

Research Paper

The Effect of Sportsmetrics Training on Landing Technique in Female Volleyball Players With Dynamic Knee Valgus



*Hemn Mohammadi¹ , Masoumeh Khosravani¹

1. Department of Physical Education and Sports Sciences, Faculty of Humanity Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.



Citation Mohammadi H, Khosravani M. [The Effect of Sportsmetrics Training on Landing Technique in Female Volleyball Players With Dynamic Knee Valgus (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 13(3):626-639. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.3.3130>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.3.3130>

ABSTRACT

Background and Aims The most serious and severe injuries among female volleyball players is the knee injury, especially the anterior cruciate ligament (ACL) tear. Its key risk factors are dynamic knee valgus (DKV) and abnormal alignment during jump landing. One of the successful protocols regarding the prevention of knee injuries in female volleyball players is professional sportsmetrics volleyball training. In the present study, the effect of this protocol on DKV correction and landing error scoring system (LESS) was investigated.

Methods The current research is quasi-experimental with a pre-test-post-test design. The statistical sample included 30 female volleyball players (Mean±SD age: 20.83±2.22 years, Mean±SD height: 168.16±6.47 cm, Mean±SD weight: 59.13±7.4 kg, Mean±SD body mass index (BMI): 20.83±1.52 kg/m², and Mean±SD sports experience: 5.46±1.8 years) who were randomly divided into the training (15 people) and control (15 people) groups. Double leg squat and LESS tests were used to evaluate DKV and landing error. The exercise group participated in the present protocol for 6 weeks, three sessions per week. Each session was approximately 90 minutes, including warm-up exercises, sportsmetrics volleyball training, and cool-down. The analyses of covariance were used to evaluate the data at a significant level of P=0.05.

Results The results of covariance analysis showed that performing these exercises significantly reduced (P=0.01) DKV (from 23.13 to 7.86) and landing error (from 17.46 to 7.6). In other words, the training group experienced a 66% decrease in DKV and a 56% decrease in landing error after performing six weeks of sportsmetrics volleyball training.

Conclusion Sportsmetrics volleyball training has successfully improved performance and prevented ACL injury in female volleyball players. According to the present study results, performing these exercises leads to correct DKV and improves lower extremity alignment and landing technique. Therefore, performing sportsmetrics volleyball training is strongly recommended for female volleyball players with DKV.

Keywords Sportsmetrics training, Knee valgus, Injury prevention, Landing, Volleyball

Received: 23 Oct 2022

Accepted: 06 Nov 2022

Available Online: 22 Jul 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.

Extended Abstract

F

Introduction

requent landing and jumping in volleyball result in contact injuries between players under the net, especially in the lower extremities. Although the knee is the second most common joint injury in volleyball (ankle 31.9%, and knee 17.38%), it is in the first place in terms of intensity because it causes the highest rate of complications and absence of athletes from sports activities. Valgus stress is the key risk factor of anterior cruciate ligament (ACL) noncontact injury. A higher rate of ACL injury in females compared to males is due to neuromuscular differences, especially ligament dominance. This defect and increasing stress on the ligament structure causes the greatest absorption of the ground reaction force during landing and acceleration reduction on the ligaments and the knee in a valgus position. Landing in this position increases stress on the ACL and eventually tears it.

On the one hand, sportsmetrics volleyball training (SMVT) effectively reduces ACL injury. On the other hand, there is a strong correlation (88%) between the risk of ACL injury and dynamic knee valgus (DKV). The present study was conducted to investigate the effect of SMVT on landing errors in female volleyball players with DKV.

Materials and Methods

The subjects of the present study consisted of 30 female volleyball players aged 18 to 25 with DKV. The inclusion criteria for research included no history of injury in the past year, at least three years' continuous participation in volleyball club teams for three sessions per week, and no injury or serious defect in the knee joint. To check the normality of the data and the homogeneity of variances, the Shapiro-Wilk test and Levene's test were used, respectively. Also, the analysis of covariance at a significance level of 0.05 was used to check the changes between groups.

Squat tests were used to identify the valgus defect, and the landing error scoring system (LESS) test was used to evaluate the landing error. The tests and training protocol used in this study are as follows. In the double leg squat test (DLS), the athlete performs five times without interruption in a controlled squat to the depth of 90 degrees, and if the middle point of the patella inwards during the squat so that it crosses from the inner part of the big toe, indicating valgus position. LESS is a valid and reliable screening tool. The test consists of jumping forward from a 30 cm box at a distance of 50% of the subject's height and immediately doing a vertical jump at the maximum height. Also, SMVT includes a specialized warm-up, specific sportsmetrics volleyball exercises (agility, endurance, strength, reaction speed, speed, power, plyometric, and balance) and cool-up exercises. The exercises were performed for six weeks, three days a week and each session lasted 90 to 120 minutes.

Results

The results of covariance analysis (Table 1) illustrate a significant reduction in DKV (66% reduction, from 23.1 ± 5.0 to 7.8 ± 4.9) in the training group after six weeks ($P=0.01$, $F=115.98$, $\text{Eta}=0.82$). Also, a significant decrease in LESS score (56% reduction, from 17.5 ± 2.5 to 7.6 ± 3.4) was observed in the training group ($P=0.01$, $F=113.45$, $\text{Eta}=0.81$).

Conclusion

Performing comprehensive intervention protocols and using neuromuscular screening techniques to assess the relative risk of injury are the most effective strategies for preventing ACL injury. The LESS is used to identify DKV and athletes at risk of noncontact knee injuries, especially ACL injuries. Based on previous research, performing neuromuscular exercises in female and male teenage soccer players with LESS poor initial scores can reduce the landing error significantly. In addition, to reduce the risk of ACL injury by 50%, performing these exercises can also improve performance. Herman (2020) reported that

Table 1. The results of covariance analysis

Variables	Training Group		Control Group		Eta	P	F
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test			
Score LESS	17.46±2.47	7.6±3.39	18.13±2.89	17.6±2.64	0.81	0.01	113.45
Angle DKV	23.13±4.6	7.86±4.92	22.5±5.55	23.44±4.31	0.82	0.01	115.98

LESS: Landing error scoring system; DKV: Dynamic knee valgus.

performing neuromuscular programs leads to a 6-7-degree reduction in knee valgus angle in semi-professional volleyball and basketball players. Amanda et al. [42] also reported improved neuromuscular control and dynamic knee stability following neuromuscular training programs (NMT). It seems that the NMT, by modulating key risk factors, can decrease the risk of lower extremity injury, especially knee injury.

In contrast, some other programs to prevent ACL non-contact injuries in female athletes have been unsuccessful, and the main reason has been declared to be one-dimensional or non-specialized. Devising more specialized exercises seems more effective in athletes prone to injury and high-risk situations. Because after performing these exercises, young athletes can perform more optimal biomechanical movements while participating in sports, and as a result, the risk of injury is reduced to a minimum. The SMVT is one of the most specialized neuromuscular volleyball exercises that improves performance and prevents knee ACL injury in female athletes. Results of the present study showed that the SMVT has improved lower extremity alignment during jump-landing and reduced LESS score. Therefore, performing these exercises is strongly recommended for female volleyball athletes with DKV.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of [University of Kurdistan](#) (Code: IR.UOK.REC.1400.036). All ethical principles were considered in this article, such as obtaining the informed consent of the participants, ensuring the confidentiality of information and permitting the participants to cancel their participation in the research and leave the study whenever they wished. If desired, the research results would be available to them.

Funding

This study was extracted from the master thesis of Masoumeh Khosravani, approved by Department of Physical Education and Sport Sciences of [University of Kurdistan](#). This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-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 thank all the volleyball players who participated in this study.



مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات اسپرت‌متریک بر تکنیک فرود دختران والیبالیست دارای والگوس پویای زانو

* هیمن محمدی^۱، معصومه خسروانی^۱

۱. گروه علوم ورزشی و تربیت‌بدنی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.



Citation Mohammadi H, Khosravani M. [The Effect of Sportsmetrics Training on Landing Technique in Female Volleyball Players With Dynamic Knee Valgus (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2024; 13(3):626-639. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.3.3130>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.3.3130>

چکیده

مقدمه و اهداف جدی‌ترین و شدیدترین آسیب در میان دختران والیبالیست، آسیب زانو به‌ویژه پارگی لیگامان صلیبی قدامی است که عوامل خطر ساز کلیدی آن، والگوس پویای زانو و راستای غیرطبیعی طی پرش - فرود است. یکی از پروتکل‌های موفق در خصوص پیشگیری از آسیب‌های زانو در دختران والیبالیست، تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی والیبالیست است. در پژوهش حاضر تأثیر این پروتکل بر روی اصلاح والگوس پویای زانو و سیستم امتیازدهی خطای فرود بررسی شد.

مواد و روش‌ها پژوهش حاضر، پژوهشی نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. جامعه آماری شامل ۳۰ دختر والیبالیست (با میانگین سن ۲۰/۸۳±۲/۲۲ سال، قد ۱۶۸/۱۶±۶/۴۷ سانتی‌متر، وزن ۵۹/۱۳±۷/۴ کیلوگرم، شاخص توده بدنی ۲۰/۸۳±۱/۵۲ کیلوگرم بر متر مربع و سابقه ورزشی ۵/۴۶±۱/۸ سال) بود که به‌طور تصادفی به دو گروه ۱۵ نفره تمرین و کنترل تقسیم شدند. جهت ارزیابی والگوس پویای زانو و خطای فرود، از آزمون‌های اسکات جفت‌پا و آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود استفاده شد. گروه تمرین به‌مدت ۶ هفته، هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه حدود ۹۰ دقیقه، در پروتکل حاضر که شامل گرم کردن، تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی والیبالیست و سرد کردن بود، شرکت کرد. ارزیابی داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ صورت گرفت.

یافته‌ها نتایج نشان داد انجام این تمرینات باعث کاهش معنی‌دار والگوس پویای زانو (از ۲۳/۱۳ به ۷/۸۶) و خطای فرود (از ۱۷/۴۶ به ۷/۱۶) شده است (P=۰/۰۱). به‌عبارتی، گروه تمرین پس از انجام ۶ هفته تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی والیبالیست، کاهش ۶۶ درصد والگوس پویای زانو و کاهش ۵۶ درصد خطای فرود را تجربه کردند.

نتیجه‌گیری تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی والیبالیست در بهبود عملکرد و پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی زانوی دختران والیبالیست موفق بوده است. براساس نتایج پژوهش حاضر، انجام این تمرینات به اصلاح والگوس پویای زانو، بهبود راستای اندام تحتانی و تکنیک فرود دختران والیبالیست دارای والگوس پویای زانو منجر می‌شود. بنابراین انجام این تمرینات را می‌توان به دختران والیبالیست دارای والگوس پویای زانو توصیه کرد.

کلیدواژه‌ها تمرینات اسپرت‌متریک، والگوس زانو، پیشگیری از آسیب، فرود، والیبالیست

تاریخ دریافت: ۰۱ آبان ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۵ آبان ۱۴۰۱

تاریخ انتشار: ۰۱ مرداد ۱۴۰۳

* نویسنده مسئول:

دکتر هیمن محمدی

نشانی: سنندج، دانشگاه کردستان، دانشکده علوم انسانی، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی.

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

تعیین کننده نیروهای تحمیل شده بر سیستم اسکلتی عضلانی مفصل زانو است [۱۴]. بر همین اساس، توانایی ورزشکار در حفظ راستای صحیح سگمنت‌های اندام تحتانی در صفحات حرکتی، نقش کلیدی در پیشگیری از آسیب مفصل زانو دارد [۱۴]. آسیب لیگامان صلیبی قدامی زانو در ۷۰ تا ۷۵ درصد موارد به صورت غیربرخوردی اتفاق می‌افتد [۱۴]. نیروی والگوس، مکانیسم مهم آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی به شمار می‌رود [۱۵]. شواهد موجود نشان داده‌اند محدود کردن والگوس زانو و حفظ راستای مناسب اندام تحتانی حین فعالیت‌ها می‌تواند از وقوع آسیب لیگامان صلیبی قدامی زانو پیشگیری کند [۱۴]. به دلیل پتانسیل ناشی از والگوس پویا و نقش آن در آسیب لیگامان صلیبی قدامی زانو، درک عوامل احتمالی که ممکن است به نقص والگوس زانو منجر شوند، بسیار حیاتی است [۱۴].

یکی دیگر از مکانیسم‌های شایع آسیب لیگامان صلیبی قدامی، وجود نقص عصبی عضلانی است و شیوع بیشتر آسیب لیگامان صلیبی قدامی زانو در دختران نسبت به پسران عمدتاً به دلیل تفاوت‌های عصبی عضلانی است [۱۶]. براساس مطالعات انجام شده، ۵ نقص عصبی عضلانی مرتبط با آسیب لیگامان صلیبی قدامی زانو وجود دارد که شامل غلبه پا، غلبه لیگامان^۲، غلبه چهارسر^۳، غلبه تنه^۵ و خستگی^۶ عصبی عضلانی هستند [۱۷]. غلبه لیگامان که بیانگر عدم تعادل عصبی عضلانی است، شایع‌ترین نقص عصبی عضلانی محسوب می‌شود. این نقص باعث افزایش استرس وارده بر ساختار لیگامانی می‌شود و بخش اعظم جذب نیروی عکس‌العمل زمین در هنگام فرود و کاهش شتاب بر لیگامان‌ها وارد شده و باعث ایجاد نقص در والگوس زانو می‌شود. عدم کنترل عصبی عضلانی در مفصل می‌تواند باعث افزایش گشتاور نیروی وارده بر مفصل زانو و متعاقباً آسیب لیگامان صلیبی قدامی شود [۱۷]. یکی از سازوکارهای آسیب اندام تحتانی فرود است که می‌تواند ۲ تا ۱۲ برابر وزن بدن به مفاصل نیرو وارد کند [۱۸]. افزایش والگوس زانو و کاهش فلکشن زانو حین فرود از مهم‌ترین عوامل آسیب زانو محسوب می‌شوند [۱۸]. عدم توانایی اندام تحتانی در جذب نیرو طی فرود می‌تواند باعث ایجاد تغییرات کینماتیکی از قبیل افزایش فلکشن زانو شود [۱۹].

یکی از تکنیک‌های رایج والیبال، پرش - فرود است که شامل توقف ناگهانی یا کاهش سریع در سرعت بوده و با آسیب اندام تحتانی همراه است [۲۰]. در حین رقابت‌های ورزشی، اجرای پرش‌های زیاد، فرود آمدن و تغییر جهت، نیروهای مکانیکی فراوانی را بر مفاصل بدن وارد کرده و بازیکنان را در معرض آسیب قرار می‌دهد [۲۱]. اکثر آسیب‌های این رشته هنگام اجرای تکنیک

والیبال با حدود ۸۰۰ میلیون بازیکن، یکی از محبوب‌ترین رشته‌های ورزشی دنیاست [۱]. فدراسیون بین‌المللی والیبال با داشتن ۲۰۰ کشور عضو، بعد از فدراسیون‌های فوتبال و بسکتبال، سومین فدراسیون پرطرفدار دنیا محسوب می‌شود [۲، ۳]. در ایران هم این رشته رشد چشم‌گیری داشته، به طوری که در دو دهه اخیر پرافتخارترین ورزش تیمی ایران بوده است [۴]. برخلاف سایر ورزش‌های توبی که بسیار پربرخورد هستند، در والیبال دو تیم به وسیله یک تور از هم جدا شده و به همین دلیل تماس‌های فیزیکی کمتری اتفاق می‌افتد. همچنین والیبال نیازمند چابکی، سرعت، توان و قدرت مطلوب بالاتنه و پایین‌تنه است [۵، ۶]. به دلیل ماهیت سرعتی، قدرتی و توانی بودن مهارت‌های این رشته، آسیب‌های حاد و مزمن در آن رایج است [۷]. شاید تصور شود که به دلیل جدا بودن دو نیمه زمین به وسیله تور در والیبال، میزان شیوع آسیب برخوردار در این رشته نسبت به بسکتبال و فوتبال کمتر است، اما فرود و پرش‌های مکرر باعث ایجاد برخوردهایی در حین حمله و دفاع زیر تور بین بازیکنان هم تیمی با یکدیگر و با بازیکنان حریف می‌شود و این امر آسیب‌های مختلفی را در این رشته ایجاد می‌کند [۸].

در مطالعات داخلی، اندام تحتانی با ۴۹ درصد (از دامنه ۳۳ تا ۷۷ درصد) شایع‌ترین محل آسیب [۹] و بعد از آن، مچ پا با ۳۱/۹ درصد و زانو با ۱۷/۳۸ درصد شایع‌ترین مفاصل آسیب‌دیده گزارش شده‌اند [۶]. اگرچه آسیب مفصل زانو دومین آسیب شایع در رشته والیبال است اما از لحاظ شدت در جایگاه اول قرار دارد، زیرا باعث بیشترین میزان غیبت ورزشکار از فعالیت ورزشی و همچنین دارای بیشترین میزان عوارض است [۶]. همچنین یکی از شایع‌ترین جراحی‌های ارتوپدی در جوانان ورزشکار، جراحی لیگامان صلیبی قدامی^۱ است [۱۰]. این آسیب باعث ناپایداری و حرکات غیرطبیعی در زانو می‌شود که متعاقباً به برخورد غیرطبیعی سایر عناصر داخلی مفصل از قبیل مینیسک‌ها و غضروف‌ها منجر می‌شود [۱۰]. این ناپایداری که اغلب در اثر آسیب لیگامان صلیبی قدامی اتفاق می‌افتد به آسیب‌های غضروفی، مفصلی و ایجاد درد مزمن منجر می‌شود [۱۰].

به نظر می‌رسد الگوی حرکتی رایج هنگام آسیب لیگامان صلیبی قدامی شامل کاهش زاویه‌های فلکشن زانو، ران و تنه به همراه افزایش والگوس زانو و چرخش داخلی درشتنی است [۱۱]. سایر عوارض آسیب لیگامان صلیبی قدامی شامل آرتروز زانو [۱۲]، شلی مفصلی زانو، کاهش حس عمقی و کاهش ثبات دینامیک زانو است [۱۳]. در ورزش‌های همراه با کاهش شتاب، فرود و چرخش‌های مکرر، میزان شیوع آسیب‌های لیگامانی زانو (به ویژه لیگامان صلیبی قدامی) در زنان ورزشکار ۲ تا ۸ برابر بیشتر از مردان ورزشکار است [۱۲].

رفتار مکانیکی مفاصل نزدیک به تنه و دور از تنه زانو،

1. Anterior Cruciate Ligament (ACL)

2. Leg dominance
3. Ligament dominance
4. Quadriceps dominance
5. Trunk dominance
6. Fatigue dominance

همچنین بررسی تأثیر این تمرینات بر پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی، بیانگر کاهش آسیب‌های غیربرخوردی زانو به دنبال این تمرینات بود [۲۹]. در پژوهش دیگری، تأثیر این پروتکل بر خطای فرود بررسی شد و نتایج بیانگر بهبود سیستم امتیازدهی خطای فرود و کاهش آن از ۸/۶۲ به ۵/۵۴ بود [۳۰]. از یک طرف به نظر می‌رسد تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی والیبال هم در کاهش آسیب لیگامان صلیبی قدامی و هم در بهبود خطای فرود والیبالیست‌های سالم مؤثر است و از طرف دیگر بین خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی و والگوس پویای زانو ارتباط قوی (۸۸ درصد) وجود دارد [۳۱، ۳۲]. بنابراین پژوهش در زمینه تأثیر این تمرینات بر روی والیبالیست‌های دارای والگوس پویای زانو ضروری به نظر می‌رسد. بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی والیبال بر زاویه والگوس و خطای فرود دختران والیبالیست انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. نمونه‌های آماری والیبالیست‌های زن ۱۸ تا ۲۵ سال بودند. براساس معیارهای ورود به پژوهش، ۳۰ آزمودنی دارای نقص والگوس پویای زانو انتخاب شده و به صورت تصادفی در دو گروه کنترل (۱۵ نفر) و تمرین (۱۵ نفر) قرار گرفتند. سپس فرم اطلاعات شخصی و رضایت‌نامه پژوهش در اختیار آن‌ها قرار داده شد و هماهنگی‌های لازم برای اولین جلسه آزمون صورت گرفت. برای تشخیص و شناسایی نقص والگوس و خطای فرود، از آزمون‌های اسکات جفت‌پا و آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود در پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده شد. همچنین معیار ورود به تحقیق شامل عدم سابقه آسیب در یک سال گذشته، حداقل ۳ سال سابقه مشارکت پیوسته به صورت هفته‌ای ۳ جلسه در تیم‌های باشگاهی والیبال و عدم آسیب یا نقص جدی در مفصل زانو بود. چون پژوهش حاضر در اواخر پاییز سال ۱۴۰۰ و شیوع اپیدمی ویروس کرونا صورت گرفت، رعایت پروتکل‌های بهداشتی مانند استفاده از ماسک و رعایت فاصله قانونی در طی انجام پژوهش برای ورزشکاران و پژوهشگران ضروری بود و بایستی حداقل سابقه دریافت دو دوز واکسن کرونا را قبل از شروع پژوهش داشتند. بر همین اساس، وضعیت شهر نجف‌آباد در هنگام پژوهش از لحاظ رنگ‌بندی کرونایی کشور آبی بود و تمامی آزمودنی‌ها حداقل دو دوز واکسن کرونا را دریافت کرده بودند. معیارهای خروج از پژوهش شامل غیبت بیش از ۲ جلسه در طول پژوهش، داشتن علائم کرونا و تست مثبت آن و عدم تمایل ورزشکار به ادامه مشارکت در پژوهش بود. در اجرای پژوهش حاضر، هیئت والیبال استان اصفهان و آزمایشگاه تربیت‌بدنی دانشگاه کردستان با پژوهشگران همکاری کردند. تمرینات طی ۶ هفته به صورت منظم و هر هفته ۳ جلسه ۹۰-۱۲۰ دقیقه‌ای انجام می‌شد و شامل گرم کردن تخصصی پویا،

پرش - فرود اتفاق می‌افتد. اگر چه پرش - فرود به خودی خود تأثیر مستقیم بر روی آسیب ندارد [۲۰]، اما رایج‌ترین مکانیسم آسیب اسکلتی عضلانی در ورزش محسوب می‌شود [۲۲]. ورزشکارانی که با الگوی حرکتی ضعیف فرود می‌آیند، بیشتر در معرض آسیب‌های اندام تحتانی (شکستگی، درد زانو، آسیب لیگامان صلیبی قدامی و اسپرین مچ پا) هستند [۲۰]. فرود در وضعیت والگوس موجب افزایش استرس وارده به لیگامان صلیبی قدامی و در نتیجه پارگی این لیگامان می‌شود [۲۳]. همچنین فرود با زانوی تقریباً صاف و فلکشن اندک موجب افزایش استرس وارده بر روی مفصل زانو به خصوص لیگامان صلیبی قدامی و افزایش خطر آسیب این لیگامان می‌شود [۲۴]. زیرا انقباض عضلات چهارسر ران در زوایای کم فلکشن زانو (صفر تا ۳۰ درجه) مقدار زیادی نیروی برشی در درشتنی ایجاد می‌کند و این نیرو باعث وارد شدن استرس بالا بر روی لیگامان صلیبی قدامی می‌شود [۲۵].

در دو دهه اخیر، مطالعات متعددی در زمینه تأثیر برنامه‌های تمرینی پیشگیری از آسیب زانو به‌ویژه در زنان ورزشکار با هدف بهبود عملکرد عصبی عضلانی و کاهش خطر آسیب‌های زانو منتشر شده که مؤلفه‌های کلیدی اغلب این برنامه‌ها، تمرینات گرم کردن پویا، پلایومتریک، ثبات ناحیه مرکزی بدن و تعادل پویا بوده‌اند [۱۷]. تمرینات عصبی عضلانی یکی از مؤثرترین راه‌های پیشگیری از آسیب‌های ورزشی است که با اصلاح تکنیک‌های عملکردی می‌تواند در کاهش خطر آسیب و افزایش سن ورزشی ورزشکاران مؤثر باشد [۲۶]. توصیه می‌شود مربیان در طراحی برنامه تمرینی خود، مداخله‌های تمرینی پیشگیری از آسیب را لحاظ کنند. اگر چه برنامه‌های تمرینی از قبیل برنامه جامع پیشگیری از آسیب فیفا +۱۱، برنامه پیشگیری از آسیب‌دیدگی و افزایش عملکرد^۸ و تمرین پلایومتریک افقی^۹ در زمینه پیشگیری از آسیب بسیار مؤثر بوده‌اند [۲۷، ۲۸]. اما اغلب این برنامه‌ها یا به صورت کلی برای تمامی رشته‌های ورزشی طراحی شده‌اند (مثل PEP) یا مخصوص رشته‌های دیگری به جز والیبال بوده‌اند (مثل برنامه جامع پیشگیری از آسیب فیفا +۱۱). پروتکل اسپرت‌متریک تخصصی والیبال، یک برنامه تمرینی شامل تمرینات قدرتی، سرعتی، پلایومتریک، چابکی، هماهنگی و عکس‌العمل است که تمامی این تمرینات با هدف پیشگیری از آسیب و افزایش عملکرد والیبالیست‌ها در قالب یک پروتکل انجام می‌شوند [۲۶].

در خصوص تأثیر تمرینات اسپرت‌متریک ویژه والیبال چندین پژوهش صورت گرفته است. ارزیابی تأثیر ۶ هفته تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی والیبال بر روی دختران والیبالیست دبیرستانی نشان داد انجام این تمرینات به بهبود امتیاز آزمون پرش عمودی در ۶۸ درصد از ورزشکاران منجر می‌شود [۵].

7. The FIFA 11+ Injury Prevention Program
8. Prevent injury and Enhance Performance (PEP)
9. Horizontal Plyometric Training (HPT)



تصویر ۱۰. الف) آزمون اسکات جفت پا، ب) آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود (والگوس پویای زانو در لحظه حداکثر فلکشن)

طب توانبخشی

بیشتر خطاهای فرود، بیومکانیک پایین تر فرود و خطر بیشتر آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی است. در یک بررسی سیستماتیک اخیر، محققان به این نتیجه رسیدند که LESS یک ابزار غربالگری معتبر و قابل اعتماد است. این آزمون شامل پریدن به جلو از روی یک جعبه ۳۰ سانتی متری به فاصله ۵۰ درصد از قد آزمودنی و بلافاصله پریدن به سمت بالا در حداکثر ارتفاع عمودی است [۳۳]. ضریب همبستگی درون گروهی برای آزمونگرها برابر با ۰/۸۱ و ضریب اطمینان برابر با ۰/۹۲ است [۳۴]. چون در این آزمون ویژگی و حساسیت والگوس پویای زانو در پیش‌بینی آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی به ترتیب ۶۷ درصد و ۷۸ درصد است، جهت ارزیابی زاویه والگوس از این آزمون و نرم‌افزار آنالیز حرکتی کینووا، نسخه ۵.۹.۰ در لحظه حداکثر فلکشن استفاده شد [۳۳، ۳۴] (تصویر شماره ۱، ب).

تمرینات اسپرت‌متریک ویژه والیبال^{۱۲}

پروتکل اسپرت‌متریک ویژه والیبال چند بخش اساسی از فاکتورهای عملکردی موردنیاز والیبالیست‌ها را دربر می‌گیرد و شامل تمرینات چابکی، استقامتی، قدرتی، سرعت عکس‌العمل، سرعت، توان، پلایومتریک و تعادل است [۳۵]. تمرینات پلایومتریک بدین‌گونه است که در ابتدا پرش‌ها آسان است و سپس به پرش‌های چندوجهی و تک‌پا با تأکید بر چرخش‌های سریع ارتقا پیدا می‌کند [۳۵]. ابزار مورد استفاده برای اجرای تمرینات شامل مخروط، تراباند مقاومتی، نردبان و کش پیلاتس است. برنامه تمرینی به این صورت بود که قبل از اولین جلسه هر هفته فیلم تمرینات مربوط به آن هفته در اختیار آزمودنی‌ها قرار می‌گرفت و در اولین جلسه هفته پس از آموزش اجرای صحیح تمرینات، جلسه تمرینی شروع می‌شد. تمرینات به مدت ۶ هفته، به صورت ۳ روز در هفته و در هر روز به مدت ۹۰ تا ۱۲۰ دقیقه انجام می‌شد. این تمرینات شامل گرم کردن تخصصی (تصویر شماره ۲)، سرد کردن (تصویر شماره ۳) و تمرینات اسپرت‌متریک

تمرینات استقامتی، سرعتی، قدرتی، چابکی، پلایومتریک و سرد کردن تخصصی بود. در این مدت گروه کنترل تمرینات روتین پیش فصل را با مدت‌زمان مشابه با گروه تمرین انجام می‌داد.

آزمون اسکات جفت پا^{۱۰}

از این آزمون جهت غربالگری و تشخیص ورزشکاران دارای والگوس پویای زانو استفاده می‌شود. نحوه اجرای آزمون به این صورت است که ورزشکار پاها را به اندازه عرض شانه باز می‌کند، به طوری که انگشتان پا مستقیم رو به جلو قرار گیرد (تصویر شماره ۱، الف). مفصل آرنج در حالت اکستنشن و دست در راستای شانه‌ها قرار گرفته و زانوها ۹۰ درجه خم می‌شود. برای تشخیص والگوس، زانو باید از نمای قدامی نقطه میانی کشکک پای برتر بررسی شود. ورزشکار ۵ مرتبه، بدون وقفه به صورت کنترل شده اسکات را تا عمق ۹۰ درجه اجرا می‌کند و اگر در حین اجرای آن نقطه میانی کشکک به سمت داخل متمایل شود به طوری که از بخش داخلی انگشت بزرگ پا عبور نماید، بیانگر وضعیت والگوس است. میزان روایی و پایایی این آزمون به ترتیب ۷۸ درصد و ۷۳ درصد گزارش شده است [۲۳]. در پژوهش حاضر، ارزیابی نمای قدامی اسکات جفت پا در ۵ کوشش متوالی صورت گرفت. برای انتخاب والیبالیست واجد شرایط، آزمودنی می‌بایست حداقل در ۳ تکرار از ۵ تکرار دارای نقص والگوس باشد و امتیازی بین ۳ تا ۵ کسب کند.

آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود^{۱۱}

به وسیله سیستم امتیازدهی خطای فرود که یک ابزار ارزیابی بالینی است می‌توان وجود «خطاهای» بیومکانیکی مرتبط با آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی در هنگام اجرای یک وظیفه پرش - فرود را بررسی کرد. آیت‌های نمره‌دهی آزمون LESS شامل ۱۵ آیت متغیر است. امتیاز بالاتر نشان‌دهنده تعداد

10. Double Leg Squat (DLS)

11. Landing error scoring system (LESS)

12. Sports metrics volleyball training (SMVT)



طب توانبخشی

تصویر ۲. تمرینات گرم کردن تخصصی پویا شامل راه رفتن در ۱۰ حالت مختلف [۳۶]



طب توانبخشی

تصویر ۳. برنامه تمرینات سرد کردن (تمرینات کششی عضلات) [۳۷]

فرود ($P=0/01$) بود. به عبارتی، پس از انجام تمرینات اسپرت متریک ویژه والیبال، زاویه والگوس پویای زانو $15/27$ درجه (66 درصد) و نمره آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود $9/86$ امتیاز (56 درصد) کاهش یافت. سیستم امتیازدهی خطای فرود هم به عنوان یک سیستم استاندارد شده و معتبر برای تشخیص والگوس پویای زانو و هم جهت تشخیص الگوها و ناهنجاری‌های تنه و اندام تحتانی در حین پرش - فرود استفاده می‌شود. بنابراین می‌توان از این آزمون جهت شناسایی افراد در معرض خطر آسیب غیربرخوردی زانو به ویژه لیگامان صلیبی قدامی استفاده کرد [۳۷، ۳۸].

بر اساس پیشینه مطالعات، به نظر می‌رسد انجام ۶ هفته برنامه تمرین عصبی عضلانی که شامل تمرینات پلائیومتریک و بازخورد تکنیک فرود است می‌تواند باعث بهبود معنی دار امتیاز خطای فرود در ورزشکاران رشته‌های ورزشی بسکتبال، والیبال، هاکی روی چمن، سافت‌بال و ژیمناستیک شود [۳۷]. همچنین منطقی است که بگوییم نیازهای عصبی عضلانی مرتبط با این ورزش‌ها ممکن است بر نمرات پایین‌تر شرکت کنندگان تأثیر بگذارد [۳۷]. پادوآ و همکاران نشان دادند ارزیابی سیستم امتیازدهی خطای فرود در حرکت فرود - پرش فردی دارای اعتبار درون گروهی ($0/84$) و برون گروهی ($0/86$) خوبی است [۳۹]. شوامدر نشان داد برنامه‌های عصبی عضلانی ترکیبی و بازخورد ۶ هفته‌ای با نظارت ویدئویی به کاهش قابل توجه زاویه والگوس زانو بین ۶ تا ۷ درجه در بازیکنان نیمه حرفه‌ای والیبال و بسکتبال منجر می‌شود و بر همین اساس این برنامه عصبی عضلانی ماهیتاً می‌تواند در پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی در بازیکنان والیبال و بسکتبال مؤثر باشد [۴۰]. هوپر و همکاران نیز نشان دادند انجام برنامه‌های تمرین عصبی عضلانی به بهبود کنترل عصبی عضلانی و ثبات پویای زانو منجر می‌شود و در نتیجه می‌تواند خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی را در ورزشکاران زن نوجوان کاهش دهد [۴۱]. این برنامه تمرینی بر بهبود قدرت و کنترل عصبی عضلانی، حس عمقی، کنترل حرکتی، الگوهای حرکتی اساسی و بیومکانیک عملکردی متمرکز بود و با هدف کاهش خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی انجام می‌شد و بر همین اساس به بهبود معنی دار زاویه فلکشن زانو در مرحله فرود منجر شد [۴۱].

در پژوهش دیگری، نوپز و همکاران بیان کردند که بعد از انجام تمرینات عصبی عضلانی، والگوس زانو در لحظه فرود 59 درصد بهبود پیدا کرده است. همچنین بیان کردند که برای بهبود والگوس زانو در هنگام فرود لازم است ورزشکاران زن مدت زمان بیشتری این تمرینات را انجام دهند. در این راستا، اطلاعات تصویری ورزشکاران می‌تواند در تشخیص اینکه ورزشکاران چه میزان دیگری باید تمرینات عصبی عضلانی را ادامه دهند، بسیار کاربردی باشد [۴۲]. برخی پژوهشگران دیگر بیان کردند که اگرچه سهم اجزای مختلف برنامه‌ها در کاهش خطر آسیب به صورت کامل مشخص نیست، اما انجام تمرینات عصبی عضلانی

ویژه والیبال شامل تمرینات پلائیومتریک، سرعت، چابکی، توان، تعادل، استقامتی و قدرتی بود (جدول شماره ۱). تمرینات گرم کردن در طول زمین انجام گرفته و بین ۲۰ تا ۳۰ ثانیه طول می‌کشید. تمرینات سرد کردن به صورت ایستا انجام می‌شد، ولی زمان آن با گرم کردن مشابه بود. گروه کنترل هم به تمرینات عادی و روزمره خود در مدت زمان مشابه گروه تمرین پرداختند.

برای انجام پژوهش، ابتدا آزمودنی‌ها فرم رضایت شرکت در پژوهش و فرم اطلاعات فردی را تکمیل کردند. سپس آزمون غربالگری اسکات جفت‌پا جهت شناسایی آزمودنی‌های دارای والگوس پویای زانو انجام شد و از میان افراد واجد شرایط، به صورت تصادفی ۳۰ نفر به عنوان نمونه آماری پژوهش انتخاب شدند. در ادامه، پس از جمع‌آوری اطلاعات جمعیت‌شناختی، از آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود برای ارزیابی خطای فرود استفاده شد. در نهایت، پس از جمع‌آوری داده‌ها در پس‌آزمون برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک، برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون و برای بررسی تغییرات بین‌گروهی از آزمون تحلیل کوواریانس در سطح معنی‌داری $0/05$ استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ صورت گرفت.

یافته‌ها

اطلاعات جمعیت‌شناختی دو گروه در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

نتایج آنالیز داده‌ها با استفاده از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی بیانگر نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها بود. همچنین بررسی تغییرات بین‌گروهی پیش‌آزمون و پس‌آزمون با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس بیانگر کاهش معنی‌دار والگوس پویای زانو در لحظه حداکثر فلکشن در گروه تمرین پس از انجام ۶ هفته تمرینات اسپرت متریک ویژه والیبال بود ($P=0/01$ ، $F=115/98$ ، $\eta_p^2=0/82$). به عبارتی، انجام این تمرینات کاهش حدود 66 درصد والگوس پویای زانو را در لحظه حداکثر فلکشن به همراه داشت (از $23/13 \pm 4/6$ به $7/86 \pm 4/92$). همچنین کاهش معنی‌دار نمره آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود در گروه تمرین مشاهده شد ($P=0/01$ ، $F=113/45$ ، $\eta_p^2=0/81$)، و انجام این تمرینات کاهش حدود 56 درصد خطای فرود را به همراه داشت (از $17/46 \pm 2/47$ به $7/6 \pm 3/39$) (تصویر شماره ۴) (جدول شماره ۳).

بحث

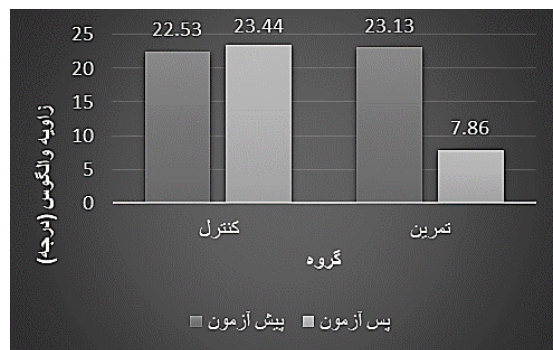
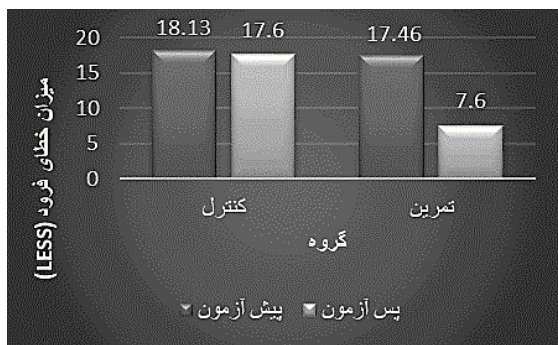
هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثر تمرینات اسپرت متریک ویژه والیبال بر والگوس پویای زانو و خطای فرود دختران والیبالیست بود. نتایج پژوهش حاضر بیانگر کاهش معنی‌دار والگوس پویای زانو ($P=0/01$) و کاهش معنی‌دار نمره آزمون سیستم امتیازدهی خطای

جدول ۱. تمرینات اسپرت متریک ویژه والیبال [۵]

هفته	جلسه	تمرین	تکرار	هفته	جلسه	تمرین	تکرار
اول (جلسات ۱ تا ۳)	۱	فشار با مقاومت یار تمرینی	۵	دوم (جلسات ۴ تا ۶)	۱	دویدن و توقف بر روی پاها	۲ تکرار، ۳۰ ثانیه
	۲	دویدن سریع به پشت	۵		۲	شتاب‌گیری با باند	۵
	۳	زانو بلند	۴-۶		۳	دویدن سریع به پشت	۵
	۴	پرش روی نقاط جفت‌پا	۵		۴	نردبان بالا بالا عقب‌عقب	۴-۶
	۵	دویدن سوسایدی	۲		۵	دویدن سوسایدی رو به جلو و عقب	۲
	۶	چابکی چرخ	۶		۶	چابکی تیپ والیبال	۲
	۷	چابکی والیبال	۳		۷	دویدن و گام زدن ریز	۵ (جلسه ۵ و ۶)
سوم (جلسات ۷ تا ۹)	۱	دویدن و گام زدن ریز	۲ تکرار، ۳۰ ثانیه	چهارم (جلسات ۱۰ تا ۱۲)	۱	دویدن سریع با لمس زمین	۵-۷
	۲	تمرین کوهنوردی	۶		۲	فشار با مقاومت یار تمرینی	۶
	۳	دویدن در زاویه یک پدال	۶		۳	نردبان باز باز جم جم	۴-۶
	۴	نردبان اوت ساید فوت این	۴-۶		۴	پرش در نقاط تک‌پا	۴-۶
	۵	دویدن با چرخش ۱۸۰ درجه	۵		۵	دویدن رفت و برگشت	۲
	۶	دویدن سوسایدی با پا بوکس	۲		۶	واکنش نسبت به دستور مربی	۲ تکرار، ۴۵ ثانیه
	۷	چابکی اسکولار	۳		۷	چابکی نبراسکا	۴
	۸	دویدن و گام زدن ریز	۵ تکرار (جلسه ۷)		-	-	-
پنجم (جلسات ۱۳ تا ۱۵)	۱	شتاب‌گیری با باند	۱۵ ثانیه ۵ تکرار	ششم (جلسات ۱۶ تا ۱۸)	۱	ریباند قوی	یک ست
	۲	دویدن با چرخش ۱۸۰ درجه	۷		۲	تمرین کوهنوردی	۵
	۳	نردبان قیچی	۴-۶		۳	دویدن با چرخش ۳۶۰ درجه	۵-۷
	۴	واکنش آینه‌ای	۴۵ ثانیه		۴	چابکی اسکی	۴-۶
	۵	دویدن رفت و برگشت	۴-۶		۵	واکنش به فرمان مربی با گام ریز و شنا	۲ تکرار، ۴۵ ثانیه
	۶	ایلیونیز	۵		۶	چابکی تی	۴
	۷	پا بوکس و پاس دادن با یار تمرینی	۱		۷	پابوکس و پا دادن	یک ست

تمرینات قدرتی

جلسات	زمان	نوع تمرینات
۶ تا ۱	۳۰ ثانیه	۱. اسکات با تراباند مقاومتی ۲. لانچ ۳. بالا بردن پاشنه تک‌پا (دوقلو) ۴. پل همسترینگ به پشت، تک‌پا ۵. ریتراکشن کتف ۶. کشش پشتی بزرگ با تراباند
۱۲ تا ۷	۴۵ ثانیه	۷. پروتراکشن کتف با تراباند ۸. ثبات مرکزی ۹. فلکسور ران با یار مقاومتی ۱۰. تمرین قایق (فلکسور ران) ۱۱. ابداکتور ران با تراباند و یار مقاومتی ۱۲. پا بوکس به پهلو با تراباند
۱۸ تا ۱۳	۶۰ ثانیه	



طب توانبخشی

تصویر ۴. مقایسه والگوس پویای زانو و نمره سیستم امتیازدهی خطای فرود دو گروه در پیش آزمون و پس آزمون

جدول ۲. مشخصات جمعیت شناختی آزمودنی‌ها

گروه‌ها	سن (سال)	سابقه ورزشی (سال)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر مربع)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)
تمرین	۲۰/۴۱±۱/۹	۵/۱±۴/۹	۲۰/۶۹±۱/۶۲	۱۶۶/۴۶±۶/۳۴	۵۷/۴۶±۶/۷۳
کنترل	۲۱/۳±۲/۵	۵/۱±۵/۷	۲۰/۹۸±۱/۴۶	۱۶۹/۸۶±۶/۳۵	۶۰/۸۵±۷/۸۹

طب توانبخشی

بیومکانیکی، کنترل عصبی عضلانی و تمرینات قدرتی) می‌تواند علاوه بر بهبود عملکرد ورزشی، خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی را کاهش دهد، اما پروتکل‌های تک مؤلفه‌ای که فقط شامل تمرینات قدرتی هستند در کاهش خطر آسیب زانو ناموفق بوده‌اند [۳۴].

همچنین بیان شده است که هم تمرینات پلائیومتریک و هم تمرینات تعادلی می‌توانند در بهبود فلکشن و والگوس زانو مؤثر باشند [۴۵]. در مجموع، مؤثرترین استراتژی پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی می‌تواند اجرای پروتکل‌های جامعی باشد که شامل تمرینات پلائیومتریک، قدرتی و تعادلی هستند و مکمل این تمرینات، ارزیابی خطر نسبی آسیب با استفاده از تکنیک‌های غربالگری عصبی عضلانی است [۳۴]. به نظر می‌رسد تخصصی‌تر کردن تمرینات در ورزشکاران مستعد آسیب و در مواقع پرخطر می‌تواند بسیار مؤثرتر باشد، زیرا ورزشکاران نوجوان پس از انجام این تمرینات می‌توانند هنگام شرکت در ورزش، حرکات

می‌تواند به کاهش زوایای والگوس زانو و بهبود ثبات و تعادل ایستا، کاهش قابل توجه نیروهای فرود، کاهش گشتاور واروس و کاهش نمره خطای فرود منجر شود. بر همین اساس برنامه‌های تمرینات عصبی عضلانی می‌تواند با تعدیل عوامل خطر ساز کلیدی، خطر آسیب اندام تحتانی به‌ویژه زانو را کاهش دهد [۴۳]. به نظر می‌رسد در دختران و پسران فوتبالیست نوجوان دارای تکنیک ضعیف پرش - فرود، انجام تمرینات عصبی عضلانی می‌تواند باعث بهبود معنی‌دار تکنیک فرود شود [۴۴].

هوت و همکاران بیان کردند که یکی از استراتژی‌های مهم پیشگیری از آسیب در آینده، اصلاح تکنیک‌های فرود و آموزش وضعیت‌های خطرناک زانوست و بر همین اساس تمرینات عصبی عضلانی را توصیه کردند، زیرا انجام این تمرینات می‌تواند علاوه بر کاهش ۵۰ درصد خطر آسیب لیگامان صلیبی قدامی، عملکرد ورزشی را نیز بهبود بخشد [۴۵]. پژوهشگران دیگری نیز بیان کرده‌اند که انجام تمرینات عصبی عضلانی یکپارچه (تکنیک‌های

جدول ۳. نتایج آنالیز کوواریانس برای مقایسه دو گروه در مراحل پیش آزمون و پس آزمون

متغیرها	گروه	میانگین ± انحراف معیار				F	P	η^2
		کنترل		تمرین				
		پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون			
نمره خطای فرود	۱۷/۴۶±۲/۴۷	۷/۶±۳/۳۹	۱۷/۱۳±۲/۸۹	۱۷/۶±۲/۶۴	۱۱۳/۴۵	۰/۰۱	۰/۸۱	
والگوس زانو (درجه)	۲۳/۴±۱۲/۶	۷/۸۶±۲/۹۲	۲۲/۵±۵/۵۵	۲۲/۴۴±۴/۳۱	۱۱۵/۹۸	۰/۰۱	۰/۸۲	

طب توانبخشی

یا مخصوص رشته‌های دیگری به‌جز والیبال هستند. تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی والیبال، یکی از تخصصی‌ترین تمرینات عصبی عضلانی موفق در بهبود عملکرد و پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی زانو در دختران والیبالیست است. براساس نتایج پژوهش حاضر، انجام این تمرینات به بهبود راستای اندام تحتانی دختران والیبالیست دارای والگوس پویای زانو در طی پرش - فرود و متعاقباً کاهش خطای فرود در آزمون سیستم امتیازدهی خطای فرود منجر شده است. بنابراین انجام این تمرینات به والیبالیست‌های دختر دارای والگوس پویای زانو اکیداً توصیه می‌شود.

آزمودنی‌های پژوهش حاضر شامل دختران والیبالیست دارای والگوس پویای زانو در رده سنی ۱۸ الی ۲۵ سال بود. بدین ترتیب توصیه می‌شود تأثیر تمرینات اسپرت‌متریک ویژه والیبال بر روی والیبالیست‌های دارای سایر نقص‌های عصبی عضلانی شایع از قبیل نقص غلبه تنه به‌عنوان دومین نقص رایج در دختران ورزشکار، یا در سایر رده‌های سنی و یا در بازه‌های زمانی مختلف، به شکل کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌صورت هم‌زمان بررسی شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

تأییدیه اخلاقی این پژوهش از کمیته اخلاق دانشگاه کردستان با کد اخلاق IR.UOK.REC.1400.036 دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد معصومه خسروانی در گروه علوم ورزشی و تربیت‌بدنی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کردستان، سنندج است 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 هیئت والیبال استان اصفهان و آزمایشگاه تربیت‌بدنی دانشگاه کردستان، به‌خاطر همکاری در اجرای این پژوهش، قدیر و تشکر می‌کنند.

بیومکانیکی بهینه‌تری انجام دهند و در نتیجه خطر آسیب را به حداقل برسانند [۳۴].

نویز و همکاران در ششمین نشست تحقیقاتی لیگامان صلیبی قدامی توصیه کردند که برنامه‌های پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی بایستی بر روی آسیب‌های غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی و بهبود شاخص‌های عملکرد ورزشی متمرکز شوند، زیرا تمرینات اسپرت‌متریک می‌تواند به‌طور قابل توجهی بروز آسیب‌های لیگامان صلیبی قدامی غیربرخوردی را در ورزشکاران زن جوان کاهش دهد [۳۵]. مرور سیستماتیک برنامه‌های آموزشی پیشگیری از آسیب لیگامان صلیبی قدامی در ورزشکاران زن نشان داد سه پروتکل اسپرت‌متریک، برنامه PEP و برنامه پیشگیری از آسیب زانو^{۱۳} به‌طور قابل توجهی میزان آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی را کاهش داده‌اند [۳۵].

برخی برنامه‌های مداخله‌ای آسیب لیگامان صلیبی قدامی نیز در کاهش آسیب غیربرخوردی لیگامان صلیبی قدامی ورزشکاران زن نوجوان ناموفق بوده‌اند [۴۶]. به نظر می‌رسد علت اصلی آن، تک‌بعدی یا غیرتخصصی بودن این برنامه‌هاست. نتایج پژوهش حاضر نشان داد تمرینات اسپرت‌متریک که شامل تمرینات عصبی عضلانی تخصصی والیبال است، علاوه بر بهبود معنی‌دار والگوس پویای زانو، می‌تواند باعث کاهش معنی‌دار خطای فرود شود. بنابراین انجام این تمرینات به والیبالیست‌های دختر دارای والگوس پویای زانو اکیداً توصیه می‌شود.

در مجموع، براساس پیشینه مطالعات که پیش‌تر نیز بیان شد، موفق‌ترین استراتژی پیشگیری از آسیب‌های اندام تحتانی به‌ویژه آسیب زانو، اجرای تمرینات عصبی عضلانی چندبعدی به‌ویژه در افراد مستعد آسیب است؛ تمرینات عصبی عضلانی که علاوه بر مؤلفه‌های پلیومتریک، تعادلی، ثبات مرکزی و تقویتی به‌صورت تخصصی‌تر، ویژه یک رشته ورزشی خاص طراحی شده باشند. اجرای تمرینات اسپرت‌متریک تخصصی والیبال در پژوهش حاضر و بر روی والیبالیست‌های دختر دارای والگوس پویای زانو، واجد این ویژگی بوده و به نظر می‌رسد می‌تواند در پیشگیری از آسیب در مواقع پرخطر در این آزمودنی‌ها بسیار مؤثر باشد، زیرا ورزشکاران می‌توانند حین مشارکت در ورزش با اجرای حرکات بیومکانیکی بهینه‌تر، نه تنها خطر آسیب را به حداقل کاهش دهند، بلکه عملکرد خود را نیز بهبود بخشند.

نتیجه‌گیری

اگرچه برنامه‌های تمرینی از قبیل برنامه جامع پیشگیری از آسیب فیفا ۱۱+، برنامه PEP و برنامه KIPP در زمینه پیشگیری از آسیب بسیار مؤثر بوده‌اند، اما اغلب این برنامه‌ها یا به‌صورت کلی برای تمامی رشته‌ها ورزشی طراحی شده‌اند (مانند PEP)

References

- [1] Ahmed M, Arif A, Gill A, Al Mostafa MY. Physical activity and quality of life in shoulder injuries among volleyball players. *Pakistan Journal of Physical Therapy*. 2019; 2(2):12-6. [DOI:10.52229/pjpt.v2i02.1152]
- [2] Carvalho A, Roriz P, Duarte D. Comparison of morphological profiles and performance variables between female volleyball players of the first and second division in Portugal. *Journal of Human Kinetics*. 2020; 71:109-17. [DOI:10.2478/hukin-2019-0076] [PMID]
- [3] Safarzadeh M, Daneshjoo A, Mohammadtaghi A. The immediate effect of two types of slow and fast dynamic stretching after functional fatigue on knee flexion in professional male volleyball players (Persian)]. *Journal for Research in Sport Rehabilitation*, 2018; 6(11):43-52. [DOI:10.22084/rsr.2018.16625.1389]
- [4] Eftekhari O, Benar N, Emami M, Mansor Sadeghi M. [Presenting a measurement model for barriers to development of iran women's volleyball at the macro, middle and micro levels (Persian)]. *Sport Management Studies*. 2017; 8(40):40-60. [DOI:10.22089/smrj.2017.904]
- [5] Noyes FR, Barber-Westin SD, Smith ST, Campbell T. A training program to improve neuromuscular indices in female high school volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011; 25(8):2151-60. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3181f906ef] [PMID]
- [6] Reitmayer HE. A review on volleyball injuries. *Timisoara Physical Education and Rehabilitation Journal*. 2017; 10(19):189-94. [DOI:10.1515/tperj-2017-0040]
- [7] Ünver G, Ersan KA, Yoldaş A. Investigation of sports injuries and kinesiphobia in volleyball players. *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*. 2020; 5(4):443-55 [DOI:10.31680/gaun-jss.779513]
- [8] Arasteh A, Minoonejad H, Rajabi R. [Role of functional risk factors in predicting the injuries of iranian elite male volleyball players (Persian)]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 2021; 10(1):38-47. [DOI:10.22037/jrm.2020.113041.2306]
- [9] Ashkezari MH, Saadatian A, Falah HR, Yakhdani SA. Epidemiology of sports injuries in basketball, volleyball, and handball in Iran: A systematic review. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020; 9(4):344-57. [DOI:10.22037/JRM.2020.112543.2213]
- [10] Navali A, Mohajerzadeh S. [The correlation between chondral lesions and the chronicity of anterior cruciate ligament tear (Persian)]. *Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences*. 2015; 57(9):995-1001. [DOI:10.22038/mjms.2015.4027]
- [11] Karamollachaab Y, Shojaedin SS, Letafatkar A, Hadadnejad M, Goharpay S. [Effect of comprehensive FIFA +11 injury prevention program on EMG and kinetic factors of knee joint in 10-12 year-old soccer players (Persian)]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 2020; 9(2):110-7. [DOI:10.22037/jrm.2019.111554.2063]
- [12] Kiefer AW, Kushner AM, Groene J, Williams C, Riley MA, Myer GD. A commentary on real-time biofeedback to augment neuromuscular training for ACL injury prevention in adolescent athletes. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2015; 14(1):1-8. [PMID] [PMCID]
- [13] Jahantigh Akbari N, Barforoshan S, Damani E. Risk factors and treatment of anterior cruciate ligament injuries in female and male athletes. *Applied Biology*. 2017; 7(27):31-40. [Link]
- [14] Mohammadi H, Daneshmandi H, Alizadeh M, Shamsimajlan A. [The effect of dynamic knee valgus during overhead squat on distal and proximal knee joints muscle strength and range of motion in basketball players (Persian)]. *Journal of Sport Biomechanics*. 2018; 3(4):17-27. [Link]
- [15] Behboodian N, Amiri R, Letafatkar A. [Comparison 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]
- [16] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Quatman CE. Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *Journal of Orthopaedic Research*. 2016; 34(11):1843-55. [DOI:10.1002/jor.23414] [PMID]
- [17] Hewett TE, Johnson DL. ACL prevention programs: Fact or fiction? *Orthopedics*. 2010; 33(1):36-9. [DOI:10.3928/01477447-20091124-19] [PMID]
- [18] Daneshjoo A, Mohseni M. [Comparing the knee joint kinematic parameters during landing at different minutes of soccer game (Persian)]. *Journal of Sport Biomechanics*. 2019; 5(1):2-13. [DOI:10.32598/biomechanics.5.1.1]
- [19] Jafarnezhadgero AA, Oroji A, Letafatkar A, Shojaodin SS. [The effect of movement pattern training on selected landing kinematics in athletes with nonspecific chronic low back pain: A randomized clinical trial (Persian)]. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2021; 20(6):631-44. [DOI:10.52547/jrums.20.6.631]
- [20] Dar G, Yehiel A, Cale' Benzoar M. Concurrent criterion validity of a novel portable motion analysis system for assessing the landing error scoring system (LESS) test. *Sports Biomechanics*. 2019; 18(4):426-36. [DOI:10.1080/14763141.2017.1412495] [PMID]
- [21] Šiupšinskas L, Garbenytė-Apolinskienė T, Salatkaitė S, Gudas R, Trumpickas V. Association of pre-season musculoskeletal screening and functional testing with sports injuries in elite female basketball players. *Scientific Reports*. 2019; 9(1):9286. [DOI:10.1038/s41598-019-45773-0] [PMID]
- [22] Giesche F, Wilke J, Engeroff T, Niederer D, Hohmann H, Vogt L, et al. Are biomechanical stability deficits during unplanned single-leg landings related to specific markers of cognitive function? *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2020; 23(1):82-8. [DOI:10.1016/j.jsams.2019.09.003] [PMID]
- [23] Ghobadi Nezha S, Hoseini SH, Norasteh AA. [Effect of six weeks of progressive jump-landing training on jump shooting accuracy and knee valgus angle in male basketball players with dynamic knee valgus (Persian)]. *Journal of Sport Biomechanics*. 2021; 7(2):148-63 [DOI:10.32598/biomechanics.7.2.6]

- [24] Fan B, Xia H, Xu J, Li Q, Shull PB. IMU-based knee flexion, abduction and internal rotation estimation during drop landing and cutting tasks. *Journal of Biomechanics*. 2021; 124:110549. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2021.110549] [PMID]
- [25] 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]
- [26] Saki F, Mohammadi H, Shakiba E. The Effect of Sports Metrics Soccer Training (SMST) on the performance of young soccer players. *sport medicine studies*. Spring & Summer 2020; 12(27):201-18. [DOI:10.32598/ptj.11.4.493.1]
- [27] Voskanian N. ACL Injury prevention in female athletes: Review of the literature and practical considerations in implementing an ACL prevention program. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. 2013; 6(2):158-63. [DOI:10.1007/s12178-013-9158-y] [PMID]
- [28] Waldén M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Hägglund M. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: Cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 2012; 344:e3042. [DOI:10.1136/bmj.e3042] [PMID]
- [29] Noyes FR, Barber-Westin SD. Neuromuscular retraining in female adolescent athletes: Effect on athletic performance indices and noncontact anterior cruciate ligament injury rates. *Sports*. 2015; 3(2):56-76. [DOI:10.3390/sports3020056]
- [30] Shahrjerdi S, Mohammadi H, Amiri S. "The effect of sports-metrics volleyball training on the landing error scoring system in female volleyball players. *Sport Sciences and Health Research*. 2021, 13(2):217- 25. [DOI:10.22059/sshr.2021.86126]
- [31] Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, Boniello M, Franklin C. Stiff landings, core stability, and dynamic knee valgus: A systematic review on documented anterior cruciate ligament ruptures in male and female athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18(7):3826. [DOI:10.3390/ijerph18073826] [PMID]
- [32] Mohammadi H, Daneshmandi H, Alizadeh M. [Effect of corrective exercises program on strength, ROM, and performance in basketball players with dynamic knee valgus (Persian)]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019; 8(3):29-41. [DOI:10.22037/jrm.2019.111286.1887]
- [33] Hanzlíková I, Hébert-Losier K. Clinical implications of landing distance on landing error scoring system scores. *Journal of Athletic Training*. 2021; 56(6):572-7. [DOI:10.4085/1062-6050-068-20] [PMID]
- [34] Salci Y. Landing error scoring system for screening risk scores among elite-youth soccer players. *Journal of Educational Issues*. 2021; 7(1):351-7. [DOI:10.5296/jei.v7i1.18485]
- [35] 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. [PMID]
- [36] Noyes FR, Barber-Westin S. Return to sport after ACL reconstruction and other knee operations: Limiting the risk of re-injury and maximizing athletic performance. Berlin: Springer Nature; 2019. [Link]
- [37] Lisman P, Wilder JN, Berenbach J, Jiao E, Hansberger B. The relationship between landing error scoring system performance and injury in female collegiate athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2021; 16(6):1415-25. [DOI:10.26603/001c.29873] [PMID]
- [38] Everard E, Lyons M, Harrison AJ. Examining the association of injury with the functional movement screen and landing error scoring system in military recruits undergoing 16 weeks of introductory fitness training. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2018; 21(6):569-73. [DOI:10.1016/j.jsams.2017.05.013] [PMID]
- [39] Padua DA, Marshall SW, Boling MC, Thigpen CA, Garrett WE Jr, Beutler AI. The Landing Error Scoring System (LESS) is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: The JUMP-ACL study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2009; 37(10):1996-2002. [DOI:10.1177/0363546509343200] [PMID]
- [40] Schwameder H. Effect of a neuromuscular home training program on dynamic knee valgus (DKV) in lateral single-leg landings. *ISBS Proceedings Archive*. 2020; 38(1):736. [Link]
- [41] 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]
- [42] Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C, Walsh C, West J. The drop-jump screening test: Difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. *The American Journal of Sports Medicine*. 2005; 33(2):197-207. [DOI:10.1177/0363546504266484] [PMID]
- [43] Barendrecht M, Lezeman HC, Duysens J, Smits-Engelsman BC. Neuromuscular training improves knee kinematics, in particular in valgus aligned adolescent team handball players of both sexes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011; 25(3):575-84. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3182023bc7] [PMID]
- [44] DiStefano LJ, Padua DA, DiStefano MJ, Marshall SW. Influence of age, sex, technique, and exercise program on movement patterns after an anterior cruciate ligament injury prevention program in youth soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*. 2009; 37(3):495-505. [DOI:10.1177/0363546508327542] [PMID]
- [45] Hewett TE, Ford KR, Myer GD. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006; 34(3):490-8. [DOI:10.1177/0363546505282619] [PMID]
- [46] Otsuki R, Benoit D, Hirose N, Fukubayashi T. Effects of an injury prevention program on anterior cruciate ligament injury risk factors in adolescent females at different stages of maturation. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2021; 20(2):365-72. [DOI:10.52082/jssm.2021.365] [PMID]