Research in Sport Medicine and Technology, Volume 23 - Issue 29 / 2025

Research in Sport Medicine and Technology

Print ISSN: 2252 - 0708 Online ISSN: 2588 - 3925

Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

Reliability Study Of Various Single Leg Landing Tasks To Evaluate Knee Joint Biomechanics (Systematic Review Study)

Hamidreza Zanguie[1] | Mohammad Yousefi[2*] | Abbas Farjadpezeshk[3] | Khorshid Bijari[4]

1. Department of Corrective Exercise and Sport Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Sports Biomechanic, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Sports Biomechanic, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.
4. Department of Sports Biomechanic, Faculty of Physical Education and Sport Science, Kharazmi University, Karaj, Iran.

corresponding author: Mohammad Yousefi, m.yousefi@Birjand.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 2024/04/5
Revised: 2024/08/8
Accepted: 2024/08/8

Keywords:
Single-Leg Landing Reliability, Biomechanics, Motion Planes, Kinetic, Kinematic

How to Cite:
Hamidreza Zanguie, Mohammad Yousefi, Abbas Farjadpezeshk, Khorshid Bijari. **Reliability Study Of Various Single Leg Landing Tasks To Evaluate Knee Joint Biomechanics (Systematic Review Study)**. *Research In Sport Medicine and Technology, 2025: 23(29): 113-134.*

ABSTRACT

Aim: Most studies have compared the single-leg landing task in terms of biomechanical characteristics, especially kinematics and kinetics of movement planes, and concluded that reliability for knee valgus angles and hip adduction is moderate to excellent. However, no studies have been conducted on the reliability of different types of single-leg landing . Therefore, the purpose of this study is to review studies investigated the reliability of single-leg landing types to evaluate the biomechanics of the knee joint.

Methods: The relevant articles from valid databases with the keywords Single Leg Landing, Landing, Kinematic, Biomechanics, Return to Sport, Performance Test, Functional Test, Hop Test, Kinetic thematic search methods from 1995 to 2023 were examined.

Result: A total of 1022 articles were identified then duplicate studies were eliminated in the next stage, the titles and abstracts of the studies were reviewed and 439 studies were excluded due to inconsistency with the research question .Finally, only 9 articles that met the inclusion criteria were examined.

Conclusion: This study showed that different single-leg landing tasks for kinematic variables, including internal rotation, adduction, hip flexion, knee extension, knee valgus, trunk lateral flexion, and pelvic tilt have good reliability.

Published by Kharazmi University, Tehran, Iran. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under e: CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

پژوهش در طب ورزشی و فناوری
شاپا چاپی: ۰۷۰۸-۲۲۵۲ شاپا الکترونیکی: ۳۹۲۵-۲۵۸۸
Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

بررسی پایایی انواع تکالیف فرود تک پا جهت ارزیابی بیومکانیک مفصل زانو (مطالعه مروری سیستماتیک)

حمیدرضا زنگوئی[۱] | محمد یوسفی[۲*] | عباس فرجاد پزشک[۳] | خورشید بیجاری[٤]

۱. دانشجوی دکتری آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۳. استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
٤. دانشجوی کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران.

نویسنده مسئول: محمد یوسفی m.yousefi@Birjand.ac.ir

اطلاعات مقاله:
نوع مقاله: علمی–پژوهشی
دریافت: ۱۴۰۳/۱/۱۷
ویرایش: ۱۴۰۳/۵/۱۸
پذیرش: ۱۴۰۳/۵/۱۸

واژه‌های کلیدی:
پایایی فرود تک پا، بیومکانیک، صفحات حرکتی، کینتیک، کینماتیک

ارجاع:
حمیدرضا زنگوئی، محمد یوسفی، عباس فرجاد پزشک، خورشید بیجاری. **بررسی پایایی انواع تکالیف فرود تک پا جهت ارزیابی بیومکانیک مفصل زانو (مطالعه مروری سیستماتیک).** *پژوهش در طب ورزشی و فناوری. ۱۴۰٤: ۲۳(۲۹):۱۳٤-۱۱۳*

چکیده

مقدمه و هدف: اکثر مطالعات تکلیف فرود تک پا را از نظر ویژگی‌های بیومکانیکی، به‌ویژه کینماتیک و کینتیک صفحات حرکتی مقایسه کرده‌اند و چنین نتیجه گرفتند که پایایی برای زوایای والگوس زانو و اداکشن هیپ، متوسط تا عالی است. بااین‌حال، هیچ مطالعه‌ای تحت عنوان پایایی انواع مختلف فرود تک پا صورت نگرفته است؛ بنابراین، هدف از این تحقیق مرور مطالعاتی است که پایایی انواع فرود تک پا را جهت ارزیابی بیومکانیک مفصل زانو مورد بررسی قرار داده‌اند.

روش: مقالات مربوطه از پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر و با کلیدواژه‌های Single Leg Landing, Landing, Kinematic, Biomechanics, Return to Sport, Performance Test, Functional Test, Hop Test, Kinetic به روش جستجوی موضوعی از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۳، مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: در مجموع ۱۰۲۲ مقاله شناسایی و مطالعات تکراری حذف شدند. سپس عناوین و چکیده مطالعات مورد بررسی قرار گرفت و ٤۳۹ مطالعه به علت عدم همخوانی با سوال تحقیق از مطالعه خارج شدند و تنها ۹ مقاله که دارای معیارهای ورود به مطالعه بودند، مورد بررسی قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری نهایی: این بررسی نشان داد که تکالیف مختلف فرود تک پا برای متغیرهای کینماتیکی اعم از چرخش داخلی، اداکشن و فلکشن هیپ، اکستنشن زانو، والگوس زانو، فلکشن جانبی تنه و همچنین تیلت لگن دارای پایایی خوب هستند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

Extended Abstract

Introduction

The prevalence of sports-related injuries among athletes has shown an upward trend over the past 10 to 15 years, primarily due to increased participation in athletic activities (1). In other words, between 2012 and 2017, sports-related injuries in athletes increased by 19% (2). These types of injuries can significantly alter an individual's lifestyle and may result in months of rehabilitation and an inability to engage in athletic activities (6). Many previous studies have investigated the reliability of single-leg landing (SLL); however, despite the frontal plane being a significant predictor of knee injury (22), most of these studies have assessed landing mechanics primarily in the sagittal plane (23–25). Moreover, research has predominantly focused on variables such as hip adduction and knee valgus in the frontal plane, which are considered major risk factors for knee injuries (26), while other kinetic and kinematic parameters have received less attention. In addition, most studies have examined double-leg landing tasks, which have limited relevance to sport-specific movements (24, 25, 27–29), as bilateral assessments may fail to detect unilateral functional limitations and may overlook incorrect unilateral movement patterns that occur during athletic activities (30). Comparing knee biomechanics across different sport-specific tasks can contribute to the identification of injury risk factors, as well as inform strategies for injury prevention and rehabilitation. Several studies have examined the biomechanics of single-leg landing with a focus on kinematic and kinetic parameters (31–33), concluding that the reliability of knee valgus and hip adduction angles ranges from moderate to excellent (34). However, no study to date has specifically addressed the reliability of different types of single-leg landing. Therefore, considering the limitations of existing studies, the aim of the present research is to review studies that have assessed the reliability of various single-leg landing tasks for evaluating knee joint biomechanics. This review will aid in determining the reliability of different SLL tasks, analyzing study findings, and evaluating the quality of the current literature. In turn, it may help synthesize related findings and draw conclusions about existing gaps in the field.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

Materials and methods

Relevant articles for this study were retrieved from the following electronic databases: PubMed, MEDLINE, Sport Discus, EMBASE, CINAHL, and AMED, using a subject-based search strategy with the keywords: *Single Leg Landing*, *Landing*, *Kinematic*, *Biomechanics*, *Return to Sport*, *Performance Test*, *Functional Test*, *Hop Test*, and *Kinetic*, covering the period from 1995 to 2023. The initial search was conducted electronically, followed by a manual search of printed articles within the aforementioned databases. The inclusion criteria for selecting studies were as follows: studies involving human participants, written in English, available in full-text format, and focused on the biomechanics of single-leg landing in anterior, lateral, and medial directions across various movement planes (kinematic and kinetic). Initially, two primary reviewers—each with prior experience in publishing several related articles—screened the titles of the studies retrieved through the search strategy and removed any duplicates. Subsequently, two additional researchers with similar qualifications reviewed the titles and abstracts of the remaining articles. Any studies deemed irrelevant were excluded, and the full texts of those meeting the inclusion criteria were obtained. Based on these criteria, the full texts were reviewed in detail by the researchers. In cases where abstracts did not provide sufficient information to determine eligibility, the full texts were requested directly from the corresponding authors via ResearchGate or email. The quality of the articles was assessed in terms of study design, accuracy, and the thoroughness of reporting by the authors, using a modified version of the Downs and Black checklist (35). This tool is suitable for evaluating both randomized and non-randomized studies and has demonstrated good inter-rater reliability (r = 0.75) and test-retest reliability (r = 0.88) (36). Accordingly, a total of 15 items were included in the version used in the present study. A score of 12 or higher was considered indicative of high methodological quality.

Findings

As illustrated in Figure 1, a total of 1,022 articles were initially identified, from which 426 duplicates were removed. In the next stage, the titles and abstracts of the remaining studies were screened, resulting in the exclusion of 439 articles due to a lack of relevance to the research question. Following a full-text review of 157 studies, 148 articles were excluded. Ultimately, only 9 studies met the inclusion criteria and

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

were included in the final analysis. A summary of the study characteristics and quality assessment scores is presented in Table 1.

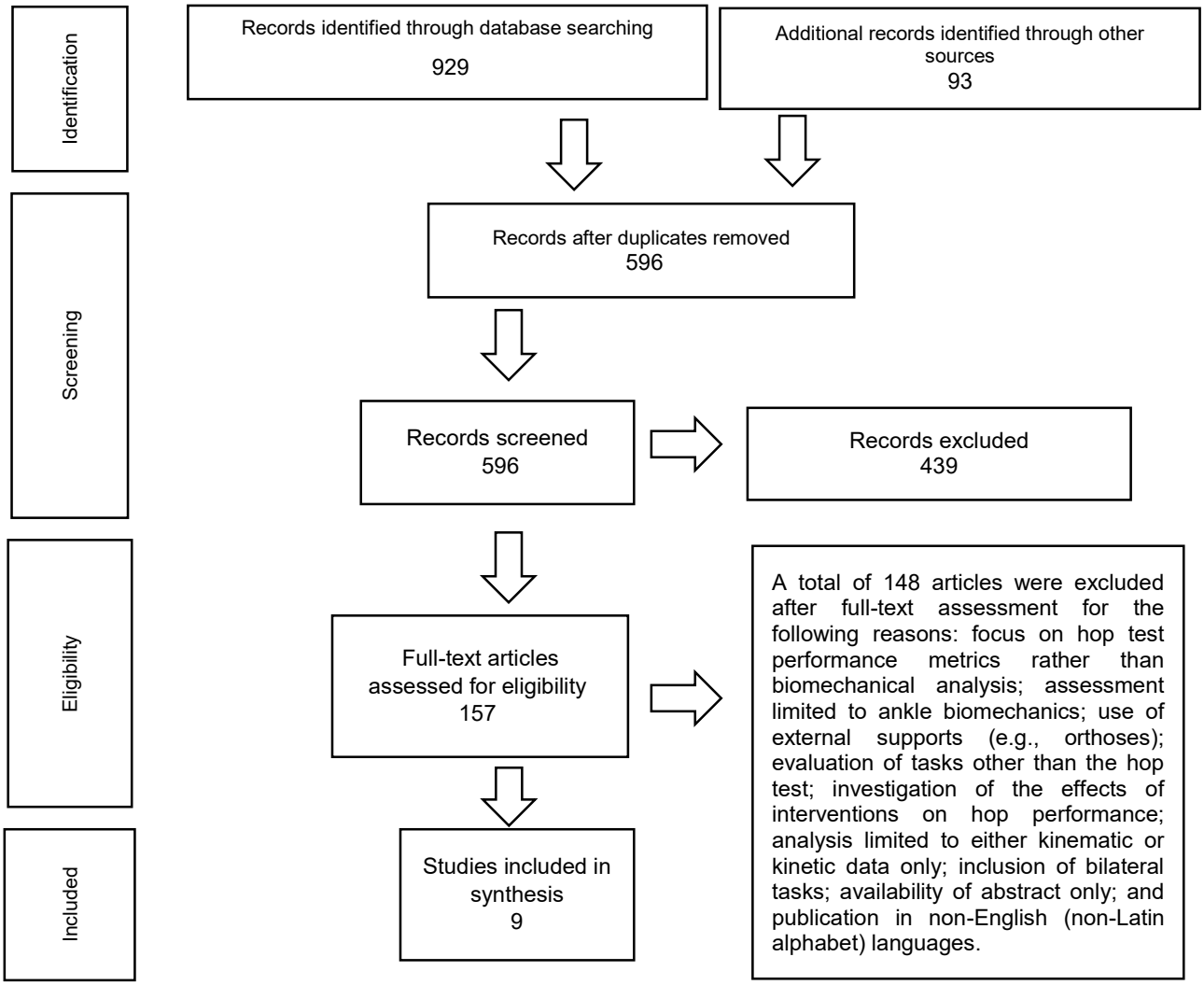


Figure 1. PRISMA flow diagram

Conclusion

All of the included studies examined the biomechanics of single-leg landing in the anterior direction, except for the studies by Ortiz et al. (41), Myer et al. (42), and Marshall et al. (43), which assessed lateral single-leg hop, crossover hop, and single-leg hurdle hop, respectively. Some studies also employed alternative tasks such as single-leg squat (32), cutting and pivoting (44), running (43), and double-leg landing (24, 25, 31). However, the present review exclusively focused on single-leg

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

landing tasks. Although the landing strategy was consistent across most studies, in three studies, participants were required to perform the task with their hands placed on their chest (32, 43, 45), which does not align with the natural mechanics of landing. In the study by Dos Reis et al., participants performed the task barefoot, which is uncommon in such assessments (46). Additionally, the type of surgery or graft was not controlled for in the study by Ortiz et al., which could potentially influence participant performance (41). Orishimo et al. did not assess pelvic kinematics—an important risk factor for knee injuries (45, 47). Moreover, selection bias may have been present in that study, as rhythmic athletes were selected based on body type and their ability to perform balance exercises, potentially overlooking those with underlying functional deficiencies. In Ortiz et al.'s study, the lateral hop task may not have been executed correctly, as it was defined as a hop toward the non-stance leg. This could result in variability in hop angle between participants, thereby affecting landing mechanics (41). In the majority of studies assessing single-leg landing, participants were instructed to jump directly onto a force plate from a platform. The exception was the study by Marshall et al. (43), which evaluated single-leg hurdle hop landings. Overall, all studies investigated a single-leg landing task in only one direction. Nevertheless, single-leg landing is widely considered a gold-standard method due to its acceptable reliability (ICC = 0.86–0.95) (32, 42, 48). However, its sensitivity for detecting functional limitations is relatively low, ranging from 38% to 52% (48). Alenezi et al. demonstrated that assessing functional performance with a single test may not yield adequate results, and the use of additional landing assessments may increase sensitivity in identifying limitations up to 80% (32).

Keywords: Single leg landing, biomechanics, motion planes, kinetic, kinematic

The message of the article

The findings of this systematic review indicate that single-leg landing tasks generally exhibit adequate reliability for kinematic variables. Additionally, there is insufficient research demonstrating the relationship between different landing directions. This review focused on the reliability of various types of single-leg landing tasks. This contributes to a better understanding of the similarities and differences among them, which can, in turn, aid sports science professionals in making informed decisions regarding the timing of return-to-sport assessments.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

مقدمه

میزان شیوع آسیب‌های ورزشی در ورزشکاران طی ۱۰-۱۵ سال گذشته به علت افزایش مشارکت آنها در ورزش، روند صعودی داشته است (۱). به عبارتی دیگر، از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷، آسیب‌های مربوط به ورزش در ورزشکاران ۱۹ درصد افزایش یافته است (۲). براساس گزارش شورای ملی ورزش جوانان امریکا در سال ۲۰۰۸، تخمین زده می‌شود که ٦۰ میلیون ورزشکار ٦ تا ۱۸ ساله در فعالیت‌های ورزشی شرکت می‌کنند (۳). با افزایش شرکت در فعالیت‌های بدنی، به طور طبیعی آسیب‌های مرتبط با آن فعالیت نیز افزایش می‌یابند (۱). آسیب‌های اندام تحتانی[1] در ورزشکاران جوان و نوجوان شایع و تقریباً ٤۰ درصد از کل آسیب‌ها را شامل می‌گردد (٤). آسیب مفصل زانو یکی از این آسیب‌ها است که طی ۲۰ سال گذشته به‌طور مداوم و با نرخ ۲/۳ درصد در سال، در حال افزایش است (۱, ۵). این‌گونه آسیب‌ها می‌توانند سبک زندگی را تغییر دهند و منجر به ماه‌ها بازتوانی و ناتوانی در انجام فعالیت-های ورزشی شوند (٦).

اکثر آسیب‌های زانو ناشی از مکانیسم غیربرخوردی (۷) که ترکیبی از فرود و چرخش است، رخ می‌دهند (۸). حرکات جبرانی در ورزشکاران با آسیب زانو، حین پیاده‌روی (۹)، دویدن (۱۰)، پرش (۱۱)، فرود (۱۲) و حرکات برشی (۱۳) مشاهده شده است. عدم تقارن حرکتی هنگام بازگشت این ورزشکاران به فعالیت با ریسک آسیب ثانویه همراه است (۱٤). بنابراین، تمرکز در بازتوانی پس از جراحی، بهبود عملکرد اندام بازسازی شده و کاهش عدم تقارن قبل از اینکه ورزشکار به فعالیت بپردازد، می‌باشد (۱۵). استفاده از آزمون‌های عملکردی به منظور ارزیابی توانایی و آمادگی ورزشکاران برای بازگشت به ورزش حائز اهمیت می‌باشند (۱٦)، زیرا محدودیت‌های کمتری نسبت به سایر آزمون‌ها دارند (۱۷, ۱۸). فرود تک پا[2] (SLL) یکی از آزمون‌هایی است که مورد استفاده قرار می-گیرد و به عنوان معیار مناسبی برای آمادگی ورزشکار برای بازگشت به ورزش شناخته می‌شود (۱۲). به طورکلی، تکلیف فرود جهت شناسایی ورزشکاران در معرض آسیب اولیه لیگامان صلیبی قدامی[3] (ACL) (۱۹)، عدم تقارن فرود پس از بازسازی ACL (۱۲) و ورزشکارانی که پس از بازسازی مستعد آسیب ثانویه ACL هستند (۲۰)، استفاده می‌گردد. بنابراین SLL به عنوان استاندارد طلایی در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، استراتژی فرود فرصتی را برای شناسایی الگوهای حرکتی تغییریافته و احتمالاً جبرانی استفاده شده در اندام درگیر فراهم می‌نماید (۲۱).

بسیاری از مطالعات پیشین پایایی فرود تک پا را مورد بررسی قرار داده‌اند؛ با وجود اینکه صفحه فرونتال پیش بینی کنندهٔ مهم آسیب زانو به شمار می‌رود (۲۲)، مطالعات اغلب این بررسی را در صفحه ساجیتال اندازه‌گیری نموده‌اند (۲۳-۲۵). از سویی بیشتر تمرکز بر متغیرهایی نظیر اداکشن هیپ و والگوس زانو در صفحه فرونتال بوده است که به عنوان ریسک فاکتور مهم آسیب زانو شناخته می‌شوند (۲٦)، درحالی که به سایر متغیرهای کینتیکی و کینماتیکی کمتر پرداخته شده است. همچنین بیشتر مطالعات، تکلیف فرود دو پا را که ارتباط کمی با حرکات خاص ورزشی دارد، مورد بررسی قرار داده‌اند (۲٤, ۲۵, ۲۷-۲۹). چراکه ارزیابی‌های دو طرفه ممکن است محدودیت‌های

1. lower extremity
2. Single-Leg Landing
3. Anterior Cruciate Ligament

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

عملکردی یک‌طرفه را مشخص ننمایند و حرکات یک‌طرفه‌ی نادرستی که طی فعالیت‌ها رخ می‌دهند را نادیده بگیرند (۳۰). مقایسه بیومکانیک زانو در بین تکالیف خاص ورزشی می‌تواند به شناسایی ریسک فاکتورهای آسیب و همچنین پیشگیری و درمان آن کمک نماید. مطالعات مختلفی تکلیف فرود تک پا را از نظر ویژگی‌های بیومکانیکی، به ویژه پارامترهای کینماتیکی و کینتیکی مقایسه کرده‌اند (۳۱-۳۳) و چنین نتیجه گرفتند که پایایی برای زوایای والگوس زانو و اداکشن هیپ، متوسط تا عالی می‌باشد (۳٤). با این حال، هیچ مطالعه‌ای تحت عنوان پایایی انواع مختلف فرود تک پا صورت نگرفته است. لذا با توجه به محدودیت‌های ذکر شده در مطالعات اخیر، هدف از این تحقیق مرور مطالعاتی است که پایایی انواع مختلف فرود تک پا را جهت ارزیابی بیومکانیک مفصل زانو مورد بررسی قرار داده‌اند. این مطالعه به تعیین پایایی انواع تکالیف SLL، بررسی نتایج و ارزیابی کیفیت مطالعات موجود کمک خواهد کرد و به نوبه خود می‌تواند به جمع بندی نتایج مطالعات مرتبط و نتیجه گیری در مورد شکاف موجود بپردازد.

روش‌شناسی

مقالات مرتبط با موضوع تحقیق از پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، MEDLINE، Sport Discus، EMBASE، CINAHL، AMED و با کلیدواژه‌های؛ Single Leg Landing, Landing, Kinematic, Biomechanics, Return to Sport, Performance Test, Functional Test, Hop Test, Kinetic به روش جستجوی موضوعی از سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۳، استخراج و مورد بررسی قرار گرفتند. جستجوی مقالات در ابتدا به روش الکترونیکی و سپس به طریق دستی از میان مقالات چاپ شده در پایگاه‌های مذکور انجام شد. معیارهای ورود به تحقیق برای مقالات انتخاب شده براساس موارد زیر بود؛ مطالعات محدود به تحقیقات انسانی، به زبان انگلیسی و به صورت تمام متن نوشته شده بودند، به بررسی بیومکانیک فرود تک پا در جهات قدامی، خارجی و داخلی در صفحات مختلف حرکتی (کینماتیک و کینتیک) پرداخته بودند.

در ابتدا، دو داور اول با تخصص چاپ چندین مقاله مرتبط با عنوان کار عناوین مطالعاتی که از طریق استراتژی جستجو استخراج شده بود را بررسی و عناوین تکراری را حذف نمودند. سپس دو محقق دیگر با شرایط فوق نیز عناوین و چکیده مقالات را مورد بررسی قرار دادند. هرگونه مطالعه غیرمرتبط حذف و سپس متن کامل مطالعاتی که دارای معیارهای ورود بودند، به دست آمد. بر اساس معیارهای ورود، محققان متن کامل مقالات را مرور نمودند. در مواردی که اطلاعات کافی برای تعیین اینکه آیا مطالعه واجد شرایط ورود است یا خیر (چکیده مقالات) وجود نداشت، درخواست متن کامل از نویسندگان مربوطه از طریق حساب یا ایمیل Research gate صورت گرفت. کیفیت مقالات از نظر طرح مطالعه، دقت و عملکرد نویسندگان در بیان همه مسائل، توسط یک نسخه اصلاح شده از چک‌لیست Downs and Black صورت گرفت (۳۵). این ابزار برای ارزیابی مطالعات تصادفی و غیرتصادفی مناسب بوده و دارای پایایی درون-بین آزمونگر (r= ۰/۷۵) و آزمون- آزمون مجدد (r = ۰/۸۸) خوب می‌باشد (۳٦). بنابراین، ۱۵ نمره در نسخه مورد استفاده در مطالعه حاضر گنجانده شد. نمره ۱۲ یا بیشتر کیفیت روش شناسی بالا را

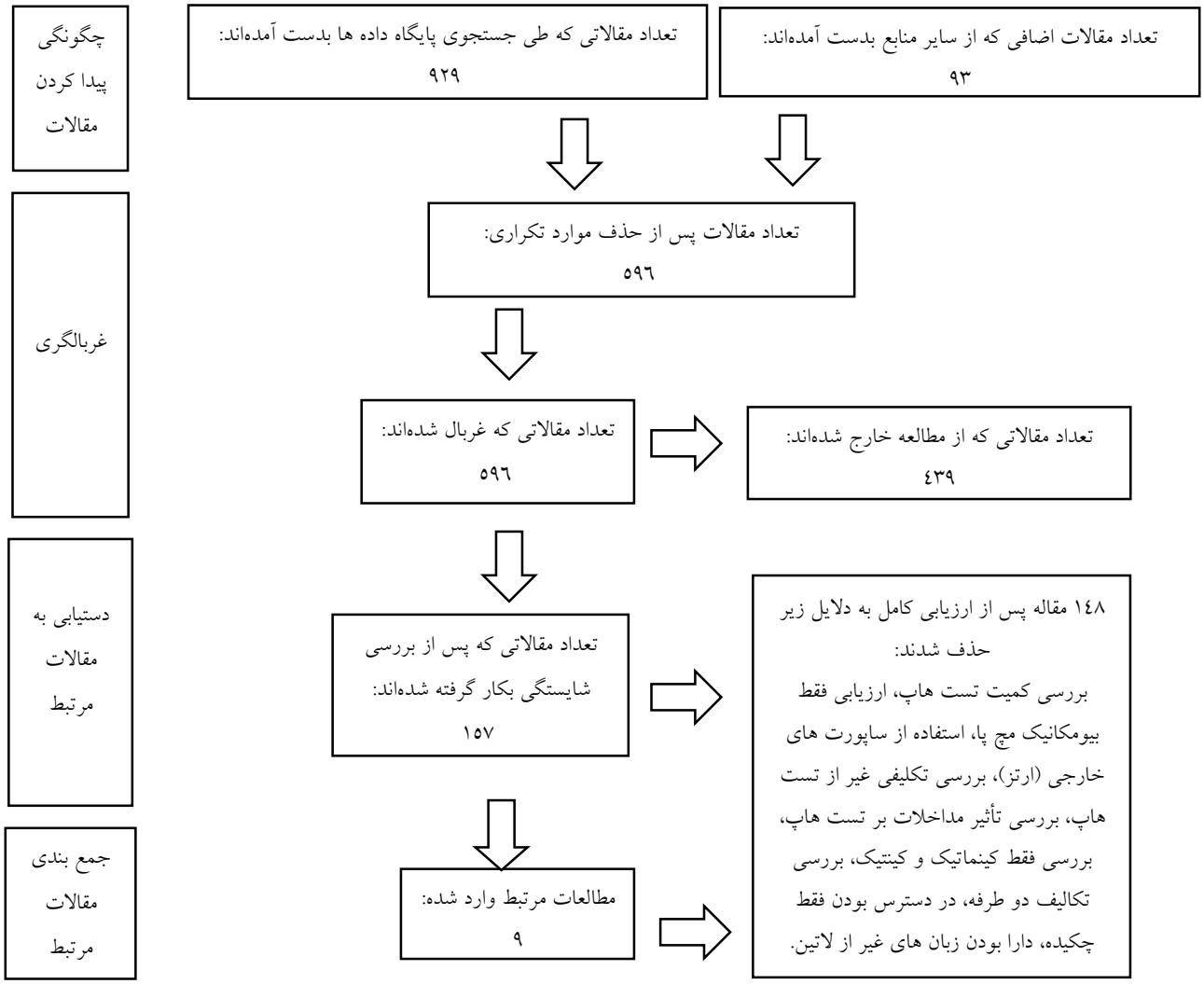
نشان می‌دهد؛ درحالی‌که نمره ۱۰-۱۱ کیفیت متوسط و کمتر از ۱۰ نشان دهندهٔ کیفیت پایین می‌باشد (۳۷).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

یافته‌ها

استراتژی جستجو و نحوه انتخاب مقالات در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱- فلوچارت PRISMA

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، مجموعاً ۱۰۲۲ مقاله شناسایی و سپس مطالعات تکراری حذف شدند (n = ٤٢٦). در مرحله بعدی عناوین و چکیده مطالعات مورد بررسی قرار گرفت و ٤٣٩ مطالعه به علت عدم همخوانی با سوال تحقیق از مطالعه خارج شدند. با مرور متن کامل ۱۵۷ مطالعه، ۱٤۸ مقاله حذف شدند. نهایتاً تنها ۹ مقاله که دارای معیارهای ورود به مطالعه بودند، مورد بررسی قرار گرفتند. خلاصه ویژگی‌ها و نمرات ارزیابی کیفیت مطالعات در جدول شماره ۱ آورده شده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

جدول ۱. ویژگی ها و نمرات ارزیابی کیفیت مطالعات

نام نویسنده / سال	جامعه	جنسیت	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	کیفیت مقالات
Pappas et al. (2007)	ورزشکار آماتور دانشگاهی	مرد ۱۶ زن ۱۶	۲۸/۸ ± ۳/۹ ۲۸/۲ ± ۵/۴	۱۸۱/۷ ± ۷/۴ ۱۶۷ ± ۵/۹	۸۱ ± ۱۰/۴ ۵۹ ± ۵/۸	پایین
Orishimo et al. (2009)	ورزشکاران حرکات ریتمیک	مرد ۱۲ زن ۲۱	۲۵ ± ۴ ۲۷ ± ۵	۱۷۷/۳ ± ۵/۸ ۱۶۷/۵ ± ۴/۹	۷۱/۳ ± ۵/۵ ۵۷/۹ ± ۶/۳	پایین
Ortiz et al. (2011)	ورزشکار	زن ۱۳ (ACLR) زن ۱۵ (سالم)	۲۵/۴ ± ۳/۱ ۲۴/۶ ± ۲/۶	۱۶۷/۵ ± ۵/۹ ۱۶۴/۷ ± ۶/۳	۶۳/۲ ± ۶/۷ ۵۸/۴ ± ۸/۹	بالا
Alenezi et al. (2014)	ورزشکار آماتور	مرد ۷ زن ۸	۲۵ ± ۶/۴ ۲۶ ± ۳/۵	۱۷۱ ± ۶/۷ ۱۶۳ ± ۵/۴	۶۹/۷ ± ۱۰/۷ ۶۳ ± ۸	متوسط
Jones et al. (2014)	بازیکنان فوتبال	زن ۲۰	۲۱ ± ۳/۹	۱۶۳ ± ۸	۵۸/۴ ± ۶/۴	پایین
Orishimo et al. (2014)	ورزشکاران حرکات ریتمیک	مرد ۴۰ زن ۴۰	۲۷ ± ۶ ۲۵ ± ۵	۱۸۴ ± ۷ ۱۷۰ ± ۷	۷۳/۵ ± ۹/۴ ۵۶/۹ ± ۶	متوسط
Dos Reis et al. (2015)	ورزشکار	مرد ۱۲ (PFPS) زن ۲۰ (سالم)	۲۳/۵ ± ۲/۱ ۲۳/۱ ± ۳/۳	۱۷۱ ± ۱۳ ۱۶۵/۵ ± ۱۲	۵۵/۳ ± ۴/۸ ۵۵/۹ ± ۷/۱	متوسط
Myer et al. (2015b)	بازیکنان والیبال دبیرستان	زن ۱۲	۱۵/۳ ± ۰/۶	۱۶۹ ± ۴	۵۸/۳۶ ± ۶	پایین
Marshal et al. (2015)	بازیکنان راگبی	۲۰ فرد سالم	۲۰/۴ ± ۱	۱۸۶ ± ۸	۹۸/۴ ± ۹/۹	پایین

امتیاز ≤ ۱۲ نشان دهندهٔ کیفیت بالا، امتیاز ۱۰ یا ۱۱ نشان دهندهٔ کیفیت متوسط و امتیاز ≥ ۹ نشان دهندهٔ کیفیت پایین می‌باشد.

همچنین خلاصه یافته‌های این مقالات نیز در جدول ۲ شرح داده شده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

جدول ۲. مروری بر خصوصیات مطالعات اصلی

نویسنده	تکلیف	روش اندازه‌گیری	متغیرها	نتایج
Pappas et al. (2007)	فرود تک پا جعبه ۴۰ سانتی متری	سه بعدی ۸ دوربین یک فورس پلیت	حداکثر فلکشن زانو (درجه) اداکشن هیپ (درجه) والگوس زانو (درجه) نیروی عمودی عکس‌العمل زمین (چندبرابر وزن بدن)	۷۲/۲ ± ۱۲/۲ ۶ ± ۸/۴- ۵ ± ۰/۹۶ ۳/۲ ± ۱/۳
Orishimo et al. (2009)	فرود تک پا جعبه ۳۰ سانتی متری	سه‌بعدی ۸ دوربین یک فورس پلیت	فلکشن هیپ (درجه) (+) اداکشن هیپ (درجه) (+) گشتاور اکستنسوری هیپ (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) گشتاور ابداکتوری هیپ (نیوتون.متر/کیلوگرم) (+) فلکشن زانو (درجه) (+) ابداکشن زانو (درجه) (+) گشتاور اکستنسوری زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) گشتاور اداکتوری زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) نیروی عمودی عکس‌العمل زمین (چندبرابر وزن بدن)	مردان (۱۶/۶ ± ۲۰)، زنان (۱۰/۲ ± ۲۸/۷) مردان (۵/۳ ± ۴/۸)، زنان (۵/۴ ± ۰/۹) مردان (۰/۷ ± ۱)، زنان (۰/۶ ± ۰/۸) مردان (۰/۴ ± ۱/۳)، زنان (۰/۵ ± ۱) مردان (۱۲/۵ ± ۵۹/۲)، زنان (۵/۵ ± ۵۸/۷) مردان (۴/۳ ± ۳/۲-)، زنان (۱۱/۱ ± ۱/۷-) مردان (۰/۵ ± ۱/۶)، زنان (۰/۵ ± ۱/۴) مردان (۰/۳ ± ۰/۶-)، زنان (۰/۴ ± ۰/۴-) مردان (۰/۷ ± ۴/۲)، زنان (۰/۵ ± ۳/۹)
Ortiz et al. (2011)	پرش جانبی و متقاطع	سه‌بعدی ۴ دوربین ۲ فورس پلیت	فلکشن هیپ (درجه) اداکشن هیپ (درجه) گشتاور اکستنسوری زانو (نیوتون.متر/کیلوگرم) (+) گشتاور والگوسی زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+)	پرش جانبی (۳۹/۹۰)، پرش متقاطع (۱۴/۰۸) پرش جانبی (۳/۹۹)، پرش متقاطع (۸/۵۴) پرش جانبی؛ گروه کنترل (۲/۹۶)، گروه ACLR (۳/۹۷). پرش متقاطع؛ گروه کنترل (۷/۶۲)، گروه ACLR (۲/۱۳). پرش جانبی؛ گروه کنترل (۱/۱۶)، گروه ACLR (۶/۹۶). پرش متقاطع؛ گروه کنترل (۱/۱۶)، گروه ACLR (۵/۵۹).
Alenezi et al. (2014)	فرود تک پا جعبه ۳۰ سانتی	سه بعدی ۱۰ دوربین	فلکشن هیپ (درجه)	در طول روز (۴۹/۸۳)، میانگین (۳/۲۶) بین روزها (۵۰/۱۹)، میانگین (۲/۹۷)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

	متری	یک فورس پلیت	اداکشن هیپ (درجه) گشتاور فلکسوری هیپ (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) گشتاور اداکتوری هیپ (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) فلکشن زانو (درجه) والگوس زانو (درجه) گشتاور فلکسوری زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) گشتاور والگوسی زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) نیروی عمودی عکس‌العمل زمین (چند برابر وزن بدن) سه‌بعدی	در طول روز (۸/۵۶)، میانگین (۱/۵۳) بین روزها (۷/۷۰)، میانگین (۱/۲۹) در طول روز (۲/۳۹–)، میانگین (۰/۲۱) بین روزها (۲/۵۱–)، میانگین (۰/۲۹) در طول روز (۱/۹۳–)، میانگین (۰/۱۶) بین روزها (۲/۰۱–)، میانگین (۰/۱۱) در طول روز (۷۰/۲۷)، میانگین (۳/۳۵) بین روزها (۷۰/۲۷)، میانگین (۳/۲۷) در طول روز (۹/۳۶–)، میانگین (۱/۴۴) بین روزها (۸/۸۹–)، میانگین (۱/۱۴) در طول روز (۳/۳۳)، میانگین (۰/۱۱) بین روزها (۳/۳۵)، میانگین (۰/۱۱) در طول روز (۰/۵۱–)، میانگین (۰/۰۸) بین روزها (۰/۵۷–)، میانگین (۰/۰۸) در طول روز (۴/۴۲)، میانگین (۰/۲۴) بین روزها (۴/۴۵)، میانگین (۰/۲۵)
Jones et al. (2014)	فرود تک پا جعبه ۳۰ سانتی متری	سه‌بعدی یک فورس پلیت	اداکشن (+) / ابداکشن (–) هیپ (درجه) چرخش داخلی (+) / خارجی (–) هیپ (درجه) حداکثر ابداکشن زانو (–) (درجه) چرخش داخلی (+) / خارجی (–) زانو (درجه) گشتاور ابداکتوری زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+)	۵ ± ۳ ۱۰ ± ۸ ۶ ± ۷– ۶ ± ۵ ۰/۲۸
Orishimo et al. (2014)	فرود تک پا جعبه ۳۰ سانتی متری	سه‌بعدی ۸ دوربین یک فورس پلیت ۲۰ مارکر رفلکتیو	ابداکشن (–) / اداکشن (+) زانو (درجه) حداکثر فلکشن زانو (زانو) گشتاور اداکتوری هیپ (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+)	گروه حرکات ریتمیک؛ مردان (۶)، زنان (۲/۵). گروه ورزشکاران؛ مردان (۵)، زنان (۳–) گروه حرکات ریتمیک؛ (۶/۳ ± ۵۴/۳)، زنان (۶/۱ ± ۵۷). گروه ورزشکاران؛ مردان (۹/۱ ± ۵۴/۲)، زنان (۵/۴ ± ۵۶) گروه حرکات ریتمیک؛ مردان (۳/۲)، زنان (۲/۲). گروه ورزشکاران؛ مردان

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

			حداکثر گشتاور فلکسوری زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+)	(۳/۱)، زنان (۳) گروه حرکات ریتمیک؛ مردان (۰/٤ ± ۲/۸)، زنان (۰/٤ ± ۲/۵). گروه ورزشکاران؛ مردان (۰/٦ ± ۲/۸)، زنان (۰/۳ ± ۲/۹)
Dos Reis et al. (2015)	پرش سه گانه تک پا[1]	سه‌بعدی ۸ دوربین یک فورس پلیت ۲۳ مارکر رفلکتیو	فلکشن هیپ (درجه) اداکشن هیپ (درجه) چرخش داخلی هیپ (درجه) فلکشن زانو (درجه) اداکشن زانو (درجه) گشتاور ابداکتوری هیپ (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) گشتاور اکستنسوری هیپ (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) گشتاور ابداکتوری زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) گشتاور اکستنسوری زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+)	گروه کنترل (۳/۷ ± ۵۸/٦)، PFPS (٥٤/٤ ± ٥/٤) گروه کنترل (۰/٦ ± ٦/۹)، PFPS (۱۰/۳ ± ۰/٦) گروه کنترل (۰/۹ ± ۸/۹)، PFPS (۱۲/۵ ± ۳/۳) گروه کنترل (٤/۹ ± ٥٦/۷)، PFPS (٤۷/۸ ± ۲/۸) گروه کنترل (۳ ± ۷/۸)، PFPS (۸/٤ ± ۲/۲) گروه کنترل (۰/۵ ± ۱/۸)، PFPS (۲/۲ ± ۰/۲) گروه کنترل (۰/۵ ± ۲/۹)، PFPS (۲/۸ ± ۰/۵) گروه کنترل (۰/۳ ± ۰/۹)، PFPS (۲/۱ ± ۰/٤) گروه کنترل (۰/٤ ± ۲/۸)، PFPS (۱/۹ ± ۰/۳)
Myer et al. (2015b)	فرود تک پا متقاطع[2] جعبه ۳۱ سانتی متری	سه‌بعدی ۱۰ دوربین در مرکز ۱ ۱۸ دوربین در مرکز ۲ ۸ دوربین در مرکز ۳ ۱ فورس پلیت ٤۸ مارکر رفلکتیو	فلکشن هیپ (درجه) اداکشن هیپ (درجه) چرخش داخلی هیپ (درجه) فلکشن زانو (درجه) ابداکشن زانو (درجه)	مرکز ۱؛ چپ (٥۸/٦)، راست (٥۹/۲). مرکز۲؛ چپ (٥۳/۲)، راست (٥۱/۷). مرکز۳؛ چپ (٥۱/۷)، راست (٥۳/۲) مرکز ۱؛ چپ (۹/۹)، راست (۱٤/۲). مرکز۲؛ چپ (۸)، راست (۱۰/۲). مرکز۳؛ چپ (۸/۷)، راست (۱٤) مرکز ۱؛ چپ (٤/۵-)، راست (۵/۷-). مرکز۲؛ چپ (٦-)، راست (٦/۷-). مرکز۳؛ چپ (۵/۸-)، راست (٦/۷-) مرکز ۱؛ چپ (٦٥/۹)، راست (٦۸/۲). مرکز۲؛ چپ (٦۱/۳)، راست (٦٥/۵). مرکز۳؛ چپ (٦٦/۲)، راست (٦٥/۳) مرکز ۱؛ چپ (۹)، راست (۱۰/٦). مرکز۲؛ چپ (۸/۹)، راست (۹/۲). مرکز۳؛

[1] Single-leg triple hop

[2] Single-leg cross drop

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

			چرخش داخلی زانو (درجه) گشتاور فلکسوری هیپ (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) گشتاور اداکتوری هیپ (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) گشتاور چرخشی هیپ (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) گشتاور فلکسوری زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) گشتاور ابداکتوری زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+) گشتاور چرخشی زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم) (+)	چپ (۸/۳)، راست (۱۲/٤) مرکز ۱؛ چپ (٦/۸)، راست (۲). مرکز۲؛ چپ (۹/۳)، راست (۹/۵). مرکز۳؛ چپ (۹/۱)، راست (۸/۹) مرکز ۱؛ چپ (۱۰۳/۹)، راست (۱۰۵/۳). مرکز۲؛ چپ (۸۰/۹)، راست (۸۳/۹). مرکز۳؛ چپ (۹۱/۷)، راست (۸۰/۵) مرکز ۱؛ چپ (۹۰/٦)، راست (۱۰٤/۳). مرکز۲؛ چپ (۹۰/۹)، راست (۹۲). مرکز۳؛ چپ (۸۵/۹)، راست (۹۵/۱) مرکز ۱؛ چپ (٤۳/۸)، راست (٤۷/٦). مرکز۲؛ چپ (٤۸/۸)، راست (٤۰/۳). مرکز۳؛ چپ (۳۷/۹)، راست (٤۹/٦) مرکز ۱؛ چپ (۱۳٤/۲)، راست (۱۲۹/۳). مرکز۲؛ چپ (۱٤۱/۲)، راست (۱٤۵/۳). مرکز۳؛ چپ (۱٤٤/۹)، راست (۱۳۸/۸) مرکز ۱؛ چپ (۱۰/۳)، راست (٦/۷). مرکز۲؛ چپ (۵/٤)، راست (۱۵/۷). مرکز۳؛ چپ (۱۰/٤)، راست (۱۱/۳) مرکز ۱؛ چپ (۱/۵)، راست (۱/۲). مرکز۲؛ چپ (۸/۸)، راست (۳/۵). مرکز۳؛ چپ (۲/۹)، راست (۵/٤)
Marshal et al. (2015)	فرود تک پا، پرش از مانع تک پا[1] جعبه ۳۰ سانتی متری	سه‌بعدی ۸ دوربین یک فورس پلیت	فلکشن (+) / اکستنشن (–) زانو (درجه) واروس (+) / والگوس (–) زانو (درجه) فلکشن (+) / اکستنشن (–) هیپ (درجه) ابداکشن (–) / اداکشن (+) هیپ (درجه) گشتاور اکستنسوری (+) / فلکسوری (–) هیپ (نیوتون. متر/کیلوگرم) گشتاور ابداکتوری (+) / اداکتوری (–) هیپ (نیوتون. متر/کیلوگرم)	پای غالب (۸/۸ ± ٦٦/٦)، پای دیگر (۸ ± ٦٦/۳) پای غالب (۵/٦± ٤/۳)، پای دیگر (۸/۵ ± ۷/٦) پای غالب (۱۰/۹ ± ۵۹/۳)، پای دیگر (۹/۱ ± ۵۹/٤) پای غالب (۵/٦ ± ۹/۳)، پای دیگر (۳ ± ۱۰) پای غالب (۲ ± ۵/٤)، پای دیگر (۱/۳ ± ۵) پای غالب (۰/۷ ± ۲/۷)، پای دیگر (۰/۸ ± ۲/۲)

[1] Single-leg hurdles hop

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

			گشتاور اکستنسوری (+) / فلکسوری (–) زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم)	پای غالب (۰/٤± ۳/۱)، پای دیگر (۰/۳ ± ۳/۱)
			گشتاور والگوسی (+) / واروسی (–) زانو (نیوتون. متر/کیلوگرم)	پای غالب (۰/٤ ± ۱/۹)، پای دیگر (۰/۵ ± ۲)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

بحث

تکالیف فرود تک پا در ورزش‌های مختلفی دیده می‌شوند و معمولاً به عنوان تمرینات توانبخشی و ابزار غربالگری قبل از بازگشت به ورزش، مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین، هدف از این مرور سیستماتیک بررسی مطالعاتی بود که پایایی انواع تکالیف فرود تک پا جهت ارزیابی بیومکانیک (کینماتیک و کینتیک) مفصل زانو را حین فرودهای تک پای مختلف اندازه‌گیری نموده بودند. ارتباط بین بیومکانیک مفصل زانو و تمرینات ورزشی با آسیب زانو به روشنی بیان شده است (۳۸, ۳۹). از آنجایی که به نظر می‌رسد حرکات صفحه فرونتال ارتباط بیشتری با آسیب داشته باشند، اما مهمترین مکانیسم وقوع آسیب ترکیب حرکات صفحات ساجیتال و عرضی شناخته شده‌اند (۳۹, ٤۰). در مطالعات گذشته، تکالیف فرود تک پا معمولاً در سطح ساجیتال بررسی شده است (۲٤, ۲۵). لذا باتوجه به تفاوت‌های موجود بین این مطالعات از نظر؛ اهداف، روش شناسی، مداخلات و یافته‌ها، نتیجه‌گیری صحیح در مورد بیومکانیک فرود تک پا دشوار است. بنابراین، تحقیق حاضر با هدف بررسی پایایی انواع فرودهای تک پا جهت ارزیابی بیومکانیک مفصل زانو صورت گرفت.

تمام مطالعات به بررسی بیومکانیک فرود تک پا در جهت قدامی پرداخته بودند. به جز مطالعات اورتیز و همکاران (٤۱)، مایر و همکاران (٤۲) و مارشال و همکاران (٤۳) که به ترتیب؛ پرش جانبی، پرش متقاطع تک پا و پرش از مانع تک پا را مورد بررسی قرار داده بودند. برخی از مطالعات نیز از تکالیف دیگری مانند اسکات تک پا (۳۲)، برش و چرخش (٤٤)، دویدن (٤۳) و فرود دوپا (۲٤, ۲۵, ۳۱) استفاده کرده بودند. با این حال، این مطالعه فقط تکالیف فرود تک پا را بررسی نموده است.

با وجود اینکه استراتژی فرود در اکثر مطالعات یکسان بود، اما در سه مطالعه شرکت کنندگان می‌بایست این تکلیف را با قرار دادن دست‌ها روی قفسه سینه انجام می‌دادند (۳۲, ٤۳, ٤۵)، که با ماهیت فرود مطابقت ندارد. آزمودنی‌ها در مطالعه دوس رایز و همکاران نیز با پای برهنه مورد بررسی قرار گرفتند، که چندان شایع نمی‌باشد (٤٦). نوع جراحی یا گرافت در مطالعه اورتیز و همکاران کنترل نشد، چراکه ممکن است بر عملکرد آزمودنی‌ها تأثیر بگذارد (٤۱). اوریشیمو و همکاران نیز کینماتیک لگن که به عنوان یک ریسک فاکتور برای آسیب زانو شناخته می‌شود را مورد ارزیابی قرار ندادند (٤۵, ٤۷). علاوه براین، سوگیری انتخاب ممکن است در این مطالعه وجود داشته باشد؛ زیرا ورزشکاران حرکات ریتمیک، براساس نوع بدن و توانایی انجام تمرینات تعادلی انتخاب شده بودند. این امر ممکن است عملکرد شرکت کنندگانی که دارای ضعف هستند را نادیده بگیرد. در مطالعه اورتیز و همکاران، ممکن است تکلیف پرش جانبی به درستی انجام نشده باشد، بدین علت که آن‌ها این تکلیف را به عنوان پرش به سمت پایی که روی زمین نیست، تعریف نمودند. بنابراین تفاوت در زاویه‌ی پرش بین آزمودنی‌ها وجود خواهد داشت، که مکانیک فرود را تحت تأثیر قرار می-دهد (٤۱). در اکثر مطالعاتی که فرود تک پا مورد بررسی قرار گرفته بود، شرکت کنندگان می‌بایست از روی سکویی مستقیماً برروی فورس پلیت تکلیف پرش را انجام می‌دادند. به جز مطالعه مارشال و همکاران (٤۳) که فرود و پرش از مانع تک پا را اندازه‌گیری نموده بود؛ تمام مطالعات یک تکلیف فرود تک پا و فقط در یک جهت را بررسی کرده بودند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

با این وجود، فرود تک پا به علت پایایی مناسب، روش استاندارد معیار (طلایی) تلقی می‌گردد (ICC = ۰/۸۶ – ۰/۹۵) (۳۲, ۴۲, ۴۸). از طرفی حساسیت ارزیابی محدودیت‌های عملکردی با استفاده از این روش بسیار کم می‌باشد (۵۲ – ۳۸ درصد) (۴۸). آلنزی و همکاران نشان دادند که ارزیابی توانایی های عملکردی با استفاده از یک آزمون مجزا ممکن است نتایج موردقبولی را ارائه ندهد و استفاده از سایر تست‌های فرود ممکن است حساسیت این محدودیت ها را تا ۸۰ درصد افزایش دهد (۳۲).

آلنزی و همکاران ۱۵ ورزشکار آماتور (۸ زن، ۷ مرد) را حین فرود تک پا با استفاده از آنالیز سه‌بعدی حرکت مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که پایایی در طول روزها (ICC = ۰/۹۰) بیشتر از پایایی بین روزها (ICC = ۰/۷۸) است. علاوه بر این، پایایی عالی (ICC = ۰/۸۰ – ۰/۹۷) در طول روزها برای متغیرهای کینماتیکی و کینتیکی اندام تحتانی گزارش شد. به‌غیراز زاویه چرخش داخلی زانو و گشتاور اداکتوری هیپ که پایایی متوسط تا خوب را نشان دادند (ICC = ۰/۶۳ – ۰/۷۸). پایایی بین روزها نیز برای متغیرهای کینماتیکی خوب تا عالی به دست آمد (ICC = ۰/۴۸ – ۰/۹۶) (۳۲). مایر و همکاران نیز پایایی بین مرکز را حین فرود متقاطع تک پا اندازه‌گیری نمودند. ۲۵ والیبالیست زن دبیرستانی انتخاب ولی تنها ۱۲ ورزشکار آزمون را انجام دادند. پایایی خوب برای متغیرهای کینماتیکی با ضریب همبستگی چندگانه (بیشتر از ۰/۷۵) گزارش شد؛ به جز فلکشن جانبی تنه که پایایی ضعیفی نشان داد. فرآیند جمع آوری داده‌های این مطالعه در سه مرکز مختلف انجام شد. هر مرکز از ابزارهای خودش استفاده می‌کرد. تفاوت‌هایی که بین مراکز وجود داشت، مانند تفاوت در تعداد دوربین‌ها، فرکانس‌های نمونه‌برداری و فیلتر ممکن است بر نتایج تأثیر گذاشته باشد. با این حال، به نظر می‌رسد که این امر ممکن است اجتناب ناپذیر باشد، اما با هدف مطالعه، که بررسی قابلیت اطمینان بین مراکز بود، مطابقت دارد. علاوه براین، سطح فعالیت ممکن است بر نتایج تأثیر بگذارد، زیرا والیبالیست‌ها ممکن است بتوانند بهتر از سایر ورزشکاران تکلیف فرود را انجام دهند؛ زیرا والیبال شامل چنین تکلیفی است که ممکن است ورزشکار را به انجام آن عادت دهد (۴۲).

اوریشیمو و همکاران نیز فرود تک پا را در ۴۰ ورزشکار حرکات ریتمیک (۲۰ زن، ۲۰ مرد) و ۴۰ ورزشکار تیمی (۲۰ زن، ۲۰ مرد) مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج آن‌ها، زنان ورزشکار حین فرود تک پا والگوس بیش از حد و افزایش فلکشن و فلکشن جانبی تنه را نشان دادند. همچنین گشتاور اداکتوری هیپ در گروه حرکات ریتمیک کمتر بود (۴۵). چنین یافته‌هایی از مطالعه پاپاس و همکاران حمایت می‌کند که نشان می‌دهد زنان نسبت به مردان با والگوس بیشتر تکالیف فرود را انجام می‌دهند (۳۱). علاوه براین، اوریشیمو و همکاران هیچ تفاوت جنسیتی در کینماتیک فرود تک پا بین ورزشکاران حرکات ریتمیک مرد و زن گزارش نکردند. در چنین شرایطی، مهارت، آموزش و همچنین تیپ بدنی ممکن است نقش مهمی در یافته‌ها داشته باشد. همچنین تفاوت کفش در این مطالعه ممکن است نیروی عکس‌العمل زمین تحت تأثیر قراردهد. با این وجود ورزشکاران حرکات ریتمیک با تجربه و آموزش کمتر احتمالاً بیومکانیک فرود متفاوتی را نشان دهند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

اورتیز و همکاران ۱۵ زن سالم را با ۱۳ زن با ACLR حین انجام تکلیف پرش جانبی (۱۰ تلاش) و پرش متقاطع تک پای بین دو خط، مورد بررسی قرار دادند. دو گروه ذکرشده حین انجام فعالیت‌های مورد نظر، کینماتیک مفصل زانو و مفصل ران مشابهی را نشان دادند. در طول پرش متقاطع، زوایای فلکشن و اداکشن هیپ (به ترتیب ٤١/٠٨ درجه و ٨/٥٤ درجه) نسبت به پرش جانبی (به ترتیب ٣٨/٩٠ درجه و ٣/٩٩ درجه) در هر دو گروه بیشتر بود. اکستنشن و گشتاور اداکتوری زانو در گروه کنترل در طول پرش متقاطع بیشتر، درحالی‌که در گروه ACLR در هنگام پرش جانبی بیشتر بود. بااین‌حال، نرخ نمونه‌برداری ٦٠ هرتز، با فیلتر پایین گذر ٦ هرتز، در این مطالعه استفاده شد. علاوه بر این، محققان تنها به سطح عملکرد گروه آسیب در این مطالعه پرداختند که ممکن است فقط برای زنان با سطح عملکرد یکسان قابل‌استفاده باشد.

پاپاس و همکاران نیز تأثیر جنسیت بر بیومکانیک فرود را بررسی نمودند. ۳۲ ورزشکار آماتور حین انجام فرود تک پا و دو پا از روی سکوی ٤٠ سانتی متری ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که حین تکلیف فرود، افزایش والگوس، کاهش حداکثر فلکشن زانو و کاهش اداکشن هیپ وجود دارد. در مقایسه با مردان، زنان در هر دو نوع فرود، والگوس زانو و نیروی عکس‌العمل زمین[1] بیشتری نشان دادند (۳۱). دوس‌رایز و همکاران بیومکانیک پرش سه گانه تک پا حین زمان انتقال بین دو پرش اول را در ۲۰ ورزشکار زن اندازه‌گیری نمودند. براساس نتایج، در گروه سندروم پتلافمورال[2](PFPS) تکلیف فرود با افزایش اداکشن و چرخش داخلی هیپ، کاهش فلکشن زانو و هیپ و افزایش گشتاور ابداکتوری داخلی زانو و هیپ انجام شد (٤٦). تقارن بیومکانیکی در بازیکنان راگبی توسط مارشال و همکاران مورد بررسی قرار گرفت (٤٣). ۲۰ بازیکن نخبه برای این پژوهش انتخاب شدند. آزمودنی‌ها با استفاده از آنالیز حرکت سه بعدی در حین انجام فرود تک پا مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این مطالعه، داده‌های کینماتیکی و کینتیکی برای سطوح حرکتی فرونتال و ساجیتال جمع‌آوری شد که تفاوتی بین اندام‌ها از نظر افت لگن طرف مقابل حین فرود تک پا وجود داشت.

جونز و همکاران نیز به‌منظور بررسی ارتباط بین تکالیف عملکردی مختلف و والگوس پویای زانو، ۲۰ فوتبالیست زن را حین انجام فرود تک پا از سکوی ۳۰ سانتی‌متری، حرکات برشی و چرخشی مورد ارزیابی قرار دادند (٤٤). نتایج همبستگی قوی بین تکالیف و زاویه ابداکشن زانو را نشان داد (r = ٠/٦٣ – ٠/٨٦). بر اساس گشتاور ابداکتوری زانو، همبستگی متوسط بین حرکات برشی و فرود تک پا (r = ٠/٤٦)، حرکات چرخشی و فرود تک پا (r = ٠/٤٣)، حرکات چرخشی و برشی (r = ٠/٥٦) به دست آمد. با این حال، تمام همبستگی‌ها از نظر آماری معنی دار بودند، بدین معنی که عملکرد ضعیف در فرود تک پا، ممکن است با عملکرد ضعیف در سایر تکالیف عملکردی مرتبط باشد. همچنین، این مطالعه فقط شامل زنان فوتبالیست بود که ممکن است تعمیم یافته‌ها را به مردان یا سایر ورزشکاران محدود کند. علاوه

1. Ground reaction force
2. Patellofemoral pain syndrome

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

براین، همبستگی بین تکالیف فقط برای پای راست بررسی شد. بنابراین مقایسه هر دو پا (غیر غالب و غالب) ممکن است اطلاعات ارزشمندی را به این مطالعه اضافه نماید.

بنابراین، آزمون فرود تک پا یک روش استاندارد طلایی تلقی می‌شود؛ که دارای پایایی مناسب می‌باشد (۰/۸۶–۰/۹۵ =ICC) (۳۲, ۴۲, ۴۹). مطالعات پیشین میزان پایایی فرود–پرش جفت پا (۰/۸۱ –۰/۰۰ =ICC)، فرود–پرش جفت پا با چرخش (۰/۳۴ –۰/۸۱ =ICC)، فرود–پرش تک پا با چرخش (۰/۳۱–۰/۸۰ =ICC) را گزارش نموده‌اند(۵۰). علاوه براین، در مطالعه‌ای که در طول هفت روز برروی ۲۴ بازیکن راگبی انجام شد، میزان پایایی فرود تک پا (۰/۵۴– ۰/۷۲ =ICC) محاسبه شد (۵۱). همچنین فرناسز و همکاران نیز در سال ۲۰۱۴ نشان دادند که میزان پایایی فرود تک پا که توسط بازیکنان نوجوان فوتبال انجام شد،۰/۴۰ می‌باشد (۵۲).

باتوجه‌به مطالب ذکرشده، میزان پایایی آزمون فرود تک پا در پنج تکلیف (فرود تک پا از جعبه)، (فرود تک پا متقاطع)، (پرش جانبی و متقاطع)، (پرش سه‌گانه تک پا) و (پرش از مانع تک پا) مورد بررسی قرار گرفته است که بر اساس یافته‌ها؛ تکالیف فرود تک پا از جعبه و فرود تک پا متقاطع؛ برای پارامترهای کینماتیکی اعم از؛ فلکشن، اداکشن، چرخش داخلی هیپ، اکستنشن و والگوس زانو دارای پایایی خوب تا عالی هستند. اگرچه در تکلیف فرود تک پا متقاطع، پایایی ضعیف برای فلکشن جانبی تنه گزارش شده است، اما در فرود تک پا از جعبه، فوروارد فلکشن و فلکشن جانبی تنه دارای پایایی مناسب بود. همچنین تکلیف پرش جانبی و متقاطع نیز برای متغیرهای کینماتیکی؛ فلکشن، اداکشن هیپ و اکستنشن زانو دارای پایایی است. علاوه بر این، در تکلیف پرش سه‌گانه تک پا، متغیرهای اداکشن، چرخش داخلی هیپ و اکستنشن زانو از پایایی مناسبی برخوردار هستند و تکلیف پرش از مانع تک پا نیز برای متغیر تیلت جانبی لگن پایا است.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این بررسی سیستماتیک نشان می‌دهد که تکالیف فرود تک پا معمولاً برای متغیرهای کینماتیکی دارای پایایی مناسب هستند. همچنین، مطالعات کافی برای نشان‌دادن ارتباط بین جهت‌های مختلف فرود تک پا وجود ندارد. این مرور به بررسی پایایی انواع مختلف فرود تک پا پرداخت. این امر به درک بهتر شباهت‌ها و تفاوت‌های موجود بین آن‌ها کمک می‌نماید که به نوبه خود می‌تواند به متخصصان علوم ورزشی در مورد تصمیم‌گیری درباره زمان بازگشت به ورزش کمک شایانی کند.

References

1.Barnes HC, Vanderpool AC. Advances in Sports Medicine and Care of the Adolescent Athlete. Nursing Clinics. 2020;55(2):239-50.
2.Sommerfield LM, Harrison CB, Whatman CS, Maulder PS. A prospective study of sport injuries in youth females. Physical therapy in sport. 2020.
3.Brenner JS. Overuse injuries, overtraining, and burnout in child and adolescent athletes. Pediatrics. 2007;119(6):1242-5.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

4. Sheu Y, Chen L-H, Hedegaard H. Sport And Recreation Related Injury Episodes In The US Population: 2011–20143 ٠٦٨Board# 133 June 3, 330 PM-500 PM. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2016;48(5S):868.
5. Piry H, Fallahi A, Kordi R, Rajabi R, Rahimi M, Yosefi M. Handball injuries in elite Asian players. World Applied Sciences Journal. 2011;14(10):1559-64.
6. LaBella CR, Hennrikus W, Hewett TE. Anterior cruciate ligament injuries: diagnosis, treatment, and prevention. Pediatrics. 2014;133(5):e1437-e50.
7. Farokhi, S., Soleyman Fallah, M., Yousefi, M. Evaluation of the rate of anterior cruciate ligament injury in basketball player and appropriate training patterns to prevent non-contact injury. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine, 2020; (): -. doi: 10.22037/jrm.2020.113490.2391.
8. Qiu L, Sheng B, Li J, Xiao Z, Yuan M, Yang H, et al. Mechanisms of non-contact anterior cruciate ligament injury as determined by bone contusion location and severity. Quantitative Imaging in Medicine and Surgery. 2021;11(7):3263.
9. White K, Logerstedt D, Snyder-Mackler L. Gait asymmetries persist 1 year after anterior cruciate ligament reconstruction. Orthopaedic journal of sports medicine. 2013;1(2):2325967113496967.
10. Perraton LG, Hall M, Clark RA, Crossley KM, Pua Y-H, Whitehead TS, et al. Poor knee function after ACL reconstruction is associated with attenuated landing force and knee flexion moment during running. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2018;26(2):391-8.
11. Butler RJ, Dai B, Huffman N, Garrett WE, Queen RM. Lower extremity movement differences persist after anterior cruciate ligament reconstruction and when returning to sports. Clinical journal of sport medicine. 2016;26(5):411-6.
12. Ithurburn MP, Paterno MV, Ford KR, Hewett TE, Schmitt LC. Young athletes with quadriceps femoris strength asymmetry at return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction demonstrate asymmetric single-leg drop-landing mechanics. The American journal of sports medicine. 2015;43(11):2727-37.
13. Dai B, Butler RJ, Garrett WE, Queen RM. Anterior cruciate ligament reconstruction in adolescent patients: limb asymmetry and functional knee bracing. The American journal of sports medicine. 2012;40(12):2756-63.
14. Paterno MV, Huang B, Thomas S, Hewett TE, Schmitt LC. Clinical factors that predict a second ACL injury after ACL reconstruction and return to sport: preliminary development of a clinical decision algorithm. Orthopaedic journal of sports medicine. 2017;5(12):2325967117745279.
15. Barber-Westin SD, Noyes FR. Objective criteria for return to athletics after anterior cruciate ligament reconstruction and subsequent reinjury rates: a systematic review. The Physician and sportsmedicine. 2011;39(3):100-10.
16. Farokhi S, Yousefi M, Bahari M. The effect of eight weeks of strength training on the ground reaction force in single-leg landing in semi-professional male basketball players. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2021.
17. Vereijken A, van Trijffel E, Aerts I, Tassignon B, Verschueren J, Meeusen R. The Non-injured Leg Can Be Used as a Reference for the Injured Leg in Single-legged Hop Tests. International Journal of Sports Physical Therapy. 2021;16(4):1052.
18. Samavati S, Farjad Pezeshk A, Yousefi M. Comparison of jump kinetic and its relationship with lunge technique in national and club flouriest fencers. Studies in Sport Medicine. 2019;11(25):97-108.
19. 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.
20. Ithurburn MP, Paterno MV, Thomas S, Pennell ML, Evans KD, Magnussen RA, et al. Change in drop-landing mechanics over 2 years in young athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. The American Journal of Sports Medicine. 2019;47(11):2608-16.
21. Pozzi F, Di Stasi S, Zeni Jr JA, Barrios JA. Single-limb drop landing biomechanics in active individuals with and without a history of anterior cruciate ligament reconstruction: A total support analysis. Clinical Biomechanics. 2017;43:28-33.
22. Souza RB, Powers CM. Differences in hip kinematics, muscle strength, and muscle activation between subjects with and without patellofemoral pain. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2009;39(1):12-9.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

23. Engelen-van Melick N, van Cingel RE, van Tienen TG, Nijhuis-van der Sanden MW. Functional performance 2–9 years after ACL reconstruction: cross-sectional comparison between athletes with bone–patellar tendon–bone, semitendinosus/gracilis and healthy controls. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2017;25(5):1412-23.
24. Farjad Pezeshk SA, Sadeghi H, Shariatzadeh M, Safaie Pour Z. Effect of Surface Stiffness on the Risk Factors Related to Ground Reaction Force during Two-Leg Landing. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2020;9.۲۵-۳۱۸:(۲)
25. Farjad Pezeshk, S., sadeghi, H. Interaction between surface stiffness and lower limb stiffness and its effects on the performance and risk of injury. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine, 2020; (): -. doi: 10.22037/jrm.2020.11.۲۹۳۵,۲۲۸۸
26. Zhang L, Hacke JD, Garrett WE, Liu H, Yu B. Bone bruises associated with anterior cruciate ligament injury as indicators of injury mechanism: a systematic review. Sports Medicine. 2019;49(3):453-62.
27. Edwards S, Steele JR, McGhee D. Does a drop landing represent a whole skill landing and is this moderated by fatigue? Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2010;20(3):516-23.
28. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Tuck jump assessment for reducing anterior cruciate ligament injury risk. Athletic therapy today: the journal for sports health care professionals. 2008;13(5):39.
29. Farjad Pezeshk A, Sadeghi H, Safaeepour Z, Shariat Zadeh M. The effect of a custom Area Elastic Surface with different stiffness on hopping performance and safety with an emphasis on familiarity to the surface. Journal of Advanced Sport Technology. 2017;1(1):5-14.
30. Myer GD, Schmitt LC, Brent JL, Ford KR, Barber Foss KD, Scherer BJ, et al. Utilization of modified NFL combine testing to identify functional deficits in athletes following ACL reconstruction. Journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2011;41(6):377-87.
31. Pappas E, Hagins M, Sheikhzadeh A, Nordin M, Rose D. Biomechanical differences between unilateral and bilateral landings from a jump: gender differences. Clinical Journal of Sport Medicine. 2007;17(4):263-8.
32. Alenezi F, Herrington L, Jones P, Jones R. The reliability of biomechanical variables collected during single leg squat and landing tasks. Journal of electromyography and kinesiology. 2014;24(5):718-21.
33. Read PJ, Oliver JL, Myer GD, Croix MBDS, Belshaw A, Lloyd RS. Altered landing mechanics are shown by male youth soccer players at different stages of maturation. Physical Therapy in Sport. 2018;33:48-53.
34. Stemper BD, Hallman JJ, Pintar FA, Maiman DJ. Gender and aging: considerations for orthopaedics. Beth A Winkelstein, Published: December. 2012;18:2012.
35. Hart HF, Culvenor AG, Collins NJ, Ackland DC, Cowan SM, Machotka Z, et al. Knee kinematics and joint moments during gait following anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. British journal of sports medicine. 2016;50(10):597-612.
36. 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.
37. Munn J, Sullivan SJ, Schneiders AG. Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: a systematic review with meta-analysis. Journal of Science and Medicine in Sport. 2010;13(1):2-12.
38. Nasrabadi R, Sadeghi H, Yousefi M. Effects of Local and Global Fatigue on the Myoelectric Variables of Selected Lower Limb Muscles in Healthy Young Active Men in Single Jump-Landing Task. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2020;9(1):1-10.
39. Ho K-Y, Murata A. Asymmetries in Dynamic Valgus Index After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Proof-of-Concept Study. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021;18(13):7047.
40. Shin CS, Chaudhari AM, Andriacchi TP. Valgus plus internal rotation moments increase anterior cruciate ligament strain more than either alone. Med Sci Sports Exerc. 2011;43(8):1484.۹۱-
41. Ortiz A, Olson S, Trudelle-Jackson E, Rosario M, Venegas HL. Landing mechanics during side hopping and crossover hopping maneuvers in noninjured women and women with anterior cruciate ligament reconstruction. PM&R. 2011;3(1):13-20.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]

42. Myer GD, Ford KR, Di Stasi SL, Foss KDB, Micheli LJ, Hewett TE. High knee abduction moments are common risk factors for patellofemoral pain (PFP) and anterior cruciate ligament (ACL) injury in girls: is PFP itself a predictor for subsequent ACL injury? British journal of sports medicine. 2015;49(2):118-22.
43. Marshall B, Franklyn-Miller A, Moran K, King E, Richter C, Gore S, et al. Biomechanical symmetry in elite rugby union players during dynamic tasks: an investigation using discrete and continuous data analysis techniques. BMC sports science, medicine and rehabilitation. 2015;7(1):1-13.
44. Jones PA, Herrington LC, Munro AG, Graham-Smith P. Is there a relationship between landing, cutting, and pivoting tasks in terms of the characteristics of dynamic valgus? The American journal of sports medicine. 2014;42(9):2095-102.
45. Orishimo KF, Kremenic IJ, Pappas E, Hagins M, Liederbach M. Comparison of landing biomechanics between male and female professional dancers. The American journal of sports medicine. 2009;37(1.۹۳-۲۱۸۷:(۱
46. Dos Reis AC, Correa JCF, Bley AS, Rabelo NDdA, Fukuda TY, Lucareli PRG. Kinematic and kinetic analysis of the single-leg triple hop test in women with and without patellofemoral pain. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2015.۸۰۷-۷۹۹:(۱۰)٤٥;
47. Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. journal of orthopaedic & sports physical therapy. 2010;40(2):42-51.
48. Chia L, Andersen JT, McKay MJ, Sullivan J, Megalaa T, Pappas E. Evaluating the validity and reliability of inertial measurement units for determining knee and trunk kinematics during athletic landing and cutting movements. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2021;60:102589.
49. 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.
50. Hanzlíková I, Richards J ,Athens J, Hébert-Losier K. Which jump-landing task best represents lower extremity and trunk kinematics of unanticipated cutting maneuver? Gait & Posture. 2021;85:171-7.
51. Troester JC, Jasmin JG, Duffield R. Reliability of single-leg balance and landing tests in rugby union; prospect of using postural control to monitor fatigue. Journal of sports science & medicine. 2018;17(2):174.
52. Fransz DP, Huurnink A, Kingma I, van Dieën JH. How does postural stability following a single leg drop jump landing task relate to postural stability during a single leg stance balance task? Journal of Biomechanics. 2014;47(12):3248-53.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.7.3]