

Research Paper

The Effect of Closed Kinetic Chain Exercises on Lower Extremity Function in Male Football Players After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery



*Mozhgan Rokninezhad¹

1. Department, of Sports Sciences, Faculty of Sports Sciences, South Tehran Branch, Payame Noor University, Tehran, Iran.



Citation Rokninezhad M. [The Effect of Closed Kinetic Chain Exercises on Lower Extremity Function in Male Football Players After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 13(2):462-475. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.2.2788>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.2.2788>

ABSTRACT

Background and Aims : Anterior cruciate ligament (ACL) injury is the most common knee injuries in sports. This study aims to assess the effect of closed kinetic chain exercises on lower extremity function in football players with ACL reconstruction surgery.

Methods This is a quasi-experimental study that was conducted on 22 male football players with a history of ACL injury referred to a hospital from Ahvaz, Iran. They were randomly divided into two groups of 11, including exercise and control. The performance of the two groups was measured using shuttle run test, figure-of-eight hop test, hop test from side to side, and agility hop test in the pre-test and post-test phases. The exercise group performed closed kinetic chain exercises (side lunge, plie squat, hip bridge, walking backwards, front lunge, squat, and plank) for 6 weeks, 3 sessions per week, each for 35 minutes. No exercise was performed in the control group. For data analysis, repeated measures analysis of variance (ANOVA) and independent t-test were used. The significance level was set at 0.05.

Results In the pre-test phase, no significant difference was observed between the two groups in the functional tests of shuttle run test, figure-of-eight hop test, side to side hop test, and agility hop test ($P>0.05$). In the post-test phase, the ANOVA results showed that the exercise group performed better in shuttle run test, figure-of-eight hop test, side to side hop test, and agility hop test ($P\leq 0.05$). The results of Bonferroni post hoc test showed that the exercise group in the mentioned tests, both immediately after and one month after the exercises, their performance in the mentioned tests improved ($P\leq 0.05$).

Conclusion The closed kinetic chain exercise can be used to increase the lower extremity performance of male football players with ACL injury.

Keywords Close kinetic chain, Lower extremity function, Anterior cruciate ligament rupture

Received: 06 Jun 2021

Accepted: 26 May 2022

Available Online: 21 May 2024

* Corresponding Author:

Mozhgan Rokninezhad.

Address: Department, of Sports Sciences, Faculty of Sports Sciences, South Tehran Branch, Payame Noor University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (910) 6364594

E-Mail: mozhgan.rokninezhad@gmail.com



Copyright © 2024 The Author(s).
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Extended Abstract

Introduction

Anterior cruciate ligament (ACL) injury is the most common knee ligament injury in sports activities. ACL is a widely used ligament; fibroblasts are involved in its continuous renewal and maintenance.

This ligament also prevents excessive rotation of the tibia and angulation in both varus and valgus directions [1]. An ACL injury is the primary reason why knee therapy is necessary for football players. The ligament possesses distinct receptors and unique innervation compared to other ligaments in the body. Due to this reason, it has acquired a function that extends beyond its mechanical restriction. Activities such as balance and closed range of motion exercises have been recommended to enhance performance and alleviate knee joint pain. Nevertheless, the efficacy of the workouts mentioned above has not been empirically examined [2]. Closed kinetic chain training leads to an increase in joint position accuracy. These exercises stabilize postural and dynamic stability by creating a compressive force, increasing joint coordination, retraining proprioceptors, and improving balance [3]. According to Hyun et al. (2013) [10], these exercises can reduce proprioceptive error and improve balance by increasing neuromuscular communication.

So far, the researcher has not found any study that examines the effect of a chain of movement training course on the performance of the lower limb in people with ACL injury. As a result, the main question of the research is, "What is the effect of 6 weeks of chain of movement exercises on the performance of the lower limbs of athletes with ACL injury"?

Materials and Methods

This study was quasi-experimental, in which 22 people with ACL rupture in Ahvaz City, Iran, participated. Eleven people were assigned to the experimental group (with close kinetic chain exercises) and 11 to the control group (without close kinetic chain exercises). Their mean height, weight, and age in the experimental group were 174.6 ± 1.58 cm, 69.40 ± 0.57 kg, and 22.4 ± 2.05 years, respectively. Also, their mean height, weight, and age in the control group were 17.4 ± 13.32 cm, 70.6 ± 43.20 kg, and 22.8 ± 1.52 , respectively. The performance of the two groups was measured by the shuttle run test, the figure 8 hop test, the side-to-side hop test, and the agility hop test in the pre-test and post-test. The intervention group

performed close kinetic chain exercises (side lunge, squat ply, bridging, walking backward, front lunge, squat, and plank) for 6 weeks, 3 sessions per week (each session for 35 minutes). No intervention was performed for the control group. For data analysis, statistical variance analysis methods with repeated measures and the independent t test were used to compare the two groups at a significance level of $P \leq 0.05$.

Results

This study showed that in the pre-test, no significant difference was observed between the two groups in the functional tests of the shuttle run test, the figure 8 hop test, side to side hop test, and the agility hop test ($P \leq 0.05$). On the other hand, the analysis of the variance test with repeated measures of this study showed that the experimental group in the shuttle run test, the figure 8 hop test, and side to side hop test performed better after close kinetic chain motion ($P \leq 0.05$). Also, the Bonferroni post hoc test results showed improvements in the experimental group's performance in the mentioned tests immediately after using the closed kinetic chain exercises and within one month after the exercises ($P \leq 0.05$).

Conclusion

This research aims to determine the effect of motor chain exercises on the lower limb performance in football players after ACL reconstruction. The results of this study showed that the closed chain of motion exercises immediately and one month after application improved performance in the fast back-and-forth running tests, the jumping test from one side to the other side, the agile jumping test, and the figure 8 jumping test. These results are in line with the research of Nadimi Monfard [15] on the effect of Pilates exercises on the accuracy of the sense of the knee joint position in the open and closed kinetic chain [4], Yelfani et al. [16] in higher and faster recovery of knee extensor strength [5], and Selvaraj et al. [17] in the context of the effectiveness of motor chain exercises depends on increasing the strength of the quadriceps and ankle plantar flexor muscles [6].

Closed kinetic chain training can lead to the maximum stimulation of joint receptors by applying appropriate pressure to the joint and increasing the sense of motion and proprioception during the existing range of motion, and in this way, unconscious perception of the joint. In addition, ply squat (dumbbell squat), front lunge, and squat exercises may cause simultaneous contraction of the muscles around the joints, essential in controlling joint

stability and maintaining a smooth posture. It has been determined that the exercise of the closed movement chain can engage multiple joints and muscle groups at the same time, and it reduces the shear forces and increases the stability of the joint.

Balance and performance are associated with closed kinetic chain training [7]. In other words, the improvement of the function of the lower limb was probably due to the increase in muscle strength and endurance in the distal and proximal region of the lower limb, as well as the rise in the strength of the muscles around the knee and ankle joints, and the increase in the depth sensation of the joints and sensory inputs related to balance and performance [8].

On the other hand, the present research results are inconsistent with the findings of Daniel et al., who found no effect of movement chain exercises on the balance of healthy women [9]. One of the possible reasons for the discrepancy in the results is attributed to the different statistical populations (male athletes with ACL rupture compared to healthy beginner women) and the use of a different training protocol.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

A written informed consent was obtained from all participants. They were assured of the confidentiality of their information and were free to leave the study at any time.

Funding

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

The authors equally contributed to preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all participants for their cooperation in this study, and also the University of Ahvaz and the laboratory experts for their assistance in conducting experiments and assessments.



مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات زنجیره حرکتی بسته بر عملکرد اندام تحتانی ورزشکاران فوتبال پس از بازسازی رباط متقاطع قدامی

مژگان رکنی نژاد^۱

۱. گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، واحد تهران جنوب، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation Rokninezhad M. [The Effect of Closed Kinetic Chain Exercises on Lower Extremity Function in Male Football Players After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 13(2):462-475. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.2.2788>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.2.2788>

چکیده

مقدمه و اهداف آسیب رباط صلیبی قدامی، شایع‌ترین آسیب رباطی زانو هنگام انجام فعالیت‌های ورزشی است. هدف از این تحقیق اثر تمرینات زنجیره حرکتی بسته بر عملکرد اندام تحتانی در ورزشکاران فوتبالیست پس از بازسازی رباط متقاطع قدامی می‌باشد.

مواد و روش‌ها این پژوهش یک مطالعه نیمه‌آزمایشی می‌باشد که از بین ۲۲ نفر از افراد با پارگی رباط متقاطع قدامی واقع در شهر اهواز، به صورت تصادفی ۱۱ نفر، گروه آزمایش (با تمرینات زنجیره حرکتی بسته) و ۱۱ نفر گروه کنترل (بدون تمرینات زنجیره حرکتی بسته) را تشکیل دادند. در گروه آزمایش، میانگین قد $174/6 \pm 1/58$ سانتی‌متر، وزن $69/4 \pm 0/57$ کیلوگرم و سن $22/4 \pm 2/05$ سال و در گروه کنترل میانگین قد $171/4 \pm 13/32$ سانتی‌متر، وزن $70/6 \pm 43/20$ کیلوگرم و سن $22/8 \pm 1/52$ بود. میزان عملکرد دو گروه به وسیله آزمون‌های عملکردی دوی رفت‌وبرگشت سریع، لی لی به شکل ۸، پرش از سمتی به سمت دیگر و آزمون لی چابکانه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون اندازه‌گیری شد. گروه آزمایش، تمرینات زنجیره حرکتی بسته شامل (لانچ از پهلو، پلای اسکات، پل زدن، راه رفتن به عقب، لانچ از جلو، اسکات و پلانک) طی ۶ هفته و هر هفته ۳ جلسه (در مدت ۳۵ دقیقه) انجام دادند. در گروه کنترل مداخله‌ای انجام نشد. جهت تحلیل داده‌ها از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری 2×3 و از آزمون تی مستقل برای مقایسه بین دو گروه در سطح معناداری $P \leq 0/05$ استفاده شد.

یافته‌ها نتایج نشان داد در پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در آزمون‌های عملکردی دوی رفت‌وبرگشت سریع، لی لی به شکل ۸، پرش از سمتی به سمت دیگر و آزمون لی چابکانه مشاهده نشد ($P > 0/05$). از طرفی، آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری نشان داد، گروه آزمایش در آزمون‌های دوی رفت‌وبرگشت سریع، آزمون پرش از سمتی به سمت دیگر، آزمون لی چابکانه و آزمون لی لی به شکل ۸ پس از انجام تمرینات زنجیره حرکتی بسته عملکرد بهتری کسب کردند ($P \leq 0/05$). همچنین نتایج حاصل از آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد، گروه آزمایش در آزمون‌های یادشده، هم بلافاصله بعد از به‌کارگیری تمرینات زنجیره حرکتی بسته و هم در طی ۱ ماه بعد از انجام تمرینات، عملکردشان در آزمون‌های یادشده بهتر شد ($P \leq 0/05$).

نتیجه‌گیری مطابق با نتایج پژوهش، روش تمرینی زنجیره حرکتی بسته می‌تواند جهت بالا بردن میزان عملکرد فوتبالیست‌های پس از بازسازی رباط متقاطع قدامی مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها تمرینات زنجیره حرکتی بسته، عملکرد اندام تحتانی، پارگی رباط متقاطع قدامی

تاریخ دریافت: ۱۶ خرداد ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۰۵ خرداد ۱۴۰۱

تاریخ انتشار: ۰۱ خرداد ۱۴۰۲

* نویسنده مسئول:

مژگان رکنی نژاد

نشانی: تهران، دانشگاه پیام نور، واحد تهران جنوب، دانشکده علوم ورزشی، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی.

تلفن: ۶۳۶۴۵۹۴ (۹۱۰) ۹۸+

رایانامه: mozghan.rokninezhad@gmail.com



Copyright © 2024 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه

باین حال اغلب مطالعات انجام شده ترکیبی از تمرینات مختلف را مورد استفاده قرار داده‌اند و آثار تفکیکی هیچ‌یک از آن‌ها بر میزان عملکرد اندام تحتانی ارزیابی نشده است؛ بنابراین از آنجا که پرداختن به میزان عملکرد اندام تحتانی در ارزیابی و تنظیم برنامه‌های درمانی حائز اهمیت است، لزوم بررسی‌های بیشتر در این زمینه مطرح می‌شود. آزمون‌های عملکردی زیادی برای ارزیابی عملکرد ورزشکاران مورد استفاده قرار می‌گیرند. از میان این آزمون‌های عملکردی اندام تحتانی که به منظور ارزیابی عملکرد اندام تحتانی استفاده می‌شوند، آزمون‌های دوی رفت و برگشت سریع^۵، لی‌لی به شکل^۸، پرش از سمتی به سمت دیگر^۷، پرش چابکانه^۸، به دلیل پایایی و روایی بالا ۰/۸۷-۰/۹۶ بیشترین میزان کاربرد را دارند [۷].

این آزمون‌ها نه تنها به منظور تعیین توانایی ورزشکار در انجام ورزش مهم می‌باشند، بلکه جهت ارزیابی وی پس از ضایعه و برگشت به ورزش نیز به کار برده می‌شوند. این آزمون‌ها با تولید نیروهای چرخشی و تأثیر خاصی که بر مفاصل اندام تحتانی می‌گذارند، جهت ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۷]. یکی از مسیرهای ارزیابی وضعیت بازگشت به ورزش ورزشکاران، بررسی وضعیت قدرت عضلانی و عملکرد در آن‌ها است تا بتوان براساس عملکرد موجود، جهت طراحی برنامه تمرینی اقدام کرد [۸]. منابع گذشته بازگشت ورزشکاران پس از سپری کردن ۶ تا ۸ ماه پس از ترمیم رباط را گزارش کرده‌اند. با توجه به طولانی بودن این زمان برای دوری ورزشکار از صحنه تمرین و رقابت به نظر می‌رسد با ارزیابی دقیق عوامل مرتبط همچون قدرت عضلات، آزمون‌های عملکردی و انتخاب مناسب این مجموعه می‌توان زمان بازگشت به ورزش ورزشکاران مورد نظر را کاهش داد تا ادامه مسیر فعالیت ورزشی ورزشکاران هموارتر و کوتاه‌تر گردد [۹].

تمرینات زنجیره حرکتی بسته به افزایش دقت موقعیت مفصل و ایجاد نیروی فشارنده به تثبیت ثبات پاسچرال و دینامیک منجر می‌شوند، هماهنگی مفصل را افزایش می‌دهند و پروپریوسپتورها را بازآموزی می‌کنند. در نهایت از این طریق باعث بهبود تعادل می‌گردند [۱۰]. از دیدگاه هیون و همکاران، این تمرینات با بهبود ارتباط عصبی عضلانی می‌توانند موجب کاهش خطای حس عمقی شوند و بهبود تعادل را در پی داشته باشند. همچنین، تمرینات تحمل وزن با افزایش فشردگی مفصلی و افزایش قدرت عضلات، ثبات مفصل را بالا می‌برند. این نوع تمرینات با ایجاد گشتاور نیروی فلکشن در هر دو مفصل ران و زانو سبب انقباض همسترینگ جهت تثبیت مفصل ران و انقباض چهارسر ران جهت تثبیت مفصل زانو می‌شوند. انقباض هم‌زمان عضلات همسترینگ به خنثی کردن تمایل چهارسر ران برای ایجاد جابه‌جایی جلویی

آسیب رباط صلیبی قدامی، شایع‌ترین آسیب رباطی زانو هنگام انجام فعالیت‌های ورزشی است که فراوانی آن ۳۶/۹ مورد در هر ۱۰۰ هزار نفر است و اکثر این آسیب‌ها به صورت غیربرخوردی اتفاق می‌افتند [۱]. رباط صلیبی قدامی یک رباط بسیار پرکاربرد است و فیبروبلاست‌ها^۱ در نوسازی و نگهداری مداوم آن دخیل هستند. این لیگامان در جلوگیری از چرخش^۲ بیش از حد تیبیا^۳ و زاویه‌دار شدن به دو جهت واروس و والگوس^۴ نیز دخالت دارد [۲]. پارگی رباط صلیبی قدامی، رایج‌ترین علت نیاز به درمان زانو در فوتبالیست‌ها می‌باشد. لیگامان رباط صلیبی قدامی دارای گیرنده‌ها و شکل خاصی از عصب‌گیری در مقایسه با دیگر رباط‌های بدن می‌باشد و به این دلیل نقشی فراتر از یک محدودکننده مکانیکی را پیدا کرده است. پارک و همکاران در تحقیقی با عنوان ثبات پاسچرال در بیماران با پارگی رباط متقاطع قدامی با و بدون پارگی مینیسک داخلی نشان دادند میزان تعادل و قدرت عضلات پای دارای آسیب رباط صلیبی قدامی نسبت به پای بدون آسیب به میزان معنی‌داری کمتر بود [۳].

عوامل متعددی از جمله استئوآرتریت و صدمات مفصلی و لیگامانی باعث اختلال در عملکرد و افزایش میزان درد مفصل زانو می‌شوند که به دلیل قدرت عضلانی و حس عمقی در کنترل مفصل، تداوم این اختلال به آسیب مجدد و بروز صدمات مزمن مفصلی منجر می‌گردد. تمرینات متعددی برای بهبود میزان عملکرد و کاهش میزان درد ناحیه مفصل زانو پیشنهاد شده است؛ از جمله تمرینات تعادلی و تمرینات زنجیره حرکتی بسته. کارایی هیچ‌کدام از تمرینات فوق به‌طور تجربی بررسی نشده است [۴]، اما عقیده بر این است که تمرینات زنجیره حرکتی بسته با ایجاد نیروی فشارنده بیشتر باعث تثبیت ثبات پاسچرال و دینامیک می‌شود، هماهنگی مفصل را افزایش می‌دهند، گیرنده‌های حس عمقی را بازسازی می‌کنند و از این طریق بر میزان درد و افزایش عملکرد فرد اثرات بسزایی دارند [۵].

افزایش قدرت عضلانی مفصل به‌بهرتر شدن فعالیت‌های عملکردی، کاهش میزان درد و کاهش ناتوانی ناشی از نتایج توانبخشی و انجام تمرینات ورزشی منجر می‌شود. در مطالعه‌ای نارسیا و پرمر، به بررسی اثر تمرینات ۳ هفته‌ای (در هفته ۶ جلسه) زنجیره حرکتی بسته بر متغیرهای تعادل ایستا و پویا و قدرت عضلات مردان با دامنه سنی ۶۵ سال پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد، این تمرینات بر متغیرهای قدرت و تعادل ایستا تأثیر معنی‌داری داشته است و همچنین به کاهش ریسک افتادن در سالمندان منجر می‌شود، اما بر بهبود تعادل پویا تأثیری نداشته است [۶].

5. Shuttle Run Test (SR)
6. Figure of Eight Hop Test (FEH)
7. Side to Side Hop Test (SSH)
8. Agility Hop Test (AHT)

1. Fibroblasts
2. Rotation
3. Tibia
4. Varus & Valgus Deviation

شد. قبل از انجام آزمون‌ها ورزشکار جهت گرم شدن، تمرینات کششی عضلات اندام تحتانی را به مدت ۶۰ ثانیه و ۳ مرتبه برای هر گروه انجام می‌داد [۷]. برای ارزیابی عملکرد اندام تحتانی دو گروه در پیش‌آزمون، از ۴ آزمون عملکردی استفاده شد این آزمون‌ها عبارت‌اند از:

آزمون دوی رفت و برگشت سریع

از ورزشکار خواسته شد تا ۴ مسیر ۶/۱ متری را که با ۲ خط موازی محصور شده‌اند، طی کند. بدین صورت که ورزشکار از نقطه شروع ۶/۱ متر با نهایت سرعت بدود و خط پایان را با پاهایش لمس کند، تغییر جهت دهد و به نقطه شروع بازگردد و دوباره با پاهای خود خط شروع را لمس کند و این مراحل را در دو مسیر رفت و برگشتی انجام دهد تا جمعاً ۲۴/۴ متر را پیموده باشد. در کل مسیر، ورزشکار ۳ بار تغییر جهت می‌داد. ورزشکار ۳ بار این تست را انجام می‌داد و بین هر تکرار ۳۰ ثانیه استراحت می‌کرد. سریع‌ترین زمان طی شده جهت ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گرفت (تصویر شماره ۱) [۷].

آزمون لی لی کردن

آزمون لی لی کردن به شکل ورزشکار با پای غالب به صورت لی لی مسیری را که به شکل ۸ بر روی زمین ترسیم شده بود، طی می‌کرد. عرض این مسیر ۱ متر و طول این مسیر ۵ متر بود. ورزشکار ۲ مرتبه این تست را با پای غالب تکرار می‌کرد و بین هر تکرار ۱ دقیقه استراحت می‌کرد. سریع‌ترین زمان طی شده جهت ارزیابی انتخاب می‌شد (تصویر شماره ۲) [۷].

آزمون پرش از سمتی به سمت دیگر

در این آزمون، ورزشکار ۱۰ پرش با پای غالب به صورت پرش در طرفین ۲ خط با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر انجام می‌داد. این آزمون ۲ بار با پای غالب انجام می‌شد به گونه‌ای که بین هر تکرار ۱ دقیقه استراحت می‌کرد. در پایان، کمترین زمان انجام شده جهت ارزیابی مورد استفاده قرار گرفت (تصویر شماره ۳) [۷].

آزمون لی چابکانه

در این آزمون ورزشکار در جهت‌های تعیین شده به صورت یک پا و با پای غالب پرش می‌کرد، در حالی که از او خواسته می‌شد بین هر پرش تعادل خود را حفظ کند. نحوه ارزیابی بدین صورت بود که تعداد خطاهای فرد حین انجام آزمون محاسبه می‌شد. نحوه انجام آزمون بدین صورت بود که ۶ نقطه شماره‌دار بر روی زمین رسم می‌شد و از ورزشکار خواسته می‌شد تا با پای غالب از نقطه شماره ۱ شروع کند و خود را به نقطه ۶ برساند و بین هر پرش مدت ۵ ثانیه استراحت کند تا دست‌های خود را به کنار

درشتنی کمک می‌کند. زمانی که نیروی مقاوم در یک جهت محوری نسبت به درشتنی اعمال می‌شود (برای مثال در تمرین تحمل وزن) انقباض هم‌زمان همسترینگ‌ها در کاهش نیروی برشی بیشترین تأثیر را دارد. تنش در همسترینگ‌ها می‌تواند با کمی خم شدن رو به جلوی تنه افزایش یابد. خم شدن تنه، مرکز ثقل را به جلو جابه‌جا می‌سازد، گشتاور نیروی فلکشن زانو را کاهش می‌دهد و در نتیجه نیروی برشی زانو را کم می‌کند و نیروهای فشاری کشکی-رانی را کاهش می‌دهد. در تمرینات زنجیره حرکتی بسته تلاش می‌شود تا گشتاور نیروی فلکشن در زانو به حداقل برسد، در حالی که در گشتاور نیروی فلکشن در ران افزایش یابد. زمانی که نیروی مقاوم به کف پا اعمال شود، همچنین یک گشتاور نیروی فلکشن در مچ پا ایجاد می‌گردد، عضله نعلی با تثبیت فلکشن مچ پا و ایجاد یک گشتاور نیروی اکستنشن زانو، به خنثی کردن نیروی برشی رو به جلو کمک می‌کند؛ بنابراین با اعمال یک نیروی محوری به بخش انتهایی اندام، کل زنجیره حرکتی اندام تحتانی وارد عمل می‌شود و از طریق افزایش عملکرد و قدرت عضلانی، ثبات مفصل افزایش می‌یابد [۱۰]. با توجه به اینکه تاکنون پژوهشی که در آن به بررسی تأثیر یک دوره تمرینات زنجیره حرکتی بسته بر میزان عملکرد اندام تحتانی در افراد با آسیب رباط متقاطع قدامی بپردازد، توسط پژوهشگر یافت نشده است. در نتیجه مسئله اصلی تحقیق این است که تأثیر ۶ هفته تمرینات زنجیره حرکتی بسته بر عملکرد اندام تحتانی ورزشکاران با آسیب رباط متقاطع قدامی چگونه است؟

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع پژوهش‌های نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون می‌باشد که از لحاظ زمان اجرا مقطعی و از جهت استفاده از نتایج کاربردی می‌باشد. در این مطالعه، ۲۲ مرد ورزشکار با پارگی رباط متقاطع قدامی که مدت ۹ تا ۱۲ ماه از آسیب آن‌ها گذشته باشد، با توجه به امکانات تیم تحقیق و محدودیت‌های موجود در زمینه دسترسی به آزمودنی مورد نظر، از بخش اورتوپدی بیمارستان امام باقر اهواز توسط متخصص ارتوپدی شناسایی و در پژوهش شرکت کردند و به صورت کاملاً تصادفی به دو گروه ۱۱ نفره با تمرینات زنجیره حرکتی بسته و گروه کنترل تقسیم شدند. معیارهای خروج عبارت بودند از: شرکت نکردن در بیش از ۳ جلسه در مراحل اجرای تمرینات، وجود شکستگی در زانو، وجود درد و تورم غیرطبیعی در زانو، آسیب منیسک یا اعصاب، دیابت یا مصرف‌کننده داروی مؤثر روی تعادل، ایجاد آسیب در طول دوره تمرینی و یا در فعالیت ورزشی [۱۱-۱۳]. ابتدا، در مورد چگونگی انجام آزمایش برای آزمودنی‌های هر دو گروه توضیح و آموزش مختصری داده شد و از آن‌ها درخواست شد تا برگه رضایت‌نامه را امضا کنند. سپس اطلاعات مربوط به هر فرد در پرسش‌نامه ثبت و آزمون‌های مورد نظر اجرا

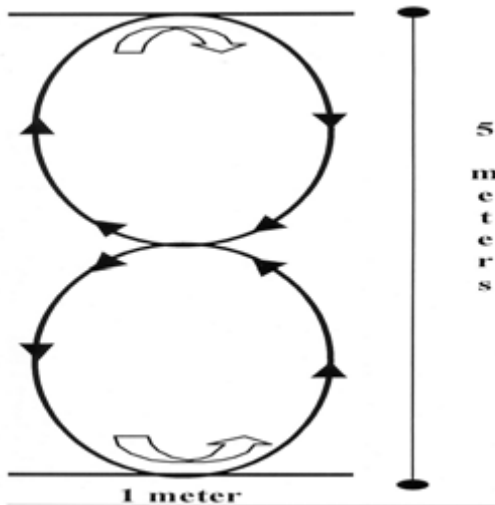


Figure 1. Figure-eight hop test.

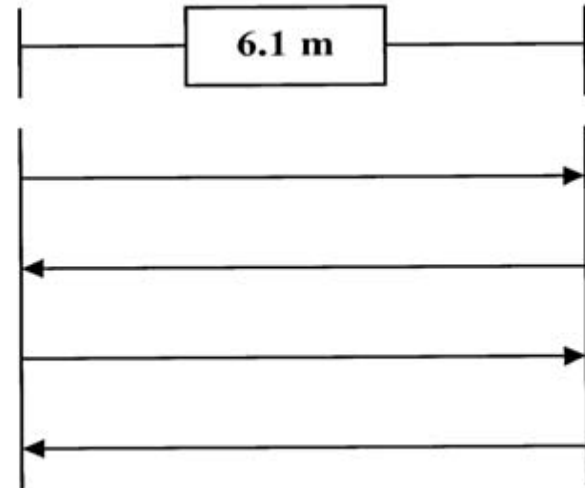


Figure 2. Shuttle run test.

طب توانبخشی

تصویر ۲. آزمون لی به شکل ۸

طب توانبخشی

تصویر ۱. آزمون دوی رفت و برگشت سریع

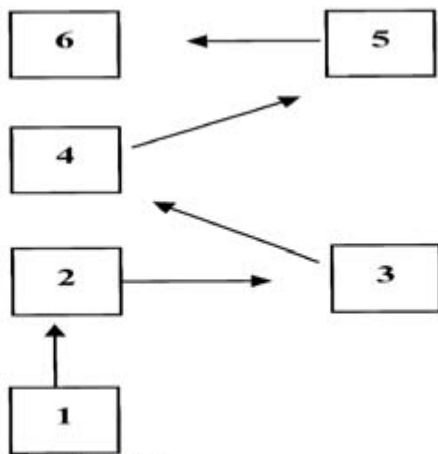


Figure 3. Agility hop test.

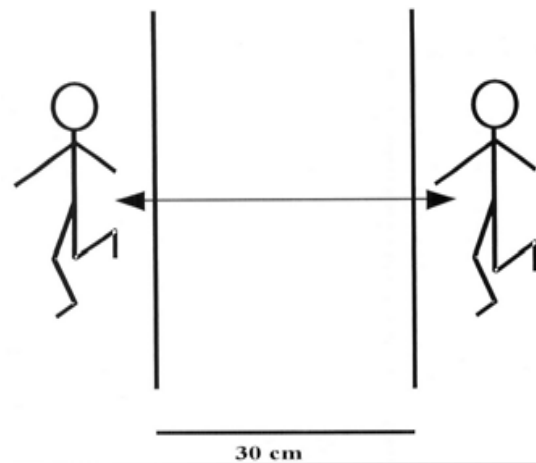


Figure 3. Side-to-side hop test.

طب توانبخشی

تصویر ۴. آزمون پرش چابکانه

طب توانبخشی

تصویر ۳. آزمون پرش از سمتی به سمت دیگر

بدنش بیاورد و مفصل ران پای غالب را کاملاً در حالت اکستنشن قرار دهد و پای دیگر را نزدیک پای غالبش بیاورد. حرکاتی که به عنوان خطا محسوب می‌شود، عبارت بودند از: ۱. ورزشکار نقطه شماره‌داری را بدون پرش رد کند. ورزشکار مدت ۵ ثانیه نتواند بین هر دو پرش تعادل خود را حفظ کند. ۳. ورزشکار دست‌های خود را برای کمک به تعادل حرکت دهد. ۴. ورزشکار پای مقابلش را از پای غالب دور کند. ۵. ورزشکار پای مقابلش را روی زمین قرار دهد. ۶. ورزشکار بیش از حد به طرفین خم شود. این آزمون ۱ بار انجام می‌شود و در پایان تعداد خطاها حساب می‌شود (تصویر شماره ۴) [۷].

زنجیره حرکتی بسته را انجام دادند. بدین صورت که در ابتدای هر جلسه، پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن شامل نرم دویدن و انجام حرکات جنبشی، تمرینات از ساده به مشکل اجرا شدند که در نهایت با ۱۰ دقیقه سرد کردن برنامه تمرینی به اتمام رسید. علاوه بر این، در فرایند اجرا نیز، حجم تمرینات (تکرار و مدت زمان) به صورت تدریجی در طول ۶ هفته برنامه تمرینی و باتوجه به ویژگی‌های فردی هر آزمودنی افزایش یافت. بدین صورت که تمرینات ۳ روز در هفته (۳۰-۳۵ دقیقه) به مدت ۶ هفته اجرا شد (جدول شماره ۱). میزان عملکرد اندام تحتانی پیش از استفاده از تمرینات زنجیره حرکتی بسته، بلافاصله پس از استفاده از تمرینات و ۱ ماه پس از استفاده از آن اندازه‌گیری شد. در فاصله بین این ۱ ماه، شرکت‌کنندگان مجاز بودند تا به فعالیت‌های معمول روزانه خود ادامه دهند. همچنین از آزمودنی‌ها خواسته

بعد از انجام آزمون‌های عملکردی در پیش‌آزمون توسط دو گروه، گروه آزمایش، به مدت ۶ هفته و هر هفته ۳ روز تمرینات

جدول ۱. تمرینات زنجیره حرکتی بسته بر اساس افزایش میزان بار [۱۴]

هفته	تعداد جلسه	لانچ از پهلو	پای اسکات	پل زدن	راه رفتن به عقب	لانچ از جلو	اسکات	پلانک
اول	اول	۳×۶	۳×۶	۲×۷	۳×۱	—	—	—
	دوم	۳×۶	۳×۶	۲×۷	۳×۱	—	—	—
	سوم	۳×۶	۳×۶	۲×۷	۳×۱	—	—	—
دوم	اول	۳×۸	۳×۸	۲×۸	۳×۲	—	—	—
	دوم	۳×۸	۳×۸	۲×۸	۲×۲	—	—	—
	سوم	۳×۸	۳×۸	۲×۸	۲×۲	—	—	—
سوم	اول	۳×۸	۳×۸	۳×۸	۲×۱	۲×۸	۲×۸	—
	دوم	۳×۸	۳×۸	۳×۸	۲×۱	۲×۸	۲×۸	—
	سوم	۳×۸	۳×۸	۳×۸	۲×۱	۲×۸	۲×۸	—
چهارم	اول	۳×۸	۳×۸	۳×۸	۲×۲	۲×۸	۲×۸	—
	دوم	۳×۸	۳×۸	۳×۸	۲×۲	۲×۸	۲×۸	—
	سوم	۳×۸	۳×۸	۳×۸	۲×۲	۲×۸	۲×۸	—
پنجم	اول	۳×۱۰	۳×۱۰	۳×۸	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۰
	دوم	۳×۱۰	۳×۱۰	۳×۸	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۰
	سوم	۳×۱۰	۳×۱۰	۳×۸	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۰
ششم	اول	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲
	دوم	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲
	سوم	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲	۳×۱۲

استراحت بین ست: ۴۵ ثانیه، استراحت پایان ست: ۲ دقیقه

طب توانبخشی

این مطالعه نشان داد در میزان عملکرد اندام تحتانی گروه آزمایش و کنترل تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($P \leq 0/05$) و هر دو گروه در آزمون‌های دوی رفت‌وبرگشت سریع، لی‌لی به شکل ۸، پرش چابکانه عملکرد یکسانی از خود نشان دادند (جدول شماره ۲).

ازطرفی، آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری این مطالعه نشان داد، گروه آزمایش در آزمون‌های دوی رفت‌وبرگشت سریع، آزمون پرش از سمتی به سمت دیگر، آزمون پرش چابکانه و آزمون پرش به شکل ۸ پس از انجام تمرینات زنجیره حرکتی بسته عملکرد بهتری کسب کردند ($P \leq 0/05$) (جدول شماره ۳). همچنین نتایج حاصل از آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد، گروه آزمایش در آزمون‌های ذکرشده، هم بلافاصله بعد از به‌کارگیری تمرینات زنجیره حرکتی بسته و هم در طی ۱ ماه بعد از انجام تمرینات، عملکردشان در آزمون‌های یادشده بهتر شد ($P \leq 0/05$) (جدول شماره ۴).

شد در بین این فاصله از فعالیت‌های سنگین خودداری کنند تا از تأثیر خستگی بر عملکرد آزمودنی‌ها جلوگیری شود. برای توصیف اطلاعات فردی از آمار توصیفی میانگین و انحراف‌معیار استفاده شد و در بخش آمار استنباطی جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها، از آزمون کولموگوروف اسمیرنوف^۹ استفاده شد. همچنین از آزمون تی مستقل^{۱۰} برای مقایسه بین دو گروه استفاده شد. از طرفی، برای بررسی اثر تمرینات زنجیره حرکتی بسته بر عملکرد افراد با بازسازی رباط متقاطع قدامی در سه زمان مختلف، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در سطح معناداری استفاده شد. ($P \leq 0/05$)

یافته‌ها

اطلاعات جمعیت‌شناختی شامل سن، قد، وزن و شاخص توده بدن^{۱۱} در جدول شماره ۲ ارائه شده است. نتایج اولیه

9. Kolmogorov-Smirnov
10. Independent Samples T-Test
11. Body Mass Index (BMI)

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار مشخصات آزمودنی‌های پژوهش

گروه	مشخصات آزمودنی‌ها			میانگین ± انحراف معیار
	وزن (کیلوگرم)	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	
آزمایش	۶۹/۴ ± ۰/۵۷	۲۲/۴ ± ۲/۰۵	۱۷۴/۶ ± ۱/۵۸	۲۱/۵ ± ۲/۲۸
کنترل	۷۰/۶ ± ۳۲/۲۰	۲۲/۸ ± ۱/۵۲	۱۷۸/۴ ± ۱۳/۳۲	۲۲/۶ ± ۱/۴۶

طب توانبخشی

عقیده بر این است که تمرینات زنجیره حرکتی بسته با ایجاد نیروی فشارنده بیشتر باعث تثبیت ثبات پاسچرال و دینامیک می‌شود و هماهنگی مفصل را افزایش می‌دهند [۱۸، ۱۹]؛ بنابراین افزایش قدرت عضلانی و بهبود هماهنگی مفصلی به بهتر شدن فعالیت‌های عملکردی و کاهش ناتوانی از نتایج توانبخشی و انجام تمرینات ورزشی منجر می‌شود [۲۰].

هم‌خوان با نتایج تحقیق حاضر آکار و همکاران در مطالعه‌ای نشان دادند هر دو نوع تمرین زنجیره حرکتی بسته و باز بر دامنه حرکتی فلکشن زانو و بهبود میزان درد اثر مثبت و معنی‌دار داشته است؛ اما میزان اثرگذاری تمرینات زنجیره حرکتی بسته نسبت به زنجیره حرکتی باز بیشتر بوده است [۲۱]. یکی از دلایل احتمالی افزایش عملکرد اندام تحتانی بعد از استفاده از تمرینات زنجیره بسته را می‌توان تغییر یافتن بازخورد مکانورسپتورها دانست که به سازمان‌دهی مجدد سیستم عصبی مرکز و یکپارچگی حسی - حرکتی منجر شده و موجب تغییر در پاسخ حرکتی می‌شود [۲۲]. از طرفی می‌توان به فعال‌سازی گیرنده‌های حس عمقی و آماده‌سازی نورون‌های حرکتی در گروهی از عضلات و مفاصل برای افزایش هماهنگی و یکپارچگی نورون‌های حرکتی، هم‌انقباضی عضلات همکار و افزایش بازدارندگی عضلات مخالف اشاره کرد که در نهایت به افزایش عملکرد در افراد منجر می‌شود. انجام تمرینات ورزشی از نوع زنجیره بسته از طریق سیگنال حرکتی، می‌تواند میزان درک حس حرکتی و حس عمقی را به‌وسیله تسهیل مکرر گیرنده‌های محیطی و مسیرهای آوران افزایش دهد [۲۳].

بحث

هدف از تحقیق حاضر، اثر تمرینات زنجیره حرکتی بسته بر میزان عملکرد اندام تحتانی در ورزشکاران فوتبالیست پس از بازسازی رباط متقاطع قدامی می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان داد تمرینات زنجیره حرکتی بسته بلافاصله و ۱ ماه پس از اعمال، به بهبود عملکرد در آزمون‌های دوی رفت و برگشت سریع، آزمون پرش از سمتی به سمت دیگر، آزمون پرش چابکانه و آزمون پرش به شکل ۸ منجر می‌شود. این نتایج در راستای تحقیقات ندیمی منفرد در زمینه تأثیر تمرینات پیلاتس بر دقت حس وضعیت مفصل زانو در زنجیره جنبشی باز و بسته [۱۵]، یلفانی و همکاران در زمینه ارائه برنامه تمرینات تقویتی و تمرینات عصبی عضلانی بر نتایج عملکردی بالاتر و بازبایی سریع‌تر قدرت اکستنسور زانو [۱۶] و نیز سلواراج و همکاران در زمینه اثربخشی تمرینات زنجیره حرکتی بسته بر افزایش قدرت عضلات چهارسررانی و پلاتنار فلكسور مچ پا [۱۷] می‌باشد.

عوامل متعددی از جمله استئوآرتروز و صدمات مفصلی و لیگامانی باعث اختلال در حس عمقی مفصل زانو، کاهش قدرت عضلات اطراف زانو و در نهایت کاهش عملکرد عضلانی می‌شوند. در نتیجه، تداوم این اختلال به آسیب مجدد و بروز صدمات مزمن مفصلی منجر می‌گردد. تمرینات متعددی برای بهبود عملکرد اندام تحتانی در افراد پیشنهاده شده است از جمله تمرینات تعادلی و تمرینات زنجیره حرکتی بسته. اگرچه کارایی هیچ‌کدام از تمرینات فوق به‌طور تجربی بررسی نشده است، اما به‌طور نظری

جدول ۳. نتایج مشاهده‌شده از آزمون تی مستقل بین دو گروه

متغیر	گروه	میانگین ± انحراف معیار		t	درجه آزادی	معنی‌داری
		آزمایش	کنترل			
آزمون‌های دوی سریع و برگشت سریع	۶/۹۸ ± ۰/۵۸۹	۷/۰۱ ± ۰/۲۳۹	-۰/۲۹۸	۲۸	۰/۷۴	
آزمون پرش به شکل ۸	۹/۱۲ ± ۰/۵۲۵	۹/۵۱ ± ۰/۵۸۴	-۰/۴۱۲	۲۸	۰/۸۶	
آزمون پرش از سمتی به سمت دیگر	۶/۴۱ ± ۰/۴۸۰	۶/۲۵ ± ۱/۲۲۳	-۰/۳۱۶	۲۸	۰/۶۸	
آزمون پرش چابکانه	۷/۷۶ ± ۰/۴۲۱	۷/۷۰ ± ۰/۷۷۵	-۰/۵۱۱	۲۸	۰/۱۲	

طب توانبخشی

جدول ۴. نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری در رابطه با اثر تمرینات بر آزمون‌های تحقیق

آزمون	آزمون کرویت			مقایسه درون گروهی			آزمون تعقیبی بونفرونی		
	W ماخلی	df	sig	df	F	sig	مقایسه در بین	اختلاف میانگین	sig
آزمون دوی رفت‌وبرگشت سریع	۰/۴۱۸	۲	۰/۰۴	۳	۹/۹۴	۰/۰۰	۱ با ۲	۳/۰۳۲	۰/۰۲
							۱ با ۳	۲/۶۵۲	۰/۰۴
							۲ با ۳	۳/۳۶	۰/۰۱
آزمون لی چاپکانه	۰/۵۱۴	۲	۰/۰۲	۲	۷/۳۲	۰/۰۰	۱ با ۲	۲/۶۵	۰/۰۰
							۱ با ۳	۳/۵۸	۰/۰۵
							۲ با ۳	۲/۵۸	۰/۰۴
آزمون لی از سمتی به سمت دیگر	۰/۳۱۵	۲	۰/۰۸	۲	۵/۶۳	۰/۰۰	۱ با ۲	۶/۵۲	۰/۰۲
							۱ با ۳	۲/۵۵	۰/۰۳
							۲ با ۳	-۳/۵۲	۰/۰۲
آزمون لی لی به شکل ۸	۰/۴۱۲	۲	۰/۰۹	۲	۷/۸۵	۰/۰۰	۱ با ۲	۵/۸۲	۰/۰۴
							۱ با ۳	۱/۶۳	۰/۰۳
							۲ با ۳	۴/۵۳	۰/۰۲

طب توانبخشی

حس عمقی و افزایش عملکرد مفید باشند؛ از طرفی، فعالیت‌های عصبی-عضلانی با استفاده از حرکات چندمفصلی و چندوجهی فیدبک گیرنده‌های ارسالی از اجسام پاستینی، پایانه‌های رافینی و اجسام گلژی ۸ مازونی، ارگان‌های تاندونی گلژی را هماهنگ می‌سازد. توازن و عملکرد همراه با زنجیره حرکتی بسته می‌باشد [۲۱]. به عبارت دیگر، بهبود عملکرد اندام تحتانی احتمالاً بر اثر افزایش قدرت و استقامت عضلانی در ناحیه دیستال و پروگزیمال اندام تحتانی و همچنین افزایش قدرت عضلات اطراف مفاصل زانو و مچ پا و افزایش حس عمقی مفاصل و ورودی‌های حسی مربوط به تعادل و میزان عملکرد بوده است [۲۵].

از طرفی نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های دانیل و همکاران مبنی بر عدم تأثیر تمرینات زنجیره حرکتی بسته بر تعادل زنان سالم [۲۶] ناهم‌خوان می‌باشد. شاید بتوان دلایل احتمالی مغایرت نتایج را به جامعه آماری متفاوت (مرد و ورزشکار با پارگی رباط متقاطع قدامی در برابر زنان سالم مبتدی) و نیز استفاده از پروتکل تمرینی متفاوت نسبت داد.

تمرینات زنجیره حرکتی بسته این توانایی را دارد که از طریق وارد کردن فشار مناسب به مفصل به تحریک حداکثری گیرنده‌های مفصلی منجر گردد و در طول دامنه حرکتی موجود، حس حرکتی و حس عمقی را افزایش دهد و از این طریق درک غیرهوشیارانه از مفصل را در پی داشته باشد. علاوه بر این، احتمال دارد تمرینات پلای اسکوات (اسکوات با دمبل)، لانچ از جلو و اسکوات موجب انقباض هم‌زمان عضلات اطراف مفاصل شود که خود در کنترل ثبات مفصل و حفظ پاسچر صاف حائز اهمیت می‌باشد. همان‌گونه که مشخص شده است تمرین زنجیره حرکتی بسته توانایی درگیر کردن هم‌زمان مفاصل و گروه‌های عضلانی متعدد را دارا می‌باشد و موجب کاهش نیروهای برشی و افزایش ثبات مفصل می‌شود. برای کنترل عصبی-عضلانی بخش‌های مختلف بدن و افزایش عملکرد در داخل زنجیره حرکتی وجود حس عمقی ضرورت دارد [۲۱]. از این رو در اندام تحتانی تحمل‌کننده وزن مورد نیاز است تا مفاصل و عضلات بتوانند به‌طور هم‌زمان و سینرژیک با یکدیگر کار کنند [۲۴]؛ بنابراین تمرینات عصبی-عضلانی با به‌کارگیری عضلات مچ پا، زانو و ران فشارها و نیروها را بر تمام مفاصل داخل زنجیره اعمال می‌کند و به نظر می‌رسد برای کارایی

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج حاصله از مطالعه حاضر، برنامه تمرینی زنجیره حرکتی بسته باعث بهبود عملکرد اندام تحتانی در افراد با پارگی رباط متقاطع قدامی می‌شود. بنابراین، استفاده از این تمرینات برای بهبود عملکرد اندام تحتانی در افراد مبتلابه پارگی رباط متقاطع قدامی توصیه می‌شود.

از محدودیت‌های مطالعه حاضر، پایین بودن حجم نمونه، بیماران با شدت درد بالا، عدم وجود جنس مؤنث در هریک از گروه‌ها و عدم کنترل بر شرایط روانی شرکت‌کنندگان بود که هریک می‌تواند نتایج را تحت تأثیر قرار دهد. از این رو پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی این موارد مورد توجه محققان قرار بگیرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

براساس ملاحظات و اصول اخلاقی از تمامی شرکت‌کنندگان در پژوهش رضایت‌نامه کتبی کسب شد و به آنان اطمینان داده شد که با رعایت اصول رازداری و محرمانگی نتایج حاصل از پژوهش به صورت کلی انتشار یافته و امکان انصراف در هر مرحله از مراحل پژوهش برای آنان وجود دارد.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمانی‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

محقق از تمام شرکت‌کنندگان در این پژوهش به دلیل همکاری با گروه تحقیق که اجرای پژوهش حاضر را امکان‌پذیر کردند، همچنین از دانشگاه اهواز به سبب در اختیار قرار دادن شرایط آزمایشگاهی و تمرینی برای انجام این پژوهش و متخصصین آزمایشگاه که در ارزیابی بیماران ما را یاری کردند، قدردانی و سپاسگزاری می‌کنند.

References

- [1] Nagai T, Schilaty ND, Strauss JD, Crowley EM, Hewett TE. "Analysis of lower extremity proprioception for anterior cruciate ligament injury prevention: Current opinion." *Sports Medicine*. 2018; 48(6):1303-9. [DOI:10.1007/s40279-018-0889-1] [PMID]
- [2] Georgoulis AD, Ristanis S, Moraiti CO, Paschos N, Zampeli F, Xergia S, et al. ACL injury and reconstruction: Clinical related in vivo biomechanics. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*. 2010; 96(8):S339-48. [DOI:10.1016/j.rcot.2010.09.015]
- [3] Park JH, Jeong WK, Lee JH, Cho JJ, Lee DH. Postural stability in patients with anterior cruciate ligament tears with and without medial meniscus tears. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2015; 23(1):240-5. [DOI:10.1007/s00167-013-2675-9] [PMID]
- [4] Salmani N, Badami R, Ghasemi B. [The effect of movement chain exercises on balance and fear of falling of older women (Persian)]. Paper presented at: The First National Conference on Sports Science Developments in The Field of Health and Prevention. 12 May 2016; Qazvin, Iran. [Link]
- [5] Kisner C, Colby LA. *Therapeutic exercise: Foundations and techniques*. Philadelphia: FA. Davis Co, 2002. [Link]
- [6] Narsia R, Parmar N. Effect of closed kinetic chain exercises on dynamic balance, muscle power and risk of fall in geriatric population. *International Journal of Health Sciences and Research*. 2020; 10(7):218-24. [Link]
- [7] Ortiz A, Olson SL, Roddey TS, Morales J. Reliability of selected physical performance tests in young adult women. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005; 19(1):39-44. [PMID]
- [8] Kruse LM, Gray B, Wright RW. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*. 2012; 94(19):1737-48. [DOI:10.2106/JBJS.K.01246] [PMID]
- [9] Moksnes H, Snyder-Mackler L, Risberg MA. Individuals with an anterior cruciate ligament-deficient knee classified as noncopers may be candidates for nonsurgical rehabilitation. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2008; 38(10):586-95. [DOI:10.2519/jospt.2008.2750] [PMID]
- [10] White K, Di Stasi SL, Smith AH, Snyder-Mackler L. Anterior cruciate ligament-specialized post-operative return-to-sports (ACL-SPORTS) training: A randomized control trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2013; 14:108. [DOI:10.1186/1471-2474-14-108] [PMID]
- [11] Gorman PP, Butler RJ, Plisky PJ, Kiesel KB. Upper Quarter Y Balance Test: Reliability and performance comparison between genders in active adults. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012; 26(11):3043-8. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3182472fdb] [PMID]
- [12] Rosenthal MD, Rainey CE, Tognoni A, Worms R. Evaluation and management of posterior cruciate ligament injuries. *Physical Therapy in Sport*. 2012; 13(4):196-208. [DOI:10.1016/j.pts.2012.03.016] [PMID]
- [13] Relph N, Herrington L, Tyson S. The effects of ACL injury on knee proprioception: A meta-analysis. *Physiotherapy*. 2014; 100(3):187-95. [DOI:10.1016/j.physio.2013.11.002] [PMID]
- [14] Ferrell WR, Tennant N, Sturrock RD, Ashton L, Creed G, Brydson G, et al. Amelioration of symptoms by enhancement of proprioception in patients with joint hypermobility syndrome. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology*. 2004; 50(10):3323-8. [DOI:10.1002/art.20582] [PMID]
- [15] Nadimi Mofrad M. [The effect of Pilates exercises on the accuracy of the knee joint in the open and closed movement chain(Persian)]. Paper presented at: The First National Conference on Sports Science and Physical Education in Iran, Electronically, The Association for the Development and Promotion of Basic Sciences and Technologies. 18 October 2015; Tehran, Iran. [Link]
- [16] Yalfani A, Ebrahimi Atri A, Taghizadeh Kermani M. [The effectiveness of preoperative exercises on the outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review (Persian)]. *Journal of Sport Biomechanics*. 2019; 5(3):188-99. [Link]
- [17] Selvaraj L, Fathima NN, Rubella H. Efficacy of proprioceptive neuromuscular facilitation and closed kinetic chain exercises on quadriceps and plantar flexors among geriatrics. *Indian Journal of Public Health Research & Development*. 2019; 10(12):1798. [DOI:10.37506/v10/i12/2019/ijphrd/192126]
- [18] de Oliveira VM, Pitangui AC, Nascimento VY, da Silva HA, Dos Passos MH, de Araújo RC. "Test-retest reliability of the closed kinetic chain upper extremity stability test (CKCUEST) in adolescents. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2017; 12(1):125-32. [PMID]
- [19] Perriman A, Leahy E, Semciw AI. "The effect of open-versus closed-kinetic-chain exercises on anterior tibial laxity, strength, and function following anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis." *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2018; 48(7):552-66. [DOI:10.2519/jospt.2018.7656] [PMID]
- [20] De Mey K, Danneels L, Cagnie B, Borms D, T'Jonck Z, Van Damme E, et al. Shoulder muscle activation levels during four closed kinetic chain exercises with and without Redcord slings. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014; 28(6):1626-35. [DOI:10.1519/JSC.000000000000292] [PMID]
- [21] Cho SH, Bae CH, Gak HB. Effects of closed kinetic chain exercises on proprioception and functional scores of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013; 25(10):1239-41. [DOI:10.1589/jpts.25.1239] [PMID]
- [22] Uçar M, Koca I, Eroglu M, Eroglu S, Sarp U, Arik HO, et al. Evaluation of open and closed kinetic chain exercises in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Physical Therapy Science*. 2014; 26(12):1875-8. [DOI:10.1589/jpts.26.1875] [PMID]
- [23] Risberg MA, Mørk M, Jenssen HK, Holm I. Design and implementation of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2001; 31(11):620-31. [DOI:10.2519/jospt.2001.31.11.620] [PMID]

- [24] Kulpa TA. The effects of activity related fatigue on dynamic postural control as measured by the Star Excursion Balance Test [MA thesis]. Virginia: West Virginia University; 2006. [\[Link\]](#)
- [25] Pánics G, Tállay A, Pavlik A, Berkes I. Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. *British Journal of Sports Medicine*. 2008; 42(6):472-6. [\[DOI:10.1136/bjism.2008.046516\]](#) [\[PMID\]](#)
- [26] Roberts D, Ageberg E, Andersson G, Friden T. Effects of short-term cycling on knee joint proprioception in healthy young persons. *The American Journal of Sports Medicine*. 2003; 31(6):990-4. [\[DOI:10.1177/03635465030310064001\]](#) [\[PMID\]](#)

This Page Intentionally Left Blank