تأثیر تمرین تقویتی عضلات دورکننده و چرخاننده‌های خارجی ران بر کینماتیک اندام تحتانی مبتلایان به درد کشککی‌ران

نرجس جمالی[۱]، خلیل خیامباشی[*۲]، شهرام لنجان‌نژادیان[۳]، حامد اسماعیلی[۴]

۱. دانشجوی دکتری، آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان
۲. استاد، آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان
۳. استادیار، بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان
۴. استادیار، بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۶/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۶/۲۵ شماره صفحات: **۹۷ تا ۱۱۱**

چکیده

مطابق تحقیقات اخیر، تقویت عضلات خارجی-پشتی مفصل ران، درد افراد مبتلا به مشکل کشککی-رانی را کاهش می‌دهد، ولی اثر تقویت این عضلات بر کینماتیک اندام تحتانی هنوز روشن نیست. تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر تمرین‌های تقویتی عضلات دورکننده و چرخاننده‌های خارجی مفصل ران بر کینماتیک اندام تحتانی افراد مبتلا به درد کشککی رانی در دو حالت ایستا و پویا انجام شده است. در یک کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده، ۳۳ فرد مبتلا به سندرم درد کشککی-رانی به‌صورت تصادفی در دو گروه تجربی (۸ زن با میانگین سنی ۶/۸±۳۰ و میانگین شاخص تودهٔ بدنی ۲/۶±۲۳/۸ و ۸ مرد با میانگین سنی ۷±۳۱/۲ و میانگین شاخص تودهٔ بدنی ۱/۵±۲۵/۶) و شاهد (۹ زن با میانگین سنی ۷/۳±۲۹/۹ و میانگین شاخص تودهٔ بدنی ۳/۲±۲۳/۲ و ۸ مرد با میانگین سنی ۶±۳۲ و میانگین شاخص تودهٔ بدنی ۱/۹±۲۵/۵) تقسیم شدند. افراد در گروه تجربی، به مدت دوازده هفته و هر هفته سه جلسه تمرین تقویتی عضلات دورکننده و چرخاننده‌های خارجی مفصل ران را با استفاده از تراباند، تحت نظارت درمانگر، دریافت کردند. بر گروه شاهد هیچ‌گونه مداخلهٔ تمرینی اعمال نشد. قدرت عضلات مفصل ران و کینماتیک در دو حالت ایستا و پویا، قبل و بعد از مداخله بررسی شد. برای تحلیل آماری، از تحلیل واریانس برای اندازه‌های مکرر از نرم‌افزار SPSS استفاده شد (آلفا=۰/۰۵). پس از دوازده هفته مداخلهٔ تمرینی، به‌دنبال افزایش قدرت عضلات دورکننده در زنان از ۱۹/۶ به ۲۶/۴ درصد وزن (P=۰/۰۰۰) و در مردان از ۲۹/۹ به ۳۸/۱ درصد وزن (P=۰/۰۰۳) و عضلات چرخاننده‌های خارجی در زنان از ۱۳/۲ به ۱۶/۹ درصد وزن (P=۰/۰۲۴) و در مردان از ۲۶/۳ به ۳۴/۹ درصد وزن (P=۰/۰۰۰)، زوایای والگوس پویایی زانو در اسکات یک‌پایی در زنان از ۱۷۰ به ۱۷۴/۶ درجه (P=۰/۰۱۸) و در مردان از ۱۷۱/۸ به ۱۷۶/۸ درجه (P=۰/۰۱۷) و افتادگی لگن سمت مقابل در پایین‌آمدن از پله تنها در زنان از ۷/۹ به ۶ درجه (P=۰/۰۴) در گروه تجربی بهبود یافت. در زاویهٔ چهارسررانی هیچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P≥۰/۰۵). یافته‌ها نشان داد که تقویت عضلات مفصل ران، کینماتیک اندام تحتانی در حالت پویا را در صفحهٔ حرکتی فرونتال تغییر می‌دهد و شاید بتوان گفت که به‌دلیل این تغییرات، به‌دنبال تقویت عضلات دورکننده و چرخاننده‌های خارجی مفصل ران توسط تراباند، نشانه‌های درد کشککی-رانی به‌صورت پایدارتری بهبود می‌یابند.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی کینماتیک، زاویهٔ چهارسر رانی، زاویه والگوس پویای زانو، درد کشککی-رانی، عضلات دورکننده، چرخش‌دهندهٔ خارجی ران.

The effect of hip abductors and external rotators strength training on kinematic of lower limb of patients with patellofemoral pain syndrom

Jamali, N[1]., Khayambashi, Kh[*2]., Lenjannejadian, Sh[3]., Esmaeili, H[4].

1. PhD Student, Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Isfahan, Iran
2. Full Professor, Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Isfahan, Iran
3. Assistant Professor, Sport Biomechanic, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Isfahan, Iran
4. Assistant Professor, Sport Biomechanic, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Isfahan, Iran

Abstract

Although hip muscle strengthening has been reported as an effective way to decrease PFPS symptoms, however its effect on lower extremity kinematics is less clear. The current study was done with the aim of investigating the effect of hip abductor and external rotator muscles strengthening exercises on lower extremity kinematics in static and dynamic states. In a randomized controlled trial, 33 patients with patellofemoral pain (PFP) were randomly assigned into exercise (8 female, 30±6.8 y/o, 23.8±2.6 BMI and 8 male, 31.2±7 y/o, 25.6±1.5 BMI) and control (9 female, 29.9±7.3 y/o, 23.2±3.2 BMI and 8 male, 32±6 y/o,

*. dr.khayam@yahoo.com

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

25.5±1.9 BMI) groups. In exercise group they received hip abductor and external rotator strengthening exercises by thera-band 3 times per week for 12 weeks under supervision by a physiotherapist. The control group did not receive any training intervention. Hip muscles strength and kinematics in static and dynamic states, were assessed at baseline and post-intervention. Repeated measures ANOVA by using SPSS were applied to assess the effects of the exercise on measured variables (α=0/05). After 12 weeks of strengthening program, by an increase in abductor muscle strength in women from 19.6 to 26.4 %BW (P=0.000) and in men from 29.9 to 38.1 %BW (P=0.003), and in hip external rotator muscles in women from 13.2 to 16.9 %BW (P=0.024) and in men from 26.3 to 34.9 %BW (P=0.000), dynamic knee valgus angle during single-legged squat improved in women from 170 to 174.6 degrees (P=0.018) and in men from 171.8 to 176.8 degrees (P=0.017) and contralateral pelvic drop angle during stair descending improved only in women from 7.9 to 6 degrees (P=0.04) in the exercise group. No significant difference was observed at quadriceps angle (P≥0.05). The findings suggest that hip muscles strengthening can alter the lower extremity kinematics, in dynamic state, at the frontal plane, and it might be said that due to these changes following hip abductor and external rotator muscles strengthening exercises by thera-band, the symptoms of PFP improve more consistent.

Keywords: Kinematics Evaluation, Quadriceps Angle, Dynamic Knee Valgus, Patellofemoral Pain, Hip Abductor, External Rotator Muscles.

مقدمه

درد کشککی-رانی تقریباً ۲۱ درصد مشکلات زانو و دلیل شکایتِ ۱۰ تا ۲۵ درصد مراجعان به مراکز فیزیوتراپی است (۱). درد کشککی-رانی بیشتر در زنان دیده می-شود و میزان شیوع آن در آنها تقریباً دو برابر مردان است (۱). علت احتمالی این تفاوت جنسیتی در مطالعات مختلف، ضعف عضلات مفصل ران در زنان (۲،۳)، زاویهٔ چهارسررانی بیشتر در زنان (۴)، و زاویهٔ دینامیک والگوس زانوی بیشتر در زنان (۵) گزارش شده است. خصوصیات این اختلال، درد پخش‌شده در قسمت‌های جلو، اطراف و حتی پشت کشکک است که با فعالیت‌هایی افزایش می‌یابد که نیروهای فشاری مفصل کشککی-رانی را بیشتر می‌کند، مثل اسکات‌زدن، بالا و پایین‌رفتن از پله‌ها، نشستن‌های طولانی‌مدت و همین‌طور فعالیت‌های تکرارشونده مثل دویدن (۶). در طی سال‌هال اخیر، به‌دلیل فقدان مرجع استاندارد دربارهٔ درد کشککی-رانی، روند ارزیابی، تشخیص و گزینه‌های درمانی این مشکل زیاد تحت بحث قرار گرفته است (۷). طی مطالعات گذشته، محققان گزارش کردند که کینماتیک نادرست مفصل ران ممکن است به درد کشککی-رانی ربط داشته باشد و ضعف عضلات مفصل ران، به‌خصوص عضلات دورکننده و چرخاننده‌های خارجی، ممکن است به تغییر کینماتیک اندام تحتانی منجر شود (۸). در طی فعالیت‌های بدون تحمل وزن، در هنگام فعالیت زنجیرهٔ باز، کشکک به‌سمت خارج بر استخوان ران حرکت می‌کند، ولی در طی فعالیت‌های با تحمل وزن، در زنجیرهٔ بسته، استخوان ران در زیر کشکک، که به‌صورت ثابت است، یک چرخش داخلی دارد. چرخش داخلی بیش از حد استخوان ران، و نه حرکت کشکک، ممکن است باعث جابه‌جایی رو به خارج کشکک شود (۹). ایراد در اجرای عضلات مفصل ران، به‌خصوص عضلات دورکننده و چرخاننده‌های خارجی، شامل گلوتئوس مدیوس و ماکسیموس، است که می‌تواند به چرخش داخلی استخوان ران، در طی عملکردهای دینامیک اندام تحتانی بینجامد و به‌دنبال آن، نیروهای فشاری بر مفصل کشککی-رانی افزایش یابد (۱۰،۱۱).

ضعف عضلات مفصل ران ممکن است در زاویهٔ چهارسررانی، والگوس دینامیک زانو، نزدیک‌شدن بیش از حد مفصل ران و افتادگی لگن سمت مقابل در اسکات یک‌پایی مؤثر باشد (۱۲). دلیل والگوس دینامیک زانو می‌تواند چرخش داخلی استخوان ران، درشت‌نی یا هر دو باشد. چرخش داخلی استخوان ران ممکن است

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

به‌دلیل ضعف عضلات دورکننده و چرخاننده‌های خارجی مفصل ران باشد و چرخش داخلی درشت‌نی ممکن است به علت ایورژن پا یا صافی بیش از حد کف پا باشد. والگوس دینامیک زانو ممکن است به جابه‌جایی کشکک به‌سمت خارج و در پی آن، گیرکردن کشکک به کندیل خارجی ران و ایجاد درد کشککی-رانی منجر شود. یکی از فرضیات مهم دربارهٔ درد کشککی-رانی این است که زاویهٔ والگوس زانو، در طی فعالیت‌های بدنی، به ایجاد این اختلال منتهی شود. به‌علاوه، این نظریه وجود دارد که عضلات دورکنندهٔ مفصل ران می‌توانند ادداکشن مفصل ران و به‌دنبال آن، میزان والگوس زانو را به‌صورت انقباض برون‌گرا کنترل کنند (۱۱). بنابراین، به‌نظر می‌رسد تقویت این عضلات الگوهای حرکتی عملکردی را بهبود دهد و از درد افراد مبتلا بکاهد (۱۲). محققان شیوع بیشتر درد کشککی-رانی در زنان را با زاویهٔ چهارسررانی مرتبط دانسته‌اند؛ چراکه لگن زنان نسبت به مردان پهن‌تر است و همین باعث می‌شود استخوان ران دورتر از خط میانی بدن قرار گیرد و زاویهٔ زانوی ضرب‌دری را افزایش دهد، که خود باعث افزایش زاویهٔ چهارسررانی می‌شود. همچنین، زاویهٔ آنتی‌ورژن گردن ران در زنان کمی از مردان بزرگ‌تر است و باعث افزایش زاویهٔ چهارسررانی می‌شود. عوامل بدنی و اجتماعی نظیر پوشیدن کفش‌های پاشنه‌بلند و نشستن با پاهای انداخته روی هم، می‌تواند درد این بیماران را تشدید کند (۱۳). اخیراً مداخلات درمانی در کانون توجه مطالعه‌کنندگان الگوهای حرکتی نادرست مفصل زانو در بیماران مبتلا به درد کشککی-رانی، شامل تقویت عضلات مفصل ران، قرار گرفته است، درحالی‌که نشان داده شده که این برنامه‌های تقویتی علائم این مشکل را بهبود می‌دهند (۱۴،۱۵)، هنوز معلوم نیست که کینماتیک اندام تحتانی در طی حرکات عملکردی به‌دنبال تقویت این عضلات تغییر می‌کند و اینکه آیا این بهبود علائم، ناشی از تغییر کینماتیک اندام تحتانی است یا نه.

بالدون و همکاران (۲۰۱۴)، با مقایسهٔ اثر تمرینات ثباتی عملکردی، شامل تقویت عضلات مفصل ران و تمرینات تنه، و تمرینات استاندارد، که فقط بر عضلات چهارسررانی تأکید داشت، بر ۳۱ زن ورزشکار مبتلا به درد کشککی-رانی، به این نتیجه رسیدند که به‌دنبال برنامهٔ تمرینات ثباتی عملکردی به‌مدت ۸ هفته، کینماتیک اندام تحتانی در صفحهٔ فرونتال در حین اسکات یک‌پایی، در مقایسه با گروه دیگر، به میزان درخور توجهی بهبود یافت (۱۶). زاویهٔ والگوس دینامیک زانو حین اسکات یک‌پایی، به‌دنبال تمرینات تقویتی و کششی و عملکردی عضلات دورکننده و چرخاننده‌های خارجی و راست‌کننده‌های مفصل ران و اینورتورهای پا با تراباند به‌مدت ۶ هفته، در مطالعهٔ گوتو و همکاران بهبود بسیاری پیدا کرد (۱۷). درو و همکاران (۲۰۱۷) ۲۶ فرد مبتلا به درد کشککی-رانی را تحت تمرینات تقویتی عضلات دورکنندهٔ مفصل ران، توسط تراباند، به‌مدت ۶ هفته قرار دادند. گرچه پس از پایان دورهٔ تمرینی، به‌دنبال افزایش قدرت عضلات، چرخش داخلی مفصل ران کاهش یافته بود، ولی تفاوت معنی‌داری در کینماتیک اندام تحتانی در صفحهٔ فرونتال گزارش نشد (۱۸). مطابق مطالعاتی که تاکنون انجام شده، ورزش‌درمانی برای مبتلایان به درد کشککی-رانی نتیجه‌بخش است. گزارش شده است که تقویت عضلات دورکننده و چرخاننده‌های خارجی مفصل ران ممکن است، از طریق کنترل نزدیک‌شدن و چرخش داخلی ران، بر مسیر کشکک اثر بگذارد و با قراردادن کشکک در جهت مناسب در حین

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

خم و راست‌شدن مفصل زانو، از تماس بیش از حد کشکک با سطوح مفصلی جلوگیری کند. و با توجه به این سازوکار، درد و عملکرد افراد مبتلا به درد کشککی-رانی پس از تقویت عضلات نام‌برده بهبود پیدا می‌کند (۱۴،۱۹). با وجود این، اثر تقویت‌کنندهٔ این عضلات بر کینماتیک اندام تحتانی چه در حالت ایستا و چه در حالت پویا هنوز کاملاً روشن نیست و با توجه به مطالب گفته‌شده، نتایج متناقضی در این زمینه گزارش شده است. با وجود تناقض درباب اثر تمرینات تقویتی عضلات مفصل ران بر کینماتیک اندام تحتانی، هدف این تحقیق، بررسی اثر تمرینات تقویتی عضلات دورکننده و چرخاننده‌های خارجی مفصل ران، به‌صورت ایزوله‌شده، توسط تراباند، بر کینماتیک اندام تحتانی در دو حالت ایستا و پویا در افراد مبتلا به درد کشککی-رانی است. در تحقیق حاضر، این موضوع که آیا بهبود علائم درد کشککی-رانی ناشی از تقویت عضلات دورکننده و چرخاننده‌های خارجی مفصل ران، که در تحقیقات قبلی مشاهده شده است (۱۷-۱۴)، به‌دلیل تغییرات کینماتیکی اندام تحتانی است، بررسی شده است.

روش‌شناسی

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌آزمایشگاهی است. ۳۵ آزمودنی در این آزمون مشارکت کردند که درد کشککی-رانی یک یا دوطرفه داشتند. در صورت وجود درد دوطرفه، با وجود دوطرفه انجام‌شدن تمرین‌ها، اندام تحتانی برتر تحت ارزیابی قرار می‌گرفت. افراد به‌صورت تصادفی‌سازی محدود،[1] در چهار گروه زن تجربی (۹ نفر)، مرد تجربی (۹ نفر)، زن شاهد (۹ نفر) و مرد شاهد (۸ نفر) قرار داده شدند. در طول دورهٔ تحقیق، دو نفر از افراد گروه‌های تجربی ریزش داشتند و تعداد گروه‌های تجربی در مجموع به ۱۶ نفر رسید (۸ زن و ۸ مرد). دامنهٔ سنی بین ۱۸ تا ۴۵ سال بود. انتخاب این دامنهٔ سنی، به‌دلیل کاهش احتمال ابتلای افراد به آرتروز مفصلی و همچنین شروع نشدن دورهٔ یائسگی در زنان بود تا احتمال تأثیر تغییرات هورمونی ناشی از دورهٔ یائسگی، بر سیستم عضلانی-اسکلتی در زنان حذف شود. جدول ۱ مشخصات دموگرافیک نمونه‌ها را نشان می‌دهد. در طی دورهٔ تحقیق، از آزمودنی‌ها خواسته شد که در هیچ فعالیت ورزشی شرکت نکنند. قبل از شروع تحقیق، از آزمودنی‌ها رضایت‌نامهٔ کتبی گرفته شد.

جدول۱. مشخصات دموگرافیکی نمونه‌ها

متغیر	جنسیت	میانگین±انحراف معیار		P
		گروه شاهد	گروه تجربی	
سن (سال)	مرد	۳۲±۶	۳۱/۳±۷	۰/۸۲۱
	زن	۲۹/۹±۷/۳	۳۰±۶/۸	۰/۹۷۵
قد (سانتی‌متر)	مرد	۱۷۶/۹±۴/۶	۱۷۵±۵/۸	۰/۴۸۷
	زن	۱۶۲/۴±۴/۵	۱۶۱±۵/۲	۰/۵۵
وزن (کیلوگرم)	مرد	۷۹/۹±۷/۹	۷۸/۵±۵/۵	۰/۶۹۳
	زن	۶۱/۶±۱۰/۷	۶۱/۹±۹/۴	۰/۹۴۹
شاخص تودهٔ بدنی	مرد	۲۵/۵±۱/۹	۲۵/۶±۱/۵	۰/۸۷۰
	زن	۲۳/۲±۳/۲	۲۳/۸±۲/۶	۰/۶۹۱

1. Restricted Randomization

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

برای اندازه‌گیری قدرت ایزومتریک عضلات دورکننده و چرخاننده‌های خارجی مفصل ران، از دینامومتر دستی Power Track Commander II استفاده شد که دیجیتالی و ساخت کشور آمریکا است. روایی و پایایی این وسیله در تحقیقات متعدد تأیید شده است. در مقایسهٔ مقادیر به‌دست‌آمده توسط دینامومتر دستی و دستگاه‌های ایزوکینتیکی، تفاوت معنی‌داری به‌دست نیامد و ضریب هم‌بستگی درون‌گروهی ۰/۹۴۵ بوده است (۲۰). ارزیابی هر دو گروه عضلانی، طی سه مرحله با فاصلهٔ یک‌دقیقه انجام می‌گرفت و میانگین این سه مرحله به‌منزلهٔ نیروی عضلات آزمودنی در نظر گرفته می‌شد. سپس، به‌منظور طبیعی‌سازی قدرت و مقایسهٔ صحیح دو گروه، اعداد به‌دست‌آمده از دستگاه دینامومتر دستی (کیلوگرم نیرو)، به جرم بدن (کیلوگرم) تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شد (درصد وزن)[1]. زاویهٔ چهارسررانی از محل تلاقی خطی که از خار خاصره‌ای قدامی فوقانی به وسط کشکک می‌رسد و خطی که از برجستگی درشت‌نی به نقطهٔ وسط کشکک رسم می‌شود، ایجاد شکل می‌گیرد. جهت ارزیابی کینماتیک اندام تحتانی در حالت ایستا، زاویهٔ چهارسررانی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری این زاویه، از فرد خواسته می‌شد که بایستد، به‌گونه‌ای که وزن بدن به‌طور مساوی بر هر دو پا تقسیم شود. مرکز گونیامتر بر مرکز کشکک قرار می‌گرفت، یک بازوی گونیامتر در راستای رباط کشککی و برجستگی درشت‌نی ثابت می‌شد، بازوی بالایی گونیامتر در راستای خطی قرار می‌گرفت که از خار خاصره‌ای قدامی فوقانی به مرکز کشکک کشیده می‌شد. زاویه‌ای که بین دو بازوی گونیامتر شکل می‌گرفت، به‌مثابهٔ زاویهٔ چهارسررانی مفصل زانو ثبت می‌شد (۲۱). هرچه میزان این زاویه در اندازه‌گیری پس‌آزمون در گروه تجربی این تحقیق، کوچک‌تر شده باشد، نشان‌دهندهٔ بهبود کینماتیک اندام تحتانی بعد از مداخله است.

ارزیابی کینماتیک اندام تحتانی در حالت دینامیک، با استفاده از روش تحلیل حرکتی به‌صورت دوبعدی انجام شد. نقاط آناتومیکی اندام تحتانی هدف آزمودنی‌ها شامل خار خاصره‌ای قدامی فوقانی هر دو سمت، کندیل‌های داخلی و خارجی استخوان ران، برجستگی درشت‌نی و قوزک‌های داخلی و خارجی بود که فیزیوتراپیست تعیین می‌کرد. سپس، نشانگرهای مورد نظر روی خار خاصره‌ای قدامی فوقانی هر دو سمت، نقاط میانی خط مفصلی مفاصل زانو و مچ پا، نقطهٔ میانی خطی که روی ران از خار خاصره‌ای قدامی فوقانی به وسط کشکک کشیده می‌شد و برجستگی درشت‌نی بر اندام تحتانی قرار داده می‌شد (۲۲). جهت ارزیابی کینماتیک اندام تحتانی در حالت پویا، دو حرکت پایین‌آمدن از پله و اسکات یک‌پایی در نظر گرفته شد؛ چون این فعالیت‌ها چالش کافی برای تغییرات کینماتیکی در اندام تحتانی ایجاد می‌کنند (۲۳). در حرکت پایین‌آمدن از پله، از آزمودنی خواسته می‌شد که از سه پله به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر با سرعت متوسط، نه تند و نه آهسته، پایین بیایند، به‌صورتی‌که پای هدف، یعنی پای با درد بیشتر یا پای برتر، را ابتدا پایین بیاورد. در این حالت، در گام سوم، باز همان پا بر زمین قرار می‌گرفت. فرد این حرکت را سه‌بار و با فاصلهٔ استراحت یک‌دقیقه‌ای انجام می‌داد. حرکتی که نرم‌تر و با سرعت مناسب‌تر انجام می‌گرفت، برای تحلیل بیشتر در نظر گرفته می‌شد. در حرکت اسکات یک‌پایی، آزمودنی بر پای مبتلا می‌ایستاد، پای دیگر را حدود ۹۰ درجه خم می‌کرد و بالا نگه می‌داشت، مفاصل ران در وضعیت

1. %Body Weight (%BW)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

خنثی قرار می‌گرفت. جهت حفظ تعادل بدن از فرد خواسته می‌شد که دست‌های خود را به‌صورت افقی در کنار بدن نگه دارند (۲۴). سپس، در این حالت، با سرعت متوسط تا حدود ۶۰ درجه خم‌شدن پای مبتلا، اسکات می‌زد؛ درحالتی‌که تنه صاف نگه داشته شده بود (۲۴). زمانی که آزمونگر زاویهٔ تقریبی ۶۰ درجه را تخمین می‌زد، به آزمودنی فرمان ایست می‌داد. سپس، فرد با یک مکث کوتاه، با همان سرعت متوسط، به حالت اولیه برمی‌گشت. همانند حرکت قبل، اسکات یک‌پایی نیز سه‌بار و با فاصلهٔ استراحت یک‌دقیقه‌ای انجام می‌شد. حرکتی که بدون ازدست‌دادن تعادل و در سرعت و زاویهٔ مناسب انجام می‌شد، به‌منزلهٔ حرکت معتبر جهت تحلیل بیشتر انتخاب می‌شد.

جهت فیلم‌گرفتن از حرکات اندام تحتانی در صفحهٔ فرونتال، از یک دوربین فیلم‌برداری دیجیتال مارک کانن مدل Power Shot SX620HS با قابلیت ضبط فیلم با سرعت ۲۵ فریم در ثانیه استفاده شد. دوربین روی یک چهارپایه با فاصلهٔ ۳ متر از پله‌ها (۲۵) و ارتفاع ۵۵ سانتی‌متر از زمین (۲۵)، عمود بر صفحهٔ فرونتال قرار گرفت. تصاویر ثبت‌شده با استفاده از نرم‌افزار تحلیل حرکت متلب[1] تحلیل شد. وضعیت مناسب جهت تحلیل حرکتی، عمقی‌ترین وضعیت فرودآمدن، یعنی نزدیک مرحلهٔ سکون میانی و حداکثر زاویهٔ خم‌شدن مفصل زانو، در زمانی که بیشترین تماس پا با زمین برقرار است، در نظر گرفته شد (۲۶) و زوایای شکل‌گرفته در این وضعیت، جهت اندازه‌گیری و تحلیل حرکتی بیشتر مورد استفاده قرار گرفتند. این نقطه به‌صورت دیداری و با حرکت فریم به فریم ویدئوی ثبت‌شدهٔ رو به جلو مشخص شد. زوایای مورد نظر در صفحهٔ فرونتال، از یک فریم مشخص‌شده بیرون کشیده شدند (۲۶). علاوه‌بر زاویهٔ چهارسررانی، دو متغیر کینماتیکی دیگر در این تحقیق شامل زاویهٔ افتادگی لگن سمت مقابل و زاویهٔ والگوس دینامیک زانو بودند. زاویهٔ افتادگی لگن سمت مقابل بین خطی که خار خاصره‌ای قدامی فوقانی هر دو پا را به هم وصل می‌کند و خطی که مماس بر خط افق است تشکیل می‌شود (تصویر۲). مقدار عددی صفر درجه، یک وضعیت خنثی از لگن سمت مقابل را در صفحهٔ فرونتال نشان می‌دهد. مقدار بیشتر از صفر درجه نشان‌دهندهٔ افتادگی لگن سمت مقابل است. هرچه این عدد بزرگ‌تر باشد، یعنی لگن سمت مقابل افتادگی بیشتری دارد (۲۷). در تحقیق حاضر، هرچه این مقدار در اندازه‌گیری پس‌آزمون گروه تجربی کمتر باشد، نشان‌دهندهٔ بهبود کینماتیک اندام تحتانی به‌دنبال مداخله است.

1. Math Works MATLAB R2016a

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

تصویر ۲. زاویهٔ افتادگی لگن سمت مقابل

خطی که خار خاصره‌ای قدامی فوقانی پای در مرحلهٔ سکون را به مرکز مفصل زانو وصل می‌کند، با خط دیگری که مرکز مفصل زانو را به مرکز مفصل مچ پا وصل می کند، یعنی نقطهٔ میانی خط بین قوزک‌های داخلی و خارجی، با هم، زاویهٔ والگوس دینامیک زانو را تشکیل می‌دهند (۲۸). اندازهٔ ۱۸۰ درجه بیانگر وضعیت خنثای مفصل زانو در صفحهٔ فرونتال است. درحالی‌که مقدار عددی بیشتر از ۱۸۰ درجه، نشان‌دهندهٔ واروس زانو و مقدار عددی کمتر از ۱۸۰ درجه نشان‌دهنده والگوس زانو است (۲۷). در تحقیق حاضر، هرچه این مقدار در اندازه‌گیری‌های پس‌آزمون در گروه تجربی بیشتر باشد، یعنی کینماتیک اندام تحتانی بیشتر بهبود یافته است. درحالی‌که گروه تجربی تمرینات خود را تحت نظارت فیزیوتراپیست، به‌مدت دوازده هفته و هفته‌ای سه جلسه، انجام دادند، بر گروه شاهد هیچ‌گونه مداخلهٔ تمرینی اعمال نشد. هر جلسهٔ تمرینی شامل ۵ دقیقه گرم‌کردن، ۲۰ دقیقه تمرینات تقویتی عضلات مفصل ران و ۵ دقیقه سردکردن بود؛ یعنی در مجموع، هر جلسهٔ تمرینی حدود ۳۰ دقیقه زمان می‌برد. هر سه هفته یک‌بار، تمرینات دشوارتر می‌شدند (جدول ۲). برای تمرینات تقویتی از تراباند[1] استفاده شد. آزمودنی‌ها در گروه تجربی دو نوع ورزش انجام می‌دادند: تمرینات تقویتی عضلات دورکنندهٔ مفصل ران و تمرینات تقویتی چرخاننده‌های خارجی مفصل ران.

جدول ۲. نحوهٔ پیشرفت پروتکل تمرینی با استفاده از تراباند

هفته ها	نوبت اول	نوبت دوم	نوبت سوم	تعداد جلسه‌های در هفته
۱-۳	قرمز (۲۰)	سبز (۲۰)	آبی (۲۰)	۳
۴-۶	قرمز (۲۵)	سبز (۲۵)	آبی (۲۵)	۳
۷-۹	سبز (۲۰)	آبی (۲۰)	مشکی (۲۰)	۳
۱۰-۱۲	سبز (۲۵)	آبی (۲۵)	مشکی (۲۵)	۳

رنگ‌های تراباند که هرکدام مقاومت خاص خود را دارد با تعداد تکرار در پرانتزها.

مقاومت‌ها بدین صورت است:

قرمز مقاومت متوسط (۳/۷ پوند)، سبز مقاومت زیاد (۴/۶ پوند)، آبی مقاومت خیلی زیاد (۵/۸ پوند) و مشکی مقاومت بسیار زیاد (۷/۳ پوند).

1. The Hygenic Corporation, Arkon, OH

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

برای تقویت عضلات دورکنندهٔ مفصل ران، فرد روی هر دو پا می‌ایستاد. یک انتهای تراباند درست بالای قوزک‌ها گره می‌خورد و انتهای دیگر به میلهٔ ثابت وصل می‌شد. طول تراباند با توجه به طول اندام تحتانی، یعنی فاصلهٔ بین خار خاصره‌ای قدامی فوقانی و قوزک داخلی، برای هر آزمودنی به‌صورت جداگانه تنظیم شد. آزمودنی به‌گونه‌ای می‌ایستاد که پایی که تمرین می‌کرد نسبت به میله دورتر باشد و سپس حرکت ابداکشن مفصل ران را در طول دامنهٔ حرکتی حدود ۳۰ درجه، با اعمال نیرو علیه کش تمرینی اجرا می‌کرد (۱۴،۱۵). برای تقویت عضلات چرخانندهٔ خارجی مفصل ران، آزمودنی لبهٔ یک تخت می‌نشست، درحالی‌که مفاصل زانو در ۹۰ درجه خم شده بودند و از تخت آویزان بودند. برای کاهش و کنترل حرکات در صفحهٔ ساجیتال و فرونتال مفصل ران، از یک استرپ تثبیت‌کننده در اطراف ران استفاده می‌شد. یک انتهای تراباند روی مفصل مچ پا گره می‌خورد و انتهای دیگر به میلهٔ ثابت وصل می‌شد. آزمودنی به‌گونه‌ای روی تخت می‌نشست که پای موردنظر به میله نزدیک باشد. با اندازه‌گیری فاصلهٔ بین خار خاصره‌ای قدامی فوقانی و کوندیل داخلی استخوان ران، طول تراباند برای هر آزمودنی با توجه به طول ران او مشخص شد. آزمودنی حرکت چرخش خارجی مفصل ران را در طول دامنهٔ حرکتی حدود ۳۰ درجه، با اعمال نیرو علیه کش تمرینی اجرا می‌کرد (۱۴،۱۵). برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. برای ارزیابی تفاوت‌های گروه‌ها قبل از مداخله، از آزمون تی مستقل استفاده شد. اثر تمرینات تقویتی بر متغیرهای وابسته در بین گروه‌ها با استفاده از تحلیل واریانس برای اندازه‌های مکرر به‌وسیلهٔ نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۸ مقایسه شد (آلفا=۰/۰۵).

یافته‌ها

به‌منظور بررسی هم‌گنی متغیرهای دموگرافیک بین دو گروه شاهد و تمرین در دو جنس مرد و زن از آزمون تی مستقل استفاده شد (جدول ۱). ازآنجاکه سه صفت دموگرافیک در زنان و مردان در گروه‌های شاهد و تجربی با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند، می‌توان گفت قرار گرفتن افراد در چهار گروه صحیح انجام شده است. میانگین و انحراف معیار نمرهٔ متغیرهای اندازه‌گیری‌شده به‌تفکیک گروه‌ها و مراحل آزمون در جدول ۳ آمده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، میانگین نمرات دو متغیر قدرت عضله‌های دورکننده و چرخانندهٔ خارجی مفصل ران در هر دو جنس مرد و زن در گروه تمرین نسبت به گروه شاهد، در مرحلهٔ پس‌آزمون نسبت به مرحلهٔ پیش‌آزمون افزایش یافته است. نتایج برای متغیر زاویهٔ والگوس دینامیک زانو در حالت اسکات یک‌پایی نیز نشان داد که این زاویه در هر دو جنس مرد و زن در گروه تمرین نسبت به گروه شاهد، در مرحلهٔ پس‌آزمون نسبت به مرحلهٔ پیش‌آزمون افزایش یافته است. همچنین، متغیر میزان افتادگی لگن سمت مقابل در پایین‌آمدن از پله برای جنس زن در مرحلهٔ پس آزمون نسبت به مرحلهٔ پیش‌آزمون کاهش پیدا کرده است. برای متغیرهای دیگر تغییر محسوسی در گروه تمرین نسبت به گروه شاهد در نمرهٔ پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون مشاهده نشد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار نمره های متغیرهای اندازه‌گیری‌شده به تفکیک گروه‌ها و مراحل آزمون

متغیر	گروه		پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
	جنسیت	گروه	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
قدرت عضلات دورکنندهٔ مفصل ران[o]	مرد	شاهد	۳۰/۲۰	۶/۲۵	۲۹/۴۵	۶/۸۱
		تجربی	۲۹/۹۳	۲/۹۸	۳۸/۰۶	۲/۷۰
	زن	شاهد	۱۶/۵۸	۳/۷۸	۱۵/۳۳	۲/۷۹
		تجربی	۱۹/۶۳	۱/۹۳	۲۶/۳۹	۳/۸۸
قدرت عضلات چرخانندهٔ خارجی مفصل ران[o]	مرد	شاهد	۲۵/۲۳	۵/۵۲	۲۴/۵۴	۶/۴۹
		تجربی	۲۶/۳۱	۲/۱۷	۳۴/۸۶	۲/۳۰
	زن	شاهد	۱۲/۸۱	۴/۲۱	۱۰/۹۷	۳/۵۶
		تجربی	۱۳/۱۸	۱/۳۰	۱۶/۹۴	۱/۳۹
زاویهٔ چهارسررانی[^]	مرد	شاهد	۱۴/۹۵	۱/۳۰	۱۴/۸۸	۱/۷۴
		تجربی	۱۴/۹۹	۱/۵۳	۱۴/۴۰	۱/۶۵
	زن	شاهد	۱۷/۹۸	۱/۲۹	۱۷/۵۱	۱/۵۹
		تجربی	۱۷/۷۴	۱/۶۷	۱۷/۱۳	۱/۳۳
زاویهٔ والگوس دینامیک زانو در پایین‌آمدن از پله [~]	مرد	شاهد	۱۶۷/۸۹	۴/۶۲	۱۶۹/۳۴	۳/۷۳
		تجربی	۱۶۷/۷۵	۴/۶۹	۱۷۱/۳۹	۵/۸۲
	زن	شاهد	۱۶۴/۶۲	۳/۸۰	۱۶۵/۲۶	۳/۵۹
		تجربی	۱۶۵/۶۰	۴/۸۲	۱۶۸/۷۳	۶/۷۲
زاویه والگوس دینامیک زانو در اسکات [~]	مرد	شاهد	۱۷۰/۶۹	۴/۷۹	۱۷۰/۳۳	۳/۳۴
		تجربی	۱۷۱/۸۳	۴/۹۱	۱۷۶/۷۰	۴/۵۴
	زن	شاهد	۱۶۸/۹۱	۴/۱۳	۱۶۸/۳۳	۳/۷۱
		تجربی	۱۷۰/۰۰	۴/۰۵	۱۷۴/۵۵	۴/۱۸
میزان افتادگی لگن سمت مقابل در پایین‌آمدن از پله	مرد	شاهد	۳/۷۱	۱/۰۷	۳/۸۶	۱/۱۷
		تجربی	۴/۰۶	۱/۰۳	۳/۷۴	۱/۱۵
	زن	شاهد	۷/۱۹	۰/۹۹	۷/۸۰	۱/۱۸
		تجربی	۷/۹۴	۱/۳۰	۵/۹۶	۱/۶۴
میزان افتادگی لگن سمت مقابل در اسکات"	مرد	شاهد	۲/۸۱	۱/۰۱	۳/۳۶	۱/۳۸
		تجربی	۳/۲۱	۱/۰۲	۲/۵۹	۰/۷۶
	زن	شاهد	۵/۵۱	۱/۳۴	۵/۴۷	۱/۳۳
		تجربی	۵/۸۰	۱/۶۷	۴/۰۳	۱/۵۷

[o] برای طبیعی‌سازی نیروی به‌دست‌آمده از دینامومتر(کیلوگرم نیرو) بر جرم بدن (کیلوگرم) تقسیم شده و در عدد ۱۰۰ ضرب شده است (درصد وزن).

[^] زاویه به درجه از ۰ تا ۱۸۰ درجه. عدد بیشتر نشان‌دهندهٔ زاویهٔ چهارسررانی بیشتر و زانوی ضرب‌دری است.

[~] زاویه به درجه از ۰ تا ۱۸۰ درجه. عدد بیشتر و نزدیک‌تر به ۱۸۰ به‌معنی بهبود زاویهٔ والگوس دینامیک زانو و بهبود کینماتیک اندام تحتانی است.

" زاویه به درجه از ۰ تا ۱۸۰ درجه. هرچه عدد کمتر و به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهندهٔ میزان افتادگی کمتر لگن سمت مقابل و بهبود کینماتیک اندام تحتانی است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل واریانس برای اندازه‌های مکرر و به‌دنبال آن آزمون بونفرونی برای متغیر قدرت عضلات دورکننده و چرخانندهٔ خارجی مفصل ران، تفاوت میانگین نمرات گروه‌های تجربی و شاهد در هر دو جنس زن و مرد در مرحلهٔ پیش‌آزمون معنی‌دار نبود (P≥۰/۰۵). در مرحلهٔ پس‌آزمون، میانگین نمرهٔ قدرت عضلات دورکنندهٔ مفصل ران، در زنان حدود ۱۱/۰۵ درصد وزن (P=۰/۰۰۰) و در مردان ۸/۶۱ درصد وزن (P=۰/۰۰۳) افزایش یافت. همچنین، به‌دنبال برنامهٔ تمرینی دوازده هفته‌ای عضلات مفصل ران، میانگین نمرهٔ قدرت عضلات چرخانندهٔ خارجی مفصل ران، در زنان ۵/۹۷ درصد وزن (P=۰/۰۲۴) و در مردان ۱۰/۳۲ درصد وزن (P=۰/۰۰۰) در گروه تجربی افزایش پیدا کرد (جدول ۴). نتایج تحلیل واریانس برای اندازه‌های مکرر و به‌دنبال آن آزمون بونفرونی برای متغیرهای کینماتیک اندام تحتانی در دو حالت پویا و ایستا نشان داد که تفاوت میانگین نمرات گروه‌های تجربی و شاهد در هر دو جنس زن و مرد در مرحلهٔ پیش‌آزمون معنی‌دار نیست (P≥۰/۰۵). در مرحلهٔ پس‌آزمون، میانگین نمرهٔ متغیر زاویهٔ والگوس دینامیک زانو در حالت اسکات یک‌پایی، در زنان و مردان به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت (در زنان P=۰/۰۱۸ و در مردان P=۰/۰۱۷). متغیر افتادگی لگن سمت مقابل در هنگام پایین‌آمدن از پله در زنان گروه تجربی به‌صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرد (P=۰/۰۴). بنابراین، می‌توان گفت برنامهٔ تمرینی دوازده هفته‌ای تقویت عضلات دورکننده وچرخانندهٔ خارجی مفصل ران، زاویهٔ والگوس دینامیک زانو در حالت اسکات یک‌پایی را در مردان به میانگین ۶/۴۷ درجه و در زنان ۶/۲۱ درجه نسبت به گروه شاهد افزایش داد. همچنین، نمرهٔ افتادگی لگن سمت مقابل در حالت پایین آمدن از پله در زنان، در مرحلهٔ پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون ۱/۸۴ درجه کاهش یافت. در مرحلهٔ پس‌آزمون، هیچ تفاوت معنی‌داری در کینماتیک اندام تحتانی زاویهٔ چهارسررانی، در حالت ایستا، به‌دنبال برنامهٔ تمرینی، در مقایسه با پیش‌آزمون، در گروه تجربی مشاهده نشد (P=۱) (جدول ۴).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

جدول ۴. تحلیل واریانس و مقایسهٔ میانگین نمرات متغیرها در دو زمان پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیر	جنسیت	گروه	مقایسهٔ میانگین‌ها (آزمون بونفرونی)							
			پیش‌آزمون				پس‌آزمون			
			تفاوت میانگین‌ها	P	فاصلهٔ اطمینان ٪۹۵		تفاوت میانگین‌ها	P	فاصلهٔ اطمینان ٪۹۵	
					حد پایین	حد بالا			حد پایین	حد بالا
قدرت عضلات ابداکتورمفصل ران	مرد	شاهد–تجربی	۰/۲۸ns	۱	−۳//۷۹	۴/۳۴	−۸/۶۱‡	۰/۰۰۳	−۱۳/۲۹	−۳/۹۳
	زن	شاهد–تجربی	−۳/۰۵ns	۰/۷۹۶	−۷	۰/۹۱	−۱۱/۰۵‡	۰/۰۰۰	−۱۵/۶	−۶/۵
قدرت عضلات چرخانندهٔ خارجی مفصل ران	مرد	شاهد–تجربی	−۱/۰۹ns	۱	−۶/۳۴	۴/۱۷	−۱۰/۳۲‡	۰/۰۰۰	−۱۵/۸۸	−۴/۷۷
	زن	شاهد–تجربی	−۰/۳۶ns	۱	−۵/۴۷	۴/۷۵	−۵/۹۷†	۰/۰۲۴	−۱۱/۳۷	−۰/۵۷
زاویهٔ چهارسررانی	مرد	شاهد–تجربی	۰/۰۴ns	۱	−۲/۰۹	۲/۰۱	۰/۴۸ns	۱	−۱/۷۷	۲/۷۲
	زن	شاهد–تجربی	۰/۲۴ns	۱	−۱/۷۵	۲/۲۳	۰/۳۹ns	۱	−۱/۸	۲/۵۷
زاوهٔ والگوس دینامیک زانو در پایین‌آمدن از پله	مرد	شاهد–تجربی	۰/۱۴ns	۱	−۶/۲	۶/۴۸	−۲/۰۵ns	۱	−۹/۲۷	۵/۱۷
	زن	شاهد–تجربی	−۰/۹۸ns	۱	−۷/۱۴	۵/۱۹	−۳/۴۷ns	۱	−۱۰/۴۸	۳/۵۵
زاویه والگوس دینامیک زانو در اسکات	مرد	شاهد–تجربی	−۱/۱۴ns	۱	−۷/۴۷	۵/۲	−۶/۴۷†	۰/۰۱۷	−۱۲/۰۸	−۰/۸۷
	زن	شاهد–تجربی	−۱/۰۹ns	۱	−۷/۲۴	۵/۰۷	−۶/۲۱†	۰/۰۱۸	−۱۱/۶۶	−۰/۷۷
میزان افتادگی لگن سمت مقابل در پایین‌آمدن از پله	مرد	شاهد–تجربی	−۰/۳۵ns	۱	−۱/۹۱	۱/۲۱	۰/۱۳ns	۱	−۱/۷۱	۱/۹۶
	زن	شاهد–تجربی	−۰/۷۵ns	۱	−۲/۲۷	۰/۷۷	۱/۸۴†	۰/۰۴	۰/۰۵	۳/۶۲
میزان افتادگی لگن سمت مقابل در اسکات	مرد	شاهد–تجربی	−۰/۴ns	۱	−۲/۲۳	۱/۴۳	۰/۷۸ns	۱	−۱/۰۶	۲/۶۱
	زن	شاهد–تجربی	−۰/۲۹ns	۱	−۲/۰۷	۱/۴۹	۱/۴۴ns	۰/۱۷۹	−۰/۳۵	۳/۲۳

ns غیرمعنی‌دار، † معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ‡ معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

بحث

تحقیق حاضر، با این هدف انجام شده است که بررسی کند بهبود مشاهده‌شده در علائم درد کشککی-رانی به‌دنبال تمرینات تقویتی عضلات دورکننده و چرخانندهٔ خارجی ران توسط تراباند (۱۴،۱۵)، به‌دلیل تغییرات کینماتیکی اندام تحتانی در دو حالت ایستا و پویا است یا خیر. وجه تمایز تحقیق حاضر، با دیگر مطالعات مشابه، در این است که در این تحقیق، تمرینات به صورت مجزا و فقط بر دو گروه عضلات مشخص توسط تراباند اجرا شده است، درحالی‌که در مطالعات دیگر، تمرینات اغلب به‌صورت ترکیبی طرح‌ریزی شده و در صورت اعلام نتایج مثبت به‌دنبال این نوع تمرینات، تشخیص اینکه با تقویت کدام عضله نتایج حاصل شده دشوار است. نتایج نشان داد که مطابق انتظار، به‌دنبال دوازده هفته تمرین تقویتی عضلات دورکننده و چرخانندهٔ خارجی مفصل ران توسط تراباند، قدرت عضلات افزایش معنی‌دار یافت. بررسی نتایج حاصل از کینماتیک اندام تحتانی در حالت پویا، بهبود معنی‌دار زاویهٔ والگوس دینامیک زانو را در اسکات یک‌پایی، در هر دو جنس، پس از دورهٔ تمرینات تقویتی نشان داد. همچنین، میزان افتادگی لگن سمت مقابل در طی پایین‌آمدن از پله در زنان به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری در زاویهٔ چهارسررانی، کینماتیک اندام تحتانی در حالت ایستا، بین قبل و بعد از مداخلهٔ تمرینی مشاهده نشد. نتایج تحقیق حاضر در زمینهٔ افزایش قدرت هر دو گروه عضلانی مفصل ران، با نتایج خیام‌باشی و همکاران (۲۰۱۲؛۲۰۱۴)، گنجی و همکاران (۲۰۱۴) و بولگلا و همکاران (۲۰۱۶) هم‌سو است، (۱۴،۱۵،۲۹،۳۰) اما با نتایج ناکاگاوا و همکاران (۲۰۰۸) و هنرپیشه و همکاران (۲۰۱۵) هم‌خوانی ندارد (۳۱،۳۲). در تحقیق ناکاگاوا (۲۰۰۸)، افراد مبتلا تحت شش هفته برنامهٔ تمرینی بدون نظارت بودند (۳۱). در تحقیق هنرپیشه (۲۰۱۵)، تمرینات چهارسررانی کایا به مدت چهار هفته بر افراد مبتلا صورت گرفت (۳۲). علت احتمالی ناهم‌خوانی نتایج افزایش قدرت عضلات مفصل ران این تحقیق با تحقیقات دیگر، می‌تواند تفاوت در اجرای پروتکل درمانی، طولانی‌تربودن دورهٔ درمان در تحقیق حاضر و نوع پروتکل درمانی باشد.

بهبود زاویهٔ والگوس دینامیک زانو در طی اسکات یک‌پایی پس از دوازده هفته برنامهٔ تقویتی، مطابق با مطالعات قبلی است که از اسکات یک‌پایی جهت آزمون کینماتیک اندام تحتانی استفاده کرده‌اند (۱۶،۱۷،۲۹). این مطالعات، هم‌گام با تحقیق حاضر، نشان دادند که مداخلهٔ تمرینی توانست بر کینماتیک مفصل زانو در صفحهٔ فرونتال در حالت پویا در زنان و مردان مبتلا به درد کشککی-رانی تأثیر بگذارد. ممکن است به‌دنبال کاهش والگوس پویای زانو، نیروی والگوس وارد بر مفصل زانو کاهش یابد و متعاقب آن احتمال ایجاد و پیشرفت درد کشککی-رانی پایین بیاید. بهبود زاویهٔ والگوس دینامیک حاصل‌شده در این تحقیق با نتایج تحقیق درو و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت نداشت. آنها در تحقیق خود نشان دادند، به‌دنبال شش‌هفته تمرین تقویتی عضلات دورکنندهٔ مفصل ران، با وجود افزایش قدرت عضلات و کاهش چرخش داخلی مفصل ران، بهبودی در کینماتیک اندام تحتانی در صفحهٔ فرونتال از جمله والگوس دینامیک زانو حاصل نشد. در تحقیق آنها تمرینات هفته‌ای سه‌جلسه و توسط تراباندهای زرد، قرمز و سبز به‌صورت سه نوبت ده تکراری و با نظارت تنها یک‌جلسه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

در هفته انجام می‌شد (۱۸). از علل هم‌سونبودن نتایج دو تحقیق، می‌توان به طول دورهٔ مداخلهٔ تمرینی، عدم نظارت بر تمام جلسه‌های تمرینی و نوع تراباند با مقاومت متفاوت اشاره کرد. تمرینات تقویتی تحقیق حاضر به‌صورت دوازده هفته، هر هفته سه‌جلسه، با نظارت آزمونگر، با تراباندهای مقاوم‌تر و تکرار بیشتر صورت می‌گرفت. میزان افتادگی لگن سمت مقابل در طی پایین‌آمدن از پله در زنان گروه تجربی کاهش پیدا کرد و این نتیجه با نتایج تحقیقات وایلی و دیویس (۲۰۱۱) (۲۴) و بالدون (۲۰۱۵؛۲۰۱۴) (۱۶،۳۳) هم‌خوانکه گزارش کردند به‌دنبال تقویت عضلات مفصل ران و تنه، تمرینات عملکردی و بازآموزی حرکتی، افتادگی لگن سمت مقابل در بیماران مبتلا به درد کشککی-رانی کاهش می‌یابد.

تفاوت تحقیق حاضر با دیگر تحقیق‌ها در نوع تمرینات است. تمرینات در تحقیقات دیگر اغلب به‌صورت ترکیبی، شامل تمرینات تقویتی عضلات مفصل ران، تمرینات تقویتی عضلات تنه و مفصل مچ پا و تمرینات عملکردی و بازآموزی حرکتی، بود که پس از بهبود کینماتیک اندام تحتانی متعاقب این تمرینات، نسبت‌دادن این بهبود به افزایش قدرت گروه عضلانی خاص، دشوار است، درحالی‌که در تحقیق حاضر می‌توان اطمینان داشت که به‌دنبال افزایش قدرت دو گروه عضلانی دورکننده و چرخانندهٔ خارجی مفصل ران به‌صورت ایزوله‌شده، توسط تراباند، بهبود کینماتیک اندام تحتانی در صفحه فرونتال حاصل شده است. هم‌گام با تحقیق شاهین و همکاران (۲۰۱۶)، در زاویهٔ چهارسررانی، پس از تمرینات تقویتی عضلات مفصل ران، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (۱۹). همان‌گونه که قبلاً ذکر شد، در طی فعالیت‌های بدون تحمل وزن، در زنجیرهٔ باز، کشکک به‌سمت خارج، بر استخوان ران حرکت می‌کند، ولی در طی فعالیت‌های با تحمل وزن، در زنجیرهٔ بسته، استخوان ران زیر کشکک، که ثابت است، یک چرخش داخلی دارد. چرخش داخلی بیش‌ازحد استخوان ران، و نه حرکت کشکک، ممکن است باعث جابه‌جایی رو به خارج کشکک شود. ناکارآمدی عضلات مفصل ران، به‌خصوص عضلات دورکننده و چرخانندهٔ خارجی، که شامل گلوتئوس مدیوس و ماکسیموس است، می‌تواند به چرخش داخلی استخوان ران، در طی عملکردهای دینامیک اندام تحتانی منجر می‌شود و به‌دنبال آن، نیروهای فشاری بر مفصل کشککی-رانی افزایش می‌یابد (۱۱). با توجه به نتایج تحقیق حاضر، شاید بتوان گفت تمرینات تقویتی عضلات مفصل ران، از طریق بهبود حرکت چرخش داخلی استخوان ران در زیر کشکک و با کاهش فشار تماسی در مفصل کشککی-رانی، حین فعالیت‌های با تحمل وزن، علائم را بهبود می دهد، گرچه موقعیت کشکک نسبت به استخوان ران در حالت استاتیک، یعنی زاویه چهارسررانی، تغییری نکرده باشد.

نتیجه‌گیری

باتوجه به یافته‌های این تحقیق، مبنی بر تغییر کینماتیک اندام تحتانی در صفحهٔ فرونتال به‌دنبال دوازده هفته تمرین تقویتی عضلات دورکننده و چرخانندهٔ خارجی مفصل ران توسط تراباند، شاید بتوان اظهار کرد که بهبود علائم درد کشککی-رانی در تحقیقات قبلی، به‌دلیل این تغییرات کینماتیکی باشد. از طرف دیگر، ازآنجاکه کینماتیک اندام تحتانی تغییر کرده است، ممکن است بهبود علائم درد کشککی-رانی ناشی از این تمرینات،

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

پایدارتر و طولانی‌تر باشد. بنابراین، شاید بتوان تقویت عضلات دورکننده و چرخانندهٔ خارجی مفصل ران توسط تراباند را روشی مفید، ساده، اجرایی و با اثر مانا در توان‌بخشی افراد مبتلا به درد کشککی-رانی دانست. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی ماندگاری اثر این تمرینات بر علائم و کینماتیک اندام تحتانی در مبتلایان به درد کشککی-رانی در مدت زمان طولانی دنبال شود.

منابع

1. McCarthy, M.M., Strickland, S.M. (2013). Patellofemoral pain: an update on diagnostic and treatment options. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. 6(2):188-94.
2. Souza, R.B., Powers, C.M. (2009). Differences in hip kinematics, muscle strength, and muscle activation between subjects with and without patellofemoral pain. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 39:12-9.
3. Lephart, S.M., Ferris, C.M., Riemann, B.L., Myers, J.B., Fu, F.H. (2002). Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing. Clinical Orthopaedic and Related Research. 401:162-9.
4. Sheehan, F.T., Derasari, A., Fine, K.M., Brindle, T.J., Alter, K.E. (2010). Q-angle and J-sign: indicative of maltracking subgroups in patellofemoral pain. Clinical Orthopaedic and Related Research. 468(1):266-75.
5. Willson, J.D., Davis, I.S. (2008). Utility of the frontal plane projection angle in females with patellofemoral pain. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 38:606-15.
6. Witvrouw, E., Callaghan, M.J., Stefanik, J.J., Noehren, B., Bazett-Jones, D.M., Willson, J.D., Earl-Boehm, J.E., Davis, I.S., Powers, C.M., McConnell, J., Crossley, K.M. (2014). Patellofemoral pain: consensus statement from the 3rd international patellofemoral pain research retreat held in Vancouver, september 2013. British Journal of Sports Medicine. 48:411-4.
7. Cook, C., Mabry, L., Reiman, M.P., Hegedus, E.J. (2012). Best tests/clinical findings for screening and diagnosis of patellofemoral pain syndrome: a systematic review. Physiotherapy. 98(2):93-100.
8. Powers, C.M. (2010). The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 40(2):42-51.
9. Powers, C.M., Ward, S.R., Fredericson, M., Guillet, M., Shellock, F.G. (2003). Patellofemoral kinematics during weight-bearing and non-weight-bearing knee extension in persons with lateral subluxation of the patella: a preliminary study. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 33:677-85.
10. Besier, T.F., Gold, G.E., Delp, S.L., Fredericson, M., Beaupre, G.S. (2008). The influence of femoral internal and external rotation on cartilage stresses within the patellofemoral joint. Journal of Orthopaedic Research. 26:1627-35.
11. Bolgla, L.A., Malone, T.R., Umberger, B.R., Uhi, T.L. (2008). Hip strength and hip and knee kinematics during stair descent in females with and without patellofemoral pain syndrome. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 38(1):12-8.
12. Dutton, R.A., Khadavi, M.J., Fredericson, M. (2014). Update on rehabilitation of patellofemoral pain. The American College of Sports Medicine. 13(3):172-8.
13. McKenzie, K., Galea, V., Wessel, J. (2010). Lower extremity kinematics of females with patellofemoral pain syndrome while stair stepping. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 40: 625-32.
14. Khayambashi, K., Mohammadkhani, Z., Ghaznavi, K., Lyle, M.A., Powers, C.M. (2012). The effect of isolated hip abductor and external rotator muscle strengthening on pain, health status and hip strength in females with patellofemoral pain: A randomized controlled trial. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 42(1):22-9.
15. Khayambashi, K., Fallah, A., Movahedi, A., Bagwell, J., Powers, C.M. (2014). Posterolateral hip muscle strengthening versus quadriceps strengthening for patellofemoral pain: A comparative control trial. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 95:900-7.
16. Baldon, R.D.M., Serrão, F.V., Scattone, S.R., Piva, S.R. (2014). Effects of functional stabilization training on pain, function, and lower extremity biomechanics in women with patellofemoral pain: a randomized clinical trial. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 44(4):240-8.
17. Goto, S., Padua, D.A., Gross, M.T., Blackburn, J.T., Berkoff, D.J., Boling, M.E. (2015). The effects of an integrated exercise program on lower extremity biomechanics in females with medial knee displacement. A dissertation submitted to the faculty of the University of North Carolina at Chapel Hill.
18. Drew, B.T., Conaghan, P.G., Smith, T.O., Selfe, J., Redmond, A.C. (2017). The effect of targeted treatment on people with patellofemoral pain: a pragmatic, randomized controlled feasibility study. Biomedical Center of Musculoskeletal Disorders. 18:338-48.
19. Şahin, M., Ayhan, F.F., Borman, P., Atasoy, H. (2016). The effect of hip and knee exercise on pain, function, and strength in patients with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial. Turkish Journal of Medical Sciences. 46:265-77.
20. Bohannon, R.W. (1990). Hand-held compared with isokinetic dynamometry for measurement of static knee extension torque (Parallel reliability of dynamometers). Clinical Physics and Physiological Measurement. 11:217-22.
21. Melicharek, A., Miller, M.K., Hazzard, J. (2011). A comparison of the bilateral, dynamic Q-angle in females. Portuguese Journal of Sport Sciences. 11(2):527-30.
22. Esculier, J.F., Bouyer, L.J., Dubois, B., Fremont, P., Moore, L., Roy, J.S. (2016). Effects of rehabilitation approaches for runners with patellofemoral pain: protocol of a randomized clinical trial addressing specific underlying mechanisms. Biomedical Center of Musculoskeletal Disorders. 17:5-11.
23. Barton, C.J., Levinger, P., Crossley, K.M., Webster, K.E., Menz, H.B. (2012). The relationship between rear foot, tibial and hip kinematics in individuals with patellofemoral pain syndrome. Clinical Biomechanics (Bristol, Avon). 27(7):702-5.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]
[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]

24. Willy, R.W., Davis, I.S. (2011). The effect of a hip strengthening program on mechanics during running and during a single leg squat. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 41:625-32.
25. Nielsen, D.B., Daugaard, M. (2008). Comparison of angular measurements by 2D and 3D gait analysis. Department of Rehabilitation., School of Health Sciences., Jönköping University. 26.
26. Dingenen, B., Malfait, B., Vanrenterghem, J., Robinson, M.A., Verschueren, S.M., Staes, F.F. (2015). Can two-dimensional measured peak sagittal plane excursions during drop vertical jumps help identify three-dimensional measured joint moments? Knee. 22(2):73-9.
27. Dingenen, B., Staes, F.F., Santermans, L., Steurs, L., Eerdekens, M., Geentjens, J., Peers, K.H.E., Thysen, M., Deschamps, K. (2018). Are two-dimensional measured frontal plane angles related to three-dimensional measured kinematic profiles during running? Physical Therapy in Sport. 29:84-92.
28. Olson, T.J., Chebny, C., Willson, J.D., Kernozek, T.W., Straker, J.S. (2011). Comparison of 2D and 3D kinematic changes during a single leg step down following neuromuscular training. Physical Therapy in Sport. 12(2):93-9.
29. Ganji, B., Alizadeh, M.H., Salimzadeh, A., Rajabi, R., Ebrahimi, E. (2014). The effect of strengthening of hip abductor and external rotator muscles on pain and function in women with patellofemoral pain syndrome. Journal of Research Sport Rehabilitation. 2(4):1-10.
30. Bolgla, L.A., Earl-Boehm, J., Emery, C., Hamstra-Wright, K., Ferber, R. (2016). Pain, function, and strength outcomes for males and females with patellofemoral pain who participate in either a hip/core- or knee-based rehabilitation program. The International Journal of Sports Physical Therapy. 11(6):926-35.
31. Nakagawa, T.H., Muniz, T.B., Baldon, R.M., Dias, M.C, de Menezes Reiff, R.B., Serrao, F.V. (2008). The effect of additional strengthening of hip abductor and lateral rotator muscles in patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled pilot study. Clinical Rehabilitation. 22:1051-60.
32. Honarpishe, R., Bakhtiary, A.H., Olyaei, G. (2015). Effect of quadriceps exercise training on muscle fiber angle in patients with patellofemoral pain syndrome. Middle East Journal of Rehabilitation and Health Studies. 2(4):1-7.
33. Baldon, M., Piva, S.R., Scattone, S.R., Serrao, F.V. (2015). Evaluating eccentric hip torque and trunk endurance as mediators of changes in lower limb and trunk kinematics in response to functional stabilization training in women with patellofemoral pain. American Journal of Sports Medicine. 43(6):1485-93.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1399.18.19.12.3]

[DOI: 10.29252/jsmt.18.19.97]