Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

May and June 2023. Volume 12. Num 2

Review Paper

The Role of Dynamic Knee Valgus in Occurrence of Knee Injuries: A Review Study

Ali Asghar Norasteh[1], ***Milad Fadaei Dehcheshmeh**[2], **Amir Shamlou Kazemi**[2]

1. Department of Physiotherapy, Faculty of Medicine, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran.
2. Department of Sport Injuries & 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 Norasteh AA, Fadaei Dehcheshmeh M, Shamlou Kazemi A. [The Role of Dynamic Knee Valgus in Common Knee Injuries: A Review of Literature (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2023; 12(2):186-201. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.2.10

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.2.10

CC BY NC

ABSTRACT

Background and Aims Dynamic knee valgus, as a poor movement pattern, may increase the risk of injury in the knee joint. This condition, which is related to a deviation in the lower limb alignment, can cause serious damage to the knee joint during tasks such as jump-landing, especially when bearing weight. The present study aims to investigate the role of dynamic knee valgus (DKV) in occurrence of knee injuries.

Methods This is a review study. A search was conducted for the related articles published in English or Persian using the keywords: Dynamic knee alignment, dynamic knee valgus, knee joint kinematics, medial collapse, medial knee displacement, frontal plane knee excursion, projection angle, dynamic lower extremity valgus and knee injury in Science Direct, Scopus, PEDro, Google Scholar, PubMed, SID, ISC, Medlib, MagIran and IranDoc databases published from 2005 to May 2021. Initial search yielded 230 articles. After examining their full texts, 67 related articles were remained. Finally, 34 articles in the field of the role of DKV in occurrence of common knee injuries were selected for the review.

Results Most of the studies were conducted on women and young people (aged 16-25 years). The DKV cause knee injuries such as anterior cruciate ligament injury (21 studies), patellofemoral pain syndrome (7 studies), tibiofemoral osteoarthritis (4 studies) and patellofemoral osteoarthritis (one study) as well as other cases such as osteoarthritis of the inner knee, chronic pain injuries in the hip and knee joints, and cartilage injuries.

Conclusion DKV, as a poor movement pattern, put a person at risk of lower limb injuries. Muscle imbalance, muscle weakness, and impairment in the static alignment and its effect on dynamic alignment are among the most important mechanisms of DKV. Due to the structural and biomechanical characteristics, the most injuries caused by DKV occur in women.

Keywords Lower extremity, Static aignment, Dynamic alignment, Knee displacement, Projection angle, Dynamic knee valgus

Received: 12 Jun 2021
Accepted: 16 Jun 2021
Available Online: 21 May 2023

Corresponding Author:
Milad Fadaei Dehcheshmeh, PhD.
Address: Department of Sport Injuries & Corrective Exercise, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Guilan, Rasht, Iran.
Tel: +98 (913) 8683688
E-Mail: mladfadaei71@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

The increased risk of knee joint injury may be related to the deviation in the alignment of the lower limbs [1]. One of the lower limb malalignments is knee valgus [2, 3]. Dynamic knee valgus (DKV) is a risk factor for knee injuries [4, 5]. It occurs in both frontal plane (hip adduction, knee abduction, and ankle eversion) and horizontal plane (internal rotation of the femur and internal/external rotation of the tibia) [2-4, 6]. The DKV is related to various factors such as range of motion, muscle strength and activity, and bone alignment [7]. The difference in the kinematic components of the hip and knee joints in this condition may explain the emergence of various problems associated with pain in people with movement impairments [8]. During Durdeceleration and landing , it can cause many injuries, especially in women [7]. Biomechanical changes caused by abnormal alignment may affect joint loads, mechanical efficiency of muscles, and proprioceptive feedback from the hip and knee, and lead to change in neuromuscular function and lower limb control [10]. Improper neuromuscular control leads to the inability of the knee to maintain alignment and absorb enough ground reaction force during dynamic activities, which increases knee valgus and stress on ligaments, and leads to their damage [4]. It is believed that excessive movement of the lower limbs in the frontal plane during sports activities is the cause of many injuries, especially in the knee joint [9]. There is no comprehensive study to determine the exact role of DKV in the prevalence of knee injuries. Therefore, the present study aims to determine the role of DKV in occurrence of knee injuries.

Materials and Methods

In the present study, a search was conducted for related studies published from 2005 to May 2021 in databases such as Science Direct, Scopus, PEDro, Google Scholar, PubMed, SID, ISC, Medlib, MagIran and IranDoc using the keywords: Dynamic knee alignment, dynamic knee valgus, knee joint kinematics, medial collapse, medial knee displacement, frontal plane knee excursion, projection angle, dynamic lower extremity valgus, knee injury. Initial search yielded 230 articles. After examining their titles and abstracts, 67 articles in field of the role of DKV in common knee injuries were found by reading their full texts and removing duplicates. Based on the inclusion and exclusion criteria, 34 articles were finally selected for the review.

Results

Most of studies about the possibility of knee injury due to having DKV were reported the anterior cruciate ligament (ACL) injury. People with DKV, especially during jump-landing task, put more pressure on their ACL and their neuromuscular control is impaired, which can be a cause of knee injury. Muscle activity in a proper position, compared to DKV or knee varus, reduces the possibility of injury. Other common injuries caused by DKV included patellofemoral pain syndrome and tibiofemoral osteoarthritis.

Conclusion

Among all the reported injuries caused by DKV, the most common injury was ACL injury. This may be due to the popularity of research in the field of ACL. Dynamic knee valgus is a poor movement pattern [43], which increases the likelihood of non-contact injuries in the knee ligaments, especially the ACL [4, 39, 43]. Various mechanisms have been reported for this disorder, including muscle imbalance, muscle weakness, disorder in static alignment, and effect on dynamic alignment. ACL injury, patellofemoral pain syndrome, and tibiofemoral and patellofemoral osteoarthritis are among the most important and common injuries caused by DKV. According to the structural and biomechanical characteristics of women, the most injuries were found in women due to the greater degree of dynamic valgus, considering that most of studies have been conducted on women. A proper understanding of how the trunk and pelvis rotate on the femur may provide new strategies for assessment and prevention or treatment measures for the lower limbs. Screening with the aim of detecting possible injuries and better neuromuscular control is recommended to correct this situation.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

There were no ethical principles to be considered in this research.

Funding

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

Authors' contributions

The authors contributed equally to preparing this paper.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the research and educational officials of Gilan University and the Faculty of Physical Education and Sports Sciences.

مقاله مروری

نقش والگوس داینامیک زانو در آسیب‌های شایع زانو: مروری بر مطالعات

علی‌اصغر نورسته[۱]، *میلاد فدایی ده‌چشمه[۲]، امیر شاملو کاظمی[۲]

۱. گروه فیزیوتراپی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران.

۲. گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Norasteh AA, Fadaei Dehcheshmeh M, Shamlou Kazemi A. [The Role of Dynamic Knee Valgus in common knee injuries: A Review of Literature (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2023; 12(2):186-201. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.2.10

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.2.10

CC BY

چکیده

مقدمه و اهداف والگوس دینامیک بیش از حد زانو که به‌عنوان یک الگوی حرکتی معیوب شناخته می‌شود، ممکن است خطر آسیب‌دیدگی در مفصل زانو را افزایش دهد. این وضعیت که مربوط به انحراف در راستای اندام تحتانی می‌باشد، در هنگام تکالیفی همچون پرش و فرود به‌ویژه در هنگام تحمل وزن، ممکن است آسیب‌های جدی را به مفصل زانو وارد کند. بنابراین هدف از مطالعه حاضر، بررسی نقش والگوس داینامیک زانو در آسیب‌های شایع زانو می‌باشد.

مواد و روش‌ها در این پژوهش، مرور جامعی بر تحقیقات چاپ‌شده با در نظر گرفتن کلیدواژه‌های تخصصی انگلیسی و فارسی شامل Dynamic Knee Alignment، Dynamic Knee Valgus، Knee Joint Kinematics، Medial Collapse، Medial Knee Displacement، Frontal Plane Knee Excursion ،Projection Angle، Dynamic Lower Extremity Valgus، Knee Injury، والگوس داینامیک زانو، راستای داینامیک اندام تحتانی، زاویه پروجکشن، حرکت زانو در صفحه فرونتال و آسیب‌های زانو در پایگاه‌های تخصصی انگلیسی و فارسی مگیران، مدلیب، آی‌اس‌سی، پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، پابمد، گوگل‌اسکالر، پدرو، اسکوپوس، ساینس دایرکت و ایرانداک و بین سال‌های ۲۰۰۵ الی ماه می ۲۰۲۱ (۱۳۸۴ الی اردیبهشت ۱۴۰۰) جست‌وجو شدند. تحقیقات در دو زبان انگلیسی و فارسی و با هدف گزارشات آسیب‌های زانو ناشی از والگوس دینامیک زانو مورد بررسی محققین قرار گرفتند. ابتدا چکیده ۲۳۰ مقاله و سپس متن کامل ۶۷ مقاله مرتبط با موضوع، مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت ۳۴ مقاله درزمینه مورد بررسی با در نظر گرفتن ارتباط و نقش والگوس داینامیک زانو با آسیب‌های شایع زانو تأیید شدند.

یافته‌ها باتوجه‌به یافته‌های حاصل از تحقیقات، بیشتر مطالعات در جامعه زنان و در رده سنی جوانان (در محدوده سنی ۱۶ تا ۲۵ سال) صورت گرفته بود. براساس یافته‌ها درزمینه نقش والگوس داینامیک زانو در آسیب‌های شایع زانو، الگوی حرکتی والگوس داینامیک، فرد را مستعد آسیب‌های شایع زانو همچون آسیب‌های لیگامانی به‌ویژه لیگامنت متقاطع قدامی (۲۱ تحقیق)، سندرم درد پاتلوفمورال (۷ تحقیق)، استئوآرتریت تیبیوفمورال (۴ تحقیق) و پاتلوفمورال (۱ تحقیق)، و در مواردی نیز استئوآرتریت بخش داخلی زانو، آسیب‌های درد مزمن مفاصل ران و زانو، و درد تیبیوفمورال و همچنین آسیب‌های غضروفی می‌کند.

نتیجه‌گیری والگوس داینامیک زانو به‌عنوان یک الگوی حرکتی معیوب، افراد مبتلا را مستعد آسیب‌های اندام تحتانی می‌کند. عدم تعادل عضلانی، ضعف عضلات و اختلال در راستای استاتیک و تأثیر آن بر راستای داینامیک از مهم‌ترین سازوکارهای آسیب می‌باشند. همچنین به‌دلیل ویژگی‌های ساختاری و بیومکانیکی، بیشترین آسیب‌ها باتوجه‌به افزایش والگوس داینامیک در زنان گزارش شده است.

کلیدواژه‌ها اندام تحتانی، راستای استاتیک و داینامیک، جابه‌جایی زانو در صفحه فرونتال، زاویه پروجکشن، داینامیک زانو

تاریخ دریافت: ۲۲ خرداد ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۲۶ خرداد ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۱۱ اردیبهشت ۱۴۰۲

* **نویسنده مسئول:**

دکتر میلاد فدایی ده‌چشمه

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

تلفن: ۸۶۸۳۶۸۸ (۹۱۳) ۹۸+

رایانامه: miladfadaei71@gmail.com

مقدمه

افزایش خطر آسیب‌دیدگی در مفصل زانو ممکن است مربوط به انحراف در راستای اندام تحتانی باشد [۱]. یکی از الگوهای غلط اندام تحتانی، والگوس زانو[1] یا والگوس اندام تحتانی[2] می‌باشد [۲، ۳]؛ والگوس دینامیک زانو، در ۳ صفحه حرکتی رخ می‌دهد و شامل چرخش داخلی[3]، اداکشن[4] استخوان ران و افت همزمان لگن طرف مقابل می‌باشد [۱]. والگوس دینامیک زانو (ابداکشن زانو–حرکات زانو در صفحه فرونتال[5]، به‌عنوان کینماتیک تغییریافته ران، زانو و مچ پا نیز یاد می‌شود که یک عامل خطر برای آسیب‌دیدگی لیگامان‌های زانو می‌باشد [۴، ۵]، نه تنها به‌عنوان حرکت در صفحه فرونتال (اداکشن ران، ابداکشن زانو و اورژن[6] مچ پا) بلکه به‌عنوان حرکت در صفحه هوریزنتال[7] (چرخش داخلی استخوان ران و چرخش داخلی یا خارجی درشت‌نی) نیز در نظر گرفته می‌شود [۲-۴، ۶].

در مورد جهت چرخش درشت‌نی در هنگام والگوس دینامیک زانو، اجماع نظر وجود ندارد. چرخش درشت‌نی به‌طور قابل‌توجهی توسط کینماتیک مچ پا تأثیر می‌پذیرد. اورژن مچ پا منجر به چرخش داخلی درشت‌نی می‌شود. همچنین چرخش داخلی و خارجی پا نیز از لحاظ نظری منجر به چرخش داخلی و خارجی درشت‌نی توسط مفصل مچ پا می‌شود [۶]. والگوس دینامیک زانو با عوامل مختلفی مانند دامنه حرکتی، قدرت و فعالیت عضلانی و راستای استخوانی در ارتباط است [۷].

تفاوت در مؤلفه‌های کینماتیک مفصل ران و زانو در چنین وضعیتی، ممکن است ظهور مشکلات مختلف همراه با درد در افرادی که دارای نقص حرکتی هستند، را توضیح دهد [۸]. در حالت کلی، والگوس دینامیک زانو هنگام اجرای آزمون، معمولاً به‌صورت وضعیت بدنی[8] زانوی ضربدری[9]، در زمان کاهش شتاب و فرود پدیدار می‌شود [۷]. حرکت بیش ازحد زانو در صفحه فرونتال حین فعالیت‌های ورزشی عامل شناخته‌شده‌ای برای بسیاری از آسیب‌های حاد و مزمن زانو است [۹]. همچنین در مرحله کاهش شتاب و فرود در فعالیت‌ها می‌تواند عامل بسیاری از این آسیب‌ها به‌ویژه در زنان باشد [۷]. تغییرات بیومکانیکی ناشی از راستای غیرطبیعی ممکن است بر بارهای وارده به مفصل، کارایی مکانیکی عضلات و حس عمقی و بازخورد از لگن و زانو تأثیر گذارد و منجر به تغییر عملکرد عصبی عضلانی و کنترل اندام تحتانی شود [۱۰]. کنترل نامناسب عصبی عضلانی منجر به ناتوانی زانو در حفظ راستا و جذب کافی نیروی عکس‌العمل زمین در طی فعالیت‌های دینامیک می‌شود که باعث افزایش والگوس زانو، افزایش استرس بر روی لیگامنت‌ها و منجر به آسیب آن‌ها می‌شود [۴]. عدم تعادل عضلانی در ساق پا شامل سفتی[10] عضلات سر خارجی دوقلو و نعلی و عضلات نازک‌نئی ممکن است به ابداکشن و چرخش خارجی درشت‌نی و همچنین افزایش حرکت زانو به سمت داخل و ایجاد والگوس دینامیک زانو منجر شود. همچنین ضعف عضلات سر داخلی دوقلو، درشت‌نی قدامی و درشت‌نی خلفی ممکن است توانایی کنترل حرکات پرونیشن[11] پا و والگوس زانو را کاهش دهد و منجر به افزایش والگوس دینامیک زانو شود [۱۱].

از تکالیف پرش–فرود و همچنین اسکوات تک‌پا[12] (تعیین زاویه سطح فرونتال زانو) برای کسب داده‌های بیومکانیک زانو و مربوط به اندازه‌گیری والگوس دینامیک زانو استفاده شده است [۳، ۴]. تصور می‌شود حرکت بیش از حد اندام تحتانی در صفحه فرونتال در طول فعالیت‌های ورزشی، عامل بسیاری از آسیب‌ها به‌ویژه در مفصل زانو باشد [۹]. این وضعیت آسیب‌زا می‌تواند باعث افزایش بار بر روی دیگر ساختارهای لیگامانی شود که خود ناشی از ضعف عضلانی یا کنترل نامناسب عصبی عضلانی است [۴]. کاهش فلکشن و افزایش والگوس زانو، چرخش درشت‌نی، اداکشن و چرخش داخلی ران در حین فرود و مانورهای برش معمولاً موجب آسیب‌دیدگی لیگامان‌ها می‌شود و می‌تواند استرس بر لیگامان‌ها را افزایش دهد [۵].

تغییرات در وضعیت بدنی اندام تحتانی می‌تواند باعث افزایش بارهای وارده بر مفاصل اندام تحتانی همراه با کاهش فلکشن زانو، افزایش چرخش داخلی ران و افزایش والگوس زانو شود [۵]. گزارشات موردی وجود دارند مبنی‌بر اینکه افزایش حرکت در والگوس دینامیک زانو در طول فعالیت‌های دینامیک (افزایش راستای رو به داخل زانو در حین فعالیت‌های عملکردی همچون فرود، دویدن و غیره) می‌تواند با افزایش آسیب‌های اندام تحتانی همراه باشد که ممکن است باعث فشارهای بیش از حد در مفصل زانو و یا مفصل ران شود [۲، ۵، ۸، ۱۲]. همچنین برخی مطالعات مروری همچون دیکس و همکاران به بررسی قدرت عضلات ران و ارتباط با والگوس دینامیک زانو پرداختند که درنهایت به نتایج متناقضی درخصوص نقش عضلات در تشدید والگوس دینامیک دست پیدا کردند و نقش عضلات را متناسب با تکلیف دانستند و در مطالعه آن‌ها گزارشی درخصوص آسیب‌های زانو ارائه نشد [۲]؛ یا رابلو و لوکارلی[13] به بررسی نقش ضعف عضلات و والگوس دینامیک در افراد مبتلا به درد پاتلوفمورال پرداختند. آن‌ها به نتیجه روشنی درخصوص علت ابتلا و یا تشدید در این افراد دست

1. Knee Valgus
2. Lower Extremity Valgus
3. Internal Rotation
4. Adduction
5. Frontal Plane
6. Eversion
7. Horizontal Plane
8. Posture
9. Genu Valgum
10. Tightness
11. Pronation
12. Single-Leg Squat
13. Rabelo & Lucareli

نیافتند. آن‌ها توصیه کردند مطالعات بیشتر در این زمینه و به‌ویژه علل مکانیکی درد پاتلوفمورال صورت گیرد [۱۳].

ساکی و همکاران به بررسی عوامل خطرآفرین بیومکانیکی و عصبی عضلانی مرتبط با آسیب لیگامنت متقاطع قدامی در زنان ورزشکار پرداختند. در مطالعه مروری آن‌ها تنها به آسیب لیگامنت متقاطع قدامی پرداخته شد و سایر آسیب‌های زانو مرتبط با والگوس دینامیک زانو گزارش نشد [۱۴]. آنچه تاکنون به وضوح روشن نشده و یا به‌صورت یکپارچه و به‌طور جامع به این مسئله پرداخته نشده است تا به سایر محققین تصویر روشنی ارائه دهد، تعیین نقش دقیق والگوس دینامیک در شیوع آسیب‌های زانو در یک گزارش می‌باشد. ازاین‌رو، پژوهشگران حاضر سعی کردند تا با جمع‌آوری پژوهش‌های مرتبط با این موضوع، به این سؤال پاسخ دهند یا تصویر روشن‌تری از این مسئله ارائه دهند.

همچنین می‌توان میزان شیوع هریک از آسیب‌های زانو مرتبط با این اختلال در راستای طبیعی بدن را باتوجه‌به نتایج سایر پژوهش‌ها تعیین کرد. گروه‌های هدف می‌توانند با استفاده از این نتایج، طراحی دقیق‌تری برای برنامه‌های تمرینی خود داشته باشند، تا از بروز این آسیب‌ها پیشگیری کنند.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، تحقیقات منتشرشده بین سال‌های ۲۰۰۵ الی ماه می ۲۰۲۱ (۱۳۸۴ الی اردیبهشت ۱۴۰۰) که برای بررسی نقش والگوس دینامیک زانو در آسیب‌های شایع آن انجام شده بودند، جست‌وجو شدند. در این مطالعه، جست‌وجو مقالات مرتبط با در نظر گرفتن کلیدواژه‌های تخصصی انگلیسی و فارسی شامل: Dynamic Knee Alignment، Dynamic Knee Valgus، Knee Joint Kinematics، Medial Collapse،Medial Knee Displacement،Frontal Plane Knee Excursion،Projection Angle ، Dynamic Lower Extremity Valgus، Knee Injury، والگوس دینامیک زانو، راستای دینامیک اندام تحتانی، زاویه پروجکشن، حرکت زانو در صفحه فرونتال و آسیب‌های زانو در پایگاه‌های تخصصی انگلیسی و فارسی مگیران[۱۴]، مدلیب[۱۵]، مؤسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام[۱۶]، پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی[۱۷]، پابمد[۱۸]، گوگل‌اسکالر[۱۹]، پدرو[۲۰]، اسکوپوس[۲۱]، ساینس دایرکت[۲۲] و ایرانداک[۲۳] انجام شد.

جست‌وجو مقالات در ابتدا به شیوه‌های الکترونیکی و سپس به طریق دستی از میان مقالات چاپ‌شده در پایگاه‌های یادشده انجام شد. معیار ورود به پژوهش برای مقالات انتخاب‌شده بدین شرح است:

- به زبان انگلیسی و یا فارسی باشند؛
- حداقل در نشریات علمی پژوهشی چاپ شده باشند؛
- در مورد نقش والگوس دینامیک زانو در آسیب‌های زانو پژوهش صورت گرفته باشد.

همچنین جامعه آماری مطالعات نیز شامل افراد سالم و بدون آسیب و یا با آسیب‌دیدگی‌های اندام تحتانی باشند و همچنین در مواردی نیز به صورتی شبیه‌سازی‌شده بر روی زانو اجساد، آزمایشات انجام شده است. معیار خروج از پژوهش نیز شامل مطالعاتی بود که نقش والگوس دینامیک زانو در آسیب‌های زانو را بررسی نکرده باشند و به بررسی برنامه‌های پیشگیری و یا توان‌بخشی و درمان آسیب‌های زانو پرداخته باشند.

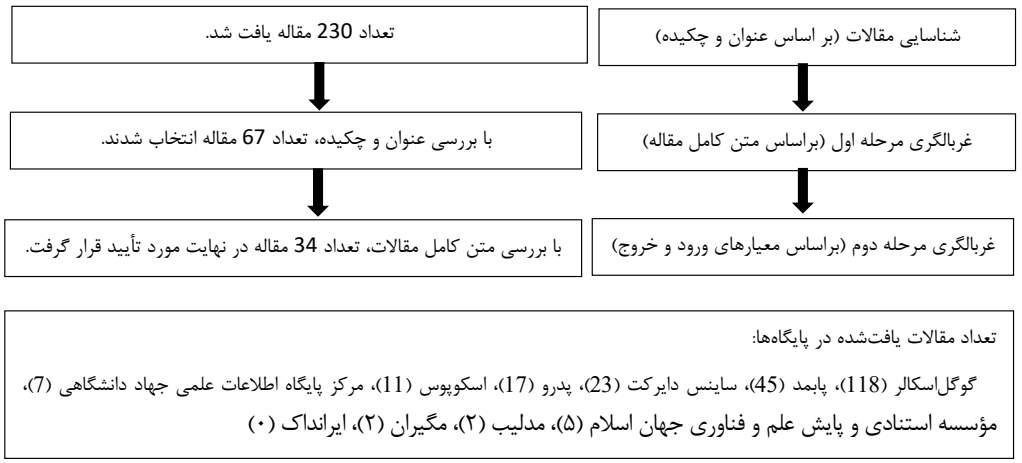
پس از جست‌وجو در پایگاه‌های گفته‌شده، تعداد ۲۳۰ مقاله درخصوص والگوس دینامیک زانو یافت شد که پس از بررسی عنوان و چکیده مطالعات، تعداد ۶۷ مقاله بر اساس متن کامل و همچنین حذف موارد تکراری، درزمینه ارتباط و نقش والگوس دینامیک با آسیب‌های شایع در زانو مورد بررسی دقیق قرار گرفت. حاصل جست‌وجوهای صورت‌گرفته براساس معیارهای ورود و خروج از پژوهش درنهایت شناسایی ۳۴ مقاله درزمینه مورد بررسی بود. چنان‌چه مقالات با معیار ورود و خروج هم‌خوانی داشتند، از نتایج آن در مطالعه مروری استفاده و در غیر این صورت کنار گذاشته می‌شد.

یافته‌ها

نتایج حاصل از مطالعات پژوهشی در جدول شماره ۱ ارائه شده است. هدف از مطالعه حاضر، بررسی تحقیقات به چاپ‌رسیده درزمینه نقش والگوس دینامیک زانو در آسیب‌های شایع زانو و همچنین ارائه یک جمع‌بندی مناسب از نتایج تحقیقات پیشین بود. در این راستا جست‌وجوی مقالات در پایگاه‌های تخصصی صورت گرفت و سپس ۳۴ مقاله مرتبط که براساس معیارهای ورود و خروج انتخاب شدند، تجزیه‌وتحلیل شدند (تصویر شماره ۱).

باتوجه‌به یافته‌های حاصل از تحقیقات پژوهشی (مجموع ۳۴ تحقیق) (جدول شماره ۱)، الگو حرکتی والگوس دینامیک زانو، فرد را مستعد آسیب‌های زانو همچون آسیب‌های لیگامانی به‌ویژه لیگامنت متقاطع قدامی (۲۱ تحقیق) [۴-۶، ۱۴-۱۷، ۱۹-۲۱، ۲۳، ۲۴، ۲۶، ۲۷، ۳۰، ۳۳-۳۵، ۳۸، ۳۹، ۴۱]، سندرم درد پاتلوفمورال (۷ تحقیق) [۸، ۲۱، ۲۴، ۲۵، ۳۱، ۳۲، ۳۷]، استئوآرتریت تیبیوفمورال (۴ تحقیق) [۱۸، ۲۲، ۲۸، ۲۹]،

14. Magiran
15. Medlib
16. Islamic World Science & Technology Monitoring and Citation Institute (ISC)
17. Scientific Information Database (SID)
18. PubMed
19. Google Scholar
20. Pedro
21. Scopus
22. Science Direct
23. IranDoc



تصویر ۱. روند انتخاب مقالات

طب توانبخشی

استئوآرتریت پاتلوفمورال (۱ تحقیق) [۳]، استئوآرتریت بخش داخلی زانو (۱ تحقیق) [۳۶]، آسیب‌های درد مزمن مفاصل ران و زانو (۱ تحقیق) [۴۰]، و درد تیبیوفمورال (۱ تحقیق) [۴۲] و همچنین آسیب‌های غضروفی (۱ تحقیق) [۲۸] می‌کند.

همچنین ۱۵ تحقیق در جامعه زنان (۲۴۹۲ نفر)، ۱۴ تحقیق در جامعه زنان و مردان (۴۵۲۲ نفر زن و ۳۵۳۶ نفر مرد) و ۳ تحقیق در جامعه مردان (۶۵ نفر) صورت گرفته است. بیشتر تحقیقات در رده سنی جوانان (۱۸ تا ۳۰)، سپس در رده سنی نوجوانان (۸ تا ۱۵ سال) و تعدادی نیز در رده سنی بالای ۵۶ سال (۵۶ تا ۸۳ سال) صورت گرفته است. همچنین جامعه هدف پژوهش‌ها بیشتر افراد فعال (ورزش انفرادی و تفریحی و یا ورزش دانشگاهی) بودند که در این میان ورزش بسکتبال زنان نیز انحراف بیشتری در راستای زانو در صفحه فرونتال داشتند.

بیشترین گزارشات در مورد آسیب و یا احتمال وقوع آسیب در وضعیت‌های والگوس دینامیک زانو مربوط به آسیب لیگامنت متقاطع قدامی می‌باشد. افراد با وضعیت والگوس دینامیک زانو به‌ویژه در تکالیفی همچون پرش–فرود، فشار بیشتری به لیگامنت متقاطع قدامی خود وارد می‌کنند. در برخی مطالعات نیز گزارش شده که بعد از آسیب لیگامنت متقاطع قدامی، بروز وضعیت والگوس دینامیک فشار را بر روی این لیگامنت ترمیم‌شده بیشتر کرده است و درنهایت فرد مستعد آسیب مجدد می‌شود. به دنبال این وضعیت‌ها، کنترل عصبی‌عضلانی نیز مختل می‌شود که خود می‌تواند عاملی برای بروز آسیب باشد. همچنین فعالیت عضلانی در وضعیت راستای نرمال نسبت به وضعیت‌های والگوس دینامیک و یا واروس، موجب کاهش احتمال آسیب می‌شود. از دیگر موارد آسیب‌های شایع ناشی از وضعیت والگوس دینامیک نیز می‌توان به سندرم درد پاتلوفمورال و استئوآرتریت تیبیوفمورال نیز اشاره کرد که طبق گزارشات این وضعیت موجب افزایش درد پاتلوفمورال و همچنین پیشرفت استئوآرتریت می‌شود.

بحث

آسیب‌های لیگامانی و سازوکار مرتبط با والگوس دینامیک زانو

از میان تمامی آسیب‌های گزارش‌شده که با والگوس دینامیک زانو ارتباط دارند، آسیب‌های لیگامانی به‌ویژه آسیب لیگامنت متقاطع قدامی و یا افزایش خطر آسیب آن، درصد قابل توجهی از این موارد را به خود اختصاص داده است. در مورد علت این امر می‌توان به این نکته اشاره کرد که باتوجه‌به محبوبیت پژوهش درزمینه لیگامنت متقاطع قدامی، توجهات به آسیب‌شناختی نیز بیشتر می‌شود و طبیعی به نظر می‌رسد که تعداد تحقیقات بیشتری نیز در ارتباط با این آسیب صورت گرفته باشد. والگوس دینامیک بیش از حد زانو، یک استراتژی حرکتی ضعیف است [۴۳] که احتمال آسیب غیر برخوردی لیگامان‌های زانو به‌ویژه لیگامنت متقاطع قدامی را افزایش می‌دهد [۴، ۳۹، ۴۳]. راستای استاتیک زانو ممکن است به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده مشکلات احتمالی که در حین حرکت رخ می‌دهد، مورد توجه قرار گیرد [۲۷]. دیسچیاوی در گزارشی عنوان کرد که والگوس دینامیک زانو یک حرکت ۳ صفحه‌ای است که برای مدیریت نیروهای عکس‌العمل زمین استفاده می‌شود و باید به‌عنوان یک حرکتی طبیعی که نیاز به کنترل دارد، به جای پیشگیری درک شود [۱].

ورزشکاران زن بیشتر در معرض خطر آسیب غیر برخوردی لیگامنت متقاطع قدامی هستند [۳۵]. زنان بیومکانیک‌های متغیر در صفحه فرونتال داشتند که ممکن است آن‌ها را مستعد آسیب زانو کند [۲۵]. در ورزشکاران زن با آسیب لیگامنت متقاطع قدامی، کاهش کنترل عصبی‌عضلانی و افزایش بارگذاری والگوس دینامیک زانو، خطر آسیب دوباره لیگامنت متقاطع قدامی بیشتر می‌شود [۱۵]. چرخش زانو در صفحه فرونتال در حین فرود تا حدی به دامنه حرکتی موجود در ران و مچ پا نسبت داده شد که تجزیه‌وتحلیل حرکات پروگزیمال و دیستال مفصل زانو نیز بایستی مدنظر گرفته شود [۹].

جدول ۱. مشخصات مطالعات و نتایج حاصل از بررسی آن‌ها

نویسندگان (سال)	عنوان	جامعه آماری	ابزار اندازه‌گیری	نتایج
هیوت و همکاران (۲۰۰۵) [۱۵]	اندازه‌گیری بیومکانیکی کنترل عصبی عضلانی و بارگذاری والگوس در پیش‌بینی خطر آسیب لیگامنت متقاطع قدامی در ورزشکاران زن: یک مطالعه آینده‌نگر	۲۰۵ ورزشکار زن در دو گروه سالم و با سابقه آسیب لیگامنت متقاطع قدامی در رشته‌های فوتبال، بسکتبال و والیبال با میانگین سنی ۱۵/۸ سال	ضبط و تجزیه‌وتحلیل کینماتیک ۳ بعدی (زاویه‌های مفصل) در طول تکلیف پرش – فرود	ورزشکاران زن با آسیب لیگامنت متقاطع قدامی، کاهش کنترل عصبی عضلانی و افزایش بارگذاری والگوس را نشان می‌دهند و خطر آسیب دوباره لیگامنت متقاطع قدامی را بیشتر می‌کنند.
چاوداری و آندریاچی (۲۰۰۶) [۱۶]	نتایج مکانیکی راستای دینامیک اندام در صفحه فرونتال برای آسیب غیربرخوردی لیگامنت متقاطع قدامی	۲۱ مرد و زن (والگوس: ۲ مرد و ۸ زن) (واروس: ۲ مرد) (نرمال: ۵ مرد و ۴ زن)	مدل‌سازی در صفحه فرونتال با بررسی عواقب مکانیکی ناشی از اختلاف در راستا دینامیک و انقباضات عضلانی در آستانه آسیب لیگامنت متقاطع قدامی	راستای واروس و والگوس آسیب غیربرخوردی لیگامنت متقاطع قدامی را بیشتر می‌کند. این مطالعه یک دلیل مکانیکی برای این نتیجه‌گیری فراهم می‌کند که راستای نرمال اندام (در مقایسه با والگوس یا واروس) در هنگام فرود و افزایش انقباض عضلات ران (ابداکتورها و اددکتورها) قبل از فرود می‌تواند احتمال پارگی لیگامنت متقاطع قدامی را از طریق سازوکار باز شدن والگوس یا واروس کاهش دهد.
ویدراو و همکاران (۲۰۰۶) [۱۷]	تأثیر یک لحظه تکانشی والگوس زانو بر استرین آزمایشگاهی مرتباط با لیگامنت متقاطع قدامی در حین پرش–فرود شبیه‌سازی‌شده	۱۰ زانو از اجساد (با میانگین سنی: ۶۷/۹ سال) (۵ مرد؛ ۵ زن)	شبیه‌سازی بارگذاری بر روی اندام تحتانی تا حدود ۱۶۰۰ نیوتن	والگوس زانو بر استرین لیگامنت متقاطع قدامی در حین پرش–فرود اثر دارد. به حداقل رساندن بارگیری ابداکشن زانو در هنگام پرش–فرود باید به کاهش استرین لیگامنت متقاطع قدامی در طول آن مانور کمک کند.
برووِر و همکاران (۲۰۰۷) [۱۸]	ارتباط بین راستای والگوس و واروس و پیشرفت استئوآرتریت زانو	۱۵۰۱ زن در مطالعه روتردام با سابقه استئوآرتریت، با میانگین سنی ۶۶/۴ سال به‌مدت ۶/۶ سال پیگیری شدند.	اندازه‌گیری زاویه فموروتیبیال با استفاده از رادیوگرافی	افزایش درجه راستای واروس نه تنها با رشد استئوآرتریت زانو بلکه با توسعه استئوآرتریت زانو همراه است. راستای والگوس تنها با رشد استئوآرتریت همراه بود.
ایموال و همکاران (۲۰۰۹) [۱۹]	ارتباط بین کینماتیک مفاصل ران و زانو در زنان ورزشکار در حین مانور برشی: یک لینک محتمل برای پیشگیری آسیب غیرخوردی لیگامنت متقاطع قدامی	۱۹ ورزشکار تیم‌های فوتبال بانوان بدون سابقه آسیب با میانگین سنی ۱۷/۶ سال	تجزیه‌وتحلیل کینماتیک اندام تحتانی در طی یک مانور برشی	سازوکارهایی که منجر به افزایش ابداکشن زانو در زنان ورزشکار هنگام انجام تکالیف برشی می‌شود، در درجه اول حرکات در صفحه فرونتال در مفصل ران بودند که درنهایت خطر آسیب‌دیدگی لیگامنت متقاطع قدامی را افزایش می‌دهد.
شین و همکاران (۲۰۰۹) [۲۰]	تأثیر استرس والگوس ایزوله‌شده بر روی لیگامنت متقاطع قدامی در هنگام فرود تک‌پا	مطالعه بر روی اجساد	شبیه‌سازی سه بُعدی با طراحی یک زانو نیرو محور با سنجش اثر فشار بر روی لیگامنت متقاطع قدامی	والگوس زانو اوج فشار لیگامنت متقاطع قدامی را در هنگام فرود تک‌پا افزایش می‌دهد. بااین‌حال والگوس به تنهایی ممکن است برای تحریک پارگی لیگامنت متقاطع قدامی، بدون آسیب همزمان لیگامنت جانبی داخلی باشد.
رابین و کوزول (۲۰۱۰) [۲۱]	اندازه‌گیری دامنه حرکتی و قدرت در بین زنان سالم با تفاوت کیفیت حرکات اندام تحتانی در طول آزمون پایین آمدن به جانب	۲۹ زن سالم با میانگین سنی ۲۴/۳ سال	آزمون پایین آمدن از پله به جانب	الگوی حرکتی اندام تحتانی تغییریافته که شامل اداکشن و چرخش داخلی بیش از حد ران می‌باشد و منجر به راستای والگوس بیش از حد زانو می‌شود که با افزایش خطر آسیب‌دیدگی لیگامنت زانو و همچنین سندرم درد پاتلوفمورال همراه است.
شارما و همکاران (۲۰۱۰) [۲۲]	راستای واروس و والگوس و بروز و پیشرفت استئوآرتریت زانو	۱۷۵۲ نفر بدون استئوآرتریت و ۹۵۰ نفر با استئوآرتریت (مرد و زن– ۵۰ تا ۷۹ سال)	اندازه‌گیری راستای زانو با استفاده از اشعه X	راستای واروس اما نه والگوس خطر بروز استئوآرتریت تیبیوفمورال را افزایش داد. در زانوهای مبتلا به استئوآرتریت، راستای واروس و والگوس، خطر افزایش استرس‌های بیومکانیکی بر بخش‌ها وجود دارد.
دونلی و همکاران (۲۰۱۲) [۲۳]	بهینه‌سازی کینماتیک کل بدن برای به حداقل رساندن بارگذاری والگوس زانو در هنگام انجام حرکت به پهلو: پیامدهای مربوط به خطر آسیب لیگامنت متقاطع قدامی	۳۴ مرد فوتبالیست دانشگاهی سالم با میانگین سنی ۲۲ سال	تجزیه‌وتحلیل کینماتیک والگوس زانو در انجام حرکت به پهلو	کینماتیک تغییریافته اندام فوقانی و تحتانی به‌عنوان یک عامل برای افزایش والگوس دینامیک زانو مطرح است که نهایتاً خطر آسیب لیگامنت متقاطع قدامی را افزایش می‌دهد.
پادوآ و همکاران (۲۰۱۲) [۲۴]	ویژگی‌های عصبی عضلانی افرادی که جابه‌جایی بیش از حد زانو به سمت داخل دارند.	۳۷ شرکت‌کننده (۳۰ زن و ۷ مرد، ۱۸ تا ۲۵ سال) سالم و بدون آسیب که براساس عملکرد اسکوات دو پا به گروه کنترل (۱۹ نفر) یا با جابه‌جایی داخلی زانو (۱۸ نفر) تقسیم شدند.	عملکرد اسکوات دو پا	حرکت والگوس زانو یکی از عوامل خطرزای آسیب در اندام تحتانی ازجمله آسیب لیگامنت متقاطع قدامی و درد پاتلوفمورال است.

نویسندگان (سال)	عنوان	جامعه آماری	ابزار اندازه‌گیری	نتایج
ناکاگاوا و همکاران (۲۰۱۲) [۲۵]	بیومکانیک صفحه فرونتال در مردان و زنان با و بدون درد پاتلوفمورال	۸۰ ورزشکار به‌طور مساوی به ۴ گروه تقسیم شدند: درد پاتلوفمورال زن، کنترل زن، درد پاتلوفمورال مرد و کنترل مرد با میانگین سنی ۲۲ سال	تجزیه‌وتحلیل کینماتیک تنه، لگن، ران و زانو در صفحه فرونتال	زنان بیومکانیک‌های متغیر در صفحه فرونتال داشتند که ممکن است آن‌ها را مستعد آسیب زانو کند. بیومکانیک صفحه فرونتال در افراد با درد پاتلوفمورال نشان داد که می‌تواند استرس به جانب پاتلوفمورال را در تمام زوایا افزایش دهد و حتی می‌تواند از ۴۵ درجه فلکشن زانو در مرحله مانور پایین آمدن افزایش یابد.
مونرو و همکاران (۲۰۱۲) [۵]	مقایسه زاویه والگوس زانو در فرود بین بسکتبال بانوان و ورزشکاران فوتبال: پیامدهای احتمالی برای لیگامنت متقاطع قدامی و میزان آسیب‌دیدگی مفصل پاتلوفمورال	۵۲ فوتبالیست زن با میانگین سنی ۲۱/۹ سال و ۴۱ بسکتبالیست زن میانگین سنی ۱۹/۳ سال بدون آسیب لیگامنت متقاطع قدامی و حداقل ۳ ماه گذشته بدون هرگونه آسیب اندام تحتانی، باشگاه‌های ورزشی	اندازه‌گیری زاویه پروجکشن صفحه فرونتال در طی فرود تک‌پا و تکالیف غربالگری پرش–فرود	بسکتبالیست‌های زن مقادیر زاویه پروجکشن صفحه فرونتال بیشتری را در طول انجام تکالیف فرود تک‌پا نسبت به بازیکنان فوتبالیست زن نشان می‌دهند که ممکن است بازتاب آسیب بیشتر لیگامنت متقاطع قدامی در این جمعیت باشد.
کوآتمن و همکاران (۲۰۱۳) [۲۶]	بارگذاری بر روی لیگامنت متقاطع قدامی در مقایسه با لیگامنت جانبی داخلی هنگام فرود	اندام تحتانی ۱۷ جسد (میانگین سنی، ۴۵ سال؛ ۹ زن و ۸ مرد)	شبیه‌سازی طیف گسترده‌ای از فرودها پس از پرش تحت تأثیر نیروی برشی بر روی تیبیا	یافته‌های موجود از والگوس غیر طبیعی زانو به‌عنوان یک عامل اصلی خطر آسیب غیر برخوردی لیگامنت متقاطع قدامی پشتیبانی می‌کند، اما بزرگی فیزیولوژیکی بارهای اعمال‌شده منجر به آسیب لیگامنت جانبی داخلی نمی‌شود.
آرای و میاکی (۲۰۱۳) [۲۷]	تأثیر راستای استاتیک زانو، دامنه چرخش درشت‌نی و هندسه پلاتو تیبیا در راستای دینامیک «به داخل زانو» و چرخش درشت‌نی در حین فرود تک‌پا	۲۸ زن سالم غیر ورزشکار براساس راستای استاتیک زانوها به گروه‌های والگوس ۷ نفر (با میانگین سنی ۲۰/۴ سال)، خنثی ۱۱ نفر (با میانگین سنی ۲۲/۷ سال) و واروس ۱۰ نفر (با میانگین سنی ۲۱ سال) تقسیم شدند.	تجزیه‌وتحلیل ۳ بعدی حرکت پرش – فرود تک‌پا	راستای استاتیک زانو بر راستای دینامیک تأثیر می‌گذارد که نهایتاً خطر آسیب لیگامنت متقاطع قدامی را افزایش می‌دهد.
فلسون و همکاران (۲۰۱۳) [۲۸]	راستای غیرطبیعی والگوس یک عامل خطر برای بروز و پیشرفت استئوآرتریت جانبی زانو است.	۲۶۱۷ نفر (۱۵۵۵ زن) (۸۸۱ با والگوس) به روش بررسی کوهورت از چند مرکز ثبت داده‌های استئوآرتریت Multicenter Osteoarthritis Study (MOST) با میانگین سنی ۶۲/۴ سال و ۳۰۳۴ نفر (۱۷۲۰ زن) (۱۳۵۸ با والگوس) به‌روش بررسی کوهورت طولی برای استئوآرتریت Osteoarthritis Initiative (OAI) با میانگین سنی ۶۳/۲ سال	رادیوگرافی	راستای غیر طبیعی والگوس خطر پیشرفت استئوآرتریت زانو و همچنین خطر آسیب غضروف جانبی را افزایش می‌دهد.
اسکو و همکاران (۲۰۱۴) [۲۹]	مشارکت زانو با درد، بی‌ثباتی زانو، قدرت عضلات و واروس–والگوس دینامیک در حرکت مفصل در استئوآرتریت زانو	۱۰۰ شرکت‌کننده (۵۲ زن، ۴۸ مرد با گزارش درد بخش داخلی زانو، با میانگین سنی ۶۲/۷ سال)	تجزیه‌وتحلیل گیت با دوربین ۳ بعدی	افراد با استئوآرتریت زانو در گیت احساس درد همراه با بی‌ثباتی زانو، قدرت ضعیف عضلات در زانو هدف و بدراستایی واروس و والگوس دارند.
ایشیدا و همکاران (۲۰۱۴) [۶]	چرخش زانو همراه با والگوس دینامیک زانو و جهت انگشتان پا	۱۶ زن بدون سابقه آسیب‌دیدگی با میانگین سنی ۲۱/۵ سال	نگه‌داشتن زاویه فلکشن زانو در ۳۰ درجه، در ۳ جهت پا (خنثی، به بیرون و به داخل) با استفاده از سیستم تحلیل حرکت توسط دوربین	زانو در طول والگوس دینامیک به بیرون می‌چرخد، و چرخش زانو تحت تأثیر جهت انگشتان پا قرار می‌گیرد که در این حالت خطر آسیب لیگامنت متقاطع قدامی افزایش می‌یابد.
نیلستاد و همکاران (۲۰۱۵) [۳۰]	ارتباط بین ویژگی‌های آناتومیکی، لگسیتی (شلی) زانو، قدرت عضلات و اوج والگوس زانو در هنگام فرود عمودی در تکلیف پرش – فرود	زنان نخبه فوتبالیست نروژی بدون آسیب‌دیدگی لیگامنت متقاطع قدامی (۲۷۹ نفر، با میانگین سنی ۲۱ سال) (از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲)	تجزیه‌وتحلیل ۳ بعدی حرکت پرش – فرود عمودی با ضبط حرکت	قد بلندتر و والگوس استاتیک زانو با زاویه اوج والگوس زانو در طی تکلیف پرش – فرود عمودی همراه است، که فرد در نهایت مستعد آسیب لیگامنت متقاطع قدامی می‌شود.
هولدن و همکاران (۲۰۱۵) [۳۱]	جابه‌جایی دو بعدی والگوس زانو به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده درد پاتلوفمورال در زنان نوجوان	۷۰ ورزشکار زن نوجوان بدون آسیب با میانگین سنی ۱۲/۹ سال	تجزیه‌وتحلیل دو بعدی آزمون پرش عمودی از یک جعبه ۳۱ سانتی‌متری	جابه‌جایی والگوس زانو در افرادی که دچار درد پاتلوفمورال شده‌اند در مقایسه با افرادی که نداشتند، اختلاف معناداری داشت.
یوتا و همکاران (۲۰۱۶) [۳۲]	ارتباط میان حرکات زانو با راستای استاتیک پا و حرکات ران در صفحات فرونتال و عرضی در هنگام فرود دو پا در ورزشکاران سالم	۶۹ ورزشکار سالم و رقابتی (۲۷ مرد، ۴۲ زن؛ میانگین سنی ۲۰/۷ سال)	زاویه فرونتال و عرضی زانو و ران در لحظه اکستنشن زانو در هنگام فرود محاسبه شد.	والگوس بیش از حد زانو و چرخش خارجی ران نسبت به استخوان ران در حین تحمل وزن از جمله هنگام فرود، خطر بروز درد مزمن زانو مانند درد پاتلوفمورال را افزایش می‌دهد.

نویسندگان (سال)	عنوان	جامعه آماری	ابزار اندازه‌گیری	نتایج
تامورا و همکاران (۲۰۱۷) [۳۳]	راستای والگوس داینامیک زانو بر کاهش فشار در اندام تحتانی در مرحله کاهش شتاب فرود تک‌پا تأثیر می‌گذارد.	۳۴ دانشجو زن بدون سابقه آسیب و یا جراحی با میانگین سنی ۲۰/۷ سال به گروه‌های والگوس (۱۹ نفر) و واروس (۱۵ نفر) تقسیم شدند.	پرش عمودی تک‌پا	نتایج نشان داد والگوس داینامیک زانو، فشار بر مفصل زانو در هنگام کاهش شتاب فرود را افزایش می‌دهد که فرد را مستعد آسیب لیگامنت متقاطع قدامی می‌کند. برعکس، شرکت‌کنندگان با واروس زانو قادر به جذب بیشتر فشار فرود با مفصل ران بودند.
تنگ و همکاران (۲۰۱۷) [۳۴]	اثرات وضعیت چرخش پا بر روی والگوس زانو در هنگام فرود تک‌پا: پیامدهای کاهش خطر آسیب لیگامنت متقاطع قدامی	۱۱ بازیکن بسکتبال مرد بدون آسیب‌دیدگی در حداقل ۶ ماه گذشته با میانگین سنی ۲۳/۶ سال	انجام فرودهای تک‌پا از یک سکوی بلندی ۳۰ سانتی‌متری در سه وضعیت چرخش پا (به داخل، انگشتان رو به جلو و به خارج)	هنگام فرود تک‌پا، ورزشکاران باید از وضعیت‌های چرخش شدید پا به بیرون خودداری کنند تا از بارگذاری بر روی زانو در ارتباط با خطرات آسیب غیربرخوردی لیگامنت متقاطع قدامی به حداقل برسند.
نوماتا و همکاران (۲۰۱۷) [۳۵]	تجزیه‌وتحلیل حرکت دو بعدی والگوس داینامیک زانو، ورزشکاران زن دبیرستان که در معرض خطر آسیب لیگامنت متقاطع قدامی غیربرخوردی قرار می‌دهد.	۲۷ ورزشکار دختر دبیرستانی با سابقه آسیب لیگامنت متقاطع قدامی و ۲۷ بدون سابقه (۱۵ سال) که به تازگی در باشگاه‌های بسکتبال و هندبال ثبت نام کرده‌اند	تجزیه‌وتحلیل حرکت دو بعدی والگوس داینامیک زانو در طی پرش‌های تک‌پا	والگوس داینامیک زانو یک عامل خطر احتمالی برای آسیب غیربرخوردی لیگامنت متقاطع قدامی در ورزشکاران زن دبیرستانی است.
اشمیت و همکاران (۲۰۱۷) [۸]	کینماتیک والگوس داینامیک زانو و ارتباط آن‌ها با درد در زنان مبتلا به درد پاتلوفمورال در مقایسه با زنان مبتلا به درد مزمن مفصل ران	۲۰ زن مبتلا به درد پاتلوفمورال و ۱۴ زن مبتلا به درد مزمن مفصل لگن ۱۸ تا ۴۰ سال	کینماتیک ۳ بعدی مفصل ران و زانو در حرکت اسکوات تک پا	حرکت در صفحه فرونتال افراد مبتلا به درد مزمن مفصل ران در مقایسه با افراد با درد پاتلوفمورال بیشتر بود.
محمودیان و همکاران (۲۰۱۷) [۳۶]	راستای داینامیک و استاتیک زانو پیش‌بینی‌کننده ناهنجاری‌های ساختاری با MRI مرتبط با استئوآرتریت بخش داخلی زانو پس از ۲ سال	۴۵ زن مبتلا به استئوآرتریت مفصل زانو در رده سنی ۵۷ تا ۸۳ سال	مطالعه طولی	یافته اصلی این مطالعه این است که هم راستای داینامیک و هم استاتیک در صفحه فرونتال، با ناهنجاری‌های ساختاری در بیماران مبتلا به استئوآرتریت بخش داخلی زانو همراه است.
ویندوو و همکاران (۲۰۱۸) [۳]	ویژگی‌های پا و مچ پا و والگوس داینامیک زانو در افراد مبتلا به استئوآرتریت پاتلوفمورال	۵۰ شرکت‌کننده مبتلا به استئوآرتریت پاتلوفمورال (۶۶ درصد زن)، میانگین سنی ۵۷ سال و ۲۳ گروه کنترل (۵۶ سال سن، ۵۶ درصد زن)	آزمون زانو به دیوار	ویژگی‌های پا و مچ پا در افراد مبتلا به استئوآرتریت پاتلوفمورال در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معناداری داشت، اما تفاوتی در وجود والگوس داینامیک زانو در طول اسکوات تک‌پا وجود نداشت.
گوین و کوران (۲۰۱۸) [۳۷]	زاویه پروجکشن صفحه فرونتال دو بعدی می‌تواند زیر گروه‌هایی از بیماران با درد پاتلوفمورال را نشان دهد که والگوس داینامیک زانو را نشان می‌دهند.	۳۰ فرد فعال با درد پاتلوفمورال (۱۸ زن و ۱۲ مرد) و ۳۰ فرد غیر مصدوم (۱۵ زن و ۱۵ مرد) ۳۰ سال	راستای زانو در صفحه فرونتال، از طریق تجزیه‌وتحلیل دو بعدی زاویه پروجکشن صفحه فرونتال تا ۶۰ درجه فلکشن زانو در حرکت اسکوات تک‌پا	افراد مبتلا به درد پاتلوفمورال، در راستای فرونتال در حرکت اسکوات تک‌پا مقدار زاویه بیشتری را نشان دادند.
درک گربر و همکاران (۲۰۱۹) [۴]	تفاوت‌های بیومکانیکی در زاویه والگوس زانو در ورزشکاران زن دانشگاهی که در ورزش‌های مختلف شرکت می‌کنند.	۳۷ ورزشکار زن سالم ۱۸ تا ۳۰ سال در رشته‌های بسکتبال، سافت‌بال و فوتبال	آزمون پرش–فرود	بسکتبالیست‌های زن، بیشتر در معرض خطر ابتلا به آسیب‌های غیربرخوردی لیگامان‌های زانو با پای راست در حین مانور پرش–فرود نسبت به بازیکنان سافت‌بال و فوتبال به‌دلیل افزایش حرکات والگوس زانو در طول آزمون، قرار دارند.
فیدای و همکاران (۲۰۱۹) [۳۸]	خستگی والگوس داینامیک زانو را در ورزشکاران جوان افزایش می‌دهد.	۸۵ ورزشکار بدون سابقه آسیب (۴۷ زن، ۳۸ مرد) با میانگین سنی ۱۵/۴ سال	انجام تکلیف پرش – فرود و تجزیه‌وتحلیل ویدیویی	خستگی ناشی از تمرین باعث افزایش والگوس داینامیک زانو در ورزشکاران جوان می‌شود. ورزشکاران زن و افراد با سن بیشتر در پژوهش بیشترین تأثیر را داشتند. سطح خستگی بیشتر با افزایش والگوس داینامیک زانو، ورزشکاران را در معرض خطر بیشتر آسیب لیگامنت متقاطع قدامی قرار دارد.
موسکه و همکاران (۲۰۱۹) [۳۹]	تأثیر راستای آناتومیکی استاتیک بر والگوس داینامیک اندام در طول برش جانبی در نوجوان ورزشکار بدون آسیب	۸۸ اندام از ۴۴ ورزشکار بدون آسیب زن و مرد در سن ۸–۱۵ سال	اندازه‌گیری آناتومیک مرتبط با ابداکشن زانو در هنگام تکلیف برشی	ازآنجاکه ابداکشن زانو در آسیب لیگامنت متقاطع قدامی نقش دارد، این مطالعه از مفهوم والگوس داینامیک اندام، به‌ویژه افزایش ابداکشن زانو و چرخش داخلی ران، مربوط به آسیب لیگامنت متقاطع قدامی پشتیبانی می‌کند.

نویسندگان (سال)	عنوان	جامعه آماری	ابزار اندازه‌گیری	نتایج
ساکی و همکاران (۲۰۱۳) [۱۴]	عوامل خطرآفرین بیومکانیکی و عصبی عضلانی مرتبط با آسیب لیگامان متقاطع قدامی در زنان ورزشکار (مقاله مروری)	به‌طورکلی ۱۵۲ مقاله یافت شد که ۵۲ مقاله بر عوامل خطرآفرین بیومکانیکی و عصبی عضلانی تمرکز داشتند.	مقاله مروری	نقص‌های عصبی –عضلانی شامل تسلط لیگامان، تسلط چهارسر، تسلط پا و تسلط تنه با سازوکارهای زیربنایی آسیب لیگامنت متقاطع قدامی ارتباط دارند و این نقص‌ها طی فعالیت‌های دینامیک می‌توانند موجب افزایش بارهای مفاصل اندام تحتانی شوند. والگوس کلاپس زانو (افزایش والگوس زانو، اداکشن ران و چرخش خارجی تیبیا) به‌عنوان اصلی‌ترین سازوکار آسیب لیگامنت متقاطع قدامی معرفی شد.
مظفری‌پور و همکاران (۲۰۱۷) [۴۰]	بررسی ارتباط بین راستای آناتومیکی اندام تحتانی و میزان زاویه کوادریسپس	۱۲۰ مرد دانشگاهی سالم با میانگین سنی ۲۳/۵ سال	گونیامتر ۳۶۰ درجه	تغییر در راستای آناتومیکی اندام تحتانی می‌تواند بر میزان زاویه Q تأثیرگذار باشد و با تغییر میزان این زاویه، فرد در معرض آسیب‌های مختلف در سگمان‌های اندام تحتانی قرار می‌گیرد.
امامی هاشمی و همکاران (۲۰۱۵) [۴۱]	مقایسه کینماتیک خطرساز آسیب لیگامنت متقاطع قدامی بین زنان و مردان حین مانور برش	۱۳ زن و ۱۳ مرد بازیکن ملی پوش اسکواش بدون آسیب‌دیدگی با میانگین سنی ۲۳/۰۴ و ۲۴/۰۷ سال	تحلیل ویدئویی	زنان در حین انجام مانور برش، والگوس زانو افزایش یافته و بازشدگی زانو بیشتری در مقایسه با گروه مردان داشتند و همچنین تنه خود را کمتر خم کردند. این عوامل می‌تواند توجیهی برای پتانسیل بیشتر خطر آسیب لیگامنت متقاطع قدامی در بین زنان باشد.
شاه‌حیدری و همکاران (۲۰۱۷) [۴۲]	مقایسه دامنه حرکتی مفاصل و قدرت ایزومتریک عضلات اندام تحتانی در ورزشکاران دختر با و بدون والگوس دینامیک زانو	۴۸ دختر ورزشکار سالم ۱۵ تا ۱۸ سال	حرکت اسکوات دو پا	افراد مبتلا، دارای عضلات سفت و ضعیف لترال و مدیال گستروکنمیوس بودند. کاهش دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا، به‌عنوان عامل مؤثری در تغییر الگوی حرکتی اندام تحتانی و درنتیجه یک عامل خطر برای آسیب‌های زانو باید مورد توجه قرار گیرد.

طب توانبخشی

در زنان ممکن است بارهایی با ریسک خطر بالا در زانو که ناشی از افزایش اداکشن ران در هنگام انجام تکالیف دینامیک است، احتمال آسیب لیگامنت متقاطع قدامی را افزایش دهد [۱۹]. ابداکشن و چرخش بیرونیِ زانو، ممکن است در صورت وجود والگوس دینامیک، خصوصاً در موقعیت جهت انگشت پا به خارج، نیز روی کندیل استخوان ران تأثیر بگذارد که نهایتاً احتمال آسیب لیگامنت متقاطع قدامی را افزایش می‌دهد [۳۹].

در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که خستگی ناشی از تمرین باعث افزایش والگوس دینامیک زانو در ورزشکاران جوان می‌شود. ورزشکاران زن و افراد با سن بیشتر هم بیشترین تأثیر را گزارش کردند [۳۸]. سطح خستگی بیشتر با افزایش والگوس دینامیک زانو، ممکن است ورزشکاران را در معرض خطر بیشتری از آسیب لیگامنت متقاطع قدامی قرار دهد [۳۸، ۴۳]. گزارش شده است که هنگامی‌که عضلات ابداکتور ران دچار خستگی شوند، آزمودنی‌ها در حین فرود، والگوس بزرگتری را نشان می‌دهند [۴۴]. در مطالعه النبرگر و همکاران که بر روی راستای والگوس دینامیک زانو ورزشکاران اسکی آلپاین در رده سنی جوانان انجام شد، گزارش دادند که بلوغ بیولوژیکی بر غربالگری این راستا تأثیر می‌گذارد [۴۵]. در مطالعه آگوستینون و همکاران نیز گزارش شد که در افراد با آسیب و نقص لیگامنت متقاطع قدامی، راستای معیوب در تیبیا و زانو شکل خواهد گرفت که درنهایت بر عملکرد تأثیر خواهد گذاشت و خطر ابتلا به استئوآرتریت را نیز افزایش خواهد داد [۴۶].

راستای والگوس یا واروس، آستانه آسیب را در مقایسه با راستای نرمال کاهش می‌دهد، اما می‌توان با افزایش انقباض گروه‌های عضلانی ابداکتور و اداکتور ران، آستانه آسیب را افزایش داد [۱۶]. کاهش قدرت عضلات ران ممکن است با افزایش والگوس زانو در تحمل وزن ارتباط داشته باشد. به‌کارگیری گلوتئوس ماکسیموس ممکن است ارتباط بیشتری با کاهش والگوس زانو در زنان نسبت به قدرت چرخش خارجی در حین انجام تکلیف فرود داشته باشد. افزایش قدرت گلوتئوس مدیوس ممکن است با افزایش والگوس زانو همراه باشد [۴۷]. بین قدرت ابداکتورها و اکستنسورهای ران و حرکات ران و زانو در صفحه فرونتال با خطر آسیب لیگامنت متقاطع قدامی ارتباط وجود دارد. گلوتئوس ماکسیموس که به‌عنوان ابداکشن مفصل ران عمل می‌کند، ممکن است نقش مهمی در کنترل اداکشن ران و حرکت والگوس زانو در طول این نوع تکالیف داشته باشد [۴۸].

به نظر می‌رسد جابه‌جایی داخلی زانو در حین انجام تکالیف اسکوات با افزایش فعال‌شدن اداکتورهای ران و افزایش فعال‌شدن عضلات گاستروسنیموس و تیبیالیس آنتریور همراه است [۲۴].

ایموال و همکاران عنوان کردند سازوکارهایی که منجر به افزایش ابداکشن زانو در زنان ورزشکار هنگام انجام تکلیف برشی می‌شود، در درجه اول حرکات در صفحه فرونتال در مفصل ران هستند که با کنترل تنه و لگن با کمک تقویت عضلات می‌توان راستای اندام تحتانی را به سمت راستای مطلوب هدایت کرد [۱۹]. هنگام فرود تک‌پا، ورزشکاران باید از وضعیت‌های چرخش شدید پا به بیرون خودداری کنند تا از بارگذاری بر روی زانو در ارتباط با خطرات آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی[۲۴] به حداقل برسند [۳۴]. وضعیت سه بعدی بدن بر تنش کلی در سیستم اسکلتی‌عضلانی و درنهایت بر عملکرد تأثیر می‌گذارد [۱]. در مجموع والگوس زانو اوج فشار لیگامنت متقاطع قدامی را در هنگام فرود افزایش می‌دهد [۲۰].

آسیب‌ها با درد مزمن و سازوکار مرتبط با والگوس دینامیک زانو

والگوس دینامیک زانو و چرخش خارجی ران در حین تحمل وزن ازجمله هنگام فرود، خطر بروز درد مزمن زانو مانند درد پاتلوفمورال را افزایش می‌دهد. انحراف بیش از حد دامنه‌های طبیعی راستای استاتیک اندام تحتانی و حرکات دینامیک ران نیز ممکن است خطرات درد پاتلوفمورال را افزایش دهد [۳۲]. پاورز در بررسی مطالعات بیومکانیکی و بالینی در این زمینه گزارش داد که اختلال در کنترل عضلات مفصل ران، لگن و تنه می‌تواند بر کینماتیک مفصل تیبیوفمورال و پاتلوفمورال و کینتیک در چندین صفحه تأثیر بگذارد. به‌ویژه، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد اختلالات حرکتی در ران ممکن است با آسیب‌هایی مانند آسیب‌های لیگامانی، سندرم ایلیوتیبیال باند و درد مفاصل پاتلوفمورال همراه باشد. علاوه‌براین، نشان داده شد که زنان ممکن است بیشتر از مردان در معرض قرار بگیرند [۴۹]. در افراد با والگوس دینامیک بیش از حد زانو، فلکشن مفاصل لگن و زانو و دامنه حرکتی ران، زانو و مچ پا نسبت به افراد سالم، کمتر نشان داده شد که این موارد احتمالاً آن‌ها را مستعد آسیب‌های اندام تحتانی می‌کند [۵۰].

ورزشکاران با زاویه بیشتر پروجکشن صفحه فرونتال زانو، خطر بالاتری از آسیب اندام تحتانی دارند [۵۱]. سندرم درد پاتلوفمورال یک آسیب شایع عضلانی‌اسکلتی اندام تحتانی در زنان به‌ویژه جوانان و نوجوانان می‌باشد [۳۱]. افراد مبتلا به درد پاتلوفمورال در راستای فرونتال درجات بیشتری را نسبت به افراد سالم نشان می‌دهند [۳۱، ۳۷]. در مطالعه اشمیت و همکاران حرکت در صفحه فرونتال در افراد مبتلا به درد مزمن مفصل ران در مقایسه با افراد با درد پاتلوفمورال بیشتر بود. حرکات غیرطبیعی صفحه عرضی در زانو (چرخش خارجی زانو) در گروه درد پاتلوفمورال و حرکت در صفحه فرونتال ران (اداکشن و چرخش داخلی ران) در گروه درد مزمن مفصل ران، بیشتر بود [۸]. همچنین ضعف عضلات پروگزیمال مانند چرخاننده‌های خارجی ران در زنان ممکن است منجر به حرکت والگوس و چرخش داخلی ران شود که فرد را بیشتر در معرض سندرم درد پاتلوفمورال قرار دهد. ظهور ضعف در این عضلات ممکن است به‌دلیل اداکشن زیاد یا چرخش داخلی ران باشد [۴۴].

استئوآرتریت یکی از شایع‌ترین بیماری‌های سیستم اسکلتی‌عضلانی است [۵۲]. راستای دینامیک و استاتیک به‌عنوان عوامل خطر مرتبط با پیشرفت ساختاری استئوآرتریت زانو گزارش شده است [۳۶]. راستای غیرطبیعی والگوس دینامیک خطر پیشرفت استئوآرتریت زانو و همچنین خطر آسیب غضروفی را افزایش می‌دهد [۲۸]. در مطالعه شارما و همکاران، راستای واروس اما نه والگوس، خطر بروز استئوآرتریت تیبیوفمورال را افزایش داد، اما هر دو راستا بخش‌های داخلی و خارجی زانو را تحت تأثیر قرار دادند [۲۲]. در مطالعه اسکو و همکاران نیز افراد با استئوآرتریت زانو در طی راه رفتن احساس درد، بی‌ثباتی مفصل زانو و راستای غیر طبیعی واروس و والگوس را نشان دادند [۲۹]. افزایش سفتی عضلات ران و تحرک مچ پا ممکن است به کنترل والگوس دینامیک زانو کمک کند [۱۲].

جنسیت و ارتباط با والگوس دینامیک زانو

در ارتباط با جنسیت آزمودنی‌ها، مطالعات حاضر نشان دادند که تحقیقات بسیار کمی درزمینه تأثیر والگوس دینامیک زانو بر آسیب‌های شایع زانو در مردان انجام شده است؛ بنابراین بیشتر اطلاعات و نتایج براساس مطالعاتی می‌باشد که بر روی بانوان صورت گرفته است. تفاوت‌های جنسیتی در راستای اندام تحتانی در میان هزاران نفر، از عوامل خطر به‌عنوان یک دلیل بالقوه برای افزایش شیوع آسیب زانو در زنان عنوان شده است [۵۳]. در زنان راستای استاتیک که به‌صورت آناتومیکی با وضعیت چرخش و والگوس زانو همراه است، در هنگام فرود، والگوس دینامیک بیشتری را تجربه می‌کنند [۵۴]. در طول فرود تک‌پا، به‌کارگیری گلوتئوس ماکسیموس ممکن است ارتباط بیشتری با کاهش والگوس زانو در زنان نسبت به قدرت چرخش خارجی در حین انجام تکلیف فرود داشته باشد. قدرت گلوتئوس مدیوس ممکن است با افزایش والگوس زانو همراه باشد [۴۷]. بنابراین در زنان و باتوجه‌به ویژگی‌های جنسیتی، والگوس دینامیک زانو با درجات بیشتری رخ می‌دهد که به همین میزان احتمال آسیب در اندام تحتانی نیز افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

والگوس دینامیک بیش از حد زانو به‌عنوان یک الگوی حرکتی معیوب، افراد مبتلا را مستعد آسیب‌های اندام تحتانی می‌کند. سازوکارهای مختلفی برای این اختلال گزارش شده است که عدم تعادل عضلانی، ضعف عضلات و اختلال در راستای استاتیک و

24. Anterior Cruciate Ligament (ACL)

تأثیر آن بر راستای داینامیک از مهم‌ترین این سازوکارها می‌باشد. آسیب‌های لیگامانی به‌ویژه لیگامنت متقاطع قدامی، سندرم درد پاتلوفمورال، استئوآرتریت تیبیوفمورال و پاتلوفمورال از مهم‌ترین و شایع‌ترین آسیب‌های گزارش‌شده در تحقیقات سال‌های اخیر می‌باشند؛ همچنین باتوجه‌به ویژگی‌های ساختاری و بیومکانیکی زنان، بیشترین آسیب‌ها باتوجه‌به درجه بیشتر والگوس داینامیک در زنان با ذکر این نکته که سهم بیشتر مطالعات نیز بر روی زنان انجام شده است، یافت شده است. درک صحیح نحوه چرخش تنه و لگن بر روی استخوان ران، ممکن است راهکارهای جدیدی برای ارزیابی و گزینه‌های پیشگیری و درمانی برای اندام تحتانی ارائه دهد. غربالگری با هدف تشخیص آسیب‌های احتمالی و کنترل بیشتر عصبی–عضلانی جهت اصلاح این وضعیت توصیه شده است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله یک مقاله مروری نظام‌مند/فراتحلیل است و هیچ نمونه انسانی و حیوانی نداشته است. بنابراین نیازمند در نظر گرفتن ملاحظات اخلاقی نبوده است.

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 یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از مسئولین پژوهشی و آموزشی دانشگاه گیلان و دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

[1] Dischiavi SL, Wright AA, Hegedus EJ, Bleakley CM. Rethinking dynamic knee valgus and its relation to knee injury: Normal movement requiring control, not avoidance. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2019; 49(4):216-8. [DOI:10.2519/jospt.2019.0606] [PMID]

[2] Dix J, Marsh S, Dingenen B, Malliaras P. The relationship between hip muscle strength and dynamic knee valgus in asymptomatic females: A systematic review. Physical Therapy in Sport. 2019; 37:197-209. [DOI:10.1016/j.ptsp.2018.05.015] [PMID]

[3] Wyndow N, Collins NJ, Vicenzino B, Tucker K, Crossley KM. Foot and ankle characteristics and dynamic knee valgus in individuals with patellofemoral osteoarthritis. Journal of Foot and Ankle Research. 2018; 11:65. [DOI:10.1186/s13047-018-0310-1] [PMID] [PMCID]

[4] Gerber LD, Papa EV, Kendall EA. Biomechanical differences in knee valgus angles in collegiate female athletes participating in different sports. International Journal of Kinesiology and Sports Science. 2019; 7(2):8-14. [DOI:10.7575/aiac.ijkss.v.7n.2p.8]

[5] Munro A, Herrington L, Comfort P. Comparison of landing knee valgus angle between female basketball and football athletes: Possible implications for anterior cruciate ligament and patellofemoral joint injury rates. Physical Therapy in sport. 2012; 13(4):259-64. [DOI:10.1016/j.ptsp.2012.01.005] [PMID]

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

[7] Shahheidari S, Norasteh AA, 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)]. Sport Sciences and Health Research. 2018; 10(1):35-51. [DOI:10.22059/JSMED.2018.248543.868]

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

[9] Sigward SM, Ota S, Powers CM. Predictors of frontal plane knee excursion during a drop land in young female soccer players. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2008; 38(11):661-7. [DOI:10.2519/jospt.2008.2695] [PMID]

[10] Nguyen AD, Shultz SJ. Identifying relationships among lower extremity alignment characteristics. Journal of Athletic Training. 2009; 44(5):511-8. [DOI:10.4085/1062-6050-44.5.511] [PMID] [PMCID]

[11] Bell DR, Padua DA, Clark MA. Muscle strength and flexibility characteristics of people displaying excessive medial knee displacement. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2008; 89(7):1323-8.[DOI:10.1016/j.apmr.2007.11.048] [PMID]

[12] Nakagawa TH, Petersen RS. Relationship of hip and ankle range of motion, trunk muscle endurance with knee valgus and dynamic balance in males. Physical Therapy in Sport. 2018; 34:174-9. [DOI:10.1016/j.ptsp.2018.10.006] [PMID]

[13] Rabelo NDDA, Lucareli PRG. Do hip muscle weakness and dynamic knee valgus matter for the clinical evaluation and decision-making process in patients with patellofemoral pain? Brazilian Journal of Physical Therapy. 2018; 22(2):105-9. [DOI:10.1016/j.bjpt.2017.10.002] [PMID] [PMCID]

[14] Saki F, Daneshmandi H, Rajabi R, Mohammadpour S. [Neuromuscular and biomechanical risk factors associated with ACL Injury in female athletes (Persian)]. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 2013; 18(3):112-23. [Link]

[15] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, 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. The American journal of Sports Medicine. 2005; 33(4):492-501. [DOI:10.1177/0363546504269591] [PMID]

[16] Chaudhari AM, Andriacchi TP. The mechanical consequences of dynamic frontal plane limb alignment for non-contact ACL injury. Journal of Biomechanics. 2006; 39(2):330-8. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2004.11.013] [PMID]

[17] Withrow TJ, Huston LJ, Wojtys EM, Ashton-Miller JA. The effect of an impulsive knee valgus moment on in vitro relative ACL strain during a simulated jump landing. Clinical Biomechanics. 2006; 21(9):977-83. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2006.05.001] [PMID]

[18] Brouwer GM, van Tol AW, Bergink AP, Belo JN, Bernsen RM, Reijman M, et al. Association between valgus and varus alignment and the development and progression of radiographic osteoarthritis of the knee. Arthritis and Rheumatism. 2007; 56(4):1204-11. [DOI:10.1002/art.22515] [PMID]

[19] Imwalle LE, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Relationship between hip and knee kinematics in athletic women during cutting maneuvers: A possible link to noncontact anterior cruciate ligament injury and prevention. Journal of Strength and Conditioning Research. 2009; 23(8):2223-30. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3181bc1a02] [PMID] [PMCID]

[20] Shin CS, Chaudhari AM, Andriacchi TP. The effect of isolated valgus moments on ACL strain during single-leg landing: A simulation study. Journal of Biomechanics. 2009; 42(3):280-5. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2008.10.031] [PMID] [PMCID]

[21] Rabin A, Kozol Z. Measures of range of motion and strength among healthy women with differing quality of lower extremity movement during the lateral step-down test. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2010; 40(12):792-800. [DOI:10.2519/jospt.2010.3424] [PMID]

[22] Sharma L, Song J, Dunlop D, Felson D, Lewis CE, Segal N, et al. Varus and valgus alignment and incident and progressive knee osteoarthritis. Annals of the Rheumatic Diseases. 2010; 69(11):1940-5. [DOI:10.1136/ard.2010.129742] [PMID] [PMCID]

[23] Donnelly CJ, Lloyd DG, Elliott BC, Reinbolt JA. Optimizing whole-body kinematics to minimize valgus knee loading during sidestepping: Implications for ACL injury risk. Journal of Biomechanics. 2012; 45(8):1491-7. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2012.02.010] [PMID]

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

[25] Nakagawa TH, Moriya ÉT, Maciel CD, Serrão AF. Frontal plane biomechanics in males and females with and without patellofemoral pain. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2012; 44(9):1747-55. [DOI:10.1249/MSS.0b013e318256903a] [PMID]

[26] Quatman CE, Kiapour AM, Demetropoulos CK, Kiapour A, Wordeman SC, Levine JW, et al. Preferential loading of the ACL compared with the MCL during landing: A novel in sim approach yields the multiplanar mechanism of dynamic valgus during ACL injuries. The American Journal of Sports Medicine. 2014; 42(1):177-86. [DOI:10.1177/0363546513506558] [PMID] [PMCID]

[27] Arai T, Miaki H. Influence of static alignment of the knee, range of tibial rotation and tibial plateau geometry on the dynamic alignment of "knee-in" and tibial rotation during single limb drop landing. Clinical Biomechanics. 2013; 28(6):642-8. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2013.05.003] [PMID]

[28] Felson DT, Niu J, Gross KD, Englund M, Sharma L, Cooke TD, et al. Valgus malalignment is a risk factor for lateral knee osteoarthritis incidence and progression: Findings from the Multicenter Osteoarthritis Study and the Osteoarthritis Initiative. Arthritis and Rheumatism. 2013; 65(2):355-62. [DOI:10.1002/art.37726] [PMID] [PMCID]

[29] Skou ST, Wrigley TV, Metcalf BR, Hinman RS, Bennell KL. Association of knee confidence with pain, knee instability, muscle strength, and dynamic varus-valgus joint motion in knee osteoarthritis. Arthritis Care & Research. 2014; 66(5):695-701. [DOI:10.1002/acr.22208] [PMID]

[30] Nilstad A, Krosshaug T, Mok KM, Bahr R, Andersen TE. Association between anatomical characteristics, knee laxity, muscle strength, and peak knee valgus during vertical drop-jump landings. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2015; 45(12):998-1005. [DOI:10.2519/jospt.2015.5612] [PMID]

[31] Holden S, Boreham C, Doherty C, Delahunt E. Two-dimensional knee valgus displacement as a predictor of patellofemoral pain in adolescent females. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2017; 27(2):188-194. [DOI:10.1111/sms.12633] [PMID]

[32] Uota S, Nguyen AD, Aminaka N, Shimokochi Y. Relationship of Knee Motions With Static Leg Alignments and Hip Motions in Frontal and Transverse Planes During Double-Leg Landing in Healthy Athletes. Journal of Sport Rehabilitation. 2017; 26(5):396-405. [DOI:10.1123/jsr.2016-0053] [PMID]

[33] Tamura A, Akasaka K, Otsudo T, Shiozawa J, Toda Y, Yamada K. Dynamic knee valgus alignment influences impact attenuation in the lower extremity during the deceleration phase of a single-leg landing. Plos One. 2017; 12(6):e0179810. [DOI:10.1371/journal.pone.0179810] [PMID] [PMCID]

[34] Teng PSP, 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]

[35] 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 non-contact anterior cruciate ligament injury. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2018; 26(2):442-7. [DOI:10.1007/s00167-017-4681-9] [PMID]

[36] Mahmoudian A, van Dieën JH, Bruijn SM, Baert IAC, Faber GS, Luyten FP, et al. Dynamic and static knee alignment at baseline predict structural abnormalities on MRI associated with medial compartment knee osteoarthritis after 2 years. Gait & Posture. 2017; 57:46-51. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2017.05.024] [PMID]

[37] Gwynne CR, Curran SA. Two-dimensional frontal plane projection angle can identify subgroups of patellofemoral pain patients who demonstrate dynamic knee valgus. Clinical Biomechanics. 2018; 58:44-8. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2018.06.021] [PMID]

[38] Fidai MS, Okoroha KR, Meldau J, Meta F, Lizzio VA, Borowsky P, et al. Fatigue increases dynamic knee valgus in youth athletes: results from a field-based drop-jump test. Arthroscopy. 2020; 36(1):214-22.e2. [DOI:10.1016/j.arthro.2019.07.018] [PMID]

[39] 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. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2019; 7(3 Suppl):2325967119S00028. [DOI:10.1177/2325967119S00028] [PMCID]

[40] Mozafaripour E, Rajabi R, Minoonejad H. [The study of the relationship between the lower extremity anatomical alignment and Q angle (Persian)]. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2017; 5(4):173-81. [DOI:10.22037/JRM.2016.1100199]

[41] Emami Hashemi SA, Rezvankhah Golsefidi N, Shirzad E, Mir Karimpour SH. [Kinematic comparison of anterior cruciate ligament injury risk between men and women during cutting maneuver (Persian)]. Razi Journal of Medical Sciences. 2015; 22(138):12-22. [Link]

[42] Shahheidari S, Norasteh AA, Daneshmandi H. [A comparison of range of motion of joints and isometric strength of lower extremity muscles in female athletes with and without dynamic knee valgus (Persian)]. Journal of Exercise Science and Medicine. 2017; 9(1):83-101. [DOI:10.22059/JSMED.2017.62873]

[43] 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]

[44] Pirani M, Norasteh AA. [The effect of excessive Q angle on dynamic postural control in female athletes (Persian)]. Olympic. 2011; 18(4):131-40. [Link]

[45] Ellenberger L, Oberle F, Lorenzetti S, Frey WO, Snedeker JG, Spörri J. Dynamic knee valgus in competitive alpine skiers: Observation from youth to elite and influence of biological maturation. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2020; 30(7):1212-20. [DOI:10.1111/sms.13657] [PMID]

[46] Agostinone P, Di Paolo S, Grassi A, Pinelli E, Bontempi M, Bragonzoni L, et al. ACL deficiency influences medio-lateral tibial alignment and knee varus-valgus during in vivo activities. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2021; 29(2):389-397. [DOI:10.1007/s00167-020-05979-6] [PMID]

[47] Hollman JH, Ginos BE, Kozuchowski J, Vaughn AS, Krause DA, Youdas JW. Relationships between knee valgus, hip-muscle strength, and hip-muscle recruitment during a single-limb step-down. Journal of Sport Rehabilitation. 2009; 18(1):104-17. [DOI:10.1123/jsr.18.1.104] [PMID]

[48] Cronin B, Johnson ST, Chang E, Pollard CD, Norcross MF. Greater hip extension but not hip abduction explosive strength is associated with lesser hip adduction and knee valgus motion during a single-leg jump-cut. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2016; 4(4):2325967116639578. [DOI:10.1177/2325967116639578] [PMID] [PMCID]

[49] Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: A biomechanical perspective. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2010; 40(2):42-51. [DOI:10.2519/jospt.2010.3337] [PMID]

[50] Watanabe M, Matsumoto T, Ono S, Koseki H, Watarai K. Relationship of lower extremity alignment during the wall squat and single-leg jump: Assessment of single-leg landing using three-dimensional motion analysis. Journal of Physical Therapy Science. 2016; 28(6):1676-80. [DOI:10.1589/jpts.28.1676] [PMID] [PMCID]

[51] Räisänen AM, Pasanen K, Krosshaug T, Vasankari T, Kannus P, Heinonen A, et al. Association between frontal plane knee control and lower extremity injuries: A prospective study on young team sport athletes. BMJ Open Sport & Exercise Medicine. 2018; 4(1):e000311. [DOI:10.1136/bmjsem-2017-000311] [PMID] [PMCID]

[52] Norasteh AA, Mahmoudi H, Emami S, Hajihosseini E. [Is there a relationship between sport and osteoarthritis? (Persian)] The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2018; 7(3):285-98. [DOI:10.22037/JRM.2018.110923.1628]

[53] Nguyen AD, Shultz SJ. Sex differences in clinical measures of lower extremity alignment. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2007 ;37(7):389-98. [DOI:10.2519/jospt.2007.2487] [PMID]

[54] Nguyen AD, Shultz SJ, Schmitz RJ. Landing biomechanics in participants with different static lower extremity alignment profiles. Journal of Athletic Training. 2015; 50(5):498-507. [DOI:10.4085/1062-6050-49.6.03] [PMID] [PMCID]