Accepted Manuscript

Accepted Manuscript (Uncorrected Proof)

Title: Association Between Dynamic Knee Valgus and Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injury Risk During Landing in Athletes: A Systematic Review of Prospective Evidence

Authors: Neda Nematzadeh[1], Ali Fatahi[1,*]

1. *Department of Physical Education and Sport Sciences, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

To appear in: **Archives of Rehabilitation**

Received date: 2026/06/15

Accepted date: 2026/06/16

First Online Published: 2026/07/01

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

This is a “Just Accepted” manuscript, which has been examined by the peer-review process and has been accepted for publication. A “Just Accepted” manuscript is published online shortly after its acceptance, which is prior to technical editing and formatting and author proofing. Archives of Rehabilitation provides “Just Accepted” as an optional service which allows authors to make their results available to the research community as soon as possible after acceptance. After a manuscript has been technically edited and formatted, it will be removed from the “Just Accepted” Website and published as a published article. Please note that technical editing may introduce minor changes to the manuscript text and/or graphics which may affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Please cite this article as:

Nematzadeh N, Fatahi A. [Association Between Dynamic Knee Valgus and Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injury Risk During Landing in Athletes: A Systematic Review of Prospective Evidence (Persian)]. Archives of Rehabilitation. Forthcoming 2026.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

نسخه پذیرفته‌شده پیش از انتشار

عنوان: ارتباط بین والگوس دینامیک زانو و خطر آسیب غیرتماسی رباط صلیبی قدامی طی فرود در ورزشکاران: مروری نظامند بر مطالعات مشاهده‌ای

نویسندگان: ندا نعمت زاده[1]، علی فتاحی[1]*

[1]. *گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران*

نشریه: *آرشیو توانبخشی*

تاریخ دریافت: 1405/03/25

تاریخ پذیرش: 1405/03/26

تاریخ انتشار اولیه: 1405/04/10

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

این نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» مقاله است که پس از طی فرایند داوری، برای چاپ، قابل پذیرش تشخیص داده شده است. این نسخه در مدت کوتاهی پس از اعلام پذیرش به صورت آنلاین و قبل از فرایند ویراستاری منتشر می‌شود. نشریه آرشیو توانبخشی گزینه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» را به عنوان خدمتی به نویسندگان ارائه می‌دهد تا نتایج آن‌ها در سریع‌ترین زمان ممکن پس از پذیرش برای جامعه علمی در دسترس باشد. پس از آنکه مقاله‌ای فرایند آماده سازی و انتشار نهایی را طی می کند، از نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» خارج و در یک شماره مشخص در وب‌سایت نشریه منتشر می‌شود. شایان ذکر است صفحه آرایی و ویراستاری فنی باعث ایجاد تغییرات صوری در متن مقاله می‌شود که ممکن است بر محتوای آن تأثیر بگذارد و این امر از حیطه مسئولیت دفتر نشریه خارج است.

لطفا این‌گونه استناد شود:

Nematzadeh N, Fatahi A. [Association Between Dynamic Knee Valgus and Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injury Risk During Landing in Athletes: A Systematic Review of Prospective Evidence (Persian)]. Archives of Rehabilitation. Forthcoming 2026.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

Abstract

Background and Objective: Non-contact anterior cruciate ligament (ACL) injury remains a major concern in sport because it can produce long-term functional impairment and delayed return to play. Dynamic knee valgus is frequently considered a modifiable biomechanical contributor to ACL loading. This systematic review evaluated evidence on whether valgus movement or loading during landing tasks is associated with non-contact ACL injury risk in healthy athletes.

Methods: The review was planned and reported according to PRISMA 2020. MEDLINE through PubMed, Web of Science, Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, Google Scholar, and the Cochrane Library were searched from database inception to December 2025, and reference lists were screened manually. Eligible studies were observational investigations that quantified dynamic knee valgus during standardized landing tasks, using maximum knee abduction angle or maximum knee abduction moment, in athletes with no previous ACL injury.

Results: The search produced 456 records. After duplicate removal and screening, 16 studies published from 2002 to 2025 were retained. Four studies, 25%, were judged high quality, whereas 12 studies, 75%, were rated moderate quality. Most investigations used laboratory-based three-dimensional motion analysis with force plates and examined athletes aged mainly between 16 and 25 years. Overall, greater valgus angle or moment was commonly linked with higher non-contact ACL injury risk, especially during single-leg landing, in female athletes, and within 40 to 100 ms after initial contact. Female participants generally showed larger valgus values, with mean differences of about 4 to 10 degrees, together with greater hip internal rotation and adduction and more lateral trunk displacement. Reported contributors included reduced hip abductor and external rotator capacity, restricted ankle dorsiflexion, insufficient trunk control, fatigue, and cognitive dual-task demands. Video-based evidence also indicated that multi-planar valgus loading was frequent in actual injury sequences.

Conclusion: The available evidence supports dynamic knee valgus during landing as an observable and trainable biomechanical factor associated with non-contact ACL injury risk, particularly in young female athletes and in single-leg maneuvers. Nevertheless, variation in study designs, landing protocols, and measurement thresholds prevents strong causal inference. Prevention strategies should therefore combine neuromuscular education, technically sound landing practice, targeted hip and quadriceps strengthening, trunk and ankle stabilization, fatigue-resistance training, and lower-limb alignment correction.

Keywords: Dynamic Knee Valgus, Anterior Cruciate Ligament, Non-contact Injury, Landing Biomechanics, Sex Differences, Athletes.

1. Introduction

Dynamic knee valgus (DKV) describes a multi-planar lower-limb alignment pattern in which the knee joint center moves medially while knee abduction increases, usually together with hip adduction, hip internal rotation, and subtalar pronation (1, 2). It is commonly observed near initial ground contact and around the point of peak vertical ground reaction force during landing (3). Because this movement pattern can increase ACL loading, it has been discussed as an important biomechanical marker of injury susceptibility (4). Several biomechanical studies further suggest that valgus collapse, particularly when combined with limited knee flexion, may help explain sex-related differences in ACL injury incidence (2, 5).

Safe landing requires timely neuromuscular coordination so that the hip, knee, ankle, and trunk remain aligned under rapidly changing loads (6, 7). When such control is insufficient, the knee may move into valgus and expose the ACL to higher tensile and rotational demands (2, 8). Prospective data show that female athletes with larger knee abduction moments during landing experience higher ACL injury risk during subsequent sport participation (2, 9). Video studies of real injury events also indicate that ACL rupture often occurs very early after foot contact, near 40 ms, when valgus collapse develops rapidly (10, 11).

Different approaches have been used to assess knee valgus in landing tasks, including three-dimensional (3D) motion capture, two-dimensional (2D) video analysis, force plate methods, and structured video review (12). However, studies differ in their measurement systems, task protocols, and definitions of high valgus, which complicates synthesis across the field (13, 14). Although 3D motion analysis is usually considered the reference method, 2D video and inertial measurement units (IMUs) are increasingly used for clinically feasible and field-based screening (12, 15). Recent markerless systems and IMU-based methods may improve ecological validity while preserving acceptable measurement accuracy (16).

The landing task itself also shapes the magnitude of dynamic knee valgus. Single-leg landings generally impose greater frontal-plane knee motion and moment than double-leg landings because the support base is narrower and load sharing is reduced (16). Landing instructions, platform height, stiffness strategy, and fatigue can further alter knee kinematics (17). As a result, proposed thresholds for high valgus range from about 5 degrees in controlled laboratory contexts to more than 15 degrees in more sport-like settings (18). This diversity has improved methodological options but has also produced uncertainty about the valgus level that meaningfully corresponds to ACL injury risk (19).

Several previous systematic reviews have examined biomechanical predictors of ACL injury and have repeatedly identified knee valgus as relevant (7, 20). Yet many of those reviews grouped landing with cutting, pivoting, and deceleration tasks, making it difficult to determine the specific role of valgus during landing (21, 22). Thus, the independent contribution of landing-related valgus angle or moment to non-contact ACL injury risk remains insufficiently isolated in the review literature (7, 23).

This distinction is clinically important because landing technique is modifiable through training. Compared with cutting or pivoting, which often depends on reactive game situations, landing

mechanics can be rehearsed through strength, plyometric, balance, and neuromuscular programs. Interventions such as FIFA 11 Plus and PEP place explicit emphasis on lower-limb alignment and valgus control (24, 25). A review limited to landing-related valgus biomechanics can therefore help clarify screening priorities, potential threshold ranges, and prevention targets (7).

Accordingly, this systematic review aimed to synthesize evidence on the association between dynamic knee valgus during landing tasks and non-contact ACL injury risk. By concentrating on landing, the review seeks to define the role of valgus biomechanics more precisely and to support evidence-informed screening and prevention strategies.

2. Methods

This systematic review was conducted and reported in line with the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, PRISMA 2020, statement (26, 27).

2.1. Eligibility Criteria

The eligibility framework was organized according to the PICO structure (28):

- **Population (P):** Healthy athletes with no previous ACL injury.
- **Exposure (E):** Knee valgus movement or loading measured during landing tasks.
- **Comparison (C):** Athletes or task conditions showing higher versus lower valgus values.
- **Outcome (O):** Non-contact ACL injury verified by clinical assessment, MRI, or surgery.

Studies were retained when they satisfied the following criteria:

1. They quantified dynamic knee valgus as peak frontal-plane knee abduction angle or peak knee abduction moment during a standardized landing task, including single-leg landing, double-leg drop vertical jump, vertical jump landing, or stop-jump.
2. They evaluated the relationship between dynamic knee valgus and either the risk or the mechanism of non-contact ACL injury.
3. They studied healthy athletes without a previous ACL injury.
4. They were available as full-text articles written in English.

Cadaveric investigations, earlier systematic reviews, and studies without biomechanical information on landing-related knee valgus were excluded (1, 3, 29-31).

2.2. Information Sources

Relevant articles were identified through searches of MEDLINE via PubMed, Web of Science, Scopus, ScienceDirect, the Cochrane Library, SpringerLink, and Google Scholar. Searches covered all available years up to December 2025. Initial search terms were drawn from standardized terminology and earlier systematic reviews (30, 32), then refined to capture the complete set of eligible records. Reference lists of the included papers were also checked manually.

نسخه پذیرفته شده پس از انتشار

2.3. Search Strategy

The database strategy combined terms for knee valgus, landing tasks, ACL injury, and prospective or risk-related study designs:

("dynamic knee valgus" OR "knee valgus" OR "knee abduction angle" OR "knee abduction moment") AND ("landing" OR "drop jump" OR "single-leg landing" OR "double-leg landing" OR "stop-jump" OR "vertical jump landing") AND ("anterior cruciate ligament" OR "ACL") AND ("prospective" OR "cohort" OR "longitudinal" OR "injury risk" OR "non-contact ACL injury")

The same conceptual search was also applied in Persian databases, namely the Scientific Information Database (SID), Medlib, IranMedex, IranDoc, and Magiran, using Persian equivalents of the international terms. After all records were compiled, titles and abstracts were screened independently. Articles that satisfied the predefined eligibility criteria were moved to full-text review; those that did not were excluded. After the final assessment, 16 full-text articles were included.

Table 1: Synthesized characteristics and main findings of the included studies (n = 16).

No.	Authors (Year)	Study Focus	Study Population	Comparison	Research Design	Key Conclusion
1	Chappell et al. (2002)(22)	Stop-jump knee kinetics and kinematics	Recreational or professional athletes	Task phases compared	Laboratory biomechanics	Landing phases showed greater valgus-related loading.
2	Olsen et al. (2004)(21)	Video-based ACL injury mechanisms in youth handball	Youth handball players	Recorded injury situations	Video analysis	Valgus collapse was frequently visible in injury sequences.
3	Hewett et al. (2005)(2)	Neuromuscular control measures and ACL risk prediction	Competitive athletes	Injured athletes compared with uninjured athletes	Prospective cohort	Knee valgus measures helped predict later non-contact ACL injury.
4	McLean et al.	Lower-limb	Professiona	High-	Laboratory	Greater

No.	Authors (Year)	Study Focus	Study Population	Comparison	Research Design	Key Conclusion
	(2005)(33)	control patterns related to valgus posture	l athletes	valgus compared with low-valgus profiles	biomechanics	valgus was linked with altered neuromuscular control.
5	Sigward (2007)(34)	Sex-related landing mechanics in active females	Physically active females	Task or skill conditions compared	Laboratory biomechanics	Hip and knee mechanics contributed to valgus loading patterns.
6	Krosshaug et al. (2007)(5)	Three-dimensional reconstruction of ACL injury mechanisms	Handball and soccer players	Real sport injury events	Video-based biomechanical reconstruction	Dynamic valgus was identified as an important injury mechanism.
7	Pollard et al. (2007)(35)	Sex differences in hip and knee mechanics during cutting	Basketball players	Female athletes compared with male athletes	Laboratory biomechanics	Females showed greater frontal-plane knee motion.
8	Hewett et al. (2009)(36)	Trunk and knee motion during non-contact ACL injury	Female athletes	Sport injury scenarios compared	Video analysis	ACL injuries commonly occurred during deceleration and landing actions.
9	Ford et al. (2010) (37)	Developmental differences in landing-related knee abduction	Adolescent athletes	Sex and maturation groups compared	Observational study	Valgus loading varied by sex and development

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

No.	Authors (Year)	Study Focus	Study Population	Comparison	Research Design	Key Conclusion
						al stage.
10	Schmitz et al. (2007) (38)	Single-leg landing biomechanics by sex	Healthy adults	Female participants compared with male participants	Laboratory biomechanics	Females exhibited larger valgus angles during landing.
11	Dix et al. (2020) (39)	Sport-specific biomechanical predictors in soccer	Soccer players	Injured players compared with uninjured players	Prospective cohort	Selected biomechanical variables differentiated athletes who sustained ACL injury.
12	Ford et al. (2010) (40)	Youth landing mechanics and knee abduction by sex	Youth basketball and soccer players	Female athletes compared with male athletes	Observational study	Females showed greater knee abduction during landing.
13	Kagaya et al. (2015)(41)	Hip abductor capacity and lower-limb alignment during landing	Healthy adults	Male participants compared with female participants	Laboratory biomechanics	Hip strength and rear-foot alignment were associated with knee valgus.
14	Donnelly et al. (2012)(42)	Frontal-plane mechanics and ACL loading risk	Collegiate athletes	High-risk compared with low-risk profiles	Laboratory biomechanics	Valgus-related mechanics were associated with greater

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

No.	Authors (Year)	Study Focus	Study Population	Comparison	Research Design	Key Conclusion
						injury risk indicators.
15	Kristianslund et al. (2014)(43)	Sidestep cutting technique and knee abduction loading	Female soccer players	Cutting tasks compared with other skills	Laboratory biomechanics	Large valgus angles were observed during cutting maneuvers.
16	Leppänen et al. (2017)	Knee control quality and later ACL injury risk	Young athletes	Injured athletes compared with uninjured athletes	Prospective cohort	Poor knee control was associated with higher ACL injury risk.

2.4. Selection Process

Two reviewers, N.N. and A.F., independently screened titles and abstracts and then examined the full text of potentially relevant articles. Disagreements about inclusion were settled through discussion until consensus was reached.

2.5. Risk of Bias in Individual Studies

Methodological quality was appraised independently by the same two reviewers, N.N. and A.F., using a modified Downs and Black checklist (44). Sixteen items suitable for observational designs were selected from the original 27-item instrument. The total possible score was 17, with higher values reflecting stronger methodological quality. Item 5, concerning the reporting and control of confounding, was scored from 0 to 2; all other items were scored 0 or 1. Differences between reviewers were resolved by consensus.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

Table 2. Methodological quality assessment of the included studies using the modified Downs and Black checklist (Maximum Score = 17)

Authors (Year)	Q1	Q2	Q3	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q18	Q20	Q21	Q26	Q27	Total Score (Max: 17)	Quality Status
Chappell et al. (2002)(22)	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	14	Moderate
Olsen et al. (2004)(21)	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	15	High
Hewett et al. (2005)(2)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	Moderate
McLean et al. (2005)(33)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	Moderate
Sigward & Powers (2007)(34)	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	15	High
Krosshaug et al. (2007)(5)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	Moderate
Pollard et al. (2007)(35)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	Moderate
Boden et al. (2009)(36)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	Moderate
Ford et al. (2010)(37)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	Moderate
Schmitz et al. (2007)(38)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	Moderate
Dix et al. (2020)(39)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	Moderate
Ford et al. (2010)(40)	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	15	High
Kagaya et al. (2015)(41)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	Moderate
Donnelly et al. (2012)(42)	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	15	High
Kristianslund et al. (2014)(43)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	Moderate
Leppänen et al. (2017)(45)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	Moderate

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

3. Results

3.1. Study Selection

The search process yielded 456 records. After 182 duplicates were removed, 274 titles and abstracts were assessed. At this stage, 198 records were excluded because they did not meet the inclusion criteria, most commonly because they used cross-sectional designs without injury follow-up, examined non-landing tasks, or lacked relevant longitudinal injury data. Seventy-six full-text articles were then reviewed, and 16 primary studies met all eligibility criteria (Figure 1; PRISMA flowchart).

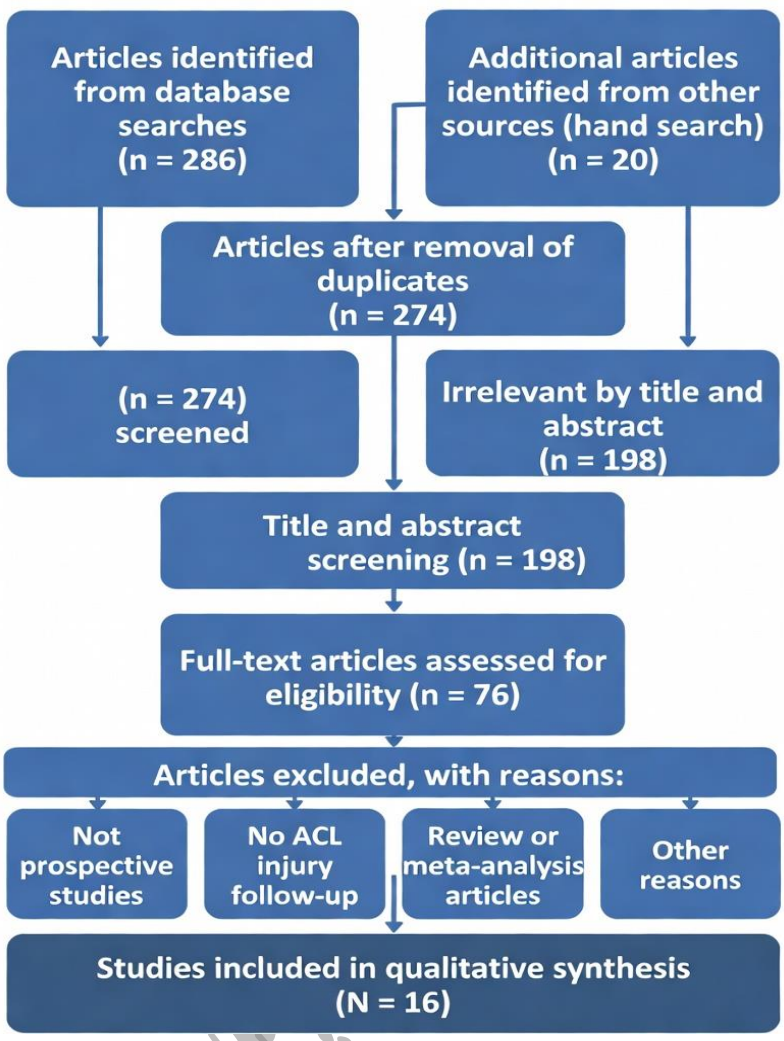


Figure 1. PRISMA Flow Diagram

3.2. Study Characteristics

The included studies varied in design. Four were prospective cohort studies with follow-up for injury occurrence, three used video analysis of recorded ACL injuries, and nine were laboratory-based or cross-sectional biomechanical investigations. Participants were mainly young competitive or active athletes, approximately 16 to 25 years old, from sports with frequent jumping and pivoting demands, including basketball, volleyball, soccer, handball, and track and field. Reported sample sizes ranged from 16 to 205 participants.

Most studies, about 85%, measured kinematics and kinetics with 3D motion analysis and force plates. Other studies used 2D video analysis, electromyography, or modeling tools such as OpenSim. The landing tasks most often examined were drop vertical jump, single-leg landing, jump landing, and stop-jump maneuvers. Approximately 30% of the studies included sex-based comparisons, and these analyses generally showed larger dynamic knee valgus in females.

3.3. Methodological Quality

Quality assessment was performed with the modified Downs and Black checklist, which included 16 items and a maximum score of 17. Scores ranged from 14 to 15, with a mean of 14.2 and a standard deviation of 0.4. Using the predefined categories, high quality was defined as 15 to 17, moderate quality as 12 to 14, and low quality as less than 12. Four studies, 25%, were categorized as high quality, and 12 studies, 75%, were categorized as moderate quality. No study was rated as low quality.

Across the included literature, common strengths were explicit aims, clear outcome reporting, and adequate description of participants. Recurrent weaknesses were the absence of formal sample-size or power calculations in nearly all studies, 95%, and incomplete control of confounders such as age, sex, and competitive level in about 70% of the papers. No article was removed from the synthesis on quality grounds.

3.4. Main Findings

3.4.1. Association Between Dynamic Knee Valgus and Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injury Risk

Across the seven analyses based on injury videos or injury simulations, ACL injury was often preceded by sport-specific situations such as offensive pressing or tackling, 44%, opponent pressure, balance recovery after kicking, or uncontrolled landing after a jump. Most injuries, 88%, were classified as non-contact, although indirect contact, such as close opponent presence without knee contact, was also common.

The most frequent mechanical presentation was multi-planar valgus loading. This pattern involved frontal-plane knee abduction together with hip adduction or internal rotation and lateral trunk flexion and was observed in 81% of cases. Fatigue, dual cognitive task demands, and reduced trunk stability were also reported to intensify valgus magnitude, with statistically significant increases in several studies, $p < 0.05$.

3.4.2. Sex Differences

The reviewed studies showed clear sex-related differences in landing biomechanics. Females generally reached higher peak knee abduction angles than males, with reported mean differences of 4 to 10 degrees, $p < 0.001$, Cohen's $d = 0.8$ to 1.2, reflecting a large effect. The contrast was greater in single-leg landings, 7 to 10 degrees, than in double-leg landings, 4 to 6 degrees. Peak knee abduction moments were also higher in females, with mean differences of 15 to 25 Nm, $p < 0.01$, Cohen's $d = 0.6$ to 0.9.

Multi-planar analysis further indicated that females displayed a distinct lower-extremity and trunk profile. Compared with males, they showed greater hip adduction and internal rotation, with mean differences of 5 to 8 degrees, $p < 0.05$, Cohen's $d = 0.5$ to 0.7; less knee flexion at initial contact, with mean differences of 8 to 12 degrees, $p < 0.01$; and greater lateral trunk displacement, approximately 30% to 40% higher, $p < 0.05$. These sex-specific differences were

most pronounced within 40 to 100 ms after initial ground contact, the interval in which peak vertical ground reaction force and high ACL loading typically occur.

4. Discussion

This review indicates that landing-related dynamic knee valgus is a clinically relevant, observable, and modifiable biomechanical factor associated with non-contact ACL injury in athletes. Fourteen of the 16 included studies, approximately 88%, reported a positive association between greater valgus behavior and higher ACL injury risk or injury-relevant loading. The pattern appeared most critical during the early deceleration phase after foot contact, especially within 40 to 100 ms, which corresponds closely with mechanisms described in real-world injury videos.

These findings agree with Cronström et al. (2020), whose systematic review and meta-analysis identified knee abduction moment as a prospective predictor of ACL injury risk. They are also consistent with the classic prospective work of Hewett et al. (2005), in which laboratory-based valgus measures predicted subsequent ACL injury in female athletes. More recently, Sigurðsson et al. (2025) proposed the early peak knee abduction moment waveform as an independent predictor in young athletes, suggesting that the timing of valgus loading may be as important as its magnitude. Studies that failed to identify a significant relationship generally had smaller samples or shorter follow-up, which may have reduced statistical power.

Sex-related differences were a consistent theme. Female athletes tended to show greater dynamic valgus, with mean peak differences of about 4 to 8 degrees and moderate-to-large effects, along with larger hip internal rotation and more lateral trunk displacement during landing. Male athletes more often showed inter-limb asymmetry rather than bilateral valgus dominance. Plausible mechanisms include lower relative strength of the hip abductors and external rotators, which weakens frontal-plane control; larger Q-angle, which can increase valgus leverage; and cyclic hormonal effects on ligament laxity.

These mechanisms may combine to increase valgus-rotatory loading and ACL strain under multi-planar forces. The observed sex-specific movement profile is therefore compatible with the substantially higher ACL injury incidence reported for female athletes and supports prevention approaches that are tailored to sex-specific biomechanical risk patterns.

The valgus-injury relationship was stronger during single-leg landing than during double-leg landing, with mean valgus differences of 8 to 12 degrees. Single-leg tasks increase valgus demand because the base of support is reduced, load distribution is more asymmetric, and neuromuscular control requirements are greater. This interpretation is consistent with video analyses showing that many non-contact ACL injuries occur during one-leg actions, including jump landing, recovery after kicking, and rapid deceleration.

In these injury scenarios, the common mechanical profile was simultaneous knee abduction, hip adduction or internal rotation, and lateral trunk tilt, observed in 81% of analyzed cases. Clinically, this supports the inclusion of single-leg landing assessments in screening protocols for athletes considered at elevated ACL injury risk.

Several modifiable intrinsic factors were repeatedly associated with larger dynamic knee valgus, including weakness of the hip abductors and external rotators, restricted ankle dorsiflexion, and inadequate core stability. Fatigue and dual cognitive task conditions further increased valgus severity. These findings highlight the importance of trunk control and fatigue resistance for preserving lower-limb alignment during sport-specific demands.

From a practical standpoint, the role of hip abductor weakness supports the use of exercises such as single-leg squats, lateral band walks, and resistance-band strengthening within injury-prevention programs, including FIFA 11 Plus and PEP. Accessible screening with 2D video or inertial sensors may also help identify high-risk athletes before injury occurs. Because females showed distinct valgus-related profiles, prevention programs should include sex-sensitive neuromuscular components.

Despite the strength of the overall association, interpretation is limited by methodological heterogeneity. Measurement approaches varied from 3D motion capture to 2D video and inertial sensors, affecting both precision and comparability. Definitions of high valgus also differed substantially, ranging from about 5 to 15 degrees, depending on the task, landing instruction, jump height, and fatigue condition. Consequently, a universal risk threshold cannot yet be justified, and future work requires more standardized protocols.

Other limitations within the evidence base include small samples, infrequent power calculations, and incomplete adjustment for confounding variables. These issues, together with differences in task protocols and injury ascertainment, prevented quantitative meta-analysis. Future studies should use harmonized measurement methods, longer follow-up, accurate injury surveillance, and more diverse athlete samples, including males, older athletes, and different competitive levels.

Limitations

Several limitations of this review should be recognized. First, excluding non-English studies and retrospective designs may have reduced the available evidence and introduced language or publication bias, although these restrictions were applied to maintain methodological consistency. Second, the search covered major databases only up to December 2025, so grey literature and newer records may not have been captured. Third, heterogeneity in valgus assessment methods, including 3D, 2D, and video-based approaches, as well as variation in high-valgus definitions and landing protocols, made meta-analysis inappropriate.

The included studies also differed in design. Some were prospective cohorts with injury follow-up, whereas others were laboratory cross-sectional studies or video analyses. This design diversity limits direct comparability and should be considered when interpreting the results. In addition, the evidence was concentrated mainly on young female athletes, which restricts generalization to male athletes, older groups, and other competitive levels.

Finally, confounders such as fatigue, cognitive load, and menstrual-cycle related hormonal variation were reported inconsistently, and most studies did not include formal power calculations. The exclusive focus on landing tasks may also omit the contribution of valgus

during other high-risk movements such as cutting and pivoting. Nevertheless, this focus was necessary for the review question. Future studies should prioritize standardized assessment, longer follow-up, better confounder control, and broader participant representation so that future meta-analyses become feasible.

5. Conclusion

This systematic review shows that dynamic knee valgus during landing, especially in female athletes and during single-leg tasks, is strongly associated with non-contact ACL injury risk. Although measurement approaches, landing protocols, and high-valgus criteria differed across studies, the evidence consistently supports a meaningful clinical relationship between valgus behavior and injury risk. Neuromuscular prevention programs that target lower-limb alignment, hip strength, trunk stability, ankle control, and fatigue resistance may reduce ACL injury incidence in high-risk athletes. Future research should establish standardized assessment procedures and conduct rigorous prospective studies to define mechanisms, thresholds, and optimized preventive strategies more precisely.

Ethical Approval

This systematic review used previously published evidence retrieved from electronic databases and did not involve direct intervention with human or animal participants. Therefore, a new university ethics approval code was not required. Across searching, screening, and data extraction, the authors followed research ethics principles, including scientific integrity, avoidance of plagiarism, and accurate citation of original sources. The primary studies included in the review had addressed informed consent and participant confidentiality according to their own study procedures.

Funding

No grant or specific financial support was received from public, commercial, or non-profit funding bodies for this research.

Authors' Contributions

- Conceptualization and Study Design: Neda Nematzadeh, Ali Fatahi
- Methodology and Systematic Search: Neda Nematzadeh, Ali Fatahi
- Screening and Data Extraction: Neda Nematzadeh, Ali Fatahi
- Interpretation of Results: Ali Fatahi
- Drafting the Initial Manuscript: Neda Nematzadeh
- Editing, Critical Review, and Finalization of the Manuscript: Neda Nematzadeh, Ali Fatahi
- Supervision and Project Management: Ali Fatahi

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

Conflict of Interest

The authors report no financial, professional, or personal conflicts of interest that could have affected the results or interpretation of this manuscript.

Artificial Intelligence Statement

Large language model (LLM) tools were used only for language editing and formatting support to improve readability and flow. The authors supervised and approved all scientific content, data interpretation, conclusions, and the final version of the manuscript, and they retain full responsibility for the work.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

چکیده

پیش زمینه و هدف: آسیب رباط صلیبی قدامی (ACL) یکی از شایع ترین و مخرب ترین آسیب های ورزشی است که هزینه های زیادی را به ورزشکاران تحمیل می‌کند. والگوس دینامیک زانو به عنوان یک عامل خطر بیومکانیکی کلیدی مطرح شده است. هدف این بررسی نظام مند، تمرکز اختصاصی بر رابطه والگوس دینامیک زانو در مهارت فرود و خطر آسیب غیر تماسی ACL در ورزشکاران سالم بود.

روش شناسی: مطابق با دستور العملPRISMA 2020 ، پایگاه های داده مدلاین (پاب‌مد)، وب آو ساینس، اسکوپوس، ساینس‌دایرکت، اسپرینگر لینک، گوگل اسکالر و کتابخانه کاکرین از ابتدا تا دسامبر ۲۰۲۵ به صورت نظام مند جستجو شدند. جستجوی دستی در فهرست منابع مقالات نیز انجام گرفت. معیار ورود شامل مطالعات مشاهده ای بود که والگوس دینامیک زانو را به‌صورت «حداکثر زاویه ابداکشن زانو» یا «حداکثر ممان ابداکشن زانو» طی فرود استاندارد در ورزشکاران بدون سابقه ACL اندازه‌گیری کرده بودند.

نتایج: از ۴۵۶ رکورد اولیه، پس از حذف موارد تکراری و غربالگری، ۱۶ مطالعه (منتشر شده بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۵) وارد تحلیل نهایی شدند. از نظر کیفیت روش شناسی، ۴ مطالعه (٪۲۵) دارای کیفیت بالا و ۱۲ مطالعه (٪۷۵) دارای کیفیت متوسط بودند. اغلب مطالعات در محیط آزمایشگاهی با آنالیز حرکتی سه بعدی و صفحات نیرو انجام شدند و شرکت کنندگان عمدتاً ورزشکاران ۱۶ تا ۲۵ ساله بودند. در ۱۵ مطالعه از ۱۶ مطالعه (٪۸۹)، والگوس دینامیک بیشتر (زاویه/ممان بالاتر) با افزایش خطر آسیب غیر تماسی ACL ارتباط مثبت و معناداری داشت. این ارتباط در فرود های تک پا، در زنان و در بازه ۴۰ تا ۱۰۰ میلی ثانیه پس از تماس اولیه قوی تر بود. زنان به طور پایدار والگوس و ممان ابداکشن بیشتری (میانگین ۴ تا ۱۰ درجه بالاتر) همراه با چرخش داخلی و اداکشن بیشتر ران و جا به جایی جانبی بزرگ تر تنه نشان دادند. عوامل تشدید کننده شامل ضعف ابداکتورها و روتاتورهای خارجی ران، محدودیت دورسی فلکشن مچ پا، ناپایداری تنه، خستگی نوروماسکولار و بارگذاری شناختی دوگانه بود. تحلیل های ویدئویی آسیب های واقعی نیز غالب بودن الگوی بارگذاری والگوس چند صفحه‌ای را در بیش از ٪۸۰ موارد گزارش کردند.

نتیجه‌گیری: شواهد موجود نشان می‌دهد که والگوس دینامیک زانو طی فرود، با خطر آسیب غیرتماسی ACL ارتباط معناداری دارد و به‌عنوان یک عامل خطر بیومکانیکی قابل شناسایی و قابل اصلاح مطرح است؛ هرچند ناهمگنی روش‌شناختی مطالعات، استنباط علّی قطعی را محدود می‌کند؛ به‌ویژه در زنان جوان و مانورهای تک‌پا. برنامه‌های پیشگیری مبتنی بر آموزش نوروماسکولار و تکنیک صحیح فرود، تقویت هدفمند (چهارسر، لگن)، بهبود ثبات مرکزی و مچ پا، افزایش مقاومت به خستگی و اصلاح الایمنت اندام تحتانی می‌توانند در کاهش شیوع آسیب مؤثر باشند.

کلیدواژه‌ها: والگوس دینامیک زانو، رباط صلیبی قدامی، آسیب غیر تماسی، بیومکانیک فرود، تفاوت های جنسیتی، ورزشکاران.

۱

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

.مقدمه

والگوس دینامیک زانو یک الگوی حرکتی چند صفحه‌ای است (1) که با جابه‌جایی داخلی مرکز مفصل زانو، افزایش ابداکشن زانو، اداکشن ران همراه با چرخش داخلی، و پرونیشن بیش‌ازحد مفصل ساب‌تالار مشخص می‌شود (۲) این الگو اغلب در لحظه تماس اولیه پا با زمین و هنگام رسیدن به اوج نیروی عکس‌العمل زمین در مهارت فرود دیده می‌شود (۳). والگوس دینامیک زانو به‌عنوان عامل کلیدی مرتبط با بارگذاری رباط صلیبی قدامی و خطر احتمالی آسیب شناسایی شده است (۴)؛ بررسی‌های بیومکانیکی پیشنهاد کرده‌اند که فروپاشی والگوس دینامیک، مکانیسم اصلی زیر بنایی تفاوت جنسیتی در نرخ آسیب رباط صلیبی قدامی است، به ویژه وقتی با فلکشن محدود زانو ترکیب شود (۲, ۵) .

فرود مؤثر نیازمند کنترل نوروماسکولار هماهنگ برای حفظ الایمنت مناسب اندام تحتانی است (۶, ۷).هنگامی که این کنترل ناکافی باشد، فروپاشی والگوس زانو رخ داده، فشار بر رباط صلیبی قدامی افزایش می‌یابد و استرین رباط به‌طور قابل توجهی بالا می‌رود(۲, ۸) .شواهد آینده‌نگر نشان داده‌اند که ورزشکاران زنی که ممان ابداکشن زانو بالاتری طی فرود دارند، خطر معناداری بیشتری برای آسیب ACL در فصل های رقابتی دارند (۲, ۹). همچنین تحلیل‌های ویدئویی آسیب‌های واقعی نشان داده‌اند که لحظه بحرانی پارگی ACL حدود ۴۰ میلی‌ثانیه پس از تماس اولیه و با فروپاشی سریع والگوس زانو رخ می‌دهد (۱۰, ۱۱).

روش های مختلفی برای کمی سازی والگوس زانو طی مهارت فرود توسعه یافته است، از جمله ضبط حرکت سه بعدی، تحلیل ویدئویی دو بعدی، ارزیابی های مبتنی بر صفحه نیرو[1] و بررسی ویدئویی نظامند (۱۲). با این حال، ناهمگنی در تکنیک های اندازه‌گیری، مهارت فرود (مانند پرش-فرود، پرش عمودی، فرود تک پا) و سطح های مورد استفاده برای تعریف «والگوس بالا»، نتیجه‌گیری منسجم از ادبیات موجود را چالش برانگیز کرده است (۱۳, ۱۴). روش های اندازه گیری والگوس زانو از آنالیز حرکت سه بعدی به عنوان استاندارد طلایی تا تحلیل ویدئویی دو بعدی و واحد های اندازه گیری اینرسی متفاوت است.(۱۲, ۱۵). در سال های اخیر، واحد های اندازه گیری اینرسی و سیستم های ردیابی حرکت بدون مارکر گزینه های امیدوار کننده‌ای ارائه داده‌اند که ارزیابی میدانی را با اعتبار بهبود یافته ممکن می‌سازند (۱۶). علاوه بر این، خود مهارت فرود به‌طور حیاتی بر شدت والگوس دینامیک زانو تأثیر می‌گذارد. برای مثال، فرود های تک پا معمولاً زوایا و ممان های والگوس زانو بیشتری نسبت به فرودهای دو پا ایجاد می‌کنند، به دلیل اینکه سطح اتکا کاهش یافته و عدم تقارن بار بالاتر میگردد (۱۶). دستورالعمل های مهارتی (مانند فرود نرم در مقابل سفت)، ارتفاع فرود و وضعیت خستگی نتایج سینماتیکی را تعدیل می‌کنند (۱۷). در نتیجه، آستانه های والگوس بالا گزارش شده به‌طور گسترده‌ای متفاوت بوده (از حدود ۵ درجه در تنظیمات آزمایشگاهی کنترل‌شده تا بیش از ۱۵ درجه در حرکات شبه مسابقه ای[2]) که مقایسه بین مطالعه‌ای را دشوار می‌کند (۱۸). این تنوع روش شناسی، در حالی که دقت اندازه‌گیری را پیش می‌برد، همزمان شواهد متعارضی در مورد آستانه واقعی والگوس دینامیک زانو مرتبط با خطر آسیب رباط صلیبی قدامی تولید کرده و نیاز به سنتز نظامند و استانداردسازی را برجسته می‌کند(۱۹).

بررسی های نظامند قبلی عوامل خطر بیومکانیکی برای آسیب رباط صلیبی قدامی را بررسی کرده‌اند و بسیاری والگوس دینامیک زانو را به‌عنوان عامل مهم برجسته کرده‌اند (۷, ۲۰).با این حال، بیشتر بررسی‌های قبلی مهارت های حرکتی متنوعی مانند کاتینگ، پیوتینگ، کاهش سرعت و فرود را ترکیب کرده‌اند که جدا سازی تأثیر خاص بیومکانیک والگوس طی فرود را دشوار می‌کند (۲۱, ۲۲). تا کنون، هیچ بررسی نظامندی به‌طور جامع و منحصراً بر ارزیابی ارتباط کمی بین زاویه والگوس دینامیک زانو

[1] -Force Plate
[2] -Game-like Conditions

طی فرود و خطر آسیب غیرتماسی رباط صلیبی قدامی تمرکز نکرده است (۷). در نتیجه، در حالی که این بررسی‌ها والگوس دینامیک زانو را به عنوان شاخص خطر مهم شناسایی کردند، نتوانستند تعیین کنند آیا والگوس طی فرود به تنهایی به طور مستقل خطر آسیب غیر تماسی رباط صلیبی قدامی را پیش‌بینی می‌کند (۷, ۲۳) .

علاوه بر این، فرود یک مهارت قابل اصلاح و قابل تمرین است. برخلاف کاتینگ یا پیوتینگ که یک مهارت ذاتی و بدون تمرین است، مکانیک فرود می‌تواند از طریق مداخلات مبتنی بر برنامه های توانی[3] و نوروماسکولار مانند برنامه‌های FIFA 11+ یا PEP هدف قرار گیرد که بر کنترل والگوس و الایمنت مناسب اندام تحتانی تأکید دارند (۲۴, ۲۵) . بنابراین، بررسی جامع که منحصراً بر بیومکانیک والگوس مرتبط با فرود تمرکز کند، ضروری است تا مقادیر سطح را روشن کند، پروتکل‌های غربالگری را پالایش کند و استراتژی های تمرینی پیشگیری را هدایت کند. هدف اصلی این بررسی نظامند، بررسی شواهد موجود در مورد ارتباط بین والگوس دینامیک زانو طی مهارت فرود و خطر آسیب غیر تماسی رباط صلیبی قدامی است. با روشن کردن نقش خاص بیومکانیک والگوس طی فرود، این بررسی به دنبال پر کردن ناسازگاری های فعلی در ادبیات و ارائه جهت گیری مبتنی بر شواهد برای برنامه‌های پیشگیری از آسیب و استراتژی های ارزیابی بالینی است.

۲. روش بررسی

این بررسی نظامند طبق بیانیه گزارش دهی ترجیحی برای بررسی‌های نظامند و متاآنالیزها پریسمای ۲۰۲۰(۲۶, ۲۷) انجام شد.

۲.۱ معیارهای واجد شرایط بودن

این مطالعه بر اساس چارچوب پیکو (۲۸) طراحی شد: جمعیت مورد مطالعه (P) ورزشکاران سالم بدون سابقه آسیب رباط صلیبی قدامی، عامل مواجهه (E) والگوس دینامیک زانو طی مهارت فرود، گروه مقایسه (C) ورزشکاران با والگوس بالا در برابر والگوس پایین، و پیامد (O) آسیب غیر تماسی رباط صلیبی قدامی تأیید شده با معاینه بالینی، MRIیا جراحی بود.

مطالعاتی که شامل شدند:

۱) والگوس دینامیک زانو (تعریف شده به‌عنوان حداکثر زاویه ابداکشن صفحه فرونتال زانو یا حداکثر ممان ابداکشن زانو) را طی یک مهارت فرود استاندارد مانند فرود تک‌پا، پرش-فرود دوپا، پرش عمودی با فرود یا پرش توقف اندازه‌گیری کرده باشند؛

۲) ارتباط بین والگوس دینامیک زانو و خطر یا مکانیسم آسیب غیر تماسی رباط صلیبی قدامی را بررسی کرده باشند؛

۳) ورزشکاران سالم بدون سابقه آسیب رباط صلیبی قدامی قبلی را در برگرفته باشند؛ و به عنوان مقالات کامل به زبان انگلیسی منتشر شده باشند.

مطالعات کاداوری، بررسی های نظامند پیشین و مطالعاتی که هیچ داده بیومکانیکی از والگوس زانو طی فرود ارائه نداده بودند کنار گذاشته شدند(۱, ۳, ۳۱-۲۹).

۲.۲ .منابع اطلاعاتی

[3] - Power

مقالات با جستجوی پایگاه‌های اطلاعاتی مدلاین (از طریق پاب‌مد)، وب آو ساینس، اسکوپوس، ساینس دایرکت، کتابخانه کاکرین ،اسپرینگر لینک و گوگل اسکالر شناسایی شدند. دوره جستجو از آغاز تا دسامبر ۲۰۲۵ را پوشش داد. کلید واژه‌ها در اصل از اصطلاحات استاندارد و با توجه به مقالات سیستماتیک قبلی انتخاب شده (۳۰, ۳۲) و سپس تا حدی اصلاح شدند تا اطمینان حاصل شود که همه مطالعات واجد شرایط پیدا شده‌اند. علاوه بر این، جستجوی دستی و بررسی کامل منابع مقالات نیز انجام شد.

۲.۳ .استراتژی جستجو

جستجوی پایگاه‌های اطلاعاتی با کلید واژه‌هایی مانند:

("dynamic knee valgus" OR "knee valgus" OR "knee abduction angle" OR "knee abduction moment") AND ("landing" OR "drop jump" OR "single-leg landing" OR "double-leg landing" OR "stop-jump" OR "vertical jump landing") AND ("anterior cruciate ligament" OR "ACL") AND ("prospective" OR "cohort" OR "longitudinal" OR "injury risk" OR "non-contact ACL injury")

انجام شد. همچنین این کار در پایگاه‌های فارسی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، مدلایب، ایرانمدکس، ایرانداک و مگایران با معادل کلیدواژه‌های جستجوشده به زبان انگلیسی از پایگاه‌های داده بین المللی انجام شد. پس از گردآوری نتایج جستجو، ابتدا عنوان و سپس چکیده مقالات مطالعه شد. چنانچه مقالات با معیار ورود و خروج همخوانی داشت، از نتایج آن در مطالعه مروری استفاده و در غیر این صورت کنار گذاشته می‌شد. بر اساس معیارها و اهداف تحقیق، ۱۶ مقاله پس از مراحل ارزیابی انتخاب شد. تمام مقالات به‌صورت متن کامل ارزیابی شد.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

جدول ۱- خلاصه یافته‌های کلیدی مطالعات واردشده (n =16)

ردیف	نویسندگان (سال)	عنوان مقاله	جمعیت مطالعه	مقایسه	طراح پژوهش	نتیجه‌گیری کلیدی
۱	چاپل و همکاران (۲۰۰۲)(۲۲)	سینماتیک زانو طی مهارت پرش توقف	ورزشکاران حرفه‌ای	فازهای مختلف اجرای مهارت در برابر هم	مطالعه آزمایشگاهی	ممان‌های والگوس بالاتر طی فازهای فرود
۲	اولسن و همکاران (۲۰۰۴)(۲۱)	مکانیسم‌های آسیب در هندبال جوانان	بازیکنان هندبال جوان	موقعیت‌های بروز آسیب	تحلیل ویدئویی	فروپاشی والگوس شایع در آسیب‌های رباط صلیبی قدامی
۳	هیوت و همکاران (۲۰۰۵)(۲)	اندازه‌گیری‌های بیومکانیکی کنترل نوروماسکولار و خطر آسیب رباط صلیبی قدامی	ورزشکاران رقابتی	ورزشکاران آسیب‌دیده در برابر غیرآسیب‌دیده	کوهورت آینده نگر	والگوس زانو آسیب غیرتماسی رباط صلیبی قدامی را پیش‌بینی کرد
۴	مک‌لین و همکاران (۲۰۰۵)(۳۳)	کنترل نوروماسکولار و والگوس زانو	ورزشکاران حرفه‌ای	مقایسه والگوس بالا در مقابل پایین	مطالعه آزمایشگاهی	افزایش والگوس با کنترل تغییر یافته مرتبط بود
۵	سیگوارد (۲۰۰۷)(۳۴)	تأثیر جنسیت بر مکانیک فرود	زنان فعال از نظر بدنی	شرایط مختلف وظیفه یا مهارتی	مطالعه آزمایشگاهی	مکانیک ران و زانو به والگوس کمک کرد
۶	کروشاوگ و همکاران (۲۰۰۷)(۵)	مکانیسم‌های آسیب رباط صلیبی قدامی در ورزش‌ها	بازیکنان هندبال و فوتبال	رویدادهای واقعی آسیب در مسابقات	تحلیل ویدئویی	والگوس دینامیک زانو به‌عنوان مکانیسم کلیدی شناسایی شد
۷	پولارد و همکاران (۲۰۰۷)(۳۵)	تفاوت‌های جنسیتی در مکانیک زانو	بازیکنان بسکتبال	مقایسه زنان و مردان	مطالعه آزمایشگاهی	ح رکت صفحه فرونتال زانو بیشتر در زنان
۸	هیوت و همکاران (۲۰۰۹)(۳۶)	مکانیسم‌های آسیب رباط صلیبی قدامی در ورزشکاران زن	ورزشکاران زن	سناریوهای آسیب ورزشی مختلف	تحلیل ویدئویی	آسیب‌ها طی کاهش سرعت و فرود رخ داد
۹	فورد و همکاران (۲۰۱۰)(۳۷)	تفاوت‌های جنسیتی طولی در ابداکشن زانو طی فرود در ورزشکاران جوان	ورزشکاران نوجوان	جنسیت و مرحله رشد	مطالعه مشاهده ای	بارگذاری والگوس بر اساس جنسیت و سن متفاوت بود
۱۰	شمیتز و همکاران (۲۰۰۷)(۳۸)	تفاوت‌های جنسیتی در بیومکانیک اندام تحتانی	بزرگسالان سالم	زنان در مقابل مردان	مطالعه آزمایشگاهی	زنان زوایای والگوس بیشتری نشان دادند
۱۱	دیکس و	آسیب‌های غیرتماسی رباط	بازیکنان فوتبال	افراد آسیب‌دیده در مقابل	کوهورت آینده نگر	عوامل بیومکانیکی با آسیب رباط صلیبی قدامی مرتبط بودند

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

	همکاران (۲۰۲۰)(۳۹)	صلیبی قدامی در فوتبال		غیرآسیب‌دیده		
۱۲	فورد و همکاران (۲۰۱۰)(۴۰)	تفاوت‌های جنسیتی در ابداکشن زانو طی فرود	بازیکنان جوان بسکتبال و فوتبال	زنان در مقابل مردان	مطالعه مشاهده ای	زنان زوایای ابداکشن زانو بیشتری نشان دادند
۱۳	کاگایا و همکاران (۲۰۱۵)(۴۱)	عملکرد ابداکتور ران و سینماتیک فرود	بزرگسالان سالم	مردان در مقابل زنان	مطالعه آزمایشگاهی	تفاوت‌های جنسیتی در قدرت ران و والگوس زانو
۱۴	دانلی و همکاران (۲۰۱۲)(۴۲)	مکانیک صفحه فرونتال و خطر آسیب	ورزشکاران دانشگاهی	ورزشکاران پرخطر در مقابل کم‌خطر	مطالعه آزمایشگاهی	مکانیک والگوس با خطر آسیب مرتبط بود
۱۵	کریستیانسلوند و همکاران (۲۰۱۴)(۴۳)	مانورهای کاتینگ و والگوس زانو	بازیکنان فوتبال زن	وظیفه کاتینگ در برابر سایر مهارت‌ها	مطالعه آزمایشگاهی	زوایای والگوس بالا طی حرکات کاتینگ مشاهده شد
۱۶	لپانن و همکاران (۲۰۱۷)	کنترل ضعیف زانو و خطر آسیب رباط صلیبی قدامی	ورزشکاران جوان	افراد آسیب‌دیده در مقابل غیرآسیب‌دیده	کوهورت آینده نگر	کنترل ضعیف زانو خطر رباط صلیبی قدامی را افزایش داد

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

۲.۴ .فرآیند انتخاب

دو بررسی‌کننده مستقل (ن.ن) و (ع.ف) تمام عناوین و چکیده‌ها را غربالگری کردند و سپس ارزیابی کامل متن مطالعات بالقوه واجد شرایط را انجام دادند. هر گونه اختلاف نظر در مورد ورود مطالعه از طریق بحث بین دو محقق حل شد.

۲.۵ .خطر سوگیری در مطالعات فردی

در ادامه، دو بررسی‌کننده مستقل (ن.ن) و (ع.ف) بدون آگاهی از ارزیابی یکدیگر کیفیت روش شناسی مطالعات شامل شده را با استفاده از نسخه اصلاح شده چک لیست اصلاح شده بلک و دانز[4] ارزیابی کردند (۴۴). از میان ۲۷ آیتم اصلی، ۱۶ آیتم متناسب با مطالعات مشاهده ای با طراحی های متنوع انتخاب و به‌کار گرفته شد. حداکثر امتیاز قابل کسب ۱۷ در نظر گرفته شد، به طوری‌که امتیاز های بالاتر نشان‌دهنده کیفیت روش شناسی مطلوب تر بودند. در این چهارچوب، تنها آیتم ۵ (گزارش و کنترل مناسب عوامل مخدوش‌کننده) دارای دامنه امتیاز دهی ۰ تا ۲ بود، در حالی‌که سایر آیتم ها به‌صورت دو حالتی (۰ یا ۱) نمره گذاری شدند. اختلاف نظرهای احتمالی بین دو ارزیاب از طریق بحث و توافق نهایی برطرف گردید.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

[4] - Black and Downs Checklist

جدول ۲. ارزیابی کیفیت روش‌شناسی مطالعات وارد شده با استفاده از چک لیست اصلاح شده بلک و دانز (حداکثر امتیاز ۱۷)(۴۴).

نویسندگان (سال)	Q1	Q2	Q3	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q18	Q20	Q21	Q26	Q27	کل امتیاز (حداکثر۱۶)	وضعیت کیفیت
چاپل و همکاران (2002)(22)	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	14	متوسط
اولسن و همکاران (2004)(21)	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	15	بالا
هیوت و همکاران (2005)(2)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	متوسط
مک‌لین و همکاران (2005)(33)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	متوسط
سیگوارد و پاورز (2007)(34)	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	15	بالا
کروشاوگ و همکاران (2007)(5)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	متوسط
پولارد و همکاران (2007)(35)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	متوسط
بودن و همکاران (2009)(36)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	متوسط
فورد و همکاران (2010)(37)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	متوسط
شمیتز و همکاران (2007)(38)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	متوسط
دیکس و همکاران (2020)(39)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	متوسط
فورد و همکاران (2010)(40)	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	15	بالا
کاگایا و همکاران (2015)(41)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	متوسط
دانلی و همکاران	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	15	بالا

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

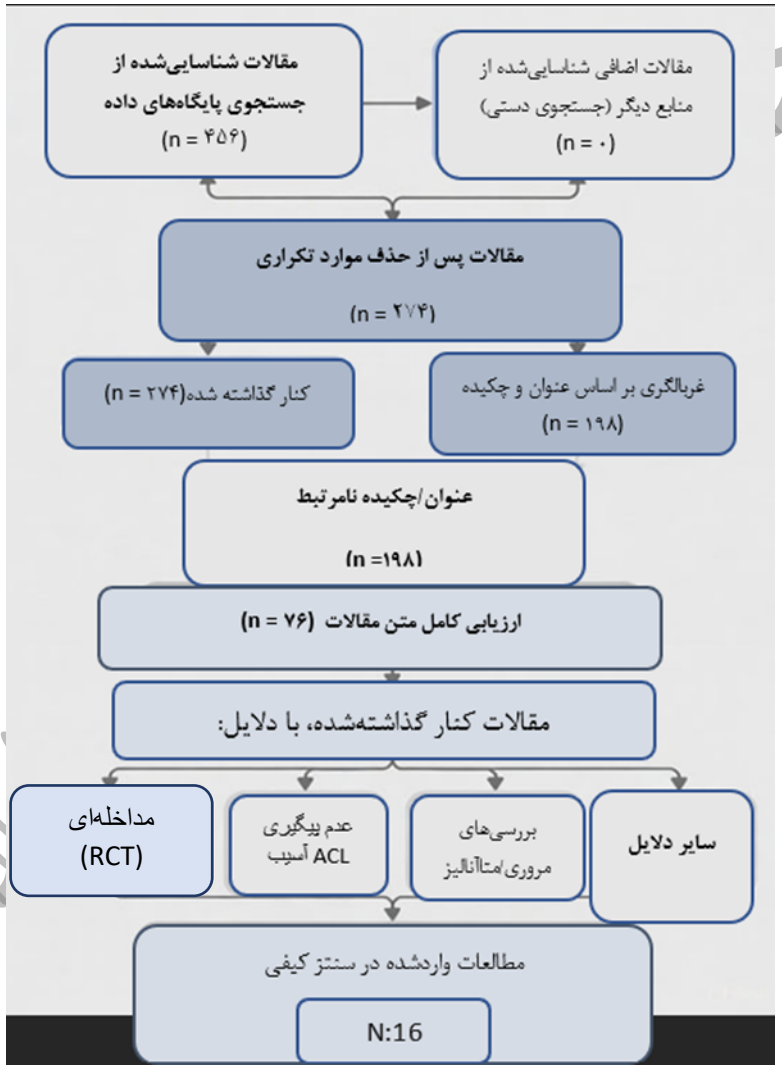
(2012)(42)																			
کریستیانسلوند و همکاران (2014)(43)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	متوسط	
لپانن و همکاران (2017)(45)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14	متوسط	

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

۳ .نتایج

۳.۱ .انتخاب مطالعه

جستجوی نظامند در مجموع ۴۵۶ رکورد را از پایگاه‌های داده شناسایی کرد. پس از حذف ۱۸۲ مورد تکراری، ۲۷۴ رکورد بر اساس عنوان و چکیده غربالگری شدند که از این تعداد، ۱۹۸ مقاله به دلایل عدم انطباق با معیارهای ورود (مانند طراحی مقطعی، عدم پیگیری طولی آسیب، یا تمرکز بر مهارت های حرکتی غیر از فرود) کنار گذاشته شد. ارزیابی کامل متن ۷۶ مقاله باقی‌مانده انجام گردید و نهایتاً ۱۶ مطالعه اصلی معیارهای واجد شرایط بودن را برآورده کردند (شکل ۱؛ فلوچارت پریسما).



شکل ۱. فلوچارت پریسما

۳.۲. ویژگی‌های مطالعات

از نظر طراحی پژوهشی، مطالعات وارد شده طیف متنوعی داشتند: ۴ مطالعه کوهورت آینده نگر با پیگیری طولی آسیب(۲, ۳۷, ۳۹, ۴۵) ، ۳ مطالعه مبتنی بر تحلیل ویدئویی آسیب های ثبت شده (۵, ۸, ۲۱) و ۹ مطالعه آزمایشگاهی یا مقطعی(۲۲, ۳۳-۳۵, ۳۸, ۴۳-۴۰) .شرکت‌کنندگان عمدتاً ورزشکاران جوان فعال به‌صورت حرفه ای یا رقابتی (دامنه سنی ۱۶—۲۵ سال) بودند که در ورزش های پرخطر شامل پیوتینگ و پرش مانند بسکتبال، والیبال، فوتبال، هندبال و دوومیدانی شرکت داشتند. اندازه نمونه از ۱۶ تا ۲۰۵ نفر متغیر بود. اکثر مطالعات (٪۸۵) از سیستم های تحلیل حرکت سه بعدی همراه با صفحات نیرو برای ارزیابی سینماتیک و سینتیک استفاده کردند؛ مابقی از تحلیل ویدئویی دو بعدی، الکترومیوگرافی یا مدل سازی عضلانی-اسکلتی مانند اپن سیم[5] بهره بردند. مهارت فرود که بیشتر بررسی شده بود شامل پرش عمودی با فرو ، فرود تک‌پا، فرود پرشی و مانور پرش توقف بودند. مقایسه جنسیتی در حدود ٪۳۰ مطالعات انجام شد و به‌طور مداوم والگوس دینامیک زانو بیشتری در زنان گزارش گردید (۴۸-۴۶) .

۳.۳ .کیفیت روش‌شناسی

کیفیت روش‌شناسی با استفاده از چک‌لیست اصلاح‌شده بلک و دانز (۱۶ آیتم، حداکثر امتیاز ۱۷) ارزیابی شد (جدول ۲). امتیازها از ۱۴ تا ۱۵ (میانگین ۰/۴ ± ۱۴/۲) متغیر بودند. بر اساس آستانه‌های کیفیت تعریف‌شده (بالا: ۱۷-۱۵، متوسط: ۱۴-۱۲، پایین: کمتر از ۱۲)، ۴ مطالعه (٪۲۵) کیفیت بالا و ۱۲ مطالعه (٪۷۵) کیفیت متوسط داشتند و هیچ مطالعه‌ای با کیفیت پایین وارد نشد. این نتایج نشان‌دهنده کیفیت متوسط تا بالای مطالعات به‌طور کلی است. نقاط قوت شامل گزارش‌دهی روشن فرضیات، نتایج و ویژگی‌های شرکت‌کنندگان بود .محدودیت‌های رایج شامل عدم محاسبه اندازه نمونه/توان آماری در ٪۹۵ مطالعات و تنظیم محدود برای عوامل مخدوش‌کننده احتمالی (مانند سن، جنسیت، سطح ورزشی) در ٪۷۰ بود. هیچ مطالعه‌ای به‌دلیل کیفیت پایین کنار گذاشته نشد.

۳.۴ .یافته‌های اصلی

۳.۴.۱ .ارتباط بین والگوس دینامیک زانو و خطر آسیب غیرتماسی رباط صلیبی قدامی

در میان ۷ تحلیل مبتنی بر ویدئو یا شبیه سازی آسیب، الگوهای موقعیتی رایج پیش از آسیب رباط صلیبی قدامی شامل اقدامات تهاجمی پرسینگ/تکل (٪۴۴) (۴۹)، تکل شدن توسط حریف (۱۰, ۴۹)، بازیابی تعادل پس از شوت زدن به توپ(۱۱, ۲۴, ۴۹) یا فرود کنترل نشده از پرش(۲۴, ۴۹, ۵۰) بود. مکانیسم‌های غیر تماسی ٪۸۸ آسیب‌ها را تشکیل می‌دادند، هرچند اختلالات تماس غیر مستقیم (مانند نزدیکی حریف بدون تماس مستقیم با زانو) نیز به همان اندازه شایع بودند(۱۰, ۴۹). الگوی بیومکانیکی غالب مشاهده شده، بارگذاری والگوس چند صفحه‌ای زانو بود که با ابداکشن صفحه فرونتال زانو همراه با اداکشن/چرخش داخلی ران و خم شدن جانبی تنه مشخص می‌شد (در ٪۸۱ موارد حاضر بود) (۱۰, ۲۴, ۵۱, ۵۲). عوامل تعدیل کننده مانند خستگی نوروماسکولار، بارگذاری شناختی دوگانه مهارتی و کاهش پایداری عضلات مرکزی نشان داده شد که شدت والگوس دینامیک زانو را تشدید می‌کنند (افزایش‌های معنادار آماری، $p < 0.05$).(۱۱, ۵۲, ۵۳).

[5] -OpenSim

۳.۴.۲ .تفاوت‌های جنسیتی

تفاوت های جنسیتی قابل توجهی در بیومکانیک والگوس دینامیک زانو طی مهارت فرود شناسایی شد. بر اساس یافته های مطالعه، زنان به‌طور مداوم زوایای پیک ابداکشن زانو بیشتری نسبت به مردان در طی فاز فرود نشان دادند، با تفاوت میانگین ۴ تا ۱۰ درجه ($p < 0.001$)، Cohen's d = 0.8-1.2، اندازه اثر بزرگ (۲, ۲۲, ۳۴, ۳۵, ۳۸, ۴۰). این تفاوت در فرود های تک پا به‌طور معناداری بیشتر بود (میانگین تفاوت ۱۰-۷ درجه) نسبت به فرود های دوپا (میانگین تفاوت ۶-۴ درج (۳۴, ۳۸, ۴۰). علاوه بر کینماتیک، ممان پیک ابداکشن زانو نیز در زنان به‌طور معناداری بالاتر بود، با تفاوت میانگین ۱۵ تا ۲۵ نیوتن متر در مقایسه با مردان($p < 0.01$)، (Cohen's d = 0.6-0.9)- اندازه اثر متوسط تا بزرگ(۲۲, ۳۵)، بررسی الگوهای حرکتی چندصفحه‌ای نشان داد که زنان الگو های بیومکانیکی متفاوتی در اندام تحتانی و تنه نسبت به مردان نمایش دادند. زنان به طور معناداری اداکشن و چرخش داخلی بیشتر ران را نشان دادند، تفاوت میانگین ۸-۵ درجه، ($p < 0.05$)، (Cohen's d = 0.5-0.7)(۲, ۳۵) ، فلکشن زانو کمتری در لحظه تماس اولیه پا با زمین داشتند (تفاوت میانگین ۱۲-۸ درجه، (۲, ۳۶) ($p < 0.01$) و جابه‌جایی جانبی بزرگ تر تنه را نسبت به خط وسط بدن نشان دادند (افزایش ٪۴۰-۳۰ نسبت به مردان،($p < 0.05$) (۴۱) .تحلیل زمانی این تفاوت ها نشان داد که بیشترین شدت اختلافات جنسیتی در بازه زمانی ۴۰ تا ۱۰۰ میلی‌ثانیه پس از تماس اولیه پا با زمین رخ می‌دهد، که این بازه زمانی با زمان رسیدن به اوج نیروی عکس‌العمل عمودی زمین و حداکثر بارگذاری مکانیکی بر رباط صلیبی قدامی همزمان است (۵, ۲۱).

۴ .بحث

این مرور نظامند شواهد قابل‌توجهی ارائه می‌دهد که والگوس دینامیک زانو طی مهارت فرود، یک عامل خطر بیومکانیکی قوی، قابل شناسایی و قابل اصلاح برای آسیب غیر تماسی ACL در ورزشکاران است؛ ۱۴ مطالعه از ۱۶ مطالعه واردشده (٪۸۹) ارتباط مثبت معنادار بین افزایش والگوس دینامیک زانو و خطر بالای آسیب ACL گزارش کردند. این الگوی بیومکانیکی به‌ویژه در فاز کاهش سرعت اولیه پس از تماس اولیه پا با زمین (۴۰–۱۰۰ میلی‌ثانیه) برجسته ترین است و با مکانیسم های مشاهده شده در تحلیل های ویدئویی آسیب های واقعی همخوانی دارد (۱۰, ۱۱). یافته های این مرور با مرور نظامند و متاآنالیز کرونستروم و همکاران (۲۰۲۰) که ممان ابداکشن زانو را به‌عنوان پیش بین معنادار آسیب ACL در مطالعات آینده‌نگر تأیید کرد همسو است (۲۳). همچنین، هیوت و همکاران (۲۰۰۵) در یک مطالعه آینده‌نگر کلاسیک نشان دادند که والگوس زانو اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه، آسیب ACL را در ورزشکاران زن با دقت قابل قبولی پیش‌بینی می‌کند(۲). مطالعه اخیر سیگوردسون و همکاران (۲۰۲۵) نیز اوج زود هنگام ممان ابداکشن زانو را به‌عنوان یک عامل خطر مستقل و جدید در ورزشکاران جوان معرفی کرد که اهمیت پایش دقیق زمان‌بندی این متغیر را، علاوه بر دامنه آن، تأیید می‌نماید (۵۴). در مقابل، دو مطالعه‌ای که ارتباط معنادار گزارش نکردند، دارای حجم نمونه کوچک‌تر و پیگیری کوتاه‌تر بودند که قدرت آماری کافی برای تشخیص اثر را محدود می‌کند (۳۸, ۵۵).

تفاوت های جنسیتی چشمگیر در سراسر مطالعات مشهود بود؛ زنان به‌طور مداوم والگوس دینامیک زانو بیشتری نشان دادند (میانگین تفاوت ۴–۸ درجه در حداکثر والگوس، با اندازه اثر متوسط تا بزرگ)، همراه با زوایای چرخش داخلی ران بیشتر و جابه‌جایی جانبی تنه بزرگ تر طی فرود (۳۴, ۳۵, ۳۸, ۴۰). در مقابل، مردان بیشتر عدم تقارن بین‌اندامی را به‌جای الگوهای والگوس دو طرفه نشان دادند. از نظر مکانیسم احتمالی، چندین عامل به هم پیوسته این تفاوت را توضیح می‌دهند: ضعف نسبی ابداکتورها و روتاتورهای خارجی ران که کنترل صفحه فرونتال را مختل می‌کند (۴۱)، زاویه Q بزرگ تر در زنان که بارگذاری

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

والگوس را در ساختار آناتومیک افزایش می‌دهد، و تأثیرات هورمونی بر شلی لیگامانی که در فازهای مختلف چرخه قاعدگی متفاوت است (۵۶). این عوامل با هم بارگذاری ترکیبی والگوس-چرخشی بر ACL را تشدید می‌کنند و استرین رباط را تحت نیروهای چند صفحه‌ای به‌طور معناداری افزایش می‌دهند (۵۱). این الگوهای جنسیتی خاص احتمالاً به نرخ آسیب ACL ۴–۸ برابری بالاتر در ورزشکاران زن کمک می‌کنند و ضرورت برنامه های پیشگیری جنسیت-محور را توجیه می‌نمایند (۲, ۵۷).

ارتباط بین والگوس دینامیک زانو و خطر ACL در فرود تک‌پا نسبت به فرود دوپا به‌طور مداوم قوی‌تر بود (میانگین تفاوت والگوس ۸–۱۲ درجه) (۵۸, ۵۹). فرودهای تک‌پا به دلیل پایه حمایتی کوچک‌تر، بار نامتقارن بالاتر و تقاضای نوروماسکولار بیشتر، شدت والگوس دینامیک زانو را تشدید می‌نمایند. این یافته با تحلیل‌های ویدئویی آسیب‌های واقعی همسو است که نشان می‌دهند اغلب آسیب‌های غیرتماسی ACL طی فعالیت‌های تک‌پا مانند فرود پس از پرش، بازیابی تعادل پس از شوت یا کاهش سرعت ناگهانی رخ می‌دهند(۴۹, ۶۰) . الگوی بیومکانیکی غالب در این موقعیت‌ها، بارگذاری والگوس چندصفحه‌ای با ابداکشن همزمان زانو، اداکشن-چرخش داخلی ران و انحراف جانبی تنه بود که در ٪۸۱ آسیب‌های تحلیل‌شده مشاهده گردید(۱۰, ۲۴, ۵۱). از منظر بالینی، این یافته اهمیت گنجاندن آزمون فرود تک‌پا را در پروتکل‌های غربالگری ورزشکاران پرخطر به‌طور مشخصی برجسته می‌کند(۱۶, ۶۱).

عوامل داخلی قابل اصلاح — از جمله ضعف ابداکتور و روتاتور خارجی ران، محدودیت دورسی فلکشن مچ پا و ناپایداری عضلات مرکزی — به‌طور مداوم با والگوس دینامیک زانو بیشتر مرتبط بودند (۴۱, ۶۲, ۶۳). در کنار این عوامل، خستگی نوروماسکولار و بارگذاری شناختی دو گانه نیز شدت والگوس را به‌طور معنادار تشدید می‌کنند(۶۴). این عوامل تعدیل کننده اهمیت مقاومت در برابر خستگی و کنترل تنه را در حفظ الایمنت صحیح اندام تحتانی تحت شرایط واقعی بازی نمایان می‌سازند. از منظر بالینی، یافته ما مبنی بر نقش کلیدی ضعف ابداکتورهای ران در والگوس مستقیماً از تمریناتی مانند اسکات تک پا و تمرین با کش مقاومتی در برنامه‌های پیشگیری مانند FIFA 11+ و PEP حمایت می‌کند (۲۵, ۶۵).علاوه بر این، پروتکل های غربالگری با ابزارهای قابل دسترس مانند ویدئوی دو بعدی یا واحد های اینرسی می‌توانند ورزشکاران پرخطر را پیش از بروز آسیب شناسایی کنند و مداخله زود هنگام را ممکن سازند(۱۲, ۱۵) .استراتژی های جنسیت-محور نیز ضروری به نظر می‌رسد، به‌ویژه با توجه به الگو های بیومکانیکی متفاوت زنان که هدف گذاری اختصاصی برنامه‌های نوروماسکولار را توجیه می‌نماید(۲, ۵۷).

در حالی که ارتباط بین والگوس دینامیک زانو و خطر ACL قوی است، نا همگنی روش شناسی تفسیر یافته ها را پیچیده می‌کند. تنوع در تکنیک های اندازه گیری از ضبط حرکت سه بعدی به‌عنوان استاندارد طلایی تا تحلیل ویدئویی دو بعدی و واحد های اینرسی بر دقت و قابلیت مقایسه ارزیابی های والگوس تأثیر می‌گذارد (۱۲, ۱۵).تعریف آستانه والگوس بالا نیز در مطالعات به‌طور گسترده متفاوت بود (۵ تا ۱۵ درجه) که تحت تأثیر نوع مهارت فرود، دستورالعمل های آزمون، ارتفاع پرش و وضعیت خستگی قرار داشت (۱۸, ۱۹). این تنوع برقراری آستانه های خطر جهانی را محدود می‌کند و نیاز مبرم به استاندارد سازی روش شناسی را در تحقیقات آینده تأکید می‌نماید. همچنین، محدودیت هایی مانند حجم نمونه کوچک، عدم محاسبه قدرت آماری (در ٪۹۵ مطالعات) و تنظیم نا کافی برای متغیر های مخدوش کننده سوگیری احتمالی ایجاد می‌کنند (۴۴).این نا همگنی در مجموع مانع از انجام متاآنالیز کمی شد و نیاز به پروتکل های استاندارد اندازه گیری، پیگیری طولانی مدت با ثبت دقیق آسیب و ورود جمعیت های متنوع تر شامل مردان، ورزشکاران مسن‌تر و سطوح رقابتی مختلف را در تحقیقات آینده نمایان می‌سازد.(۲۳, ۴۴)

محدودیت‌ها

این بررسی نظامند محدودیت های متعددی دارد که هنگام تفسیر یافته‌ها باید در نظر گرفته شود. اول، حذف عمدی مطالعات غیرانگلیسی و طراحی های گذشته نگر — رویه های رایج در بررسی های نظامند برای اطمینان از دقت روش‌شناسی — ممکن است شواهد مرتبط را حذف کرده و سوگیری زبانی یا انتشار ایجاد کند. دوم، جستجو به پایگاه‌های اصلی تا دسامبر ۲۰۲۵ محدود بود و ممکن است ادبیات خاکستری یا انتشارات بسیار جدید را از دست دهد. سوم، نا همگنی قابل توجه در روش های اندازه گیری والگوس دینامیک زانو (سه بعدی در مقابل دو بعدی در مقابل تحلیل ویدئویی)، تعریف آستانه های والگوس بالا (۵–۱۵ درجه) و پروتکل های مهارت فرود، مانع از انجام متاآنالیز کمی شد. علاوه بر این، طراحی مطالعات وارد شده کاملاً یکدست نبود؛ بخشی از آن‌ها کوهورت آینده نگر با پیگیری آسیب بودند، در حالی که برخی دیگر طراحی مقطعی آزمایشگاهی یا تحلیل ویدئویی داشتند. این نا همگنی در طراحی، مقایسه مستقیم یافته ها را دشوار می‌کند و باید در تفسیر نتایج مد نظر قرار گیرد.همچنین، تمرکز غالب بر ورزشکاران زن جوان تعمیم‌پذیری به مردان، جمعیت های مسن‌تر یا سطوح رقابتی متفاوت را محدود می‌کند. پنجم، گزارش دهی ناسازگار مخدوش کننده‌ها (مانند خستگی، شرایط دو گانه مهارت، تأثیرات هورمونی) و عدم محاسبه قدرت در اکثر مطالعات محدودیت های رایجی هستند که ممکن است دقت تخمین خطر را تحت تأثیر قرار دهند. در نهایت، تمرکز انحصاری بر مهارت فرود ممکن است نقش والگوس دینامیک زانو در حرکات پرخطر دیگر (مانند کاتینگ یا پیوتینگ) را نادیده بگیرد، هر چند این تمرکز برای پاسخ به سؤال تحقیق خاص ضروری بود. این محدودیت‌ها پیشنهاد می‌کنند که تحقیقات آینده باید پروتکل‌های استاندارد، پیگیری‌های بلند مدت‌تر، تنظیم بهتر برای مخدوش کننده‌ها و ورود جمعیت‌های متنوع‌تر را در اولویت قرار دهد تا شواهد قوی‌تری ارائه کند. با یکنواختی روش‌شناسی بیشتر، متاآنالیزها در بررسی‌های آینده ممکن شود.

۵ .نتیجه‌گیری

این بررسی نظامند نشان می‌دهد که وجود والگوس دینامیک زانو در طی مهارت های فرود، به ویژه در ورزشکاران زن و در مانورهای فرود تک پا، با خطر بالای آسیب غیر تماسی رباط صلیبی قدامی (ACL) ارتباط قوی دارد. با وجود نا همگونی های قابل توجه در روش شناسی — از جمله تفاوت در تکنیک های اندازه گیری، تعریف مهارت فرود و معیارهای والگوس بالا —با وجود ناهمگنی قابل توجه در روش شناسی مطالعات، شواهد جمعی موجود، ارتباط معنادار و پایداری بین والگوس دینامیک زانو و خطر آسیب غیر تماسی ACL را نشان می‌دهند که این یافته از اهمیت بالینی قابل توجهی بر خوردار است.مداخلات تمرینی نوروماسکولار هدفمند، که بر تقویت الایمنت مناسب اندام تحتانی، قدرت ران، عضلات مرکزی بدن و مقاومت در برابر عوامل تشدید کننده مانند خستگی تأکید دارند، پتانسیل قابل توجهی برای کاهش شیوع آسیب ACL، به ویژه در جمعیت های پرخطر ورزشی، دارند. برای پیشرفت در این زمینه، تحقیقات آینده باید بر توسعه پروتکل های ارزیابی استاندارد و انجام مطالعات آینده نگر با کیفیت بالا تمرکز کنند تا بتوانند مکانیزم های خطر را دقیق تر شناسایی و استراتژی های پیشگیری را بهینه سازی نمایند.

اصول اخلاقی

این مطالعه یک مرور نظام مند است که بر اساس داده های منتشر شده در پایگاه های اطلاعاتی انجام شده و مداخله مستقیمی روی شرکت کنندگان انسانی یا حیوانی نداشته است؛ بنابراین، نیاز به دریافت کد اخلاق جدید از کمیته اخلاق دانشگاه نبود. با این حال، در تمام مراحل جستجو، غربالگری و استخراج داده ها، اصول اخلاقی پژوهش شامل امانتداری علمی، عدم سرقت ادبی و

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

استناد دقیق به منابع اصلی رعایت گردید. در مطالعات اولیه وارد شده در این مرور نیز، اصل رضایت آگاهانه شرکت کنندگان و محرمانه ماندن اطلاعات آنان توسط پژوهشگران اصلی آن مطالعات رعایت شده بود.

حامی مالی

این پژوهش هیچگونه حمایت مالی خاصی از نهاد های تأمین اعتبار در بخش های عمومی، تجاری یا غیر انتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم سازی و طراحی مطالعه: ندا نعمت زاده، علی فتاحی؛

روش شناسی و جستجوی سیستماتیک: ندا نعمت زاده، علی فتاحی؛

غربالگری مقالات و استخراج داده ها: ندا نعمت زاده، علی فتاحی؛

تفسیر نتایج: علی فتاحی؛

نگارش پیش نویس اولیه: ندا نعمت زاده؛

ویراستاری، بازبینی انتقادی و نهایی سازی نوشته: ندا نعمت زاده، علی فتاحی؛

نظارت و مدیریت پروژه: علی فتاحی.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ گونه تعارض منافع مالی، حرفه ای یا شخصی که بتواند بر نتایج یا تفسیر این مقاله تأثیر بگذارد، ندارند.

بیانیه استفاده از هوش مصنوعی

در فرآیند ویرایش زبانی و بهبود روانی متن مقاله، از ابزارهای هوش مصنوعی مبتنی بر زبان بزرگ (LLM) جهت بازبینی گرامری و ساختاری استفاده شده است. با این حال، تمام محتوای علمی، تحلیل داده ها، نتیجه گیری ها و صحت سنجی نهایی مقاله تماماً تحت نظارت و تأیید نویسندگان بوده و مسئولیت علمی محتوا متعلق به نویسندگان است.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

منابع:

1. Norasteh AA, Fadaei Dehcheshmeh M, Shamlou Kazemi A. The Role of Dynamic Knee Valgus in Occurrence of Knee Injuries: A Review Study. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2023;12(2):186-201.
2. 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. The American journal of sports medicine. 2005;33(4):492-501.
3. Abbasi S, Rahmatzadeh D, Minoonejad H, Mousavi SH. The effect of fatigue on dynamic knee valgus during landing tasks: a systematic review and meta-analysis. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2025;17(1):166.
4. 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. The knee. 2017;24(3):547-54.
5. Krosshaug T, Slauterbeck JR, Engebretsen L, Bahr R. Biomechanical analysis of anterior cruciate ligament injury mechanisms: three-dimensional motion reconstruction from video sequences. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2007;17(5):508-19.
6. Padua DA, Marshall SW, Boling MC, Thigpen CA, Garrett Jr WE, Beutler AI. The Landing Error Scoring System (LESS) is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: the JUMP-ACL study. The American journal of sports medicine. 2009;37(10):1996-2002.
7. Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, Boniello M, Franklin C. Stiff landings, core stability, and dynamic knee valgus: a systematic review on documented anterior cruciate ligament ruptures in male and female athletes. International journal of environmental research and public health. 2021;18(7):3826.
8. Hewett TE, Torg JS, Boden BP. Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. British journal of sports medicine. 2009;43(6):417-22.
9. Myer GD, Ford KR, Khoury J, Succop P, Hewett TE. Biomechanics laboratory-based prediction algorithm to identify female athletes with high knee loads that increase risk of ACL injury. British journal of sports medicine. 2011;45(4):245-52.
10. 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. The American journal of sports medicine. 2010;38(11):2218-25.
11. Sundberg A, Högberg J, Tosarelli F, Buckthorpe M, Della Villa F, Hägglund M, et al. Sport-Specific Injury Mechanisms and Situational Patterns of ACL Injuries: A Comprehensive Systematic Review: A. Sundberg et al. Sports Medicine. 2025;55(10):2489-527.

12. Erdman A, Loewen A, Dressing M, Wyatt C, Oliver G, Butler L, et al. A 2D video-based assessment is associated with 3D biomechanical contributors to dynamic knee valgus in the coronal plane. Frontiers in Sports and Active Living. 2024;6:1352286.
13. Alanazi SA, Alamrani SA, Bajuaifer SS, Alhammad L, Alotaibi N, Alrashdi NZ, et al. "Returning to Sport Is Not Just About the Knee": Physiotherapists' Experiences of the Management of Anterior Cruciate Ligament Injury: A Qualitative Study. Journal of Clinical Medicine. 2025;14(20):7301.
14. D'Onofrio R, Alashram AR, Annino G, Masucci M, Romagnoli C, Padua E, et al. Prevention of secondary injury after anterior cruciate ligament reconstruction: relationship between pelvic-drop and dynamic knee valgus. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2023;20(4):3063.
15. Schurr SA, Marshall AN, Resch JE, Saliba SA. Two-dimensional video analysis is comparable to 3D motion capture in lower extremity movement assessment. International journal of sports physical therapy. 2017;12(2):163.
16. Fan B, Xia H, Xu J, Li Q, Shull PB. IMU-based knee flexion, abduction and internal rotation estimation during drop landing and cutting tasks. Journal of Biomechanics. 2021;124:110549.
17. Hasani Chenari R, Mohammad Ali Nasab Firouzjah E, Roshani S. The effect of Stop X exercises on balance, strength and range of motion of male adolescent football players with dynamic knee valgus. Scientific Reports. 2025;15(1):18213.
18. Belkhelladi M, Cierson T, Martineau PA. Biomechanical Risk Factors for Increased Anterior Cruciate Ligament Loading and Injury: A Systematic Review. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2025;13(2):23259671241312681.
19. Wilczyński B, Wąż P, Zorena K, editors. Impact of three strengthening exercises on dynamic knee valgus and balance with poor knee control among young football players: A randomized controlled trial. Healthcare; 2021: MDPI.
20. Kr F. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. Med Sci Sports Exerc. 2003;35:1745-50.
21. Olsen O-E, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. The American journal of sports medicine. 2004;32(4):1002-12.
22. Chappell JD, Yu B, Kirkendall DT, Garrett WE. A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. The American journal of sports medicine. 2002;30(2):261-7.
23. Cronström A, Creaby MW, Ageberg E. Do knee abduction kinematics and kinetics predict future anterior cruciate ligament injury risk? A systematic review and meta-analysis of prospective studies. BMC musculoskeletal disorders. 2020;21(1):563.
24. Kiapour AM, Quatman CE, Goel VK, Wordeman SC, Hewett TE, Demetropoulos CK. Timing sequence of multi-planar knee kinematics revealed by physiologic cadaveric simulation of landing: implications for ACL injury mechanism. Clinical Biomechanics. 2014;29(1):75-82.

25. Bates NA, Nesbitt RJ, Shearn JT, Myer GD, Hewett TE. Relative strain in the anterior cruciate ligament and medial collateral ligament during simulated jump landing and sidestep cutting tasks: implications for injury risk. The American journal of sports medicine. 2015;43(9):2259-69.
26. Sohrabi C, Franchi T, Mathew G, Kerwan A, Nicola M, Griffin M, et al. PRISMA 2020 statement: What's new and the importance of reporting guidelines. Elsevier; 2021. p. 105918.
27. Torabi A, Eidiyan-Kakhki MM, Amani-Shalamzari S, Jafari M. The effect of vitamin D supplementation on physical performance of male soccer players: A Systematic review. Journal of Exercise and Health Science. 2022;2(2):59-74.
28. Schiavenato M, Chu F. PICO: What it is and what it is not. Nurse education in practice. 2021;56:103194.
29. Gaugg F, Bierke S, Hees T, Siemßen K, Wolfarth B, Petersen W. Dynamic valgus after ACL reconstruction: quadriceps-vs. semitendinosus tendon grafts. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery. 2025;145(1):377.
30. Rinaldi VG, Prill R, Jahnke S, Zaffagnini S, Becker R. The influence of gluteal muscle strength deficits on dynamic knee valgus: a scoping review. Journal of Experimental Orthopaedics. 2022;9(1):81.
31. Ugalde V, Brockman C, Bailowitz Z, Pollard CD. Single leg squat test and its relationship to dynamic knee valgus and injury risk screening. Pm&r. 2015;7(3):229-35.
32. Yalfani A, Ahmadi M, Asgarpoor A. The effect of kinetic factors of dynamic knee valgus on patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. Journal of bodywork and movement therapies. 2024;37:246-53.
33. McLean SG, Huang X, Van Den Bogert AJ. Association between lower extremity posture at contact and peak knee valgus moment during sidestepping: implications for ACL injury. Clinical biomechanics. 2005;20(8):863-70.
34. Sigward SM, Powers CM. Loading characteristics of females exhibiting excessive valgus moments during cutting. Clinical biomechanics. 2007;22(7):827-33.
35. Pollard CD, Sigward SM, Powers CM. Gender differences in hip joint kinematics and kinetics during side-step cutting maneuver. Clinical Journal of Sport Medicine. 2007;17(1):38-42.
36. Hewett TE, Torg JS, Boden BP. Video analysis of trunk and knee motion during non-contact ACL injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. British journal of sports medicine. 2009.
37. Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, Rauh MJ, Myer GD, Huang B, et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. The American journal of sports medicine. 2010;38(10):1968-78.
38. Schmitz RJ, Kulas AS, Perrin DH, Riemann BL, Shultz SJ. Sex differences in lower extremity biomechanics during single leg landings. Clinical biomechanics. 2007;22(6):681-8.

39. Dix C, Arundale A, Silvers-Granelli H, Marmon A, Zarzycki R, Snyder-Mackler L. Biomechanical measures during two sport-specific tasks differentiate between soccer players who go on to anterior cruciate ligament injury and those who do not: a prospective cohort analysis. International journal of sports physical therapy. 2020;15(6):928.
40. Ford KR, Shapiro R, Myer GD, Van Den Bogert AJ, Hewett TE. Longitudinal sex differences during landing in knee abduction in young athletes. Medicine and science in sports and exercise. 2010;42(10):1923.
41. Kagaya Y, Fujii Y, Nishizono H. Association between hip abductor function, rear-foot dynamic alignment, and dynamic knee valgus during single-leg squats and drop landings. Journal of Sport and Health Science. 2015;4(2):182-7.
42. 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.
43. Kristianslund E, Faul O, Bahr R, Myklebust G, Krosshaug T. Sidestep cutting technique and knee abduction loading: implications for ACL prevention exercises. British journal of sports medicine. 2014;48(9):779-83.
44. Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. Journal of epidemiology & community health. 1998;52(6):377-84.
45. Leppänen M, Pasanen K, Kujala UM, Vasankari T, Kannus P, Äyrämö S, et al. Stiff landings are associated with increased ACL injury risk in young female basketball and floorball players. The American journal of sports medicine. 2017;45(2):386-93.
46. Drikos S, Fatahi A, Ahmed SA-d, Molavian R, Giatsis G, Shakeri A. A comparative analysis of volleyball skills in balanced sets for men and women in Asian competitions. Journal of Human Sport and Exercise. 2025;20(1):180-92.
47. Mohammad Zaheri R, Majlesi M, Fatahi A. Assessing the Effects of Fatigue on Ground Reaction Force Variations during Landing after a Spike in Professional Volleyball Players. Journal of Sport Biomechanics. 2024;10(1):54-68.
48. Molla RY, Fatahi A, Khezri D, Ceylan HI, Nobari H. Relationship between impulse and kinetic variables during jumping and landing in volleyball players. BMC Musculoskeletal Disorders. 2023;24(1):619.
49. 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. British journal of sports medicine. 2020;54(23):1423-32.
50. Bates NA, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Kinetic and kinematic differences between first and second landings of a drop vertical jump task: implications for injury risk assessments. Clinical biomechanics. 2013;28(4):459-66.
51. 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.
52. Hu Z, Kim Y, Zhang Y, Zhang Y, Li J, Tang X, et al. Correlation of lower limb muscle activity with knee joint kinematics and kinetics during badminton landing tasks. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(24):16587.
53. Asaeda M, Nakamae A, Hirata K, Kono Y, Uenishi H, Adachi N. Factors associated with dynamic knee valgus angle during single-leg forward landing in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology. 2020;22:56-61.
54. Sigurðsson HB, Fl Pétursdóttir MK, Briem K. The early peak knee abduction moment waveform is a novel risk factor predicting anterior cruciate ligament injury in young athletes: A prospective study. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2025;33(5):1677-85.
55. Smith HC, Vacek P, Johnson RJ, Slauterbeck JR, Hashemi J, Shultz S, et al. Risk factors for anterior cruciate ligament injury: a review of the literature—part 1: neuromuscular and anatomic risk. Sports health. 2012;4(1):69-78.
56. Mozayani H, Zarei M, Movahedinia F. Comparison of Biomechanical and Neuromuscular Risk Factors of Anterior Cruciate Ligament Injury in Different Phases of the Menstrual Cycle of Elite Female Athletes: A Systematic Review. Studies in Sport Medicine. 2025;17(45):17-40.
57. Myer GD, Sugimoto D, Thomas S, Hewett TE. The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. The American journal of sports medicine. 2013;41(1):203-15.
58. Bates NA, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Timing differences in the generation of ground reaction forces between the initial and secondary landing phases of the drop vertical jump. Clinical biomechanics. 2013;28(7):796-9.
59. 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.
60. Sundberg A, Senorski RH, Högberg J, Piussi R, Samuelsson K, Thomeé R, et al. Persistent isokinetic knee flexion strength deficits at the time of return to sport are not associated with a second ACL injury. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2025.
61. Straub RK, Powers CM. Prediction of secondary ACL injury in female athletes using 2D video-based measurements obtained during dynamic tasks: a retrospective case–control study. British Journal of Sports Medicine. 2025;59(20):1418-25.
62. Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 2005;13(5):316-25.
63. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: prospective biomechanical-epidemiologic study. The American journal of sports medicine. 2007;35(7):1123-30.

64. Hu M, Xu X, Mei J. Ankle joint pressure change before and after subtalar joint arthrodesis in varus and valgus malalignment of the tibia. Journal of Orthopaedic Surgery. 2022;30(1):10225536221098478.
65. Soligard T, Myklebust G, Steffen K, Holme I, Silvers H, Bizzini M, et al. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. Bmj. 2008;337.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

جدول ۱ (ضمیمه)[۶]. ویژگی‌های مطالعات کنار گذاشته‌شده و دلایل حذف

شماره	نویسنده و سال	عنوان مقاله	دلیل حذف
۱	رمادانی و همکاران (۲۰۲۵)	ارزیابی ورزشکار سطح بالا آسیب‌دیده رباط صلیبی قدامی: مرور روایی	مطالعه مروری روایی پیشین
۲	واتسون و همکاران (۲۰۲۶)	مرور نظامند و متاآنالیز برنامه‌های پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی: آموزش برای ماندن در بازی	مطالعه مروری/نظامند و متاآنالیز پیشین
۳	هوگبرگ و همکاران (۲۰۲۵)	مکانیسم آسیب رباط صلیبی قدامی در ورزشکاران در ورزش‌های مختلف: مرور دامنه‌ای	مطالعه مروری دامنه‌ای پیشین
۴	(۲۰۲۱) مطر و همکاران	مرور نظامند آزمایش‌های کنترل‌شده تصادفی در بازسازی رباط صلیبی قدامی: تکنیک‌های استاندارد قابل مقایسه هستند	مطالعه مروری/نظامند پیشین
۵	گرامی و همکاران (۲۰۲۲)	آسیب‌های رباط صلیبی قدامی: مروری بر جدیدترین تکنیک‌های بازسازی	مطالعه مروری پیشین
۶	رومانچوک و همکاران (۲۰۲۴)	درمان محافظه‌کارانه در مقابل جراحی پارگی رباط صلیبی قدامی	مطالعه مروری/نظامند پیشین
۷	فیلبی و همکاران (۲۰۲۵)	هیچ تفاوتی در نرخ بازگشت به ورزش یا سطح فعالیت در افراد با آسیب رباط صلیبی قدامی مدیریت‌شده با بازسازی یا توانبخشی تنها: مرور نظامند و متاآنالیز	مطالعه مروری/نظامند و متاآنالیز پیشین
۸	تیلور و همکاران (۲۰۱۵)	ارزیابی اثربخشی اجزای برنامه پیشگیری از آسیب رباط صلیبی قدامی: مرور نظامند و متاآنالیز	مطالعه مروری/نظامند و متاآنالیز پیشین
۹	رومانچوک و همکاران (۲۰۲۲)	پروتکل مرور نظامند معیارهای بازگشت به فعالیت در بیماران نوجوان پس از بازسازی رباط صلیبی قدامی	پروتکل مطالعه مروری/نظامند پیشین
۱۰	پرویز و همکاران (۲۰۱۶)	آسیب رباط صلیبی قدامی: تشخیص مداوم دشوار	مطالعه مشاهده‌ای گذشته‌نگر (نه آینده‌نگر/مقطعی خاص والگوس دینامیک فرود)

[6] - Supplementary Table 1

شماره	نویسنده و سال	عنوان مقاله	دلیل حذف
۱۱	دانکن و همکاران (۲۰۱۶)	مرور نظامند برای ارزیابی ورزش برای آسیب‌های رباط صلیبی قدامی: آیا این رویکرد بروز استئوآرتریت زانو را کاهش می‌دهد؟	مطالعه مروری/نظامند پیشین
۱۲	(۲۰۲۱) شن و همکاران	مرور نظامند عوامل خطر شکست بازسازی رباط صلیبی قدامی	مطالعه مروری/نظامند پیشین
۱۳	(۲۰۲۱) اسپرینگر	آسیب رباط صلیبی قدامی	کتاب/فصل مروری (جمعیت عمومی یا غیرورزشکار خاص)
۱۴	(۲۰۲۶) رینولد	بازسازی رباط صلیبی قدامی همراه با بازسازی خارجی جانبی: بیش از حد یا استاندارد طلایی جدید؟	مقاله نظر کارشناسی (نه مطالعه مشاهده‌ای اصلی)
۱۵	اسلامی و همکاران (۲۰۲۲)	درمان پلاسمای غنی از پلاکت یا جراحی آرتروسکوپیک در ترمیم پارگی رباط صلیبی قدامی	مطالعه مقایسه‌ای مداخله‌ای/مروری (نه مشاهده‌ای آینده‌نگر والگوس دینامیک)
۱۶	کواتمن و همکاران (۲۰۱۰)	توضیح صفحه‌ای مکانیسم‌های آسیب رباط صلیبی قدامی: مرور نظامند	مطالعه مروری/نظامند پیشین
۱۷	کاتائوکا و همکاران (۲۰۲۳)	بازسازی رباط صلیبی قدامی: تکامل اخیر و بهبود فنی	مطالعه مروری/فنی (مهارت فرود/برش بررسی نشده)
۱۸	گیلکریست و همکاران (۲۰۰۸)	کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده برای پیشگیری از آسیب غیرتماسی رباط صلیبی قدامی در بازیکنان فوتبال زن دانشگاهی	مداخله‌ای
۱۹	(۲۰۱۰) فورد و همکاران	تفاوت‌های جنسیتی طولی در ابداکشن زانو طی فرود در ورزشکاران جوان	ترکیبی از مهارت‌ها بدون تفکیک فرود خاص
۲۰	هیوت و همکاران (۱۹۹۹)	اثر آموزش عصبی-عضلانی بر بروز آسیب زانو در ورزشکاران زن: مطالعه آینده‌نگر	مداخله‌ای (کارآزمایی مداخله‌ای آینده‌نگر، نه مشاهده‌ای خالص والگوس دینامیک)
۲۱	آلنتورن-گلی و همکاران (۲۰۰۹)	پیشگیری از آسیب‌های غیرتماسی رباط صلیبی قدامی در بازیکنان فوتبال: بخش ۲	مطالعه مروری (ترکیبی مهارت‌ها بدون تفکیک فرود)
۲۲	سوگیموتو و همکاران (۲۰۱۵)	اثرات آموزش عصبی-عضلانی بر خطر آسیب رباط صلیبی قدامی در ورزشکاران زن: متاآنالیز	مطالعه مروری/متاآنالیز پیشین

نسخه بازنویسی شده پیش از انتشار

شماره	نویسنده و سال	عنوان مقاله	دلیل حذف
۲۳	(۲۰۰۷) یو و گرت	مکانیسم‌های آسیب‌های غیرتماسی رباط صلیبی قدامی	مطالعه مروری (والگوس دینامیک اندازه‌گیری نشده)
۲۴	اولسن و همکاران (۲۰۱۱)	عوامل خطر آسیب اندام تحتانی در فوتبال دختران جوان: مطالعه کوهورت آینده‌نگر	والگوس زانو به‌طور خاص اندازه‌گیری نشده بود
۲۵	اسمیت و همکاران (۲۰۱۲)	عوامل خطر آسیب رباط صلیبی قدامی: مرور ادبیات - بخش ۱	مطالعه مروری پیشین
۲۶	واکک و همکاران (۲۰۱۶)	تحلیل چندمتغیره عوامل خطر آسیب غیرتماسی رباط صلیبی قدامی در ورزشکاران: مطالعه کوهورت	فقط والگوس استاتیک یا کینماتیک پایه بررسی شده (نه دینامیک فرود)
۲۷	لودون و همکاران (۱۹۹۶)	پایایی درون‌آزمایشی آزمون‌های عملکردی برای افراد مبتلا به سندرم درد پاتلوفمورال	فقط والگوس استاتیک بررسی شده (نه دینامیک)
۲۸	(۲۰۰۳) پاورز	تأثیر تغییرات کینماتیک اندام تحتانی بر اختلال عملکرد مفصل پاتلوفمورال	فقط والگوس استاتیک یا کلی (نه دینامیک فرود)
۲۹	آیرلند و همکاران (۲۰۰۳)	قدرت ران در زنان با و بدون درد پاتلوفمورال	پیامد آسیب رباط صلیبی قدامی گزارش نشده
۳۰	بولینگ و همکاران (۲۰۰۹)	بررسی آینده‌نگر عوامل خطر بیومکانیکی سندرم درد پاتلوفمورال	پیامد آسیب رباط صلیبی قدامی گزارش نشده
۳۱	استفانیک و همکاران (۲۰۱۱)	ارتباط بین پاتلا آلتا و شیوع استئوآرتریت مفصل پاتلوفمورال	پیامد آسیب رباط صلیبی قدامی گزارش نشده
۳۲	تیجس و همکاران (۲۰۱۱)	آیا ضعف عضلات ران عامل پیش‌بینی‌کننده درد پاتلوفمورال در دوندگان تازه‌کار زن است؟	مهارت مرتبط با راه رفتن (نه فرود خاص)
۳۳	راتلف و همکاران (۲۰۱۶)	آیا درد زانو در نوجوانی خودمحدود است؟ پیش‌آگهی درد پاتلوفمورال	جمعیت نوجوانان (سن زیر ۱۴ در برخی موارد)
۳۴	ویتورو و همکاران (۲۰۰۰)	عوامل خطر ذاتی برای ایجاد درد جلوی زانو در جمعیت ورزشکار	متن کامل موجود؛ اما مهارت فرود خاص بررسی نشده

نسخه پیش‌نویس پذیرفته‌شده پیش از انتشار

شماره	نویسنده و سال	عنوان مقاله	دلیل حذف
۳۵	ناکاگاوا و همکاران (۲۰۱۲)	کینماتیک تنه، لگن، ران و زانو در اسکات تک‌پا	مهارت: اسکات تک‌پا (نه فرود/دویدن/برش)
۳۶	سوزا و پاورز (۲۰۰۹)	پیش‌بینی‌کننده‌های چرخش داخلی ران در دویدن	مهارت دویدن (نه فرود دینامیک والگوس)
۳۷	ویلسون و دیویس (۲۰۰۸)	مکانیک اندام تحتانی زنان با و بدون درد پاتلوفمورال	مهارت فرود بررسی نشده (تمرکز سندرم درد پاتلوفمورال)
۳۸	کیاپور و همکاران (۲۰۱۶)	پاسخ کرنش رباط صلیبی قدامی به بارها در فرودهای شبیه‌سازی‌شده	مطالعه کادوریک (روی جسد)
۳۹	لوین و همکاران (۲۰۱۳)	وظایف ورزشی واقع‌گرایانه برای ارزیابی خطر آسیب رباط صلیبی قدامی	مطالعه مروری پیشین
۴۰	پستوموس و همکاران (۲۰۰۹)	ژن COL5A1 با افزایش خطر پارگی رباط صلیبی قدامی در زنان مرتبط است	مطالعه ژنتیکی مورد-شاهدی (نه مشاهده‌ای والگوس دینامیک)
۴۱	خیام‌باشی و همکاران (۲۰۱۲)	اثرات تقویت ایزوله دورکننده و چرخاننده خارجی ران بر درد پاتلوفمورال	مداخله‌ای (کارآزمایی بالینی تصادفی‌شده)
۴۲	فوکودا و همکاران (۲۰۱۲)	تقویت عضلات پشتی-کناری ران در زنان غیرفعال	مداخله‌ای (کارآزمایی بالینی تصادفی‌شده)
۴۳	دولاک و همکاران (۲۰۱۱)	تقویت ران قبل از تمرینات عملکردی درد را کاهش می‌دهد	مداخله‌ای (کارآزمایی بالینی تصادفی‌شده)
۴۴	ارل-بوهم و همکاران (۲۰۱۴)	اثرات بریس عملکردی زانو بر والگوس دینامیک	شرکت‌کنندگان دارای سابقه رباط صلیبی قدامی قبلی
۴۵	پالمیری-اسمیت و (۲۰۰۹) همکاران	ارتباط انقباض همزمان چهارسر و همسترینگ با بارگذاری زانو	جمعیت عمدتاً غیرورزشکار

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

شماره	نویسنده و سال	عنوان مقاله	دلیل حذف
۴۶	بولگلا و همکاران (۲۰۰۸)	قدرت ران و کینماتیک در فرود از پله	مهارت: فرود از پله (نه فرود پرش/برش)
۴۷	مک‌مورلند و همکاران (۲۰۱۱)	هیچ نقصی در قدرت ایزومتریک ران در زنان جوان...	مهارت فرود بررسی نشده
۴۸	کراسلی و همکاران (۲۰۱۱)	عملکرد در آزمون اسکات تک‌پا نشان‌دهنده عملکرد دورکننده ران	مهارت: اسکات تک‌پا (نه فرود)
۴۹	هولمن و همکاران (۲۰۰۹)	عملکرد حسی-حرکتی صفحه فرونتال ران و مچ پا	والگوس استاتیک/ایستاده (نه دینامیک فرود)
۵۰	کوان و همکاران (۲۰۰۱)	تأخیر در فعالیت الکترومیوگرافی واستوس در سندرم درد پاتلوفمورال	مهارت: پله‌نوردی (نه فرود)
۵۱	پرینس و ون در وورف (۲۰۰۹)	زنان مبتلا به سندرم درد پاتلوفمورال عضلات ران ضعیفی دارند	پیامد آسیب رباط صلیبی قدامی گزارش نشده
۵۲	بارتون و همکاران (۲۰۱۳)	فعالیت عضلات گلوتئال و سندرم درد پاتلوفمورال	مطالعه مروری/نظامند پیشین
۵۳	(۲۰۱۵) لک و همکاران	توانبخشی عضلات پروگزیمال برای درد پاتلوفمورال	مطالعه مروری/نظامند پیشین
۵۴	راتلف و همکاران (۲۰۱۵)	درد پاتلوفمورال در نوجوانی و بزرگسالی	مطالعه مروری/نظامند پیشین
۵۵	ون تیگلن و همکاران (۲۰۰۹)	تأخیر در زمان شروع واستوس در ایجاد درد پاتلوفمورال	مطالعه مروری/نظامند پیشین
۵۶	کالینز و همکاران (۲۰۰۸)	ارتزهای پا و فیزیوتراپی در درمان سندرم درد پاتلوفمورال	مداخله‌ای (کارآزمایی بالینی تصادفی‌شده)
۵۷	(۲۰۲۱) لاروا و همکاران	فرودهای سفت، ثبات مرکزی و والگوس دینامیک زانو: مرور نظامند بر پارگی‌های رباط صلیبی	مطالعه مروری/نظامند پیشین

نسخه اولیه قبل از انتشار

شماره	نویسنده و سال	عنوان مقاله	دلیل حذف
		قدامی	

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار