

Research Paper

The Effects of Neuromuscular Training on Balance and Jump-landing Mechanics in Male Football Players at High Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury



Reza Mohammadi Dehcheshmeh¹ , *Sadredin Shojaedin¹ , Ali Abbasi¹

1. Department of Biomechanics and Sports Pathology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.



Citation Dehcheshmeh RM, Shojaedin S, Abbasi A. The Effects of Neuromuscular Training on Balance and Jump-landing Mechanics in Male Football Players at High Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2025; 13(6):1164-1179. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.6.3298>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.6.3298>

ABSTRACT

Background and Aims Anterior cruciate ligament (ACL) injury prevention programs are implemented to correct or eliminate risk factors and reduce the incidence of injury. Neuromuscular training focus on various activities and play an important role in improving neuromuscular control. This research aims to investigate the effects of neuromuscular training on static and dynamic balance and jump-landing mechanics in male football players at high risk of ACL injury.

Methods In this semi-experimental study, 24 male football players at high risk of ACL injury (a score >6 in the tuck jump test) were purposefully selected and randomly divided into two groups of training (n=12) and control (n=12). before and after neuromuscular training, static balance was evaluated using the Stork test and the dynamic balance was evaluated using the Y balance test. Also, the jump-landing mechanics was evaluated with the tuck jump test. The training group participated in the neuromuscular training program for six weeks (3 sessions per week) while the control group did not receive any intervention. Data were analyzed using the Shapiro-Wilk test, analysis of covariance, and paired t-test in SPSS software, version 22. P<0.05 was considered statistically significant.

Results The results showed that, after neuromuscular training, the stork test time (static balance; P=0.001) and the reach distance in the Y balance test (dynamic balance; P=0.001) significantly increased and the error rate in the tuck jump test (jump-landing mechanics; P=0.002) significantly decreased in the training group compared to the control group (P<0.05).

Conclusion Neuromuscular training is recommended to improve the static and dynamic balance and jump-landing mechanics and consequently prevent ACL injury in male football players.

Keywords Neuromuscular training, Balance, Jump-landing mechanics, Football, Anterior cruciate ligament

Received: 21 Sep 2024

Accepted: 15 Oct 024

Available Online: 20 Jan 2025

* Corresponding Author:

Sadredin Shojaedin, Professor.

Address: Department of Biomechanics and Sports Pathology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (21) 22228001

E-Mail: sa_shojaedin@yahoo.com



Copyright © 2025 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 a major concern in the field of sports medicine. Athletes with ACL injury experience various functional impairments, including a decrease in the quality of jumping and turning movements, the inability to decelerate, and impairment in performing other dynamic movements that are necessary for sports. These injuries may be due to impaired balance. Balance is a key factor for sports performance. Balance is the ability to maintain postural stability while performing functional activities, and this ability is responsible for the correct and regular execution of techniques and injury prevention.

Neuromuscular training is safe and cost-effective method for improving neuromuscular control in different lower limbs, and can be used to correct musculoskeletal impairments and, subsequently, prevent the complications of these impairments. Since biomechanical changes play an important role in the occurrence of ACL injury, objective and performance-based assessments are needed to identify potential biomechanical problems in the lower limbs. The present study aims to investigate the effect of a neuromuscular training program on static and dynamic balance and jump-landing mechanics in male football players with high risk of ACL injury.

Materials and Methods

This is a quasi-experimental study with a pre-test/post-test design. The study population consists of male football players with high risk of ACL injury in Tehran, Iran. Using a purposive sampling method, 24 players who with a score >6 in the tuck jump test (indicating high risk of ACL injury) were selected. Inclusion criteria were a score >6 in the tuck jump test, age 20-30 years, BMI 20-25 kg/m², at least 3 years of playing football, no history of injury or surgery in knee, ankle and lumbar joints), a written consent to participate in the study. They were randomly divided into two groups of training (n=12) and control (n=12). Before and after training, static balance was evaluated using the Stork test and the dynamic balance was evaluated using the Y balance test. Also, the jump-landing mechanics was evaluated with the tuck jump test. The training group participated in the neuromuscular training program for six weeks (3 sessions per week), while the control group did not receive any intervention. Data were analyzed with Shapiro-Wilk test, analysis of covariance,

and paired t test in SPSS software, version 22. $P < 0.05$ was considered statistically significant.

Results

The paired t-test results showed that, after neuromuscular training, the stork test time (static balance; $P=0.001$) and the reach distance in the Y balance test (dynamic balance; $P=0.001$) significantly increased and the error rate in the tuck jump test (jump-landing mechanics; $P=0.002$) significantly decreased in the training group compared to the control group ($P < 0.05$). In the control group, no significant difference was observed in any variables between the pre-test and post-test phases ($P > 0.05$).

Conclusion

Neuromuscular training has a positive effect on some risk factors of ACL injury (static and dynamic balances and jump-landing mechanics) in male football players. Therefore, it can be effective in preventing ACL injuries by improving balance and jumping and landing techniques, leading to improved sports performance. Therefore, coaches are encouraged to use neuromuscular training to ACL injury in their players.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

Ethical approval was obtained from the Research Ethics Committee of [Kharazmi University](#) (Code: IR-KHU.KRC.1000.167). All ethical principles, such as obtaining informed consent from the participants, the confidentiality of their information and their right to leave the study, were observed.

Funding

This study was extracted from the master thesis of the Reza Mohammadi Dehcheshmeh, approved by Faculty of Physical education and Sport Science, [Kharazmi University](#), Tehran, Iran. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

All authors contributed equally to the conception and design of the study, data collection and analysis, interpretation of the results, and drafting of the manuscript. Each author approved the final version of the manuscript for submission.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.



مقاله پژوهشی

اثر یک دوره تمرینات عصبی عضلانی بر تعادل ایستا، پویا و مکانیک پرش فرود در مردان فوتبالیست با ریسک بالای آسیب رباط صلیبی قدامی

رضا محمدی ده‌چشمه^۱، صدرالدین شجاع‌الدین^۱، علی عباسی^۱

۱. گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.



Citation Dehcheshmeh RM, Shojaedin S, Abbasi A. The Effects of Neuromuscular Training on Balance and Jump-landing Mechanics in Male Football Players at High Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2025; 13(6):1164-1179. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.6.3298>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.6.3298>

چکیده

مقدمه و اهداف برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی به‌منظور اصلاح یا حذف عوامل خطر ساز و کاهش بروز آسیب اجرا می‌شوند. تمرینات عصبی عضلانی با تمرکز بر فعالیت‌های متنوع، نقش مهمی در بهبود کنترل عصبی عضلانی دارند. بنابراین هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر تمرینات عصبی عضلانی بر تعادل ایستا، پویا و مکانیک پرش فرود در مردان فوتبالیست با ریسک بالای آسیب رباط صلیبی قدامی است.

مواد و روش‌ها در این تحقیق نیمه‌تجربی، ۲۴ نفر از مردان فوتبالیست با ریسک بالای آسیب رباط صلیبی قدامی (افرادی که در آزمون پرش تاک امتیاز بیشتر از ۶ کسب کرده بودند) به‌صورت هدفمند انتخاب شدند و به‌طور تصادفی در ۲ گروه آزمایش (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) قرار گرفتند. پیش از شروع تمرینات عصبی عضلانی، از همه آزمودنی‌ها ارزیابی تعادل ایستا، پویا و مکانیک پرش فرود به‌عمل آمد. اعضای گروه آزمایش به مدت ۶ هفته (۳ جلسه در هفته) در برنامه تمرینات عصبی عضلانی شرکت کردند. درحالی‌که گروه کنترل هیچ‌گونه مداخله‌ای را دریافت نمی‌کرد. پس از پایان تمرینات، همه آزمودنی‌ها دوباره مورد ارزیابی قرار گرفتند. داده‌ها با آزمون‌های آماری شاپیروویلیک، تحلیل کوواریانس و تی زوجی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ تجزیه و تحلیل شدند ($P \leq 0.05$).

یافته‌ها نتایج نشان داد تمرینات عصبی عضلانی در گروه آزمایش به‌طور معنی‌داری باعث افزایش زمان آزمون لک‌لک در متغیر تعادل ایستا ($P=0.001$)، افزایش میزان دسترسی آزمون ۷ در متغیر تعادل پویا ($P=0.001$) و همچنین کاهش خطای آزمون پرش تاک در متغیر مکانیک پرش فرود ($P=0.002$) شده است. بنابراین متغیرهای تعادل ایستا، تعادل پویا و مکانیک پرش فرود در گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل به‌طور معنی‌داری بهبود یافته است ($P \leq 0.05$).

نتیجه‌گیری باتوجه‌به یافته‌های تحقیق، استفاده از تمرینات عصبی عضلانی را می‌توان به‌منظور بهبود تعادل ایستا، پویا و مکانیک پرش فرود و در نهایت، پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی توصیه کرد.

کلیدواژه‌ها تمرینات عصبی عضلانی، تعادل، مکانیک پرش فرود، فوتبالیست، رباط صلیبی قدامی

تاریخ دریافت: ۳۱ شهریور ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۲۴ مهر ۱۴۰۳
تاریخ انتشار: ۰۱ بهمن ۱۴۰۳

* نویسنده مسئول:

دکتر صدرالدین شجاع‌الدین

نشانی: تهران، دانشگاه خوارزمی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی.

تلفن: ۰۱۱ ۲۲۲۲۸۰۰۱ (۲۱) ۹۸+

رایانامه: sa_shojaedin@yahoo.com



Copyright © 2025 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 و اهداف

بر معیار است که برای شناسایی نقص‌های تکنیک پرش فرود در طول یک فعالیت پلایومتریک دوطرفه طراحی شده است. در این آزمون از یک معیار امتیازدهی ۱۰ امتیازی برای شناسایی اختلالات عصبی-عضلانی استفاده می‌شود. اعتقاد بر این است که ماهیت پیوسته و تکراری پرش‌های تاک با حداکثر ارتفاع به مدت ۱۰ ثانیه منعکس‌کننده نیروهایی است که به‌طور منظم در طول فعالیت‌های ورزشی تجربه می‌شوند. همچنین تجزیه و تحلیل حرکات در پرش تاک می‌تواند معیار حساس‌تری از خطر آسیب رباط صلیبی قدامی را در مقایسه با معیار امتیازدهی ذهنی ارائه دهد [۱۰]. هرینگتون و همکاران گزارش کرده‌اند افرادی که نمره ۶ یا بالاتر در این آزمون کسب کنند، در معرض خطر بروز آسیب قرار دارند و باید در برنامه‌های پیشگیری از آسیب شرکت کنند [۱۱].

برنامه‌های پیشگیری از آسیب‌های ورزشی با موفقیت، عوامل خطر عصبی-عضلانی را اصلاح کرده و آسیب‌ها را در طیف گسترده‌ای از ورزش‌ها کاهش داده است [۱۲]. تمرینات عصبی-عضلانی برای بهبود کنترل عصبی-عضلانی در سگمان‌های مختلف اندام تحتانی اثرگذاری دارند و به سبب ایمن و کم‌هزینه بودن می‌توان از آن‌ها برای اصلاح اختلال‌های اسکلتی-عضلانی و متعاقب آن، پیشگیری از عوارض این اختلال‌ها بهره جست [۱۳]. همچنین برنامه‌های تمرینی عصبی-عضلانی بیومکانیک اندام تحتانی را بهبود می‌بخشد و خطر آسیب‌های اولیه رباط صلیبی قدامی را کاهش می‌دهد [۱۴]. برخی از محققان تمرینات عصبی-عضلانی را به عنوان برنامه‌های چندمداخله‌ای با ترکیبی از تعادل، اغتشاش، پلایومتریک، چابکی و تمرینات ورزشی خاص توصیف می‌کنند [۱۵]. نعمتی و همکاران در تحقیق خود گزارش دادند اجرای تمرینات پیشگیری از آسیب‌های زانو می‌تواند باعث بهبود تعادل ایستا و پویا شود و در پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی مؤثر باشد [۱۶]. همچنین در تحقیق کلانتریان و همکاران عنوان شد تمرینات اصلاح الگوی حرکتی می‌تواند با بهبود تعادل و کنترل حرکتی مفصل زانو، به‌عنوان رویکردی اثرگذار در پیشگیری از آسیب‌های زانو در نظر گرفته شود [۱۷]. باین‌حال، اثربخشی کلی تمرینات پیشگیرانه باتوجه به افزایش کنترل عصبی-عضلانی و جلوگیری از آسیب‌های رباط صلیبی قدامی در ورزشکاران باید مورد بررسی بیشتر قرار گیرد [۱۸]. علاوه بر این مشخص نشده است که کدام برنامه مؤثرتر است و چگونه یک برنامه باید برنامه‌ریزی شود و مشخص نیست کدام جزء بیومکانیکی پروتکل نقش مهمی‌تری را ایفا می‌کند [۱۹]. همچنین باتوجه به میزان شیوع آسیب‌های رباط صلیبی قدامی و اختلالات و مشکلاتی که در پی آن بروز می‌کند، انجام چنین تحقیقی علاوه بر گسترده کردن دامنه تحقیقات پیشین می‌تواند برای ایجاد رویکرد مناسب در برنامه‌های پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی ایفای نقش کند. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر یک دوره تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل ایستا،

آسیب رباط صلیبی قدامی یک نگرانی اصلی در زمینه پزشکی ورزشی است. افرادی که دچار اختلال رباط صلیبی قدامی هستند، اختلالات عملکردی مختلفی، از جمله کاهش کیفیت حرکات پرشی و چرخشی، ناتوانی در کاهش سرعت و اختلال در انجام سایر حرکات پویای لازم برای ورزش را تجربه می‌کنند [۱]. آسیب رباط صلیبی قدامی در ورزش فوتبال تهدیدکننده حرفه بازیکن است. طول درمان پس از پارگی کامل رباط صلیبی قدامی بسیار متغیر است، اما اغلب بین ۹ تا ۱۲ ماه توان بخشی نیاز دارد. علاوه بر این، اخیراً در مطالعه‌ای بر روی فوتبالیست‌های حرفه‌ای عنوان شده است ۳ سال پس از چنین آسیبی، تنها ۶۵ درصد از بازیکنان به رقابت در سطح بالا بازگشته‌اند. همچنین نگرانی دیگر در آسیب رباط صلیبی قدامی افزایش احتمال شروع زود هنگام استئوآرتریت زانو است [۲]. سالانه حدود ۲۰۰۰۰۰ آسیب رباط صلیبی قدامی در ایالات متحده رخ می‌دهد که نشان‌دهنده میزان بالای شیوع این آسیب است [۳]. سیستم نظارت بر آسیب انجمن ملی ورزشکاران دانشگاهی آمریکا گزارش داد میزان آسیب رباط صلیبی قدامی برای ورزشکاران زن ۱/۴۵ و برای ورزشکاران مرد ۰/۶ در هر ۱۰۰۰۰ مواجهه ورزشی است [۴].

آسیب‌های زانو، به‌ویژه آسیب‌های غیرتماسی رباط صلیبی قدامی که در حرکات برشی و پرشی رخ می‌دهند، ممکن است به دلیل عدم تعادل باشد. تعادل یک عامل کلیدی برای عملکرد ورزشکاران است. تعادل توانایی حفظ ثبات وضعیتی در حین انجام فعالیت‌های عملکردی است و این توانایی مسئول اجرای صحیح و منظم مهارت‌های ورزشی و پیشگیری از آسیب است [۵]. رابطه بین تعادل و آسیب رباط صلیبی قدامی یک رابطه معکوس است. این عامل یکی از مهارت‌های بسیار مهم در فوتبال است که توانایی کنترل پایداری پویای بدن، یعنی بازگشت به حالت ایستا و پایدار از حالت پویا و ناپایدار را در طول مسابقات ورزشی فراهم می‌کند [۶]. به نظر می‌رسد تعادل خوب در عملکرد کنترل عصبی-عضلانی مؤثر است و درعین حال یک ویژگی متمایز برای بازیکنان سطح بالا در نظر گرفته می‌شود [۷].

آسیب رباط صلیبی قدامی در حین والگوس پویای اندام تحتانی رخ می‌دهد که معمولاً شامل ترکیبی از اداکشن و چرخش داخلی ران، اداکشن زانو، چرخش بیرونی و جابه‌جایی قدامی تیبیا، و اورژن مچ پا می‌شود. مکانیسم‌های حاکم بر آسیب‌های رباط صلیبی قدامی در ورزشکاران با کنترل ضعیف عصبی-عضلانی که منجر به تغییر بیومکانیک اندام تحتانی می‌شود، مرتبط است [۸]. از آنجایی که تغییرات بیومکانیکی نقش مهمی در خطر آسیب رباط صلیبی قدامی ایفا می‌کنند، ارزیابی‌های عینی و مبتنی بر عملکرد برای شناسایی نقص‌های بالقوه بیومکانیکی در اندام تحتانی نیاز است [۹]. آزمون پرش تاک یک ابزار غربالگری مبتنی

پویا و مکانیک پرش فرود در مردان فوتبالیست با ریسک بالای آسیب رباط صلیبی قدامی است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر باتوجه به ماهیت و شکل اجرای آن از نوع نیمه تجربی و کاربردی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. جامعه آماری تحقیق حاضر را مردان فوتبالیست با ریسک بالای آسیب رباط صلیبی قدامی در لیگ دسته اول فوتبال استان تهران تشکیل داده است. ۲۴ نفر به‌عنوان نمونه آماری از بین جامعه آماری ذکر شده انتخاب شدند. از روش نمونه‌گیری هدفمند برای انتخاب نمونه استفاده شد. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی پاور^۱ با سطح معناداری ۵ صدم ($\alpha=0/05$)، توان آماری ۸۰ درصد ($\beta=0/2$) و اندازه اثر $d=0/6$ برابر ۲۴ نفر تعیین شد. در این تحقیق مداخله‌ای، افرادی که به‌صورت داوطلبانه در مطالعه شرکت کردند، توسط آزمون پرش تاک مورد غربالگری قرار گرفتند. افرادی که در آزمون پرش تاک نمره بیشتر از ۶ را کسب کردند به‌عنوان افراد دارای ریسک بالای آسیب رباط صلیبی قدامی در نظر گرفته شدند (تصویر شماره ۱) [۲۰]. تحقیقات انجام‌شده نشان داده‌اند هنگامی که آزمون پرش تاک از روی ویدئو تجزیه و تحلیل می‌شود، پایایی درون‌آزمونگر و بین‌آزمونگر بسیار خوبی را نشان می‌دهد (پایایی بین‌آزمونگر ۰/۹۳ و پایایی درون‌آزمونگر ۰/۸۷). این آزمون به مریبان در تشخیص نقص‌های موجود در تکنیک پرش فرود ورزشکاران و ارزیابی تأثیر تمرینات کمک می‌کند. در تحقیق حاضر، افراد با استفاده از روش مشاهده‌ای و همچنین ضبط فیلم پرش و فرم ارزیابی پرش تاک ارزیابی شدند. پس از انجام آزمون، از نرم‌افزار کینوویا^۲ (نسخه ۰/۹/۵) برای بررسی جزئیات پرش استفاده شد (تصویر شماره ۲) [۱۱].

پس از غربالگری، برای شناسایی نمونه‌ها از فرم جمع‌آوری اطلاعات استفاده شد. این فرم شامل اطلاعاتی درباره ویژگی‌های شخصی (قد، وزن، سن و شاخص توده بدنی) سابقه آسیب و سابقه ورزشی آزمودنی‌ها بود. معیارهای ورودی آزمودنی‌ها شامل کسب نمره بیشتر از ۶ در آزمون پرش تاک، دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال، شاخص توده بدنی بین ۲۰ تا ۲۵، حداقل ۳ سال سابقه ورزشی در رشته فوتبال و همچنین نداشتن آسیب یا سابقه جراحی در مفاصل زانو، مچ پا و کمر بود. معیارهای خروج از تحقیق شامل شرکت نکردن بیش از ۳ جلسه در برنامه تمرینی، استفاده از داروهای اعصاب یا سایر داروها در طول انجام پژوهش و تمایل نداشتن به ادامه شرکت در تحقیق بود. ۲۴ نفر از افراد واجد شرایط به‌صورت تصادفی در ۲ گروه آزمایش و کنترل (هر گروه شامل ۱۲ نفر) تقسیم شدند و فرم رضایت‌نامه کتبی از آنان اخذ شد. سپس پیش‌آزمون ارزیابی تعادل ایستا، پویا و مکانیک پرش فرود در هر دو گروه انجام شد. ۲ روز پس از انجام

ارزیابی‌ها، اعضای گروه آزمایش به مدت ۶ هفته و هفته‌ای ۳ جلسه به اجرای برنامه تمرینات عصبی-عضلانی پرداختند. برنامه تمرینات عصبی-عضلانی به تأیید پزشک متخصص رسیده بود. در این مطالعه ملاحظات اخلاقی رعایت شد و کد اخلاق IR-KHU.167/1000(KRC)) از دانشگاه خوارزمی تهران دریافت شد.

۶ هفته تمرینات عصبی-عضلانی مطابق با برنامه تمرینی کویتو و همکاران بود (جدول شماره ۱) [۲۱]. این تمرینات ترکیبی از تمرینات تعادلی، اغتشاشی، حس عمقی، پلايومتریک و مخصوص رشته ورزشی فوتبال بود (تصویر شماره ۳). در برنامه تمرینی برای افزایش ناپایداری از سطوح فوم پایدار و دیسک تعادلی استفاده شد. شدت و سختی تمرینات در ۳ درجه تنظیم شد؛ هر تمرین در طی ۳ مرحله پیش‌رونده از ۱ به‌عنوان ساده‌ترین تا ۳ به‌عنوان مشکل‌ترین مرحله انجام شد. شدت هر تمرین براساس میزان ناپایداری سطوح و باز یا بسته بودن چشم‌ها تغییر می‌کرد و برای اثربخشی بیشتر، اصل اضافه‌بار با افزایش تکرار، زمان و تغییر نوع تمرین رعایت شد. مدت‌زمان هر جلسه تمرین شامل ۵ تا ۱۰ دقیقه گرم کردن ۲۰ تا ۲۵ دقیقه اجرای تمرینات و ۵ تا ۱۰ دقیقه سرد کردن بود [۱۵]. ۲ روز پس از پایان ۶ هفته تمرینات عصبی-عضلانی، تعادل ایستا، پویا و مکانیک پرش فرود مجدداً مورد ارزیابی قرار گرفت.

از آزمون لک‌لک جهت ارزیابی تعادل ایستا استفاده شد (تصویر شماره ۴). تست تعادل لک‌لک یک تست معتبر برای ارزیابی تعادل ایستا است. برای این تست، آزمودنی‌ها روی پای برتر می‌ایستادند. سپس از آن‌ها خواسته می‌شد که پای دیگر را در قسمت داخلی زانوی اندام ایستاده قرار دهند. درحالی‌که دست‌ها روی ران قرار می‌گیرند. از آزمودنی‌ها خواسته می‌شد درحالی‌که پاشنه پای خود را از زمین بلند می‌کنند و روی سینه پای خود می‌ایستند، این وضعیت را حفظ کنند. این وضعیت تا زمانی ادامه پیدا می‌کرد که پاشنه پای درگیر به زمین برسد یا دست‌ها از لگن خارج شوند یا پای دیگر از روی پای ایستاده بلند شود. زمان تست (برحسب ثانیه) با استفاده از کرونومتر انجام شد. هر آزمودنی باید ۳ کوشش را با فاصله زمانی ۱۵ ثانیه استراحت انجام می‌داد. بهترین زمان با استفاده از کرونومتر برحسب ثانیه به‌عنوان امتیاز ثبت شد. افزایش زمان ثبت‌شده نشان‌دهنده بهبود تعادل ایستا بود [۲۲]. مقدار پایایی آزمون لک‌لک توسط نلسون و جانسون (۰/۸۷) ثبت شده است [۲۳].

آزمون تعادلی ۷ جهت ارزیابی تعادل پویا با پایایی (۰/۹۱) استفاده شد (تصویر شماره ۵). این آزمون با طول پا رابطه معنی‌داری دارد. به‌منظور اجرای این آزمون و نرمال کردن اطلاعات طول واقعی پا از خار خاصه قدامی فوقانی تا قوزک داخلی در حالت خوابیده به حالت طاق‌باز روی زمین اندازه‌گیری می‌شود. در این آزمون ۳ جهت (قدامی، خلفی داخلی و خلفی خارجی) در یک صفحه مرکزی قرار گرفته‌اند که توسط نوارهای درجه‌بندی شده

1. G. Power
2. Inovea

زوجی^۴ به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. در ضمن سطح اطمینان آزمون ۹۵ درصد و میزان معناداری برای همه روش‌های آماری ($P \leq 0.05$) دوسویه در نظر گرفته شده است.

یافته‌ها

مشخصات فردی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی در هر گروه، در **جدول شماره ۲** ارائه شده است. میان ۲ گروه در هیچ‌یک از ویژگی‌های آماری معنی‌داری وجود نداشت.

با استفاده از آزمون تی مستقل، برابری پیش‌آزمون متغیرهای تعادل ایستا، پویا و مکانیک پرش فرود در ۲ گروه کنترل و آزمایش بررسی شد. نتایج **جدول شماره ۳** نشان می‌دهد گروه‌ها در پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری نداشتند که نشان‌دهنده همگن بودن گروه‌ها است ($P > 0.05$).

از آزمون تحلیل کوواریانس برای مقایسه ۲ گروه در مرحله پس‌آزمون با کنترل اثر پیش‌آزمون استفاده شد. نتایج **جدول شماره ۴** نشان می‌دهد، در ارزیابی تعادل ایستا، پویا و مکانیک پرش فرود تفاوت معناداری میان دو گروه آزمایش و کنترل وجود دارد ($P \leq 0.05$).

برای بررسی تفاوت ۲ گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، به صورت مجزا از آزمون تی زوجی استفاده شد. نتایج این آزمون در **جدول شماره ۵** ارائه شده است. نتایج این آزمون نشان می‌دهد ۶ هفته تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل ایستا، پویا و مکانیک پرش فرود در گروه آزمایش تأثیر معنی‌داری داشته است ($P \leq 0.05$). تمرینات عصبی-عضلانی در گروه آزمایش به طور معنی‌داری باعث افزایش زمان آزمون لکلک در متغیر تعادل ایستا ($P = 0.001$)، افزایش میزان دسترسی آزمون ۷ در متغیر تعادل پویا ($P = 0.001$) و همچنین کاهش خطای آزمون پرش تاک در متغیر مکانیک پرش فرود ($P = 0.002$) شده است. همچنین در گروه کنترل، میان تعادل ایستا، پویا و مکانیک پرش فرود در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است ($P > 0.05$).

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد ۶ هفته تمرینات عصبی-عضلانی بر تعادل ایستا، پویا و مکانیک پرش فرود در مردان فوتبالیست با ریسک بالای آسیب رباط صلیبی قدامی تأثیر مثبت داشته است. روش‌های تمرینی که بر عملکرد تمرینی ورزشکاران تأثیر می‌گذارند و خطر آسیب‌های ورزشی را کاهش می‌دهند، مدت‌ها مورد توجه علم ورزش در جهان بوده است. بیشتر برنامه‌های تمرینی عصبی-عضلانی برای ورزشکاران جوان بر

مشخص شده‌اند. زاویه بین ۲ جهت خلفی داخلی و خلفی خارجی برابر با ۹۰ درجه و زاویه بین جهت قدامی با هریک از ۲ جهت دیگر ۱۳۵ درجه تنظیم شد. قبل از شروع آزمون، آزمودنی با پای برتر (به صورت تک پا) در صفحه تلاقی ۳ جهت می‌ایستاد و تا آنجا که مرتکب خطاهای اجراء مانند حرکت کردن پا از صفحه تلاقی ۳ جهت، تکیه کردن بر روی پای که عمل دستیابی را انجام می‌دهد و افتادن آزمودنی نمی‌شد، عمل دستیابی را انجام می‌داد و به حالت طبیعی روی دو پا بازمی‌گشت. فاصله‌ای که آزمودنی نشانگر را جابه‌جا کرده بود، به عنوان دستیابی او ثبت می‌شد. آزمون برای هر آزمودنی ۳ بار تکرار شد و بهترین رکورد تقسیم بر طول پا و در عدد ۱۰۰ ضرب می‌شد تا فاصله دستیابی بر حسب درصد طول پا به دست آید. افزایش میزان دستیابی در تست تعادلی ۷ نشان‌دهنده بهبود در تعادل پویا است [۲۴].

از آزمون پرش تاک برای ارزیابی مکانیک پرش فرود استفاده شد (**تصویر شماره ۲**). آزمون پرش تاک یک روش معتبر و قابل اعتماد با ضریب پایایی (۰/۹۴ تا ۰/۹۶) جهت ارزیابی و تشخیص نقص‌های عصبی-عضلانی وابسته به آسیب رباط صلیبی قدامی است. این آزمون شامل انجام پرش‌های مداوم با حداکثر ارتفاع برای ۱۰ ثانیه است و دارای ۱۰ آیتم و تفسیر سیستم امتیازدهی (صفر و ۱) است که اطلاعات جامعی در مورد افراد با خطر آسیب رباط صلیبی قدامی فراهم می‌کند. در این تست هرچه امتیاز کسب‌شده پایین‌تر باشد، مکانیک پرش فرود به شرایط ایده‌آل نزدیک‌تر و احتمال بروز آسیب رباط صلیبی قدامی کمتر است [۲۵]. هر فرد ۳ بار آزمون را با فاصله ۱ دقیقه اجرا می‌کرد و بهترین اجرای فرد به عنوان نمره فرد در آزمون محاسبه می‌شد. در این آزمون به حرکات خطا نمره ۱ و حرکات صحیح نمره صفر تعلق می‌گرفت. خطاها: ۱. والگوس اندام تحتانی در هنگام فرود؛ ۲. عدم برابری ران‌ها در نقطه اوج پرش (نمای قدامی)؛ ۳. عدم برابری پاها در نقطه فرود (فاصله طولی)؛ ۴. پاها در هنگام فرود کمتر یا بیشتر از عرض شانه باز هستند؛ ۵. صدای بیش از حد پاها در لحظه فرود؛ ۶. عدم برابری ران‌ها از نمای جانبی؛ ۷. هم‌زمان نبودن برخورد پاها با زمین؛ ۸. مکث بین پرش‌ها؛ ۹. افت تکنیک پرش فرود در طول ۱۰ ثانیه؛ ۱۰. عدم فرود در منطقه تعیین شده. به منظور ثبت و بررسی دقیق حرکات، ۲ دوربین با فاصله ۳ متر و ارتفاع ۱ متر در نمای ساجیتال و فرونتال آزمودنی قرار گرفته بود [۲۶]. پس از انجام آزمون، از نرم‌افزار کینوویا (نسخه ۰/۹/۵) برای بررسی جزئیات پرش استفاده شد.

برای محاسبات و تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری خام از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلیک استفاده شد. با تأیید نرمال بودن توزیع داده‌ها، از روش‌های آمار استنباطی تحلیل کوواریانس^۳ و تی



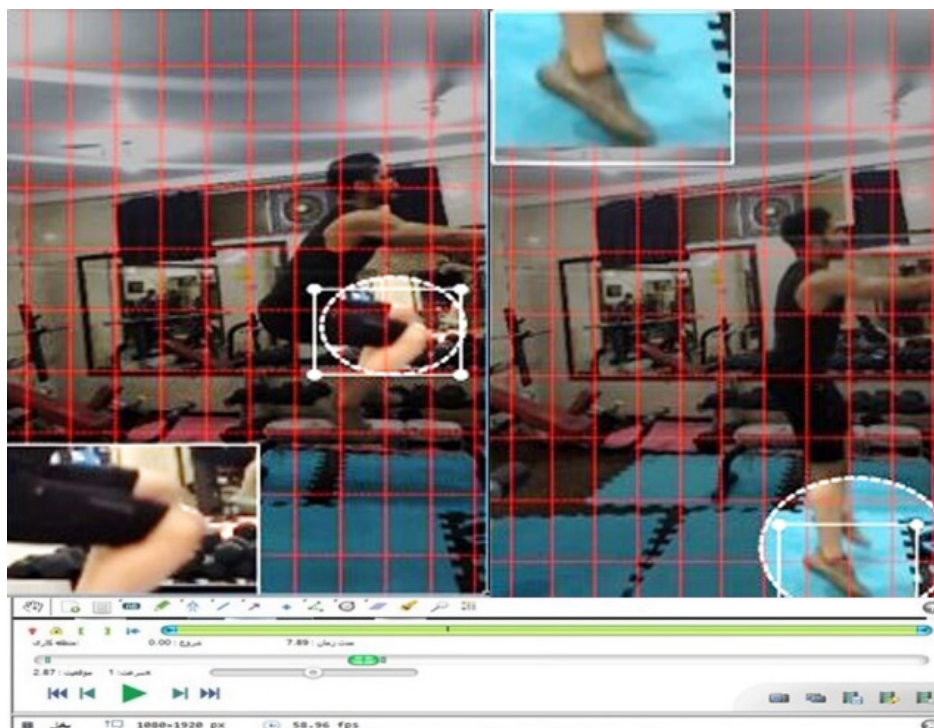
تصویر ۱. آزمون پرش تاک

طب توانبخشی

با اعمال فعالیت‌های متنوع، دائماً بازیکنان را به چالش می‌کشند [۳۱] و به‌طور مؤثر با ترکیب مؤلفه‌های متعددی مانند تعادل، قدرت، پلايومتریك، سرعت و تمرین مقاومتی در بهبود عملکرد ورزشکاران و درعین‌حال جلوگیری از آسیب مؤثر هستند [۲۷].

در تحقیق حاضر نتایج نشان داد تمرینات عصبی عضلانی باعث بهبود تعادل ایستا در مردان فوتبالیست شده است. تمریناتی نظیر تمرینات عصبی عضلانی نیازمند پاسخ‌های کنترل حرکتی در سطح ساقه مغز هستند. با استفاده از این تمرینات

پیشگیری از آسیب تمرکز دارد [۲۷]. تعدادی از محققان تمرینات عصبی عضلانی را تمریناتی برای بهبود تعادل و ثبات توصیف می‌کنند، درحالی‌که تعدادی دیگر این تمرینات را به‌عنوان یک برنامه چند مداخله‌ای تعریف می‌کنند [۲۸، ۲۹]. بااین‌حال تحقیقات نشان می‌دهد مؤثرترین تمرینات، تمریناتی هستند که اجزای مختلفی را دربر گیرند [۳۰]. به همین دلیل است که محققان تمرینات عصبی عضلانی را با تمرکز بر ثبات، چابکی، هماهنگی و پلايومتریك معرفی کرده‌اند و این تمرینات



تصویر ۲. ارزیابی پرش تاک توسط نرم‌افزار کینویا

طب توانبخشی

جدول ۱. پروتکل تمرینات عصبی-عضلانی

هفته	تمرین	دوره	تکرار	زمان (ثانیه)	زمان استراحت بین دوره‌ها (ثانیه)
اول و دوم	پرش جفت پا به ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و فرود بر روی زمین با چشمان باز	۳	۸	-	۳۰ تا ۴۵ ثانیه
	ایستادن تک پا بر روی زمین با چشمان باز		-	۱۰	
	ایستادن تک پا بر روی زمین با چشمان بسته		-	۱۰	
	اسکات تک پا بر روی زمین با چشمان باز		-	۱۰	
سوم و چهارم	فرود تک پا از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر بر روی زمین با چشمان باز	۳	۱۰	-	۳۰ تا ۴۵ ثانیه
	ایستادن تک پا بر روی زمین و ضربه به توپ پرتابی با سر		-	۱۰	
	ایستادن تک پا بر روی زمین و ضربه به توپ پرتابی با پای دیگر		-	۱۰	
	اسکات تک پا بر روی زمین و لمس شیء در فاصله ۵۰ سانتی‌متری		-	۳	
پنجم و ششم	ایستادن تک پا بر روی زمین و وارد کردن نیروی خارجی در جهات مختلف	۳	۴	-	۳۰ تا ۴۵ ثانیه
	پرش جفت پا به ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و فرود بر روی فوم با چشمان باز		-	۱۰	
	ایستادن تک پا بر روی فوم با چشمان باز		-	۱۵	
	ایستادن تک پا بر روی فوم با چشمان بسته		-	۱۵	
پنجم و ششم	اسکات تک پا بر روی فوم با چشمان باز	۳	۱۲	-	۳۰ تا ۴۵ ثانیه
	فرود تک پا از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر بر روی فوم با چشمان باز		-	۱۲	
	ایستادن تک پا بر روی فوم و ضربه به توپ پرتابی با سر		-	۱۲	
	ایستادن تک پا بر روی فوم و ضربه به توپ پرتابی با پای دیگر		-	۱۲	
پنجم و ششم	اسکات تک پا بر روی زمین و لمس شیء در فاصله ۷۵ سانتی‌متری	۳	۵	-	۳۰ تا ۴۵ ثانیه
	ایستادن تک پا بر روی فوم و وارد کردن نیروی خارجی در جهات مختلف		-	۸	
	پرش جفت پا به ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و فرود بر روی فوم با چشمان بسته		-	۱۲	
	ایستادن تک پا بر روی دیسک تعادل با چشمان باز		-	۲۰	
پنجم و ششم	ایستادن تک پا بر روی دیسک تعادل با چشمان بسته	۳	۲۰	-	۳۰ تا ۴۵ ثانیه
	اسکات تک پا بر روی دیسک تعادل با چشمان بسته		-	۲۰	
	فرود تک پا از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر بر روی فوم با چشمان بسته		-	۱۵	
	ایستادن تک پا بر روی دیسک تعادل و ضربه به توپ پرتابی با سر		-	۱۵	
پنجم و ششم	ایستادن تک پا بر روی دیسک تعادل و ضربه به توپ پرتابی با پای دیگر	۳	۱۵	-	۳۰ تا ۴۵ ثانیه
	اسکات تک پا بر روی دیسک تعادل و لمس شیء در فاصله ۷۵ سانتی‌متری		-	۷	
	ایستادن تک پا بر روی دیسک تعادل و وارد کردن نیروی خارجی در جهات مختلف		-	۱۲	

طب توانبخشی

به علاوه، تمرینات تعادلی می‌توانند باعث افزایش سازگاری‌های عصبی-عضلانی و بهبود الگوی هم‌انقباضی در عضلات آگونیست و آنتاگونیست شوند که در نهایت به افزایش تعادل منجر می‌شود [۳۲].

می‌توان کنترل حرکت را در همه سطوح آن بهبود داد که این امر از اصول مهم توان‌بخشی تعادل و حس عمقی است؛ زیرا کنترل حرکتی مناسب، نیازمند پاسخ‌های رفلکسی در سطح نخاع، عکس‌العمل‌های وضعیتی و تعادلی خودکار در سطح ساقه مغز و پاسخ‌های آگاهانه در سطح کورتکس است [۱۳].

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های عمومی شرکت‌کنندگان (n=۱۲)

P	میانگین ± انحراف معیار		متغیر
	آزمایش	کنترل	
۰/۲۴۲	۲۳/۹۱ ± ۱/۷۸	۲۴/۸۳ ± ۱/۹۴	سن (سال)
۰/۷۱۵	۱۷۹/۸۳ ± ۶/۸۹	۱۷۸/۸۳ ± ۶/۳۰	قد (متر)
۰/۴۵۰	۷۹/۸۳ ± ۸/۴۲	۷۶/۹۱ ± ۱۰/۰۸	وزن (کیلوگرم)
۰/۵۷۷	۲۴/۷۷ ± ۳/۰۲	۲۴/۰۷ ± ۳/۰۱	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)
۰/۶۴۹	۶/۵۸ ± ۰/۹۰	۶/۷۵ ± ۰/۸۶	نمره پرش تاک (تعداد خطا)

جدول ۳. نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه گروه‌ها در پیش‌آزمون (n=۱۲)

P	DF	T	متغیر
۰/۶۲۴	۲۲	۰/۴۹۸	تبادل ایستا (ثانیه)
۰/۴۴۶	۲۲	۰/۷۷۶	تبادل پویا (سانتی‌متر)
۰/۶۴۹	۲۲	۰/۴۶۲	مکانیک پرش فرود (پرش تاک)

معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

طب توانبخشی

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس برای مقایسه گروه‌ها در متغیر تبادل ایستا، پویا و مکانیک پرش فرود (n=۱۲)

P	مجدور میانگین	F	گروه	متغیر
۰/۰۰۰	۲۰۵/۴۳۸	۴۹/۳۱۷	پیش‌آزمون گروه	تبادل ایستا (ثانیه)
۰/۰۰۲*	۵۲/۰۶۱	۱۲/۴۹۸	پیش‌آزمون گروه	تبادل پویا (سانتی‌متر)
۰/۰۰۰	۳۱۳/۲۴۰	۶۸/۵۷۴	پیش‌آزمون گروه	مکانیک پرش فرود (پرش تاک)
۰/۰۰۳*	۵۲/۵۶۸	۱۱/۷۲۷	پیش‌آزمون گروه	پرش تاک
۰/۰۷۳	۱/۹۲۶	۳/۵۷۲	پیش‌آزمون گروه	پرش تاک
۰/۰۰۱*	۸/۴۷۴	۱۵/۷۱۵	پیش‌آزمون گروه	پرش تاک

معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

طب توانبخشی

معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

طب توانبخشی

جدول ۵. نتایج آزمون تی زوجی برای بررسی تاثیر تمرین بر متغیر تبادل ایستا، پویا و مکانیک پرش فرود (n=۱۲)

P	T	میانگین ± انحراف معیار		گروه	متغیر
		پس‌آزمون	پیش‌آزمون		
۰/۰۰۱*	۴/۲۰۷	۳۴/۵۸ ± ۳/۵۲	۳۱/۵۰ ± ۲/۹۰	آزمایش	تبادل ایستا (ثانیه)
۰/۶۵۸	۰/۴۵۶	۳۱/۰۰ ± ۳/۷۶	۳۰/۸۳ ± ۳/۶۱	کنترل	تبادل ایستا (ثانیه)
۰/۰۰۱*	۴/۴۲۳	۹۱/۷۵ ± ۳/۸۱	۸۸/۵۸ ± ۳/۵۷	آزمایش	تبادل پویا (سانتی‌متر)
۰/۸۶۲	۰/۱۷۸	۸۹/۹۲ ± ۴/۷۵	۸۹/۸۳ ± ۴/۲۸	کنترل	تبادل پویا (سانتی‌متر)
۰/۰۰۳*	۴/۰۰۰	۵/۲۵ ± ۰/۶۲	۶/۵۸ ± ۰/۹۰	آزمایش	مکانیک پرش فرود (پرش تاک)
۰/۱۹۱	۱/۳۹۳	۶/۵۰ ± ۰/۹۰	۶/۷۵ ± ۰/۸۶	کنترل	مکانیک پرش فرود (پرش تاک)

معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

طب توانبخشی



طب توانبخشی

تصویر ۳. بخش‌هایی از برنامه تمرینات عصبی-عضلانی (به ترتیب از راست به چپ: ایستادن تک پا بر روی دیسک تعادل، اسکات تک پا بر روی دیسک تعادل و لمس شی در فاصله ۷۵ سانتی‌متری، ایستادن تک پا بر روی دیسک تعادل و ضربه به توپ پرتابی با پا، ایستادن تک پا بر روی دیسک تعادل و ضربه به توپ پرتابی با سر)



طب توانبخشی

تصویر ۴. آزمون لک‌لک



طب توانبخشی

تصویر ۵. آزمون تعادلی ۲

نتایج تحقیق حاضر را می‌توان با نتایج برخی از پژوهش‌های پیشین همسو دانست که بیانگر تأثیر شیوه‌های گوناگون تمرین بدنی بر بهبود تعادل در ورزشکاران است. در تحقیقی که کریمی و همکاران (۲۰۱۴) انجام دادند عنوان کردند یک دوره برنامه تمرینی فشرده عصبی عضلانی ۳ هفته‌ای باعث بهبود تعادل ایستا می‌شود و از آنجاکه فاکتور آمادگی جسمانی تعادل، در افزایش پایداری بدن حین ورزش نقش مؤثری دارد و همچنین در کاهش خطر آسیب از اهمیت بالایی برخوردار است، تمرینات عصبی عضلانی می‌تواند به‌عنوان عاملی مؤثر در افزایش تعادل در نظر گرفته شود [۳۲]. یافته‌های مطالعه دانشجو و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد یک دوره برنامه پیشگیری از آسیب در فوتبال که شامل تعادل، ثبات مرکزی و اجزای کنترل عصبی عضلانی می‌شد منجر به بهبود عملکرد رفلکس کششی در نتیجه کاهش حرکات ناپایدار و بهبود تعادل ایستا می‌شود [۳۴]. همچنین در تحقیق الوبی و همکاران (۲۰۲۱) تمرینات ترکیبی و پلايومتریک باعث بهبود عملکرد و تعادل در بازیکنان فوتبالیست مرد زیر ۱۹ سال شد. آنان دلایل بهبود تعادل ایستا را ارتقای هماهنگی حرکتی عضلات اندام تحتانی و بهبود در حس عمقی و کنترل عصبی عضلانی عنوان کردند [۳۵].

از علل همخوانی پژوهش حاضر با مطالعات ذکر شده می‌توان به مشابه بودن تمرینات اشاره کرد؛ زیرا برنامه تمرینی به کار گرفته شده در پژوهش حاضر شامل انواع گوناگونی از تمرین‌های تعادلی، اغتشاشی، تمرینات قدرتی، حس عمقی و پلايومتریک بوده است. مطالعات دیگری نیز وجود دارد که نتایج آن‌ها با یافته‌های مطالعه حاضر همسو نیست. همامی و همکاران (۲۰۱۹) به دنبال تمرینات پلايومتریک و ترکیبی در هندبال‌بالیست‌های مرد زیر ۱۵ سال، تأثیر معنی‌داری در تعادل گزارش نکردند [۳۶]. همچنین بی و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیقی عنوان کردند ۸ هفته تمرینات حس عمقی با استفاده از بوسو می‌تواند به‌طور قابل توجهی قدرت مرکزی ژیمناست‌های ریتیمیک نخبه ۸ تا ۱۲ ساله را بهبود بخشد ولی تفاوت معنی‌داری در تعادل ایستا مشاهده نشده است [۳۷]. علت احتمالی تفاوت نتایج مطالعات مختلف می‌تواند به ناشستن توافق نظر درباره دستورالعمل‌های تمرینی مشخص با مدت، شدت و جنس آزمودنی‌ها و تعداد جلسات متنوع مربوط شود. علل دیگر می‌تواند شرکت کنندگان، سطح آمادگی جسمانی آنان و یا حتی زمان و مکان تمرینات متفاوت در مطالعات باشد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرینات عصبی عضلانی باعث افزایش معنی‌دار فاصله دست‌یابی گروه آزمایش در تست تعادلی ۷ شده است، در حالی که بدون تمرینات عصبی عضلانی، تغییر معنی‌داری در فاصله دست‌یابی گروه کنترل در تست تعادلی ۷ دیده نشد. در ارتباط با تعادل پویا و چگونگی اثربخشی تمرینات عصبی عضلانی می‌توان بیان کرد حفظ تعادل پویا در ورزش‌های مختلف، از جمله فوتبال و حتی فعالیت‌های روزمره زندگی ضروری است. حفظ تعادل در زنجیره حرکتی بسته، متکی به راهبردهای

حرکتی و بازخوردی هماهنگ در بین ران، زانو و مچ پا است و کاهش بازخوردهای آوران یا کاهش قدرت و ثبات مکانیکی هر مفصل می‌تواند تعادل را بر هم زند [۳۸]. تمرینات عصبی عضلانی به عمل پلاتنار فلکشن مچ پا کمک کرده و منجر به فعالیت کارآمدتر و ارسال تکانش‌های تسهیل‌کننده بهتر و قوی‌تری به دستگاه حرکتی جهت افزایش فاصله دست‌یابی در گروه عضلات خلفی ساق پا و گیرنده‌های عمقی می‌شود و کنترل عصبی عضلانی را به‌منظور حفظ تعادل در حین دست‌یابی، بیشتر می‌کند [۳۹]. همسو با تحقیق حاضر در تحقیقات متعددی به نقش تمرینات ورزشی بر بهبود تعادل پویا اشاره شده است. چنانچه در تحقیق جوشی و همکاران (۲۰۲۳) تمرینات عصبی عضلانی در عملکرد و تعادل و کاهش درد در افراد مبتلا به استئوآرتریت زانو مؤثر بوده است [۴۰]. نتایج تحقیق ساکی و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داد تمرینات عصبی عضلانی می‌تواند امتیاز خطای فرود را کاهش داده و تعادل پویا را بهبود بخشد و همچنین باعث بهبود تعادل در ورزشکار شود [۵]. همچنین در تحقیقی که لی و همکاران (۲۰۲۰) با عنوان تأثیر یک دوره تمرینات عصبی عضلانی بر تعادل فوتسالیست‌ها انجام دادند، تفاوت معنی‌داری بین گروه کنترل و آزمایش در متغیر تعادل پویا مشاهده شده است و تعادل پویا در گروه آزمایش بهبود پیدا کرده است [۴۱]. تحقیقات دیگری نیز وجود دارد که نتایجی مغایر با نتایج تحقیق حاضر دارد. در تحقیق مک که اون و همکاران (۲۰۰۸) از تست تعادلی ۷ جهت ارزیابی تعادل پویا استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد تغییری در امتیاز جهت قدمی بین اندازه‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه آزمایش و کنترل مشاهده نشده است. این تفاوت احتمالاً به دلیل نوع تمرینات اعمال شده است [۴۲]. همچنین ساتو و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی ۶ هفته تمرینات ثبات مرکزی افزایش معنی‌داری در تعادل پویا گزارش نکردند. از علل مغایرت موجود می‌توان به نبود بازخورد کلامی در تمرینات تحقیق حاضر و نیز به تفاوت در بین نوع تمرینات، شدت، مدت تمرینات و ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها اشاره کرد [۴۳].

نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرینات عصبی عضلانی باعث کاهش خطا در آزمون عملکردی پرش تاک شده است. همسو با نتایج تحقیق حاضر، در تحقیق هامونگرد و همکاران (۲۰۲۲) ۸ هفته تمرینات عصبی عضلانی باعث بهبود مکانیک فرود در طی آزمون پرش تاک در فوتسالیست‌های دارای نقص برتری رباط زانو شده است [۴۴]. همچنین در مطالعه رید و همکاران (۲۰۲۱) عنوان شده است ۴ هفته تمرینات عصبی عضلانی باعث کاهش خطا در آزمون پرش تاک شده است که نشان‌دهنده بهبود مکانیک فرود و کاهش خطر آسیب در ورزشکاران جوان مرد است [۴۵]. نتایج مطالعه صابر و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داد ۱۲ هفته تمرین ثبات مرکزی در بازیکنان جوان فوتبال با نقص عضلات مرکزی ممکن است سینماتیک پرش تاک را بهبود بخشد [۴۶]. باتوجه به نتایج مطالعات ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت تمرینات

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی بخش‌های این مقاله مشارکت یکسان داشته‌اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

عصبی‌عضلانی از طریق افزایش سازگاری‌های عصبی‌عضلانی باعث بهبود حس عمقی، تعادل و کنترل عصبی‌عضلانی می‌شود و با افزایش زاویه فلکشن زانو و کاهش زاویه والگوس زانو به بهبود مکانیک پرش فرود کمک می‌کند [۲۶]. نتایج مطالعه حاضر با نتایج پژوهش رایت و همکاران (۲۰۱۵) در رابطه با اثر ۴ هفته برنامه تمرینات عملکردی با وزن بدن بر نمرات آزمون غربالگری حرکات عملکردی در نوجوانان ورزشکار در تضاد است. از دلایل این تفاوت می‌توان به سن آزمودنی‌ها و زمان کمتر برنامه استفاده‌شده در این مطالعه نسبت به مطالعه حاضر اشاره کرد [۴۷].

از محدودیت‌های مهم مطالعه حاضر می‌توان به بررسی نکردن تأثیر عوامل روحی‌روانی، انگیزشی و همچنین نداشتن امکان کنترل خصوصیات محیطی، مانند الگوی تغذیه، استراحت و سطح فعالیت شغلی شرکت‌کنندگان در تحقیق اشاره کرد. همچنین در تحقیق حاضر تنها بر ارزیابی تعادل و مکانیک پرش فرود که از جمله عوامل مؤثر در پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی هستند، تمرکز شده است؛ بنابراین محققان علاقه‌مند می‌توانند تأثیر تمرینات را بر روی دیگر عوامل تأثیرگذار بر پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی مطالعه کنند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد تمرینات عصبی‌عضلانی بر برخی ریسک‌فاکتورهای خطر آفرین آسیب رباط صلیبی قدامی در ارتباط با تعادل و مکانیک پرش فرود تأثیر مثبت داشته و احتمالاً با توجه به این نتایج می‌توان بیان کرد تمرینات عصبی‌عضلانی می‌تواند با ارتقای تعادل و تکنیک‌های پرش و فرود در پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی مؤثر باشد و همچنین عملکرد ورزشکاران را بهبود بخشد. از این رو می‌توان مریدان را به استفاده از تمرینات عصبی‌عضلانی برای پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی، ترغیب کرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه خوارزمی تهران در نظر گرفته شده است، و کد اخلاق به شماره IR-KHU.KRC.1000/167 دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه آقای رضا محمدی ده‌چشمه در دانشگاه خوارزمی تهران است. این تحقیق هیچ کمک مالی خاصی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیر انتفاعی دریافت نکرد.

References

- [1] Sugimoto D, Myer GD, Barber Foss KD, Pepin MJ, Micheli LJ, Hewett TE. Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: Meta-regression analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2016; 50(20):1259-66. [DOI:10.1136/bjsports-2015-095596] [PMID]
- [2] Reikik RN, Tabben M, Eirale C, Landreau P, Bouras R, Wilson MG, et al. ACL injury incidence, severity and patterns in professional male soccer players in a Middle Eastern league. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2018; 4(1):e000461. [DOI:10.1136/bmjsem-2018-000461] [PMID]
- [3] Brophy R, Lowry K. American academy of orthopaedic surgeons clinical practice guideline summary: Management of anterior cruciate ligament injuries. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2023; 31(11):531-7. [DOI:10.5435/JAAOS-D-22-01020]
- [4] Stanley LE, Kerr ZY, Dompier TP, Padua DA. Sex differences in the incidence of anterior cruciate ligament, medial collateral ligament, and meniscal injuries in collegiate and high school sports: 2009-2010 through 2013-2014. *The American Journal of Sports Medicine*. 2016; 44(6):1565-72. [DOI:10.1177/0363546516630927] [PMID]
- [5] Saki F, Mohammadi H, Shakiba E, Ramezani F. Does sports-metrics soccer training improve LESS and dynamic balance in soccer players? A randomized controlled trial. *Specific Physical Therapy Journal*. 2021; 11(4):267-78. [DOI:10.32598/ptj.11.4.493.1]
- [6] Mawson R, Creech MJ, Peterson DC, Farrokhyar F, Ayeni OR. Lower limb injury prevention programs in youth soccer: A survey of coach knowledge, usage and barriers. *Journal of Experimental Orthopaedics*. 2018; 5(1):43. [DOI:10.1186/s40634-018-0160-6] [PMID]
- [7] Dunskey A, Barzilay I, Fox O. Effect of a specialized injury prevention program on static balance, dynamic balance and kicking accuracy of young soccer players. *World Journal of Orthopaedics*. 2017; 8(4):317-21. [DOI:10.5312/wjo.v8.i4.317] [PMID]
- [8] Hopper AJ, Haff EE, Joyce C, Lloyd RS, Haff GG. Neuromuscular training improves lower extremity biomechanics associated with knee injury during landing in 11-13 year old female netball athletes: A randomized control study. *Frontiers in Physiology*. 2017; 8:883. [DOI:10.3389/fphys.2017.00883] [PMID]
- [9] Gokeler A, Eppinga P, Dijkstra P, Welling W, Padua D, Otten E, et al. Effect of fatigue on landing performance assessed with the landing error scoring system (less) in patients after ACL reconstruction. A pilot study. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2014; 9(3):302. [PMID]
- [10] Kember LS, Lloyd RS, Myer GD, Moore IS. Kinetics and stabilization of the tuck jump assessment. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2022; 31(4):524-8. [DOI:10.1123/jsr.2021-0054] [PMID]
- [11] Herrington L, Myer GD, Munro A. Intra and inter-tester reliability of the tuck jump assessment. *Physical Therapy in Sport*. 2013; 14(3):152-5. [DOI:10.1016/j.ptsp.2012.05.005] [PMID]
- [12] Olivier FM, Olivier B, MacMillan C, Briel S. Effect of neuromuscular injury prevention strategies on injury rates in adolescent males playing sport: A systematic review protocol. *JBHI Evidence Synthesis*. 2024; 22(4):689-99. [DOI:10.11124/JBIES-22-00448] [PMID]
- [13] Mohammadi dehcheshmeh R, Shojaedin S, Abbasi A. [Investigating the effect of neuromuscular training on the proprioception of knee and ankle joints in male soccer player students prone to anterior cruciate ligament injury in Khorazmi University, Tehran, 2018 (Persian)]. *Journal of Ilam University of Medical Sciences*. 2023; 31(4):22-35. [Link]
- [14] Nagelli CV, Di Stasi S, Wordeman SC, Chen A, Tatarski R, Hoffman J, et al. Knee biomechanical deficits during a single-leg landing task are addressed with neuromuscular training in anterior cruciate ligament-reconstructed athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2021; 31(6):e347-53. [DOI:10.1097/JSM.0000000000000792] [PMID]
- [15] Hübscher M, Zech A, Pfeifer K, Hänsel F, Vogt L, Banzer W. Neuromuscular training for sports injury prevention: A systematic review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2010; 42(3):413-21. [DOI:10.1249/MSS.0b013e3181b88d37] [PMID]
- [16] Nemati N, Norasteh AA, Shamsi Majelan A. [Effect of the knee control program on knee valgus angle and static and dynamic balances in young male football players with dynamic knee valgus (Persian)]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 12(6):1098-113. [DOI:10.32598/SJRM.12.6.3019]
- [17] Kalantariyan M, Rahmani N, Samadi H. The effects of TRX-based movement pattern correction exercises on the landing biomechanics and balance of female volleyball players susceptible to knee injuries. *Journal of Sport Biomechanics*. 2023; 9(2):112-27. [DOI:10.61186/JSportBiomech.9.2.112]
- [18] Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006; 34(2):299-311. [DOI:10.1177/0363546505284183] [PMID]
- [19] Yoo JH, Lim BO, Ha M, Lee SW, Oh SJ, Lee YS, et al. A meta-analysis of the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2010; 18(6):824-30. [DOI:10.1007/s00167-009-0901-2] [PMID]
- [20] Fox AS, Bonacci J, McLean SG, Spittle M, Saunders N. A systematic evaluation of field-based screening methods for the assessment of anterior cruciate ligament (ACL) injury risk. *Sports Medicine*. 2016; 46(5):715-35. [DOI:10.1007/s40279-015-0443-3] [PMID]
- [21] Coito J, Oliveira R, Melo F. Effects of a neuromotor reeducation program on postural control and musculoskeletal injury incidence of amateur football players. *Journal of Orthopedic Research and Therapy*. 2016; 2016(2):27-33. [Link]
- [22] Karimijashni M, Sarvestani FK, Yoosefinejad AK. The effect of contralateral knee neuromuscular exercises on static and dynamic balance, knee function, and pain in athletes who underwent anterior cruciate ligament reconstruction: A single-blind randomized controlled trial. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2023; 32(5):524-39. [DOI:10.1123/jsr.2021-0380] [PMID]

- [23] Johnson BL, Nelson JK. Practical measurements for evaluation in physical education. Clayton: Burgess Publishing Company; 1969. [Link]
- [24] Hammami R, Granacher U, Makhoulouf I, Behm DG, Chaouachi A. Sequencing effects of balance and plyometric training on physical performance in youth soccer athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016; 30(12):3278-89. [DOI:10.1519/JSC.0000000000001425] [PMID]
- [25] Fort-Vanmeerhaeghe A, Montalvo AM, Lloyd RS, Read P, Myer GD. Intra-and inter-rater reliability of the modified tuck jump assessment. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2017; 16(1):117. [PMID]
- [26] Mohammadyari S, Nemati N. Effect of stop-x program on jump-landing mechanics and quality of movement in injury-prone male cadets. *Journal of Preventive Medicine*. 2023; 10(2):174-85. [DOI:10.34172/mj.2023.023]
- [27] Lee KJ, Seon SY, An KO. Arrangement order effects of neuromuscular training on the physical fitness of youth soccer players. *Applied Sciences*. 2024; 14(11):4748. [DOI:10.3390/app14114748]
- [28] Coughlan G, Caulfield B. A 4-week neuromuscular training program and gait patterns at the ankle joint. *Journal of Athletic Training*. 2007; 42(1):51. [PMID]
- [29] 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]
- [30] Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: A review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2009; 17(8):859-79. [DOI:10.1007/s00167-009-0823-z] [PMID]
- [31] Kowalczyk M, Tomaszewski P, Bartoszek N, Popieluch M. Three-week intensive neuromuscular training improves postural control in professional male soccer players. *Polish Journal of Sport and Tourism*. 2019; 26(2):14-20. [DOI:10.2478/pjst-2019-0009]
- [32] Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sports Medicine*. 2011; 41(3):221-32. [DOI:10.2165/11538560-000000000-00000] [PMID]
- [33] Matin BK, Yalfani A, Gandomi F, Abbasi H, Parmoon A. Neuromuscular Training as the basis for developing the level of the static and dynamic balance in selected students of physical fitness team of Kermanshah. *International Journal of Sports Sciences and Fitness*. 2014; 4(1):20-38. [Link]
- [34] Daneshjoo A, Mokhtar AH, Rahnama N, Yusof A. The effects of comprehensive warm-up programs on proprioception, static and dynamic balance on male soccer players. *Plos One*. 2012; 7(12):e51568. [DOI:10.1371/journal.pone.0051568] [PMID]
- [35] Aloui G, Souhail H, Hayes LD, Bouhafis EG, Chelly MS, Schwesig R. Effects of Combined Plyometric and Short Sprints Training on Athletic Performance of Male U19 Soccer Players. *Frontiers in Psychology*. 2021; 12:714016. [DOI:10.3389/fpsyg.2021.714016] [PMID]
- [36] Hammami M, Gaamouri N, Aloui G, Shephard RJ, Chelly MS. Effects of combined plyometric and short sprint with change-of-direction training on athletic performance of male u15 handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2019; 33(3):662-75. [DOI:10.1519/JSC.0000000000002870] [PMID]
- [37] Yee CNJ, Ler HY, Yunliang Z. Effects of proprioceptive training using BOSU® balance trainer on core strength and static balance in young competitive rhythmic gymnasts. *Malaysian Journal of Movement, Health & Exercise*. 2023; 12(2):66-72. [DOI:10.4103/mohe.mohe_21_23]
- [38] Hrysomallis C. Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports Medicine*. 2007;37:547-56. [DOI:10.2165/00007256-200737060-00007] [PMID]
- [39] Gonçalves C, Bezerra P, Clemente FM, Vila-Chã C, Leão C, Brandão A, et al. Effect of instability and bodyweight neuromuscular training on dynamic balance control in active young adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020; 17(23):8879. [DOI:10.3390/ijerph17238879] [PMID]
- [40] Joshi S, Kolke S. Effects of progressive neuromuscular training on pain, function, and balance in patients with knee osteoarthritis: A randomised controlled trial. *European Journal of Physiotherapy*. 2023; 25(4):179-86. [DOI:10.1080/21679169.2022.2052178]
- [41] Lee AC, Tan LG. The effectiveness of neuromuscular training program to improve balance among female futsal players. *European Journal of Molecular Clinical Medicine*. 2020; 7(2):6060-70. [Link]
- [42] McKeon PO, Ingersoll CD, Kerrigan DC, Saliba E, Bennett BC, Hertel J. Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2008; 40(10):1810-9. [DOI:10.1249/MSS.0b013e31817e0f92] [PMID]
- [43] Sato K, Mokha M. Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners? *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009; 23(1):133-40. [DOI:10.1519/JSC.0b013e31818eb0c5] [PMID]
- [44] Hamoongard M, Hadadnezhad M, Abbasi A. Effect of combining eight weeks of neuromuscular training with dual cognitive tasks on landing mechanics in futsal players with knee ligament dominance defect: A randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*. 2022; 14(1):196. [DOI:10.1186/s13102-022-00593-0] [PMID]
- [45] Read PJ, Oliver JL, Dobbs IJ, Wong MA, Kumar NTA, Lloyd RS. The effects of a four-week neuromuscular training program on landing kinematics in pre-and post-peak height velocity male athletes. *Journal of Science in Sport and Exercise*. 2021; 3:37-46. [DOI:10.1007/s42978-020-00097-8]
- [46] Saber P, Norasteh AA, Ghiami Rad A. Effect of core stability training program on tuck jump kinematics in male youth soccer players with core dysfunction. *Journal of Exercise and Health Science*. 2021; 1(1):37-50. [DOI:10.22089/jehs.2021.9632.1015]

- [47] Wright MD, Portas MD, Evans VJ, Weston M. The effectiveness of 4 weeks of fundamental movement training on functional movement screen and physiological performance in physically active children. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2015; 29(1):254-61. [DOI:10.1519/JSC.0000000000000602] [PMID]