Journal of
Sport Biomechanics

Winter 2022. Vol 7. Issue 4

Review Paper

Study of Dynamic Knee Valgus in Male Soccer Players: A Review Article

Parisa Sedaghati[1], Shaghayegh Mohammadi[1], *Milad Fadaei Dehcheshmeh[1]

1. Department of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of physical Education and Sport Science, University of Guilan, Rasht, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Sedaghati P, Mohammadi Sh, Fadaei Dehcheshmeh M. [Study of Dynamic Knee Valgus in Male Soccer Players: A Review Article (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2022; 7(4):238-249. https://doi.org/10.32598/biomechanics.7.4.316.1

https://doi.org/10.32598/biomechanics.7.4.316.1

CC BY NC

Article Info:
Received: 05 Aug 2021
Accepted: 22 Dec 2021
Available Online: 01 Mar 2022

Keywords:
Soccer,
Knee Joint,
Anterior Cruciate Ligament,
Lower Extremity

ABSTRACT

Objective Excessive dynamic knee valgus, as a defective movement pattern, predisposes patients to lower limb injuries. Therefore, the aim of the present study was to study dynamic knee valgus in male soccer players.

Methods In this review article, an attempt was made to collect studies conducted on the subject of research from 2000 to June 2021. The websites Google Scholar, PubMed, Science Direct, SID, ISC and Magiran were used and keywords related to the topic were used to search for articles.

Results According to the search method, 50 articles were found, which were finalized according to the inclusion and exclusion criteria of 12 articles. Finally, 7 articles were reported in the present study. Dynamic knee valgus condition is more common in women than men, and varus are more common with increasing age of male soccer players. Different situations during the game such as tackling, jumping, imbalance after strike to the ball and landing after jumping are also among the situations that are associated with increased dynamic knee valgus and players are exposed to knee injury. The first minutes of the halves due to the lower angle of flexion of the knee and also late in the game due to fatigue can increase the dynamic valgus and increase the risk of knee injury.

Conclusion All studies have pointed to the role of dynamic valgus in the incidence of knee joint injuries, especially the anterior cruciate ligament, so it is necessary to identify the mechanism of injury and correct the direction of dynamic valgus among soccer players.

Extended Abstract

Introduction

Soccer has a positive effect on health due to its large fans and popularity at all ages [1, 2]. But on the other hand, training and the nature of soccer can cause a lot of injuries [3, 4]. Physical fitness and physical condition, psychological factors, techniques, team tactics, injuries, and recovery and recovery from past injuries are effective in the optimal performance of this sport [5].

Soccer injuries are more common in the lower limbs, especially the knee joint [6, 5]. Therefore, preventing athletes from getting injured is the most significant task in medicine and health [8, 9]. Despite all preventive measures, severe injuries such as anterior cruciate ligament (ACL) rupture frequently occur in non-collision situations [8]. One of the main mechanisms of knee joint injury is the dynamic valgus of the knee, which has been described as a combination of

* *Corresponding Author:*
Milad Fadaei Dehcheshmeh, PhD.
Address: Department of Sport Injuries and Corrective Exercise, Faculty of physical Education and Sport Science, University of Guilan, Rasht, Iran.
Tel: +98 (913) 8683688
E-mail: miladfadaei71@gmail.com

adduction and internal rotation of the hip joint and abduction of the knee joint [12].

Differences in the kinematic components of the hip and knee joint in such a situation may explain the emergence of various problems with pain in people with mobility impairments [15]. Excessive knee movement in the frontal plane during exercise is a known cause for many acute and chronic knee injuries [16]. Lack of information on the dynamic valgus knee in soccer can not give a comprehensive view to the designers of preventive exercises. Therefore, the present study, considering this, examines the valgus dynamics of the knee in male soccer players with a review approach to existing studies in this field.

Materials and Methods

In this study, research conducted in recent years, especially from 2000 to June 2021, was collected. These articles had were done by searching electronic sources in specialized English and Persian databases of Google Scholar, Science Direct, PubMed, Magiran Database, Jihad University of Scientific Database (SID), and Islamic World Science Citation Database (ISC). Keywords English and Persian equivalent for the search included the following: dynamic knee alignment, dynamic knee valgus, knee joint kinematics, frontal plane knee excursion, dynamic lower extremity valgus, Male/Men soccer player, Male/Men soccer player, Projection Angle

Articles were searched first electronically and then manually from the articles published in the mentioned databases. The criteria for entering the research for the selected articles are as follows: they should be in English or Persian, the full text of the article should be available, research should be done on the study of knee valgus dynamics among male soccer players. Exclusion criteria also included studies that did not examine Valgus knee dynamics among male soccer players and examined prevention or rehabilitation programs, as well as women excluded from the search process.

Results

The tools used in the articles found are more than video analysis to perform, one of the tasks such as jumping vines. This jump is one of the tasks to study the dynamic valgus of the knee after simulating different game minutes [22] and radiography [26]. The most significant situations introduced for the knee joint as traumatic situations in soccer, such as tackling, jumping, imbalance after hitting, and landing after jumping, showed the dynamic valgus position of the knee as a dominant movement pattern [21].

Also, after examining and simulating different minutes of the game, it was shown in the 0th and 60th minutes of the game, as well as in the 105th minute of the game, the Valgus angle was at its maximum [22]. Another study reported that anterior cruciate ligament (ACL) injury, which occurs most often in non-collision positions, puts the knee in a defective movement pattern of excessive valgus dynamics [25]. In 3 articles, it had reported that varus situation is more common in adult male soccer players than valgus and valgus situation is more common in women.

They also reported that male soccer players will be more likely to suffer from varus than Valgus due to the long-

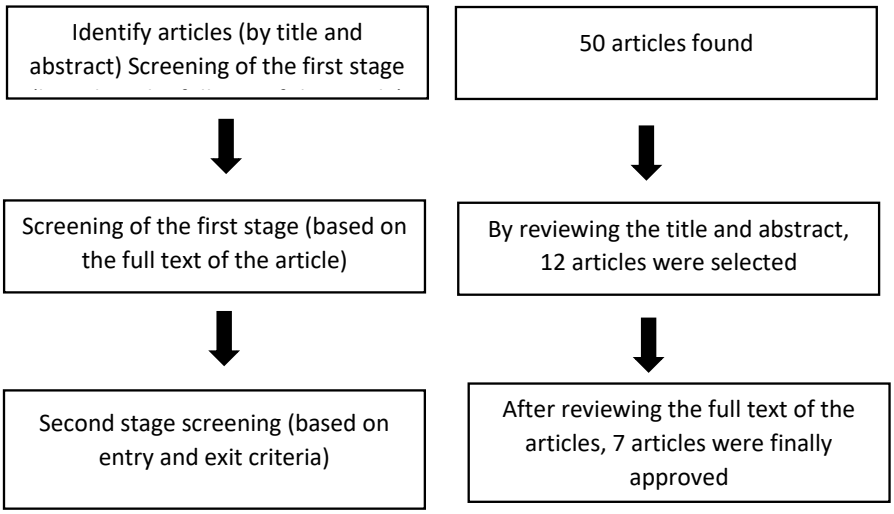

Figure 1. Graph: The process of selecting articles

term situation in football. Also, the valgus angle position decreases with age, especially in the late stages of puberty, and the person moves towards the varus position [23, 24, 26]. One study reported that the dynamic situation of the knee valgus is more indirectly involved in the occurrence of injury than directly [27].

Discussion

The valgus load was one of the dominant patterns among injury mechanisms [21]. Some studies confirm that anterior cruciate ligament (ACL) injury generally occurs early in knee flexion, with knee valgus loading [16]. It also seems that between 0 and 60 minutes of play due to low body temperature and insufficient muscle preparation, which reduces flexion, and on the other hand, when there is slight flexion in the knee, it increases dynamic valgus, and thus increases the risk of injury during this period [28].

On the other hand, in the last minutes of the game, the risk of injury due to increased valgus angle is likely to increase, which can be due to fatigue, so that muscle fatigue changes the shock absorption capacity, which can put more pressure on inactive structures [29]. The valgus angle decreases with age and in the late stages of puberty [24]. Also, reaching higher stages of puberty is less likely to injure the knee cause it had reported increasing muscle strength and body structures [24].

The three-dimensional position of the body affects the overall tension in the musculoskeletal system and, ultimately, the function [41]. Biomechanical changes due to the direction of the valgus dynamics may affect the loads applied to the joint [18]. For example, improper neuromuscular control leads to the inability of the knee to maintain alignment and adequate absorption of ground reaction force during dynamic activities, which increases knee valgus increases, stress on the ligaments, and leads to their damage [19].

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles are considered in this article. The participants were informed about the purpose of the research and its implementation stages; they were also assured about the confidentiality of their information; moreover, they were free to leave the study whenever they wished, and if desired, the research results would be available to them.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

All authors contributed equally in preparing all parts of the research.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgements

The Vice Chancellor for Education and Research of the Faculty of Physical Education and Sports Sciences of the University of Guilan is appreciated and thanked.

مقاله مروری

بررسی والگوس پویا زانو در بازیکنان مرد رشته فوتبال: مروری بر مطالعات

پریسا صداقتی[۱]، شقایق محمدی[۱]، *میلاد فدایی ده‌چشمه[۱]

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

اطلاعات مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴ مرداد ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۰۱ دی ۱۴۰۰
تاریخ انتشار: ۱۰ اسفند ۱۴۰۰

کلیدواژه‌ها:
فوتبال، مفصل زانو، رباط متقاطع قدامی، اندام تحتانی

چکیده

هدف والگوس پویا بیش از حد زانو به‌عنوان یک الگوی حرکتی معیوب، افراد مبتلا را مستعد آسیب‌های اندام تحتانی می‌کند. هدف از مطالعه حاضر، بررسی والگوس پویای زانو در میان بازیکنان مرد رشته فوتبال بود.

روش‌ها در این مقاله مروری سعی شد مطالعات انجام شده در زمینه موضوع تحقیق از سال ۲۰۰۰ تا ژوئن سال ۲۰۲۱ جمع‌آوری شود. در همین راستا، از وب‌سایت‌های گوگل اسکالر، پاب‌مد، ساینس دایرکت، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، پایگاه استنادی علوم جهان اسلام و مگ‌ایران استفاده شد و از کلیدواژه‌های مرتبط با موضوع نیز برای جست‌وجوی مقالات استفاده شد.

یافته‌ها با توجه به روش جست‌وجو، پنجاه مقاله یافت شد که با توجه به معیارهای ورود و خروج دوازده مقاله بررسی نهایی شدند. درنهایت، از هفت مقاله در مطالعه حاضر استفاده شد. وضعیت والگوس پویا زانو در جمعیت زنان بیشتر از مردان رخ می‌دهد. با افزایش سن فوتبالیست‌های مرد، وضعیت واروس نیز بیشتر رخ می‌دهد. موقعیت‌های مختلف هنگام بازی همچون تکل، پرش، بی‌تعادلی پس از زدن ضربه به توپ و فرود پس از پرش نیز از جمله موقعیت‌هایی هستند که با افزایش والگوس پویا زانو همراه هستند و بازیکنان در معرض آسیب زانو قرار دارند. دقایق اولیه نیمه‌ها به دلیل زاویه کمتر خم شدن زانو و همچنین اواخر بازی به دلیل خستگی نیز می‌تواند موجب افزایش والگوس پویا و افزایش خطر آسیب زانو شود.

نتیجه‌گیری تمام مطالعات به نقش والگوس پویا در بروز آسیب‌های مفصل زانو، به‌ویژه رباط متقاطع قدامی اشاره کردند. بنابراین شناسایی سازوکار آسیب و اصلاح راستای والگوس پویا در میان بازیکنان فوتبال امری ضروری به نظر می‌رسد.

مقدمه

فوتبال یکی از پرطرفدارترین رشته‌های ورزشی در دنیا بین تماشاگران و ورزشکاران است. تا سال ۲۰۱۵ حدود پانصد میلیون فوتبالیست فعال در جهان وجود دارند که در حدود سیصد میلیون نفر از آن‌ها در باشگاه‌های ورزشی فوتبال مشغول به فعالیت هستند [۱].

محبوبیت فوتبال در تمام سنین قابلیت اثرگذاری مثبت روی سلامت دارد، به طوری که نشان داده شده جمعیت قابل توجهی از بازیکنان فوتبال در سراسر جهان افراد زیر هجده سال هستند [۲]، اما تمرینات و همین‌طور ماهیت بازی فوتبال می‌تواند موجب آسیب‌های ورزشی زیادی هم شود [۳، ۴]. فوتبال ورزشی پیچیده و وابسته به اجرا است. اجرای بهینه در ورزش فوتبال به عوامل مختلفی وابسته است که شامل آمادگی جسمانی و وضعیت بدنی، عوامل روان‌شناختی، تکنیک، تاکتیک تیمی، آسیب‌دیدگی‌ها و بهبود و بازگشت از آسیب‌های گذشته هستند [۵].

آسیب‌های فوتبال بیشتر در اندام‌های تحتانی رخ می‌دهد [۶]. بیشتر این آسیب‌ها از نوع آسیب به عضلات و تاندون‌ها[۱]، کوفتگی‌ها و آسیب به مفاصل و رباط‌ها[۲] هستند [۳، ۷]. از این رو، پیشگیری از آسیب ورزشکاران کلیدی‌ترین وظیفه حوزه پزشکی و سلامت محسوب می‌شود [۸، ۹].

در میان اندام‌ها و مفاصل بدن، مفصل زانو شایع‌ترین محل برای آسیب‌های شدید فوتبال است و آسیب رباط متقاطع قدامی[۳] و به‌خصوص پارگی آن ازجمله شایع‌ترین آسیب‌دیدگی‌ها بین ورزشکاران است که با زمان بهبود طولانی و هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی بالایی همراه است [۵].

1. Strain
2. Sprain
3. Anterior Cruciate Ligament (ACL)

* نویسنده مسئول:
دکتر میلاد فدایی ده‌چشمه
نشانی: رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی.
تلفن: ۸۶۸۳۶۸۸ (۹۱۳) ۹۸+
رایانامه: miladfadaei71@gmail.com

با وجود تمام اقدامات پیشگیرانه، آسیب‌های شدید مثل پارگی رباط متقاطع قدامی در موقعیت‌های غیربرخوردی هنوز بسیار زیاد رخ می‌دهد [۸]. پیشگیری از این آسیب به شناسایی دقیق سازوکار و عوامل خطر آسیب بستگی دارد [۱۰]. آسیب‌هایی از این دسته عوارض جدی بر جسم و روان بازیکنان جوان دارد [۴].

از این‌رو، نیاز است برای این مسئله و برنامه پیشگیری از آسیب، راه‌حل‌های جدیدی ایجاد شود. برنامه‌های پیشگیری هدف‌دار ممکن است بر یک عامل خطرزا تمرکز داشته باشند. یکی از عوامل خطرزا، ولی قابل اصلاح کنترل عصبی-عضلانی است که شامل والگوس پویا زانو[۴] و کاهش تعادل پویا است [۷، ۱۱]. والگوس پویا زانو به‌عنوان ترکیب ادداکشن (نزدیک شدن)[۵] و چرخاننده‌های داخلی[۶] مفصل ران و ابداکشن (دورشدن)[۷] مفصل زانو توصیف شده است [۱۲].

مفصل ران به‌عنوان یک مفصلی که در قسمت بالا (پروگزیمال)[۸] قرار دارد، ثبات استخوانی را برای اندام تحتانی فراهم می‌کند، اما فراهم شدن این ثبات پویا و حرکتی به تعامل پیچیده عضلات هنگام حرکت وابسته است. گشتاورهای خارجی که هنگام فاز تحمل بار راه رفتن، دویدن و فرود به آن اعمال می‌شود، باعث ایجاد گشتاور خم شدن، نزدیک شدن و چرخاننده‌های داخلی و والگوس در اندام تحتانی می‌شود [۱۳].

این گشتاورها توسط عملکرد انقباض برون‌گرا[۹] عضلات بازکننده[۱۰]، نزدیک‌کننده[۱۱] و چرخاننده‌های خارجی[۱۲] مفصل ران خنثی می‌شود [۱۴]. کاهش تولید نیروی این عضلات باعث افزایش دامنه حرکتی نزدیک شدن و چرخاننده‌های داخلی مفصل ران هنگام فعالیت‌های با تحمل وزن می‌شود و به‌طور بالقوه روی کینماتیک[۱۳] کل اندام تحتانی اثر می‌گذارد [۱۳].

تفاوت در مؤلفه‌های کینماتیک مفصل ران و زانو در چنین وضعیتی، ممکن است ظهور مشکلات مختلف همراه با درد را در افرادی که دچار نقص حرکتی هستند، توضیح دهد [۱۵]. حرکت بیش از حد زانو در صفحه پیشانی هنگام فعالیت‌های ورزشی عامل شناخته شده‌ای برای بسیاری از آسیب‌های حاد و مزمن زانو است [۱۶]. همچنین در مرحله کاهش شتاب و فرود در فعالیت‌ها می‌تواند عامل بسیاری از این آسیب‌ها باشد [۱۷].

تغییرات بیومکانیکی ناشی از راستای غیرطبیعی ممکن است بر بارهای وارده به مفصل، کارایی مکانیکی عضلات، حس عمقی و بازخورد از لگن و زانو تأثیر بگذارد و منجر به تغییر عملکرد عصبی-عضلانی و کنترل اندام تحتانی شود [۱۸]. کنترل نامناسب عصبی-عضلانی منجر به ناتوانی زانو در حفظ راستا و جذب کافی نیروی عکس‌العمل زمین طی فعالیت‌های پویا (حرکتی) می‌شود که باعث افزایش والگوس زانو، افزایش استرس روی رباط‌ها[۱۴] و منجر به آسیب آن‌ها می‌شود [۱۹].

زاویه والگوس زانو نه تنها باعث تحمیل استرس به سیستم محدودکننده غیرفعال داخلی زانو می‌شود، بلکه در ترکیب با جابه‌جایی قدامی درشت‌نی[۱۵]، استرس بر رباط متقاطع قدامی به طور معناداری افزایش می‌یابد [۲۰]. با در نظر گرفتن اهمیت و نقش مفصل زانو در ورزش‌های آسیب‌زا و با شدت بالا همچون فوتبال و محبوبیت این رشته ورزشی در جهان، به‌ویژه در میان جمعیت مردان جوان، متأسفانه تعداد محدودی از مطالعات به‌طور خاص به بررسی والگوس پویا زانو در جمعیت مردان در این رشته ورزشی پرداخته‌اند.

این کمبود اطلاعات با توجه به لزوم طراحی برنامه تمرینی و پیشگیرانه برای کاهش احتمال آسیب به ورزشکار، به‌ویژه آسیب رباط متقاطع قدامی نمی‌تواند دیدگاه جامعی به طراحان ارائه دهد. از این‌رو، مطالعه حاضر با درنظر گرفتن این امر به بررسی والگوس پویا زانو در بازیکنان مرد فوتبال با رویکرد مروری بر مطالعات موجود در این زمینه پرداخته است تا درنهایت اطلاعات موجود در این زمینه را در اختیار متخصصین حوزه سلامت ورزشکاران برای طرح‌ریزی برنامه‌های پیشگیرانه در آینده قرار دهد.

روش‌شناسی

در این مطالعه پژوهش‌های انجام شده در زمینه والگوس دینامیک زانو در بازیکنان مرد فوتبال در سال‌های اخیر، به‌ویژه از سال ۲۰۰۰ تا ژوئن سال ۲۰۲۱ جمع‌آوری شد. این مقالات از طریق جست‌وجو در منابع الکترونیکی در پایگاه‌های تخصصی ساینس دایرکت[۱۶]، گوگل اسکالر[۱۷]، پاب‌مد[۱۸]، مگیران[۱۹] (پایگاه مجلات کشور)، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی[۲۰] و پایگاه استنادی علوم جهان اسلام[۲۱] انجام شد. واژگان کلیدی فارسی برای جست‌وجو شامل موارد: والگوس پویا زانو[۲۲]، راستای پویا

4. knee dynamic valgus
5. Adduction
6. Internal rotation
7. Abduction
8. Proximal
9. Eccentric
10. Extensor muscle
11. Abductor,
12. External rotator
13. Kinematic
14. Ligament
15. Tibia
16. Science Direct
17. Google Scholar
18. PubMed
19. Magiran
20. University Jihad Scientific Information Center Database(SID)
21. Islamic World Science Citation Center (ISC)
22. Dynamic knee valgus

تصویر ۱. روند انتخاب مقالات

زانو[۲۳]، حرکت مفصل زانو در صفحه پیشانی[۲۴]، کینماتیک مفصل زانو[۲۵]، والگوس پویا اندام تحتانی[۲۶] و بازیکنان فوتبال مرد[۲۷] و زاویه پروجکشن[۲۸] بودند.

جست‌وجوی مقالات در ابتدا به شیوه الکترونیکی و سپس به طریق دستی از میان مقالات چاپ شده در پایگاه‌های یاد شده انجام شد. معیارهای ورود به پژوهش برای مقالات انتخاب شده بدین شکل بود. در ابتدا به زبان انگلیسی یا فارسی باشد، متن کامل مقاله در دسترس باشد و در نشریات علمی-پژوهشی چاپ شده و در مورد بررسی والگوس پویا زانو در میان بازیکنان مرد رشته فوتبال پژوهش صورت گرفته باشد.

معیارهای خروج از پژوهش نیز شامل مطالعاتی بودند که والگوس دینامیک زانو بین بازیکنان مرد رشته فوتبال را بررسی نکرده و به بررسی برنامه‌های پیشگیری یا توان‌بخشی پرداخته بودند. همچنین جنسیت زن نیز از روند جست‌وجو خارج شد.

پس از جست‌وجو در پایگاه‌های یاد شده، تعداد پنجاه مقاله یافت شد که پس از بررسی عنوان و چکیده مطالعات، تعداد دوازده مقاله بر اساس متن کامل و همچنین حذف موارد تکراری، دقیق بررسی شد. حاصل جست‌وجوهای صورت گرفته بر اساس معیارهای ورود و خروج از پژوهش، درنهایت هفت مقاله در زمینه مورد بررسی شناسایی شد. چنانچه مقالات با معیارهای ورود و خروج هم‌خوانی داشت، از نتایج آن در مطالعه مروری استفاده و در غیر این صورت کنار گذاشته می‌شد (تصویر شماره ۱).

23. Dynamic knee alignment
24. Frontal plane knee excursion
25. Knee joint kinematics
26. Dynamic lower extremity valgus
27. Men football player/Men soccer player
28. Projection Angle

نتایج

نتایج حاصل از مطالعات پژوهشی در جدول شماره ۱ ارائه شده است. پس از تعیین کلیدواژه‌ها و معیارهای ورود و خروج برای بررسی مقالات و انجام غربالگری آن‌ها، درنهایت هفت مقاله برای بررسی در مطالعه حاضر گزارش شد. این مقالات مقالاتی بودند که در سال‌های اخیر انجام شده‌اند که به نظر می‌رسد اهمیت بررسی وضعیت والگوس پویا زانو در جمعیت‌های مردان در رشته ورزشی فوتبال اخیراً مورد توجه قرار گرفته است.

در جمعیت‌های زنان در رشته‌های مختلف، ازجمله فوتبال فراوانی بیشتری در خصوص بررسی وضعیت والگوس پویا زانو وجود دارد. یکی از دلایل اصلی آن ظهور بیشتر والگوس پویا زانو در زنان است که در مقالات مورد بررسی این مطالعه نیز گزارش شده است.

ابزار مورداستفاده در مقالات یافت‌شده بیشتر تجزیه‌وتحلیل‌های ویدئویی بوده که به دنبال اجرای یکی از تکالیف همچون پرش تاک که از تکالیف برای بررسی والگوس پویا زانو است، انجام شده است. یکی از مطالعات نیز از روش تجزیه‌وتحلیل پس از شبیه‌سازی دقایق مختلف بازی استفاده کرده است [۲۲]. همچنین مطالعه دیگری نیز از روش بررسی و تجزیه‌وتحلیل رادیوگرافی استفاده کرده است [۲۶].

با توجه به ماهیت و روش بازی رشته ورزشی فوتبال که شامل موقعیت‌های مختلف است، مهم‌ترین موقعیت‌هایی که برای مفصل زانو به‌عنوان موقعیت‌های آسیب‌زا معرفی می‌شوند، همچون تکل، پرش، بی‌تعادلی پس از زدن ضربه و فرود پس از پرش، وضعیت والگوس پویا زانو را به‌عنوان یک الگوی حرکتی غالب نشان دادند [۲۱]. همچنین پس از بررسی و شبیه‌سازی دقایق مختلف بازی نشان داده شد در دقایق صفر و شصت بازی و همچنین در دقایق ۱۰۵ بازی زاویه والگوس در بیشترین مقدار خود قرار داشت [۲۲].

جدول ۱. مشخصات مطالعات و نتایج حاصل از بررسی آن‌ها

رفرنس	عنوان	حجم نمونه	نتایج
دلا ویلا و همکاران (۲۰۲۰) [۲۱]	تجزیه و تحلیل کینماتیک ویدئویی سازوکار، موقعیت‌ها و الگوهای آسیب رباط متقاطع قدامی در مردان فوتبالیست حرفه‌ای	۱۳۴ فوتبالیست مرد حرفه‌ای	موقعیت‌های آسیب‌زا در سازوکارهای غیربرخوردی یا غیرمستقیم عبارت‌اند از: پرس، تکل، بی‌تعادلی بعد از ضربه و فرود پس از پرش. بار والگوس زانو الگوی غالب آسیب در این چهار موقعیت بود
دانشجو و محسنی (۲۰۱۹) [۲۲]	مقایسه پارامترهای کینماتیکی مفصل زانو هنگام فرود در دقایق مختلف بازی فوتبال	پانزده فوتبالیست جوان مرد	در دقیقه صفر و شصت بازی بیشترین زاویه والگوس اتفاق می‌افتد که احتمالاً دقایق ابتدایی دو نیمه خطرناک‌ترین زمان برای آسیب رباط متقاطع قدامی است، از طرفی خستگی با اثر گذاشتن بر کینماتیک پای برتر هنگام فرود در دقیقه ۱۰۵ بازی زانوی پای برتر را با افزایش والگوس زانو و خطر آسیب رباط متقاطع قدامی روبه‌رو می‌کند
گریگ (۲۰۱۹) [۲۳]	تغییرات هم‌زمان در قدرت اکسنتریک همسترینگ از کینماتیک مفصل زانو ناشی از خستگی ویژه فوتبال	ده فوتبالیست حرفه‌ای مرد	مشاهده عارضه واروس زانو در بازیکنان برتر فوتبال مردان به دلیل قرار گرفتن طولانی‌مدت در فعالیت‌های ویژه فوتبال، با پیامدهای خطر آسیب (حاد و مزمن) همراه است که این در تضاد با مقالات گسترده‌ای در مورد ورزشکاران زن است که والگوس زانو را به خطر آسیب مرتبط می‌دانند
راید و همکارن (۲۰۱۸) [۲۴]	کینماتیک فرود در بازیکنان فوتبال جوان نخبه مرد در سنین و مراحل مختلف از بلوغ	چهارصد فوتبالیست مرد حرفه‌ای بین ده تا هجده سال	کاهش زاویه والگوس زانو با افزایش سن و در مراحل آخر بلوغ نشان داد که این عامل خطر در بازیکنان جوان بیشتر است. همچنین عدم تقارن بین اندام‌ها ممکن است در دوران اوج رشد و اوایل نوجوانی ظاهر شده و به‌طور بالقوه خطر آسیب را افزایش دهد
جوهانسون و همکاران (۲۰۱۸) [۲۵]	تجزیه و تحلیل ویدئویی پارگی رباط متقاطع قدامی در فوتبالیست‌های مرد حرفه‌ای آمریکا	۱۵۶ مورد با پارگی رباط متقاطع قدامی	در این مطالعه دیده شد بیشتر پارگی‌های رباط متقاطع قدامی با سازوکار غیربرخوردی که با دیده شدن لحظه‌ای از والگوس پویا در زانو همراه بود
کولین و همکاران (۲۰۱۶) [۲۶]	چگونه راستای پا در فوتبالیست‌ها، سایر ورزشکاران و کسانی که ورزشکار نیستند، تفاوت دارد؟	صد دختر و پسر فوتبالیست (در حال رشد)	فعالیت‌های زیاد در ورزش، به‌ویژه فوتبال در پسرانی که در سنین رشد هستند، موجب افزایش واروس در زانو می‌شود (ولی برای دختران در این سنین صدق نمی‌کند و ممکن است به سمت والگوس پیش رود) و این یک عامل پیش‌بینی‌کننده آسیب‌هایی مثل آرتروز زانو است
والدن و همکاران (۲۰۱۵) [۲۷]	سه سازوکار اصلی در آسیب‌دیدگی رباط متقاطع قدامی بدون تماس در بازیکنان حرفه‌ای فوتبال مرد مشخص است. تجزیه و تحلیل کینماتیک ویدئویی	۳۹ فوتبالیست با آسیب پارگی رباط متقاطع قدامی	در یازده مورد والگوس زانو در ایجاد غیرمستقیم آسیب‌دیده می‌شد، اما آسیب مستقیم ناشی از والگوس فقط در سه مورد دیده شد

در مطالعه دیگری نیز عنوان شد که آسیب رباط متقاطع قدامی که بیشتر در موقعیت‌های غیربرخوردی رخ می‌دهد، زانو در الگوی حرکتی معیوب والگوس پویا بیش از حد قرار دارد [۲۵]. در سه مقاله نیز گزارش شد وضعیت واروس نسبت به والگوس در مردان بالغ فوتبالیست بیشتر رخ می‌دهد و وضعیت والگوس بیشتر در زنان مشاهده می‌شود. همچنین آن‌ها گزارش دادند که به دلیل وضعیت طولانی‌مدت در فوتبال، بازیکنان مرد فوتبالیست بیشتر به وضعیت واروس مبتلا خواهند شد تا به والگوس. همچنین وضعیت زاویه والگوس با افزایش سن، به‌ویژه در مراحل انتهایی بلوغ کمتر شده و فرد به سمت وضعیت واروس پیش می‌رود [۲۳، ۲۴، ۲۶]. در یک مطالعه نیز گزارش شد که وضعیت والگوس دینامیک زانو بیشتر به صورت غیرمستقیم در بروز آسیب نقش دارد. [۲۷].

بحث

با توجه به اهمیت موضوع و جایگاه رشته ورزشی فوتبال و نقش زانو در موفقیت و عملکرد بازیکنان فوتبال، تحقیقات زیادی بر روی مفصل زانو صورت گرفته، اما درباره زاویه والگوس پویا زانو که یکی از مهم‌ترین الگوهای آسیب‌زا در زانو و به‌ویژه در فوتبالیست‌ها است، مطالعات کمی انجام شده است. همان‌طور که در جدول شماره ۱ مشاهده می‌شود، پس از بررسی مطالعات صورت گرفته در خصوص والگوس پویا زانو در بازیکنان فوتبال، همه مطالعات به نقش والگوس پویا زانو در بروز آسیب‌های زانو به ویژه رباط متقاطع قدامی اشاره کرده‌اند. وقوع راستای والگوس بیش از حد زانو هنگام فعالیت‌های با تحمل وزن در میان بازیکنان فوتبال عامل خطرزا بسیار مهمی برای وقوع آسیب رباط متقاطع قدامی در نظر گرفته می‌شود.

در مطالعات بررسی شده، وضعیت‌های مختلفی همچون سازوکارهای مختلف هنگام بازی، دقایق مختلف بازی، سنین و جنسیت ورزشکاران و همچنین بررسی راستای زانو (واروس و والگوس) بررسی شده که در تمام موارد نقش راستای والگوس پویا زانو در بروز آسیب مشخص شده است.

در بررسی‌های انجام شده بر تحقیقاتی که با آسیب‌های فوتبال و وضعیت والگوس پویا در ارتباط بودند، انجام شده است، مشاهده شد که آسیب رباط متقاطع قدامی که شایع‌ترین آسیب بین فوتبالیست‌ها محسوب می‌شود، به‌ویژه فوتبالیست‌های زیر ۲۵ سال که از دو روش مستقیم و غیرمستقیم (غیربرخوردی) دچار آسیب‌دیدگی می‌شوند، بیشترین میزان آسیب (۸۸ درصد) مربوط به روش غیربرخوردی و غیرمستقیم هستند که بیشتر از طریق چهار سازوکار ممکن است رخ دهند که شامل موارد پرس، تکل، بی‌تعادلی بعد از ضربه به توپ و فرود پس از پرش هستند. در تحقیقات انجام شده بار والگوس از الگوهای غالب در این سازوکارها بود [۲۱]. برخی مطالعات نیز تأیید می‌کنند که آسیب‌دیدگی رباط متقاطع قدامی در اوایل خم شدن زانو با بارگذاری والگوس زانو رخ می‌دهد [۱۶].

بین دقایق صفر تا شصت بازی به دلیل خم شدن کم زانو میزان آسیب‌های رباط متقاطع قدامی افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد این امر به دلیل دمای پایین بدن و آماده نبودن کافی عضلات است که باعث کاهش خم شدن می‌شود و از طرفی هنگامی که خم شدن کمی در زانو وجود داشته باشد، باعث افزایش والگوس پویا می‌شود و درنتیجه خطر آسیب را در این بازه زمانی افزایش می‌دهد [۲۸].

از طرفی در دقایق آخر بازی هم خطر آسیب به دلیل افزایش زاویه والگوس احتمالاً افزایش می‌یابد که می‌تواند ناشی از خستگی باشد. به این صورت که خستگی عضلانی ظرفیت جذب شوک را تغییر می‌دهد که این امر می‌تواند فشار بیشتری به ساختارهای غیرفعال بدن وارد کند [۲۹]. همین‌طور در تحقیقاتی در زمینه خستگی و سازوکار فرود انجام شده است که در آنها مورفی[29] و دیکین[30] به صورت جداگانه اعلام کردند که خستگی تأثیر منفی روی کینماتیک فرود گذاشته و از این طریق احتمال آسیب را افزایش می‌دهد [۳۰، ۳۱].

پس از خستگی، افزایش زاویه والگوس زانو و کاهش زاویه خم شدن زانو به هنگام فرود رخ می‌دهد. همچنین افراد با محدودیت حرکت در صفحه سهمی[31] احتمال آسیب رباط متقاطع قدامی بیشتری داشته و به همین دلیل با افزایش زاویه والگوس زانو، افزایش اداکتور زانو، افزایش فعالیت نوار عصب[32] عضله پهن خارجی و همچنین کاهش انرژی جذب شده در زانو و ران روبه‌رو هستند [۳۲].

گزارش شده که روند خم شدن زانو هنگام بازی فوتبال یک مسیر صعودی را طی می‌کند و به این معنا است که دقایق ابتدایی هر نیمه کمترین میزان خم شدن زانو هنگام فرود رخ می‌دهد که در همین بازه‌های زمانی احتمال آسیب رباط متقاطع قدامی بیشتر است [۲۲]. با توجه به اینکه در دقایق صفر و شصت بازی والگوس پویا زانو در بیشترین مقدار خود بود، نشان می‌دهد که میان افزایش زاویه والگوس زانو و کاهش خم شدن زانو رابطه مستقیمی وجود دارد. بنابراین دقایق اولیه هر نیمه می‌تواند خطرناک‌ترین زمان‌ها برای بروز آسیب رباط متقاطع قدامی باشد.

همچنین خستگی توانسته بر کینماتیک زانوی پای برتر فرد هنگام فرود اثر بگذارد و در دقیقه ۱۰۵ بازی فرد را با افزایش والگوس زانو و افزای خطر آسیب رباط متقاطع قدامی روبه‌رو کند. به نظر می‌رسد پای غیربرتر بازیکنان فوتبال احتمال آسیب رباط رباط قدامی کمتری داشته باشد، زیرا در هیچ یک از بازه‌های زمانی والگوس زانو غالب نشده و همواره زاویه واروس زانو رخ داده [۲۲] و این موضوع می‌تواند احتمالاً نتیجه سازگاری‌های عصبیعضلانی پای غیربرتر باشد.

29. Murphy
30. Dickin
31. Sagittal plane
32. Electromyography (EMG)

در تحقیقاتی که مرتبط با سن فوتبالیست‌ها و زاویه والگوس انجام شده، نشان می‌دهد با افزایش سن و در دوره‌های آخر بلوغ زاویه والگوس کاهش پیدا می‌کند [۴]، یعنی والگوس زانو هنگام اجرای فرود در فوتبالیست‌های جوان نسبت به بازیکنان بالغ بیشتر بوده و با رسیدن به مراحل بالاتر بلوغ احتمال آسیب زانو کمتر است که علت آن را افزایش قدرت عضلات و ساختارهای بدن گزارش کرده‌اند [۲۴]. همچنین در تحقیقی نشان داده شده که آخرین سال‌های رشد با افزایش واروس زانو، به‌ویژه در پسران همراه است [۲۶].

تفاوت در مؤلفه‌های کینماتیک مفصل ران و زانو در والگوس پویا ممکن است موجب ظهور مشکلات مختلفی همراه با درد شود [۱۵]. حرکت بیش از حد زانو در صفحه پیشانی هنگام فعالیت‌های ورزشی عامل شناخته شده‌ای برای بسیاری از آسیب‌های حاد و مزمن زانو است [۱۶]. همچنین در مرحله کاهش شتاب و فرود در فعالیت‌ها می‌تواند عامل بسیاری از این آسیب‌ها به‌ویژه در زنان باشد [۱۷].

ورزشکاران زن بیشتر در معرض خطر آسیب غیربرخوردی رباط قدامی هستند [۳۳]. زنان بیومکانیک‌های متغیر در صفحه پیشانی داشتند که ممکن است آن‌ها را مستعد آسیب زانو کند [۳۴]. در ورزشکاران زن با آسیب رباط متقاطع قدامی، کاهش کنترل عصبی-عضلانی و افزایش بارگذاری والگوس پویا زانو خطر آسیب دوباره رباط متقاطع قدامی بیشتر می‌شود [۱۲].

والگوس پویا بیش از حد زانو، یک استراتژی حرکتی ضعیف است [۳۵] که احتمال آسیب غیربرخوردی رباط‌های زانو، به‌ویژه رباط متقاطع قدامی را افزایش می‌دهد [۳۵، ۳۶]. چرخش زانو در صفحه پیشانی هنگام فرود تا حدی به دامنه حرکتی موجود در ران و مچ پا نسبت داده شد که تجزیه‌وتحلیل حرکات پروگزیمال(نزدیک) و دیستال (دورتر) مفصل زانو نیز بایستی مدنظر گرفته شود [۱۶]. خارج شدن و چرخش بیرونی زانو ممکن است در صورت وجود والگوس پویا، به‌ویژه در موقعیت برای انگشت پا به خارج نیز بر روی برجستگی انتهایی[۳۳] استخوان ران تأثیر بگذارد که نهایتاً احتمال آسیب رباط متقاطع قدامی را افزایش می‌دهد [۳۶، ۳۷].

همچنین گزارش شده است که در افراد دچار آسیب و نقص رباط متقاطع قدامی، راستای معیوب در استخوان درشت نی و زانو شکل خواهد گرفت که درنهایت بر عملکرد تأثیر خواهد گذاشت و خطر ابتلا به آرتروز زانو[۳۴] را نیز افزایش خواهد داد [۳۸]. همچنین به نظر می‌رسد جابه‌جایی داخلی زانو هنگام انجام تکالیف چُنبَک زدن[۳۵] با افزایش فعال شدن ماهیچه نزدیک‌کننده یزرگ[۳۶] ران و افزایش فعال شدن عضلات دوقلو[۳۷] و درشت‌نی پیشین[۳۸] همراه است [۳۹]. هنگام فرود تک پا، ورزشکاران باید از وضعیت‌های چرخش شدید پا به بیرون خودداری کنند تا از بارگذاری روی زانو در ارتباط با خطرات آسیب غیربرخوردی رباط متقاطع قدامی به حداقل برسند [۴۰].

وضعیت سه بُعدی بدن بر تنش کلی در سیستم اسکلتی-عضلانی و درنهایت بر عملکرد تأثیر می‌گذارد [۴۱]. تغییرات بیومکانیکی ناشی از راستای والگوس پویا ممکن است بر بارهای وارده به مفصل، کارایی مکانیکی عضلات و حس عمقی و بازخورد از لگن و زانو تأثیر بگذارد و به تغییر عملکرد عصبی-عضلانی و کنترل اندام تحتانی منجر شود [۱۸].

کنترل نامناسب عصبی-عضلانی منجر به ناتوانی زانو در حفظ راستا و جذب کافی نیروی عکس‌العمل زمین در فعالیت‌های پویا می‌شود که باعث افزایش والگوس زانو، افزایش استرس روی رباط‌ها و منجر به آسیب آن‌ها می‌شود [۱۹].

نتیجه‌گیری نهایی

شناسایی سازوکارهای آسیب در زانو می‌تواند در پیشگیری یا توان‌بخشی بعد از آسیب‌دیدگی مفصل زانو کمک‌کننده باشد. از این رو، بررسی مطالعاتی که در این زمینه‌ها صورت گرفته است می‌تواند بیش از پیش به محققین و طراحان برنامه‌های پیشگیرانه کمک کند.

اهمیت زمان بازگشت به ورزش بعد از آسیب‌دیدگی، تقویت بدن و اصلاح راستای بدن، به‌ویژه مفصل زانو که احتمال وقوع آسیب را کاهش می‌دهند، در حال حاضر در میان بازیکنان و محققین جایگاه ویژه‌ای دارد، زیرا می‌تواند علاوه بر افزایش عملکرد و دوران فعالیت بازیکنان موجب کاهش هزینه‌ها و مشکلات روانی در بین بازیکنان نیز شود. بنابراین، با کسب اطلاعات از مطالعه حاضر و نمونه‌های مشابه می‌توان برنامه‌ریزی‌های دقیق‌تر و بهتری در زمینه طراحی تمرین‌های پیشگیرانه و توان‌بخشی صورت پذیرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

ماما در این مقاله رعایت شده است. شرکت کنندگان اجازه داشتند هر زمان که مایل بودند از پژوهش خارج شوند. همچنین همه شرکت کنندگان در جریان روند پژوهش بودند. اطلاعات آن ها محرمانه نگه داشته شد.

33. Condyle
34. Osteoarthritis
35. Squat
36. Adductor magnus muscle
37. Gastrocnemius
38. Tibialis anterior

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمانی‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از معاونت آموزشی و پژوهشی دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه گیلان تقدیر و تشکر می‌شود.

References

[1] Milanovic Z, Pantelic S, Covic N, Sporiš G, Krustrup P. Is recreational soccer effective for improving V˙O2max a systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2015; 45(9):1339-53. [DOI:10.1007/s40279-015-0361-4] [PMID] [PMCID]

[2] Blatter JS, Dvorak J. Football for health-Science proves that playing football on a regular basis contributes to the improvement of public health. Scand J Med Sci Sports 2014; 24(S 1):2-3. [DOI:10.1111/sms.12270] [PMID]

[3] Faude O, Rößler R, Junge A. Football injuries in children and adolescent players: Are there clues for prevention? Sports Med. 2013; 43(9):819-37. [DOI:10.1007/s40279-013-0061-x] [PMID]

[4] Merkel DL. Youth sport: Positive and negative impact on young athletes. Open Access J Sports Med. 2013; 4:151-60. [DOI:10.2147/OAJSM.S33556] [PMID] [PMCID]

[5] Shojadin S, Johari K, Sadaghi H. [The effect of the fatigue in lower extremity proximal and distal muscles on dynamic balance in male soccer players (Persian)]. J Exerc Sci Med. 2011; 2(2):65-80. https://jsmed.ut.ac.ir/article_24149.html

[6] Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). Am J Sports Med. 2011; 39(6):1226-32. [DOI:10.1177/0363546510395879] [PMID]

[7] Read P, Oliver JL, Croix MB, Myer GD, Lloyd RS. Injury risk factors in male youth soccer players. Strength Cond J. 2015; 37(5):1-7. [DOI:10.1519/SSC.0000000000000171]

[8] Gomes Neto M, Conceição CS, de Lima Brasileiro AJ, de Sousa CS, Carvalho VO, de Jesus FL. Effects of the FIFA 11 training program on injury prevention and performance in football players: A systematic review and meta-analysis. Clin Rehabil. 2017; 31(5):651-9. [DOI:10.1177/0269215516675906] [PMID]

[9] Rodriguez C, Echegoyen S, Aoyama T. The effects of "Prevent Injury and Enhance Performance Program" in a female soccer team. J Sports Med Phys Fitness. 2018; 58(5):659-63. [DOI:10.23736/S0022-4707.17.07024-4] [PMID]

[10] Swart E, Redler L, Fabricant P D, Mandelbaum B R, Ahmad C S, Wang YC. Prevention and screening programs for anterior cruciate ligament injuries in young athletes: A costeffectiveness analysis. J Bone Joint Surg Am. 2014; 96(9):705-11. [DOI:10.2106/JBJS.M.00560] [PMID] [PMCID]

[11] Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Reducing knee and anterior cruciate ligament injuries among female athletes: A systematic review of neuromuscular training interventions. J Knee Surg. 2005; 18(1):82-8. [DOI:10.1055/s-0030-1248163] [PMID]

[12] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt Jr RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. Am J Sports Med. 2005; 33(4):492-501. [DOI:10.1177/0363546504269591] [PMID]

[13] Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: A biomechanical perspective. J Orthop Sports Phys Ther. 2010; 40(2):42-51. [DOI:10.2519/jospt.2010.3337] [PMID]

[14] Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for physical rehabilitation. United States: Mosby; 2002. https://books.google.com/books/about/Kinesiology_of_the_Musculoskeletal_Syste.html?id=tOtqAAAAMAAJ

[15] Eric Schmidt, Marcie Harris-Hayes, Salsich GB. Dynamic knee valgus kinematics and their relationship to pain in women with patellofemoral pain compared to women with chronic hip joint pain. J Sport Health Sci. 2019; 8(5):486-93. [DOI:10.1016/j.jshs.2017.08.001] [PMID] [PMCID]

[16] Sigward S M, Ota S, Powers CM. Predictors of frontal plane knee excursion during a drop land in young female soccer players. J Orthop Sports Phys Ther. 2008; 38(11):661-7. [DOI:10.2519/jospt.2008.2695] [PMID]

[17] Shahheidari S, Norasteh A, Daneshmandi H. [The effect of a 3-week neuromuscular training program and its retention on the movement pattern of drop vertical jump in active girls with knee valgus (Persian)]. J Exerc Sci Med. 2018; 10(1):35-51. [DOI:10.22059/JSMED.2018.248543.868]

[18] Nguyen AD, Shultz SJ. Identifying relationships among lower extremity alignment characteristics. J Athl Train. 2009; 44(5):511-8. [DOI:10.4085/1062-6050-44.5.511] [PMID] [PMCID]

[19] Gerber LD, Papa EV, Kendall EA. Biomechanical differences in knee valgus angles in collegiate female athletes participating in different sports. Int J Kinesiol Sports Sci. 2019; 7(2):8-14. [DOI:10.7575/aiac.ijkss.v.7n.2p.8]

[20] Koga H, Nakamae A, Shima Y, Iwasa J, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: Knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. Am J Sports Med. 2010; 38(11):2218-25. [DOI:10.1177/0363546510373570] [PMID]

[21] Della Villa F, Buckthorpe M, Grassi A, Nabiuzzi A, Tosarelli F, Zaffagnini S, et al. Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): Injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. Br J Sports Med. 2020; 54(23):1423-32. [DOI:10.1136/bjsports-2019-101247] [PMID]

[22] Daneshjoo A, Mohseni M. [Comparing the knee joint kinematic parameters during landing at different minutes of soccer game (Persian)]. J Sport Biomech. 2019; 5(1):2-13. [DOI:10.32598/biomechanics.5.1.1]

[23] Greig M. Concurrent changes in eccentric hamstring strength and knee joint kinematics induced by soccer-specific fatigue. Phys Ther Sport. 2019; 37:21-6. [DOI:10.1016/j.ptsp.2019.02.003] [PMID]

[24] Read PJ, Oliver JL, De Ste Croix MB, Myer GD, Lloyd RS. Landing kinematics in elite male youth soccer players of different chronologic ages and stages of maturation. J Athl Train. 2018; 53(4):372-8. [DOI:10.4085/1062-6050-493-16] [PMID] [PMCID]

[25] Johnston JT, Mandelbaum BR, Schub D, Rodeo SA, Matava MJ, Silvers-Granelli HJ, et al. Video analysis of anterior cruciate ligament tears in professional American football athletes. Am J Sports Med. 2018; 46(4):862-8. [DOI:10.1177/0363546518756328] [PMID]

[26] Colyn W, Arnout N, Verhaar JA, Bellemans J. How does lower leg alignment differ between soccer players, other athletes, and non-athletic controls? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2016; 24(11):3619-26. [DOI:10.1007/s00167-016-4348-y] [PMID]

[27] Walden M, krosshaug T, Bjornboe J, Andersetn TE, Faul O, Hagguland M. Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: A systematic video analysis of 39 cases. Br J Sports Med. 2015; 49(22):1452-60. [DOI:10.1136/bjsports-2014-094573] [PMID] [PMCID]

[28] MMohr M, Krustrup P, Bangsbo J. Fatigue in soccer: A brief review. J Sports Sci. 2005; 23(6):593-9. [DOI:10.1080/02640410400021286] [PMID]

[29] Nordin M, Frankel VH. Basic biomechanics of the musculoskeletal system. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012. http://www.

gaitlab.ir/books/gaitlab_ref_29_NORDIN_Basic_Biomechanics_of_the_Musculoskeletal_System.pdf

[30] Dickin DC, Johann E, Wang H, Popp JK. Combined effects of drop height and fatigue on landing mechanics in active females. J Appl Biomech. 2015; 31(4):237-43. [DOI:10.1123/jab.2014-0190] [PMID]

[31] Murphy E. Abdominal fatigue and lower extremity kinematics during a drop landing in females [MSc. Thesis]. Bellingham WA: Western Washington University. 2015. https://cedar.wwu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1404&context=wwuet

[32] Rössler R, Junge A, Chomiak J, Dvorak J, Faude O. Soccerinjuries in players aged 7 to 12 years: A descriptive epidemiological study over 2 seasons. Am J Sports Med. 2016; 44(2):309-17. [DOI:10.1177/0363546515614816] [PMID]

[33] Numata H, Nakase J, Kitaoka K, Shima Y, Oshima T, Takata Y, et al. Two dimensional motion analysis of dynamic knee valgus identifies female high school athletes at risk of noncontact anterior cruciate ligament injury. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2017; 26(2):442-7. [DOI:10.1007/s00167-017-4681-9] [PMID]

[34] Nakagawa TH, Moriya ET, Maciel CD, Serrao AF. Frontal plane biomechanics in males and females with and without patellofemoral pain. Med Sci Sports Exerc. 2012; 44(9):1747-55. [DOI:10.1249/MSS.0b013e318256903a] [PMID]

[35] Hunnicutt JL, Jayanthi NA, Labib SA. Editorial Commentary: Considering fatigue when assessing athletes for dynamic knee valgus: Is this the next big step in identifying anterior cruciate ligament injury risk? Arthroscopy. 2020; 36(1):223-4. [DOI:10.1016/j.arthro.2019.10.002] [PMID]

[36] Mueske N, Feifer DT, VandenBerg C, Pace JL, Katzel MJ, Zaslow T, et al. Effect of static anatomic alignment on dynamic limb valgus during side-step cutting in uninjured adolescent athletes. Orthop J Sports Med. 2019; 7(3). [DOI:10.1177/2325967119S00028] [PMCID]

[37] Ishida T, Yamanaka M, Takeda N, Aoki Y. Knee rotation associated with dynamic knee valgus and toe direction. Knee. 2014; 21(2):563-6. [DOI:10.1016/j.knee.2012.12.002] [PMID]

[38] Agostinone P, Di Paolo S, Grassi A, Pinelli E, Bontempi M, Bragonzoni L, et al. ACL deficiency influences mediolateral tibial alignment and knee varus-valgus during in vivo activities. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2021; 29(2):389-97. [DOI:10.1007/s00167-020-05979-6] [PMID]

[39] Padua DA, Bell DR, Clark MA. Neuromuscular characteristics of individuals displaying excessive medial knee displacement. J Athl Train. 2012; 47(5):525-36. [DOI:10.4085/1062-6050-47.5.10] [PMID] [PMCID]

[40] Teng PS, Kong PW, Leong KF. Effects of foot rotation positions on knee valgus during single-leg drop landing: Implications for ACL injury risk reduction. Knee. 2017; 24(3):547-54. [DOI:10.1016/j.knee.2017.01.014] [PMID]

[41] Dischiavi SL, Wright AA, Hegedus EJ, Bleakley CM. Rethinking dynamic knee valgus and its relation to knee injury: Normal movement requiring control, not avoidance. J Orthop Sports Phys Ther. 2019; 49(4):216-8. [DOI:10.2519/jospt.2019.0606] [PMID]