Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

May & June 2024. Volume 13. Num 2

Research Paper

The Effect of Sportsmetrics Program on Dynamic Knee Valgus, Core Endurance, and Postural Stability in Soccer Female Athletes With Dynamic Knee Valgus

*Hemn Mohammadi[1], Niloofar Fakhraei Rad[1]

1. Department of Physical Education and Sport Sciences (Corrective Exercise and Sports Injury), Faculty of Humanity Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Mohammadi H, Fakhraei Rad N. [The Effect of Sportsmetrics on Dynamic Knee Valgus (DKV), Core Endurance (CE) and Postural Stability in Soccer Female Athletes with Dynamic Knee Valgus (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2024; 13(2):406-421. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.2.3111

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.2.3111

ABSTRACT

Background and Aims The most important risk factors for knee injuries include weakness in core stability, poor postural stability, and excessive dynamic valgus of the knee. One of the most successful protocols for preventing knee injuries in female athletes is specialized sportsmetrics soccer training. It seems that the effect of this protocol on the core stability of female soccer players with knee valgus has not been studied.

Methods In the present study, 24 footballers with knee valgus in the training (12 people) and the control (12 people) groups participated in specialized sportsmetrics soccer training and regular pre-season exercises for six weeks, respectively. The tests consisted of a core stability test (trunk flexor, trunk extensor, right side bridge, and left side bridge), postural stability (Y balance), and dynamic knee valgus (during the scoring of landing error test).

Results Analysis of covariance was used to analyze the data (P≤0.05) in SPSS software, version 25. The results showed a significant improvement (P=0.01) in postural stability (from 105.2 to 116.7 cm), core stability (from 38.2 to 41.1 s), and knee valgus (from 25.3 to 12.4 degrees).

Conclusion According to the results of the study, the present protocol, which is designed to prevent knee injuries in female soccer players, modifies all three risk factors for knee injuries (weakness in core stability, poor postural stability, and knee valgus). Therefore, this protocol is recommended for all female soccer players with dynamic knee valgus.

Keywords Sportsmetrics, Soccer, Postural balance, Core stability, Knee valgus

Received: 31 Aug 2022
Accepted: 05 Sept 2022
Available Online: 21 May 2024

Corresponding Author:
Hemn mohammadi, Assistant Professor.
Address: Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Humanity Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
Tel: +98 (914) 4880973
E-Mail: hemn.m.64@gmail.com

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

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

Extended Abstract

Introduction

Soccer is the most popular sport among men and women worldwide, and its participation rate increases daily. With growing participation, the incidence of injury increases. Around 85% of soccer injuries occur in the lower limb, especially the knee. The key risk factors of modifiable anterior cruciate ligament (ACL) injury include weak core stability, dynamic knee valgus, and poor postural stability, which can be improved by appropriate training intervention. Nowadays, various injury prevention programs have been designed that positively impact injury reduction but have not affected performance. One of the injury prevention programs is specialized sportsmetrics soccer training, which positively affects performance. A comprehensive specialized sportsmetrics soccer program is a neuromuscular exercise, especially for female soccer players. It was designed to prevent lower extremity injuries, especially ACL injuries, and improve female soccer players' neuromuscular control and performance improvement. It focuses on improving lower limb alignment, decreasing force during landing, and increasing knee and thigh flexion angle by neuromuscular control. It includes core stability, balance, agility, speed, and plyometric exercises. Since the effect of these exercises on female soccer players with dynamic knee valgus has not been investigated, in this study, we investigated the impact of specialized sportsmetrics training on postural stability and core stability of female soccer players with dynamic knee valgus.

Materials and Methods

The subjects of this randomized controlled trial study consist of 24 female soccer players aged 18-25 years with dynamic knee valgus, including the training group (TG) with 12 women (Mean±SD age: 20.1±2.0 years, weight: 56.2±4.9 kg, height: 164.2±7.3 cm, BMI: 20.89±1.9 kg/m^2, and experience: 5.17±1.9 years) and control group (CG) with 12 women (Mean±SD age: 19.75±1.7 years, weight: 53.5±5.3 kg, height: 126.3.9±5.3 cm, BMI: 20.3±1.8 kg/m^2, and experience: 5.4±2.1 years). The TG performed specialized sportsmetrics soccer training, and CG continued routine exercises for the same duration. The tests used in this study consisted of double leg squats (DLS) to assess lower extremity defects; landing error scoring system (LESS) to record the risk of non-contact lower extremities injury, especially ACL injury, assess landing biomechanics, diagnose and select interventional training in sports with landing and jumping; and core stability test (trunk flexor, trunk extensor, right side bridge, and left side bridge). The trunk flexor test evaluated the endurance of trunk flexor muscles (anterior part of the core), especially the right abdominal muscle; the trunk extensor evaluated trunk extension muscle endurance (posterior part of the core); and the side bridge evaluated the endurance of the lateral muscles of the body (the lateral part of the core). Also, the Y balance test was used to assess dynamic postural stability (balance). Analysis of covariance was used to analyze the data (P≤0.05) and in SPSS software, version 25.

Results

The results showed a significant improvement in postural stability (from 105.2 to 116.7 cm) (P=0.01, F=55.5, Eta=0.73), core stability (from 38.2 to 41.1 s) (P=0.01, F=32.9, Eta=0.62), and knee valgus (from 25.3 to 12.4 degrees) (P=0.01, F=171.8, Eta=0.90). These tests increased by 11%, 8%, and 51%, respectively, in training groups after six weeks of training (Table 1).

Table 1. The results of the covariance analysis test

Variables	Mean±SD				Eta	P	F
	Training		Control				
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test			
Valgus	25.30±4.7	12.4±2.6	27.4±5.1	27.1±5.4	0.9	0.01	171.8
Postural stability (cm)	105.2±7.8	116.7±7.9	100.1±6.3	100.1±5.9	0.74	0.01	55.5
Core stability (s)	38.2±8.5	41.1±8.6	39.8±9.0	40.1±8.8	0.62	0.01	32.9

Conclusion

In the present study, sportsmetrics soccer training caused significant adjustment (P<0.01) of selected key risk factors for knee injuries in female soccer players with dynamic knee valgus. So six weeks of neuromuscular exercises for female soccer players reduced the dynamic knee valgus angle at the moment of hyperflexion by 51% (about 13 degrees, from 25.30 to 12.45), an 8% increase in the overall core stability index (around 3 seconds, from 38.23 to 41.12), and an 11% increase in the overall dynamic postural stability index (about 11.5 cm, from 105.21 to 116.77). Sportsmetrics is a comprehensive training program because in each session, in addition to warm-up and cool-up exercises, it includes other physical fitness factors affecting the performance of soccer players, such as strength training, plyometric, speed, agility, and reaction. A part of the training protocol focused on strengthening core stability, improving function, and controlling lower extremity alignment. It seems to be one of the reasons for moderating the research variables. Most of the general effects of sportsmetrics training and other specialized injury prevention protocols, such as the FIFA+11 program in healthy athletes, have been effective and significant. However, the impact of sportsmetrics training on female soccer players with dynamic knee valgus seems not to be investigated. Accordingly, the present study was conducted.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles were considered in this article. The participants were informed about the study objectives and methods. They were assured of the confidentiality of their information and were free to leave the study at any time. and the research results would be available to them, if needed. Ethical approval was obtained from the Research Ethics Committee of the University of Kurdistan (Code: IR.UOK.REC.1400.030).

Funding

This study was extracted from the master's thesis of Niloofar Fakhraei Rad at the Department of Physical Education and Sport Sciences, University of Kurdistan. This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

All authors equally contributed to preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all soccer players who participated in this study for their cooperation.

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات اسپرت‌متریک بر والگوس پویا، استقامت ناحیه مرکزی بدن و ثبات پاسچرال فوتبالیست‌های خانم دارای والگوس پویای زانو

*هیمن محمدی[۱]، نیلوفر فخرایی راد[۱]

۱. گروه علوم ورزشی و تربیت بدنی (حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی)، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Mohammadi H, Fakhraei Rad N. [The Effect of SportsMetrics on Dynamic Knee Valgus (DKV), Core Endurance (CE) and Postural Stability in Soccer Female Athletes with Dynamic Knee Valgus (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2024; 13(2):406-421. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.2.3111

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.2.3111

چکیده

مقدمه و اهداف مهم‌ترین عوامل خطرساز آسیب زانو شامل ضعف ثبات مرکزی، ضعف ثبات پاسچرال و والگوس پویای بیش از حد زانو است. یکی از موفق‌ترین پروتکل‌های پیشگیری از آسیب زانو در زنان ورزشکار، تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی فوتبال است. به نظر می‌رسد تأثیر این پروتکل بر ثبات مرکزی بدن و ثبات پاسچرال فوتبالیست‌های خانم دارای والگوس زانو بررسی نشده است.

مواد و روش‌ها در پژوهش حاضر ۲۴ فوتبالیست دارای والگوس پویای زانو در گروه تمرین (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) به‌ترتیب به‌مدت ۶ هفته در تمرینات اسپرت‌متریک ویژه فوتبال و تمرینات معمول پیش فصل شرکت کردند. آزمون‌ها شامل آزمون ثبات ناحیه مرکزی بدن (اکستنسور، فلکسور و پلانک راست و چپ)، ثبات پاسچرال (ثبات پاسچرال وای) و والگوس پویای زانو (حین آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود) بود.

یافته‌ها برای تحلیل داده‌ها از آزمون آنکووا ($P\leq۰/۰۵$) و SPSS نسخه ۲۵ استفاده شد. نتایج بیانگر بهبود معنی‌دار ($P=۰/۰۱$) ثبات پاسچرال (از ۲/۱۰۵ به ۷/۱۱۶)، ثبات مرکزی (از ۲/۳۸ به ۱/۴۱) و والگوس زانو (از ۳/۲۵ به ۴/۱۲) بود.

نتیجه‌گیری براساس یافته‌های پژوهش، پروتکل حاضر که جهت پیشگیری از آسیب‌های زانو در فوتبالیست‌های زن طراحی شده است، باعث تعدیل هر سه عامل خطرساز آسیب زانو (ضعف ثبات مرکزی، ضعف ثبات پاسچرال و والگوس زانو) می‌شود. بنابراین انجام این پروتکل به تمام فوتبالیست‌های خانم دارای والگوس پویای زانو پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها اسپرت‌متریک، فوتبال، ثبات پاسچرال، ثبات مرکزی، والگوس زانو

تاریخ دریافت: ۰۹ شهریور ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴ شهریور ۱۴۰۱

تاریخ انتشار: ۰۱ خرداد ۱۴۰۳

* **نویسنده مسئول:**

دکتر هیمن محمدی

نشانی: گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان.

تلفن: ۴۸۸۰۹۷۳ (۹۱۴) ۹۸+

رایانامه: hemn.m.64@gmail.com

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

مقدمه

فوتبال محبوب‌ترین رشته ورزشی جهان در میان زنان و مردان با تعداد ۲۰۰ میلیون نفر عضو رسمی است [۱] و حدود ۲۹ میلیون نفر عضو خانم دارد [۲]. فدراسیون بین‌المللی فوتبال (فیفا)[1] در نظر دارد میزان مشارکت زنان را تا سال ۲۰۲۶ حدود ۲ برابر (۶۰ میلیون) افزایش دهد [۳]. با افزایش میزان مشارکت متعاقباً نرخ بروز آسیب نیز افزایش خواهد یافت [۳]. حدود ۸۵ درصد از کل آسیب‌های فوتبال در اندام تحتانی اتفاق می‌افتد [۳] و مفاصل زانو با ۲۳ درصد، ران با ۲۱ درصد و مچ پا با ۱۸ درصد به‌ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند [۳]. پژوهشی بلندمدت (۱۵ سال) در رقابت‌های فوتبال دختران نشان داد میزان شیوع آسیب لیگامان صلیبی قدامی به‌ازای ۱۰۰۰ ساعت ورزشکار در معرض خطر آسیب، در دختران (۰/۳۲) حدود ۳ برابر پسران (۰/۱۲) است [۴].

در یک پژوهش دیگر نیز بر روی دختران فوتبالیست، شایع‌ترین محل آسیب اندام تحتانی (درصد) و شایع‌ترین مفصل درگیر زانو (۳۰/۴ درصد) گزارش شد [۵]. همچنین بیان شد مکانیسم غالب آسیب‌های ناحیه ران و زانو غیربرخوردی است [۵]. نقص‌های عصبی‌عضلانی می‌توانند به تغییر بیومکانیک و راستای اندام تحتانی و درنتیجه تغییر و افزایش بار وارده بر مفصل زانو منجر شوند و میزان بروز آسیب در این مفصل را افزایش دهند [۵]. چهار نقص عصبی‌عضلانی شایع که زیربنای آسیب زانو و به‌ویژه لیگامان صلیبی قدامی محسوب می‌شوند شامل غلبه لیگامان (والگوس زانو)، غلبه تنه، غلبه پا و غلبه چهارسر است [۶]. ضعف کنترل عصبی‌عضلانی ازقبیل والگوس زانو می‌تواند خطر آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی را افزایش دهد [۷].

بررسی میزان شیوع نقص‌های عصبی‌عضلانی در میان دانشجویان تربیت بدنی و علوم ورزشی نشان داد شایع‌ترین نقص در دختران غلبه لیگامان (۸۲ درصد) و در پسران غلبه پا (۶۵ درصد) است [۶]. حدود دو سوم آسیب‌های لیگامان صلیبی قدامی به‌صورت غیربرخوردی و در طی حرکاتی ازقبیل پرش، چرخش، افزایش و کاهش شتاب اتفاق می‌افتد. والگوس پویای زانو در طی این حرکات به تغییر اعمال بار به‌صورت نادرست و افزایش بار وارده بر مفصل زانو منجر می‌شود و متعاقباً خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی افزایش می‌یابد [۸]. والگوس پویای زانو بیانگر نزدیک شدن و چرخش داخلی ران، آبداکشن زانو، چرخش داخلی یا خارجی درشتنی همراه با پرونیشن پا است [۹]. پایداری ناکافی مفصل زانو در اثر عوامل عصبی‌عضلانی باعث غلبه لیگامان و متعاقباً بارگذاری نامناسب مفصل زانو در صفحه فرونتال می‌شود [۱۰]. خطرآسیب‌های اندام تحتانی در افراد دارای والگوس زانو حدود ۲/۵ برابر بیشتر است [۹].

همچنین افراد دارای سابقه آسیب لیگامان صلیبی قدامی نسبت به همتایان سالم خود ۸ درجه والگوس بیشتری دارند [۱۰]. زنان در حین فعالیت‌های ورزشی بیشتر از بخش خارجی همسترینگ و چهارسر نسبت به بخش داخلی استفاده می‌کنند [۱۱] و این امر باعث تشدید زاویه والگوس زانو در آن‌ها می‌شود [۱۲]. ارزیابی سیستم امتیازدهی خطای فرود[2] نشان داد فوتبالیست‌های دارای سابقه آسیب لیگامان صلیبی قدامی، نمره بالاتری در این آزمون دارند و شایع‌ترین علت آن والگوس پویای زانو است [۱۳]، به‌طوری‌که داشتن والگوس پویای زانو در طی این آزمون می‌تواند تا ۶۷ درصد به‌صورت تخصصی و با حساسیت ۷۸ درصد، آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی را پیش‌بینی کند [۱۳]. در پژوهش حاضر نیز جهت ارزیابی والگوس پویای زانو از این آزمون استفاده شد.

دومین نقص عصبی‌عضلانی شایع (شیوع ۷۳ درصد) در میان دختران ورزشکار، غلبه تنه (ضعف در ثبات مرکزی بدن) است [۶]. نقص تنه می‌تواند بر بیومکانیک مفاصل مجاور ازقبیل زانو تأثیر بگذارد. چنانکه ضعف ثبات مرکزی یک عامل خطرساز کلیدی آسیب‌های اندام تحتانی به‌ویژه لیگامان صلیبی قدامی محسوب می‌شود [۱۴]. ثبات مرکزی مطلوب باعث ایجاد یک هسته مرکزی قوی و درنتیجه پایداری و عملکرد بهینه اندام تحتانی و فوقانی می‌شود [۱۵]. بنابراین بهبود ثبات مرکزی می‌تواند نقش مهمی را در پیشگیری از آسیب ایفا کند [۱۶]. و بر همین اساس تمرینات ثبات مرکزی بدن یکی از مؤلفه‌های کلیدی در برنامه‌های پیشگیری از آسیب و برنامه‌های بهبود و افزایش عملکرد ورزشی است [۱۵].

یکی از عوامل کلیدی دیگر در بهبود عملکرد فوتبالیست‌ها بهبود ثبات پاسچرال است، به‌طوری‌که می‌تواند به بهبود عملکرد و تکنیک منجر و زمینه‌ساز بهبود فعالیت عضلانی، پرش عمودی و چابکی شود [۱۷]. تکنیک‌هایی ازقبیل شوت، پاس، تغییر جهت و حمل توپ بیشتر به‌صورت سریع و با پای برتر انجام می‌شود، بازیکنان در اجرای این تکنیک‌ها وزن بدن را بیشتر بر روی پای غیربرتر تحمل می‌کنند، به‌نظر می‌رسد به‌دلیل اهمیت ثبات پاسچرال در فوتبال، فوتبالیست‌ها ثبات پاسچرال بهتری نسبت به سایر رشته‌ها دارند [۱۷].

زنان دارای شلی مفصلی بیشتر و ثبات پاسچرال و قدرت عضلانی ضعیف‌تری نسبت مردان هستند و در طی فعالیت‌های عملکردی تغییرات بیشتری در راستای اندام تحتانی دارند [۱۸]. کاهش ثبات پاسچرال یک عامل خطرساز آسیب‌های اندام تحتانی است [۹] و جهت شناسایی و تشخیص نقص‌های عصبی‌عضلانی از آزمون‌های ثبات پاسچرال استفاده می‌شود [۷]. تست تعادل وای[3] یکی از آزمون‌های معتبر و محبوب در بین پژوهشگران

1. International Federation of Association Football (FIFA)

2. Landing Error Scoring System (LESS)
3. Y Balance Test

ورزشکاران است و کاهش امتیاز در این آزمون می‌تواند بیانگر کاهش کارایی عصبی‌عضلانی و افزایش خطر بروز آسیب باشد [۹]. در پژوهش حاضر نیز جهت ارزیابی ثبات پاسچرال از این آزمون استفاده شد.

عوامل خطرساز کلیدی و اصلاح‌پذیر آسیب لیگامان صلیبی قدامی شامل ضعف ثبات مرکزی بدن، والگوس پویای زانو و ضعف ثبات پاسچرال می‌باشد که با مداخله تمرینی مناسب می‌توان آن‌ها را تعدیل کرد [۹]. رایج‌ترین برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامانی زانو در ورزشکاران زن شامل اسپرت‌متریک[۴]، برنامه پیشگیری از آسیب زانو[۵]، برنامه پیشگیری از آسیب و بهبود عملکرد[۶]، برنامه پیشگیری از آسیب لیگامانی زانو[۷] و برنامه جامع فیفا ۱۱+ است [۴، ۸]. برنامه‌های اسپرت‌متریک، پیشگیری از آسیب لیگامانی زانو و پیشگیری از آسیب و بهبود عملکرد در کاهش آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی نسبت به سایر برنامه‌ها موفق‌تر بوده‌اند [۸].

مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده درزمینه تأثیر برنامه‌های پیشگیری از آسیب در فوتبال نشان داد این برنامه‌ها آسیب‌های کلی را حدود ۲۷ درصد، آسیب لیگامان صلیبی قدامی را حدود ۴۵ درصد، سایر آسیب‌های زانو را حدود ۱۷ درصد، آسیب مچ پا را حدود ۲۲ درصد و آسیب مفصل ران و کشاله ران را حدود ۲۹ درصد کاهش داده است [۱۹]. اجرای یک برنامه تمرینی پیشگیری از آسیب که بر روی فاکتورهای عصبی‌عضلانی متمرکز بود نشان داد این تمرینات می‌تواند باعث اصلاح نقص‌های عصبی‌عضلانی، افزایش حس عمقی و درنتیجه کاهش ۵۰-۶۰ درصد آسیب لیگامان صلیبی قدامی شود [۱۰].

برنامه جامع اسپرت‌متریک فوتبال نوعی تمرین عصبی‌عضلانی ویژه زنان فوتبالیست است که با هدف پیشگیری از آسیب اندام تحتانی به‌ویژه لیگامان صلیبی قدامی و بهبود جنبه‌های مختلف کنترل عصبی‌عضلانی و ارتقای عملکرد زنان فوتبالیست طراحی شده است و بیشتر بر بهبود راستای اندام تحتانی، کاهش نیرو در هنگام فرود و افزایش زاویه فلکشن ران و زانو توسط کنترل عصبی‌عضلانی تمرکز دارد و شامل تمرینات ثبات مرکزی، ثبات پاسچرال، چابکی، سرعت و پلایومتریک است [۸، ۲۰].

اگرچه برخی از پروتکل‌های تمرینی پیشگیرانه تخصصی در کاهش میزان آسیب نواحی مختلف بدن در فوتبالیست‌های سالم موفق بوده‌اند، اما درزمینه بهبود عملکرد نتایج متناقض بود و به نظر می‌رسد پژوهشی درزمینه تأثیر این برنامه‌ها بر روی فوتبالیست‌های دارای نقص‌های عصبی‌عضلانی شایع (مثل فوتبالیست دارای والگوس پویای زانو) صورت نگرفته است. درکل به‌نظر می‌رسد بررسی تأثیر این برنامه جامع بر ثبات ناحیه مرکزی بدن و ثبات پاسچرال زنان دارای والگوس پویای بیش از حد زانو ضروری باشد. بنابراین در پژوهش حاضر تأثیر ۶ هفته تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی فوتبال بر استقامت ناحیه مرکزی بدن، ثبات پاسچرال و والگوس پویای زانوی زنان فوتبالیست بررسی شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش کارآزمایی بالینی حاضر بر روی زنان فوتبالیست ۱۸-۲۵ سال دارای والگوس پویای زانو صورت گرفت. در پژوهش حاضر از میان فوتبالیست‌های خانم دارای نقص والگوس پویای زانو (۸۶ نفر) تعداد ۲۴ فوتبالیست دارای معیارهای ورود به پژوهش به‌صورت تصادفی به‌عنوان آزمودنی انتخاب شدند. پس از ارائه و جمع‌آوری فرم رضایت شرکت در پژوهش و فرم اطلاعات فردی با استفاده از آزمون غربالگری اسکات جفت از میان فوتبالیست‌های خانم دارای نقص والگوس پویای زانو براساس فرمول برآورد حجم نمونه از میان ۸۶ نفر در مطالعه پایلوت تعداد ۱۰ نفر در هر گروه برآورد شد و نهایتاً جهت پیشگیری از ریزش احتمالی افراد در هر گروه ۱۲ نفر قرار گرفت. سپس قبل از پیش‌آزمون مشخصات پیکرشناسی و جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها به‌صورت دقیق اندازه‌گیری و ثبت شد و درنهایت به‌صورت کاملاً تصادفی آزمودنی‌ها در دو گروه ۱۲ نفره قرار گرفتند. معیارهای ورود به پژوهش شامل عدم نقص جدی در مفصل زانو، عدم آسیب جدی در اندام تحتانی در طی ۱ سال گذشته، داشتن سابقه حداقل ۳ سال مشارکت منظم و پیوسته در تیم‌های باشگاهی فوتبال بود. ازآنجاکه تحقیق حاضر در شرایط همه‌گیری کرونا در پاییز سال ۱۴۰۰صورت گرفت، رعایت پروتکل‌های بهداشتی (ازقبیل استفاده از ماسک و رعایت فاصله قانونی) در حین تمرینات ضروری بود و همچنین ورزشکاران بایستی حداقل سابقه دریافت دو دُز واکسن کرونا را قبل از شروع تمرینات می‌داشتند. معیارهای خروج از تحقیق نیز شامل غیبت بیش از ۲ جلسه، عدم تمایل به ادامه تمرینات، عدم رعایت پروتکل‌های بهداشتی و ابتلا به کرونا بود. گروه تمرین در تمرینات عصبی‌عضلانی ویژه زنان فوتبالیست شرکت کردند.

آزمون اسکات جفت پا

از آزمون اسکات جفت پا جهت ارزیابی نقص اندام تحتانی استفاده می‌شود. جهت غربالگری والگوس پویا آزمودنی بایستی حرکت اسکات را ۵ مرتبه تکرار کند، در آزمودنی دارای والگوس پویا، طی اسکات زانوها به سمت داخل تمایل پیدا می‌کند. جهت انجام آزمون، ورزشکار بایستی پاها را به اندازه عرض شانه باز کند. تنه صاف و دست‌ها در بالای سر قرار گیرد. در حین اسکات نبایستی زانو به جلوتر از انگشتان پا و یا تنه به سمت جلو متمایل شود [۲۱] و ورزشکار بایستی به‌گونه‌ای پایین برود که زانو در حداکثر حالت راحتی قرار گیرد و حداقل ۶۰ درجه

4. Sports-metric Program
5. Knee Injury Prevention Program(KIPP)
6. Prevent Injury and Enhance Performance Program (PEP)
7. Knee Ligament Injury Prevention Program (KLIP)

طب توانبخشی

تصویر ۱. اسکات جفت پا

(وضعیت نشستن بر روی صندلی) خم باشد. آزمون اسکات جفت پا ساده و بدون نیاز به‌بکارگیری تجهیزات خاصی است و پایایی خوبی (ICC=۰/۷۶) دارد. باتوجه‌به هدف پژوهش می‌توان فرد را در سه نمای قدامی، جانبی و خلفی ارزیابی و برای هر نما ۵ حرکت را تکرار کرد. در پژوهش حاضر فقط از ارزیابی نمای قدامی استفاده شد (تصویر شماره۱). ورزشکار بایستی حداقل در ۳ تکرار از ۵ تکرار دارای نقص والگوس باشد و امتیازی بین ۳ تا ۵ کسب کند [۲۲].

آزمون فلکسور تنه

جهت ارزیابی استقامت عضلات فلکسور تنه (بخش قدامی ناحیه مرکزی) به‌ویژه عضله راست‌شکمی استفاده می‌شود [۲۳]،

طب توانبخشی

تصویر ۳. آزمون تعادل وای

طب توانبخشی

تصویر ۲. ثبات مرکزی بدن (۱. فلکسور، ۲. اکستنسور و ۳. پلانک)

و دارای روایی عالی و پایایی ۹۷ درصد است [۲۴]. آزمودنی در وضعیتی مشابه حالت شروع تمرین درازونشست قرار می‌گیرد، تنه با زمین زاویه ۶۰ درجه داشته و مفاصل زانو و ران ۹۰ درجه خم بوده و دست‌ها به‌صورت ضربدری روی سینه قرار می‌گیرد (تصویر شماره۲). سپس با عمل بریسینگ و فشار مستقیم به ناحیه مرکزی، فلکسورهای تنه کامل فعال می‌شوند. آزمودنی تا حداکثر زمان ممکن (رکورد آزمون) این وضعیت را ثابت و بدون انجام خطا حفظ می‌کند [۲۳].

آزمون اکستنسور تنه

جهت ارزیابی استقامت عضلات اکستنسور تنه (بخش خلفی ناحیه مرکزی) استفاده می‌شود [۲۳] و دارای روایی عالی و پایایی ۹۷ درصد است [۲۴]. آزمودنی به‌صورت دمر بر روی تخت معاینه دراز می‌کشد، به‌طوری‌که پاها تا تاج خاصره بر روی تخت قرار بگیرد و مچ پاها و لگن توسط آزمونگر با یک باند به تخت ثابت می‌شود (تصویر شماره ۲). سپس با جدا کردن دست از روی صندلی تنه را تا وضعیت موازی با تخت معاینه بالا می‌آورد و دست‌ها را به‌صورت ضربدری روی سینه قرار می‌دهد. سپس با حداکثر زمان ممکن (رکورد آزمون) این وضعیت صاف را بدون انجام خطا ثابت حفظ می‌کند [۲۳].

آزمون پلانک جانبی

جهت ارزیابی استقامت عضلات جانبی بدن (بخش جانبی ناحیه مرکزی) به‌ویژه مربع کمری استفاده می‌شود [۲۳] و دارای روایی عالی و پایایی ۹۹ درصد است [۲۴]. آزمودنی در وضعیت پلانک جانبی قرار می‌گیرد. چنانکه پاها، تنه و لگن در یک وضعیت مشابه پل زدن پهلو، از زمین فاصله و در یک راستا قرار می‌گیرد. سپس این وضعیت را (تصویر شماره ۲) تا حداکثر زمان ممکن (رکورد آزمون) به‌صورت ثابت و بدون انجام خطا حفظ

تصویر ۴. ارزیابی زاویه والگوس پویای زانو

طب‌توانبخشی

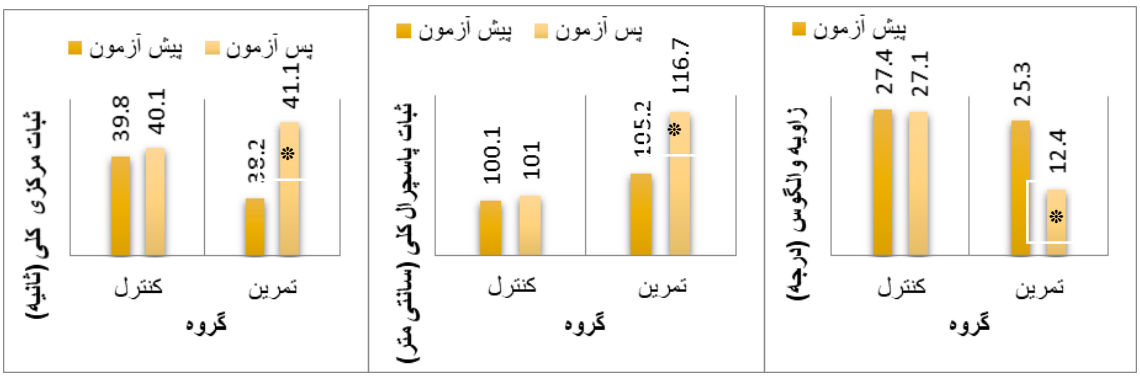
می‌کند [۲۳]. برای محاسبه امتیاز شاخص کلی ثبات، رکورد فرد (مدت‌زمان به ثانیه) در چهار آزمون ثبات مرکزی جمع و عدد حاصل تقسیم بر ۴ می‌گردد [۲۵].

آزمون تعادل پویای وای

جهت ارزیابی تعادل پویا از آزمون تعادلی وای (Y) استفاده شد. این آزمون معتبر، پایا و ساده است و برای غربالگری نقص‌های عصبی‌عضلانی، خطر آسیب اندام تحتانی و ارزیابی‌های قبل از بازگشت به ورزش نیز استفاده می‌شود [۲۶]. این آزمون نسخه اصلاح‌شده تعادل ستاره است و تنها در سه جهت قدامی، خلفی‌داخلی و خلفی‌خارجی انجام می‌شود و دارای پایایی قوی (ICC=۰/۸۸–۰/۷۱) است [۲۶, ۲۷]. قابل‌حمل و نصب راحت در فضاهای ورزشی مختلف بوده و دارای یادگیری و روش اجرای بسیار ساده و ارزان قیمت است [۲۸]. در هنگام انجام آزمون بایستی موقعیت مرکز جرم بدن حفظ شود [۲۷]. برای انجام تست، آزمودنی یک پا را در مرکز قرار داده و پای دیگر عمل حداکثر مسافت دستیابی را در سه جهت انجام می‌دهد. هنگامی که نوک انگشتان هر پا به حداکثر مسافت دستیابی ممکن رسید، رکورد آن جهت ثبت می‌شود (تصویر شماره۳). جهت افزایش پایایی بایستی با هر پا ۳ بار آزمون تکرار شود [۲۹].

آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود

جهت غربالگری خطر آسیب غیربرخوردی اندام تحتانی به‌ویژه لیگامان صلیبی قدامی، ارزیابی بیومکانیک فرود، تشخیص و انتخاب نوع تمرین مداخله‌ای در ورزش‌های دارای فرود و پرش استفاده می‌شود [۳۰]. آزمونی کم‌هزینه و سریع (برای هر آزمودنی، حدود ۱ الی ۲ دقیقه ضبط و ۵ دقیقه تحلیل ویدیوئی) محسوب می‌شود [۱۳]. تجهیزات موردنیاز شامل یک جعبه با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر دو دوربین است، خطی به اندازه حدود نصف میانگین قد آزمودنی‌ها در جلوی جعبه ترسیم می‌شود [۶]. ورزشکار از روی جعبه پرشی افقی به جلوتر از خط انجام داده و سپس بلافاصله یک پرش عمودی مشابه ریباند بسکتبال (تصویر شماره۴) انجام می‌دهد [۶]. کسب نمره بالا بیانگر خطر آسیب بیشتر است [۳۰]. آزمون دارای روایی عالی و پایایی درون و بین گروهی خوب از عالی (به‌ترتیب ۰/۸۲ از ۰/۹۹ و ۰/۸۳ از ۰/۹۲) است [۳۰]. ویژگی و حساسیت والگوس پویای زانو در پیش‌بینی آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی در این آزمون به‌ترتیب ۶۷ و ۷۸ درصد است و به همین دلیل در پژوهش حاضر جهت ارزیابی زاویه والگوس از این آزمون استفاده شد [۱۳].



تصویر ۵. مقایسه زاویه والگوس پویا، ثبات پاسچرال کل و ثبات مرکزی کل در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

طب‌توانبخشی

جدول ۱. تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی فوتبال

هفته	تمرین	تکرار	هفته	تمرین	تکرار
اول	۱. دویدن مارپیچ	۳ تکرار	دوم	۱. شاتل اصلاح‌شده	۳ تکرار
	۲. چابکی چرخ	۲ تکرار		۲. دویدن و توقف با فرمان مربی	۲ تکرار
	۳. فشار با مقاومت یار تمرینی	۵ تکرار		۳. شتاب‌گیری با بند	۱۰یارد
	۴. بک پدال (به پشت دویدن)	۵ تکرار		۴. دویدن سریع و لمس زمین	۵ تکرار
	۵. جاکینگ (نرم دویدن)	۱۱۷۰ متر		۵. شاتل ۱۰۰ یارد	۴ تکرار
	۶. نردبان چابکی بالا–بالا و پایین–پایین	۲ تکرار		۶. نردبان چابکی لمس انگشتان پا	۲ تکرار
	۷. پرش روی نقاط (جفت پا)	۳×۵		۷.پرش روی نقاط (جفت پا و پا باز)	۳×۵
سوم	۱. چابکی اسکوار	۲ تکرار	چهارم	۱. چابکی نبراسکا	۴ تکرار
	۲. دویدن و جاکینگ با فرمان مربی	۲ تکرار		۲. دویدن واکنشی با فرمان مربی	۲ تکرار
	۳. فشار با مقاومت یار تمرینی	۵ تکرار		۳. شتاب‌گیری با بند	۲۰ یارد
	۴. پرش متوالی و دویدن سریع	۶ تکرار		۴. دویدن باکس	۳ تکرار
	۵. شاتل ۵۰ یارد	۴ تکرار		۵. دو ۵۰ یارد رفت‌وبرگشت	۴ تکرار
	۶. نردبان چابکی از بیرون با داخل	۲ تکرار		۶. نردبان چابکی بیرون– بیرون و داخل – داخل	۲ تکرار
	۷. پرش روی نقاط (پا باز با ۱۹۰ درجه چرخش)	۳×۵		۷. پرش روی نقاط (تک پا)	۳×۵
پنجم	۱. چابکی ایلینویز	۴ تکرار	ششم	۱. چابکی تی	۴ تکرار
	۲. واکنش آیینه ای با یار تمرینی	۲ تکرار		۲. چابکی چرخ (پیشرفته)	۲ تکرار
	۳. فشار با مقاومت یار تمرینی	۵ تکرار		۳. شتاب‌گیری با بند	۳۰ یارد
	۴. دویدن با چرخش ۱۸۰ درجه	۷ تکرار		۴. دویدن با چرخش ۳۶۰ درجه	۷ تکرار
	۵. دویدن رفت‌وبرگشت ۲۰ یارد (جینگل جانگل)	۵ تکرار		۵. دویدن رفت‌وبرگشت ۱۰ یارد (جینگل جانگل)	۵ تکرار
	۶. نردبان چابکی بالا–بالا و پایین–پایین	۲تکرار		۶. نردبان چابکی پا به جلو– پا به عقب	۲ تکرار
	۷. پرش روی نقاط(تکرار کل پرش‌ها)	۳×۵		۷. پرش روی نقاط (تکرار کل پرش‌ها)	۳×۵
هفته ۱تا ۳: تمرین قدرتی	۱. اسکات با استفاده از باند کشی ۲. لانج با استفاده از باند کشی ۳. ساق ایستاده تک پا (دوقلو) ۴. همسترینگ دمر (با یار کمکی) ۵. همسترینگ طاق باز (پل برای تقویت همسترینگ)	هفته ۱و ۲: ۳۰ ثانیه‌ای هفته ۳: ۴۵ ثانیه‌ای	هفته ۴ تا ۶: تمرین قدرتی	۶. تمرین شکم ۷. فلکشن ران با استفاده از باند کشی ۸. آبداکشن ران با باند کشی ۹. تقویت دست‌ها با بانک کشی ۱۰. نشستن با تکیه به دیوار	هفته ۴: ۴۵ ثانیه‌ای هفته ۵ و۶: ۶۰ ثانیه‌ای

طب توانبخشی

تمرینات عصبی عضلانی ویژه زنان فوتبالیست (اسپرت‌متریک فوتبال)

تمرینات اسپرت‌متریک فوتبال، یک پروتکل جامع است. تمرنیات به‌صورت منظم طی ۶ هفته و هر هفته ۳ جلسه ۹۰ الی ۱۲۰ دقیقه‌ای انجام می‌شود و شامل گرم کردن تخصصی پویا (۱۰ حرکت الگوی راه رفتن مختلف: بر روی پنجه پا، بر روی پاشنه پا، به‌صورت رژه‌ای، همراه با نگهداشتن یک پا با دست، همرا با چرخش ران، به‌صورت زانو و ران خم، الگوی زانوی بلند، همراه با بردن پاها به عقب، همراه با گام‌های بلند، با حداکثر سرعت ممکن)، تمرینات استقامتی، سرعتی، قدرتی، چابکی، پلایومتریک (جدول شماره ۱) و سرد کردن تخصصی (۱۰ نوع کشش شامل عضلات: دلتوئید، سینه‌ای و دوسر بازویی، سه سر بازو و پشتی بزرگ، همسترینگ، اکستنسورهای کمر، نعلی، چهارسر، دوقلو، ایلیوتیبیال باند، فلکسورهای ران) بود. در طی این ۶ هفته گروه کنترل نیز به تمرینات روتین خود اما با مدت‌زمان مشابه با گروه تمرین پرداختند. براساس پیشینه پژوهش پروتکل تمرینی حاضر نه‌تنها باعث کاهش آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی، بلکه موجب بهبود کنترل عصبی‌عضلانی و عملکرد ورزشی فوتبالیست‌های سالم می‌شود [۳۱]. به‌علت بیومکانیک حرکتی ضعیف زنان ورزشکار هنگام فرود (تمایل به فرود با زانوهای صاف یا دارای والگوس)، برای اولین بار در سال ۱۹۹۴ تمریناتی با هدف اصلاح کردن راستای اندام تحتانی، بارهای اعمالی بر اندام تحتانی، نقص‌های عصبی عضلانی و مکانیسم فرود طراحی شد که هدف اصلی آن پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی بود و اسپرت‌متریک نام‌گذاری شد[۳۲]. در پژوهش حاضر این تمرینات به‌مدت ۶ هفته و ۳ جلسه در هفته بین ۹۰-۱۲۰ دقیقه در هرجلسه انجام شد [۳۲]. ارزیابی‌های پژوهش شامل استقامت

جدول ۲. آزمون تی مستقل و مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها (سن، وزن، قد، سابقه ورزشی و ترکیب بدنی)

گروه	میانگین±انحراف‌معیار				
	سن (سال)	سابقه (سال)	شاخص توده بدنی	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)
تمرین	۲۰/۱±۲/۰	۵/۲±۱/۹	۲۰/۸±۱/۹	۱۶۴/۱±۷/۳	۵۶/۲±۴/۸
کنترل	۱۹/۷±۱/۷	۵/۴±۲/۱	۲۰/۳±۱/۸	۱۶۲/۳±۵/۳	۵۳/۵±۵/۳
مقدار F	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۰۳	۱/۴	۰/۶۷
معنی‌داری	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۹۷	۰/۲۵	۰/۴۲

طب توانبخشی

عضلات ناحیه مرکزی بدن (آزمون‌های اکستنسور، فلکسور، پلانک راست و چپ)، ثبات پاسچرال (آزمون تعادل وای) و زاویه والگوس پویای زانو (آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود) بود.

تحلیل آماری

جهت تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک[8]، همگنی واریانس‌ها از آزمون لون[9] و جهت حذف اثر گروه و تنها بررسی اثر تمرین بر روی بازیکنان و تجزیه‌وتحلیل استنباطی داده‌ها، از آزمون تحلیل کوواریانس (آنکوا) در سطح معنی‌داری ۹۵درصد استفاده شد.

یافته‌ها

آزمودنی‌های پژوهش شامل ۲۴ فوتبالیست بود (گروه تمرین ۱۲ نفر، گروه کنترل ۱۲ نفر) (جدول شماره۲). نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری کوواریانس با در نظر گرفتن مقادیر پیش‌آزمون به‌عنوان کنترل نشان داد بین گروه کنترل و تمرین تغییرات معنی‌داری در متغیرهای پژوهش ایجاد شده و اعمال ۶ هفته پروتکل اسپرت‌متریک تخصصی فوتبال باعث بهبود معنی‌دار زاویه والگوس پویای زانو، شاخص کلی ثبات پاسچرال (تعادل) و ثبات مرکزی بدن (شاخص کلی ثبات) در گروه تمرین شده است (جدول شماره ۲، تصویر شماره ۵)،درحالی‌که در گروه کنترل تغیرات اندکی ایجاد شد که می‌تواند به‌دلیل آشنایی با آزمون‌ها بوده باشد اما به‌صورت کلی تغییرات در گروه کنترل معنی‌دار نبوده است. به‌بیان‌دیگر نتایج آزمون تحلیل کوواریانس برای زاویه والگوس پویای زانو در گروه تمرین ازلحاظ آماری معنی‌دار (Eta=۰/۹۰، F=۱۷۱/۸، P=۰/۰۱) بود و کاهش تقریباً ۵۱ درصدی این زاویه (از ۲۵/۳۰ به ۱۲/۴۵) در گروه تمرین حاصل شد. همچنین تغییر شاخص کلی ثبات پاسچرال نیز معنی‌دار (Eta=۰/۷۳، F=۵۵/۵، P=۰/۰۱) بود و افزایش تقریباً ۱۱ درصدی این شاخص (از ۱۰۵/۲۱ به ۱۱۶/۷۷) در گروه تمرین حاصل شد. تغییرات شاخص کلی ثبات مرکزی نیز معنی‌دار (Eta=۰/۶۲، F=۳۲/۹، P=۰/۰۱) بود و افزایش تقریباً ۸ درصدی شاخص کلی ثبات مرکزی (۳۸/۲۳ به ۴۱/۱۲) در گروه تمرین حاصل شد (جدول شماره۳، تصویر شماره ۵).

8. Shapiro-Wilk Test
9. Levene's test

جدول ۳. نتایج تجزیه‌وتحلیل کوواریانس متغیرها (والگوس پویای زانو، شاخص ثبات پاسچرال کل، شاخص ثبات مرکزی کل)

متغیر	گروه	میانگین±انحراف‌معیار				Eta Sq	P	F
		تمرین		کنترل				
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون			
والگوس (درجه)		۳۰۲۵±۴/۷	۱۲/۴±۲/۴	۲۷/۴±۵/۱	۲۷/۱±۵/۴	۰/۹	۰/۰۱	۱۷۱/۸
ثبات پاسچرال کل (سانتی‌متر)		۱۰۵/۲±۸/۷*	۱۱۶/۷±۹/۷*	۱۰۰/۱±۶/۳*	۱۰۱/۰±۵/۹*	۰/۷۴	۰/۰۱	۵۵/۵
		۹۹/۲±۷/۴**	۱۰۹/۹±۸/۶**	۹۶/۴±۵/۸**	۹۶/۳±۷/۷**			
		۱۰۴/۵±۸/۹***	۹/۶±۹/۱۱۵***	۹۸/۱±۸/۷***	۹۹/۸±۶/۶***			
		۱۱۱/۸±۹/۴****	۱۲۴/۳±۱۲/۵****	۱۰۵/۹±۹/۱***	۱۰۶/۶±۹/۸****			
ثبات مرکزی کل (ثانیه)		۳۸/۲±۸/۵	۴۱/۱±۸/۵	۳۹/۸±۹/۰	۴۰/۱±۸/۸	۰/۶۲	۰/۰۱	۳۲/۹

* شاخص کلی ثبات پاسچرال، **جهت قدامی، ***جهت خلفی داخلی، ****جهت خلفی خارجی

طب توانبخشی

بحث

در پژوهش حاضر تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی فوتبال باعث کاهش ۵۱ درصدی (حدود ۱۳ درجه از ۲۵/۳۰ به ۱۲/۴۵) زاویه والگوس پویای زانو در لحظه حداکثر فلکشن، افزایش ۸ درصدی شاخص کلی ثبات ناحیه مرکزی بدن (حدود ۳ ثانیه از ۳۸/۲۳ به ۴۱/۱۲) و افزایش ۱۱ درصدی شاخص کلی ثبات پاسچرال پویا (حدود ۱۱/۵ سانتی‌متر از ۱۰۵/۲۱ به ۱۱۶/۷۷) گردید. اسپرت‌متریک یک برنامه تمرینی جامع است، زیرا در هر جلسه علاوه‌بر تمرینات گرم کردن و سرد کردن، شامل سایر فاکتورهای آمادگی جسمانی مؤثر در عملکرد فوتبالیست‌ها ازقبیل تمرینات قدرتی، پلایومتریک، سرعتی، چابکی و عکس‌العمل است. به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل تعدیل متغیرهای پژوهش تمرکزبخشی از پروتکل تمرینی بر تقویت ثبات مرکزی، بهبود عملکرد و کنترل راستای اندام تحتانی باشد. اگرچه سایر پژوهش‌های پیشگیری از آسیب و تعدیل مؤلفه‌های بیومکانیکی تأثیرات متفاوتی بر الگوهای حرکتی آسیب‌رسان را گزارش کرده‌اند [۳۳].

بررسی تأثیر تمرینات اسپرت‌متریک مخصوص فوتبال نشان داد این تمرینات باعث بهبود معنی‌دار ثبات پاسچرال پویا در آزمون تعادل وای می‌شود [۳۴] که با نتایج پژوهش حاضر هم‌راستا می‌باشد. همچنین نتایج یک پژوهش دیگر در زنان و مردان فوتبالیست نشان داد بین ثبات پاسچرال پویا و قدرت ایزومتریک عضلات دورکننده ران و ثبات ناحیه مرکزی بدن زنان فوتبالیست ارتباط معنی‌داری وجود دارد [۳۵]. به‌نظر می‌رسد در فوتبالیست‌های خانم بین ثبات مرکزی و ثبات پاسچرال پویا ارتباط معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که در یک پژوهش دیگر نیز بهبود ثبات پاسچرال ایستا و پویای فوتبالیست‌ها پس از انجام تمرینات ثبات مرکزی گزارش شد [۳۶]. بررسی تأثیر تمرینات جامع فیفا ۱۱+ در دختران فوتبالیست نیز نشان داد این برنامه تمرین می‌تواند باعث بهبود معنی‌دار ثبات پاسچرال پویا در طی آزمون ثبات پاسچرال وای شود [۷].

همچنین مرور پیشینه تأثیرات برنامه‌های پیشگیری از آسیب فوتبال نشان داد انجام ۸ الی ۱۲ هفته تمرینات جامع فیفا ۱۱+ می‌تواند باعث بهبود معنی‌دار ثبات پاسچرال پویا شود [۳۷]. هم تمرینات جامع فیفا ۱۱+ و هم تمرینات اسپرت‌متریک شامل مؤلفه تمرینات ثبات پاسچرال و تمرینات عملکردی است و به‌نظر می‌رسد این پروتکل‌های پیشگیری از آسیب به‌دلیل مؤلفه تمرینات تعادلی می‌توانند به بهبود ثبات پاسچرال منجر شوند. [۳۷].

نتایج یک پژوهش نشان داد انجام ۲۰ دقیقه تمرینات عصبی‌عضلانی پیشگیری از آسیب در دختران فوتبالیست می‌تواند باعث بهبود معنی‌دار ثبات پاسچرال پویا و کنترل عصبی‌عضلانی و متعاقباً کاهش حدود ۷۲ درصدی آسیب شود [۳۸]. ثبات پاسچرال پویا یکی از اجزاء اساسی و مهم در اغلب رشته‌های ورزشی به‌ویژه فوتبال، یکی از فاکتورهای مهم در افزایش عملکرد ورزشی و پیشگیری از آسیب‌های اندام تحتانی است [۱۵]. در پژوهشی که به بررسی تأثیر تمرینات اسپرت‌متریک ویژه فوتبال بر ثبات پاسچرال مردان فوتبالیست پرداخته بود نشان داد گروه تمرین حدود ۱۷ درصد رکورد بالاتری نسبت به گروه کنترل در آزمون تعادل وای ثبت کرده‌اند که نشان‌دهنده تأثیر مثبت این تمرینات بر ثبات پاسچرال پویا می‌باشد [۳۹]. در پروتکل اسپرت‌متریک تمرینات پلایومتریک و قدرتی بخش اصلی تمرینات را تشکیل می‌دهند و این خود می‌تواند یکی از دلایل اصلی بهبود ثبات پاسچرال در گروه تمرین باشد [۳۹]. عملکرد ضعیف و عدم تقارن در آزمون ثبات پاسچرال یکی از عوامل خطرساز کلیدی آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی محسوب می‌شود [۳۵].

در طی فعالیت‌های عملکردی عدم حفظ راستای تنه و ثبات پاسچرال پویای ناکافی می‌تواند به عدم تقارن و از دست دادن ثبات مرکز ثقل و ثبات پاسچرال و درنتیجه کاهش ثبات مرکزی منجر شود و مجموعه این دو عامل می‌توانند به بیومکانیک ناصحیح در طی اجرای تکنیک ورزشی و افزایش خطر آسیب اندام تحتانی نه‌تنها در مچ پا بلکه در نواحی کمر، لگن، ران و زانو منجر شود [۳۶]. آزمون تعادل وای نه‌تنها یکی از بهترین آزمون‌های تشخیصی جهت شناسایی عوامل خطرساز کلیدی آسیب اندام تحتانی محسوب می‌شود بلکه یک راهنمای مناسب جهت طراحی برنامه‌های پیشگیری و توانبخشی آسیب است [۳۵].

ضعف ثبات مرکزی به نقص غلبه تنه، تغییر بیومکانیک مفصل زانو و متعاقباً والگوس زانو و افزایش احتمال بروز آسیب لیگامانی زانو منجر می‌شود و به همین دلیل تمرینات ثبات مرکزی یکی از رایج‌ترین مؤلفه‌های پروتکل‌های پیشگیری از آسیب‌های لیگامانی اندام تحتانی به‌خصوص لیگامان صلیبی قدامی محسوب می‌شود [۴۰]. ضعف ثبات مرکزی به‌ویژه در زنان به افزایش حرکات جانبی تنه در طی فرود منجر می‌شود. متعاقباً افزایش حرکات جابه‌جایی به افزایش نیروی عکس‌العمل زمین و بار وارده بر آبداکتورها و متعاقباً جابه‌جایی داخلی و والگوس پویای زانو منجر می‌شود و درنتیجه احتمال بروز آسیب لیگامان صلیبی قدامی افزایش می‌یابد [۴۱]. اعمال تمرینات عصبی‌عضلانی در افراد دارای سابقه آسیب لیگامان صلیبی قدامی می‌تواند باعث افزایش قدرت ناحیه مرکزی و ران و متعاقباً اصلاح کینماتیک اندام تحتانی و کاهش خطای فرود شود [۴۱].

در پروتکل حاضر نیز تمرینات ثبات مرکزی بخشی از تمرینات تقویتی محسوب می‌شد و هر جلسه تمرینات ثبات مرکزی در قالبت سه نوع تمرین شکم، تمرین ابداکشن ران، تمرین همستریک، تمرین اسکات با تکیه به دیوار انجام می‌شد. همچنین تمرینات ثبات مرکزی باعث بهبود مهارت‌های تکنیکی ورزشکاران نیز می‌شود [۴۲]. دراین راستا اعمال تمرینات عصبی‌عضلانی

ثبات مرکزی بر روی فوتبالیست‌های دارای نقص تنه، به افزایش ثبات مرکزی و بهبود ۷۵ درصدی کینماتیک فرود در آزمون تاک جامپ منجر شد [۴۳]. در پژوهش دیگری نیز اعمال تمرینات ثبات مرکزی بر روی بازیکنان دارای غلبه تنه باعث افزایش زاویه فلکشن زانو و ران و بهبود بیومکانیک اندام تحتانی شد و بیان شد مؤلفه تمرینات ثبات مرکزی در برنامه جامع فیفا ۱۱+ می‌تواند باعث کاهش حداکثر والگوس زانو و بهبود مکانیسم فیدفورواردی در طی فرودپرش شود [۴۰].

برنامه جامع فیفا ۱۱+ می‌تواند باعث بهبود ثبات مرکزی دختران فوتبالیست نیز شود [۷]. ورزشکاران دارای ضعف ثبات مرکزی در هنگام آزمون اسکات تک‌پا بیشتر تمایل به والگوس زانو دارند [۴۴]، زیرا حرکات خارج از کنترل و غیرارادی مفاصل لگن و تنه می‌تواند به تغییر بیومکانیک، افزایش بار وارده و خطر آسیب بر اندام تحتانی به‌ویژه مفصل زانو منجر شود [۴۴]. به‌عبارتی ضعف ثبات مرکزی و متعاقباً انحراف جانبی تنه، باعث انحراف جانبی بردار نیروی عکس‌العمل زمین و افزایش طول بازوی اهرمی و متعاقباً افزایش بار داخلی و انتقال داخلی مفصل زانو (والگوس پویای زانو) در طی حرکات پویا می‌شود [۴۴].

همچنین ضعف ثبات مرکزی با کاهش زمان فعال‌سازی عضلات چهارسر و همسترینگ و کاهش فلکشن و ثبات مفصل زانو باعث بی‌ثباتی مفصل در طی حرکاتی ازقبیل فرود و متعاقباً افزایش نیروی وارده بر لیگامان صلیبی قدامی و خطر آسیب آن می‌شود [۴۵]. به همین دلیل تقویت ثبات مرکزی در زنان دارای والگوس خفیف تا متوسط می‌تواند باعث بهبود مکانیک اندام تحتانی شود [۴۶]. همچنین ضعف ثبات مرکزی به خستگی زودتر عضلات این ناحیه در طی فعالیت‌های عملکردی منجر می‌شود. خستگی نیز باعث کاهش زاویه فلکشن زانو در لحظه تماس اولیه و کاهش حداکثر فلکشن زانو طی فعالیت‌های تک‌پا، فرود، پرش و توقف می‌شود [۴۵]. بر همین اساس به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل بهبود زاویه والگوس در پژوهش حاضر، افزایش ثبات مرکزی پس از اعمال پروتکل جامع اسپرت‌متریک تخصصی فوتبال است.

در بررسی رابطه بین ثبات مرکزی و والگوس زانو طی اسکات تک‌پا [۴۷] و همچنین ارتباط ثبات مرکزی و خطای فرود ورزشکاران مرد [۴۸]، عدم ارتباط معنی‌دار گزارش شد [۴۷، ۴۸]. جنسیت بر نوع شیوع نقص‌های عصبی‌عضلانی تأثیرگذار است، به‌طوری‌که شایع‌ترین نقص عصبی‌عضلانی در دختران ورزشکار نقص والگوس ولی در آقایان غلبه پا می‌باشد [۶]. بر همین اساس یکی از دلایل هم‌راستا نبودن نتایج این دو مطالعه با پژوهش حاضر جنسیت ورزشکاران می‌باشد. ازطرف‌دیگر اخیراً نتایج یک پژوهش نشان داد برنامه‌های مختلف پیشگیری از آسیب باعث تعدیل مؤلفه‌های بیومکانیکی اندام تحتانی می‌شوند، به‌عنوان‌مثال تمرینات پیشگیری در ورزشکاران دارای آبداکشن درشتنی می‌تواند باعث کاهش آبداکشن درشتنی و والگوس زانو شود [۳۳]. افزایش میزان والگوس پویای زانو (۵ درجه‌ای) می‌تواند به افزایش بار وارده بر مفصل زانو (افزایش ۶ برابری) منجر شود[۴۹].

نتایج تجزیه‌وتحلیل ویدیویی آسیب لیگامان صلیبی‌قدامی نشان داد این آسیب اغلب در اثر والگوس پویای زانو، چرخش استخوان درشتنی در وضعیت نزدیک به اکستنشن کامل زانو رخ می‌دهد [۵۰]. پژوهش‌هایی که درارتباط‌با تمرینات اسپرت‌متریک صورت گرفته بودند نشان دادند این تمرینات بر کاهش نیروی فرود، بهبود راستای اندام تحتانی و والگوس پویای زانو متمرکز هستند و از این طریق به پیشگیری از آسیب زانو و لیگامان صلیبی قدامی منجر می‌شود که با پژوهش حاضر همسو می‌باشد [۳۹]، زیرا در پژوهش حاضر نیز بهبود والگوس پویای زانو در گروه تمرین پس از شرکت در تمرینات تخصصی اسپرت‌متریک حاصل شد. به‌طور معمول آسیب لیگامان صلیبی قدامی ۴۰ میلی‌ثانیه و حداکثر والگوس زانو ۶۰ میلی‌ثانیه پس از تماس اولیه با سطح طی فرود اتفاق می‌افتد [۴۰]. والگوس پویای زانو در زنان شایع‌تراست، زیرا اغلب تمایل به فرود با زانوهای متمایل به داخل دارند و به همین دلیل اولویت اکثر برنامه‌های پیشگیری از آسیب‌های زانو در زنان اصلاح غلبه لیگامان (والگوس پویای زانو)، به‌عنوان بزرگترین عامل خطرساز آسیب لیگامان صلیبی قدامی می‌باشد [۲۱].

در برخی پژوهش‌ها بهبود مؤلفه‌های بیومکانیکی ناشی از غلبه چهارسر و غلبه لیگامان پس از انجام تمرینات پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی گزارش شده است [۴۰]، اما در برخی دیگر برنامه پیشگیری از آسیب و بهبود عملکرد تأثیر معنی‌داری بر اصلاح زاویه والگوس زانو نداشته است [۴]. حتی برخی از پروتکل‌های پیشگیرانه ازقبیل تمرینات گرم کردن استاتیک تأثیر منفی داشتند و باعث افزایش زاویه والگوس پویای زانو شده‌اند [۳۳]. همچنین گزارش شده است تمرینات عصبی‌عضلانی پیشگیری از آسیب در اصلاح والگوس پویای زانوی دختران و پسران فوتبالیست ناموفق بوده‌اند و تنها باعث افزایش معنی‌دار زاویه فلکشن زانو در گروه دختران شده‌اند [۵۰]. اغلب برنامه‌های عصبی‌عضلانی پیشگیری از آسیب‌های زانو شامل انواع مختلف تمرینات انعطاف‌پذیری، قدرتی، ثبات پاسچرال، چابکی و پلایومتریک هستند [۴۰] و اغلب این پروتکل‌ها بر روی افراد سالم انجام شده‌اند و به‌نظر می‌رسد چون نوع نقص در این پژوهش‌ها کنترل و بررسی نشده است، نتایج پژوهش‌ها متناقض می‌باشد. در پیشنه پژوهش اثرات مختلفی برای تمرینات اسپرت‌متریک درزمینه اصلاح نقص‌های عصبی‌عضلانی ورزشکاران مرد و زن گزارش شده است که مهم‌ترین آن‌ها شامل کاهش حدود ۲۲ درصدی حداکثر نیروی فرود، کاهش حدود ۵۰ درصدی آبداکشن و آداکشن زانو و افزایش معنی‌دار فلکشن زانو در زنان نسبت به مردان و همچنین افزایش فاصله بین دو زانو (از ۱۷ به ۳۷ سانتی‌متر) است [۳۳].

نتیجه‌گیری

اغلب تأثیر تمرینات اسپرت‌متریک عمومی و همچنین سایر پروتکل‌های تخصصی پیشگیری از آسیب مانند برنامه جامع فیفا ۱۱+ در ورزشکاران سالم، مؤثر و معنی‌دار بوده است، اما به‌نظر می‌رسد تأثیر تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی فوتبال بر روی فوتبالیست خانم دارای والگوس پویای زانو بررسی نشده است و بر همین اساس پژوهش حاضر صورت گرفت. براساس یافته‌های پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد این پروتکل تمرینی با کاهش حدود ۱۳ درجه‌ای زاویه والگوس پویای زانو، افزایش ۳ ثانیه‌ای شاخص کلی ثبات مرکزی و افزایش ۱۱/۵ سانتی‌متری شاخص کلی ثبات پاسچرال پویا می‌تواند در پیشگیری از آسیب زانو مؤثر باشد، زیرا والگوس پویای زانو، ضعف در ثبات پاسچرال و ثبات مرکزی عوامل خطرساز کلیدی آسیب‌های اندام تحتانی به‌ویژه لیگامان صلیبی قدامی محسوب می‌شوند. گاهی اوقات ممکن است بازیکنان و مربیان تمرینات پیشگیری از آسیب را به‌دلیل تغیرات منفی بر عملکرد بازیکنان یا بی‌تأثیر بودن آن‌ها اجرا نکنند، اما براساس نتایج پژوهش حاضر انجام این تمرینات به فوتبالیست‌های خانم دارای والگوس پویای زانو اکیداً پیشنهاد می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در این مقاله کلیه اصول اخلاقی در نظر گرفته شده است. شرکت‌کنندگان در مورد اهداف و روش‌های مطالعه مطلع شدند. آن‌ها از محرمانه بودن اطلاعات خود اطمینان داشتند و در هر زمان آزاد بودند که مطالعه را ترک کنند. در صورت نیاز، نتایج تحقیق در اختیار آن‌ها قرار خواهد گرفت. در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه کردستان در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره IR.UOK.REC.1400.030 دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه نیلوفر فخرایی راد گروه علوم ورزشی و تربیت بدنی دانشگاه کردستان می‌باشد و هیچ‌گونه کمک مالی از سازمانی‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از از همه بازیکنان فوتبالی که در انجام پژوهش حاضر مشارکت کردند، قدردانی می‌کنند.

References

[1] Dvorak J, Junge A, Graf-Baumann T, Peterson L. Football is the most popular sport worldwide. The American Journal of Sports Medicine. 2004; 32(1 Suppl):3S-4. [DOI:10.1177/0363546503262283] [PMID]

[2] Martínez-Lagunas V, Niessen M, Hartmann U. Women's football: Player characteristics and demands of the game. Journal of Sport and Health Science. 2014; 3(4):258-72. [DOI:10.1016/j.jshs.2014.10.001]

[3] Mayhew L, Johnson MI, Francis P, Lutter C, Alali A, Jones G. Incidence of injury in adult elite women's football: A systematic review and meta-analysis. BMJ Open Sport & Exercise Medicine. 2021; 7(3):e001094. [DOI:10.1136/bmjsem-2021-001094] [PMID] [PMCID]

[4] Noyes FR, Barber-Westin SD, Tutalo Smith ST, Campbell T. A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school soccer players. Journal of Strength and Conditioning Research. 2013; 27(2):340-51. [DOI:10.1519/JSC.0b013e31825423d9] [PMID]

[5] Del Coso J, Herrero H, Salinero JJ. Injuries in Spanish female soccer players. Journal of Sport and Health Science. 2018; 7(2):183-90. [DOI:10.1016/j.jshs.2016.09.002] [PMID] [PMCID]

[6] Mohammadi H, Ghaeeni S. Prevalence of neuromuscular deficiencies associated with non-contact anterior cruciate ligament injury in healthy collegiate student-athletes. Physical Treatments. 2019; 9(4):193-202. [DOI:10.32598/ptj.9.4.193]

[7] Parsons JL, Carswell J, Nwoba IM, Stenberg H. Athlete perceptions and physical performance effects of the fifa 11 + program in 9-11 year-old female soccer players: A cluster randomized trial. International Journal of Sports Physical Therapy. 2019; 14(5):740-52. [PMID] [PMCID]

[8] Noyes FR, Barber-Westin SD. Neuromuscular retraining intervention programs: Do they reduce noncontact anterior cruciate ligament injury rates in adolescent female athletes? Arthroscopy. 2014; 30(2):245-55. [DOI:10.1016/j.arthro.2013.10.009] [PMID]

[9] Wilczyński B, Wąż P, Zorena K. Impact of three strengthening exercises on dynamic knee valgus and balance with poor knee control among young football players: A randomized controlled trial. Healthcare. 2021; 9(5):558. [DOI:10.3390/healthcare9050558] [PMID] [PMCID]

[10] Hamed BS, Aliasghar N. [The effect of neuromuscular training program on landing position, balance, range of motion and strength of selected lower limb muscles in athletes with dynamic knee valgus defect (Persian)]. Iranian Journal of Rehabilitation Research in Nursing. 2021; 8(1):45-57. [DOI:10.22034/ijrn.8.1.45]

[11] Saki F, Rjabi R, Alizaddeh M, Tabatabai F, Minonejad H, Pirali M. [Association of quadriceps and hamstrings cocontraction patterns with knee valgus angle in professional female athletes (Persian)]. Journal of Applied Exercise Physiology. 2016; 12(23):193-204. [DOI:10.22080/JAEP.2016.1305]

[12] Ramezani F, Saki F. [Electromyographic activity of the knee muscles during single-leg landing in female athletes with and without dynamic knee valgus (Persian)]. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2020; 9(4):268-77. [DOI:10.22037/jrm.2020.113171.2330]

[13] Padua DA, DiStefano LJ, Beutler AI, de la Motte SJ, DiStefano MJ, Marshall SW. The landing error scoring system as a screening tool for an anterior cruciate ligament injury-prevention program in elite-youth soccer athletes. Journal of Athletic Training. 2015; 50(6):589-95. [DOI:10.4085/1062-6050-50.1.10] [PMID] [PMCID]

[14] Turna B. The effects of 6-week core training on selected biomotor abilities in soccer players. Journal of Education and Learning. 2020; 9(1):99-109. [DOI:10.5539/jel.v9n1p99]

[15] Ozmen T. Relationship between core stability, dynamic balance and jumping performance in soccer players. Turkish Journal of Sport and Exercise. 2016; 18(1):110-3. [DOI:10.15314/tjse.93545]

[16] Kocahan T, Akınoğlu B. Determination of the relationship between core endurance and isokinetic muscle strength of elite athletes. Journal of Exercise Rehabilitation. 2018; 14(3):413-8. [DOI:10.12965/jer.1836148.074] [PMID] [PMCID]

[17] Jadczak Ł, Grygorowicz M, Wieczorek A, Śliwowski R. Analysis of static balance performance and dynamic postural priority according to playing position in elite soccer players. Gait & Posture. 2019; 74:148-53. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2019.09.008] [PMID]

[18] Silva FMD, Canêz DB, Madeira AR, Ferreira GD. Dynamic knee alignment and pelvic balance: Comparison regarding gender in young soccer athletes. Revista Brasileira de Ortopedia. 2021; 56(2):175-80. [DOI:10.1055/s-0040-1721361] [PMID] [PMCID]

[19] Crossley KM, Patterson BE, Culvenor AG, Bruder AM, Mosler AB, Mentiplay BF. Making football safer for women: A systematic review and meta-analysis of injury prevention programmes in 11 773 female football (soccer) players. British Journal of Sports Medicine. 2020; 54(18):1089-98. [DOI:10.1136/bjsports-2019-101587] [PMID] [PMCID]

[20] Noyes FR, Barber-Westin S. ACL injuries in the female athlete: Causes, impacts, and conditioning programs. Berlin: Springer; 2012. [Link]

[21] Mohammadi M, Daneshmandi H, Alizadeh MH, Shamsimajlan A. [The effect of ACL intervention programs on the improvement of neuromuscular deficiencies and reducing the incidence of ACL injury: A review article (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2015; 4(2):159-69. [Link]

[22] Eckard T, Padua D, Mauntel T, Frank B, Pietrosimone L, Begalle R, et al. Association between double-leg squat and single-leg squat performance and injury incidence among incoming NCAA division I athletes: A prospective cohort study. Physical Therapy in Sport. 2018; 34:192-200. [DOI:10.1016/j.ptsp.2018.10.009] [PMID]

[23] Nesser TW, Huxel KC, Tincher JL, Okada T. The relationship between core stability and performance in division I football players. Journal of Strength and Conditioning Research. 2008; 22(6):1750-4. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3181874564] [PMID]

[24] Okada T, Huxel KC, Nesser TW. Relationship between core stability, functional movement, and performance. Journal of Strength and Conditioning Research. 2011; 25(1):252-61. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3181b22b3e] [PMID]

[25] Mohammadi H, Fathi J. The relationship between core endurance and performance in national female badmin ton athletes. Physical Treatments. 2018; 8(3):123-31. [DOI:10.32598/ptj.8.3.123]

[26] Plisky P, Schwartkopf-Phifer K, Huebner B, Garner MB, Bullock G. Systematic review and meta-analysis of the y-balance test lower quarter: Reliability, discriminant validity, and predictive validity. The International Journal of Sports Physical Therapy. 2021; 16(5):1190-209. [DOI:10.26603/001c.27634]

[27] Read PJ, Oliver JL, Myer GD, Farooq A, De Ste Croix M, Lloyd RS. Utility of the anterior reach Y-BALANCE test as an injury risk screening tool in elite male youth soccer players. Physical Therapy in Sport. 2020; 45:103-10. [DOI:10.1016/j.ptsp.2020.06.002] [PMID] [PMCID]

[28] Overmoyer GV, Reiser RF 2nd. Relationships between lower-extremity flexibility, asymmetries, and the Y balance test. Journal of Strength and Conditioning Research. 2015; 29(5):1240-7. [DOI:10.1519/JSC.0000000000000693] [PMID]

[29] Sipe CL, Ramey KD, Plisky PP, Taylor JD. Y-balance test: A valid and reliable assessment in older adults. Journal of Aging and Physical Activity. 2019; 27(5):663–9. [DOI:10.1123/japa.2018-0330] [PMID]

[30] Hanzlíková I, Hébert-Losier K. Is the landing error scoring system reliable and valid? A systematic review. Sports Health. 2020;12(2):181-88. [DOI:10.1177/1941738119886593] [PMID] [PMCID]

[31] Noyes FR, Barber-Westin S. Return to sport after ACL reconstruction and other knee operations limiting the risk of reinjury and maximizing athletic performance: Limiting the risk of reinjury and maximizing athletic performance. Berlin: Springer; 2019. [DOI:10.1007/978-3-030-22361-8]

[32] Noyes FR, Barber-Westin S. Sportsmetrics ACL intervention training program: Components and results. In: Noyes FR, Barber-Westin S, editors. ACL injuries in the female athlete: Causes, Impacts, and conditioning programs. Berlin: Springer; 2018. [DOI:10.1007/978-3-662-56558-2_17]

[33] Behboodian N, Amiri R, Letafatkar A. [Compartion of the effects of static, dynamic and injury-prevention program warm-up protocols on knee valgus during drop landing and single-leg hop test in active 18-25 years men (Persian)]. Journal for Research in Sport Rehabilitation. 2020; 7(14):71-86. [DOI:10.22084/rsr.2020.21899.1515]

[34] Isla E, Romero-Moraleda B, Moya JM, Esparza-Ros F, Mallo J. Effects of a neuromuscular warm-up program in youth female soccer players. Journal of Human Kinetics. 2021; 79:29-40. [DOI:10.2478/hukin-2021-0080] [PMID] [PMCID]

[35] López-Valenciano A, Ayala F, De Ste Croix M, Barbado D, Vera-Garcia FJ. Different neuromuscular parameters influence dynamic balance in male and female football players. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2019; 27(3):962-70. [DOI:10.1007/s00167-018-5088-y] [PMID]

[36] Daneshjoo A, Eslami A, Mousavi Sadati SK. Effect of core stability training on the balance and FMS scores of adolescent soccer players. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2020; 9(2):61-70. [DOI:10.22037/jrm.2019.111518.2053]

[37] Sajediniya M, Norasteh A, Salahzadeh Z. [The relationship between neuromuscular mechanisms and static and dynamic balance of soccer players (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2018; 4(1):53-61. [Link]

[38] Steffen K, Emery CA, Romiti M, Kang J, Bizzini M, Dvorak J, Finch CF, Meeuwisse WH. High adherence to a neuromuscular injury prevention programme (FIFA 11+) improves functional balance and reduces injury risk in Canadian youth female football players: A cluster randomised trial. British Journal of Sports Medicine. 2013; 47(12):794-802. [DOI:10.1136/bjsports-2012-091886] [PMID]

[39] Saki F, Mohammadi H, Shakiba E, Ramezani F. Does sportsmetrics soccer training improve LESS and dynamic balance in soccer players? A randomized controlled trial. Physical Treatments.2021; 11(4):269-78. [DOI:10.32598/ptj.11.4.493.1]

[40] Sasaki S, Tsuda E, Yamamoto Y, Maeda S, Kimura Y, Fujita Y, Ishibashi Y. Core-muscle training and neuromuscular control of the lower limb and trunk. Journal of Athletic Training. 2019; 54(9):959-69. [DOI:10.4085/1062-6050-113-17] [PMID] [PMCID]

[41] Norouzi K, Mahdavinezhad R, Mohamadi MR, Ariamanesh A. [The effect of neuromuscular training on hip strength, core and jump-landing mechanics in athletes with anterior cruciate ligament reconstruction (Persian)]. Journal for Research in Sport Rehabilitation. 2019; 7(13):77-89. [DOI:10.22084/rsr.2019.18377.1434]

[42] Steffen K, Bakka HM, Myklebust G, Bahr R. Performance aspects of an injury prevention program: A ten-week intervention in adolescent female football players. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2008; 18(5):596-604. [DOI:10.1111/j.1600-0838.2007.00708.x] [PMID]

[43] 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]

[44] Mozafaripour E, Seidi F, Minoonejad H, Mousavi SH, Bayattork M. Can lower extremity anatomical measures and core stability predict dynamic knee valgus in young men? Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2021; 27:358-63. [DOI:10.1016/j.jbmt.2021.02.004] [PMID]

[45] Khosravi S, Shirzad Eraghi E, Seydi F. [Effect of core muscle functional fatigue on some of kinematics parameters related to ACL injury during single-leg stop-jump task in female athletes (Persian)]. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2018; 7(1):10-21. [DOI:10.22037/jrm.2018.110698.1467]

[46] Guillén-Rogel P, Barbado D, Franco-Escudero C, San Emeterio C, Marín PJ. Are core stability tests related to single leg squat performance in active females? International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021; 18(11):5548. [DOI:10.3390/ijerph18115548] [PMID] [PMCID]

[47] Affandi NF, Saufi Zuhan Mail M, Mohd Azhar N, Shaharudin S. Relationships between core strength, dynamic balance and knee valgus during single leg squat in male junior athletes. Sains Malaysiana. 2019; 48(10):2177-83. [DOI:10.17576/jsm-2019-4810-13]

[48] Fallah Mohammadi M, Shojaadin S, Amir L, Ebrahimi Takomjani E, Mansour E. [Relationship between core stability and strength of some lower extremity muscles, and jump-landing biomechanics using landing error scoring system (Persian)]. Journal of Applied Exercise Physiology. 2018; 13(26):125-38. [DOI:10.22080/jaep.2017.10199.1504]

[49] Myer GD, Stroube BW, DiCesare CA, Brent JL, Ford KR, Heidt RS Jr, et al. Augmented feedback supports skill transfer and reduces high-risk injury landing mechanics: A double-blind, randomized controlled laboratory study. The American Journal of Sports Medicine. 2013; 41(3):669-77. [DOI:10.1177/0363546512472977] [PMID] [PMCID]

[50] Lindblom H, Waldén M, Carlfjord S, Hägglund M. Limited positive effects on jump-landing technique in girls but not in boys after 8 weeks of injury prevention exercise training in youth football. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2020; 28(2):528-37. [DOI:10.1007/s00167-019-05721-x] [PMID] [PMCID]