Kharazmi University

Research in Sport Medicine and Technology

Print ISSN: 2252 - 0708 Online ISSN: 2588 - 3925

Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]

[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]

[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

# Comparison Of The Effect Of 8-Week Of Neuromuscular Exercises With And Without Cognitive-Dual Tasks On Proprioception And Balance Of Athletes With Anterior Cruciate Ligament Deficiency

Masoud Barzegar[1*] | Malihe Hadadnezhad[2] | Sadredin Shojaedin[3] Amir Letafatkar[4] | Rose Fouladi[5]

1. PhD candidate, Department of Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Department of Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, Kharazmi University.
3. Associate Professor, Department of Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, Kharazmi University.
4. Associate Professor, Department of Biomechanics and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, Kharazmi University.
5. Assistance Professor, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Sport Sciences, Mazandaran University, Mazandaran, Iran.

corresponding author: Masoud Barzegar; msdbarzegar@gmail.com

**ARTICLE INFO**

**Article type:**
Research Article

**Article history**:
Received: 14 June 2023
Revised: 19 December 2023
Accepted: 19 December 2023

**Keywords:**
Soccer, Anterior Cruciate Ligament Deficiency, Neuromuscular Training, Dual Tasks.

**How to Cite:**
**Barzegar, M. Hadadnezhad, M. Shojaedin, S. Letafatkar,A., Fouladi,R.** Comparison Of The Effect Of 8-Week Of Neuromuscular Exercises With And Without Cognitive-Dual Tasks On Proprioception And Balance Of Athletes With Anterior Cruciate Ligament Deficiency. **Research In Sport Medicine and *Technology*, 2023: 13(26): 141-158.**

The aim of this research was effect of eight weeks of neuromuscular training (NMT) with and without cognitive-dual tasks (DTs) on proprioception and balance of athletes with ACL deficiency (ACL-D). 39 soccer players with ACL-D were selected purposefully and randomly divided into three groups of 13 (control group, neuromuscular training group and neuromuscular training with dual tasks group). Two training groups performed the exercises for eight weeks and three sessions per week. cognitive-motor dual tasks were performed in one of the groups along with neuromuscular exercises in the form of counting down numbers, memorizing numbers, calculating unexpected equations, specialized football skill movements. The results of the current study indicated that there was no significant difference in knee joint proprioception in the open and closed kinetic chain after applying the intervention between the three groups, but there was a significant difference in lower extremity performance of the athletes based on the Y balance test in the anterior and posterior-lateral direction between the three groups ($p<0.05$). It seems that providing neuromuscular exercises along with cognitive-dual tasks can probably be considered as a useful approach to improve lower extremity performance based on the Y balance test in athletes with anterior cruciate ligament deficiency.

*Published by Kharazmi University, Tehran, Iran. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under e*: CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

پژوهش در طب ورزشی و فناوری
شاپا چاپی: ۰۷۰۸-۲۲۵۲ شاپا الکترونیکی: ۳۹۲۵-۲۵۸۸
Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

# مقایسه تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی عضلانی با و بدون تکالیف دوگانه شناختی بر حس عمقی و تعادل ورزشکاران مبتلا به نقص لیگامان صلیبی قدامی

مسعود برزگر[۱*] | ملیحه حدادنژاد[۲] | صدرالدین شجاع‌الدین[۲] | امیر لطافتکار[۲] | رز فولادی[۳]

۱. دانشجوی دکتری، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲. دانشیار، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، مازندران، ایران

نویسنده مسئول: مسعود برزگر msdbarzegar@gmail.com

**اطلاعات مقاله:**

**نوع مقاله: مقاله پژوهشی**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۲۴
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۹/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۲۸

**واژه‌های کلیدی:**
فوتبال، نقص لیگامان صلیبی قدامی، تمرینات عصبی عضلانی، تکالیف دوگانه

**ارجاع:**
مسعود برزگر، ملیحه حدادنژاد، صدرالدین شجاع‌الدین، امیر لطافتکار، رز فولادی. **مقایسه تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی عضلانی با و بدون تکالیف دوگانه شناختی بر حس عمقی و تعادل ورزشکاران مبتلا به نقص لیگامان صلیبی قدامی**. پژوهش در طب ورزشی و فناوری. ۱۴۰۲: ۱۳(۲۶):۱۵۸-۱۴۱

## چکیده

هدف از انجام این پژوهش مقایسه تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی عضلانی با و بدون تکالیف دوگانه شناختی بر حس عمقی و تعادل ورزشکاران مبتلا به نقص لیگامان صلیبی قدامی بود. در مطالعه نیمه تجربی حاضر، ۳۹ فوتبالیست به صورت هدفمند انتخاب و به صورت تصادفی به سه گروه ۱۳ نفره (گروه کنترل، گروه تمرینات عصبی عضلانی و گروه تمرینات عصبی عضلانی با تکالیف دوگانه) تقسیم شدند. دو گروه تمرینی، تمرینات را به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه انجام دادند. برای اندازه‌گیری حس عمقی به روش فوتوگرامتریک و برای سنجش تعادل از آزمون Y استفاده شد. نتایج مطالعه حاضر حاکی از عدم تفاوت معناداری در حس عمقی مفصل زانو در زنجیره حرکتی باز ($p<۰/۰۳۶$) و بسته ($p<۰/۰۰۳$) بعد از ارائه مداخله بین سه گروه بود، اما عملکرد اندام تحتانی ورزشکاران بر اساس آزمون تعادلی Y در جهت قدامی (جلویی) و خلفی خارجی بعد از ارائه مداخله بین سه گروه معنادار بود ($p\leq0.05$). ارائه تمرینات عصبی عضلانی به همراه تکایف دوگانه احتمالاً می‌تواند به عنوان یک رویکرد مفید جهت بهبود عملکرد اندام تحتانی بر اساس آزمون تعادلی Y در ورزشکاران مبتلا به نقص لیگامان صلیبی قدامی در نظر گرفته شود.

## مقدمه

فوتبال یک ورزش پر برخورد و با تقاضای عملکردی بسیار بالا است. وقوع آسیب در فوتبال بسیار شایع است (1,2). آسیب‌دیدگی لیگامان صلیبی قدامی[1] (ACL) یک مسئله مرتبط با سلامت جدی و نگران‌کننده در بین ورزشکاران فوتبالیست است و ممکن است باعث دور ماندن طولانی مدت آنان از بازی و تیم شود (1,2). ACL تثبیت‌کننده اصلی مفصل زانو است، به طوری که جابجایی‌های قدامی و چرخش داخلی استخوان تیبیا نسبت به کوندیل‌های استخوان فمور را محدود می‌کند و نقص کارایی آن منجر به بی‌ثباتی قدامی و چرخشی در مفصل می‌شود. متداول‌ترین حالت آسیب ACL مکانیزم غیر برخوردی به هنگام حرکات چرخشی، برشی و پرشی با زانوی در وضعیت اکستنشن کامل تا کمی فلکشن و در حالت والگوس است (3,4). با وجود ارتقاء آگاهی و دانش در مورد آسیب‌های ACL و پیشگیری از آن‌ها، میزان آسیب‌دیدگی در ورزش فوتبال کاهش نیافته است (1). هر گروه ۲۵ نفره ممکن است هر ۲ سال یک آسیب ACL را انتظار داشته باشد. حتی اگر ۹۵-۱۰۰ درصد فوتبالیست‌های حرفه‌ای به بازی بازگردند، با این حال خطر آسیب‌های بعدی مفصل زانو، شروع زودهنگام استئوارتریت و کاهش مدت زمان حرفه ورزشی نگرانی‌های جدی برای ورزشکاران هستند (1). لذا شناخت و درک موقعیت‌ها و مکانیسم‌هایی که ممکن است منجر به آسیب ACL شوند نیز برای طراحی مؤثر یک برنامه تمرینی با هدف کاهش بروز آسیب بسیار مهم است. نقایص عصبی عضلانی و بیومکانیکی مستقیماً در علت عوارض پس از آسیب و بازسازی ACL نقش دارند (5,6). الگوهای عصبی عضلانی و بیومکانیکی نامناسب از عوامل خطرساز قابل اصلاح در آسیب‌های ACL هستند. مطالعاتی که مکانیسم‌های آسیب ACL را از طریق تجزیه و تحلیل ویدئویی بررسی کرده‌اند، نشان داده‌اند که بیشتر پارگی‌های ACL در شرایط تک پا با مفاصل ران و زانوی قرار گرفته در حالت اکستنشن رخ می‌دهند و معمولاً جابجایی جانبی تنه و والگوس مفصل زانو وجود دارد (5). این ترکیب فرود بر روی یک پا و نقایص بیومکانیکی نواحی پروگزیمال مفصل زانو و ناحیه تنه خطرساز است و ممکن است منجر به آسیب ACL شود. تمرینات عصبی عضلانی چندوجهی و برنامه‌های پیشگیری از آسیب که سیستم عصبی عضلانی را هدف قرار می‌دهند می‌توانند به‌طور مؤثری نقص حرکتی در ورزشکاران را اصلاح کنند (8-5). در همین راستا گزارش‌شده است که تمرینات کنترل عصبی عضلانی مبتنی بر حس عمقی در کاهش اختلالات قدرت افراد مبتلا به آسیب‌دیدگی ACL مؤثر است (9). همچنین یافته‌های مطالعه مروری سیستماتیک و متاآنالیز نشان می‌دهد که نقص حس عمقی پس از درمان جراحی ACL وجود دارد (10).

فرایند بازگشت به ورزش[2] (RTS) از جمله موضوعات مهمی است که در رابطه با درمان و توان‌بخشی ACL مورد بحث قرار گرفته است (11). توان‌بخشی و همچنین فرایند RTS بلافاصله پس از آسیب ACL آغاز می‌شود و توان‌بخشی با کیفیت بالا یک عنصر مهم و ضروری در درمان آسیب ACL هم به صورت غیر جراحی و هم به صورت جراحی است. هیچ توافق نظری در رابطه با آمادگی بیماران برای فرایند موفقیت‌آمیز RTS وجود ندارد. علاوه بر این، در میان

1. Anterior Cruciate Ligament
2. Return to Sport



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

معیارهای استفاده‌شده برای تصمیم‌گیری RTS تنوعات گسترده‌ای وجود دارد (11). اگرچه تصمیم‌گیری مبتنی بر زمان غالباً مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما زمان مناسب برای RTS- خصوصاً با توجه به متغیر بودن ریکاوری بیمار و ترمیم بیولوژیکی پیوند در موارد انجام جراحی- نامشخص است (3,11). برنامه‌های RTS هدفمند و مبتنی بر معیار (نه مبتنی بر زمان) به‌طور فزاینده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما هنوز انسجام و یکپارچگی در این پروتکل‌های آزمایشی وجود ندارد (12).

الگوهای تکالیف دوگانه (DTs) انجام هم‌زمان دو کار/تکلیف هستند که می‌توانند به‌طور مستقل انجام شوند، به‌طور جداگانه اندازه‌گیری شوند و نیز اهداف مشخص و متمایزی را دنبال کنند (13). یک نوع از تکالیف دوگانه ارزیابی عملکرد حرکتی و شناختی است که در مورد ورزشکاران آسیب‌دیده مانند افراد مبتلا به آسیب‌های ضربه مغزی، لیگامان صلیبی قدامی و بی‌ثباتی عملکرد مچ پا اعمال‌شده است. باوجوداینکه عملکرد حرکتی به عنوان بخشی از روند تصمیم‌گیری برای بازگشت به بازی پس از آسیب‌های اندام تحتانی ارزیابی می‌شود، اما ارزیابی‌های شناختی در شرایط بالینی کمتر رایج بوده‌اند (13). از لحاظ تاریخی، تکالیف شناختی اعمال‌شده بر روی افراد با آسیب یا بازسازی ACL به صورت الگوهایی تکلیف دوگانه محاسبات مختلف، حافظه فعال (AWM) یا تکالیف شنیداری بوده‌اند، درحالی‌که سایر ورزشکاران تحت آزمون‌های تکالیف دیداری- فضایی قرارگرفته‌اند. درحالی‌که ارتباط چنین تکالیف شناختی با مشارکت‌های ورزشی ممکن است سؤال‌برانگیز باشد، اما برخی مطالعات نشان داده‌اند که ورزشکاران فوتبال مبتلا به آسیب ACL برای حفظ عملکرد حرکتی خود در شرایط تکلیف دوگانه شناختی حرکتی، عملکرد تکلیف شناختی خود را فدا می‌کنند (13,14)؛ بنابراین، ممکن است تفسیر چگونگی تأثیر عملکرد تکالیف شناختی در الگوهای تکالیف دوگانه شناختی حرکتی با احتیاط انجام شود. با توجه به عدم هم سو بودن نتایج مطالعات اخیر در خصوص قربانی شدن ظرفیت شناختی برای حفظ عملکرد حرکتی و به ویژه تأثیرگذاری یا عدم تأثیرگذاری تکالیف شناختی بر روی فاکتورهای بازگشت به ورزش (مانند حس عمقی و تعادل) ورزشکاران مبتلا به پارگی ACL، لذا طراحی برنامه پیشگیری و توان‌بخشی برای آسیب‌های ACL و درک تأثیرات مداخلات شناختی حرکتی ممکن است اثرات قابل‌توجهی در کمک به بازگشت به ورزش در افراد مبتلا به آسیب ACL داشته باشد؛ بنابراین به نظر می‌رسد، بررسی اثر هشت هفته تمرینات عصبی عضلانی با تکالیف دوگانه شناختی بر پارامترهای مرتبط با عملکرد ورزشکار از جمله تعادل و حس عمقی می‌تواند اطلاعات مناسبی را در اختیار مربیان و درمانگران جهت طراحی و تجویز تمرینات با رویکرد افزایش عملکرد، پیشگیری از آسیب و تکنیک‌های توان‌بخشی قرار دهد. در نهایت هدف از پژوهش حاضر مقایسه تأثیر هشت هفته تمرینات عصبی عضلانی با و بدون تکالیف دوگانه شناختی بر حس عمقی و تعادل وضعیتی ورزشکاران مبتلا به نقص لیگامان صلیبی قدامی بود.



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

## موارد و روش‌ها:

### طرح پژوهشی، جامعه و نمونه آماری

با استفاده از نرم‌افزار G.power (G*Power, Franz Faul University of Kiel, Germany) و با فرض Effect size=0.7، α=0.05 و β=0/85-1، ۳۵ نفر موردنیاز بود که با احتساب ۱۰ درصد ریزش آزمودنی ۳۹ مرد فوتبالیست (۱۸ تا ۳۵ سال) با سابقه آسیب و پارگی لیگامان صلیبی قدامی با توجه به معیارهای خروج و ورود برای پژوهش حاضر در نظر گرفته شدند که به صورت تصادفی به سه گروه (گروه کنترل، گروه تمرینات عصبی عضلانی و گروه تمرینات عصبی عضلانی با تکالیف دوگانه) تقسیم شدند. قبل از اجرای آزمون فرم رضایت‌نامه آگاهانه مورد تأیید دانشگاه توسط شرکت‌کنندگان تکمیل شد. همچنین این مطالعه دارای کد اخلاق به شماره ... و کد کارآزمایی بالینی به شماره... است.

معیارهای ورود به تحقیق شامل: BMI نرمال بین ۱۸ تا ۲٤، افراد با سابقه پارگی درجه ۲ لیگامان صلیبی قدامی طی یک سال گذشته، ورزشکاران فوتبالیست در سطح نیمه‌حرفه‌ای و آماتور، قدرت ایزوکینتیکی حدود ۸۵ درصد زانوی آسیب‌دیده نسبت به زانوی سالم و همچنین افراد شرکت‌کننده در تحقیق حاضر در ٦ ماه گذشته در برنامه‌های توان‌بخشی اندام تحتانی شرکت نکرده باشند (15). معیارهای خروج از تحقیق شامل: سابقه آسیب‌های پیچیده و چند لیگامانی مفصل زانو، سابقه انجام عمل جراحی مفصل زانو، وجود هرگونه ناهنجاری‌های اندام تحتانی و ستون فقرات، احساس درد در مفصل زانو، احساس بی‌ثباتی و شلی قابل‌توجه در مفصل زانو، مشکلات حسی و عصبی و عدم مشارکت مرتب در جلسات تمرینی بود (15).

به‌طورکلی در هر سه گروه (گروه کنترل، گروه تمرینات عصبی عضلانی و گروه تمرینات عصبی عضلانی با تکالیف دوگانه)، آزمون تعادلی Y (تعادل دینامیک) و آزمون حس عمقی (زنجیره حرکتی باز و بسته) قبل و بعد از هشت هفته ارائه پروتکل تمرینی مربوطه انجام شد. قبل از اجرای پروتکل‌های تمرینی، جهت گرم کردن از شرکت‌کنندگان خواسته شد به مدت ۵ دقیقه: نرم بدوند و حرکات کششی ملایم را انجام دهند. قابل‌ذکر است که آزمون‌ها و تمرینات تحقیق حاضر در آکادمی تندرستی و توان‌بخشی ایثار و کلینیک فیزیوتراپی هیئت پزشکی ورزشی استان مازندران انجام شدند.

### پروتکل تمرینی

در رابطه با ارائه پروتکل تمرینات عصبی عضلانی: ورزشکاران تحت یک برنامه تمرینی توان‌بخشی عصبی عضلانی (NMT) ۸ هفته‌ای (۲٤ جلسه) که برای بهبود هماهنگی عصبی عضلانی زانو و پروگزیمال زانو (12,16)، کنترل تنه (17)، ثبات مرکزی، فعال‌سازی عضلات زنجیره خلفی (عضلات گلوتئال و همسترینگ‌ها)، تکنیک فرود نرم و کنترل شده، تعادل (5,6)، قدرت (18)، توان، چابکی و تکنیک‌های ورزشی تخصصی (19,20) طراحی‌شده است قرار گرفتند. به‌طور خلاصه، این برنامه شامل ۷ مرحله پیشروی تمرینی است که هر پیشروی تمرینی دارای ٤ سطح افزایش دشواری



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

بود (5). پیشرفت به مرحله بعدی تمرینات بر اساس عملکرد فردی، نه تعداد جلسه تمرینی، تعیین شد. به‌طور خاص، توانایی یک ورزشکار برای پیشرفت به سطح بعدی دشواری تمرینی توسط مربی آموزش‌دیده یا متخصص تعیین شد (5). به دلیل این معیارهای پیشروی مبتنی بر عملکرد، همه ورزشکاران در جلسه تمرینی ۲۴ سطح عملکرد یکسانی را برای هر پیشرفت تمرینی کسب نکردند. هر جلسه تمرینی با پنج دقیقه گرم کردن شروع و با پنج دقیقه سرد کردن به پایان رسید. اصل اضافه‌بار برای تمرینات با افزایش تعداد تکرارها، ست‌ها و مدت زمان اعمال شد. ارائه مداخله تمرینی با تکالیف دوگانه: تکالیف دوگانه (DTs) در این تحقیق به صورت تکالیف شناختی و حرکتی بود. در تکالیف شناختی از محاسبات و عملیات ذهنی ریاضی (شمارش یا حافظه عددی معکوس، حافظه به خاطر سپاری اعداد و تفریق اعداد) به هنگام تمرینات عصبی عضلانی به عنوان تکلیف دوم استفاده شد. تکالیف حرکتی دوم که به همراه تمرینات عصبی عضلانی انجام شد به صورت حمل توپ، دریافت توپ در جهات نامشخص توسط بازیکن، ضربه زدن با سر به توپ و سایر این موارد بود (25–21).

### ابزارهای و روش‌های اندازه‌گیری

همچنین به منظور ارزیابی تعادل پویا آزمون تعادلی ستاره تعدیل‌شده که از آن به عنوان آزمون تعادل دینامیک وای ( Y Balance) نیز نام برده می‌شود، استفاده شد (26). ضریب پایایی درون آزمون‌گر و بین آزمون‌گر برای جهات مختلف به ترتیب بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۱ و ۰/۹۹ تا ۱/۰۰ و ضریب پایایی درون آزمون‌گر و بین آزمون‌گر برای نمره کل به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۹۹ گزارش‌شده است (27). در این آزمون سه جهت (قدامی، خلفی- داخلی و خلفی- خارجی) به صورت Y و با زوایای ۱۳۵، ۱۳۵ و ۹۰ درجه نسبت به هم قرار می‌گیرند. برای اجرای آزمون، آزمودنی در مرکز محل آزمون می‌ایستد (سه متر نواری چسبانده شده بر روی زمین، به‌گونه‌ای که علامت صفر مترها در مرکز واقع می‌شود و جهت یکی از آن‌ها به سمت قدامی است و دو متر دیگر با متر جهت قدامی زاویه ۱۳۵ درجه داشتند)، درحالی‌که با پای دیگر خود تلاش می‌کند تا بیش‌ترین حد ممکن در سه جهات آزمون رسش داشته باشد، تعادل خود را حفظ کنند. در زمان رسیدن به بیش‌ترین حد رسش، آزمودنی بسیار آهسته با پای رسش متر را لمس کرد و به وضعیت اولیه آزمون بازگشت. سپس میزان فاصله رسش (که با تقسیم به طول پای فرد و ضربدر عدد ۱۰۰ نرمال شد) اندازه گرفته و تقسیم میانگین سه جهت بر عدد سه، به عنوان میزان اجرا (نمره کامپوزیت/ مرکب) لحاظ شد. به منظور به حداقل رساندن تأثیر یادگیری، تعداد استاندارد آزمون‌های تمرینی تا حداکثر شش مورد مجاز بود. هر جهت سه بار تکرار شد و بهترین تکرار برای هر جهت ثبت شد (27). طول اندام تحتانی از خار خاصره‌ای قدامی فوقانی تا قوزک داخلی با متر نواری اندازه‌گیری شد. به این منظور آزمودنی در وضعیت خوابیده به پشت قرار گرفت درحالی‌که زانوها در وضعیت اکستنشن و پاها ۱۵ سانتیمتر از هم فاصله گرفتند. نمره مرکب که به صورت درصد بیان شود، با محاسبه میانگین نمرات رسیدن به حالت نرمال به دست آمد. نتیجه نهایی با فرمول زیر به درصدی از طول پا تبدیل شد (امتیاز = *فاصله دستیابی* تقسیم بر *طول اندام* ضرب در ۱۰۰) (27).



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

در تحقیق حاضر، جهت ارزیابی حس وضعیت مفصل زانو (به عنوان یکی از فاکتورهای حس عمقی) در زنجیره حرکتی باز و بسته از روش ارزیابی دوبعدی به واسطه دوربین و برنامه اتوکد استفاده شد (28). ابتدا جهت مشخص بودن لندمارک‌های آناتومیکی، ٤ عدد مارکر پوستی قرمز رنگ به شکل دایره و با قطر ٤ سانتیمتر در سمت خارجی اندام مورد ارزیابی در چهار نقطه نصب شد: مارکر اول در ¼ بالایی خط بین تروکانتر بزرگ و قسمت میانی خط مفصلی خارجی زانو، مارکر دوم در سر فیبولا و مارکر سوم در قسمت بالایی قوزک خارجی چسبانده شد. سپس فرد در لبهٔ تخت نشستند و در وضعیتی که زانو حدود ۹۰ درجه خم بوده، مارکر چهارم در قسمت بالایی چین پوپلیته آل در امتداد لبهٔ بالایی پاتلا چسبانده شد. پس از قرار دادن مارکرها، جهت ارزیابی حس عمقی در زنجیره حرکتی بسته، فرد در وضعیت ایستاده (اکستنشن کامل مفصل زانو) قرار گرفت و از وی خواسته شد تا در شروع آزمون، پای غیر هدف خود را در حدی جزئی با زمین تماس دهد که فقط بتواند تعادل خود را به راحتی حفظ نماید همچنین از آزمودنی خواسته شد تا سر خود را صاف نگه دارد (28). برای یکسان بودن گشتاورهای ایجادشده در مفاصل اندام تحتانی در همه افراد و سپس، درحالی‌که چشمان آزمودنی بسته باشد از وی خواسته شد تا مفصل زانوی خود را خم کند. وقتی زانو به زاویه ۳۰ درجه فلکشن رسید، دستور توقف داده شد و سپس از او خواسته شد تا آن زاویه را به مدت ۵ ثانیه حفظ و بعد از هفت ثانیه، زاویه را مجدداً به مدت ۵ ثانیه بازسازی کند. این ۵ ثانیه برای تحلیل متغیرهای مربوط مدنظر قرار گرفت. در وضعیت ایستاده، پای هدف هر فرد به‌طور ثابت در وضعیتی قرار گرفت که در آن پنجه‌های پا مختصری به سمت خارج متمایل باشند. همچنین برای کنترل چرخش‌های ساق و ران و یکسان بودن حرکت برای همه افراد، از هر فرد درخواست شد تا هنگام خم کردن زانو (با حفظ زاویهٔ پا) سعی کنند استخوان پتلا را در وضعیت مستقیم روبه‌جلو نگه‌دارند؛ نهایتاً، اختلاف زاویهٔ هدف (زاویهٔ ۳۰ درجه فلکشن زانو) و زاویهٔ بازسازی (میانگین زاویهٔ ایجادشده توسط فرد در ۵ ثانیه) به عنوان خطای مطلق در نظر گرفته شد؛ منظور از خطای مطلق، میزان انحراف از زاویه هدف در بازسازی زاویه‌ای حرکت بدون احتساب جهت انحراف (+یا−) است. علاوه بر این، کلیه آزمودنی‌ها باید نبض و احساس طبیعی در پشت پا داشته باشند. این اطلاعات از طریق پرسشنامه عمومی به صورت شفاهی و معاینه پزشک از آزمودنی‌ها دریافت شد که بدین منظور آزمودنی‌ها پس از انجام معاینات لازم و شناسایی وارد مکانی شدند که دما و نور آن برای همه آن‌ها در طول آزمون ثابت باقی بماند. جهت ارزیابی حس عمقی مفصل زانو در زنجیره حرکتی باز، از روش بازسازی زاویه‌ای فعال (ART) با زاویه هدف ٤٥ درجه استفاده شد (29,30). در این روش ابتدا آزمودنی روی لبه تخت قرار گرفت. در مرحله بعد، از وضعیت شروع حرکت فلکسیون ۹۰ درجه زانو در حالت نشسته، اندام با سرعت ثابت (توسط کرنومتر کنترل می‌شد) به‌طور غیرفعال به سمت اکستانسیون حرکت داده می‌شد و در زاویه هدف ٤٥ درجه قرار گرفت. در این حالت چشم‌های آزمودنی باز بوده و از وی خواسته می‌شد که بعد از رسیدن اندام به موقعیت هدف، به مدت ۵ ثانیه روی زاویه موردنظر تمرکز کرده و آن را در حافظه کوتاه مدت خود به خاطر بسپارد سپس اندام به وضعیت شروع حرکت برگردانده می‌شد و درحالی‌که چشم‌های آزمودنی بسته بود از وی خواسته می‌شد که با همان سرعت اول، زاویه موردنظر را به صورت فعال بازسازی کند و به عبارت دیگر زانو را به موقعیت هدف انتخابی ببرد. زمان



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

استراحت میان آزمون هر زاویه ۳۰ ثانیه الی ۱ دقیقه بود. آزمون برای زاویه هدف سه بار تکرار شد. میانگین خطای بازسازی زاویه طی ۳ بار اندازه‌گیری، خطای بازسازی برای آن زاویه در نظر گرفته شد.

### روش‌های آماری

به منظور بررسی و تجزیه و تحلیل آماری داده‌های خام به‌دست‌آمده از تحقیق از آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. برای توصیف ویژگی‌های دموگرافی آزمودنی‌ها از میانگین توصیفی و انحراف معیار و جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، جهت مقایسه مداخله‌های تمرینی از آزمون آنالیز کواریانس استفاده شد. داده‌های خام حاصل از تحقیق در برنامه Excel جمع‌بندی و با برنامه Spss نسخه ۲۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سطح معناداری در تحقیق حاضر در سطح ۹۵ درصد با میزان آلفای کوچک‌تر و یا مساوی با ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

در پژوهش حاضر، ۳۹ مرد فوتبالیست با سابقه آسیب و پارگی لیگامان صلیبی قدامی در سه گروه (گروه کنترل، گروه تمرینات عصبی عضلانی و گروه تمرینات عصبی عضلانی با تکالیف دوگانه) موردمطالعه قرار گرفتند. بررسی مشخصه‌های دموگرافیک نشان داد که در میانگین و انحراف معیار سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی شرکت‌کنندگان بین سه گروه از نظر آماری تفاوت معناداری وجود ندارد ($p>0/05$) (جدول ۱). نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های متغیر زنجیره کنتیکی بسته (CKC) و زنجیره حرکتی باز (OKC) بر اساس آزمون آماری آنالیز کواریانس حاکی از عدم معناداری در اثر زمان (مداخله) و نیز اثر گروه‌ها درنتیجه آزمون زنجیره کنتیکی بسته (CKC) در آزمودنی‌ها تأثیری ندارد. به‌طورکلی، یافته‌های آزمون داده‌های آماری نشان می‌دهند که افراد مبتلا به نقص لیگامان صلیبی قدامی دچار نقص جزئی در حس عمقی و ناتوانی اندک در بازسازی وضعیت مفصل زانو در زنجیره حرکتی باز و بسته هستند؛ همچنین داده‌های پس آزمون نشان می‌دهند که تجویز تمرینات عصبی عضلانی (یک مداخله) و تجویز تمرینات عصبی عضلانی همراه با تکالیف دوگانه (دو مداخله) در مدت زمان هشت هفته نمی‌تواند منجر به بهبود قابل‌توجهی در حس عمقی افراد در آزمون‌های CKC و OKC شوند (جدول ۲ و ۳).



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

جدول ۱. مشخصات دموگرافیک شرکت‌کنندگان مطالعه

| متغیر | گروه کنترل | گروه NMT (تمرینات عصبی عضلانی / تک مداخله‌ای) | گروه NMT-DTs (تمرینات عصبی عضلانی با تکالیف دوگانه / دو مداخله‌ای) | سطح معناداری (p-value) |
|---|---|---|---|---|
| سن (سال) | ۲۵ ± ۱/۶۳ | ۲۶ ± ۱/۸۵ | ۲۴ ± ۱/۳۸ | ۰/۰۶۲ |
| وزن (کیلوگرم) | ۸۱ ± ۲/۶۸ | ۷۹ ± ۲/۹۳ | ۷۶ ± ۳/۴۳ | ۰/۱۲۷ |
| قد (سانتی‌متر) | ۱۷۶ ± ۲/۶۲ | ۱۸۰ ± ۱/۱۹ | ۱۷۸ ± ۱/۴۴ | ۰/۲۵۱ |
| شاخص توده بدنی ($kg/m^2$) | ۲۴ ± ۰/۷۶ | ۲۳ ± ۰/۵۹ | ۲۴ ± ۰/۷۱ | ۰/۳۰۱ |
| سابقه بازی (سال) | ۷ ± ۱/۳۸ | ۹ ± ۱/۳۲ | ۸ ± ۱/۱۵ | ۰/۴۲۱ |
| * P<0/05 اختلاف معنی‌دار در آزمون آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه | | | | |

جدول ۲. آزمون آنالیز کواریانس برای تعیین اثرهای کلی زمان و گروه در زنجیره کنیتیکی بسته (CKC)

| نوع گروه | | میانگین و انحراف معیار | آماره آزمون لِوِن یا همگنی واریانس (p-value) | تفاوت بین گروهی (p-value) | اثر زمان (p-value) | اثر متقابل زمان و گروه (p-value) | اندازه اثر (پارشیال اتا) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| گروه کنترل | پیش آزمون | ۱۴۴/۰۸ ± ۵/۰۶ | F = ۲/۶۵۲ (۰/۱۰۴) | F = ۱/۱۰۹ (۰/۳۴۱) | F = ۰/۰۰۳ (۰/۹۵۶) | F = ۰/۸۹۶ (۰/۴۵۳) | ۰/۰۷۱ |
| | پس آزمون | ۱۴۶/۰۸ ± ۵/۲۷ | | | | | |
| گروه NMT / تک مداخله‌ای | پیش آزمون | ۱۴۷ ± ۵/۶۱ | | | | | |
| | پس آزمون | ۱۴۷/۸۵ ± ۵/۵۱ | | | | | |
| گروه NMT-DTs / دو مداخله‌ای | پیش آزمون | ۱۴۹/۵۴ ± ۲/۵۷ | | | | | |
| | پس آزمون | ۱۴۹ ± ۱/۷۸ | | | | | |
| * P<0/05 معنی‌داری در آزمون‌های آماری | | | | | | | |



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

جدول ۳. آزمون آنالیز کواریانس برای تعیین اثرهای کلی زمان و گروه در زنجیره کنیتیکی باز (OKC)

| نوع گروه | | میانگین و انحراف معیار | آماره آزمون لِوِن یا همگنی واریانس (p-value) | تفاوت بین گروهی (p-value) | اثر زمان (p-value) | اثر متقابل زمان و گروه (p-value) | اندازه اثر (پارشیال اتا) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| گروه کنترل | پیش آزمون | ۱۳۶/۰۸ ± ۲/۶۶ | F = ۲/۰۱۹ (۰/۱۴۸) | F = ۲/۴۷۵ (۰/۰۹۳) | F = ۰/۰۳۶ (۰/۵۶۶) | F = ۲/۳۳۲ (۰/۰۹۱) | ۰/۱۶۶ |
| | پس آزمون | ۱۳۴ ± ۱/۹۲ | | | | | |
| گروه NMT / تک مداخله‌ای | پیش آزمون | ۱۳۳/۹۲ ± ۳/۰۴ | | | | | |
| | پس آزمون | ۱۳۶/۱۵ ± ۲/۷۰ | | | | | |
| گروه NMT- DTs / دو مداخله‌ای | پیش آزمون | ۱۳۵/۵۴ ± ۲/۷۳ | | | | | |
| | پس آزمون | ۱۳۵/۳۱ ± ۱/۶۰ | | | | | |
| * P<0/05 معنی‌داری در آزمون‌های آماری | | | | | | | |

جدول ٤. آزمون آنالیز کواریانس برای تعیین اثرهای کلی زمان و گروه در آزمون تعادلی Y

| | نوع گروه | | میانگین و انحراف معیار | آماره آزمون لِوِن یا همگنی واریانس (p-value) | تفاوت بین گروهی (p-value) | اثر زمان (p-value) | اثر متقابل زمان و گروه (p-value) | اندازه اثر (پارشیال اتا) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حالت قدامی در آزمون تعادلی Y بر اساس امتیاز | گروه کنترل | پیش آزمون | ۹۱/۲۵ ± ٤/۲۰ | F = ۲/۰۵۱ (۰/۱٤۳) | F = ۲٦/۱۸۱ (۰/۰۰۰) | F = ۳۱/۸٤۱ (۰/۰۰۰) | F = ۳/۲۱۵ (۰/۰۷۸) | ۰/۵۹۹ |
| | | پس آزمون | ۹۲/۵٤ ± ۵/۰۸ *c* | | | | | |
| | گروه تک مداخله‌ای | پیش آزمون | ۹۹/۸۵ ± ۸/۹۱ | | | | | |
| | | پس آزمون | ۹۹/۵٤ ± ۷/٦۷ *b* | | | | | |
| | گروه دو مداخله‌ای | پیش آزمون | ۱۰۳/۳۸ ± ٦/۱۳ | | | | | |
| | | پس آزمون | ۱۰۵/۷۷ ± ٤/۹۲ *a* | | | | | |
| | گروه کنترل | پیش آزمون | ۱۰۵/٦۲ ± ٤/٤۱ | | | | | |
| | | پس آزمون | ۱۰٤/٦۲ ± ٦/۳۲ *a* | | | | | |
| | | پیش آزمون | ۱۰۲/۲۳ ± ۵/٦۷ | | | | | |



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حالت خلفی داخلی در آزمون تعادلی Y بر اساس امتیاز | گروه تک مداخله‌ای | پس آزمون | ۱۰۷/۹۲ ± ۸/۱۶ *a* | F = ۱/۷۳٤ (۰/۱۹۱) | F = ۲/٦٦۱ (۰/۰۸٤) | F = ۲/۰٤۰ (۰/۱۲٦) | F = ۳/۳۳۲ (۰/۰۷٦) | ۰/۱۳۲ |
| | گروه دو مداخله‌ای | پیش آزمون | ۹۹/٥٤ ± ٥/٤۷ | | | | | |
| | | پس آزمون | ۱۰۸/٥٤ ± ٥/۲۹ *a* | | | | | |
| حالت خلفی خارجی در آزمون تعادلی Y بر اساس امتیاز | گروه کنترل | پیش آزمون | ۹۷/۱٥ ± ۷/۸۹ | F = ۲/۸٦۰ (۰/۰۹۸) | F = ٦/٦۲۳ (۰/۰۰٤) | F = ۱۰/۳٥۱ (۰/۰۰۰) | F = ٤/۷۲٤ (۰/۰٥۷) | ۰/۲۷٥ |
| | | پس آزمون | ۹۸/۱٥ ± ۸/۳۷ *b* | | | | | |
| | گروه تک مداخله‌ای | پیش آزمون | ۹٤/۷۷ ± ۷/٥٤ | | | | | |
| | | پس آزمون | ۱۰۳/٥٤ ± ۸/۸۱ *b* | | | | | |
| | گروه دو مداخله‌ای | پیش آزمون | ۱۰٥/۱٥ ± ۳/۳٦ | | | | | |
| | | پس آزمون | ۱۱۲/٤٦ ± ٥/۱۳ *a* | | | | | |
| میانگین کل در آزمون تعادلی Y بر اساس امتیاز | گروه کنترل | پیش آزمون | ۹۸/۱٥ ± ٤/٤۷ | F = ۳/۰٦٥ (۰/۰٥۹) | F = ۱٦/۳۷٦ (۰/۰۰۰) | F = ۲۱/۷۷۸ (۰/۰۰۰) | F = ۱/٤۸۸ (۰/٤۹۰) | ۰/٤۸۳ |
| | | پس آزمون | ۹۸/٥٤ ± ٥/۰۸ *c* | | | | | |
| | گروه تک مداخله‌ای | پیش آزمون | ۹٥/۹۲ ± ٤/۰۱ | | | | | |
| | | پس آزمون | ۱۰۳/٥٤ ± ۸/۸۱ *b* | | | | | |
| | گروه دو مداخله‌ای | پیش آزمون | ۹۹/٤٦ ± ۲/۹۹ | | | | | |
| | | پس آزمون | ۱۰۹/۰۸ ± ٤/٦۸ *a* | | | | | |

* P<0/05 معنی‌داری در آزمون‌های آماری.

** حروف غیرمشابه (c،b،a) بیانگر اختلاف معنادار در آزمون تعقیبی بنفرونی در سطح ٥ درصد است.

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های متغیر تعادلی Y بر اساس آزمون آماری آنالیر کواریانس حاکی از اثر زمان (مداخله) و نیز اثر گروه‌ها در متغیرهای قدامی (جلویی)، خلفی خارجی و میانگین کل حالت‌های آزمون تعادلی Y مؤثر بوده و فقط در متغیر امتیاز محاسبه‌شده خلفی داخلی آزمون تعادلی Y بی‌تأثیر است. همچنین اثر متقابل زمان و گروه در تمامی متغیرهای آزمون تعادلی Y تأثیری ندارد. همچنین نتایج آزمون بین گروهی برای هر متغیر نشان می‌دهد که به استثناء حالت خلفی داخلی در آزمون تعادلی Y، در بقیه حالت‌ها بین گروه‌های آزمودنی از نظر آماری تفاوت معنادار وجود دارد و نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی برای تعیین تفاوت بین گروه‌ها در هر یک از حالت‌های آزمون تعادلی Y بر اساس امتیاز، انجام‌گرفته و نتایج آن به صورت حروف لاتین در جدول فوق برای مشخص نمودن تفاوت گروه‌ها از یکدیگر ارائه گردیده است.



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

به‌طورکلی یافته‌های آماری مطالعه حاضر نشان می‌دهند که تجویز NMT و به‌طور ویژه NMT-DTs می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی به بهبودی در جهات خلفی داخلی و خلفی خارجی آزمون Y منجر شوند. یافته‌های آماری این تحقیق نشان می‌دهند که تفاوت قابل‌توجهی بین پیش آزمون و پس آزمون در گروه کنترل در نمرات تعادل Y وجود ندارد (جدول ٤).

## بحث

هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر هشت هفته تمرینات عصبی عضلانی با و بدون تکالیف دوگانه شناختی بر حس عمقی و تعادل وضعیتی ورزشکاران مبتلا به نقص لیگامان صلیبی قدامی بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده حاصل از تحلیل داده‌ها، هیچ تفاوت معناداری بین گروه‌های تحقیق بعد از ارائه مداخله بر حس عمقی مفصل زانو در زنجیره حرکتی باز و بسته وجود نداشت؛ اما بین عملکرد اندام تحتانی آزمودنی‌ها بر اساس آزمون تعادلی Y بعد از ارائه مداخله بین سه گروه تفاوت معناداری از نظر آماری مشاهده شد. در رابطه با اثر و ارتباط تمرینات عصبی عضلانی با حس عمقی مفصل زانو مطالعات متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد تمرینات عصبی عضلانی و کنترل حرکتی می‌تواند اثر مثبتی بر حس وضعیت مفصل زانو داشته باشد. به‌عنوان‌مثال Ghaderi و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای گزارش کردند که ارائه یک برنامه تمرینی عصبی عضلانی می‌تواند به عنوان یک مداخله مؤثر بر عملکرد حس عمقی زانو ورزشکاران با بازسازی رباط صلیبی قدامی در نظر گرفته شود (31). در طرف مقابل، مطالعاتی وجود دارند که بیان می‌کنند که نقص حس عمقی حتی پس از تکمیل تمرینات توان‌بخشی باقی می‌ماند. اگرچه نویسندگان نبود همگونی مداخلات و وجود محدودیت‌های روش‌شناسی و سایر موارد مشابه را دلیل عدم اثرگذاری این‌گونه تمرینات را بر حس عمقی می‌دانند. در ادامه، یافته‌های مطالعه مروری سیستماتیک و متاآنالیز Fleming و همکاران (۲۰۲۲) نشان می‌دهد که نقص حس عمقی پس از درمان جراحی ACL وجود دارد (10). هیچ نقص قابل‌توجهی پس از درمان محافظه‌کارانه برای حس وضعیت مفصل (JPS) تشخیص داده نشد؛ با این حال، احتیاط بیشتری در رابطه با تفسیر آستانه تشخیص حرکت غیرفعال (TTDPM) و گرفتن یک نتیجه بالینی مثبت موردنیاز است (10,11). همچنین در مورد ارتباط بین تکالیف دوگانه و حس عمقی، اکثریت مطالعات بیماران مبتلا به اختلالات و بیماری‌های عصبی عضلانی و افراد مسن را هدف قرار داده‌اند و مطالعات اندکی بر روی افراد و ورزشکاران مبتلا به آسیب‌های اسکلتی عضلانی انجام‌گرفته است. در همین رابطه مطالعاتی را در مورد تکالیف دوگانه (بارهای شناختی–حسی–توجهی) و حس عمقی انجام‌شده است: Wohl و همکاران (۲۰۲۱) در مورد اغتشاش بینایی در توان‌بخشی برای افزایش بازگشت به ورزش پس از آسیب لیگامان صلیبی قدامی (ACLI) تحقیق انجام دادند، آن‌ها بیان کردند که یک رویکرد جدید برای توان‌بخشی ACL که شامل درمان از طریق باردهی و درگیری مجدد حسی است، ممکن است پردازش عصبی را به سمت حس عمقی تغییر دهد و وابستگی به بینایی را برای کنترل حرکتی کاهش دهد و یا کارایی بینایی حرکتی را افزایش دهد (24). یافته‌های تحقیقات اولیه Chaput و همکاران (۲۰۲۱) به این موضوع اشاره دارد که عامل شناختی بصری، به‌طور بالقوه از طریق افزایش فعالیت عصبی یکپارچگی حسی، به عنوان یک مکانیسم جبرانی برای حفظ حس عمقی و ثبات دینامیک زانو پس از ACLR عمل می‌کند (25). داده‌های



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

این نویسندگان نشان می‌دهد که استراتژی عصبی که در آن شرکت‌کنندگان مبتلا به ACLR کارایی حس عمقی و ثبات را حفظ می‌کنند متفاوت است و ممکن است به شناخت بصری و فعالیت عصبی یکپارچه‌سازی حسی بستگی داشته باشد. یکی از دلایل احتمالی ضعف و عدم بهبودی قابل‌توجه و از نظر آماری معنی‌دار عامل حس عمقی در این افراد در این مدت زمان نسبتاً کوتاه (پروتکل تمرین هشت‌هفته‌ای [۲ ماهه]) می‌تواند گذشت تقریباً یک سال از آسیب آن‌ها باشد. با توجه به اینکه در گزارشات ام‌آرآی این ورزشکاران ضایعات غضروفی و منیسکی قابل‌توجهی مشاهده نشد، اما احتمالاً اختلالات اندک غضروفی منیسکی و ناهماهنگی‌های آرتروکینماتیکی در مدت زمان یک سال منجر به نقص قابل‌توجه حس عمقی شده است (15). به همین ترتیب، اگر این آزمون‌ها و پروتکل تمرینی NMT و DTs در کمتر از یک سال یا شاید بلافاصله پس از آسیب انجام می‌شد، احتمالاً نقایص حس عمقی در پیش و پس آزمون قابل‌توجه بود (10). در ادامه همین بحث، با توجه به اینکه مدت زمان انجام تمرینات (هشت هفته)، مخصوصاً در مورد آسیب‌دیدگی ACL – که این لیگامان دارای قابلیت مکانیکی و نوروفیزیولوژیکی قابل‌توجهی در عملکرد زانو است و بازگرداندن قابلیت‌های آن به محدوده طبیعی به زمان زیادی نیاز دارد – نسبتاً کوتاه بوده است، لذا به نظر می‌رسد تجویز NMT به ویژه همراه با DTs بتواند در درازمدت اثرات بالینی و آماری قابل‌توجهی بر وضعیت حس عمقی افراد مبتلا به ACLD داشته باشد؛ با توجه به اینکه، در این مدت زمان نسبتاً کوتاه ۲ ماهه، تغییرات اندک در حس عمقی افراد گروه‌های مداخله رخ‌داده است، اما قابل‌توجه نبوده است. در همین راستا، BartBomiej و همکاران (۲۰۱۸) در یک تحقیق به بررسی رابطه بین حس وضعیت مفصل (JPS)، حس نیرو (FS) و قدرت عضلانی و تأثیر تمرینات ژیمناستیک بر حس عمقی پرداختند. این نویسندگان نتیجه گرفتند که به نظر می‌رسد تمرینات طولانی مدت ژیمناستیک منجر به کارایی بیشتر دقت JPS و کاهش تفاوت در FS بین گروه‌های عضلانی متقابل در مفصل آرنج با افزایش دقت در عضلات اکستنسور می‌شود. همچنین به نظر می‌رسد که عامل روانی نیز در بهبودی نسبی، اما نه آماری، وضعیت حس عمقی زانو در گروه مداخله مخصوصاً گروه NMT-DTs نقش داشته باشد (32). در نهایت بر اساس نتایج مطالعه حاضر، در افراد مبتلا به ACLD نقص اندک در حس عمقی و بازسازی زاویه مفصل در آزمون‌های مربوطه وجود دارد؛ و ارائه هشت هفته مداخلات NMT و NMT-DTs نمی‌تواند به‌طور معنی‌دار منجر به بهبود حس عمقی شود. اگرچه بهبودی اندک در حس عمقی گروه‌های مداخله مخصوصاً NMT-DTs مشاهده شد، اما این تغییرات در مقایسه با گروه NMT و حتی گروه کنترل از نظر آماری معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد ارائه NMT و مخصوصاً NMT-DTs بتواند در بلندمدت منجر به بهبود حس عمقی شود.

توانایی حفظ وضعیت بدن با پروپریوسپشن و استراتژی‌های کنترل عصبی عضلانی ارتباط نزدیکی دارد. کنترل پوسچر یا اندازه‌گیری تعادل در بیماران مبتلا به ACL-D و ACL-R با روش‌های ارزیابی مختلفی بررسی‌شده است. در مطالعات توافق وجود دارد که هیچ تفاوتی در تعادل در طی ایستادن دو پا در بین بیماران مبتلا به ACL-D و ACL-R در مقایسه با افراد سالم وجود ندارد (27). برخی از محققان کاهش قابل‌توجهی در کنترل پاسچرال در هنگام ایستادن یک پا هم با چشم باز و هم چشم بسته در بیماران مبتلا به ACL-D یک‌طرفه در مقایسه با گروه‌های کنترل گزارش دادند (26).



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

برخی محققان گزارش دادند که اختلافاتی بین اندام تحتانی آسیب‌دیده و غیر آسیب‌دیده وجود ندارد و این نشان می‌دهد که در این گروه از بیماران مبتلا به ACL-D نقص دوطرفه در مقایسه با گروه کنترل وجود دارد (22). شواهدی وجود دارد که حاکی از کاهش اندازه‌گیری کنترل پوسچر در حین کارآزمایی‌هایی با چشم بسته در مقایسه با چشم باز و آزمون‌های یک پا در مقایسه با آزمون‌های دو پا در بیماران مبتلا به ACL آسیب‌دیده و گروه کنترل سالم است (33). برخلاف برخی از محققان، نویسندگان دیگر هیچ شواهدی در مورد کاهش در اندازه‌گیری استاتیک کنترل پوسچر در بیماران مبتلا به ACL-D و ACL-R به هنگام مقایسه با گروه کنترل گزارش نکرده‌اند (11). برخی گزارش دادند که اگرچه در مرکز فشار حرکت بین بیماران سالم و ACL-D در طی اقدامات استاتیک تفاوتی وجود نداشت، اما اختلاف در مکان مرکز فشار نسبت به پا بین بیماران و گروه‌های کنترل سالم مشاهده‌شده است. گزارش‌شده است که پوزیشن مرکز فشار بیماران مبتلا به ACL-D قبل از شروع کارآزمایی‌های تعادل استاتیک در مقایسه با گروه‌های کنترل سالم، قدامی‌تر و داخلی‌تر است (34). اگرچه موقعیت تغییریافته مرکز فشار بر کارآزمایی‌های تعادل ایستا تأثیر نمی‌گذارد، اما آن ممکن است یک موقعیت غیر بهینه برای حفظ پوسچر به دنبال یک اغتشاش باشد. توافق نظر بیشتری در بین نویسندگان وجود دارد که بیان می‌کند توانایی حفظ تعادل به دنبال یک اغتشاش در بین افراد سالم و بیماران مبتلا به ACLD و ACL-R متفاوت است (21). برخی گزارش دادند که زمان واکنش به یک اغتشاش در بیماران مبتلا به ACL-D در مقایسه با افراد سالم بیشتر و طولانی‌تر است و همین طور اندام تحتانی مصدوم نسبت به اندام غیر مصدوم افراد سالم زمان واکنش طولانی‌تری داشت (25). برخی نیز اختلافاتی در نیروهای واکنش زمین در صفحه ساژیتال بین بیماران مبتلا به ACL-R و افراد سالم به دنبال اغتشاش گزارش دادند، اما هیچ تفاوتی را در صفحه فرونتال گزارش نکرده‌اند (5). بیان‌شده است که اقدامات تعادلی پس از اغتشاش ممکن است در مقایسه با اقدامات استاتیک نشانگر بهتری از عملکرد باشند، زیرا آن‌ها بهتر نشان‌دهنده خواسته‌های قرار گرفته بر سیستم‌های عصبی عضلانی در طی فعالیت‌های عملکردی هستند (3). فرض بر این است که اختلال در تعادل نتیجه کاهش یا تغییر اطلاعات گیرنده‌های مکانیکی با توجه به حس وضعیت مفصل زانوی آسیب‌دیده ایجادشده است که احتمالاً در نتیجه تلاش برای حفظ تعادل منجر به کنترل عصبی عضلانی تغییریافته می‌شود (11). همان‌طور که ذکر شد، نتایج مطالعه حاضر حاکی از بهبود عملکرد تعادل دینامیک ورزشکاران بعد از ارائه مداخله تمرینات مختلف عصبی عضلانی بود. استدلال تحقیق حاضر مبتنی بر نتایج حاضر و بر اساس مطالعات گذشته مبنی بر این است که تمرینات عصبی عضلانی اختصاصی سیستم حسی حرکتی را تحریک می‌کند و موجب افزایش هماهنگی و سفتی مفصلی می‌شود (35). شواهد اخیر حاکی از آن است که کنترل مرکز فشار با تمرینات تعادلی بهبود پیدا می‌کند. نشان داده‌شده است که ترکیب تمرینات عصبی عضلانی مانند تمرینات پلایومتریک و تعادلی با تکنیک مناسب و هماهنگ‌سازی زانو در برنامه‌های تمرینی سنتی مثل مقاومت، سرعت و استقامت باعث کاهش قابل‌توجهی در میزان آسیب ACL می‌شود و توانایی عملکردی ورزشکار را بهبود می‌دهد (17). از جمله دلایل احتمالی افزایش تعادل ناشی از تمرین عصبی عضلانی، تحریک دوک‌های عضلانی، کاهش اثر خود مهاری اندام‌های وتری گلژی و همچنین، افزایش در هماهنگی عضلات درگیر در فعالیت‌های هم انقباض بیان‌شده است (31). با تحریک دوک‌های عضلانی، انقباض



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

عضلانی باعث افزایش فعالیت اعصاب وابران گامای موجود در دوک‌ها می‌شود و افزایش این حساسیت در دوک‌ها، حس وضعیت، حس عمقی و در نتیجه، تعادل مفصلی را بهبود می‌بخشد که در کنترل مفصل تأثیر به سزایی دارد که ممکن است از بروز آسیب ACL جلوگیری کند (6)؛ بنابراین، انجام تمرینات عصبی عضلانی، می‌تواند موجب افزایش پایداری دینامیکی مفاصل شود. فوتبال، نیازمند تغییر جهت سریع و درعین‌حال، حفظ تعادل بدن از طریق سطح بالایی از قدرت اندام تحتانی و چابکی برای بهبود اجرا است. فعالیت‌هایی که نیاز به حفظ تعادل، انتقال وزن، تحریک رفلکس‌های ضد جاذبه و هماهنگی زیاد دارند، سبب تسهیل و ارتقای کارایی گیرنده‌های حس عمقی و کنترل پاسچرال و تعادل می‌شوند (6). در رابطه با ارتباط بین تعادل و تکلیف دوگانه در مطالعه‌ای مروری Abdallat و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی ماهیت و دامنه پیشینه مطالعه با تمرکز بر اثرات تکالیف دوگانه بر افراد مبتلا به زانودرد پرداختند (22). یافته‌های آن‌ها استفاده از پارادایم‌های تکلیف دوگانه در ارزیابی عملکرد افراد مبتلا به استئوارتریت یا آسیب ACL زانو حمایت می‌کند. اکثر مطالعاتی که در این بررسی گنجانده‌شده‌اند، ارتباطی بین چالش‌های شناختی و خواسته‌های فیزیکی ایجاد کرده‌اند و با معرفی یک تکلیف شناختی هم‌زمان، پارامترهای تعادل و راه رفتن بدتر را گزارش می‌کنند. Miko و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که اعمال تکلیف دوگانه مبتنی بر دیداری و شناختی می‌تواند بر ثبات وضعیتی افراد دارای بازسازی رباط متقاطع قدامی (ACLR) تأثیر بگذارد به طوری که ثبات وضعیتی افراد در شرایط EC (چشم بسته) و DM (دوگانه حرکتی) نسبت به EO (چشم باز) بسیار مختل می‌شود (23). افراد مبتلا به ACLR در طول شرایط DC (دوگانه شناختی) بی‌ثباتی وضعیتی بیشتری دارند که ممکن است نشان‌دهنده نقص منحصربه‌فرد پردازش عصبی پس از ACLR باشد. همچنین مطالعه Lion و همکاران (۲۰۱۸) با هدف بررسی تأثیر چالش شناختی بر کنترل وضعیتی دو پا تحت اختلالات بینایی و سطحی بیماران با بازسازی رباط صلیبی قدامی به هنگام بازگشت به ورزش انجام شد (21). به‌طورکلی، کنترل وضعیتی بیماران مبتلا به ACLR و گروه شاهد از نظر ناحیه نوسان و مسیر نوسان مشابه بود. افزودن تکلیف شناختی باعث کاهش مساحت نوسان و مسیر نوسان به‌طور مشابه در هر دو گروه شد. بیماران مبتلا به ACLR که اخیراً توان‌بخشی خود را تکمیل کرده‌اند، در طول آزمون‌های ایستادن دو پا، کنترل وضعیتی نرمال داشتند (21)؛ که نتایج این پژوهش‌ها با نتایج مطالعه حاضر همپوشانی داشت؛ بنابراین بر اساس نتایج مطالعه حاضر، مداخله NMT و به ویژه NMT-DTs می‌تواند به عنوان یک روش مؤثر جهت بهبود تعادل دینامیک در برنامه پیشگیری و توان‌بخشی آسیب‌های ACL در نظر گرفته شود. به‌طورکلی نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر این موضوع بود که افراد مبتلا به ACL-D دچار نقص در تعادل دینامیک هستند؛ با این حال، این نقایص می‌تواند با مداخله هدفمند NMT و به ویژه NMT-DTs در هشت هفته به‌طور معنی‌دار بهبود یابد.

مطالعه حاضر با محدودیت‌های نیز همراه بود که بهتر است به آن توجه شود: ۱) با توجه به اینکه شرکت‌کنندگان در پژوهش حاضر مردان فوتبالیست بودند، نتایج حاصل از این تحقیق را نمی‌توان به همه افراد از جمله زنان و نوجوانان و مخصوصاً به سایر رشته‌های ورزشی تعمیم داد، ۲) ورزشکارانی که تقریباً یک سال از آسیب آن‌ها گذشته بود و دچار



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

تغییرت منیسکی و غضروفی قابل‌توجهی نبودند در تحقیق شرکت کردند، لذا نمی‌توان این یافته‌ها را به ورزشکارانی که مدت زمان طولانی از آسیبشان می‌گذرد نسبت داد.

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از تحقیق می‌توان بیان داشت که استفاده از تمرینات عصبی عضلانی، چه همراه با ارائه تکالیف دوگانه و چه بدون تکالیف دوگانه تأثیر معناداری بر حس عمقی مفصل زانو در زنجیره حرکتی با و بسته ندارد. با این حال، ادغام تمرینات عصبی عضلانی با تکالیف دوگانه خروجی کمی و کیفی عملکردی بالاتری را ارائه می‌دهد. از طرفی نتایج مطالعه حاضر حاکی از اثر تمرینات عصبی عضلانی در تعادل دینامیک ورزشکاران بود؛ بنابراین به نظر می‌رسد که ارائه تمرینات عصبی عضلانی به همراه تکایف دوگانه احتمالاً می‌تواند به عنوان یک رویکرد مفید جهت بهبود عملکرد اندام تحتانی بر اساس آزمون تعادلی Y در ورزشکاران مبتلا به ناکارایی لیگامان صلیبی قدامی معرفی شود.

## تشکر و قدردانی

این مقاله بر اساس رساله دکتری تخصصی رشته آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی آقای مسعود برزگر در گروه بیومکانیک ورزشی و آسیب‌شناسی ورزشی دانشگاه خوارزمی است. بدین وسیله از تمامی شرکت‌کنندگان و کسانی که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد.

## مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده سازی این مقاله مشارکت یکسان داشته‌اند.

## تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع نداد.

## Reference

1. Della Villa F, Buckthorpe M, Grassi A, Nabiuzzi A, Tosarelli F, Zaffagnini S, et al. Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. British journal of sports medicine. 2020;54(23):1423–32.
2. Ekstrand J, Spreco A, Bengtsson H, Bahr R. Injury rates decreased in men's professional football: an 18-year prospective cohort study of almost 12 000 injuries sustained during 1.8 million hours of play. British journal of sports medicine. 2021;55(19):1084–92.
3. Diermeier TA, Rothrauff BB, Engebretsen L, Lynch A, Svantesson E, Senorski EAH, et al. Treatment after ACL injury: panther symposium ACL treatment consensus group. British journal of sports medicine. 2021;55(1):14–22.
4. Montalvo AM, Schneider DK, Webster KE, Yut L, Galloway MT, Heidt Jr RS, et al. Anterior cruciate ligament injury risk in sport: a systematic review and meta-analysis of injury incidence



[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

by sex and sport classification. Journal of athletic training. 2019;54(5):472–82.
5. Nagelli C, Di Stasi S, Tatarski R, Chen A, Wordeman S, Hoffman J, et al. Neuromuscular training improves self-reported function and single-leg landing hip biomechanics in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2020;8(10):2325967120959347.
6. Di Stasi S, Myer GD, Hewett TE. Neuromuscular training to target deficits associated with second anterior cruciate ligament injury. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2013;43(11):777-A11.
7. Tayfur B, Charuphongsa C, Morrissey D, Miller SC. Neuromuscular function of the knee joint following knee injuries: does it ever get back to normal? A systematic review with meta-analyses. Sports medicine. 2021;51:321–38.
8. Campbell CJ, Carson JD, Diaconescu ED, Celebrini R, Rizzardo MR, Godbout V, et al. Canadian academy of sport and exercise medicine position statement: neuromuscular training programs can decrease anterior cruciate ligament injuries in youth soccer players. Clinical journal of sport medicine. 2014;24(3):263–7.
9. Kaya D, Guney-Deniz H, Sayaca C, Calik M, Doral MN. Effects on lower extremity neuromuscular control exercises on knee proprioception, muscle strength, and functional level in patients with ACL reconstruction. BioMed research international. 2019;2019.
10. Fleming JD, Ritzmann R, Centner C. Effect of an anterior cruciate ligament rupture on knee proprioception within 2 Years after conservative and operative treatment: A systematic review with meta-analysis. Sports Medicine. 2022;1–12.
11. Meredith SJ, Rauer T, Chmielewski TL, Fink C, Diermeier T, Rothrauff BB, et al. Return to sport after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Injury Return to Sport Consensus Group. Orthopaedic journal of sports medicine. 2020;8(6):2325967120930829.
12. Ford KR, Nguyen A-D, 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 journal of sports medicine. 2015;291–303.
13. Ness BM, Zimney K, Kernozek T, Schweinle WE, Schweinle A. Incorporating a dual-task assessment protocol with functional hop testing. International journal of sports physical therapy. 2020;15(3):407.
14. Negahban H, Hadian MR, Salavati M, Mazaheri M, Talebian S, Jafari AH, et al. The effects of dual-tasking on postural control in people with unilateral anterior cruciate ligament injury. Gait & Posture. 2009;30(4):477–81.
15. 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.
16. Taylor JB, Nguyen A-D, Shultz SJ, Ford KR. Hip biomechanics differ in responders and non-responders to an ACL injury prevention program. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2020;28:1236–45.
17. Dischiavi SL, Wright AA, Hegedus EJ, Thornton EP, Bleakley CM. Framework for optimizing ACL rehabilitation utilizing a global systems approach. International Journal of Sports Physical Therapy. 2020;15(3):478.
18. Welling W, Benjaminse A, Lemmink K, Dingenen B, Gokeler A. Progressive strength training restores quadriceps and hamstring muscle strength within 7 months after ACL reconstruction in amateur male soccer players. Physical Therapy in Sport. 2019;40:10–8.
19. Buckthorpe M, Della Villa F, Della Villa S, Roi GS. On-field rehabilitation part 1: 4 pillars of high-quality on-field rehabilitation are restoring movement quality, physical conditioning, restoring sport-specific skills, and progressively developing chronic training load. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2019;49(8):565–9.
20. Buckthorpe M. Optimising the late-stage rehabilitation and return-to-sport training and

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]

testing process after ACL reconstruction. Sports Medicine. 2019;49(7):1043–58.
21. Lion A, Gette P, Meyer C, Seil R, Theisen D. Effect of cognitive challenge on the postural control of patients with ACL reconstruction under visual and surface perturbations. Gait & posture. 2018;60:251–7.
22. Abdallat R, Sharouf F, Button K, Al-Amri M. Dual-task effects on performance of gait and balance in people with knee pain: A systematic scoping review. Journal of Clinical Medicine. 2020;9(5):1554.
23. Miko SC, Simon JE, Monfort SM, Yom JP, Ulloa S, Grooms DR. Postural stability during visual-based cognitive and motor dual-tasks after ACLR. Journal of Science and Medicine in Sport. 2021;24(2):146–51.
24. Wohl TR, Criss CR, Grooms DR. Visual perturbation to enhance return to sport rehabilitation after anterior cruciate ligament injury: a clinical commentary. International Journal of Sports Physical Therapy. 2021;16(2):552.
25. Chaput M, Onate JA, Simon JE, Criss CR, Jamison S, McNally M, et al. Visual cognition associated with knee proprioception, time to stability, and sensory integration neural activity after ACL reconstruction. Journal of Orthopaedic Research®. 2022;40(1):95–104.
26. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. Journal of athletic training. 2012;47(3):339–57.
27. Myers H, Christopherson Z, Butler RJ. Relationship between the lower quarter Y-balance test scores and isokinetic strength testing in patients status post ACL reconstruction. International journal of sports physical therapy. 2018;13(2):152.
28. Nasseri N, Hadian MR, Bagheri H, Olyaei STG. Reliability and accuracy of joint position sense measurement in the laboratory and clinic; utilising a new system. Acta Medica Iranica. 2007;395–404.
29. Lee D-H, Lee J-H, Ahn S-E, Park M-J. Effect of time after anterior cruciate ligament tears on proprioception and postural stability. PloS one. 2015;10(9):e0139038.
30. Miura K, Ishibashi Y, Tsuda E, Okamura Y, Otsuka H, Toh S. The effect of local and general fatigue on knee proprioception. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. 2004;20(4):414–8.
31. Ghaderi M, Letafatkar A, Almonroeder TG, Keyhani S. Neuromuscular training improves knee proprioception in athletes with a history of anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized controlled trial. Clinical Biomechanics. 2020;80:105157.
32. Niespodziński B, Kochanowicz A, Mieszkowski J, Piskorska E, Żychowska M. Relationship between joint position sense, force sense, and muscle strength and the impact of gymnastic training on proprioception. BioMed research international. 2018;2018.
33. Shultz SJ, Schmitz RJ, Benjaminse A, Collins M, Ford K, Kulas AS. ACL Research retreat VII: an update on anterior cruciate ligament injury risk factor identification, screening, and prevention: March 19–21, 2015; Greensboro, NC. Journal of athletic training. 2015;50(10):1076–93.
34. Sugimoto D, Myer GD, Foss KDB, Hewett TE. Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: meta-analysis and subgroup analysis. British journal of sports medicine. 2015;49(5):282–9.
35. Zebis MK, Andersen LL, Brandt M, Myklebust G, Bencke J, Lauridsen HB, et al. Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. British journal of sports medicine. 2016;50(9):552–7.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03 ]
[ DOR: 20.1001.1.22520708.1402.21.26.11.7 ]
[ DOI: 10.61186/jsmt.21.26.141 ]