Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

March & April 2024. Volume 13. Num 1

Research Paper

The Effect of Fatigue on the Time to Stability in Head Movement in Soccer Players With a History of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

*Moosareza Ghorbani[1], Roghayeh Jalil Piran[2], Farideh Babakhani[2]

1. Department of Sport Injury and Corrective Exercise, Faculty of Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
2. Department of Sports Injury and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Allameh Tabatabaei University, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Ghorbani M, Jalil Piran R, Babakhani F. [The Effect of Fatigue on the Time to Stability in Head Movement in Soccer Players With a History of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2024; 13(1):148-161. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.1.10

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.1.10

ABSTRACT

Background and Aims Delay in achieving stability is one of the factors that can cause injury and re-injury in athletes. Because many injuries occur during fatigue, the present study aimed to compare the effect of fatigue on the time to stability in the head movement of players who have undergone anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction with healthy players.

Methods The present study is quasi-experimental. Twenty-four professional soccer players participated in the study. Twelve healthy, active professional soccer players (control group) and 12 soccer players with reconstructed anterior cruciate ligament by hamstring graft (experimental group) participated in this study. Also, 6 to 24 months should have passed since their ligament reconstruction. After jumping and crossing an obstacle to a height of 7.5 cm, the participants performed the task of heading and landing on the force plate. These movements were repeated after the fatigue protocol. Information was collected by the force plate (Kistler Instruments Sweden). Multivariate analysis of variance at the significant level of $P < 0.05$ was used for comparison between groups.

Results According to the findings, fatigue affected the time to stability in the internal-external direction ($P < 0.05$). However, no difference was observed between the two groups in the internal-external direction before fatigue. Also, no significant difference was observed between the two groups when achieving stability before and after fatigue in the anterior-posterior and vertical directions.

Conclusion It seems that a plyometric fatigue training session cannot differentiate between healthy soccer players in the anterior-posterior and vertical directions from players who have undergone anterior cruciate ligament reconstruction. However, this difference was observed in the internal-external direction after fatigue.

Keywords Fatigue, Jump-landing, Time to stability (TTS), Anterior cruciate ligament reconstruction

Received: 26 Sep 2021
Accepted: 05 Feb 2022
Available Online: 20 Mar 2024

Corresponding Author:
Moosareza Ghorbani
Address: Department of Sport Injury and Corrective Exercise, Faculty of Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
Tel: +98 (918) 9123600
E-Mail: moosareza333@gmail.com

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

Extended Abstract

Introduction

Anterior cruciate ligament (ACL) injuries are common among soccer players. Movements such as sudden changes of direction and jumps are factors that can damage ACL. The delay in time to stability after landing is one of the factors that can increase the risk of re-injury after ACL reconstruction. Regardless of the importance of investigating the effect of fatigue on the biomechanical factors during performing various sports tasks that include landing, and according to the research, no study has ever compared the effect of fatigue on the indicators of time to stability between healthy soccer players and soccer players with the ACL reconstruction. So, the present study aimed to compare the effect of fatigue on the achievement of stability in jumping between players who had ACL reconstruction and healthy soccer players.

Materials and Methods

The study sample comprised 30 male professional soccer players aged between 20 and 30 years who had at least 8 years of soccer experience and three training sessions per week. At the beginning of the study, the demographic form was completed by measuring the height, weight, and length of the players' legs. Other specifications were also completed by the subject, including the injured leg and the time elapsed since the operation. Before starting the test, the subjects performed a 10-minute warm-up to prevent injury, which included flexibility, slow running, and stretching movements in the lower torso. Initially, the surgeon jump was used to determine the maximum vertical jump. The subject stood against the wall and touched the wall with his middle finger, then bent down and jumped upwards. The distance between two points is a record. The subject was considered, and a stamp was used to identify the fingerprint. Subjects were then placed behind the force plate and asked to be at the start point, which is half the individual's height to the landing site in the center of the force plate. After being at the start point, the subjects should jump over a 7.5-cm high conical barrier located in the middle of the distance between the start point and the center of the touch screen, and after crossing the barrier, head to the ball that is fixed at a point of 50% of the maximum jump height of each subject in addition to the subject height. After the pretest, the subjects performed the plyometric fatigue protocol. These exercises included running and jumping, which included running at a high speed of 10 meters in a round trip, jumping and landing with both legs, jumping and landing single-legged, vertical jumping, jumping over obstacles, tuck jumping, and one leg between the lines. The subjects performed this protocol to the point of exhaustion. The Borg scale of 6 to 20 was used to determine the degree of fatigue; rank 6 indicates no fatigue, and rank 17 to 20 indicates exhaustion. Immediately after the fatigue protocol reached the limit of exhaustion and ranking above 17, posttests were taken, and jumping over the obstacle and impact was repeated to observe and evaluate the effect of fatigue. Analysis of differences between groups before and after fatigue was performed using multivariate analysis of variance. All analyses were performed at a significance level 0.05 using SPSS software version 25.

Results

Based on the findings, it affected the time to achieve stability in the internal-external direction ($P<0.05$), but no differences were observed between the two groups in

Table 1. Descriptive findings before and after fatigue and results of multivariate analysis of variance

Variables	Component	Mean±SD		F	P
		Control	Experimental		
Before fatigue	Internal-external (second)	1.75±0.18	1.74±0.17	0.030	0.864
	Anterior-posterior (second)	1.65±0.05	1.66±0.03	0.291	0.595
	Vertical (second)	1.18±0.08	1.19±0.12	0.081	0.779
After fatigue	Internal-external (second)	1.83±0.08	1.70±0.18	5.179	0.033
	Anterior-posterior(second)	1.67±0.05	1.65±0.02	1.948	0.177
	Vertical (second)	1.26±0.10	1.26±0.15	0.010	0.922

the internal-external direction, as well as in the anterior-posterior and vertical directions. No significant difference was observed between the two groups in achieving stability before and after fatigue (Table 1).

Conclusion

A plyometric fatigue training session does not seem to differentiate healthy soccer players from players with ACL reconstruction in terms of the anterior-posterior and vertical directions. However, this difference was observed in the internal-external direction after fatigue. Time to stability is an index of dynamic stability measured in the jump and landing motion. It is defined as the time it takes for a person to stabilize after landing, so it is a fully functional test. Athletes with better stability (the ground reaction force stabilizes after landing faster) who stabilize faster after jumping and landing moves are less likely to be injured. Therefore, according to the results of our research, plyometric fatigue was significant in the internal-external component and not in the other two components. According to the results of other research, it can be said that athletes who have had ACL reconstruction after 6 months can use plyometric training programs with caution, and this depends on their rehabilitation conditions.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All participants received explanations about the research methods and objectives and then signed a consent form. It was explained to the subjects that the data would be confidential and they are free to leave the study at any time. This study was approved by the Ethics Committee of the Sport Sciences Research Institute of Iran (Code: IR.SSRI.REC.1399.749.

Funding

This article was extracted from the PhD thesis of Moosareza Ghorbani at the Department of Sport Injury and Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

Conceptualization, Supervision, Methodology, data collection, data analysis: Moosareza Ghorbani; writing, review & editing, resources: All authors.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all the participants for their cooperation in this research.

مقاله پژوهشی

اثر خستگی بر زمان رسیدن به پایداری در حرکت سر زدن در بازیکنان فوتبال دارای سابقه بازسازی رباط متقاطع قدامی

*موسی الرضا قربانی[۱]، رقیه جلیل پیران[۲]، فریده باباخانی[۲]

۱. گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۲. گروه حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Ghorbani M, Jalil Piran R, Babakhani F. [The Effect of Fatigue on the Time to Stability in Head Movement in Soccer Players With a History of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2024; 13(1):148-161. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.1.10

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.13.1.10

چکیده

مقدمه و اهداف تأخیر در زمان رسیدن به پایداری از عواملی است که می‌تواند موجب بروز آسیب و آسیب مجدد در ورزشکاران شود. به‌دلیل اینکه بسیاری از آسیب‌ها در زمان خستگی رخ می‌دهد، هدف از تحقیق حاضر مقایسه اثر خستگی بر زمان رسیدن به پایداری در حرکت سر زدن بین بازیکنانی که بازسازی رباط متقاطع قدامی داشتند و بازیکنان فوتبال سالم می‌باشد.

مواد و روش‌ها تحقیق حاضر از نوع نیمه‌آزمایشی می‌باشد. ۲۴ نفر از بازیکنان فوتبال حرفه‌ای در این تحقیق شرکت کردند. ۱۲ بازیکن فوتبال حرفه‌ای فعال سالم (گروه کنترل) و ۱۲ بازیکن فوتبال با بازسازی رباط صلیبی قدامی به روش گرافت همسترینگ (گروه آزمایش) که ۶ تا ۲۴ ماه از بازسازی آن‌ها سپری شده باشد در این مطالعه شرکت کردند. ورزشکاران پس از پرش و عبور از مانعی به ارتفاع ۷/۵ سانتی‌متر تکلیف ضربه سر را انجام دادند و روی صفحه نیرو فرود آمدند. بعد از پروتکل خستگی این حرکات تکرار شد. اطلاعات به‌وسیله صفحه نیرو (Kistler instruments Sweden) جمع‌آوری شدند. از آزمون آماری مانووا در سطح معنی‌داری P<۰/۰۵ برای مقایسه بین گروهی استفاده شد.

یافته‌ها براساس یافته‌ها خستگی بر زمان رسیدن به پایداری در جهت داخلی-خارجی تأثیرگذار بود (P<۰/۰۵)، اما قبل از خستگی تفاوتی بین دو گروه در جهت داخلی- خارجی مشاهده نشد. همچنین در جهت‌های قدامی-خلفی و عمودی اختلاف معناداری بین دو گروه در زمان رسیدن به پایداری قبل و بعد از خستگی مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری به نظر می‌رسد یک جلسه تمرین خستگی پلایومتریک نمی‌تواند در تمایز بین بازیکنان سالم فوتبال در جهت قدامی- خلفی و عمودی از بازیکنانی که بازسازی رباط صلیبی قدامی انجام دادند، مؤثر باشد. هرچند این تفاوت در جهت داخلی-خارجی و بعد از خستگی مشاهده شد.

کلیدواژه‌ها خستگی، پرش- فرود، زمان رسیدن به پایداری، بازسازی رباط صلیبی قدامی

تاریخ دریافت: ۰۴ مهر ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۱۶ بهمن ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۰۱ فروردین ۱۴۰۳

* **نویسنده مسئول:**

موسی الرضا قربانی

نشانی: رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده علوم ورزشی، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی.

تلفن: ۹۱۲۳۶۰۰ (۹۱۸) ۹۸+

رایانامه: moosareza333@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

صدمات رباط صلیبی قدامی[1] تعداد زیادی از ورزشکاران را تحت تأثیر قرار می‌دهد که حدود ۹۰ درصد از این آسیب‌ها از نوع غیربرخوردی می‌باشد [۱]. پیشرفت در تکنیک‌های جراحی باعث شد تا بازیکنان شانس بیشتری برای باز گشت به ورزش داشته باشند [۲]. بازسازی رباط متقاطع قدامی می‌تواند ثبات زانو را بازگرداند، اگرچه اکثر تحقیقات رضایت بالای ورزشکاران از بازسازی را بیان کرده‌اند [۳]، اما برخی ورزشکاران آسیب مجدد در همان اندام یا در طرف مقابل را گزارش کرده‌اند [۴]. برخی تحقیقات مدت‌زمان ۶ ماه را برای بازگشت به فعالیت مناسب می‌دانند [۵]، اما نشان داده شد بیشتر ورزشکاران در این زمان شرایط لازم بازگشت به فعالیت ورزشی را به‌طور کامل ندارند [۶]. یکی دیگر از مهم‌ترین دلایلی که ورزشکاران بازسازی رباط صلیبی را می‌پذیرند بی‌ثباتی عملکردی و عدم پایداری مناسب در مفصل زانوی آن‌ها می‌باشد [۷].

بیشترین میزان شیوع آسیب‌ها در اندام تحتانی در ورزش‌هایی است که دارای پرش و فرود مکرر می‌باشند [۸]. به‌دلیل ماهیت این ورزش‌ها و استفاده از پرش و فرود مکرر در تمرینات و مسابقات، بازیکنان این رشته‌ها در معرض آسیب‌های ثانویه رباط صلیبی قدامی قرار دارند. طی پرش-فرود بدن باید حرکاتی ایجاد کند تا نیروی عکس‌العمل زمین به حداقل برسد و فرود نرم انجام شود. همچنین یکی از راه‌های ارزیابی تعادل دینامیکی حرکت پرش و فرود می‌باشد. کولبی و همکاران پیشنهاد کردند که یک موقعیت ثابت به اندازه کافی سیستم عصبی عضلانی را در بازآفرینی فعالیت‌های ورزشی یا حتی فعالیت‌های زندگی روزمره به چالش نمی‌کشد و انواع پویاتر از فعالیت‌ها، مانند وظایف پرش-فرود، ممکن است ابزار دقیق‌تری برای ارزیابی سیستم عصبی-عضلانی اندام تحتانی در طول فعالیت‌های پرشی باشد. به نظر می‌رسد استفاده از تکلیف ثانویه حین پرش نیز می‌تواند شرایط را از محیط آزمایشگاه دور و به شرایط مسابقه و تمرین واقعی نزدیک‌تر کند [۹].

نکته مهم و یکی از فاکتورهای تأثیرگذار در کاهش خطر آسیب در اندام تحتانی توانایی حفظ پایداری بدن بعد از فرود است، به‌طوری‌که به‌دست آوردن سریع‌تر پایداری پس از فرود یک ویژگی مفید در نظر گرفته می‌شود [۱۰]. ثبات پاسچرال اغلب با حرکت پرش و فرود ارزیابی می‌شود. ثبات پاسچرال پویا را می‌توان به‌عنوان توانایی فرد برای حفظ تعادل در حین انتقال از حالت پویا به ایستا تعریف کرد. همچنین یکی از معیارهای بررسی پایداری پاسچرال قابل‌اعتماد و حساس زمان رسیدن به پایداری[2] می‌باشد [۱۱]. افزایش زمان رسیدن به پایداری پس از فرود می‌تواند نشانه تأخیر بدن در رسیدن به پایداری باشد که می‌تواند فرد را دچار آسیب کند [۱۲]. ازاین‌رو توانایی رسیدن سریع به پایداری یکی از عوامل مهم در جلوگیری از آسیب معرفی شده است [۱۳]. در تحقیق پترسون و همکاران میزان ناپایداری زانو در کسانی که بازسازی رباط صلیبی قدامی را انجام داده‌اند بعد از گذشت چندین ماه همچنان مشهود بود. همچنین در این تحقیق مشخص شد زمان رسیدن به پایداری در گروه بازسازی به میزان قابل‌توجهی از گروه کنترل بیشتر می‌باشد که این موضوع می‌تواند باعث آسیب‌های بعدی از جمله پارگی مجدد در رباط صلیبی قدامی شود [۱۴]. همچنین در تحقیق قربانی و همکاران مشخص شد خستگی نیز یکی دیگر از عواملی است که می‌تواند با ایجاد تغییر در کینماتیک اندام تحتانی ریسک آسیب را به‌خصوص در رباط صلیبی قدامی افزایش دهد [۱۵].

یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار بر بیومکانیک اندام تحتانی خستگی است. تحقیق بوهام و همکاران با بررسی پارامترهای کینماتیکی و کینتیکی حرکات پرش، فرود و حرکات برشی در بازیکنان فوتبال زن حرفه‌ای به دنبال خستگی عملکردی عمومی نشان داد که خستگی تأثیر بالایی بر بیومکانیک پرش، فرود و حرکات برشی فارغ از جهت حرکت داشت [۱۶]. به‌علاوه از زمان رسیدن به پایداری برای ارزیابی تأثیر خستگی بر حس عمقی و کنترل عصبی-عضلانی استفاده شده است. اگرچه برخی از مطالعات دانش ما را درمورد مکانیسم‌های آسیب پایین‌تنه و رباط صلیبی قدامی افزایش داده‌اند، اما مطالعات کمی اثرات خستگی پایین تنه بر ثبات مفصل زانو مشابه آنچه که یک ورزشکار در طول مسابقه تجربه می‌کند را بررسی کرده‌اند.

باتوجه‌به اهمیت بررسی تأثیر خستگی بر فاکتور بیومکانیکی حین انجام وظایف مختلف ورزشی که شامل فرود می‌شوند و باتوجه به تحقیقات انجام‌شده، مطالعه‌ای به مقایسه تأثیر خستگی بر شاخص‌های زمان رسیدن به پایداری بین بازیکنان فوتبال سالم و بازیکنان فوتبال با بازسازی رباط صلیبی قدامی نپرداخته است، درنتیجه هدف از تحقیق حاضر مقایسه اثر خستگی بر زمان رسیدن به پایداری در حرکت سر زدن بین بازیکنانی که بازسازی رباط متقاطع قدامی داشته‌اند و بازیکنان فوتبال سالم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

داده‌های این مطالعه نیمه‌آزمایشی که جامعه موردنظر آن بازیکنان فوتبال حرفه‌ای استان همدان بودند، در سال ۱۳۹۹ در دانشگاه آزاد جمع‌آوری شد. نمونه موردنظر ۳۰ بازیکن فوتبال حرفه‌ای مرد با سن بین ۲۰ تا ۳۰ سال بودند که حداقل سابقه ۸ سال سابقه بازی فوتبال و هفته‌ای ۳ جلسه تمرین را داشتند. از مطالعات قبلی که به بررسی اثر خستگی بر بیومکانیک اندام تحتانی پرداختند، برای تعیین تعداد نمونه‌ها استفاده شد.

1. Anterior Cruciate Ligament (ACL)
2. Time to stability (TTS)

تخمین زده شد که یک اندازه اثر متوسط تا بزرگ (F=۰/۳) باید تعیین شود. با اهمیت آماری تنظیم‌شده در سطح دو طرفه (۰/۰۵)، قدرت (۰/۸) و همبستگی بین اقدامات تکرارشده (۰/۵)، حداقل ۱۰ نفر برای هر گروه موردنیاز بود [۱۷]. از میان ۱۵ شرکت‌کننده در هر گروه و براساس معیارهای خروج آزمودنی‌هایی که ناهنجاری واضح در بدن داشتند، حین انجام فعالیت یا قبل از آن دچار درد در مفصل زانو بودند، بازسازی دیگری به غیر از رباط متقاطع قدامی در اندام تحتانی داشتند یا به هر دلیلی از ادامه آزمون انصراف می‌دادند از روند پژوهش خارج شدند [۱۸]. درنتیجه نمونه‌های موردنظر ۱۲ بازیکن فوتبال حرفه‌ای فعال سالم (گروه کنترل) و ۱۲ بازیکن فوتبال با بازسازی رباط صلیبی قدامی به روش گرافت همسترینگ (گروه آزمایش) که ۶ تا ۲۴ ماه از بازسازی آن‌ها سپری شده و سن همه آن‌ها بین ۲۰ تا ۳۰ سال بود، در این مطالعه شرکت کردند.

همه آزمودنی‌ها توضیحات مناسبی را درخصوص مراحل تحقیق دریافت و در همین راستا فرم رضایت‌نامه را تکمیل کردند. به آزمودنی‌ها توضیح داده شد که داده‌ها محرمانه خواهد بود، هر وقت خواستند می‌توانند پژوهش را ترک کنند و هیچ‌گونه اجباری در انتخاب و ادامه برنامه تمرینی برای آزمودنی‌ها وجود نخواهد داشت. در ابتدای پژوهش فرم مشخصات فردی با اندازه‌گیری قد، وزن و طول پاها انجام شد. همچنین سایر مشخصات توسط آزمودنی تکمیل شد. این اطلاعات شامل پای آسیب‌دیده و مدت‌زمان سپری‌شده از عمل بود. قبل از شروع آزمون، آزمودنی‌ها برای جلوگیری از آسیب‌دیدگی ۱۰ دقیقه گرم کردن که شامل نرمش، دوی آهسته و حرکات کششی در پایین تنه بود را انجام دادند [۱۸].

در ابتدا برای تعیین حداکثر پرش عمودی از پرش سارجنت استفاده شد، به این صورت که آزمودنی کنار دیوار می‌ایستاد و با انگشت میانی خود دیوار را لمس می‌کرد. سپس خم می‌شد و به سمت بالا پرش را انجام می‌داد. فاصله بین دو نقطه به‌عنوان رکورد آزمودنی در نظر گرفته شد و برای مشخص شدن اثر انگشت از استامپ استفاده شد [۱۹]. سپس آزمودنی‌ها در پشت صفحه نیرو قرار گرفتند و از آن‌ها خواسته شد که در نقطه شروع که به اندازه نصف قد فرد تا محل فرود در مرکز صفحه نیرو می‌باشد قرار بگیرند (تصویر شماره ۱).

بعد از قرار گرفتن در نقطه شروع، آزمودنی‌ها باید از مانعی مخروطی شکل به ارتفاع ۷/۵ سانتی‌متر که در وسط فاصله بین نقطه شروع و مرکز صفحه حساس به لمس قرار داشت پرش کنند. پس از عبور از مانع می‌بایست با سر به توپی که به‌طور ثابت و در نقطه ۵۰ درصدی حداکثر ارتفاع پرش هر آزمودنی به اضافه قد آزمودنی قرار داده شده است ضربه بزنند و با دو پا روی صفحه نیرو فرود بیایند و پس از فرود به‌مدت ۱۰ ثانیه ثابت بمانند. همچنین توضیحات لازم داده شد که در حین اجرا دست‌ها از روی سینه جدا نشود، برای حفظ تعادل پس از فرود پاشنه جابه‌جا نشود و آزمون‌شونده، لی نزند (تصویر شماره ۲) [۲۰].

برای محاسبه زمان رسیدن به پایداری از صفحه نیرو مدل (کیسلر سوئد[3]) و نرخ نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز استفاده شد. اطلاعات حاصل از فرود بر روی صفحه نیرو جمع‌آوری و پس از تبدیل اطلاعات به فرمت TXT داده‌های خام وارد برنامه اکسل شد و با استفاده از این نرم‌افزار زمان رسیدن به پایداری در سه جهت عمودی، قدامی–خلفی و داخلی خارجی محاسبه و استخراج شد. برای یکسان‌سازی محاسبات نتایج آزمون زمان ۸ ثانیه به‌عنوان مدت‌زمان حفظ تعادل آزمون‌شوندگان پس از اولین تماس با صفحه نیرو در نظر گرفته شد. محاسبات مربوط به زمان رسیدن به پایداری با استفاده از روش میانگین‌گیری متوالی [۲۱] برای هر لحظه مطابق فرمول‌های ۱، ۲ و ۳ انجام شد [۲۲]. باتوجه‌به اینکه مدت‌زمان حفظ تعادل ۸ ثانیه و فرکانس نمونه‌برداری صفحه نیرو ۱۰۰۰ هرتز بود، فرآیند میانگین‌گیری برای ۸۰۰۰ لحظه انجام شد.

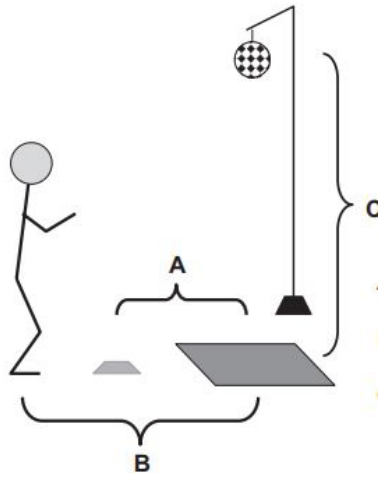
1. $seqav\ gx\ (n) = \Sigma^{n}_{i}\ fx$
2. $seqav\ gx\ (n) = \Sigma^{n}_{i}\ fy$
3. $seqav\ gx\ (n) = \Sigma^{n}_{i}\ fz$

پس از انجام پیش‌آزمون آزمودنی‌ها پروتکل خستگی پلایومتریک را انجام دادند. این تمرینات شامل دویدن و پریدن بود که دویدن شامل دو با سرعت بالا به مسافت ۱۰ متر به‌صورت رفت‌وبرگشت و پریدن شامل پرش و فرود جفت پا، پرش و فرود تک‌پا، پرش عمودی، پرش از روی موانع، تاک جامپ و پرش تک‌پا بین خطوط بود. آزمودنی‌ها این پروتکل را تا حد واماندگی انجام دادند [۲۳]. برای تعیین میزان خستگی از مقیاس ۶ تا ۲۰ رتبه‌ای بورگ استفاده شد. رتبه ۶ نشانه عدم خستگی و رتبه ۱۷ تا ۲۰ نشان‌دهنده واماندگی است [۲۴]. بلافاصله بعد از پروتکل خستگی و رسیدن به حد واماندگی و رتبه بالای ۱۷ پس‌آزمون گرفته شد و پرش از روی مانع و ضربه سرتکرار شد تا اثر خستگی مشاهده و بررسی شود. تجزیه‌وتحلیل تفاوت‌های بین‌گروهی قبل و بعد خستگی با استفاده از آزمون مانوا[4] انجام شد. تمام تحلیل‌ها در سطح معناداری ۰/۰۵ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد.

یافته‌ها

اطلاعات سن، وزن، قد و شاخص توده بدنی دو گروه در جدول شماره ۱ خلاصه شده است.

3. Kistler instruments Sweden
4. MANOVA



طب توانبخشی

تصویر ۱. نحوه انجام پرش و ضربه سر
۲۵ درصد از قد آزمودنی تا مرکز صفحه نیرو=A، ۵۰ درصد از قد آزمودنی تا مرکز صفحه نیرو=B، ۵۰ درصد از حداکثر پرش+ قد فرد(ارتفاع نصب توپ)=C

طبق آزمون شاپیرو ویلک[5] توزیع داده‌ها نرمال بود (P>۰/۰۵). همچنین از آزمون تحلیل واریانس[6] برای سنجش تفاوت بین گروه‌ها استفاده شد. در شاخص‌های سن، وزن، قد و شاخص توده بدنی، اختلاف معناداری بین دو گروه وجود نداشت (P>۰/۰۵).

نتایج آزمون مانوا نشان داد بین مؤلفه‌های زمان رسیدن به پایداری در راستای داخلی–خارجی بین دو گروه قبل از خستگی اختلاف معناداری وجود ندارد (P>۰/۰۵)، بعد از خستگی دو گروه اختلاف معناداری در راستای داخلی–خارجی با یکدیگر داشتند (P>۰/۰۵)، بین مؤلفه‌های زمان رسیدن به پایداری در راستای قدامی خلفی قبل از خستگی (P>۰/۰۵)، و بعد از خستگی (P>۰/۰۵) نیز تفاوت معناداری در بین دو گروه وجود نداشت. دو گروه اختلاف معناداری در زمان رسیدن به پایداری در راستای عمودی قبل از خستگی (P>۰/۰۵) و بعد از خستگی (P>۰/۰۵) با یکدیگر نداشتند (جدول شماره ۲).

5. Shapiro-Wilk
6. MANOVA

طب توانبخشی

تصویر ۲. نحوه سر زدن در آزمایشگاه

جدول ۱. اطلاعات پیکرشناسی آزمودنی‌ها

مشخصات پیکرشناسی	گروه	میانگین±انحراف‌معیار		P
		کنترل	آزمایش	
سن (سال)		۲۳/۵۰±۲/۵۰	۲۶/۴۱±۳/۳۴	۰/۲۸۴
وزن (کیلوگرم)		۷۲/۵۸±۹/۷۹	۸۱/۸۳±۱۵/۹۷	۰/۱۰۱
قد (متر)		۱/۷۶±۰/۰۷۸	۱/۷۸±۰/۰۶۵	۰/۴۸۶
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)		۲۳/۲۴±۲/۴۰	۲۵/۵۱±۳/۹۹	۰/۱۰۷

طب توانبخشی

بحث

هدف از تحقیق حاضر مقایسه اثر خستگی بر زمان رسیدن به پایداری در حرکت سر زدن بین فوتبالیست‌های سالم و فوتبالیست‌هایی با بازسازی رباط متقاطع قدامی بود. باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر، پس از اعمال خستگی تفاوت معناداری بین زمان رسیدن به پایداری در راستای قدامی-خلفی و عمودی در دو گروه کنترل و آزمایش در بازیکنان فوتبال با بازسازی رباط متقاطع قدامی وجود نداشت، اما در راستای داخلی- خارجی اثر خستگی بر زمان رسیدن به پایداری مشهود بود و افزایش معناداری را نشان داد.

فرود پس از پرش یک وظیفه معمول در فعالیت‌های ورزشی است که به ثبات پویا نیاز دارد و همچنین می‌تواند یک مکانیسم رایج برای آسیب‌دیدگی مچ پا و زانو محسوب شود [۲۵]. کنترل عصبی عضلانی نقش مهمی در پایداری پویای مفاصل دارد. کنترل عصبی عضلانی را می‌توان به‌عنوان فعال‌سازی محدودیت‌های دینامیکی در آماده‌سازی و پاسخ به حرکت و نیروهای مفصلی برای حفظ و پایداری ثبات عملکردی مفاصل تعریف کرد [۲۶].

زمان رسیدن به پایداری یک اندازه‌گیری از کنترل عصبی عضلانی است که در آن از مقادیر صفحه نیرو برای پایداری پویای پاسچر در فعالیت‌های پرش و فرود استفاده می‌شود. زمان رسیدن به پایداری همچنین برای ارزیابی تأثیر خستگی بر حس عمقی[7] و کنترل عصبی عضلانی به کار می‌رود. طولانی شدن زمان رسیدن به پایداری و ثبات، این نکته را نشان می‌دهد که واکنش بدن برای دست یابی به ثبات با تأخیر همراه است و کنترل پاسچر در هنگام فرود پس از پرش با مشکل مواجه است [۲۶].

پذیرفتن این موضوع که آسیب اندام تحتانی باعث افزایش زمان رسیدن به ثبات می‌شود همیشه درست نیست. به‌عنوان مثال تحقیق پنی نشان داد بازیکنان فوتبال که بازسازی رباط متقاطع قدامی داشتند و به‌طور کامل به ورزش بازگشتند تفاوت معنی‌داری در زمان رسیدن به پایداری با بازیکنان فوتبال سالم ندارند. پروتکل‌های بازتوانی تعادلی و پرشی پس از آسیب رباط متقاطع قدامی می‌توانند پایداری را افزایش دهند و ورزشکار را آماده شرکت در تمرین و مسابقات کند [۱۱].

7. proprioception

جدول ۲. یافته‌های توصیفی قبل و بعد خستگی و نتایج آزمون مانوا

مؤلفه	گروه	میانگین±انحراف‌معیار		مقدار F	P
		کنترل	آزمایش		
قبل از خستگی	داخلی-خارجی (ثانیه)	۱/۷۵±۰/۱۸	۱/۷۴±۰/۱۷	۰/۰۳۰	۰/۸۶۴
	قدامی-خلفی (ثانیه)	۱/۶۵±۰/۰۵	۱/۶۶±۰/۰۳	۰/۲۹۱	۰/۵۹۵
	عمودی (ثانیه)	۱/۱۸±۰/۰۸	۱/۱۹±۰/۱۲	۰/۰۸۱	۰/۷۷۹
بعد از خستگی	داخلی-خارجی (ثانیه)	۱/۸۳±۰/۰۸	۱/۷۰±۰/۱۸	۵/۱۷۹	۰/۰۳۳
	قدامی-خلفی (ثانیه)	۱/۶۷±۰/۰۵	۱/۶۵±۰/۰۲	۱/۹۴۸	۰/۱۷۷
	عمودی (ثانیه)	۱/۲۶±۰/۱۰	۱/۲۶±۰/۱۵	۰/۰۱۰	۰/۹۲۲

طب توانبخشی

برای مثال نتایج تحقیق هانگ نشان داد که ۶ هفته تمرین هاپینگ در هیچ‌یک از سه راستای قدامی–خلفی و داخلی–خارجی و عمودی تفاوت معناداری در میانگین زمان رسیدن به پایداری بین دو گروه کنترل و آزمایش ایجاد نکرد. در این تحقیق زمان رسیدن به پایداری بعد از ۶ هفته تمرینات هاپینگ در بازیکنان والیبال با بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بررسی شد. پیش‌آزمون با استفاده از صفحه نیرو انجام شد و ۶ هفته پس از تمرینات هاپینگ پس‌آزمون دوباره بر روی گروه آزمایش تکرار شد. شرکت‌کنندگان در پژوهش بازیکنان ماهر والیبال بودند که ممکن است عدم تأثیر تمرینات بر روی این افراد این موضوع باشد که شرکت‌کنندگان با ایجاد تغییرات جبرانی در مفاصل اندام تحتانی نسبت به یکدیگر تعادل خود را در محدوده مشخصی حفظ کرده باشند. همچنین باتوجه‌به اینکه در رشته والیبال، ورزشکاران فرود پس از پرش‌های مکرر روی یک پا و دو پا دارند [۲۷] و در طول یک مسابقه و یا جلسه تمرینی هر بازیکن بارها پرش و فرود را تجربه می‌کند، بنابراین، این امکان وجود دارد که تمرینات هاپینگ جهت ایجاد اثر مطلوب بر افراد شرک کننده کافی نبوده است [۲۷].

نتایج تحقیق حاضر با نتایج حاصل از تحقیق وبستر و گریبل، در جهت داخلی–خارجی همسو بود. وبستر و گریبل نشان دادند که در حالت خستگی زمان رسیدن به پایداری در افرادی که بازسازی رباط متقاطع قدامی زانو داشتند در مقایسه با افراد گروه کنترل که افراد سالم بودند و آسیبی در رباط متقاطع قدامی نداشتند به‌مدت ۰/۱۱ ثانیه طولانی‌تر است . نمونه‌های تحقیق وبستر را زنان ورزشکاری که ۲/۵ سال از بازسازی رباط متقاطع قدامی آن‌ها گذشته بود، تشکیل می‌دادند. ۲۴ زن را به دو گروه سالم و ناسالم (بازسازی رباط متقاطع قدامی) تقسیم کردند. افراد شرکت‌کننده حرکت پرش و فرود را به‌صورت تک پا انجام دادند و از آن‌ها خواسته شد تا به‌مدت ۱۰ ثانیه بی‌حرکت بمانند. اگرچه ۲/۵ سال از عمل بازسازی آن‌ها گذشته بود، اما این افراد نقص درکنترل دینامیک پاسچر را نشان دادند. در این تحقیق از پروتکل خستگی با استفاده از تمرینات مقاومتی استفاده شد. همچنین نمونه حاضر در این تحقیق را زنان ورزشکار تشکیل می‌دادند که به ورزش‌هایی مانند بسکتبال و والیبال مشغول بودند. به‌علاوه تمرینات مقاومتی تمرکز بیشتری در پایین تنه داشتند در صورتی که تمرینات پلیومتریک به‌صورت عمومی کل بدن را دچار خستگی می‌کنند [۲۸].

نتایج حاصل از تحقیق مالمیر در جهت قدامی- خلفی با نتایج حاصل از تحقیق حاضر ناهمسو بود، اما در جهت داخلی- خارجی با تحقیق حاضر همسو بود. در این تحقیق ارزیابی اثرات خستگی عضلات نازک‌نی بر روی ثبات دینامیکی بعد از پرش جانبی بر روی صفحه نیرو بررسی شد. مالمیر نشان داد که میانگین زمان رسیدن به پایداری در جهت قدامی–خلفی از ۲/۵۱ ثانیه قبل از خستگی به میزان ۲/۷۴ ثانیه بعد از خستگی به‌طور معناداری افزایش یافته است. همچنین میانگین زمان رسیدن به پایداری در جهت داخلی–خارجی از ۲/۴۸ ثانیه قبل از خستگی به میزان ۲/۷۷ ثانیه بعد از خستگی به‌طور معناداری افزایش یافته است. در این تحقیق ۲۰ مرد که طی ۶ ماه گذشته هیچ آسیبی در اندام تحتانی نداشتند شرکت کردند. افراد یک پرش جانبی بر روی صفحه نیرو قبل و بلافاصله بعد از خستگی انجام دادند. برای اعمال خستگی افراد باید یک اورژن طولانی با ۴۰ درصد از حداکثر تلاش را به‌صورت ارادی انجام می‌دادند. زمانی که گشتاور اورژن به ۵۰ درصد مقدار اولیه کاهش یافت، خستگی ایجاد شده است. گروه عضلات نازک‌نی موجب اورژن و پلانتارفلکشن مچ پا می‌شوند. این عضلات هم در صفحه فرونتال و هم در صفحه ساجیتال عملکرد دارند. تغییرات زمان رسیدن به پایداری در راستای قدامی–خلفی و داخلی خارجی بعد از خستگی عضلات نازک‌نی ممکن است منعکس‌کننده این نقش‌ها و وظایف آن‌ها باشد [۲۹]. در برخی تحقیقات بیان شد که افزایش زمان رسیدن به پایداری در جهت قدامی–خلفی بیشتر است [۳۰]، اما افزایش زمان رسیدن به پایداری داخلی–خارجی هم در برخی از مطالعات گزارش شده است [۳۱].

ازآنجایی‌که این فرضیه وجود داردکه پس از آسیب میزان پیام‌های حسی پیکری-محیطی کاهش یافته و متعاقباً کنترل عصبی عضلانی مختل می‌شود، در صورتی که تعادل ایستا و پویا وکنترل عصبی عضلانی در فرد بهبود پیدا نکند فرد مستعد آسیب مجدد می‌شود و در اجرای عملکرد خود دچار مشکل خواهد شد. از طرفی افزایش نوسان پاسچر به‌عنوان یک عامل خطر برای آسیب محسوب می‌شود [۳۲]. تاخیر در زمان رسیدن به پایداری نشان داد که کنترل عصبی عضلانی ممکن است تحت تأثیر خستگی قرار بگیرد [۳۳]. ممکن است تعامل سیستم عصبی مرکزی با پویایی محیطی قادر به خنثی کردن آشفتگی‌های درونی و بیرونی تحمیل‌شده بر روی بدن در طول فرود نباشند که این عامل با ثبات پاسچرال تداخل دارد. این وضعیت ممکن است ناحیه مچ پا را درصورت ادامه فعالیت ورزشی یا مسابقه در معرض آسیب قرار دهد. آسیب‌های رباط متقاطع قدامی با تغییراتی که در الگوهای فرود و متغیرهای کینتیکی و کینماتیکی در افراد با بازسازی این رباط به وجود می‌آورد، موجب می‌شود نیروهای عکس‌العمل زمین بیشتر و زمان رسیدن به ثبات طولانی‌تر شود و در طول پرش فرود به حرکت، نیرو و سرعت اجازه می‌دهد سریع‌تر رخ دهند. و همین موضوع رباط متقاطع قدامی را مستعد آسیب بیشتر می‌کند. زمان رسیدن به پایداری مستلزم این است که فرد نیروهای عکس‌العمل زمین را کنترل کند و در جابه‌جایی افقی و عمودی به تثبیت سریع برسد [۲۸].

توانایی تثبیت سریع نیازمند قدرت عضلانی خوب و الگوهای فعالیت عضلانی خوب است. عدم وجود این فاکتورها در تثبیت هرچه سریع‌تر باعث ایجاد مشکل می‌شود. تفاوت‌های عصبی،

عضلانی، حرکتی و نیروهای مرتبط با حرکت در افرادی با بازسازی رباط صلیبی قدامی نشان داده شد. به‌طور خاص این مشکلات شامل افزایش نیروی عکس‌العمل زمین، حداکثر فلکشن هیپ، زانو و مچ پا، افزایش ولگوس زانو، افزایش نیروهای برشی قدامی-خلفی در تیبیا، افزایش روتیشن تیبیا و تغییر در الگوهای فعالیت عضلانی است. مایکل و همکاران دریافتند که یک جلسه تمرین خستگی شبیه‌ساز فوتبال نمی‌تواند پایداری را در ورزشکاران سالم و ورزشکارانی با بازسازی رباط صلیبی قدامی دچار اختلاف کند. همچنین در این مطالعه خستگی عاملی برای افزایش آسیب رباط صلیبی قدامی شناخته نشد. هرچند پروتکل خستگی در هیچ‌کدام از مطالعات حتی در مطالعات شبیه‌ساز فوتبال نیز با ماهیت اصلی این ورزش تفاوت دارد، اما نزدیک‌تر شدن به شرایط واقعی ورزش می‌تواند نتایج را بیشتر قابل‌اعتماد سازد [۳۴].

سازوکار آسیب رباط متقاطع قدامی پیرو ایجاد فشار بر روی زانو است. زمانی که فرد به دلایلی نظیر اختلال در سیستم عصبی ـعضلانی درپی ایجاد خستگی و شرایط غیرقابل پیش‌بینی در ورزش نمی‌تواند ساختار اسکلتی-عضلانی و موقعیت صحیح مفصل را کنترل کند، با قرار دادن مفصل در موقعیت کاهش فلکشن زانو، افزایش والگوس زانو و چرخش درشت‌نی، احتمال آسیب‌دیدگی رباط صلیبی قدامی را بالا می‌برد [۳۵]. این سازکار می‌تواند نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر در جهت داخلی خارجی و سایر جهت‌ها را توضیح دهد. به نظر می‌رسد برنامه خستگی پلایومتریک تأثیر زیادی بر تعادل پویا در صفحه داخلی-خارجی و قدامی- خلفی دارد؛ به این دلیل که این برنامه، بیشتر عضلاتی را که در صفحه قدامی-خلفی و داخلی- خارجی فعال هستند، خسته می‌کند [۳۶].

باتوجه‌به این توضیحات، انتظار می‌رفت که پس از خستگی زمان رسیدن به پایداری در صفحه قدامی-خلفی و داخلی-خارجی افزایش پیدا کند، درحالی‌که نتایج چنین نبود. و تغییرات فقط در راستای داخلی-خارجی مشاهده شد. شاو و همکاران گزارش کردند که خستگی به افزایش معنی‌دار زمان رسیدن به پایداری قدامی- خلفی با استفاده از بریس مچ پای فعال منجر شده است، اما اثری بر زمان رسیدن به پایداری داخلی- خارجی نداشته است. این یافته‌ها با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش هم‌خوانی ندارد. احتمالاً علت نتایج متفاوت، تفاوت در آزمودنی‌ها و نوع پروتکل خستگی آن‌ها باشد [۲۶]. در طول فعالیت پرش‌فرود روبه‌جلو، عضلات با کاهش شتاب حرکت، باید مرکز ثقل را که در حال جابه‌جایی به سمت پایین و جلو است، ثابت کنند. فرود موفق به توانایی بدن برای کاهش سرعت روبه‌پایین اندام تحتانی وابسته است. به این منظور عضلات زانو و ران با انقباض اکسنتریک، حرکت را کنترل می‌کنند. همچنین خستگی عضلات ران، زانو و مچ پا می‌تواند ثبات در صفحه فرونتال را کاهش دهد و تعادل پویا را در این صفحه دچار تغییر کند [۳۷].

زاویه والگوس زانو هنگام فعالیت‌های ورزشی یکی از قوی‌ترین پیش‌بینی‌کننده‌های آسیب لیگامنت صلیبی قدامی به شمار می‌رود و میزان آن ارتباط مستقیمی با میزان گشتاور ابداکتوری وارد بر این مفصل دارد [۳۵]. علاوه‌براین، گشتاورهای والگوس و واروس زانو در میان فعالیت‌های غیرقابل‌پیش‌بینی دو برابر بزرگ‌تر از گشتاورهای اندازه‌گیری‌شده در فعالیت‌های قابل‌پیش‌بینی است [۳۵]. اگرچه این مکانیسم‌ها معمولاً به تنهایی مطالعه می‌شوند، اما تأثیر زیادی بر بیومکانیک و تغییرات ثبات در اندام تحتانی دارند و همچنین صدمه رباط صلیبی قدامی می‌تواند به‌صورت ترکیبی از این عوامل نیز حادث شود.

در سال‌های اخیر برنامه‌های پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی که بر بهبود کنترل عصبی-عضلانی در انجام حرکت پرش- فرود تمرکز دارد اجرا شده است. استفاده از زمان رسیدن به پایداری برای مطالعه پرش-فرود نشان داد که در افراد دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی در مقایسه با افراد با زانوهای سالم زمان طولانی‌تری را لازم دارند. این امر حاکی از ان است که نقص در کنترل پویا در افراد با بازسازی رباط صلیبی قدامی وجود دارد و همچنین اشکال در کنترل نیروی عکس‌العمل زمین در طول فرود در این افراد دیده می‌شود [۲۸]. هرچند این فرضیه همیشه درست نیست و مطالعات گاهاً خلاف این نتایج را ذکر کرده‌اند [۳۸، ۱۱].

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد یک جلسه تمرین خستگی پلایومتریک نمی‌تواند در تمایز بین بازیکنان سالم فوتبال در جهت قدامی-خلفی و عمودی از بازیکنانی که بازسازی رباط صلیبی قدامی انجام داده‌اند، مؤثر باشد. هرچند این تفاوت در جهت داخلی-خارجی و بعد از خستگی مشاهده شد. زمان رسیدن به ثبات نشانگر پایداری دینامیکی است که در حرکت پرش و فرود اندازه‌گیری می‌شود و به‌عنوان زمانی که طول می‌کشد تا فرد پس از فرود به ثبات برسد تعریف می‌شود، بنابراین یک تست کاملاً کاربردی است. ورزشکارانی که پایداری بهتری دارند (نیروی واکنش زمین پس از فرود سریع‌تر تثبیت می‌شود) و پس از انجام حرکت پرش و فرود سریع‌تر به ثبات می‌رسند، کمتر دچار آسیب‌دیدگی می‌شوند. بنابراین، باتوجه‌به‌نتایج تحقیقات ما مبنی بر اینکه خستگی پلایومتریک در مؤلفه داخلی-خارجی معنادار و در دو مؤلفه دیگر معنادار نبود و باتوجه‌به نتایج سایر تحقیقات می‌توان بیان کرد که ورزشکارانی که بازسازی رباط صلیبی قدامی داشتند پس از گذشت ۶ ماه می‌توانند با احتیاط از برنامه‌های تمرینی پلایومتریک استفاده کنند و این امر به شرایط بازتوانی آن‌ها بستگی دارد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

طرح پژوهش حاضر در کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی بررسی و با شماره (IR.SSRI.REC.1399.749) تأیید شد.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکترای موسی‌الرضا قربانی گروه آسیب‌های ورزشی و تمرینات اصلاحی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه گیلان است و هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان تأمین‌کننده مالی در بخش‌های عمومی و دولتی، تجاری، غیرانتفاعی دانشگاه یا مرکز تحقیقات دریافت نشده است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌پردازی، نظارت، روش‌شناسی، گردآوری داده‌ها و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها: موسی‌الرضا قربانی؛ نگارش-پیش‌نویس اصلی، بررسی، ویرایش و منابع: همه نویسندگان.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از همه شرکت‌کنندگان در این تحقیق قدردانی می‌شود.

References

[1] Stein SM, Mandelbaum BR. Editorial commentary: Anterior cruciate ligament injury and reconstruction in soccer players: The major challenge is always going for our goals! Arthroscopy. 2020; 36(1):196-8. [DOI:10.1016/j.arthro.2019.10.005] [PMID]

[2] Almeida AM, Santos Silva PR, Pedrinelli A, Hernandez AJ. Aerobic fitness in professional soccer players after anterior cruciate ligament reconstruction. PloS One. 2018; 13(3):e0194432. [DOI:10.1371/journal.pone.0194432] [PMID]

[3] Gallo MC, Bolia IK, Jalali O, Rosario S, Rounds A, Heidari KS, et al. Risk factors for early subsequent (revision or contralateral) acl reconstruction: A retrospective database study. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2020; 8(2):2325967119901173. [DOI:10.1177/2325967119901173] [PMID]

[4] Sandon A, Engström B, Forssblad M. High risk of further anterior cruciate ligament injury in a 10-year follow-up study of anterior cruciate ligament-reconstructed soccer players in the Swedish National Knee Ligament Registry. Arthroscopy. 2020; 36(1):189-95.[DOI:10.1016/j.arthro.2019.05.052] [PMID]

[5] Barber-Westin SD, Noyes FR. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. 2011; 27(12):1697-705. [DOI:10.1016/j.arthro.2011.09.009] [PMID]

[6] Kyritsis P, Bahr R, Landreau P, Miladi R, Witvrouw E. Likelihood of ACL graft rupture: Not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. British Journal of Sports Medicine. 2016; 50(15):946-51. [DOI:10.1136/bjsports-2015-095908] [PMID]

[7] Fältström A, Kvist J, Gauffin H, Hägglund M. Female soccer players with anterior cruciate ligament reconstruction have a higher risk of new knee injuries and quit soccer to a higher degree than knee-healthy controls. The American Journal of Sports Medicine. 2019; 47(1):31-40. [PMID]

[8] Best MJ, Buller LT, Miranda A. National trends in foot and ankle arthrodesis: 17-year analysis of the national survey of ambulatory surgery and national hospital discharge survey. The Journal of Foot and Ankle Surgery. 2015; 54(6):1037-41. [DOI:10.1053/j.jfas.2015.04.023] [PMID]

[9] Colby SM, Hintermeister RA, Torry MR, Steadman JR. Lower limb stability with ACL impairment. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1999; 29(8):444-51; discussion 452-4. [DOI:10.2519/jospt.1999.29.8.444] [PMID]

[10] Wright CJ, Arnold BL, Ross SE. Altered kinematics and time to stabilization during drop-jump landings in individuals with or without functional ankle instability. Journal of Athletic Training. 2016; 51(1):5-15. [DOI:10.4085/1062-6050-51.2.10] [PMID]

[11] Head PL, Kasser R, Appling S, Cappaert T, Singhal K, Zucker-Levin A. Anterior cruciate ligament reconstruction and dynamic stability at time of release for return to sport. Physical Therapy in Sport. 2019; 38:80-6. [DOI:10.1016/j.ptsp.2019.04.016] [PMID]

[12] Brazen DM, Todd MK, Ambegaonkar JP, Wunderlich R, Peterson C. The effect of fatigue on landing biomechanics in single-leg drop landings. Clinical Journal of Sport Medicine. 2010; 20(4):286-92. [DOI:10.1097/JSM.0b013e3181e8f7dc] [PMID]

[13] Krkeljas Z. Comparison of jump-landing protocols with Biodex Balance System as measures of dynamic postural stability in athletes. Sports Biomechanics. 2018; 17(3):371-82. [DOI:10.1080/14763141.2017.1348537] [PMID]

[14] Patterson MR, Delahunt E. A diagonal landing task to assess dynamic postural stability in ACL reconstructed females. The Knee. 2013; 20(6):532-6. [DOI:10.1016/j.knee.2013.07.008] [PMID]

[15] Ghorbani M, Babakhani F. Comparing the Kinematics of the lower limb joints in jump-landing maneuver among soccer players with and without histories of anterior cruciate ligament reconstruction. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2020; 10(3):177-84. [DOI:10.32598/ptj.10.3.454.1]

[16] Boham M, DeBeliso M, Harris C, Pfeiffer R, McChesney J, Berning JM. The effects of functional fatigue on ground reaction forces of a jump, land, and cut task. International Journal of Science and Engineering Investigations. 2013; 2(21):22-9. [Link]

[17] Webster KE, Santamaria LJ, McClelland JA, Feller JA. Effect of fatigue on landing biomechanics after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2012; 44(5):910-6. [DOI:10.1249/MSS.0b013e31823fe28d] [PMID]

[18] McHugh MP, Tyler TF, Mirabella MR, Mullaney MJ, Nicholas SJ. The effectiveness of a balance training intervention in reducing the incidence of noncontact ankle sprains in high school football players. The American Journal of Sports Medicine. 2007; 35(8):1289-94. [DOI:10.1177/0363546507300059] [PMID]

[19] Bui HT, Farinas MI, Fortin AM, Comtois AS, Leone M. Comparison and analysis of three different methods to evaluate vertical jump height. Clinical Physiology and Functional Imaging. 2015; 35(3):203-9. [DOI:10.1111/cpf.12148] [PMID]

[20] Butler RJ, Russell ME, Queen R. Effect of soccer footwear on landing mechanics. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2014; 24(1):129-35. [DOI:10.1111/j.1600-0838.2012.01468.x] [PMID]

[21] Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. Journal of Athletic Training. 2002; 37(4):364-75. [PMID]

[22] Liu K, Heise GD. The effect of jump-landing directions on dynamic stability. Journal of Applied Biomechanics. 2013; 29(5):634-8. [DOI:10.1123/jab.29.5.634] [PMID]

[23] Herrero JA, Izquierdo M, Maffiuletti NA, García-López J. Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. International Journal of Sports Medicine. 2006; 27(7):533-9. [DOI:10.1055/s-2005-865845] [PMID]

[24] Lessi GC, Silva RS, Serrão FV. Comparison of the effects of fatigue on kinematics and muscle activation between men and women after anterior cruciate ligament reconstruction. Physical Therapy in Sport. 2018; 31:29-34. [DOI:10.1016/j.ptsp.2018.01.009] [PMID]

[25] Pappas E, Sheikhzadeh A, Hagins M, Nordin M. The effect of gender and fatigue on the biomechanics of bilateral landings from a jump: Peak values. Journal of Sports Science & Medicine. 2007; 6(1):77-84. [PMID]

[26] Shaw MY, Gribble PA, Frye JL. Ankle bracing, fatigue, and time to stabilization in collegiate volleyball athletes. Journal of Athletic Training. 2008; 43(2):164-71. [DOI:10.4085/1062-6050-43.2.164] [PMID]

[27] Huang P, Lin CF. Effects of balance training combined with plyometric exercise in postural control: Application in individuals with functional ankle instability. Paper presented at: 6th World Congress of Biomechanics (WCB 2010). August 1-6, 2010; Singapore. [DOI:10.1007/978-3-642-14515-5_60]

[28] Webster KA, Gribble PA. Time to stabilization of anterior cruciate ligament-reconstructed versus healthy knees in National Collegiate Athletic Association Division I female athletes. Journal of Athletic Training. 2010; 45(6):580-5. [DOI:10.4085/1062-6050-45.6.580] [PMID]

[29] Malmir K, Olyaei GR, Talebian S, Jamshidi AA, Ganguie MA. Effects of peroneal muscles fatigue on dynamic stability following lateral hop landing: Time to stabilization versus dynamic postural stability index. Journal of Sport Rehabilitation. 2019; 28(1):17-23. [DOI:10.1123/jsr.2017-0095] [PMID]

[30] Gribble PA, Robinson RH. Alterations in knee kinematics and dynamic stability associated with chronic ankle instability. Journal of Athletic Training. 2009; 44(4):350-5. [DOI:10.4085/1062-6050-44.4.350] [PMID]

[31] Ross SE, Guskiewicz KM, Yu B. Single-leg jump-landing stabilization times in subjects with functionally unstable ankles. Journal of Athletic Training. 2005; 40(4):298-304. [PMID]

[32] Oberländer KD, Brüggemann G-P, Höher J, Karamanidis K. Reduced knee joint moment in ACL deficient patients at a cost of dynamic stability during landing. Journal of Biomechanics. 2012; 45(8):1387-92. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2012.02.029] [PMID]

[33] Wikstrom EA, Tillman MD, Chmielewski TL, Cauraugh JH, Borsa PA. Dynamic postural stability deficits in subjects with self-reported ankle instability. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2007; 39(3):397-402. [DOI:10.1249/mss.0b013e31802d3460] [PMID]

[34] Lehnert M, Croix MS, Xaverova Z, Botek M, Varekova R, Zaatar A, et al. Changes in injury risk mechanisms after soccer-specific fatigue in male youth soccer players. Journal of Human Kinetics. 2018; 62:33-42. [DOI:10.1515/hukin-2017-0157] [PMID]

[35] Ross SE, Guskiewicz KM, Gross MT, Yu B. Assessment tools for identifying functional limitations associated with functional ankle instability. Journal of Athletic Training. 2008; 43(1):44-50. [DOI:10.4085/1062-6050-43.1.44] [PMID]

[36] Granacher U, Prieske O, Majewski M, Büsch D, Muehlbauer T. The role of instability with plyometric training in sub-elite adolescent soccer players. International Journal of Sports Medicine. 2015; 36(05):386-94. [DOI:10.1055/s-0034-1395519] [PMID]

[37] Makhlouf I, Chaouachi A, Chaouachi M, Ben Othman A, Granacher U, Behm DG. Combination of agility and plyometric training provides similar training benefits as combined balance and plyometric training in young soccer players. Frontiers in Physiology. 2018; 9:1611. [DOI:10.3389/fphys.2018.01611] [PMID]

[38] Wikstrom EA, Powers ME, Tillman MD. Dynamic stabilization time after isokinetic and functional fatigue. Journal of Athletic Training. 2004; 39(3):247-53. [PMID]

This Page Intentionally Left Blank