Journal of
Sport Biomechanics

December 2020. Vol 6. Issue 3

Research Paper

Comparison of the Effect of Strength Training With and Without Blood Flow Restriction on Motor Function in Active Females With Dynamic Knee Valgus

Seyyedeh Mahshid Hadavi[1], *Parisa Sedaghati[1], Mohammad Mottaghitalab[2]

1. Department of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
2. Department of Sport Biomechanics, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Hadavi M, Sedaghati P, Mottaghitalab M. [Comparison of the Effect of Strength Training With and Without Blood Flow Restriction on Motor Function in Active Females With Dynamic Knee Valgu (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2020; 6(3):190-203. https://doi.org/10.32598/biomechanics.6.3.5

https://doi.org/10.32598/biomechanics.6.3.5

CC BY NC

Aticle Info:
Received: 03 Sep 2020
Accepted: 18 Sep 2020
Available Online: 01 Dec 2020

Keywords:
Dynamic knee valgus, Patella, Balance, Lower limb strength, Restriction of blood flow

ABSTRACT

Objective Dynamic Knee Valgus is a common risk factor for acute lower extremity injuries and overuse. Studies on new training methods to improve motor function and strengthen the knee and thigh joint muscles are also ongoing. The purpose of this study was to compare the effect of conventional resistance training with and without

Methods This study was quasi-experimental. The present study's statistical population consisted of active women with dynamic valgus deformity of the knee in Chalous (Mazandaran Province, Iran) aged 18-28. Thirty-six women with dynamic knee valgus were purposefully selected as the research Participants. Subjects were evaluated for patellar orientation with a goniometer, static and dynamic balance through stork and y tests, and lower limb strength with the Sargent jump test. Subjects were randomly divided into three groups: control, conventional resistance training without restricting blood flow, and traditional resistance training restricting blood flow. They also gave training sessions for 8 weeks in three sessions per week

Results The results showed a positive effect of exercise programs on static balance (P=0.001), dynamic balance (P=0.001), patellar alignment, and lower limb strength (P=0.001) in women with dynamic knee defects. Also, the results of covariance analysis showed a significant difference between control and training groups.

Conclusion The present study results show a significant effect of the strength training program with and without restricting blood flow on improving patellar direction, static and dynamic balance, and lower limb strength of active women. It seems that active women can use these exercise programs to improve performance and reduce injury risk.

Extended Abstract

1. Introduction

Dynamic Knee Valgus (DKV) is a common risk factor for acute lower extremity injuries and overuse. Generally, excessive movement of the knee in the frontal plane during sports activities is a known cause for many acute and chronic knee injuries [1]. Researchers have identified DKV as a risk factor for lower limb injuries, including Patellofemoral Pain Syndrome (PFPS) and ACL rupture So that the reduction of knee valgus by maintaining proper alignment during activity has been reported to be an influential factor in preventing non-collision ACL injuries and PFPS [2].

* *Corresponding Author:*
Parisa Sedaghati, PhD.
Address: Department of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
Tel: +98 (13) 33690257
E-mail: sedaghati@guilan.ac.ir

DKV is a combination of adduction and internal rotation of the thigh with the abduction and external or internal rotation of the tibia during landing or squat maneuvers. The knee valgus is caused by a combination of femoral and tibia movements affected by the knee's proximal and distal joints, including the trunk, thighs, and ankles [3]. Since reducing valgus loads can effectively reduce the incidence of ACL injuries, so far, many researchers have investigated the effect of ACL injury prevention exercises on neuromuscular function and variables [6]. However, despite the importance of using preventive exercise programs in people with DKV, which is one of the most critical risk factors for ACL injury, few studies have addressed this issue. On the other hand, the existing training approaches to improve knee joint function are very diverse, and research on identifying the best training methods to improve motor function is ongoing. Many kinds of research suggest quadriceps muscle strengthening exercises as a useful method [5-9].

In some studies, strengthening the external rotator cuff muscles and thigh abductors has improved patients' patellofemoral angle with patellofemoral pain [10]. Earl and Hatch (2011) consider supporting the hip joint muscles as an effective way to improve people's motor function with patellofemoral pain. By doing these exercises and the thigh's external rotation, the patellar movement path is better positioned between the thigh's two condyles. As a result, it improves pain and subsequent function [11].

Nowadays, exercises with obstruction of blood flow are used as a side strategy after surgery or before gaining health and complete recovery from injuries in muscle weakness cases around the injured joints, intending a rapid recovery [17]. Since no research has compared the effect of strengthening exercises on quadriceps, abductors, and external rotator cuff muscles compared to these exercises along with blood flow obstruction in people prone to knee injuries, including people with DKV; therefore, in this study, we will compare the effect of conventional resistance training with and without restricting blood flow on the motor function of women with DKV.

2. Materials and Methods

This research was a quasi-experimental and interventional study with three groups and pre-test and post-test. The present study's statistical population consisted of active women with DKV deformity in Chalous city at 18-28. To determine the number of samples required for this study based on similar reviews [16] was used. Thirty-six people were purposefully selected from women with DKV as research samples. Subjects were evaluated for the patellofemoral joint's direction with a goniometer, static and dynamic balance through Stork and Yaw Tests, and lower limb strength with Sargent Jump Test. Subjects were randomly divided into control, conventional resistance training without restricting blood flow, and traditional resistance training restricting blood flow. Exercises were given for 8 weeks in three sessions per week. The Guilan University of Medical Sciences approved this research (Code: ID IR.GUMS.REC.2020.202).

3. Results

The results showed a positive effect of exercise programs on static balance (P=0.001), dynamic balance (P=0.001), patellar alignment, and lower limb strength (P=0.001) in women with DKV. Also, the results of the analysis of covariance showed a significant difference between control and training groups.

4. Discussion and Conclusion

The results of the present study showed the positive effect of exercise programs on the results of pre and post-tests of static balance, dynamic balance, the direction of the patellofemoral joint, and lower limb strength in women with VDK defect. Also, comparing the results between the groups showed a significant difference between the control group and the two training groups and was determined by examining Post Hoc Test differences. Comparing the two experimental groups showed a significant difference in the lower limb strength variable between the two training groups.

In confirmation of the results of this study on the improvement of static and dynamic balance variables in both experimental groups, we can refer to Farahani and Riahi's (2019) study, which examined the effect of exercises restricting blood flow soldiers' balance. Their result showed that exercise program restricting blood flow significantly impacts improving balance [25]. The positive effect of using exercises with blood flow obstruction on improving balance can be due to lower extremity strengthening exercises, which is an effective factor in balance. In this regard, the results of research by Willardson et al. (2013) examined the effect of exercise by restricting the blood flow in different parts of the body with varying intensities in improving endurance and strength [26].

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of the Guilan University of Medical Sciences (Code: IR.GUMS.REC.1399.202).

Table 1. Results of analysis of covariance to compare the difference between groups in static equilibrium variable

Variables	Test Stage	Groups	Mean*	F	df	P**	Eta Squared
Static balance	Post-test	Control	11.51	20.83	2	0.001	0.56
	Post-test	Exercises with restrictions	18.99				
	Post-test	Exercises without restrictions	18.47				
Dynamic balance	Post-test	Control	69.99	41.52	2	0.001	0.72
	Post-test	Exercises with restrictions	83.27				
	Post-test	Exercises without restrictions	81.85				
The direction of the patellofemoral joint	Post-test	Control	21.99	16.70	2	0.001	0.51
	Post-test	Exercises with restrictions	17.89				
	Post-test	Exercises without restrictions	19.35				
Lower limb strength	Post-test	Control	24.12	35.35	2	0.001	0.68
	Post-test	Exercises with restrictions	36.67				
	Post-test	Exercises without restrictions	30.53				

Journal of
Sport Biomechanics

*Adjusted based on pre-test values; ** Significance at the level of P<0.01.

Funding

The paper was extracted from the MSc. thesis of Seyedeh Mahshid Hadavi at the Department of Sport Injuries and Corrective Exercise, University of Guilan, Guilan.

Authors' contributions

All authors equally contributed to preparing this article.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقایسه تأثیر تمرینات مقاومتی مرسوم با و بدون محدودسازی جریان خون بر عملکرد حرکتی زنان فعال دارای ولگوس داینامیک زانو

سیده مهشید هادوی[۱]، *پریسا صداقتی[۱]، محمد متقی‌طلب[۲]

۱. گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۲. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

اطلاعات مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۳ شهریور ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۲۸ شهریور ۱۳۹۹
تاریخ انتشار: ۱۱ آذر ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:
ولگوس داینامیک زانو، کشکک، تعادل، قدرت اندام تحتانی، محدودسازی جریان خون

چکیده

هدف ولگوس داینامیک زانو به عنوان یک ریسک فاکتور رایج برای آسیب‌های حاد و استفاده بیش از حد اندام تحتانی شناخته شده است و همچنان مطالعات پیرامون رویکردهای تمرینی نوین در بهبود عملکرد حرکتی و تقویت عضلات اطراف مفصل زانو و ران ادامه دارد. هدف از پژوهش حاضر، مقایسه تأثیر تمرینات مقاومتی مرسوم با و بدون محدودسازی جریان خون بر عملکرد حرکتی زنان دارای ولگوس داینامیک زانو بود.

روش‌ها این مطالعه نیمه‌تجربی بود. جامعه آماری پژوهش حاضر را زنان فعال با نقص ولگوس داینامیک زانو شهر چالوس در دامنه سنی ۱۸ تا ۲۸ سال تشکیل دادند. ۳۶ نفر به صورت هدف‌دار از بین زنان دارای ولگوس داینامیک زانو، به عنوان نمونه‌های تحقیق انتخاب شدند. آزمودنی‌ها از نظر راستای کشکک با گونیامتر، تعادل ایستا و پویا از طریق آزمون‌های لک‌لک و وای و قدرت اندام تحتانی با آزمون پرش سارجنت ارزیابی شدند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در سه گروه کنترل، تمرینات مقاومتی مرسوم بدون محدودسازی جریان خون و تمرینات مقاومتی مرسوم با محدودسازی جریان خون قرار گرفتند. گروه‌های تجربی برنامه‌های تمرینی را به مدت هشت هفته به صورت سه جلسه در هفته انجام دادند.

یافته‌ها نتایج تحقیق نشان‌دهنده تأثیر مثبت برنامه‌های تمرینی بر تعادل ایستا (P=۰/۰۰۱)، تعادل پویا (P=۰/۰۰۱)، راستای کشکک و قدرت اندام تحتانی (P=۰/۰۰۱) زنان دارای نقص ولگوس داینامیک زانو بود. همچنین نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان‌دهنده وجود تفاوت معنادار بین گروه‌های کنترل و تمرینی بود.

نتیجه‌گیری نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده اثر معنادار برنامه تمرینی قدرتی با و بدون محدودسازی جریان خون بر بهبود راستای کشکک، تعادل ایستا و تعادل پویا و قدرت اندام تحتانی زنان فعال بوده که به نظر می‌رسد زنان فعال می‌توانند از این برنامه‌های تمرینی جهت بهبود عملکرد و کاهش خطر ایجاد آسیب استفاده کنند.

مقدمه

ولگوس داینامیک زانو به عنوان یک ریسک فاکتور رایج برای آسیب‌های حاد و استفاده بیش از حد اندام تحتانی شناخته شده است و به طور کلی حرکت بیش از حد زانو در صفحه فرونتال هنگام فعالیت‌های ورزشی عامل شناخته شده‌ای برای بسیاری از آسیب‌های حاد و مزمن زانو است [۱]. محققین، ولگوس داینامیک زانو را به منزله ریسک فاکتوری برای آسیب‌های اندام تحتانی شامل سندرم درد پتلافمورال و پارگی ACL شناخته‌اند، به طوری که کاهش ولگوس زانو توسط حفظ راستای مناسب هنگام فعالیت عامل مؤثری در پیشگیری از آسیب‌های غیربرخوردی ACL و سندرم درد پتلافمورال گزارش شده است [۲]. ولگوس داینامیک زانو ترکیب اداکشن و اینترنال روتیشن ران با ابداکشن و اکسترنال یا اینترنال روتیشن تیبیا هنگام مانورهای پرش فرود یا اسکات است. در واقع ولگوس زانو ناشی از ترکیب حرکات فمور و تیبیا است که می‌تواند توسط مفاصل پروگزیمال و دیستال زانو شامل تنه، ران و مچ پا اثر پذیرد [۳].

غلبه لیگامانی یا نقص ولگوس یکی از شایع‌ترین نقص‌های نوروماسکولار بوده و زمانی اتفاق می‌افتد که به‌کارگیری استراتژی‌های کنترل عصبی‌عضلانی نتواند پایداری پویای لازم برای مفصل زانو را فراهم کند و درنتیجه میزان زیادی از نیروی عکس‌العمل زمین هنگام فعالیت‌های ورزشی توسط لیگامان‌های

* نویسنده مسئول:
دکتر پریسا صداقتی
نشانی: رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی.
تلفن: ۳۳۶۹۰۲۵۷ (۱۳) ۹۸+
پست الکترونیکی: sedaghati@guilan.ac.ir

زانو جذب می‌شود و این امر موجب قرارگیری زانو در وضعیت ولگوس می‌شود.

محققان نشان داده‌اند ضعف قدرت ابداکتورها و اکسترنال‌های روتیتورهای ران می‌تواند منجر به ولگوس زانو در صفحه فرونتال شود و زنان نسبت به مردان هنگام فرود ولگوس زانوی بیشتری دارند [۴]. به دنبال تغییراتی که در راستای استخوان کشکک به هر دلیلی که اتفاق افتد، ریتم حرکت کشکک در حفره کندیلی ران به هم می‌خورد.

در حالت عادی وقتی زانو از فلکشن به اکستنشن می‌رود، حرکت استخوان کشکک ابتدا به سمت خارج و سپس به سمت بالا است. در افراد مبتلا به اختلالات اسکلتی عضلانی زانو و درد کشککی رانی، الگوی حرکت کشکک ابتدا به بالا و بعد به خارج و حرکت استخوان کشکک هنگام حرکت از فلکشن به اکستنشن معکوس می‌شود. متعاقب انجام این ریتم معکوس حرکت غیرطبیعی در استخوان کشکک اتفاق می‌افتد. مجموعه این عوامل باعث نقص در ریتم فعالیت عصبی‌عضلانی شده و به تداخل حرکات دو عضله پهن داخلی و خارجی در عملکرد زانو می‌شود [۵].

از آنجا که کاهش بارگذاری‌های ولگوس می‌تواند در کاهش بروز آسیب‌های ACL مؤثر باشد، بنابراین تاکنون محققان زیادی به بررسی تأثیر تمرینات پیشگیری از آسیب ACL بر عملکرد و متغیرهای عصبی‌عضلانی پرداخته‌اند [۶]، ولی علیرغم اهمیت به‌کارگیری برنامه‌های تمرینی پیشگیرانه در افراد دارای ولگوس دینامیک زانو که به عنوان یکی از مهم‌ترین ریسک فاکتورهای آسیب ACL مطرح است، کمتر مطالعاتی به این موضوع پرداخته است. از طرفی رویکردهای تمرینی موجود در زمینه بهبود عملکرد مفصل زانو بسیار متنوع بوده و همچنان تحقیقات پیرامون شناسایی بهترین و برترین روش‌های تمرینی برای بهبود عملکرد حرکتی ادامه دارد.

در این میان تحقیقات زیادی تمرین‌های تقویت‌کننده عضلات چهارسر رانی را به عنوان روشی مفید مطرح می‌کنند [۹-۵، ۷]. در بعضی از تحقیقات نیز تقویت عضلات چرخاننده خارجی ران و ابداکتورهای ران را عامل بهبود در زاویه کشککی افراد مبتلا به درد کشککی رانی نشان دادند [۱۰].

اِرل و هاچ، تقویت عضلات مفصل ران را به عنوان روشی مؤثر در بهبود عملکرد حرکتی افراد مبتلا به درد کشککی رانی می‌دانند که با انجام این تمرین‌ها علاوه بر اینکه چرخش خارجی ران صورت می‌گیرد، مسیر حرکت کشکک برای قرارگیری مناسب در بین دو کندیل ران بهتر شده و در نتیجه موجب بهبود درد و متعاقب آن عملکرد می‌شود [۱۱].

باقری و همکاران، تقویت عضلات دورکننده و چرخاننده خارجی ران را در بهبود عملکرد مبتلایان به سندرم درد کشککی رانی مؤثرتر از عضلات چهارسر رانی گزارش کردند و همچنین آن‌ها نشان دادند که تمرینات چرخاننده خارجی ران با دورکننده‌های ران از چرخش داخلی بیش از حد زانو جلوگیری کرده و موجب کاهش برخورد استخوان کشکک به کندیل ران می‌شود [۱۲].

از طرفی کالکلوق و همکاران به بررسی چهار هفته تمرینات پرشی بر زاویه پروجکشن زانو در زنان ژیمناست هنگام فرود تک پا پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد تمرینات پرشی زاویه زانو در صفحه فرونتال را به طور معناداری کاهش می‌دهد. آن‌ها همچنین پیشنهاد کردند برای کاهش میزان بروز آسیب‌های ACL از تمرینات پرشی به عنوان بخشی از برنامه‌های گرم کردن ورزشکاران استفاده شود [۱۳].

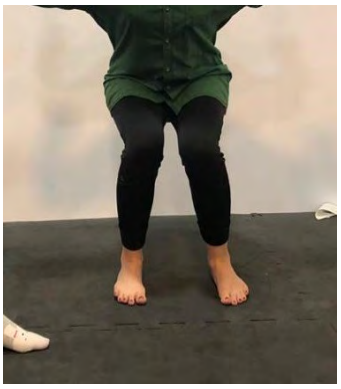
البته آزمودنی‌های شرکت‌کننده در تحقیقات مذکور افراد سالم و بدون نقص ولگوس دینامیک زانو بودند. به طوری که در تحقیقات اندکی، آزمودنی‌ها به صورت هدفمند، دارای ولگوس دینامیک زانو انتخاب شده‌اند. گوتو نشان داد که کینماتیک زانو در صفحه فرونتال بعد از انجام شش هفته تمرینات جامع هنگام اسکات تک پا، پرش فرود و دویدن بهبود می‌یابد [۱۴].

از سویی برخی مطالعات اخیر به‌کارگیری تمرینات با انسداد جریان خون[1] یا کاتسو[2] را در توان‌بخشی آسیب‌ها توصیه می‌کنند [۱۵]. در این راستا گیلز و همکاران به بررسی تقویت عضله چهارسر با یا بدون انسداد جریان خون در درمان درد پتلافمورال پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در مقایسه با تقویت عضله چهارسر، گروه کاتسو با شدت کم موجب کاهش بیشتر درد در افراد مبتلا به درد پتلافمورال شد. بهبود مشابهی در مقایسه درد و نمره کوجلا وجود داشت، در گروه تمرینات با کاتسو به درد زانو و نیز بهبود بیشتری در قدرت عضلات چهارسر نسبت به گروه سنتی مشاهده شد [۱۶].

امروزه تمرینات همراه با انسداد جریان خون به عنوان یک استراتژی جانبی پس از جراحی یا قبل از کسب سلامت کامل آسیب‌ها در موارد وجود ضعف عضلانی در اطراف مفاصل آسیب‌دیده به کار برده می‌شود و هدف آن بهبود سریع است [۱۷].

با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی به مقایسه اثر تمرین‌های تقویتی عضلات چهارسر رانی، ابداکتورها و عضلات چرخاننده خارجی ران نسبت به این تمرینات همراه با انسداد جریان خون در افراد مستعد به آسیب زانو شامل افراد دارای ولگوس دینامیک نپرداخته است. از این رو به نظر می‌رسد تحقیقی که با غربالگری مناسب افراد مستعد آسیب زانو را شناسایی کند و با ارائه تمرینات به مقایسه این دو روش بپردازد، ضرورت دارد. بنابراین، در این

1. Blood Flow Restriction (BFR)
2. Kaatsu



تصویر ۱. ولگوس داینامیک زانو مجله بیومکانیک ورزشی

پژوهش به مقایسه تأثیر تمرینات مقاومتی مرسوم با و بدون محدودسازی جریان خون بر عملکرد حرکتی زنان دارای ولگوس داینامیک زانو خواهیم پرداخت.

روش‌شناسی

این تحقیق از نوع نیمه‌تجربی و مداخله‌ای، دارای سه گروه و پیش‌آزمون پس‌آزمون بود. جامعه آماری پژوهش حاضر را زنان فعال با نقص ولگوس داینامیک زانوی شهر چالوس در دامنه سنی ۱۸ تا ۲۸ سال تشکیل دادند. برای تعیین تعداد نمونه مورد نیاز این تحقیق بر اساس نتایج تحقیقات مشابه [۱۶] استفاده شد.

حجم نمونه با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۹۵ درصد، توان آزمون هشتاد درصد و سطح معناداری پنج درصد حداقل دوازده نفر در هر گروه تعیین شد. با احتساب ریزش احتمالی نمونه‌ها، برای هر گروه دوازده نفر در نظر گرفته شد. ۳۶ نفر به صورت هدفمند از بین زنان دارای ولگوس داینامیک زانو، به عنوان نمونه‌های تحقیق انتخاب شدند.

آزمودنی‌ها از نظر راستای کشکک با گونیامتر، تعادل ایستا و پویا از طریق آزمون‌های لک‌لک و وای و قدرت اندام تحتانی با آزمون پرش سارجنت ارزیابی شدند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در سه گروه، کنترل، تمرینات مقاومتی مرسوم بدون محدودسازی جریان خون و تمرینات مقاومتی مرسوم با محدودسازی جریان خون قرار گرفتند. گروه‌های تجربی برنامه‌های تمرینی را به مدت هشت هفته به صورت سه جلسه در هفته انجام دادند.

تکمیل فرم رضایت‌نامه و فرم اطلاعات جمعیت‌شناختی توسط آزمونگر، متغیرهای قد و وزن توسط آزمونگر به وسیله قدسنج و ترازو اندازه‌گیری شد. در ادامه تمامی آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون شرکت کردند تا متغیر ولگوس زانو با آزمون اسکات جفت پا ارزیابی شود. پس از آن راستای کشکک ارزیابی شد و تعادل ایستا و پویا به ترتیب با آزمون‌های لک‌لک و وای ارزیابی شد. در انتها قدرت اندام تحتانی با استفاده از آزمون پرش سارجنت ارزیابی شد. برای انجام این پژوهش از دانشگاه علوم‌پزشکی گیلان کد

تصویر ۲. روش ارزیابی آزمون Y مجله بیومکانیک ورزشی

اخلاق با شناسه IR.GUMS.REC.1399.202 دریافت شد.

ارزیابی ولگوس داینامیک زانو: به منظور تشخیص ولگوس داینامیک زانو از آزمون اسکات جفت پا استفاده شد [۱۸]، بر اساس یافته‌های بِل و همکاران تست اسکات بالای سر برای تشخیص وجود و نبود ولگوس داینامیک زانو اجرا شد. هر آزمودنی در وضعیت ایستاده پنج آزمون اسکات روی هر دو پا در وضعیت استاندارد (پاها به اندازه عرض شانه باز، انگشتان مستقیم رو به جلو، دست‌ها بالای سر با آرنج قفل شده در اکستنشن، زانوها تا نود درجه فلکشن شدند) اجرا کرد. در حالی که آزمونگر از روبه‌رو او را مشاهده می‌کرد (تصویر شماره ۱).

برای به حداقل رساندن اثر یادگیری اجازه داده نمی‌شد پیش از آزمون اسکات تمرین شود. اگر هنگام حرکت و اجرای سه آزمون اسکات از پنج اسکات، آزمونگر به طور بصری از نمای قدامی مشاهده کرد که نقطه میانی پتلای پای برتر از بخش داخلی انگشت بزرگ پا عبور کند، فرد دارای ولگوس داینامیک زانو بود. میزان روایی و پایایی این آزمون به ترتیب ۷۸ درصد و ۷۳ درصد گزارش شد [۱۹].

اندازه‌گیری تعادل ایستا: برای ارزیابی تعادل ایستا از آزمون لک‌لک استفاده شد. نحوه انجام آن بدین صورت بود که آزمودنی روی پای برتر می‌ایستاد و در حالی که دست‌ها روی کمر است انگشتان پای دیگر را روی زانو پا مسلط می‌گذاشت. سپس آزمودنی با فرمان «حاضر» و سپس «رو» پاشنه پای مسلط را بلند کرده و در حالی که روی انگشتان یک پای خود ایستاده تلاش کرد تا تعادل خود را بدون حرکت دادن پا و یا جدا شدن دست‌ها از کمر حفظ کند. آزمون سه‌بار اجرا شده و بهترین زمان به عنوان امتیاز ثبت می‌شد [۱۸].

اندازه‌گیری تعادل پویا: برای اندازه‌گیری تعادل پویا از تست Y استفاده شد که پایایی آن ۰/۸۸ تا ۰/۹۹ گزارش شد. به لحاظ اینکه آزمون تعادل Y، با طول پا رابطه معناداری دارد، به منظور اجرای این آزمون و نرمال کردن اطلاعات، قبل از شروع فرایند اندازه‌گیری، با استفاده از متر نواری طول واقعی پا از خار خاصره

قدامی فوقانی تا قوزک داخلی در حالت طاق‌باز در حالت خوابیده روی زمین اندازه‌گیری شد (تصویر شماره ۲). این تست در سه جهت قدامی، خلفی داخلی و خلفی خارجی انجام شد و آزمودنی روی یک پا (پای برتر) در مرکز Y قرار گرفته و سعی کرد با حفظ تعادل روی پای تکیه‌گاه، با پای دیگر عمل دست‌یابی را انجام دهد.

آزمودنی با پنجه پا دورترین نقطه ممکن را در هریک از جهات تعیین شده بدون خطا لمس کرد. فاصله محل تماس تا مرکز، فاصله دست‌یابی بوده که به سانتی‌متر اندازه‌گیری شده به منظور به حداقل رساندن اثرات یادگیری هر آزمودنی شش بار با فاصله پانزده ثانیه استراحت، این آزمون را در هریک از جهت‌های سه‌گانه تمرین کرد. بعد از پنج دقیقه استراحت، آزمودنی آزمون اصلی را در جهت‌های اصلی انجام داد. در صورت بروز خطا، اگر پایی که در مرکز قرار دارد، حرکت کند یا تعادل فرد دچار اختلال شود، از آزمودنی خواسته می‌شد آزمون را دوباره تکرار کند. برای به دست آوردن نمره تعادل در هر جهت به صورت جداگانه از فرمول شماره ۱ استفاده شد [۱۹].

$$\text{امتیاز} = \frac{\text{فاصله‌دست‌یابی}}{\text{طول اندام}} \times ۱۰۰.۱$$

ارزیابی راستای کشکک: به منظور ارزیابی راستای کشکک، بازوی ثابت گونیامتر روی خار خاصره‌ای قدامی فوقانی و مرکز گونیامتر روی نقطه وسط استخوان کشکک و بازوی متحرک گونیامتر روی برجستگی استخوان درشت نی قرار گرفت. زاویه به وجود آمده به عنوان زاویه انحراف کشکک در نظر گرفته شد. روایی این آزمون ۰/۶۹ گزارش شد [۲۰].

ارزیابی قدرت اندام تحتانی: برای ارزیابی وضعیت قدرت اندام تحتانی از آزمون پرش عمودی[3] استفاده شد. با توجه به ویژگی برخی از ورزش‌ها که با پرش‌های متعدد همراه است. از این آزمون برای ارزیابی قدرت انفجاری اندام تحتانی و عملکرد ورزشی افراد استفاده شد. هر آزمودنی سه کوشش صحیح را با فاصله استراحت سه دقیقه‌ای انجام داد [۲۱].

برنامه تمرینات مقاومتی با و بدون انسداد جریان خون

الف) برنامه تمرینی مقاومتی بدون انسداد جریان خون: آزمودنی‌ها تمرین‌ها را به وسیله‌ی تیوب‌های مقاومتی (تراباند) که شامل چهار رنگ سبز، آبی، مشکی و نقره‌ای بود، جهت ایجاد مقاومت و تقویت عضلات مورد نظر انجام دادند. پیش از شروع برنامه تمرینی همه آزمودنی‌ها به منظور تعیین شدت تمرین و مناسب بودن تیوب تمرینی در یک جلسه مجزا، ارزیابی و روش چند تکرار بیشینه تا سر حد خستگی اجرا شد [۲۲].

سپس با شروع جلسات تمرین هر بیمار بر اساس ارزیابی اولیه حرکات را شروع و به وسیله‌ی تیوب رنگی متناسب با قدرت خود، تمرین‌ها را آغاز می‌کرد. برای افزایش قدرت عضلات، تمرین‌های مقاومت فزاینده استفاده شد. بر طبق اصل اضافه‌بار هر جلسه یا به تعداد تکرارها و سِت‌ها اضافه شد یا استراحت بین سِت‌ها کاهش یافت. به طوری که با ادامه تمرین‌ها، آزمودنی‌ها بدون آنکه احساس خستگی داشته باشند، در هفته‌های متوالی تمرین‌ها را با شدت بیشتر انجام می‌دادند (پیوست شماره ۱).

ب) برنامه تمرینی مقاومتی با انسداد جریان خون[4]: برنامه‌های تمرینات تقویتی شامل تقویت عضلات چهارسر رانی و چرخاننده خارجی (با دو نوع تراباند رنگ سبز و آبی) به همراه انسداد جریان خون هنگام تمرین‌ها استفاده شد. برای انسداد جریان خون از دستگاه کاتسو استفاده شد. فشار انسداد شریانی با قرار دادن یک کاف پنوماتیک در بخش پروگزیمال ران در موقعیت ایستاده اندازه‌گیری شد.

فشار کاف برای شروع تمرینات با ۱۲۰ میلی‌متر جیوه در نظر گرفته شد. (این میزان فشار بر اساس نتایج تحقیقات گذشته و میزان توان آزمودنی های تحقیق حاضر انتخاب شده و افزایش بار تمرینی بر اساس آن اعمال شد). سی ثانیه پس از پایان سِت آخر هر تمرین کاف برداشته می‌شد و قبل از شروع سِت اول تمرین بعدی مجدداً اعمال می‌شد [۱۵]. تمرینات سه جلسه نیم ساعته در هر هفته و در کل پروتکل در هشت هفته روی آزمودنی‌ها اعمال شد (پیوست شماره ۲).

نتایج

در جدول شماره ۱ نتایج آزمون شاپیرو ویلک نشان‌دهنده نرمال بودن توزیع داده‌ها در تمامی متغیرهاست. جدول شماره ۲ نتایج آزمون کوواریانس را بین دو گروه تجربی و کنترل نشان می‌دهد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت برنامه‌های تمرینی بر تعادل ایستا و تعادل پویا (P=۰/۰۰۱)، راستای کشکک و قدرت اندام تحتانی (P=۰/۰۰۱) زنان دارای نقص ولگوس دینامیک زانو بود.

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در متغیر تعادل ایستا بین گروه‌های تمرینات مقاومتی مرسوم با محدودسازی جریان خون گروه کنترل (P=۰/۰۰۱)، تمرینات مقاومتی مرسوم بدون محدودسازی جریان خون گروه کنترل (P=۰/۰۰۱) اختلاف معناداری نشان داد. اما با بررسی آماری بین دو گروه تمرینات مقاومتی مرسوم با محدودسازی جریان خون تمرینات مقاومتی مرسوم بدون محدودسازی جریان خون اختلاف معناداری مشاهده نشد (P≤۰/۰۵).

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در متغیر تعادل پویا و جهت‌های

3. Vertical Jump Height

4. Blood Flow Restriction Training

جدول ۱. نتایج آزمون شاپیرو ویلک جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها

آزمون	گروه	معناداری	
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون
تعادل ایستا	کنترل	۰/۰۶	۰/۰۹
	تمرینات با محدودسازی	۰/۶۳	۰/۳۵
	تمرینات بدون محدودسازی	۰/۴۰	۰/۱۵
تعادل پویا (جهت قدامی)	کنترل	۰/۲۹	۰/۷۰
	تمرینات با محدودسازی	۰/۴۱	۰/۶۳
	تمرینات بدون محدودسازی	۰/۲۴	۰/۸۱
تعادل پویا (جهت خلفی داخلی)	کنترل	۰/۱۱	۰/۳۱
	تمرینات با محدودسازی	۰/۴۵	۰/۲۳
	تمرینات بدون محدودسازی	۰/۶۳	۰/۰۵
تعادل پویا (جهت خلفی خارجی)	کنترل	۰/۰۷	۰/۰۶
	تمرینات با محدودسازی	۰/۰۷	۰/۸۰
	تمرینات بدون محدودسازی	۰/۰۵	۰/۰۵
تعادل پویا	کنترل	۰/۰۷	۰/۱۱
	تمرینات با محدودسازی	۰/۹۰	۰/۸۷
	تمرینات بدون محدودسازی	۰/۹۱	۰/۵۱
راستای کشکک	کنترل	۰/۹۹	۰/۳۸
	تمرینات با محدودسازی	۰/۴۶	۰/۲۰
	تمرینات بدون محدودسازی	۰/۹۴	۰/۹۹
پرش سارجنت	کنترل	۰/۶۱	۰/۲۸
	تمرینات با محدودسازی	۰/۵۴	۰/۰۵
	تمرینات بدون محدودسازی	۰/۲۰	۰/۵۱

مجله بیومکانیک ورزشی

آن بین گروه‌های تمرینات مقاومتی مرسوم با محدودسازی جریان خون گروه کنترل (P=۰/۰۰۱)، تمرینات مقاومتی مرسوم بدون محدودسازی جریان خون گروه کنترل (P=۰/۰۰۱) اختلاف معناداری نشان داد. اما با بررسی آماری بین دو گروه تمرینات مقاومتی مرسوم با محدودسازی جریان خون تمرینات مقاومتی مرسوم بدون محدودسازی جریان خون اختلاف معناداری مشاهده نشد (P≤۰/۰۵).

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در متغیر راستای کشکک بین گروه‌های تمرینات مقاومتی مرسوم با محدودسازی جریان خون گروه کنترل (P=۰/۰۰۱)، تمرینات مقاومتی مرسوم بدون محدودسازی جریان خون گروه کنترل (P=۰/۰۰۱) اختلاف معناداری نشان داد. اما با بررسی آماری بین دو گروه تمرینات مقاومتی مرسوم با محدودسازی جریان خون تمرینات مقاومتی مرسوم بدون محدودسازی جریان خون اختلاف معناداری مشاهده نشد (P≤۰/۰۵).

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در متغیر قدرت اندام تحتانی گروه‌های تمرینات مقاومتی مرسوم با محدودسازی جریان خون گروه کنترل (P=۰/۰۰۱)، تمرینات مقاومتی مرسوم بدون محدودسازی جریان خون گروه کنترل (P=۰/۰۰۱) و تمرینات مقاومتی مرسوم با محدودسازی جریان خون تمرینات مقاومتی

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس جهت مقایسه تفاوت بین‌گروهی در متغیر تعادل ایستا

متغیر	مرحله آزمون	گروه	*میانگین	F	df	p**	Eta Squared
تعادل ایستا	پس‌آزمون	کنترل	۱۱/۵۱	۲۰/۸۳	۲	۰/۰۰۱	۰/۵۶
	پس‌آزمون	تمرینات با محدودسازی	۱۸/۹۹				
	پس‌آزمون	تمرینات بدون محدودسازی	۱۸/۴۷				
تعادل پویا	پس‌آزمون	کنترل	۶۹/۹۹	۴۱/۵۲	۲	۰/۰۰۱	۰/۷۲
	پس‌آزمون	تمرینات با محدودسازی	۸۳/۲۷				
	پس‌آزمون	تمرینات بدون محدودسازی	۸۱/۸۵				
راستای کشکک	پس‌آزمون	کنترل	۲۱/۹۹	۱۶/۷۰	۲	۰/۰۰۱	۰/۵۱
	پس‌آزمون	تمرینات با محدودسازی	۱۷/۸۹				
	پس‌آزمون	تمرینات بدون محدودسازی	۱۹/۳۵				
قدرت اندام تحتانی	پس‌آزمون	کنترل	۲۴/۱۲	۳۵/۳۵	۲	۰/۰۰۱**	۰/۶۸
	پس‌آزمون	تمرینات با محدودسازی	۳۶/۶۷				
	پس‌آزمون	تمرینات بدون محدودسازی	۳۰/۵۳				

*تنظیم شده بر اساس مقادیر پیش‌آزمون؛ **معناداری در سطح P<۰/۰۰۱

مجله بیومکانیک ورزشی

مرسوم بدون محدودسازی جریان خون (P=۰/۰۰۱) اختلاف معناداری نشان داد.

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان از تأثیر مثبت برنامه‌های تمرینی بر نتایج پیش و پس‌آزمون تعادل ایستا، تعادل پویا، راستای کشکک و قدرت اندام تحتانی زنان دارای نقص ولگوس داینامیک زانو بود. همچنین مقایسه نتایج بین گروه‌ها نشان‌دهنده وجود تفاوت معناداری بین گروه کنترل با دو گروه تمرینی بود و با بررسی تفاوت با آزمون تعقیبی مشخص شد.

نتایج مقایسه دو گروه آزمایش نشان داد که تفاوت معنادار فقط در متغیر قدرت اندام تحتانی بین دو گروه تمرینی وجود داشت. در ضمن بررسی میانگین‌های نشان‌دهنده اثر بیشتر برنامه تمرینی با محدودسازی جریان خون نسبت به تمرین بدون محدودسازی جریان خون بر این متغیر بود، ولی در دیگر متغیرهای تعادل ایستا، پویا و راستای کشک بین دو گروه تجربی تفاوت معنادار وجود نداشت.

در تأیید نتایج این تحقیق مبنی بر بهبود متغیرهای تعادل ایستا و پویا در هر دو گروه تجربی می‌توان به مطالعه فراحانی و ریاحی که به بررسی اثر تمرینات با محدودسازی جریان خون بر تعادل سربازان اشاره کرد نتایج آن‌ها نشان داد که برنامه تمرینی با محدودسازی جریان خون اثر معناداری در بهبود تعادل دارد [۲۳، ۲۴]. تأثیر مثبت استفاده از تمرینات با انسداد جریان خون بر بهبود تعادل می‌تواند ناشی از تأثیر تمرینات تقویتی اندام تحتانی باشد که یکی از فاکتورهای مؤثر در تعادل افراد است. در همین راستا نتایج تحقیقات پوپ و همکاران که به بررسی تأثیر تمرینات با محدودسازی جریان خون در بخش‌های مختلف بدن با شدت‌های مختلف در بهبود استقامت و قدرت پرداختند [۲۵].

افزایش استقامت عضلانی گزارش شده در نتایج این تحقیق که علاوه بر قدرت عضلانی بهبود یافته این تمرینات است، ممکن است یکی از عوامل تأثیرگذار بر بهبود عملکرد و نیز تعادل زنان با ولگوس داینامیک زانو در تحقیق حاضر باشد؛ زیرا افزایش قدرت و استقامت عضلانی ممکن است سبب تسهیل و همسان‌سازی واحدهای حرکتی تند انقباض و بزرگ [۲۶]، تحریک دوک‌های عضلانی، کاهش اثر خودمهاری اندام وتری گلژی و نیز افزایش هماهنگی عضلات اثرگذار در فعالیت‌های هم انقباضی شود.

علاوه بر این با تحریک دوک‌های عضلانی، انقباض عضلانی موجب افزایش فعالیت اعصاب وابران گامای موجود در دوک‌ها می‌شود و افزایش این حساسیت در دوک‌ها حس وضعیت مفصل را بهبود می‌بخشد که در کنترل مفصل و به دنبال آن بهبود تعادل اثرگذار است [۲۷].

همچنین از دلایل فیزیولوژیکی برای بهبود قدرت احتمالاً تغییرات عصبی است که به کارکرد مؤثر عضله، افزایش فعال‌سازی عصبی، افزایش همزمانی انقباض نورون‌های حرکتی و کاهش عمل مهاری اندام وتری گلژی منجر شده [۲۸] و به طور کلی این تغییرات ایجاد شده در عضلات به دنبال بهبود قدرت می‌تواند در بهبود عملکرد آزمودنی‌ها در آزمون‌های تعادل منجر شده باشد.

بنابراین، احتمال می‌رود که بخشی از بهبود تعادل به دلیل اصلاح ولگوس زانو و بهبود سفتی و ضعف عضلات مفاصل دیستال و پروگزیمال زانو اتفاق بیفتد.

نتایج حاصل از پژوهش حاضر مبنی بر بهبود راستای کشکک زنان مبتلا به ولگوس دایناميک زانو با نتایج مطالعه کروشفرد و همکاران که به تأثیر تمرینات اصلاحی فیدبکی بر ولگوس زانو و فعالیت الکترومایوگرافی عضلات اندام تحتانی پرداختند [۲۹] و وینبی و همکاران که به تأثیر تمرینات بر کاهش ولگوس زانو در برخی حرکات اشاره داشتند [۳۰]، محمدی و همکاران که به تأثیر تمرین بر کاهش ولگوس زانو و بهبود قدرت عضلات ابداکتور و چرخاننده زانو اشاره کردند [۳۱] هم‌راستا است.

در تفسیر نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که تقویت عضلات چرخاننده خارجی که عضلات دورکننده هستند، به همراه عضلات چهارسر ران باعث کنترل چرخش داخلی و نزدیک شدن ران شده و کشکک در مسیر مناسب‌تری در مقایسه با پیش از اعمال برنامه‌های تمرینی قرار گرفتند و تماس کشکک با سطوح مفصلی ران کم شد و این کاهش تماس منجر به اصلاح راستای زانو شد [۳۲].

ناهماهنگی در میزان قدرت و زمان فراخوانی بخش‌های مختلف عضلات چهارسر از جمله عوامل تأثیرگذار در تغییر راستای کشکک در وضعیت ایستا و در هنگام حرکت است که به نظر می‌رسد بهبود در قدرت عضلات این ناحیه می‌تواند به اصلاح راستای کشکک و مسیر حرکت آن منجر شود.

در همین زمینه اگلیتی و همکاران در مطالعه خود نشان دادند که بهبود قدرت عضلات چهارسر ران در تغییر راستای کشکک اثرگذار است [۳۳]. اصلاح جابه‌جایی و تیلت کشکک به وسیله افزایش قدرت عضله VMO از اهداف تمرین در افراد با ولگوس دایناميک بوده که نتایج این برنامه تمرینی نیز می‌تواند بیانگر این موضوع باشد. اعمال محدودسازی جریان خون نیاز به افزایش شدت تمرینی را کاهش می‌دهد، در نتیجه در شرایط نیاز به توان‌بخشی یا افراد مستعد آسیب می‌تواند اثرگذاری مطلوبی در تقویت عضلانی و بهبود راستای کشکک داشته باشد.

یکی از شرایط مستعدکننده آسیب افراد الگوهای غلط اندام تحتانی است که تحت عنوان ولگوس دایناميک زانو، مدیال کلاپس، حرکت زانو به سمت داخل، حرکت زانو در صفحه فرونتال، زاویه پروجکشن هنگام حرکات عملکردی، در متون مختلف بیان شده و درواقع کینماتیک تغییر یافته‌ی ران، زانو و مچ پا را در ولگوس دایناميک زانو مطرح می‌کند [۳۴].

در تأیید نتایج به‌دست‌آمده در زمینه اثر تمرینات تحقیق حاضر بر قدرت اندام تحتانی می‌توان به نتایج مطالعات ساکی و همکاران که به تأثیر تمرینات پلایومتریک بر قدرت اندام تحتانی زنان ورزشکار با نقص ولگوس دایناميک زانو پرداختند [۳۵].

همچنین عنابستانی و همکاران که به تأثیر تمرینات ترکیبی با و بدون محدودسازی جریان خون بر قدرت و استقامت زنان یائسه پرداختند [۳۶] اشاره کرد. به‌ویژه مطالعه کارابولوت و همکاران که به بررسی مقایسه تمرینات با و بدون محدودسازی جریان خون روی مردان ورزشکار پرداختند و نتایج آن‌ها تأثیر بیشتر تمرینات با محدودسازی جریان خون را نسبت به گروه تمرینات بدون محدودسازی جریان خون نشان داد [۳۷].

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده اثر مثبت برنامه‌های تمرینی قدرتی با و بدون محدودسازی جریان خون بر بهبود راستای کشکک، تعادل ایستا و تعادل پویا و قدرت اندام تحتانی زنان فعال بوده، هرچند تأثیر بر بهبود قدرت اندام تحتانی در تمرینات محدودسازی جریان خون بیشتر مشاهده شد. بنابراین، توصیه می‌شود زنان فعال از این برنامه‌های تمرینی جهت بهبود عملکرد و کاهش خطر ایجاد آسیب بهره گیرند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله با کد اخلاق شماره IR.GUMS.REC.1399.202 در دانشگاه علوم‌پزشکی گیلان به ثبت رسیده است.

حامی مالی

این مقاله از پایان‌نامه کارشناسی ارشد سیده مهشید هادوی، در گروه آسیب‌های ورزشی و ورزش‌های اصلاحی دانشگاه گیلان استخراج شده است.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به طور یکسان در این نگارش مقاله مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

References

[1] Sigward SM, Ota S, Powers CM. Predictors of frontal plane knee excursion during a drop land in young female soccer players. J Orthop Sports Phys Ther. 2008; 38(11):661-7 .[DOI:10.2519/jospt.2008.2695] [PMID]

[2] Bell DR, Padua DA, Clark MA. Muscle strength and flexibility characteristics of people displaying excessive medial knee displacement. Arch Phys Med Rehabil. 2008; 89(7):1323-8. [DOI:10.1016/j.apmr.2007.11.048] [PMID]

[3] Barrios JA, Heitkamp CA, Smith BP, Sturgeon MM, Suckow DW, Sutton CR. Three-dimensional hip and knee kinematics during walking, running, and single-limb drop landing in females with and without genu valgum. Clin Biomech. 2016; 31:7-11. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2015.10.008] [PMID]

[4] Hewett T, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and preventing ACL injuries: Current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. N Am J Sports Phys Ther. 2010; 5(4):234-51. [PMCID]

[5] Campolo M, Babu J, Dmochowska K, Scariah S, Varughese J. A comparison of two taping techniques (kinesio and mcconnell) and their effect on anterior knee pain during functional activities. Int J Sports Phys Ther. 2013; 8(2):105-10. [PMCID]

[6] Coughlan GF, Fullam K, Delahunt E, Gissane C, Caulfield BM. A comparison between performance on selected directions of the star excursion balance test and the Y balance test. J Athl Train. 2012; 47(4):366-71. [DOI:10.4085/1062-6050-47.4.03] [PMID] [PMCID]

[7] Wood L, Muller S, Peat G. The epidemiology of patellofemoral disorders in adulthood: A review of routine general practice morbidity recording. Prim Health Care Res Dev. 2011; 12(2):157-64. [DOI:10.1017/S1463423610000460] [PMID]

[8] Meira EP, Brumitt J. Influence of the hip on patients with patellofemoral pain syndrome: A systematic review. Sports Health. 2011; 3(5):455-65. [DOI:10.1177/1941738111415006] [PMID] [PMCID]

[9] Nejati P, Forugh B, Moeineddin R, Nejati M. [Patellofemoral pain syndrome in Iranian female athletes (persian)]. Ann Mil Health Sci Res. 2008; 6(3):177-81. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=122563

[10] Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Hip strength in females with and without patellofemoral pain. J Orthop Sports Phys Ther. 2003; 33(11):671-6. [DOI:10.2519/jospt.2003.33.11.671] [PMID]

[11] Earl JE, Hoch AZ. A proximal strengthening program improves pain, function, and biomechanics in women with patellofemoral pain syndrome. Am J Sports Med. 2011; 39(1):154-63. [DOI:10.1177/0363546510379967] [PMID]

[12] Bagheri S, Shojaeddin S, Nazarian AB, Naderi A. [The effect of hip abductors and external rotators strengthening in male with patellofemoral pain syndrome (Persian)]. SJIMU. 2016; 23(6):29-39. http://sjimu.medilam.ac.ir/article-1-2465-en.html

[13] Colclough A, Munro AG, Herrington LC, McMahon JJ, Comfort P. The effects of a four week jump-training program on frontal plane projection angle in female gymnasts. Phys Ther Sport. 2018; 30:29-33. [DOI:10.1016/j.ptsp.2017.11.003] [PMID]

[14] Goto S. The effects of an integrated exercise program on lower extremity biomechanics in females with medial knee displacement. [PhD. dissertation]. Chapel Hill, NC: University of North Carolina at Chapel Hill Graduate School; 2015. https://cdr.lib.unc.edu/concern/dissertations/k06988969

[15] Fujita S, Abe T, Drummond MJ, Cadenas JG, Dreyer HC, Sato Y, et al. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. J Appl Physiol. 2007; 103(3):903-10. [DOI:10.1152/japplphysiol.00195.2007] [PMID]

[16] Giles L, Webster KE, McClelland J, Cook JL. Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: A double-blind randomised trial. Br J Sports Med. 2017; 51(23):1688-94. [DOI:10.1136/bjsports-2016-096329] [PMID]

[17] Mason MJS, Owens JG, Brown LWJ. Blood flow restriction training: Current and future applications for the rehabilitation of musculoskeletal injuries. Tech Orthop. 2018; 33(2):71. [DOI:10.1097/BTO.0000000000000301]

[18] Tyler TF, Nicholas SJ, Mullaney MJ, McHugh MP. The role of hip muscle function in the treatment of patellofemoral pain syndrome. Am J Sports Med. 2006; 34(4):630-6. [DOI:10.1177/0363546505281808] [PMID]

[19] Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. J Orthop Sports Phys Ther. 2010; 40(2):42-51. [DOI:10.2519/jospt.2010.3337] [PMID]

[20] Herrington L, Munro A. Drop jump landing knee valgus angle; Normative data in a physically active population. Phys Ther Sport. 2010; 11(2):56-9. [DOI:10.1016/j.ptsp.2009.11.004] [PMID]

[21] McCurdy KW, Langford GA, Doscher MW, Wiley LP, Mallard KG. The effects of short-term unilateral and bilateral lower-body resistance training on measures of strength and power. J Strength Cond Res. 2005; 19(1):9-15. [DOI:10.1519/00124278-200502000-00003] [PMID]

[22] Page P, Ellenbecker TS. The scientific and clinical application of elastic resistance. Champaign: Human Kinetics; 2003. https://books.google.com/books/about/The_Scientific_and_Clinical_Application.html?id=Q8K8FZyTdw8C

[23] Khayambashi K, Mohammadkhani Z, Ghaznavi K, Lyle MA, Powers CM. The effects of isolated hip abductor and external rotator muscle strengthening on pain, health status, and hip strength in females with patellofemoral pain: A randomized controlled trial. J Orthop Sports Phys Ther. 2012; 42(1):22-9. [DOI:10.2519/jospt.2012.3704] [PMID]

[24] Farhani F, Riyahi S. [Comparison of three methods of resistance training with blood flow restriction on functional factors and cardio respiratory preparedness in military soldiers (persian)]. J Mil Med. 2019; 21(1):73-81. http://militarymedj.ir/article-1-2045-en.html

[25] Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ. Exercise and blood flow restriction. J Strength Cond Res. 2013; 27(10):2914-26. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3182874721] [PMID]

[26] Cynthia AT. The effects of strength and plyometric training on joint position, joint moments and joint stiffness at the knee. [PhD. dissertation]. Provo, UT: Faculty of Brigham Young Uni; 2004.

[27] Docherty CL, Moore JH, Arnold BL. Effects of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankles. J Athl Train. 1998; 33(4):310-4. [PMCID]

[28] Keen DA, Yue GH, Enoka RM. Training-related enhancement in the control of motor output in elderly humans. J Appl Physiol. 1994; 77(6):2648-58. [DOI:10.1152/jappl.1994.77.6.2648] [PMID]

[29] Koorosh-fard N, Rajabi R, Shirzad E. [Effect of feedback corrective exercise on knee valgus and electromyographic activity of lower limb muscles in single leg squat (Persian)]. Arch Rehabil. 2015; 16(2):138-47. http://rehabilitationj.uswr.ac.ir/article-1-1547-en.html

[30] Winby CR, Gerus P, Kirk TB, Lloyd DG. Correlation between EMG-based co-activation measures and medial and lateral compartment

loads of the knee during gait. Clin Biomech. 2013; 28(9-10):1014-19. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2013.09.006] [PMID]

[31] Mohammadi H, Daneshmandi H, Alizadeh M. [Effect of corrective exercises program on strength, rom, and performance in basketball players with dynamic knee valgus (Persian)]. Sci J Rehabil Med. 2019; 8(3):29-41. [DOI: 10.22037/JRM.2019.111286.1887]

[32] Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation. 2th ed. Maryland Heights: Mosby; 2009. https://www.amazon.com/Kinesiology-Musculoskeletal-System-Foundations-Rehabilitation/dp/0323039898

[33] Aglietti P, Insall JN, Cerulli G. Patellar pain and incongruence. I: Measurements of incongruence. Clin Orthop Relat Res. 1983; (176):217-24. [DOI:10.1097/00003086-198306000-00032]

[34] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt Jr RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes a prospective study. Am J Sports Med. 2005; 33(4):492-501. [DOI:10.1177/0363546504269591] [PMID]

[35] Saki F, Madhosh M, Sedaghati P. [The effect of selective plyometric training on the lower extremity functional performance indexes of female athletes with dynamic knee valgus (Persian)]. PTJ. 2019; 9(1):31-8. [DOI:10.32598/PTJ.9.1.31]

[36] Anabestani M, Hosseini-Kakhk SA, Hamedinia M. [Comparison of combined training with and without vascular occlusion on selected physical fitness components in postmenopausal women (Persian)]. Sport Physiology. 2014; 6(21):123-36. https://spj.ssrc.ac.ir/article_208_08bbf6c2e2244a7a5fcf1092524e1b41.pdf

[37] Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bemben MG. The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. Eur J Appl Physiol. 2010; 108(1):147-55. [DOI:10.1007/s00421-009-1204-5] [PMID]

[38] Mason MJ, Owens JG, Brown LW. Blood flow restriction training: Current and future applications for the rehabilitation of musculoskeletal injuries. Tech Orthop. 2018; 33(2):71. [DOI:10.1097/BTO.0000000000000301]

[39] Ford KR, Nguyen AD, Dischiavi SL, Hegedus EJ, Zuk EF, Taylor JB. An evidence-based review of hip-focused neuromuscular exercise interventions to address dynamic lower extremity valgus. Open Access J Sports Med. 2015; 6:291. [DOI:10.2147/OAJSM.S72432]

پیوست ۱. برنامه تمرینی مقاومتی بدون انسداد جریان خون [۳۸، ۳۹]

تمرینات	سِت	تکرار
حرکت چرخش خارجی ران در وضعیت خوابیده به پهلو حرکت چرخش خارجی ران در وضعیت نشسته روی میز استپ داون حرکت باز کردن در زاویه ۳۰ درجه انقباض ایزومتریک با توپ	سه سِت	ده تا دوازده تکرار

مجله بیومکانیک ورزشی

پیوست ۲. برنامه تمرینی ترکیبی با انسداد جریان خون [۱۵]

تمرینات	تکرار در سِت	کاتسو میلی‌متر جیوه	استراحت پایان سِت (ثانیه)
حرکت چرخش خارجی ران در وضعیت خوابیده به پهلو حرکت چرخش خارجی ران در وضعیت نشسته روی میز حرکت استپ داون حرکت باز کردن در زاویه ۳۰ درجه انقباض ایزومتریک با توپ	چهار سِت	۱۲۰	۹۰

مجله بیومکانیک ورزشی

This Page Intentionally Left Blank