مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۲۳، آبان ۱۴۰۳، ۷۲۰-۷۰۵

تأثیر تمرینات تقویتی ران و زانو همراه با بازآموزی راه رفتن بر نیروی عکس‌العمل عمودی زمین و نرخ بارگذاری در زنان مبتلا به درد کشککی‌رانی: یک مطالعه کارآزمایی بالینی

فاطمه احدی[۱]، علی یلفانی[۲]، محمدرضا احمدی[۳]، آزاده عسگرپور[۴]

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۵/۱۵ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۱۴۰۳/۰۷/۲۹ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۱۴۰۳/۰۸/۲۹ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۸/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: نیروی عکس‌العمل عمودی زمین (Vertical ground reaction force; VGRF) یک متغیر کینتیکی است که در ایجاد و توسعه درد کشککی‌رانی (Patellofemoral pain; PFP) نقش مهمی دارد. هدف مطالعه بالینی حاضر تعیین تأثیر تمرینات تقویتی ران و زانو همراه با بازآموزی راه رفتن بر VGRF و نرخ بارگذاری در زنان مبتلا به PFP هنگام راه رفتن بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه کارآزمایی بالینی، تعداد ۴۰ زن مبتلا به PFP به‌صورت تصادفی به گروه تجربی (۲۰ نفر) و کنترل (۲۰ نفر) تخصیص یافتند. در گروه تجربی، بیماران در بازه زمانی ۸ هفته‌ای مداخله مربوطه را دریافت کردند. گروه کنترل مداخله ای دریافت نکردند. شدت درد، ترس از حرکت، قدرت عضلات چهارسر رانی، آبداکتور ران، اکستنسور ران، مؤلفه‌های VGRF و نرخ بارگذاری متغیرهای تحقیق بودند که در پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارزیابی شدند. داده‌ها با استفاده از آنالیز کوواریانس چندمتغیره تجزیه‌وتحلیل شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معناداری در شدت درد، ترس از حرکت، قدرت عضلانی چهارسر رانی، قدرت عضلات آبداکتور ران، قدرت عضلات اکستنسور ران، اوج نیروی اول، دره، اوج نیروی دوم، و نرخ بارگذاری وجود دارد ($P<۰/۰۰۱$).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد ۸ هفته تمرینات تقویتی عضلات ران و زانو همراه با بازآموزی راه رفتن بتواند شدت درد و ترس از حرکت را کاهش دهد و قدرت عضلانی را افزایش دهد و متعاقب آن اوج نیروی اول و دوم افزایش یافته و نرخ بارگذاری و دره کاهش یابد. توصیه می‌شود برای کسب نتایج بالینی بهتر در توان‌بخشی زنان مبتلا به PFP تمرینات تقویتی با بازآموزی الگوی حرکتی ترکیب شود.

واژه‌های کلیدی: درد کشککی‌رانی، نیروی عکس‌العمل عمودی زمین، نرخ بارگذاری، تمرینات تقویتی، بازآموزی راه رفتن

ارجاع: احدی ف، یلفانی ع، احمدی م‌ر، عسگرپور آ، تأثیر تمرینات تقویتی ران و زانو همراه با بازآموزی راه رفتن بر نیروی عکس‌العمل عمودی زمین و نرخ بارگذاری در زنان مبتلا به درد کشککی‌رانی: یک مطالعه کارآزمایی بالینی. *مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان*، سال ۱۴۰۳، دوره ۲۳ شماره ۸، صفحات: ۷۲۰-۷۰۵.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه توانبخشی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲- استاد، گروه توانبخشی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
تلفن: ۰۹۱۸۳۱۵۵۴۷۸، پست الکترونیکی: yalfani@basu.ac.ir
۳- دانشجوی دکتری، گروه توانبخشی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۴- دکتری، گروه توانبخشی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

مقدمه

درد کشککی‌رانی (Patellofemoral pain; PFP) به حضور درد در قسمت قدامی یا خلفی کشکک اشاره دارد (۱). علائم بالینی PFP هنگام بارگذاری مفصل کشککی‌رانی (Patellofemoral joint; PFJ) تشدید می‌شود (۲). این وضعیت بالینی یکی از شایع‌ترین دردهای اسکلتی عضلانی زانو به شمار می‌رود و ٪۲۵الی ٪۴۰ از تمامی آسیب‌های زانو به PFP اختصاص دارد (۲). به دلیل تفاوت‌های آناتومیکی و بیومکانیکی، زنان ۲/۲۳ برابر بیشتر از مردان مستعد ابتلاء به PFP هستند (۳).

از دیدگاه بیومکانیک، ویژگی‌های کینماتیکی و کینتیکی بیماران با PFP هم‌چنان با چالش‌های بحث برانگیزی همراه است و یک شکاف علمی قابل توجهی در این حوزه مشاهده می‌شود (۴). یکی از رایج‌ترین فرضیات محققان برای علت PFP در حوزه بیومکانیک، افزایش نیروی فشاری PFJ است که می‌تواند تحت تأثیر مکانیک ران باشد (۵). محققان استدلال دارند که بیماران با PFP به دلیل کاهش در قدرت عضلات آبداکتو ران، زاویه آدداکشن ران و والگوس زانو افزایش می‌یابد (۲، ۱). یک مرور سیستماتیک و متا-آنالیز نشان داد که بیماران PFP با افزایش والگوس زانو، نرخ بالای ایمپالس و گشتاور آبداکشنی زانو را نشان می‌دهند که می‌تواند ناشی از ضعف عضلات اندام تحتانی به‌ویژه عضلات آبداکتور ران در کنترل راستای اندام تحتانی باشد که به افزایش نیروی فشاری PFJ منجر می‌شود (۱).

یک مطالعه متا-آنالیز با تجزیه و تحلیل کمی تعداد نه مقاله گزارش کرد که اوج نیروی اول و دوم به دلیل عوامل روان‌شناختی درد، رفتاری و بیومکانیکی تغییر می‌یابند (۴). بیماران با PFP برای کاهش شدت درد هنگام حرکت، زاویه فلکشن زانو را کاهش می‌دهند. در این راستا، Nunes و همکاران نشان دادند که VGRF با کاهش فلکشن زانو همبستگی دارد و به کاهش توانایی جذب نیرو منجر می‌شود (۶). علاوه بر این، بخشی از اوج نیروهای VGRF تحت تأثیر عضلات چهارسر رانی و سرینی هستند که ضعف این عضلات می‌تواند مقادیر مؤلفه‌های VGRF را تغییر داده و هم‌چنین نرخ بارگذاری افزایش یابد (۷، ۴). اعتقاد بر این است که اصلاح الگوی حرکتی زانو و ران مستلزم اضافه کردن برنامه های بازآموزی الگوی حرکتی در برنامه‌های توان‌بخشی زنان مبتلا به PFP می‌باشد در این راستا، Noehren و همکاران نشان دادند که پس از ۸ جلسه تمرینات مبتنی بر اصلاح الگوی حرکتی ران، شدت درد و نرخ بارگذاری عمودیVGRF در بیماران با PFP کاهش یافت (۸).

به‌طور کلی، ترکیب تمرینات تقویتی عضلات ران و زانو می تواند اثربخشی بهتری در توان‌بخشی این بیماران داشته باشد (۹). به عنوان مثال، Nakagawa و همکاران نشان دادند که افزودن تمرینات تقویتی اکستنسور و آبداکتور ران به تمرینات تقویتی زانو نسبت به تمرینات تقویتی عضله چهارسر ران که به صورت مجزا انجام می‌شد اثربخشی بهتری در کاهش درد داشتند (۱۰). با این حال، تمرینات تقویتی به تنهایی نمی‌تواند اثر قابل توجهی بر اصلاح الگوی حرکتی داشته باشند که ضرورت ترکیب تمرینات تقویتی عضلات اندام تحتانی و بازآموزی الگوی راه رفتن برای این بیماران را نشان می‌دهد (۱۱). Yemm و Krause نشان دادند که تمرینات عصبی عضلانی همراه با بازآموزی الگوی حرکتی اندام تحتانی می‌تواند سطح درد و والگوس زانو را کاهش دهد (۱۲). با این حال، علی‌رغم اهمیت VGRF در توسعه PFP، و توجه بر این نکته که ورزش‌درمانی و آموزش الگوی حرکتی به عنوان مداخله اولیه برای بیماران مبتلا به PFP ارائه شود (۲)، بر طبق جستجوهای انجام شده، تاکنون هیچ کارآزمایی بالینی تأثیر تمرینات تقویتی عضلات ران و زانو همراه با بازآموزی الگوی راه رفتن بر VGRF و نرخ بارگذاری در زنان با PFP را ارزیابی نکرده است که ضرورت بررسی این مسأله را برجسته می‌کند. بنابراین، هدف از این مطالعه تعیین تأثیر تمرینات تقویتی عضلات ران و

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

CCBY-NC.4.0 DEED

زانو همراه با بازآموزی الگوی راه رفتن بر VGRF و نرخ بارگذاری در زنان با PFP بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه یک کارآزمایی بالینی تصادفی‌شده کنترل‌دار دو سویه کور با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون است که در آزمایشگاه توان-بخشی دانشگاه بوعلی سینا در سال ۱۴۰۲ انجام شد. مطالعه حاضر در کمیته اخلاق در پژوهشات زیست پزشکی دانشگاه بوعلی سینا همدان (IR.BASU.REC.1402.012) و در مرکز کارآزمایی بالینی با شماره (IRCT20230425057991N1) ثبت گردید.

جامعه آماری کارآزمایی بالینی حاضر را زنان مبتلا به PFP تشکیل دادند که در کلینیک‌های ارتوپدی شهر همدان ویزیت شده بودند. به‌طور کلی، فرآیند این کار آزمایی بالینی از فرودین الی تیر ماه سال ۱۴۰۲ به طول انجامید. در ابتدا، محققان با نرم‌افزار G*Power حجم نمونه را محاسبه کردند. بر اساس یک مطالعه پیشین با هدف همسو با مطالعه حاضر، آلفا ۰/۰۵، توان آزمون ۰/۸۰، و اندازه اثر ۰/۷۰ مربوط به نرخ بارگذاری عمودی در آیتم‌های مربوط به آزمون‌های F (MANOVA special effects and interactions) تعیین شد (۱۳). خروجی نرم‌افزار نشان داد که با توان واقعی ۰/۸۱ حداقل ۳۱ آزمودنی برای شرکت در این مطالعه نیاز است. با احتساب احتمال ریزش کلی ۳۵٪ حجم نمونه و به منظور افزایش توان آماری محققان ۴۰ آزمودنی واجد شرایط را برای شرکت در این کارآزمایی بالینی ثبت‌نام کردند. از آن‌جایی که زنان در مقایسه با مردان ویژگی‌های کینتیکی و کینماتیکی متفاوتی را نشان می‌دهند جامعه آماری مطالعه حاضر را فقط زنان مبتلا به PFP تشکیل دادند، زیرا جنسیت یک عامل مخدوش کننده محسوب می‌شود (۶). (شکل ۱).پس از تشخیص PFP توسط پزشک ارتوپد و موافقت بیماران برای شرکت در مطالعه، یک متخصص آزمایشگاه که از طرح تحقیق کاملاً بی‌اطلاع بود، معیارهای ورود و خروج را بررسی می‌کرد. معیارهای ورود شامل شدت درد ۳ از ۱۰ مقیاس آنالوگ بصری، تشدید درد در حین فعالیت‌های همراه با تحمل وزن، راستای طبیعی اندام فوقانی و تحتانی، محدوده سنی ۱۸ الی ۴۵، پای راست به عنوان پای غالب، PFP یک‌طرفه در زانوی راست و ابتلاء به PFP برای بیش از ۶ هفته بود. معیارهای خروج شامل سابقه فیزیوتراپی تا دو ماه قبل از شرکت در این کارآزمایی بالینی، شرکت در ورزش‌های قهرمانی و تفریحی، سابقه جراحی، اختلال تعادل، اختلالات دهلیزی و بینایی، بی‌ثباتی کشکک، درد در سایر مفاصل بود.

پس از اتمام پیش‌آزمون، یک محقق با نرم‌افزار Random Allocation اعداد تصادفی را (ا ندازه بلوک ۴) تولید کرد و در داخل پاکت‌های مهر و موم شده غیرشفاف قرار داد که حاوی اطلاعات کدگذاری شده برای تخصیص گروهی بود. محقق دیگری که در جمع‌آوری داده‌ها مشارکت نداشت و از طرح تحقیق مطلع نبود پاکت‌ها را باز می‌کرد و بیماران را با نسبت ۱:۱ به گروه تجربی و کنترل تخصیص می‌داد (هر گروه ۲۰ نفر) (نمودار ۱). برای اطمینان از حفظ پنهان‌سازی به بیماران آموخته شد تا هیچ‌گونه اطلاعاتی را برای ارزیابان ارائه نکنند.

قبل از شروع کار فرم رضایت‌نامه جهت تکمیل و امضاء در اختیار شرکت‌کنندگان قرار گرفت. ابتدا پرسش‌نامه اطلاعات فردی توسط افراد پر شد. این پرسش‌نامه شامل ثبت اطلاعات فردی از جمله نام، نام خانوادگی، تاریخ تولد، اطلاعات تماس و هم‌چنین سؤالاتی پیرامون سابقه ابتلاء به PFP، سابقه ابتلاء به سایر بیماری‌های خاص، سابقه شکستگی و انجام عمل جراحی در اندام تحتانی بود. سپس برای ارزیابی شاخص‌های قد از قدسنج (BMS370 stadiometer In Body) ساخت کشور آمریکا و برای اندازه‌گیری وزن از ترازوی دیجیتال (BMS370 stadiometer In Body) ساخت کشور آمریکا استفاده شد. شاخص توده بدنی از تقسیم جرم برحسب کیلوگرم بر مجذور قد برحسب متر مربع محاسبه گردید (۱۴). در ادامه شدت درد و ترس از حرکت و قدرت عضلانی به عنوان پیامد اولیه و مؤلفه‌های VGRF و نرخ بارگذاری

CCBY-NC.4.0 DEED

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]
[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

به عنوان پیامد ثانویه به ترتیب از طریق مقیاس درجه‌بندی دیداری درد ۱۰ سانتی‌متری (Visual analog scale; VAS)، مقیاس ترس از حرکت تمپا، دینامومتر دستی Nicholas (NicholasHHD) و دستگاه FDM-S Plantar Pressures ارزیابی شد.

برای اندازه‌گیری میزان شدت درد از مقیاس درجه‌بندی دیداری درد استفاده شد. مقیاس درجه‌بندی دیداری درد یک نوار افقی ۱۰ سانتی‌متری است که یک انتهای آن عدد صفر (عدم وجود درد) و انتهای دیگر عدد ده (شدیدترین درد ممکن) را نمایش می-دهد. این مقیاس یکی از معتبرترین روش‌های درجه‌بندی کمی درد است و به طور گسترده در پژوهش‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. ضریب پایایی آن ICC =۰/۹۱ (Intraclass correlation coefficient)) گزارش شده است (۱۶-۱۵).

محققان برای ارزیابی ترس از حرکت از پرسش‌نامه ۱۷ ماده‌ای تمپا استفاده کردند (ICC=۰/۸۲). این پرسش‌نامه شامل ۱۷ گویه با مضامین مربوط به ترس از حرکت یا آسیب مجدد است. از بیماران خواسته شد تا میزان موافقت خود با هر سؤال را به‌صورت "کاملاً موافقم" تا "کاملاً مخالفم" پاسخ دهند. امتیاز هر آیتم از ۱ تا ۴ متغیر است و مجموع امتیاز می‌تواند از ۱۷ الی ۶۸ باشد که نمرات بالاتر نشان دهنده ترس بیشتر از حرکت یا آسیب مجدد است (۱۸، ۱۷).

ارزیابان از دینامومتر دستی Nicholas (NicholasHHD) ساخت کشور انگلیس (ICC=۰/۸۹–۰/۹۴) برای سنجش قدرت عضلانی استفاده کردند (۱۹). برای ارزیابی قدرت عضلات آبداکتور ران بیمار در وضعیت خوابیده به پهلو قرار گرفت و برای ایجاد موقعیت خنثی یک بالشت بین پاها قرار داده شد. سپس ارزیاب دینامومتر را بر روی کندیل خارجی ران قرار داد و از بیمار خواست حداکثر انقباض ایزومتریک ارادی را انجام دهد (۲۰، ۱۹). برای ارزیابی قدرت عضلات اکستنسور ران از بیماران خواسته شد تا به‌صورت دمر بر روی میز معاینه قرار گیرند و زانو را در زاویه فلکشن ۹۰ درجه تنظیم کنند. سپس ارزیاب دینامومتر را در قسمت انتهایی ران ۲ سانتی‌متر بالاتر از اپی کندیل ران قرار داد و از بیمار خواست حداکثر انقباض ایزومتریک ارادی را انجام دهد (۲۰-۱۹).

برای ارزیابی قدرت عضلات چهارسر رانی از بیماران خواسته شد بر روی میز معاینه بنشینند، به‌طوری که ران و زانو در فلکشن ۹۰ درجه باشد و دست‌ها را به‌صورت ضربدری بر روی قفسه سینه نگه دارند. ارزیاب دینامومتر را در قسمت قدامی و بین دو قوزک قرار می‌داد و از بیمار می‌خواست تا حداکثر انقباض ارادی را انجام دهند (۲۰، ۱۹). برای آشنایی با آزمون بیماران قبل از ارزیابی اصلی دو انقباض زیر بیشینه را انجام دادند. در هر آزمایش، انقباض برای ۵ ثانیه حفظ شد و آزمایش ۳ بار تکرار شد. زمان استراحت بین هر آزمایش ۲ دقیقه تعیین شد (۲۰-۱۹). در نهایت، برای نرمال‌سازی داده‌ها، میانگین سه تکرار به دست آمده از دینامومتر بر وزن بدن هر بیمار به صورت جداگانه تقسیم شد.

از دستگاه توزیع فشار کف‌پایی مدل Zebris ساخت کشور آلمان برای ارزیابی VGRF استفاده شد (ICC=۰/۹۱) (۳). این دستگاه دارای ابعادی به اندازه ۳۵×۵۴ سانتی‌متر است و نیرو را در محدوده ۱۲۰-۱ نیوتن بر سانتی‌متر مربع با نرخ نمونه‌برداری ۵۰ هرتز ثبت می‌کند. قبل شروع ارزیابی، بیماران به مدت ۵ دقیقه گرم کردند و در مسیر ارزیابی راه رفتند تا با محیط آزمایشگاه آشنا شوند. از بیماران خواسته شد به‌صورت پا برهنه مطابق با سرعت فعالیت‌های روزمره در امتداد یک مسیر ۸ متری راه بروند. صفحه نیرو در قسمت میانی راه به نحوی تعبیه شده بود که بیمار از وجود آن مطلع نشود. به‌طور کلی، هر بیمار ۳ آزمون را تکمیل کرد. آزمون‌هایی برای تحلیل نهایی قابل قبول بودند که بیمار طول گام را تغییر ندهد و پای مبتلا به PFP به‌صورت کامل با صفحه نیرو تماس داشته باشد.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

CCBY-NC.4.0 DEED

داده‌های به‌دست آمده از نرم‌افزار Win-FDM-S به نرم‌افزار MATLAB منتقل شدند و با یک فیلتر پایین‌گذر و برش فرکانس ۱۰ هرتز فیلتر شدند (۲۱). مؤلفه‌های استخراج شده VGRF شامل قله اول (پذیرش وزن)، دره (ایستایی میانی) و قله دوم (پیشرانه) بودند که به وزن بدن بیماران نرمال شدند. در نهایت، میانگین داده‌های نرمال شده VGRF طی سه آزمایش برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد. نرخ بارگذاری به صورت اوج VGRF نرمال شده تقسیم بر زمان رسیدن به حداکثر نیرو از لحظه تماس اولیه پا با زمین محاسبه شد که در رابطه زیر گزارش شده است (۲۲).

$$\text{Loading rate} = \left[\frac{peakFz\ (N)/body\ weight\ (N)}{Time\ to\ peak\ Fz} \right] = \frac{\text{BW}}{\text{ms}}$$

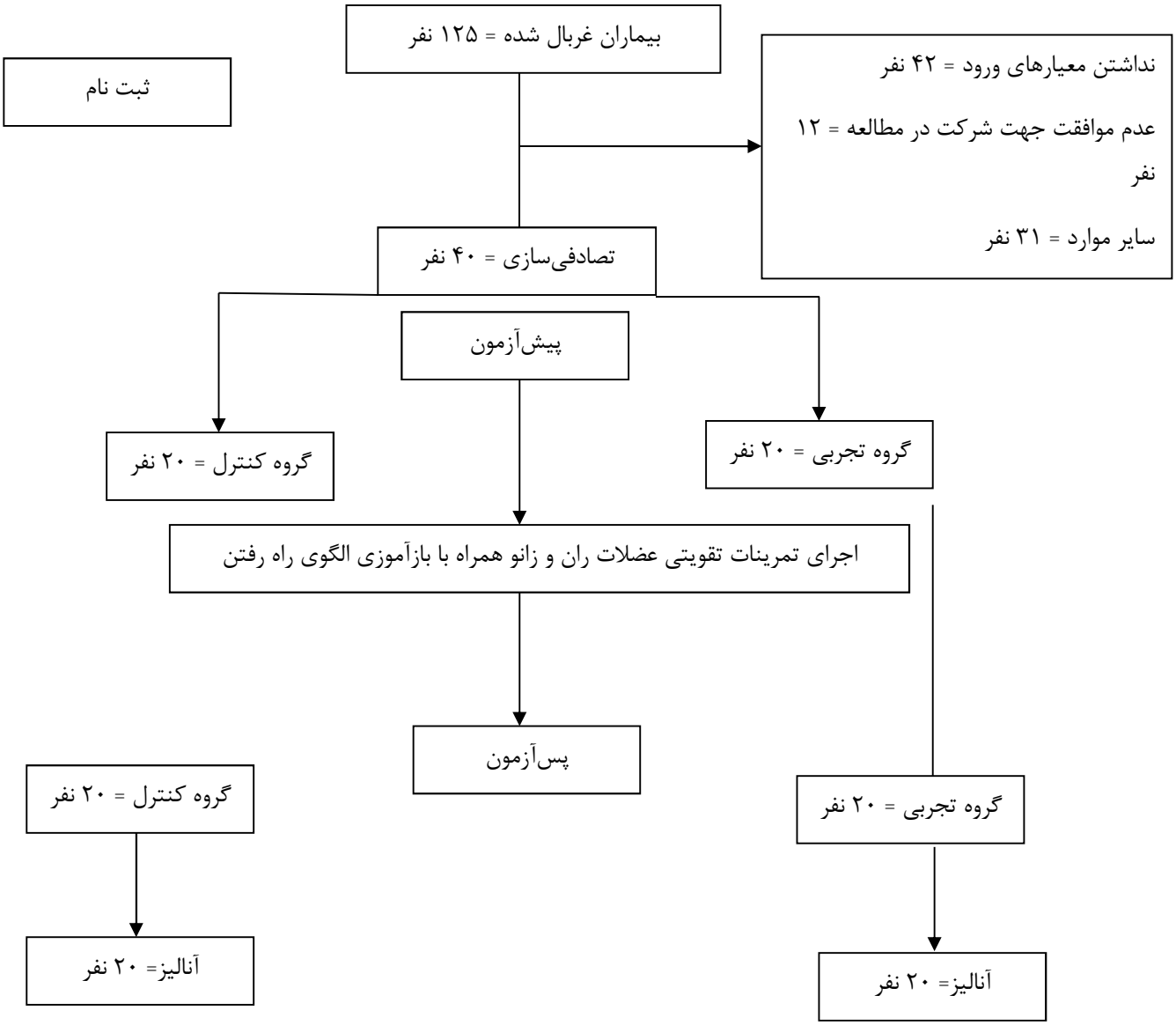
تمرینات تقویتی برای ۸ هفته، ۳ جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۱ ساعت انجام شد (روزهای زوج). تمرینات از ساعت ۸ صبح الی ۱۵ بعد از ظهر در آزمایشگاه توان‌بخشی دانشگاه بوعلی سینا انجام می‌شد. قبل از شروع جلسات درمان محققان یک جلسه توجیحی برای آشنایی بیماران با برنامه توان‌بخشی و آموزش نکات تخصصی برگزار کردند. تمرینات ایزوله عضلات ران شامل آبداکشن ران در وضعیت خوابیده به پهلو، چرخش خارجی ران، و اکستنشن ران بود. به‌طور کلی، این تمرینات به‌صورت ایزوله بدون تحریک عضلات چهارسر رانی عضلات آبدکتورها، اکستانسورها و چرخاننده‌های خارجی ران را تقویت می‌کند (۲۳). تمرینات تقویتی ایزوله عضلات اکستنسور زانو شامل بالا آوردن پاها به‌صورت مستقیم در وضعیت خوابیده به پشت، اکستنشن زانو در دامنه انتهایی با تکیه پشت به دیوار (۱۰ درجه انتهایی اکستنشن کامل) و یک نیم اسکوات (۴۵ درجه فلکشن) با تکیه پشت به دیوار بود (۲۳). در ابتدای جلسات، تمرینات در ۳ ست ۱۰ تکراری انجام می‌شد که در ادامه با پیشرفت بیمار به حداکثر ۳ ست ۲۰ تکراری افزایش می‌یافت (۲۴، ۲۳). به‌طور کلی، محققان بر روند اجرای تمرینات هر بیمار نظارت می‌کردند و در هر جلسه میزان پیشرفت و نکات مربوطه را یادداشت می‌کردند تا برای طراحی و ارتقاء تمرینات تصمیم مناسبی اتخاذ کنند. تعداد تکرارها و میزان دشواری تمرینات به نحوی انتخاب شد که آخرین تکرارها دشوار باشد و در عین حال بیمار کنترل حرکتی را حفظ کند (۲۳). علاوه بر این، میزان مقاومت و تعداد تکرارها متناسب با آستانه درد بیمار تنظیم می‌شد (۲۳).

بازآموزی الگوی راه رفتن برای ۸ هفته، ۳ جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۱۵ الی ۳۰ دقیقه انجام شد (روزهای فرد). تمرینات بازآموزی نیز از ساعت ۸ صبح الی ۱۵ بعد از ظهر در آزمایشگاه توان‌بخشی دانشگاه بوعلی سینا انجام می‌شد. قبل از شروع برنامه بازآموزی راه رفتن، محققان توضیحات شفاهی و یک ویدئو که شامل مباحث اصلاح الگوی حرکتی ران، لگن و زانو بود برای بیماران ارائه کردند. محتوای اصلاح الگوی حرکتی شامل آموزش بیماران به‌صورت راه رفتن با زانوهای فاصله گرفته از یکدیگر، حرکت زانوها در یک مسیر مستقیم رو به جلو، انقباض عضلات سرینی و حفظ راستای لگن در یک خط افقی بود (۲۵، ۸). بیماران بر روی یک تردمیل با سرعت انتخابی که مشابه با فعالیت روزمره هر بیمار بود راه می‌رفتند و درمان‌گر به‌صورت بصری و شفاهی برای بیماران بازخورد ارائه می‌کرد. در هفته‌های اول تا چهارم، بازخورد بصورت مداوم برای بیماران ارائه شد و از هفته‌های چهارم الی هشتم بازخورد به تدریج حذف شد تا الگوی حرکتی جدید اکتسابی، تثبیت و درونی شود (۸). از بیماران خواسته شد تا پایان دوره درمان بازخوردها و دستورالعمل‌های الگوی حرکتی جدید را در فعالیت‌های روزمره خود رعایت کند.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

CCBY-NC.4.0 DEED



نمودار ۱- نمودار کانسورت روند انتخاب، ارزیابی و پی‌گیری مشارکت کنندگان

نتایج

اطلاعات دموگرافیک و تن‌سنجی گروه‌ها در جدول ۱ خلاصه شده است.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

CCBY-NC.4.0 DEED

جدول ۱- اطلاعات دموگرافیک و تن‌سنجی برحسب گروه‌های مورد بررسی در زنان مبتلا به درد کشککی‌رانی شهر همدان در سال ۱۴۰۲

متغیرها	گروه تجربی (n=۲۰) انحراف استاندارد ± میانگین	گروه کنترل (n=۲۰) انحراف استاندارد ± میانگین	کل (n=۴۰) انحراف استاندارد ± میانگین	مقدار P
سن (سال)	۳۸/۳۵ ± ۲/۱۵	۳۹/۷۵ ± ۳/۴۶	۳۹/۰۵ ± ۲/۹۳	۰/۲۱۹
قد (سانتی‌متر)	۱۶۹/۲۵ ± ۴/۸۳	۱۷۰/۵۰ ± ۴/۳۲	۱۶۹/۸۸ ± ۴/۵۷	۰/۲۹۲
وزن (کیلوگرم)	۵۹/۰۵ ± ۴/۰۴	۵۸/۷۵ ± ۳/۶۱	۵۸/۹۰ ± ۳/۷۸	۰/۲۵۵
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	۲۰/۶۰ ± ۱/۲۵	۲۰/۳۳ ± ۱/۵۰	۲۰/۴۶ ± ۱/۳۷	۰/۶۱۶

آزمون t دو نمونه مستقل، P<۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری

در جدول ۲، یافته‌های توصیفی متغیرهای پژوهش گزارش شده‌اند. در این جدول آمار توصیفی مربوط به میانگین و انحراف معیار نمرات درد، ترس از حرکت، قدرت عضلات، مؤلفه‌های VGRF، و نرخ بارگذاری به تفکیک گروه آزمایش و کنترل در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون گزارش شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، میانگین نمرات گروه کنترل در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون تفاوت زیادی را نشان نمی‌دهد، در حالی‌که میانگین نمرات درد، ترس از حرکت نرخ بارگذاری و دره در گروه آزمایش در پس‌آزمون کاهش بیشتری نسبت به پیش‌آزمون نشان می‌دهد. هم‌چنین، میانگین نمرات اوج نیروی اول و دوم، قدرت عضلات چهارسر رانی، سرینی میانی و سرینی بزرگ در پس‌آزمون افزایش بیشتری نشان داد.

جدول۲- میانگین و انحراف استاندارد نمرات متغیرهای پژوهش در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون برحسب گروه‌های مورد بررسی در زنان مبتلا به درد کشککی‌رانی شهر همدان در سال ۱۴۰۲

گروه	متغیر	پیش‌آزمون انحراف استاندارد ± میانگین	پس‌آزمون انحراف استاندارد ± میانگین
تجربی (n=۲۰)	درد	۵/۱۵ ± ۱/۰۴	۱/۹۵ ± ۱/۶۸
	ترس از حرکت	۴۸/۷۵ ± ۴/۶۲	۳۲/۶۵ ± ۳/۲۱
	قدرت عضلات چهارسر رانی	۳۵/۳۰ ± ۲/۹۶	۴۴/۹۴ ± ۲/۱۴
	قدرت عضلات سرینی میانی	۱۹/۹۱ ± ۲/۵۲	۲۷/۳۴ ± ۴/۵۰
	قدرت عضلات سرینی بزرگ	۳۰/۲۲ ± ۴/۳۴	۴۰/۰۰ ± ۵/۲۵
	اوج نیروی اول	۹۱/۸۶ ± ۳/۳۷	۱۰۲/۷۶ ± ۴/۶۹
	دره	۸۱/۲۲ ± ۲/۶۴	۷۶/۰۸ ± ۲/۳۸
	اوج نیروی دوم	۹۵/۲۴ ± ۲/۲۴	۱۰۶/۹۹ ± ۳/۷۲
	نرخ بارگذاری	۳۲/۷۵ ± ۲/۲۱	۲۹/۰۹ ± ۱/۳۸
کنترل (n=۲۰)	درد	۴/۰۵ ± ۱/۹۹	۶/۱۰ ± ۱/۲۵
	ترس از حرکت	۴۱/۴۰ ± ۴/۰۸	۴۶/۷۵ ± ۳/۹۴
	قدرت عضلات چهارسر رانی	۴۲/۵۸ ± ۴/۳۹	۳۸/۶۰ ± ۴/۷۶
	قدرت عضلات سرینی میانی	۱۹/۳۸ ± ۱/۹۴	۱۷/۰۴ ± ۱/۲۴
	قدرت عضلات سرینی بزرگ	۳۲/۶۵ ± ۲/۲۴	۳۰/۳۳ ± ۱/۷۰
	اوج نیروی اول	۹۳/۰۱ ± ۳/۹۱	۸۸/۷۶ ± ۴/۱۶
	دره	۷۹/۶۲ ± ۳/۳۳	۸۲/۶۶ ± ۲/۳۸
	اوج نیروی دوم	۹۶/۲۱ ± ۲/۵۶	۹۲/۷۲ ± ۲/۸۶
	نرخ بارگذاری	۳۱/۲۳ ± ۱/۷۱	۳۶/۲۷ ± ۱/۸۷

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

CCBY-NC.4.0 DEED

برای بررسی اثربخشی تمرینات تقویتی عضلات ران و زانو همراه با بازآموزی الگوی راه رفتن بر متغیرهای درد، ترس از حرکت، قدرت عضلات چهارسر رانی، سرینی میانی و بزرگ، مؤلفه‌های VGRF و نرخ بارگذاری در زنان مبتلا به PFP از تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد. به منظور استفاده از این روش آماری، پیش‌فرض‌های این تحلیل مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی پیش‌فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. نتایج نشان داد توزیع نمرات گروه آزمایش و کنترل در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون نرمال بود (P>۰/۰۵ نتایج آزمون Levene برای بررسی همگنی واریانس متغیرهای وابسته در گروه‌ها نشان داد که واریانس درد (F=۰/۴۰۴، p=۰/۵۲۹)، ترس از حرکت (F=۰/۷۱۵، p=۰/۴۰۳)، قدرت عضلات چهارسر رانی (F=۰/۱۲۳، p=۰/۷۲۷)، قدرت عضلات سرینی میانی (F=۲/۳۵۰، p=۰/۰۸۵)، قدرت عضلات سرینی بزرگ (F=۳/۴۵۰، p=۰/۰۹۵)، اوج نیروی اول (F=۰/۰۷۵، p=۳/۳۵۵)، دره (F=۰/۱۵۸، p=۰/۶۹۴)، اوج نیروی دوم (F=۲/۵۸۰، p=۰/۱۰۸) و نرخ بارگذاری (F=۳/۷۸۰، p=۰/۲۰۷) در گروه‌ها همگن است. نتایج آزمون ام باکس برای بررسی همگنی ماتریس کوواریانس متغیرهای وابسته در بین گروه مداخله و کنترل نیز نشان داد که ماتریس کوواریانس متغیرهای وابسته دو گروه همگن است (F=۳/۲۹۴، p=۰/۲۴۱).

خلاصه نتایج حاصل از تحلیل کوواریانس چندمتغیره بر طبق جدول ۳، حاکی از این است که سطح معناداری آماره F چندمتغیره آزمون پیلاپی، ویلکز، هتلینگ و روی، از ۰/۰۵ کمتر است (P<۰/۰۰۱). بنابراین، بین گروه تجربی و کنترل، حداقل در یکی از متغیرهای وابسته تفاوت آماری معناداری وجود دارد.

جدول ۳- خلاصه نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره جهت بررسی اثربخشی تمرینات تقویتی عضلات ران و زانو همراه با بازآموزی الگوی راه رفتن در زنان مبتلا به درد کشککی‌رانی شهر همدان در سال ۱۴۰۲

منبع	نام آزمون	مقدار مشاهده شده	درجه آزادی فرضیه	درجه آزادی خطا	مقدار P	مقدار F
گروه	اثر پیلایی	۰/۹۱۲	۹	۲۱	<۰/۰۰۱	۲۴/۰۷۶
	لامبدای ویلکز	۰/۰۸۸	۹	۲۱	<۰/۰۰۱	۲۴/۰۷۶
	اثر هتلینگ	۱۰/۳۱۸	۹	۲۱	<۰/۰۰۱	۲۴/۰۷۶
	بزرگ‌ترین ریشه روی	۱۰/۳۱۸	۹	۲۱	<۰/۰۰۱	۲۴/۰۷۶

جدول ۴، نتایج آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره نشان می‌دهد که تفاوت معناداری در شدت درد (η^2=۰/۷۳۸، P<۰/۰۰۱)، ترس از حرکت (η^2=۰/۷۴۵، P<۰/۰۰۱)، قدرت عضلات چهارسر رانی (η^2=۰/۵۶۱، P<۰/۰۰۱)، قدرت عضله سرینی میانی (η^2=۰/۵۲۹، P<۰/۰۰۱)، و قدرت عضله سرینی بزرگ (η^2=۰/۵۷۶، P<۰/۰۰۱)، مشاهده شد (تصویر ۲). علاوه بر این، نتایج نشان داد که تفاوت معناداری در اوج نیروی اول (η^2=۰/۵۷۷، P<۰/۰۰۱)، دره (η^2=۰/۶۲۰، P<۰/۰۰۱)، اوج نیروی دوم (η^2=۰/۶۹۴، P<۰/۰۰۱)، و نرخ بارگذاری (η^2=۰/۷۲۷، P<۰/۰۰۱)، مشاهده شد (تصویر ۲).

هم‌چنین، طبق نتایج جدول ۴ با توجه به اندازه اثر (ضریب اتا) محاسبه شده، گروه تجربی با اندازه اثر متوسط یک کاهش ۶۲/۱۳ درصد در شدت درد، کاهش ۳۳/۰۲ درصد در ترس از حرکت با یک اندازه اثر بالا، افزایش ۲۷/۳۰ درصد در قدرت عضلات چهارسر رانی با یک اندازه اثر متوسط، افزایش ۳۷/۳۱ درصد در قدرت عضله سرینی میانی با یک اندازه اثر متوسط، و افزایش ۳۲/۳۶ درصد در قدرت عضله سرینی بزرگ با یک اندازه اثر متوسط دارد. علاوه بر این، گروه تجربی با یک اندازه اثر متوسط افزایش ۱۱/۸۶ درصد در اوج نیروی اول، افزایش ۱۲/۳۳ درصد در اوج نیروی دوم با یک اندازه اثر بالا، کاهش ۱۱/۷ درصد با یک اندازه اثر بالا در نرخ بارگذاری و کاهش ۶/۳۲ درصد با اندازه اثر متوسط در دره را نشان داد.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

CCBY-NC.4.0 DEED

جدول ٤- نتایج تحلیل کوواریانس چندمتغیره جهت بررسی اثربخشی تمرینات تقویتی عضلات ران و زانو همراه با بازآموزی الگوی راه رفتن در زنان مبتلا به درد کشککی‌رانی شهر همدان در سال ۱۴۰۲

متغیر		مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	مقدار F	مقدار P	مجذور اتا	توان آماری
درد	پیش‌آزمون	۰/۴۴۴	۱	۰/۴۴۴	۰/۵۷۵	۰/۴۵۵	۰/۰۱۹	۰/۱۱۳
	گروه	۶۳/۰۷۸	۱	۶۳/۰۷۸	۸۱/۵۷۱	۰/۰۰۱	۰/۷۳۸	۱/۰۰۰
	خطا	۲۲/۴۲۵	۲۹	۰/۷۷۳				
	کل	۸۰۱/۰۰۰	۴۰					
ترس از حرکت	پیش‌آزمون	۶/۶۴۵	۱	۶/۶۴۵	۱/۰۶۲	۰/۳۱۱	۰/۰۳۵	۰/۱۶۹
	گروه	۵۲۹/۳۶۹	۱	۵۲۹/۳۶۹	۸۴/۶۳۶	۰/۰۰۱	۰/۷۴۵	۱/۰۰۰
	خطا	۱۸۱/۳۸۶	۲۹	۶/۲۵۵				
	کل	۶۵۵۲۴/۰۰۰	۴۰					
قدرت عضلات چهارسر رانی	پیش‌آزمون	۶۸/۳۷۳	۱	۶۸/۳۷۳	۹/۷۰۲	۰/۰۰۴	۰/۲۵۱	۰/۸۵۳
	گروه	۲۶۰/۸۲۶	۱	۲۶۰/۸۲۶	۳۷/۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۵۶۱	۱/۰۰۰
	خطا	۲۰۴/۳۸۱	۲۹	۷/۰۴۸				
	کل	۷۰۷۲۵/۰۲۵	۴۰					
قدرت عضلات سرینی میانی	پیش‌آزمون	۷/۱۲۰	۱	۷/۱۲۰	۱/۶۰۵	۰/۲۱۵	۰/۰۵۲	۰/۲۳۲
	گروه	۱۴۴/۵۳۳	۱	۱۴۴/۵۳۳	۳۲/۵۸۱	۰/۰۰۱	۰/۵۲۹	۱/۰۰۰
	خطا	۱۲۸/۴۶۸	۲۹	۴/۴۳۶				
	کل	۲۱۰۳۹/۷۷۳	۴۰					
قدرت عضلات سرینی بزرگ	پیش‌آزمون	۱۱/۶۳۷	۱	۱۱/۶۳۷	۱/۶۰۳	۰/۲۱۵	۰/۰۵۲	۰/۲۳۲
	گروه	۲۸۵/۸۲۵	۱	۲۸۵/۸۲۵	۳۹/۳۸۶	۰/۰۰۱	۰/۵۷۶	۱/۰۰۰
	خطا	۲۱۰/۴۵۵	۲۹	۷/۲۵۷				
	کل	۵۰۹۹۴/۲۲۵	۴۰					
اوج نیروی اول	پیش‌آزمون	۱۴/۶۴۵	۱	۱۴/۶۴۵	۱/۴۸۹	۰/۲۳۲	۰/۰۴۹	۰/۲۱۹
	گروه	۳۸۹/۱۶۸	۱	۳۸۹/۱۶۸	۳۹/۵۵۸	۰/۰۰۱	۰/۵۷۷	۱/۰۰۰
	خطا	۲۸۵/۳۰۱	۲۹	۹/۸۳۸				
	کل	۳۶۹۵۴۳/۳۹۹	۴۰					
دره	پیش‌آزمون	۱/۳۳۴	۱	۱/۳۳۴	۰/۳۸۹	۰/۵۳۸	۰/۰۱۳	۰/۰۹۳
	گروه	۱۶۲/۱۵۳	۱	۱۶۲/۱۵۳	۴۷/۲۴۰	۰/۰۰۱	۰/۶۲۰	۱/۰۰۰
	خطا	۹۹/۵۴۲	۲۹	۳/۴۳۲				
	کل	۲۵۲۷۰۷/۱۶۳	۴۰					
اوج نیروی دوم	پیش‌آزمون	۰/۷۲۸	۱	۰/۷۲۸	۰/۱۰۵	۰/۷۴۹	۰/۰۰۴	۰/۰۶۱
	گروه	۴۵۸/۵۰۲	۱	۴۵۸/۵۰۲	۶۵/۸۸۶	۰/۰۰۱	۰/۶۹۴	۱/۰۰۰
	خطا	۲۰۱/۸۱۱	۲۹	۶/۹۵۹				
	کل	۴۰۱۳۵۱/۰۲۷	۴۰					
نرخ بارگذاری	پیش‌آزمون	۱۱/۷۹۴	۱	۱۱/۷۹۴	۵/۵۵۸	۰/۰۲۵	۰/۱۶۱	۰/۶۲۵
	گروه	۱۶۳/۵۱۳	۱	۱۶۳/۵۱۳	۷۷/۰۵۴	۰/۰۰۱	۰/۷۲۷	۱/۰۰۰
	خطا	۶۱/۵۳۹	۲۹	۲/۱۲۲				
	کل	۴۳۳۴۳/۷۹۱	۴۰					

CCBY-NC.4.0 DEED

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]
[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

بحث

هدف از این مطالعه تعیین تأثیر تمرینات تقویتی عضلات ران و زانو همراه با بازآموزی الگوی راه رفتن بر VGRF و نرخ بارگذاری در زنان با PFP بود. نتایج به‌دست آمده نشان داد که پس از هشت هفته دوره درمان شدت درد و ترس از حرکت کاهش و قدرت عضلات چهارسر رانی و سرینی افزایش یافتند. علاوه بر این، اوج نیروی اول و دوم افزایش یافت، و دره و نرخ بارگذاری کاهش یافت. بنابراین، کارآزمایی‌های تصادفی‌سازی‌شده و کنترل‌شده با هدف ترکیب بازآموزی الگوی حرکتی با تمرینات تقویتی هدفمند ممکن است در مدیریت و توانبخشی PFP موثر باشد.

به‌طور کلی، نتایج مطالعه حاضر در کاهش شدت درد با نتایج مطالعه Fukuda و همکاران همسو است. این محققان گزارش کردند، گروه بیمارانی که ترکیبی از تمرینات تقویتی عضلات ران و زانو را انجام داده بودند در مقایسه با گروهی که تمرینات تقویتی عضلات چهارسر رانی را دریافت کردند در کاهش درد نتیجه بهتری کسب کرده بودند (۲۶). به‌نظر می‌رسد افزایش قدرت عضلات چهارسر رانی و سرینی می‌تواند با تغییر موقعیت کشکک به تعدیل ناحیه تماس PFJ کمک کند (۲۷). به‌طور کلی، در بیماران با PFP در اثر ضعف عضله پهن داخلی کشکک به سمت خارج کشیده می‌شود و سطح تماس مفصلی در بخش خارجی PFJ افزایش می‌یابد و منجر به PFP می‌شود (۲۷). بر اساس معادله فشار در واحد سطح، با کاهش سطح تماس، فشار در نقطه محدودی افزایش می‌یابد (۱). در همین راستا، نتایج مطالعات نشان داده است که تمرینات تقویتی عضلات چهارسر رانی می تواند عضله پهن داخلی را تقویت کرده و کشش خارجی کشکک و افزایش بارگذاری PFJ را کاهش دهد (۲۸-۲۷).

نتایج نشان داد که قدرت عضلات سرینی میانی و بزرگ افزایش یافته است. به‌طور کلی، ضعف عضلات آبداکتور، اکستنسور و چرخش دهنده خارجی ران باعث افزایش والگوس زانو می‌شود (۱). Waiteman و همکاران گزارش کردند که والگوس زانو و گشتاور آبداکشنی سبب کشش خارجی کشکک شده و ناحیه تماس بین PFJ در بخش خارجی افزایش می‌یابد و نهایتاً به تخریب غضروف PFJ منتهی می‌شود (۲۹). Hollman و همکاران گزارش کردند والگوس زانو عمدتاً توسط عضلات سرینی بزرگ و میانی کنترل می‌شود (۳۰). در این راستا، Aghakeshizadeh و همکارش نشان دادند که تمرینات تقویتی ران همراه با بازآموزی حرکتی باعث افزایش قدرت عضلات آبدکتور ران و کاهش آبداکشن زانو می‌شود (۳۱). بنابراین، به‌نظر می‌رسد کاهش در شدت درد پس از مداخله ۸ هفته‌ای تقویت عضلات ران و زانو همراه با بازآموزی راه رفتن، می‌تواند نتیجه تغییرات در بیومکانیک ران، زانو و PFJ باشد.

به‌طور کلی، برنامه حرکتی و کنترل حرکتی تحت تأثیر اطلاعات شناختی از محیط و بازخورد حسی و ادراکی است. در این راستا، یک مطالعه متا-آنالیز نشان داد که کاهش اوج نیروی اول در بیماران با PFP می‌تواند به دلیل درد و ترس از حرکت باشد (۴). بیماران مبتلا به PFP به دلیل تجربه درد با احتیاط بارگذاری وزن بدن بر اندام مبتلا را اعمال می‌کنند و عمدتاً بارگذاری به زانوی سالم منتقل می‌شود (۴، ۳۲). نتایج حاصل شده نشان داد که پس از هشت هفته مداخلات درمانی شدت درد و ترس از حرکت کاهش و اوج نیروی اول افزایش یافته است. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که افزایش اوج نیروی اول در اثر کاهش درد و ترس از حرکت باشد. یک مطالعه متا-آنالیز با تحلیل داده‌های کمی ۶ مقاله نشان داد که در جمعیت بیماران با PFP نرخ بارگذاری یک روند افزایشی دارد که می‌تواند ناشی از ضعف عضلات چهارسر رانی باشد (۴).

Boling و همکاران یک ارتباط بین افزایش درد و مهار عضلات چهارسر رانی در بیماران مبتلا به PFP گزارش کردند (۲۸). انقباض

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

CCBY-NC.4.0 DEED

اکسنتریک عضلات چهارسر رانی در مرحله پاسخ بارگذاری یا ایستایی اولیه به عنوان مکانیزم اصلی جذب ضربه در نظر گرفته می‌شود و نیروهای حاصل از برخورد پا با زمین را کنترل می‌کند (۶، ۲۸). بنابراین، ضعف این گروه عضلانی می‌تواند جذب نیروهای ناشی از ضربه را کاهش دهد و نرخ بارگذاری افزایش یابد (۶، ۲۸). در این راستا، Ellis و همکاران دریافتند که عضله پهن داخلی در مرحله ترمز نقش مهمی دارند و عضلات سرینی بزرگ و میانی به‌صورت مکمل عمل می‌کنند (۷)، افزایش قدرت چهارسر رانی منجر به پایداری بیشتر زانو و جذب انرژی در حین راه رفتن می شود که ممکن است بارگذاری پس از ضربه پاشنه را کنترل کند (۳۳). در نتیجه، بنظر می‌رسد که کاهش نرخ بارگذاری و دره در مطالعه حاضر ناشی از کاهش درد، و افزایش قدرت عضلات چهارسر رانی و سرینی بزرگ و میانی باشد. در این راستا، نتایج ما با مطالعه Esculier و همکاران همسو است که نشان دادند زنان با PFP پس از یک دوره توان‌بخشی کاهش سطح درد و متعاقباً کاهش نرخ بارگذاری عمودی داشتند (۳۴). علاوه بر این، Noehren و همکاران پس از تمرینات بازآموزی راه رفتن مبتنی بر اصلاح الگوی حرکتی ران و انقباض عضلات سرینی یک کاهش ۲۰٪ در نرخ بارگذاری عمودی در بیماران با PFP را گزارش کردند (۸).

کاهش در اوج نیروی دوم می‌تواند ناشی از ضعف عضلات سرینی و چهارسر رانی باشد (۴). به‌طور کلی، در حرکت رو به جلو عضلات اکستنسور ران و زانو به‌صورت همکار عمل می‌کنند. عضله چهار سر ران در مرحله پیشرانه از انقباض برون‌گرا به درون‌گرا تغییر عمل می‌دهد تا بدن به سمت جلو حرکت کند؛ در همین حال، عضلات سرینی بزرگ و میانی نقشی مکمل در پیش‌برد بدن به سمت جلو ایفا می‌کنند (۳۵، ۳۳، ۱۱). استدلال محققان در این مطالعه بر این مبنا است که با افزایش قدرت عضلات چهارسر رانی و سرینی بزرگ و میانی یک پیش‌رانه نیرومند به سمت جلو ایجاد شده که منجر به افزایش اوج نیروی دوم شده است.

در این کارآزمایی بالینی محدودیت‌هایی وجود داشت که توجه محققان در مطالعات آینده بر این نکات می‌تواند نتایج این مطالعه را تقویت کند. اول، در این مطالعه نرخ بارگذاری و VGRF را فقط در حین راه رفتن ارزیابی شد که نسبت به فعالیت‌هایی همچون بالارفتن و پایین آمدن از پله، دویدن، و پریدن با چالش کمتری همراه است. بنابراین، در تعمیم نتایج برگرفته از این مطالعه به فعالیت‌های با چالش بیشتر باید احتیاط کرد. دوم، از آن‌جایی که بین زنان و مردان مبتلا به PFP تفاوت در الگوی حرکتی وجود دارد نتایج مطالعه حاضر فقط محدود به جامعه زنان مبتلا به PFP است. سوم، به دلیل محدودیت نرم‌افزاری قادر به ارزیابی نیروهای عکس‌العمل قدامی و خلفی نبودیم. در راستای محدودیت‌های مذکور، توصیه می‌شود محققان در مطالعات آتی تأثیر تمرینات تقویتی ران همراه با بازآموزی الگوی حرکتی بر VGRF را طی فعالیت‌هایی با چالش‌های مختلف به تفکیک در جمعیت مردان و زنان ارزیابی کنند. علاوه بر این، توصیه می‌شود تأثیر تمرینات تقویتی ران همراه با بازآموزی الگوی حرکتی بر نیروهای عکس العمل قدامی و خلفی طی فعالیت‌هایی با چالش‌های مختلف بررسی شود.

نتیجه‌گیری

به‌نظر می‌رسد ۸ هفته تمرینات تقویتی عضلات ران و زانو همراه با بازآموزی راه رفتن بتواند شدت درد و ترس از حرکت را کاهش دهد و قدرت عضلانی را افزایش دهد و متعاقب آن اوج نیروی اول و دوم افزایش یافته و نرخ بارگذاری و دره کاهش یابد. توصیه می‌شود برای کسب نتایج بالینی بهتر در توان‌بخشی زنان مبتلا به PFP تمرینات تقویتی با بازآموزی الگوی حرکتی ترکیب شود.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

CCBY-NC.4.0 DEED

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر، برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول مقاله در دانشگاه بوعلی سینا همدان بود. بدین‌وسیله از تمامی بیمارانی که به‌صورت داوطلبانه در این کارآزمایی بالینی شرکت کردند صمیمانه تشکر می‌کنیم.

تعارض منافع: در این مطالعه هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

حامی مالی: این پژوهش هیچ‌گونه حامی مالی نداشته است و برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه بوعلی سینا همدان می‌باشد.

ملاحظات اخلاقی (کد اخلاق): مطالعه حاضر در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه بوعلی‌سینا همدان (IR.BASU.REC.1402.012) و در فهرست کارآزمایی‌های بالینی ایران (IRCT20230425057991N1) تأیید و ثبت شده است.

مشارکت نویسندگان

- **طراحی ایده:** علی یلفانی، فاطمه احدی
- **روش کار:** فاطمه احدی
- **جمع‌آوری داده‌ها:** فاطمه احدی، محمدرضا احمدی، آزاده عسگرپور
- **تجزیه و تحلیل داده‌ها:** فاطمه احدی، محمدرضا احمدی، آزاده عسگرپور
- **نظارت:** علی یلفانی
- **مدیریت پروژه:** علی یلفانی
- **نگارش – پیش‌نویس اصلی:** فاطمه احدی، محمدرضا احمدی، آزاده عسگرپور
- **نگارش – بررسی و ویرایش:** علی یلفانی، فاطمه احدی، محمدرضا احمدی، آزاده عسگرپور

References

1. Yalfani A, Ahmadi M, Asgarpoor A. The effect of kinetic factors of dynamic knee valgus on patellofemoral pain syndrome: A systematic review and meta-analysis. *J BMT* 2023; 37(2); 246-253.

2. Yalfani A, Ahadi F, Ahmadi M, Asgarpoor A. Physical Therapy in Sport Relationship between exacerbating patellofemoral pain and dynamic knee valgus in females with patellofemoral pain after a patellofemoral joint loading protocol□: A cross-sectional. *PhThS* 2024; 67(2): 13–8.

3. Yalfani A, Ahadi F, Ahmadi M. Effects of pain exacerbation on postural control in women with patellofemoral pain during single leg squat□: a cross-sectional study. *JOSR* 2024; 19(9): 462–8.

4. Yalfani A AM. Patients with Patellofemoral Pain Exhibiting Decrease Vertical Ground Reaction Force Compared to Healthy Individuals during Weight Bearing Tasks: A Systematic Reviews and Meta-Analysis. *JPH* 2023; 52(2): 254–64.

5. Rathleff MS, Richter C, Brushøj C, Bencke J, Bandholm T, Hölmich P, et al. Increased medial foot loading during drop jump in subjects with patellofemoral pain. *KSSTA* 2014; 22(10): 2301–7.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

CCBY-NC.4.0 DEED

6. Nunes GS, Barton CJ, Viadanna Serrão F. Females with patellofemoral pain have impaired impact absorption during a single-legged drop vertical jump. *JGP* 2019; 68(3): 346–51.

7. Ellis RG, Sumner BJ, Kram R. Gait & Posture Muscle contributions to propulsion and braking during walking and running□: Insight from external force perturbations. *JGP* 2014; 40(4): 594–9.

8. Noehren B, Scholz J, Davis I. The effect of real-time gait retraining on hip kinematics, pain and function in subjects with patellofemoral pain syndrome. *JSMed* 2011; 45(9): 691–6.

9. Greaves H, Comfort P, Liu A, Lee Herrington, Richard Jones. How effective is an evidence-based exercise intervention in individuals with patellofemoral pain? *Phys Ther S* 2021; 51(2): 92–101.

10. Nakagawa TH, Muniz TB, Baldon R de M, Dias Maciel C, de Menezes Reiff RB, Serrão FV. The effect of additional strengthening of hip abductor and lateral rotator muscles in patellofemoral pain syndrome: A randomized controlled pilot study. *J ClinR* 2008; 22(12): 1051–60.

11. Grenholm A, Stensdotter AK, Häger-Ross C. Kinematic analyses during stair descent in young women with patellofemoral pain. *Clin Biomech* 2009; 24(1): 88–94.

12. Yemm B, Krause DA. Management of a patient with patellofemoral pain syndrome using neuromuscular training in decreasing medial collapse: *A case report*. JPhThP 2015; 31(3): 221–9.

13. Esculier JF, Bouyer LJ, Roy JS. The effects of a multimodal rehabilitation program on symptoms and ground-reaction forces in runners with patellofemoral pain syndrome. *JOSR* 2016; 1; 25(1): 23-30.

14. Differding MK, Doyon M, Bouchard L, Perron P, Guérin R, Asselin C, et al. Potential interaction between timing of infant complementary feeding and breastfeeding duration in determination of early childhood gut microbiota composition and *BMI* JPO 2020; 15(8): 1–12.

15. Ahmad SN, Letafatkar A, Brewer BW, Sharifnezhad A. Comparison of cognitive functional therapy and movement system impairment treatment in chronic low back pain patients: a randomized controlled trial. *BMCMD* 2023; 29; 24(1): 684-94.

16. Chaharmahali L, Gandomi F, Yalfani A, Fazaeli A. The effect of self-reported knee instability on plantar pressure and postural sways in women with knee osteoarthritis. *J Orthop Surg Res* 2021; 16(1): 1-10.

17. Yalfani A, Ahmadi M. Effect of neurofeedback training on psychological features and plantar pressure distribution symmetry in patients with patellofemoral pain: A ransdomized controlled trial. *J BMT* 2024; 40 (3): 141–7.

18. Botta AFB, Waiteman MC, Ducatti MHM, Garcia CLG, Farinelli LALB, Bazett-Jones DM, et al. Patellofemoral pain over time: Protocol for a prospective, longitudinal study investigating physical and non-physical features. FSAL 2023; 4(4): 1–11.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

CCBY-NC.4.0 DEED

19. Mohamadreza Ahmadi, Ali Yalfani, Farzaneh Gandomi KR. The Effect of Twelve-Week Neurofeedback Training on Pain, Proprioception, Strength and Postural Balance in Men with Patellofemoral Pain Syndrome: A Double-Blind Randomized Control Trial. *J Rehabil Sci Res* 2020; 10(1): 1–13.

20. Goto S, Aminaka N, Gribble PA. Lower-extremity muscle activity, kinematics, and dynamic postural control in individuals with patellofemoral pain. *JSR* 2018; 27(6): 505–12.

21. De Oliveira Silva D, Briani RV, Pazzinatto MF, Ferrari D, Aragão FA, De Azevedo FM. Reduced knee flexion is a possible cause of increased loading rates in individuals with patellofemoral pain. *JCB* 2015; 30(9): 971–5.

22. Behmaram S, Jalalvand A, Reza Jahani M. Effects of backpack-induced fatigue on gait ground reaction force characteristics in primary school children with flat-foot deformity. *JB* 2021; 129 (2): 110817.

23. Hott A, Brox JI, Pripp AH, Juel NG, Paulsen G, Liavaag S. Effectiveness of Isolated Hip Exercise, Knee Exercise, or Free Physical Activity for Patellofemoral Pain: A Randomized Controlled Trial. *JSMed* 2019; 47(6): 1312–22.

24. Mølgaard CM, Rathleff MS, Andreasen J, Christensen M, Lundbye-Christensen S, Simonsen O, et al. Foot exercises and foot orthoses are more effective than knee focused exercises in individuals with patellofemoral pain. *J Sci Med S* 2018; 21(1): 5–10.

25. Willy RW, Scholz JP, Davis IS. Mirror gait retraining for the treatment of patellofemoral pain in female runners. *JCB* 2012; 27(10): 1045–51.

26. Fukuda TY, Melo WP, Zaffalon BM, Rossetto FM, Magalhães E, Bryk FF, et al. Hip posterolateral musculature strengthening in sedentary women with patellofemoral pain syndrome: A randomized controlled clinical trial with 1-year follow-up. *JOSPT* 2012; 42(10): 823–30.

27. Chiu JKW, Wong YM, Yung PSH, Ng GYF. The effects of quadriceps strengthening on pain, function, and patellofemoral joint contact area in persons with patellofemoral pain. *J PMR* 2012; 91(2): 98–106.

28. Boling MC, Bolgla LA, Mattacola CG, Uhl TL, Hosey RG. Outcomes of a Weight-Bearing Rehabilitation Program for Patients Diagnosed With Patellofemoral Pain Syndrome. *JPMR* 2006; 87(11): 1428–35.

29. Waiteman MC, Briani RV, Pazzinatto MF, Ferreira AS, Ferrari D, de Oliveira Silva D, et al. Relationship between knee abduction moment with patellofemoral joint reaction force, stress and self-reported pain during stair descent in women with patellofemoral pain. *JCB* 2018; 59(3): 106–10.

30. Hollman JH, Ginos BE, Kozuchowski J, Vaughn AS, Krause DA, Youdas JW. Relationships between knee valgus, hip-muscle strength, and hip-muscle recruitment during a single-limb step-down. *JSR* 2009; 18(1): 104–17.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

CCBY-NC.4.0 DEED

31. Aghakeshizadeh F, Letafatkar A TA. Internal and external focus show similar effect on the gait kinematics in patients with patellofemoral pain: A randomised controlled trial. *JGP* 2021; 84(1): 155–61.

32. Ali yalfani M ahmadi. Do patellofemoral pain patients have higher loading rate compared to healthy indivalues? A systematic review and meta-analysis. Phys Treat Phys Ther 2022; 12(1): 13–22.

33. Davis HC, Luc-Harkey BA, Seeley MK, Troy Blackburn J, Pietrosimone B. Sagittal plane walking biomechanics in individuals with knee osteoarthritis after quadriceps strengthening. *JOC* 2019; 27(5): 771–80.

34. Esculier JF, Roy JS, Bouyer LJ. Lower limb control and strength in runners with and without patellofemoral pain syndrome. *JGP* 2015; 41(3): 813–9.

35. Sasaki K, Neptune RR, Burnfield JM, Mulroy SJ. Muscle compensatory mechanisms during able-bodied toe walking. *JGP* 2008; 27: 440–6.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]

CCBY-NC.4.0 DEED

The Effect of Hip and Knee Strengthening Exercises Along with Gait Retraining on Vertical Ground Reaction Force and Loading Rate in Women with Patellofemoral Pain: A Clinical Trial Study

Fatemeh Ahadi[1], Ali Yalfani[2], Mohammadreza Ahmadi[3], Azadeh Asgarpoor[4]

Received: 05/08/24 Sent for Revision: 20/10/24 Received Revised Manuscript: 19/11/24 Accepted: 20/11/24

Background and Objectives: Vertical ground reaction force (Vertical ground reaction force; VGRF) is a kinetic variable that plays an important role in developing patellofemoral pain (Patellofemoral pain; PFP). This clinical trial aimed to determine the effect of hip and knee strengthening exercises along with gait retraining on VGRF and loading rate in women with PFP while walking.

Materials and Methods: In this clinical trial, 40 women with PFP were enrolled and randomly assigned to experimental (n=20) and control groups (n=20). In the experimental group, the patients received the relevant intervention for 8 weeks. The patients in the control group did not receive any intervention. Pain intensity, fear of movement, quadriceps muscle strength, hip abductor, hip extensor, VGRF components, and loading rate were the variables of this research which were evaluated in pre-test and post-test. Data was analyzed using multivariate analysis of covariance (MANCOVA).

Results: The results showed that there was a significant effect in the experimental group compared to the control group in pain intensity, fear of movement, quadriceps muscle strength, hip abductor muscle strength, hip extensor muscle strength, first force peak, valley, second force peak, and loading rate ($p<0.001$).

Conclusion: It appears that 8 weeks of hip and knee muscle strengthening exercises along with gait retraining can decrease pain intensity and fear of movement and increase muscle strength, and subsequently the first and second peak forces increase and the loading rate and valley decrease. It is recommended to combine strengthening exercises with movement pattern retraining to obtain better clinical results in the rehabilitation of women with PFP.

Key words: Patellofemoral pain, Vertical ground reaction force, Loading rate, Strengthening exercises, Gait retraining

Funding: This study did not have any funds.

Conflict of interest: None declared.

Ethical Considerations: The Ethics Committee of Bu-Ali Sina University approved the study (IR.BASU.REC.1402.012).

Authors' Contributions:

- **Conceptualization:** Ali Yalfani, Fatemeh Ahadi
- **Methodology:** Ali Yalfani, Fatemeh Ahadi
- **Data collection:** Fatemeh Ahadi, Mohammadreza Ahmadi, Azadeh Asgarpoor
- **Formal analysis:** Fatemeh Ahadi, Mohammadreza Ahmadi, Azadeh Asgarpoor
- **Supervision:** Ali Yalfani
- **Project administration:** Ali Yalfani
- **Writing – original draft:** Ali Yalfani
- **Writing – review & editing:** Fatemeh Ahadi, Mohammadreza Ahmadi, Azadeh Asgarpoor

Citation: Ahadi F, Yalfani A, Ahmadi MR, Asgarpoor A. The Effect of Hip and Knee Strengthening Exercises Along with Gait Retraining on Vertical Ground Reaction Force and Loading Rate in Women with Patellofemoral Pain: A Clinical Trial Study. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2024; 23 (8): 705-20. [Farsi]

1- MSc Student, Dept. of Exercise Rehabilitation, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hameden, Iran.
2- Prof., Dept. of Exercise Rehabilitation, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hameden, Iran
ORCID: 0000-0003-3696-7208
(Corresponding Author) Tel: 09183155478, E-mail: yalfani@basu.ac.ir
3- PhD, Student, Dt. of Exercise Rehabilitation, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hameden, Iran.
4- PhD, Dept. of Exercise Rehabilitation, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hameden, Iran.

CCBY-NC.4.0 DEED

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-11-16]

[DOI: 10.61186/jrums.23.8.705]