۱۹ | -۱۳/۱۶۱ | <۰/۰۰۱ | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | کنترل | ۷۶/۸۴ ± ۷/۸۵ | ۷۷/۶۹ ± ۶/۵۱ | -۰/۵۱۰ | ۰/۶۲۴ | | | |
| استقامت عضلات اکستنسور (ثانیه) | تعدیل وزن ۱/۴ | ۱۴/۰ ± ۷/۳۰ | ۳۰/۲۹ ± ۸/۵۶ | -۷/۹۶۹ | <۰/۰۰۱ | ۱۹/۳۷۲ | <۰/۰۰۱ | ۰/۷۲۸ |
| | تعدیل وزن ۱/۲ | ۱۵/۸۳ ± ۷/۷۱ | ۲۸/۵۰ ± ۶/۴۱ | -۲۰/۶۰۸ | <۰/۰۰۱ | | | |
| | تعدیل وزن ۳/۴ | ۱۸/۵۶ ± ۸/۲۰ | ۳۲/۷۱ ± ۶/۱۶ | -۶/۷۵۳ | ۰/۰۰۱ | | | |
| | بدون تعدیل وزن | ۱۴/۸۳ ± ۱۰/۴۶ | ۳۰/۱۹ ± ۵/۵۷ | -۵/۹۴۸ | ۰/۰۰۲ | | | |
| | کنترل | ۱۷/۲۶ ± ۶/۴۱ | ۱۸/۸۷ ± ۶/۲۰ | -۲/۱۹۵ | ۰/۰۵۹ | | | |
| عملکرد حرکتی (امتیاز FSD) | تعدیل وزن ۱/۴ | ۱۴/۷۱ ± ۴/۱۹ | ۱۰/۵۷ ± ۳/۶۹ | ۹/۰۲۱ | <۰/۰۰۱ | ۱۹/۳۷۲ | <۰/۰۰۱ | ۰/۸۳۲ |
| | تعدیل وزن ۱/۲ | ۱۴/۳۳ ± ۲/۹۴ | ۱۰/۰ ± ۳/۳۷ | ۸/۷۶۵ | <۰/۰۰۱ | | | |
| | تعدیل وزن ۳/۴ | ۱۶/۷۱ ± ۲/۷۵ | ۱۰/۸۶ ± ۲/۵۴ | ۹/۸۴۸ | <۰/۰۰۱ | | | |
| | بدون تعدیل وزن | ۱۴/۰ ± ۲/۹۷ | ۹/۳۳ ± ۵/۵۷ | ۱۱/۰۶۸ | <۰/۰۰۱ | | | |
| | کنترل | ۱۵/۷۸ ± ۳/۸۳ | ۱۶/۰ ± ۳/۱۶ | ۰/۵۱۲ | ۰/۶۲۲ | | | |

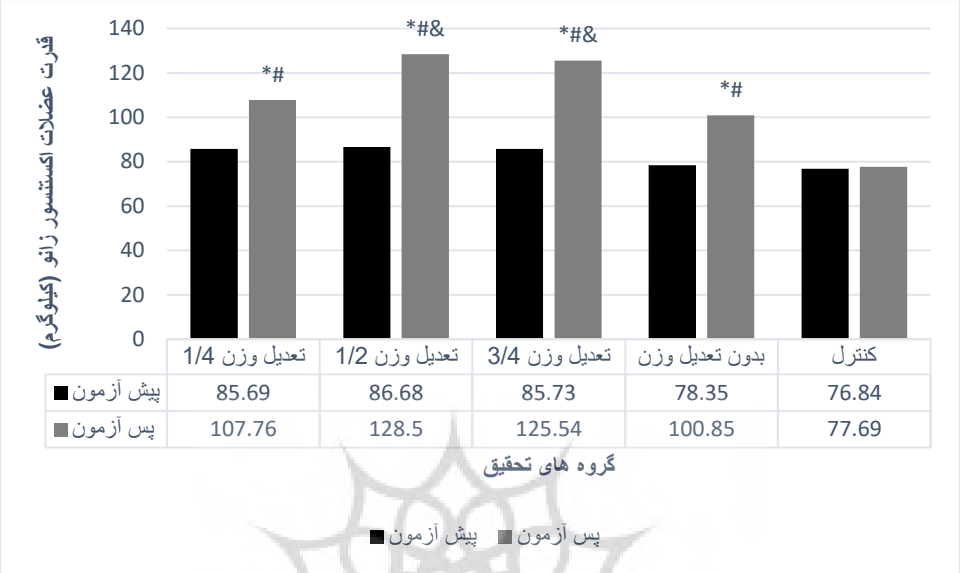
با توجه به نتایج آزمون تی وابسته (جدول ۳)، افزایش معنی داری در وزن بدن در گروه تعدیل وزن ۳/۴ نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد ($P < ۰/۰۳۷$)؛ ولی تفاوت معنی داری در سایر گروه ها (تعدیل وزن ۱/۴، تعدیل وزن ۱/۲، بدون تعدیل وزن و کنترل) مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$). در مقایسه بین گروهی نیز نتایج آزمون تحلیل کواریانس (جدول ۳) نشان داد که تفاوت معنی داری در وزن بدن بین گروه های تحقیق وجود نداشت ($P > ۰/۰۵$) (نمودار ۱).




**نمودار ۱. تغییرات وزن بدن در گروه های مورد مطالعه؛ *تفاوت معنی دار نسبت به پیش آزمون**

با توجه به نتایج آزمون تی وابسته (جدول ۳)، کاهش معنی داری در میزان درد در گروه های مداخله تعدیل وزن ۱/۴، تعدیل وزن ۱/۲ ، تعدیل وزن ۳/۴ و بدون تعدیل وزن نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد ($P < ۰/۰۰۱$)؛ ولی تفاوت معنی داری در گروه کنترل مشاهده نشد ($P = ۰/۶۲۴$). در مقایسه بین گروهی نیز نتایج آزمون تحلیل کواریانس (جدول ۳) نشان داد که تفاوت معنی داری بین در قدرت عضلات اکستنسور زانو بین گروه های تحقیق وجود داشت ($P < ۰/۰۰۱$)؛ در ادامه برای مقایسه دو به دوی گروه های تحقیق از آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد و نتایج این آزمون (نمودار ۲) نشان داد که افزایش معنی داری در قدرت عضلات

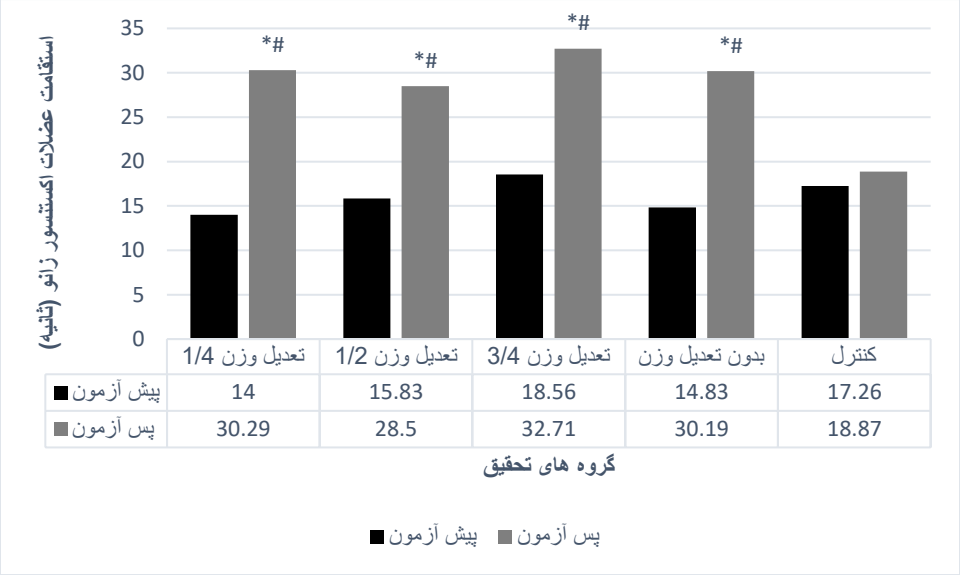
اکستنسور زانور در گروه های مداخله نسبت به گروه کنترل معنی دار بود (P< ۰/۰۱۰). تفاوت معنی داری در افزایش قدرت در گروه های ۱/۲ تعدیل وزن و ۳/۴ تعدیل وزن نسبت به گروه بدون تعدیل وزن معنی دار بود (P< ۰/۰۱۰) ولی تفاوت معنی داری بین . ولی تفاوت معنی داری بین گروه های ۱/۲ تعدیل وزن و ۳/۴ تعدیل وزن مشاهده نشد (P> ۰/۰۵). همچنین تفاوت معنی داری بین گروه های ۱/۴ تعدیل وزن و بدون تعدیل وزن مشاهده نشد (P> ۰/۰۵).




**نمودار ۲. تغییرات قدرت عضلات اکستنسور زانو در گروه های مورد مطالعه؛**

*تفاوت معنی دار نسبت به پیش آزمون؛ #تفاوت معنی دار نسبت به گروه کنترل؛ &تفاوت معنی دار نسبت به گروه بدون تعدیل وزن.

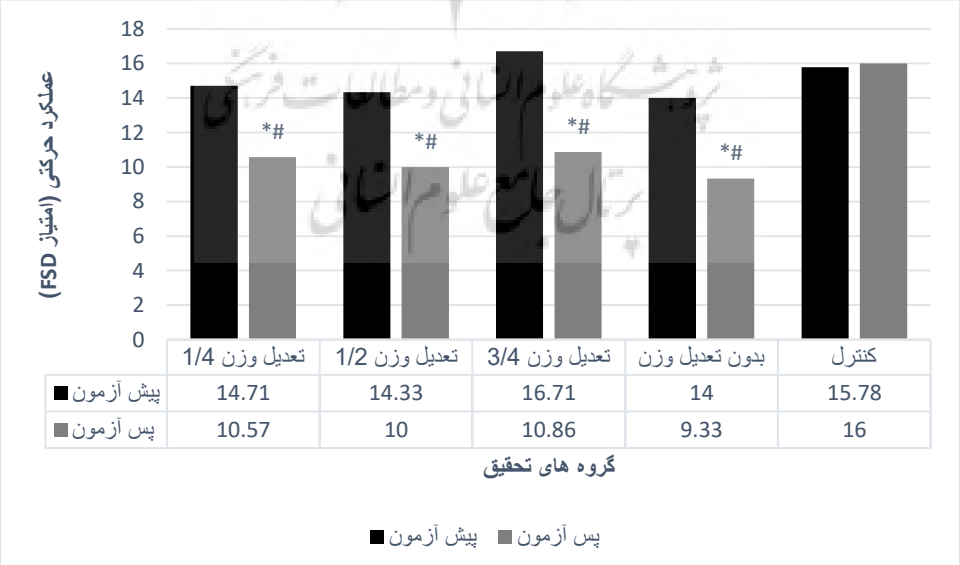
با توجه به نتایج آزمون تی وابسته (جدول ۳)، افزایش معنی داری در استامت عضلات اکستنسور زانو در گروه های مداخله تعدیل وزن ۱/۴ (P < ۰/۰۰۱)، تعدیل وزن ۱/۲ (P < ۰/۰۰۱)، تعدیل وزن ۳/۴ (P < ۰/۰۰۱) و بدون تعدیل وزن (P =۰/۰۰۱)نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد؛ ولی تفاوت معنی داری در گروه کنترل مشاهده نشد (P = ۰/۰۵۹). در مقایسه بین گروهی نیز نتایج آزمون تحلیل کواریانس (جدول ۳) نشان داد که تفاوت معنی داری در استقامت عضلات اکستنسور زانو بین گروه های تحقیق وجود داشت (P < ۰/۰۰۱)؛ در ادامه برای مقایسه دو به دوی گروه های تحقیق از آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد و نتایج این آزمون (نمودار ۳) نشان داد که افزایش استقامت عضلات اکستنسور زانور در گروه های مداخله نسبت به گروه کنترل معنی دار بود (P< ۰/۰۰۱). ولی تفاوت معنی داری بین گروه مداخله مشاهده نشد (P> ۰/۰۵).




**نمودار ۳. تغییرات استقامت عضلات اکستنسور زانو در گروه های مورد مطالعه**

*تفاوت معنی دار نسبت به پیش آزمون؛ #تفاوت معنی دار نسبت به گروه کنترل.

با توجه به نتایج آزمون تی وابسته (جدول ۳)، کاهش معنی داری در امتیاز FSD در گروه های مداخله تعدیل وزن ۱/۴ (P < ۰/۰۰۱)، تعدیل وزن ۱/۲ (P < ۰/۰۰۱)، تعدیل وزن ۳/۴ (P < ۰/۰۰۱) و بدون تعدیل وزن (P <۰/۰۰۱)نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد ؛ ولی تفاوت معنی داری در گروه کنترل مشاهده نشد (P = ۰/۶۲۲). در مقایسه بین گروهی نیز نتایج آزمون تحلیل کواریانس (جدول ۵) نشان داد که تفاوت معنی داری بین در متیاز FSD بین گروه های تحقیق وجود داشت (P < ۰/۰۰۱)؛ در ادامه برای مقایسه دو به دوی گروه های تحقیق از آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد و نتایج این آزمون (نمودار ۴) نشان داد که بهبود عملکرد گام به پایین در گروه های مداخله نسبت به گروه کنترل معنی دار بود (P< ۰/۰۰۱). ولی تفاوت معنی داری بین گروه مداخله مشاهده نشد (P> ۰/۰۵).




**نمودار ۴. تغییرات عملکرد گام به پایین در گروه های مورد مطالعه**

*تفاوت معنی دار نسبت به پیش آزمون؛ #تفاوت معنی دار نسبت به گروه کنترل.

## بحث

در خصوص تغییرات وزن بدن، نتایج آزمون تی وابسته نشان داد که تنها در گروه تعدیل وزن ¾ افزایش معنی‌داری نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد، در حالی‌که در سایر گروه‌ها (تعدیل وزن ¼، ½، بدون تعدیل وزن و گروه کنترل) تغییری معنادار مشاهده نشد. با این وجود، تحلیل بین‌گروهی از طریق آزمون کوواریانس نشان داد که تفاوت معناداری در وزن بدن بین گروه‌های مختلف تحقیق وجود نداشت. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تغییرات مشاهده‌شده در وزن بدن احتمالاً به مداخلات تمرینی خاص هر گروه وابسته نبوده و ممکن است تحت تأثیر عوامل جانبی نظیر تغییرات تغذیه‌ای، فعالیت‌های خارج از برنامه یا تفاوت‌های فردی در پاسخ به تمرین قرار گرفته باشد. بنابراین، لازم است در پژوهش‌های آتی، کنترل دقیق‌تری بر متغیرهای مداخله‌گر مرتبط با وزن بدن اعمال شود.

در بررسی اثر مداخلات تمرین بر قدرت عضلات اکستنسور زانو پس از هشت هفته تمرین افزایش معنی داری در قدرت عضلانی در گروه های مداخله تعدیل وزن ۱/۴ (۲۶/۴۰ درصد)، تعدیل وزن ۱/۲ (۴۹/۴۴ درصد)، تعدیل وزن ۳/۴ (۴۷/۴۰ درصد) و بدون تعدیل وزن (۲۸/۸۶ درصد) نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد ($P < ۰/۰۰۱$)؛ ولی تفاوت معنی داری در گروه کنترل (۱/۴۵ درصد) مشاهده نشد. همچنین افزایش قدرت عضلات اکستنسور زانور در گروه های مداخله نسبت به گروه کنترل معنی دار بود ($P<$ ۰/۰۱۰). نتایج تحقیق شادلو و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داد که ۱۲ جلسه تمرین با کاهش درد موجب افزایش تعداد حرکات پرس پا شد. امام وردی و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقشان گزاش کردند که استفاده از تمرینات بر اساس دستورالعمل کنترل والگوس مجب افزایش پیک گشتاور اکسنتریک ابداکتور و در نتیجه بهبود عمکرد حرکتی در آزمون های مرتبط با عضله اکستنسور زانو شد. باسباگ و همکاران (۲۰۲۲) نیز در تحقیقشان گزارش کردند که ۱۲ هفته تمرینات خانگی علاوه بر کاهش درد زانو موجب افزایش پیک گشتاور عضله چهارسر ران شد. کنستانتینو و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که ۴ هفته تمرین با محددیت جریان خون و بدون محدویت جریان خون موجب افزایش قدرت ایزومتریک اکستنسورهای زانو، مفصل ران و اکستنسورها و ابدکتورهای لگن شد. آلونازی و همکاران (۲۰۲۱) نیز ۶ هفته تمرین ایزومتریک با هدایت EMG-BF قدرت چهار سر ران ورزشکاران مرد جوان مبتلا به PFPS را به طور قابل توجهی در هفته های ۴ و ۶ نسبت به گروه کنترل نشان داد. چهار هفته تمرین مکمل EMG-BF با بانداژ کشکک، بهبود قابل توجهی را در شدت درد، ناتوانی عملکردی و قدرت عضله چهار سر ران در ورزشکاران مرد جوان مبتلا به PFPS نشان داد. بارتون و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش کردند که یک برنامه تمرین مقاومتی پیشرونده ۱۲ هفته ای برای افراد مبتلا به PFP با کاهش درد همراه با افزایش قدرت ابداکشن لگن و افزایش قدرت دینامیکی اکستنشن و قدرت ایزومتریک می شود. هالت و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که ۳ روش درمانی برای PFP، ورزش متمرکز بر لگن و ورزش متمرکز بر زانوبه مدت ۶ هفته ای موجب افزایش قدرت اکستنشن زانو نسبت به گروه کنترل شد. چیو و همکاران (۲۰۱۲) هشت هفته تمرینات مقاومتی عضلات پایین موجب افزایش قدرت ایزومتریک و ایزوکنتیک زانو شد. نتایج این تحقیقات با تحقیق ما همخوانی دارند که نشان دهنده اثرات تمرینات ورزشی بر بهبود سازگاری های عصب عضلانی و افزایش قدرت در عضلات اکستنسور زانو می باشند. با این وجود در تحقیق گریوز و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که شش هفته برنامه ورزشی توانبخشی اگرچه موجب کاهش درد می شود ولی بر قدرت عضله چهارسر اثر معنی داری نداشت، که با یافته های تحقیق ما همخوانی نداشت. علت این ناهمخوانی ممکن است به خاطر تفاوت در ویژگی آزمودنی ها یا تفاوت در پروتکل های تمرین در دو تحقیق باشد. در تحقیق بیلی و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی به منظور بررسی تأثیر تمرین در بیماران مبتلا به PFPS و تأثیر تحریک الکتریکی عضلات عضلات بازکننده زانو در یک کارآزمایی بالینی روی ۶۲ بیمار با PFPS دو طرفه، در یک گروه تمرینات فیزیوتراپی و در گروه دیگر علاوه بر تمرینات فیزیوتراپی تحریک الکتریکی عضلات اکستنسور زانور را به مدت ۱۲ هفته دریافت کردند. در پروتکل تحریک به مدت ۲۰ دقیقه، ۲ بار در روز، ۵ بار در هفته به مدت ۱۲ هفته با فرکانس ۴۰ هرتز، با مدت زمان پالس ۰.۲۶ میلی‌ثانیه، ۵ ثانیه روشن و ۱۰ ثانیه خاموش بر روی بازکننده‌های زانو اعمال شد. حداکثر شدت تحریک قابل تحمل تا ۸۰ میلی آمپر بود. ارزیابی درد رانی کشککی با مقیاس آنالوگ بصری در طول فعالیت‌های روزمره، امتیاز کشکک رانی کوجالا و اندازه‌گیری قدرت ایزومتریک قبل و بعد از ۱۲ هفته درمان و

همچنین بعد از ۱ سال، انجام شد؛ در مجموع ۳۶ بیمار ۱۲ هفته پیگیری را تکمیل کردند. کاهش معنی‌دار آمار درد در هر دو گروه و بهبود معنی‌دار نمره کوجالا در هر دو گروه پس از ۱۲ هفته درمان با بهبود عملکرد و کاهش درد در پیگیری ۱ ساله مشاهده شد. تفاوت بین ۲ گروه درمانی از نظر آماری معنی دار نبود. اما هیچ تغییر معنی‌دار در قدرت ایزومتریک اکستانسور زانو در هر دو گروه مشاهده نشد. که با نتایج تحقیق ما همخوانی نداشت. علت این ناهمخوانی ممکن است به خاطر تفاوت در پروتکل های تمرینی، تفاوت در روش های سنجش قدرت عضلات اکستنسور (چون در تحقیق ما از آزمون قدرت بیشینه پویا استفاده شد در حالی که در تحقیق بیلی از قدرت ایزومتریک استفاده شد) و یا تفاوت در ویژگی های آزمودنی ها در دو تحقیق باشد.

در بررسی اثر تعدیل وزن بر قدرت بیشینه تفاوت معنی داری در افزایش قدرت در گروه های ۱/۲ تعدیل وزن و ۳/۴ تعدیل وزن نسبت به گروه بدون تعدیل وزن دیده شد؛ ولی تفاوت معنی داری بین . ولی تفاوت معنی داری بین گروه های ۱/۲ تعدیل وزن و ۳/۴ تعدیل وزن مشاهده نشد. همچنین تفاوت معنی داری بین گروه های ۱/۴ تعدیل وزن و بدون تعدیل وزن مشاهده نشد. با توجه به این نتایج می توان گفت که احتمالاً برای اثربخشی تمرین بر افزایش قدرت بیشینه عضلات اکستنسور زانو نیاز به تعدیل وزن در محدوده ۵۰ تا ۷۵ درصد وزن بدن لازم باشد؛ هرچند که با توجه به محدودیت نتایج نیاز به تحقیقات بیشتری در این خصوص می باشد.

در بررسی اثر تمرین بر استقامت عضلانی نتایج تحقیق ما نشان داد که هشت هفته تمرین موجب افزایش معنی داری در استقامت عضلات اکستنسور زانو در گروه های مداخله تعدیل وزن ۱/۴ (۱۴۳/۳۲ درصد)، تعدیل وزن ۱/۲ (۱۰۲/۸۴ درصد)، تعدیل وزن ۳/۴ (۱۰۲/۲۹ درصد) و بدون تعدیل وزن (۱۸۰/۱۸ درصد) نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد؛ ولی تفاوت معنی داری در گروه کنترل مشاهده نشد (۱۳/۲۲ درصد). افزایش معنی داری در استقامت عضلات اکستنسور زانو در گروه های مداخله نسبت به گروه کنترل معنی دار بود. با وجود تحقیقاتی که در خصوص اثر مداخلات تمرینی بر قدرت عضلانی انجام شده است، تحقیقات در خصوص اثر تمرینات ورزشی بر استقامت عضلانی محدود است. شادلو و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقشان به مقایسه تاثیر تمرین ارتعاشی کل بدن و تمرین معمولی بر درد و عملکرد ورزشکاران مبتلا به PFPS، پرداختند و گزارش کردند که ۴ هفته تمرین (۱۲ جلسه تمرین موجب افزایش تعداد حرکات پرس پا شد و این تعداد با گذشت زمان افزایش یافت. با توجه به اینکه افزایش تعداد یک شاخص استقامت عضلانی نیز به حساب می آید می توان این نتایج را با نتایج تحقیق ما که استقامت عضلانی به صورت مدت زمان حفظ انقباض محاسبه شده بود، همخوان می باشد. در بررسی اثر تعدیل وزن اگرچه نتایج ما با تغییرات قدرت متفاوت بود و بیشترین تغییرات در گروه های تعدیل ۱/۴ و بدون تعدیل وزن دیده شد (در حالی که در تغییرات قدرت بیشترین افزایش قدرت در گروه های ۱/۲ و ۳/۴ دیده شد) ولی تفاوت معنی داری در تغییرات استقامت عضلات اکستنسور زانو بین گروه های مداخله تمرین با و بدون تعدیل وزن مشاهده نشد.

در بررسی اثر تمرین بر عملکرد گام به پایین از جلو نتایج تحقیق ما نشان داد که هشت هفته تمرین موجب کاهش معنی داری در امتیاز FSD در گروه های مداخله تعدیل وزن ۱/۴ (۲۹/۱۸- درصد)، تعدیل وزن ۱/۲ (۳۰/۴۶- درصد)، تعدیل وزن ۳/۴ (۳۵/۳۳- درصد) و بدون تعدیل وزن (۳۴/۲۳- درصد) نسبت به مقادیر پایه مشاهده شد ؛ ولی تفاوت معنی داری در گروه کنترل مشاهده نشد (۲/۹۶ درصد). بهبود عملکرد گام به پایین در گروه های مداخله نسبت به گروه کنترل معنی دار بود. ولی تفاوت معنی داری بین گروه مداخله مشاهده نشد. نتایج تحقیق گلاویانو و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که زنان مبتلا به PFPS، دارای ضعف عضلات در عملکرد حرکتی در بالارفتن و پایین امدن از پله می باشد. در خصوص اثر ورزش بر عملکرد حرکتی در پایین امدن از پله نتایج باسباگ و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که پس از ۱۲ هفته تمرینات عصبی-عضلانی پیشرونده با بهبود قدرت ایزوکینتیک عضلات همسترینگ و چهار سر ران منجر به کاهش درد و همچنین عملکرد حرکتی هنگام پایین آمدن از پله می شود. در تحقیق ما نیز افزایش قدرت و استقامت عضلانی پس از دوره تمرین مشاهده شد که توجیه کننده نتایج تحقیق حاضر می باشد. در تحقیق مطلع و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش کردند که تمرینات فیزیوتراپی معمولی را برای PFPS به همراه ، تمرینات عصبی عضلانی مرکزی موجب کاهش درد و بهبود عملکرد در آزمون عملکرد گام به پایین بیماران مبتلا به PFPS شد، که با نتایج تحقیق ما همخوانی دارد. با این وجود در تحقیق هالت و همکاران (۲۰۱۹) که روی ۱۱۲ بیمار ۱۶ تا ۴۰ ساله (میانگین ۲۷/۶ سال) و طول مدت علائم

بیشتر از ۳ ماه (میانگین ۳۹ ماه) با تشخیص بالینی PFP، انجام شد؛ پس از یک مداخله شش هفته ای متشکل از تمرین متمرکز بر مفصل ران، تمرین سنتی متمرکز بر زانو و فعالیت بدنی آزاد گزارش کردند که تفاوت معنی داری در مقیاس آنالوگ بصری برای درد، مقیاس تامپا برای کینزیوفوبیا و همچنین عملکرد گام به پایین و قدرت ایزومتریک قبل و بعد از تمرین مشاهده نشد، که با نتایج تحقیق ما همسو نبود؛ علت اختلاف در نتایج ممکن است به خاطر تفاوت در تمرین پذیری، تفاوت در پروتکل های تمرینی و یا به علت عدم اثر تمرین بر کاهش درد نتایج اثر تمرین بر عملکرد پایین امدن از پله معنی دار نشده باشد؛ چون در تحقیق ما برخلاف تحقیق هات بهبود معنی داری در متغیرهای قدرت و استقامت عضلانی و همچنین کاهش درد دیده شد.

## نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هشت هفته مداخله تمرینی مقاومتی، چه با تعدیل وزن و چه بدون آن، موجب افزایش قدرت و استقامت عضلات اکستنسور زانو و بهبود عملکرد حرکتی در آزمون پایین آمدن از استپ به جلو شد. با این حال، این مداخلات تأثیر معناداری بر وزن بدن زنان مبتلا به PFPS نداشتند. یافته‌ها نشان‌دهنده اثربخشی مداخلات تمرینی بازتوانی مبتنی بر تقویت عضلات زانو و لگن در کاهش درد و بهبود عملکرد عضلانی و حرکتی زانو هستند. می‌توان نتیجه گرفت که یک دوره تمرین منتخب عملکردی با هدف تقویت عضلات لگن و زانو منجر به افزایش قدرت و استقامت عضلانی و بهبود عملکرد حرکتی می‌شود، که این بهبود عملکرد با کاهش درد زانو همراه است. در بررسی اثر تعدیل وزن بر متغیرهای مورد مطالعه، مشخص شد که تأثیر آن متغیر بوده است؛ به‌طوری‌که تعدیل وزن معادل ۱/۲ و بیشتر، به بهبود بیشتر قدرت عضلانی منجر شد، اما اثری بر استقامت عضلانی نداشت. در خصوص عملکرد حرکتی (عملکرد گام به پایین)، نتایج حاکی از عدم تأثیر معنادار تعدیل وزن بود؛ با این حال، افزایش میزان تعدیل وزن با بهبود نسبی عملکرد همراه بود. با توجه به این نتایج، پیشنهاد می‌شود در برنامه‌های بازتوانی افراد مبتلا به PFPS ، تقویت عضلات زانو و لگن مدنظر قرار گیرد و از وسایل حمایتی جهت کاهش استرس ناشی از وزن بدن بر مفصل زانو به‌منظور بهبود کیفیت تمرینات استفاده شود.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمامی کسانی که در انجام این پژوهش همکاری کرده اند، تشکر و قدردانی می کنند.

## حامی مالی

مقاله حاضر حامی مالی ندارد.

## تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافعی بین نویسندگان وجود ندارد.

## منابع

Alonazi, A., Hasan, S., Anwer, S., Jamal, A., Parvez, S., Alfaiz, F. A. S., & Li, H. (2021). Efficacy of electromyographic-biofeedback supplementation training with patellar taping on quadriceps strengthening in patellofemoral pain syndrome among young adult male athletes. *International journal of environmental research and public health, 18*(9), 4514.

Barton, C. J., de Oliveira Silva, D., Patterson, B. E., Crossley, K. M., Pizzari, T., & Nunes, G. S. (2019). A proximal progressive resistance training program targeting strength and power is feasible in people with patellofemoral pain. *Physical therapy in sport, 38*, 59-65.

Basbug, P., Kilic, R. T., Atay, A. O., & Bayrakcı Tunay, V. (2022). The effects of progressive neuromuscular exercise program and taping on muscle strength and pain in patellofemoral pain. A randomized controlled blind study. *Somatosensory & Motor Research, 39*(1), 39-45.

Batty, L. M., Feller, J. A., Hartwig, T., Devitt, B. M., & Webster, K. E. (2019). Single-leg squat performance and its relationship to extensor mechanism strength after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine, 47*(14), 3423-3428.

Bily, W., Trimmel, L., Mödlin, M., Kaider, A., & Kern, H. (2008). Training program and additional electric muscle stimulation for patellofemoral pain syndrome: a pilot study. *Archives of physical medicine and rehabilitation, 89*(7), 1230-1236.

Chiu, J. K., Wong, Y.-m., Yung, P. S., & Ng, G. Y. (2012). The effects of quadriceps strengthening on pain, function, and patellofemoral joint contact area in persons with patellofemoral pain. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, 91*(2), 98-106.

Collins, N. J., Bierma-Zeinstra, S. M., Crossley, K. M., van Linschoten, R. L., Vicenzino, B., & van Middelkoop, M. (2013). Prognostic factors for patellofemoral pain: a multicentre observational analysis. *British journal of sports medicine, 47*(4), 227-233.

Constantinou, A., Mamais, I., Papathanasiou, G., Lamnisos, D., & Stasinopoulos, D. (2022). Comparing hip and knee focused exercises versus hip and knee focused exercises with the use of blood flow restriction training in adults with patellofemoral pain: a randomized controlled trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 2022*(5) .

Emamvirdi, M., Letafatkar, A., & Khaleghi Tazji, M. (2019). The effect of valgus control instruction exercises on pain, strength, and functionality in active females with patellofemoral pain syndrome. *Sports health, 11*(3), 223-237.

Glaviano, N. R., & Saliba, S. (2022). Differences in gluteal and quadriceps muscle activation during weight-bearing exercises between female subjects with and without patellofemoral pain. *Journal of Strength and Conditioning Research, 36*(1), 55-62.

Greaves, H., Comfort, P. ,Liu, A., Herrington, L., & Jones, R. (2021). How effective is an evidence-based exercise intervention in individuals with patellofemoral pain? *Physical therapy in sport, 51*, 92-101.

Herman, G., Nakdimon, O., Levinger, P., & Springer, S. (2016). Agreement of an evaluation of the forward-step-down test by a broad cohort of clinicians with that of an expert panel. *Journal of Sport Rehabilitation, 25*(3), 227-232.

Hott, A., Brox, J. I., Pripp, A. H., Juel, N. G., Paulsen, G., & Liavaag, S. (2019). Effectiveness of isolated hip exercise, knee exercise, or free physical activity for Patellofemoral pain: a randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine, 47*(6), 1312-1322.

Lankhorst, N., van Middelkoop, M., Crossley, K., Bierma-Zeinstra, S., Oei, E., Vicenzino, B., & Collins, N. (2016). Factors that predict a poor outcome 5–8 years after the diagnosis of patellofemoral pain: a multicentre observational analysis. *British journal of sports medicine, 50*(14), 881-886.

Lim, E.-h., Kim, M.-e., Kim, S.-h., & Park, K.-n. (2020). Effects of posterior X taping on movement quality and knee pain intensity during forward-step-down in patients with patellofemoral pain syndrome. *Journal of sports science & medicine, 19*(1), 224.

Manzouri, H. (2020). The effect of 8 weeks of strength training and nitrate supplement on the speed of Zuki's hand and the strength of the hands of karate men. *Razi Journal of Medical Sciences, 27*(6), 18-27.

Markwell, L. T., Nolan, R., Brown, B., Makaruk, H., & Porter, J. M. ( ۲۰۲۱Altering Focus Of Attention Effects Isometric Muscular Endurance And Heart Rate During Fitness Testing. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 1-11.

Mirpoor Shirkhoda, S. (2024). The Effect of Weight Adjustment on the Rehabilitation of Movement Function in Women with Patellofemoral Pain Syndrome. *Jundishapur Scientific Medical Journal, 23*(2), 177-188. doi:10.32592/jsmj.23.2.177

Motealleh, A., Mohamadi, M., Moghadam, M. B., Nejati, N., Arjang, N., & Ebrahimi, N. (2019). Effects of core neuromuscular training on pain, balance, and functional performance in women with patellofemoral pain syndrome: a clinical trial. *Journal of chiropractic medicine, 18*(1), 9-18.

Nakagawa, T. H., Moriya, É. T., Maciel, C. D., & Serrão, F. V. (2012). 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. *journal of orthopaedic & sports physical therapy, 42*(6), 491-501.

Niknam, N. ,Shojaedin, S. S., & Hadadnezhad, M. (2020). Effect of eight weeks of standard training and functional stabilization on pain and functional movement in women with patellofemoral pain. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences, 22*(2), 49-57.

Park, K.-M., Cynn, H.-S., & Choung, S.-D. (2013). Musculoskeletal predictors of movement quality for the forward step-down test in asymptomatic women. *journal of orthopaedic & sports physical therapy, 43*(7), 504-510.

Rostami Zalani, F., Sahebalzamani, M., & Daneshjoo, A. (2021). Examination of Strengths Exercise in Patellofemoral Pain Syndrome with emphasize on Weakness, Lumbar-Pelvic Girdle Muscles and Quadriceps: Narrative Review Articles 2010-2020. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation, 10*(3 ۱۱۲-۹۷ ,)

Scafoglieri, A., Van den Broeck, J., Willems, S., Tamminga, R., van der Hoeven, H., Engelsma, Y., & Haverkamp, S. (2021). Effectiveness of local exercise therapy versus spinal manual therapy in patients with patellofemoral pain syndrome: medium term follow-up results of a randomized controlled trial. *BMC musculoskeletal disorders, 22*(1), 1-9.

Shadloo, N., Kamali, F., & Dehno, N. S. (2021). A comparison between whole-body vibration and conventional training on pain and performance in athletes with patellofemoral pain. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 27*, 661-666.

Yang, J.-s., Fredericson, M., & Choi, J.-H. (2020). The effect of patellofemoral pain syndrome on patellofemoral joint kinematics under upright weight-bearing conditions. *PloS one, 15*(9), e0239907.