Sport. Med. Stud, 2024, 17 (45): 17-40, Doi: 10.22089/smj.2025.17288.1776

Sport Medicine Studies

Journal hompage: https://smj.ssrc.ac.ir

Review Article

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

Hoda Mozayani[*1], Mostafa Zareei[2], Fatemeh Movahedinia [3]

1. Department of Sport Rehabilitation and Health, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2. Department of Sport Rehabilitation and Health, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3. Department of Sport Rehabilitation and Health, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 16/10/2024, Accepted: 10/08/2025, Online Published: 20/08/2025

* Corresponding Author: Hoda Mazini, h_mozayani@sbu.ac.ir

How to Cite: Mozayani, H; Zareei, 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. *Sport Medicine Studies*, 2025; 17(45), 17-40. Doi: 10.22089/smj.2025.17288.1776.

Extended Abstract

Background and Purpose

Introduction: Among joint injuries related to sports movements, knee injuries comprise approximately 19–20% of all cases, with ligament damage accounting for roughly 50% of knee injuries. Among the various structural components of the knee, the anterior cruciate ligament (ACL) is of particular importance due to its anatomical position within the joint, structural complexity, abundance of diverse neural receptors, and its high susceptibility to injury. Consequently, ACL injuries are considered serious and a major concern in sports medicine. The ACL is an intracapsular ligament that plays a critical stabilizing role in the knee joint. ACL injuries occur via both contact and non-contact mechanisms, with approximately 70% resulting from non-contact events. Epidemiological studies demonstrate that women are significantly more susceptible to ACL rupture compared to men, particularly during high-impact, dynamic movements such as landing, pivoting, and abrupt directional changes. The overall incidence rates are estimated at 1 in every 50 men and 1 in every 36 women per season, with a reported rate of 68.6 ACL injuries per 100,000 people annually in the general population. These injuries often entail prolonged rehabilitation, diminished athletic performance, and an increased risk of osteoarthritis later in life. An estimated 150,000 to 200,000 ACL reconstructions are performed yearly worldwide. Multiple factors underlie the variability in injury incidence, including anatomical, hormonal, biomechanical, and neuromuscular influences. In recent years, the role of the menstrual cycle and its associated hormonal fluctuations has gained considerable attention regarding ACL injury risk. The menstrual cycle involves cyclical changes in female sex hormones primarily estrogen and progesterone that affect muscular, skeletal, and neuromuscular attributes

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

such as joint laxity, proprioception, muscle-tendon stiffness, and neuromuscular coordination. For instance, elevated estrogen levels have been shown to reduce collagen synthesis, thereby compromising ligament structural integrity. This has led to the hypothesis that certain phases of the menstrual cycle may increase susceptibility to non-contact ACL injuries in women. Given the critical relevance of this issue for designing injury prevention programs and optimizing training schedules for female athletes, this systematic review was conducted to examine the menstrual cycle's impact as a significant risk factor for neuromuscular injury and its biomechanical effects on the ACL during dynamic activities. The review aims to determine whether specific menstrual phases predispose women to increased ACL injury risk.

Methods

Comprehensive searches were conducted across the Web of Science, PubMed, SPORTDiscus, Medline, and SID databases. Inclusion criteria were: (1) healthy female participants aged 18–40 years; (2) menstrual cycle phases verified by biochemical analysis; (3) assessment of biomechanical and/or neuromuscular surrogate markers indicative of ACL injury risk, evaluated during dynamic tasks such as jumping, landing, or cutting; and (4) measurements performed across two or more menstrual phases. Studies lacking hormonal verification of menstrual phases were excluded to ensure classification accuracy and reduce misclassification bias.

Results: Out of 419 articles identified, only eight met the inclusion criteria. Among these, four studies reported no significant association between menstrual cycle phases and ACL injury risk. Two studies indicated that the mid-luteal phase may increase susceptibility to non-contact ACL injuries, whereas one found a decreased risk during this phase. Three investigations reported cyclical variations in joint laxity, with two linking knee laxity changes to alterations in joint loading. Further findings included increased anterior tibial translation, diminished hamstring activation, and greater knee valgus angles during particular menstrual phases, all of which may compromise dynamic knee stability and elevate ACL injury risk during high-load activities.

Discussion: Current evidence is inconclusive regarding whether a specific menstrual cycle phase definitively elevates neuromuscular and biomechanical risk factors for non-contact ACL injury. Discrepancies between studies may reflect variations in sample size, hormonal assessment methods, movement tasks analyzed, and the neuromuscular and biomechanical parameters evaluated. Hormonal fluctuations represent one component of a complex, multifactorial injury risk profile, to be considered alongside other intrinsic and extrinsic factors. Therefore, definitive claims about increased ACL injury risk in specific menstrual phases cannot be made. Clinicians and coaches should adopt cautious approaches when evaluating physical readiness, implementing preventive programs, and conducting screening, avoiding reliance solely on menstrual calendars. This review highlights the necessity of precise menstrual phase identification and direct hormone level measurement for clarifying the relationship between hormonal fluctuations and ACL injury risk. The observed increases in knee laxity during phases such as ovulation or the luteal phase and their association with modified joint loading underscore the importance of integrating hormonal considerations in injury prevention training. Considering individual variability in hormonal and neuromuscular responses, injury prevention and training regimens should be tailored accordingly. In summary, while hormonal changes throughout the menstrual cycle may impact neuromuscular and biomechanical function, current data do not conclusively link these effects to increased ACL injury incidence. Future research employing rigorous designs, larger cohorts, and standardized methodologies is essential to elucidate these associations and enhance injury prevention strategies for female athletes.

Keywords: Biomechanics, Menstrual Cycle, Cruciate Ligament, Neuromuscular, Ligament.

Article Message

This systematic review emphasizes that precise identification of menstrual cycle phases alongside direct hormonal quantification is critical for accurately assessing ACL injury risk in female athletes. Evidence of increased knee joint laxity and altered loading patterns during specific menstrual phases highlights the importance of incorporating physiological fluctuations into preventive strategies. The substantial inter-individual variability in hormonal and neuromuscular responses supports the development of personalized, phase-specific training programs aimed at enhancing neuromuscular control, reducing joint stress, and mitigating ACL injury risk. Future research should systematically examine endocrine, biomechanical, and injury mechanisms interplay to establish evidence-based protocols that optimize performance while protecting musculoskeletal health in female athletes.

Ethical Considerations

This systematic review did not involve human or animal subjects, and thus no ethical approval was required.

Authors' Contributions

All authors contributed equally to this manuscript's preparation.

Conflict of Interest

No conflicts of interest relevant to this article are declared by the authors.

Acknowledgments

We express our sincere gratitude to all contributors for their dedication, patience, and tireless efforts. We hope this study will meaningfully advance research in this field.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مطالعات طب ورزشی، پاییز ۱۴۰۴، دوره ۱۷، شماره ۴۵، صص ۴۰-۱۷، Doi: 10.22089/smj.2025.17288.1776

مطالعات طب ورزشی
Journal hompage: https://smj.ssrc.ac.ir

نوع مقاله: مروری

مقایسه عوامل خطرساز بیومکانیکی و عصبی‌عضلانی آسیب رباط متقاطع قدامی در فازهای مختلف چرخه قاعدگی ورزشکاران زن نخبه: یک مطالعه مروری سیستماتیک

هدی مزینی[1*]، مصطفی زارعی[2]، فاطمه موحدی نیا[3]

۱. گروه بازتوانی ورزشی و تندرستی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. گروه بازتوانی ورزشی و تندرستی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. گروه بازتوانی ورزشی و تندرستی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۹، تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۵/۲۹

*نویسنده مسئول: هدی مزینی، h_mozayani@sbu.ac.ir

How to Cite: Mozayani, H; Zareei, 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. *Sport Medicine Studies*, 2025; 17(45), 17-40. Doi: 10.22089/smj.2025.17288.1776.

چکیده

این مرور سیستماتیک با هدف بررسی تأثیر چرخه قاعدگی به‌عنوان یک ریسک‌فاکتور مهم آسیب‌های عصبی‌عضلانی و اثرات بیومکانیکی آن بر ACL در حین فعالیت‌های دینامیکی انجام شد. در این پژوهش سعی شد به این سؤال پاسخ داده شود آیا فازی خاص از یک چرخه قاعدگی می‌تواند زنان را مستعد خطر بیشتر آسیب ACL کند یا خیر. تمامی منابع اطلاعاتی از پایگاه‌های اطلاعاتی Web of Science، PubMed، SPORTDisc، Medline و SID جستجو شد. معیارهای لازم برای ورود مطالعات به این بررسی عبارت بود از: ۱. آزمودنی‌های زن سالم ۱۸ تا ۴۰ ساله؛ ۲. تأیید مراحل MC از طریق تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی؛ ۳. بررسی میزان بروز آسیب بیومکانیکی یا عصبی‌عضلانی ACL به‌وسیله آزمون‌های پویا؛ ۴. انجام‌شدن اندازه‌گیری‌ها در دو فاز و یا بیشتر. نتایج نشان داد، تنها هشت مقاله (از ۴۱۹ مقاله یافت‌شده) دارای شرایط ورود به مطالعه بودند. چهار مقاله هیچ‌گونه ارتباط معناداری بین فازهای مختلف چرخه قاعدگی به‌عنوان عامل خطر در بروز آسیب ACL نیافتند. دو مطالعه شواهدی را نشان دادند که فاز لوتئال میانی ممکن است زنان را مستعد خطر بیشتر آسیب ACL غیرتماسی کند و تنها یک مطالعه نشان داد که زنان در فاز میانی لوتئال کمتر درمعرض آسیب ACL غیرتماسی هستند. سه مطالعه نوسانات شلی مفصلی را در طول چرخه قاعدگی گزارش دادند که دو مورد از آن‌ها این تغییرات در شلی زانو را با تغییرات در بارگذاری مفصل زانو نشان دادند. شواهد موجود، به طور قطع نمی‌تواند مشخص کند که آیا یک فاز خاص از چرخه قاعدگی زنان را مستعد خطر آسیب غیرتماسی ACL براساس جایگزین‌های عصبی‌عضلانی و بیومکانیکی می‌کند یا خیر. در این راستا متخصصان باید در بررسی آمادگی فیزیکی، کاهش آسیب و شیوه‌های غربالگری براساس شواهد فعلی محتاط باشند.

واژگان کلیدی: بیومکانیک، قاعدگی، متقاطع، عصبی‌عضلانی، رباط.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

با وجود تمامی پیشرفت‌ها در فناوری‌های ورزشی و روش‌های نوین پزشکی، همچنان میزان بروز آسیب ACL زیاد است؛ این در حالی است که احتمال بروز این آسیب در زنان ورزشکار سه و نیم برابر بیشتر از مردان است (۱). پیش‌بینی می‌شود با افزایش بیشتر مشارکت زنان در ورزش، این آمار نیز افزایش یابد. عوامل گوناگونی مانند فاکتورهای آناتومی اسکلتی (۳، ۲)، الگوهای حرکتی و بیومکانیکی (۴) و استراتژی‌های فعال‌سازی عصبی‌عضلانی (۵) و عوامل روانی و همچنین آموزش‌های مهارتی می‌توانند دلیلی بر بیشتر بودن خطر آسیب ACL در زنان باشند (۷، ۶)؛ با این حال، نقش نوسانات هورمون‌های جنسی در زنان را نمی‌توان به‌عنوان یکی از عوامل خطر فیزیولوژیک خاص در افزایش میزان بروز آسیب ACL نادیده گرفت.

نوسانات هورمون‌های جنسی در طول مراحل مختلف چرخه قاعدگی در زنان می‌تواند بر سیستم‌های مختلف و عملکرد آن‌ها تأثیر بگذارد. در طول یک چرخه قاعدگی طبیعی، زنان نوسانات هورمونی متفاوتی را تجربه می‌کنند؛ به عنوان مثال، در یک چرخه قاعدگی ۲۸ روزه، روزهای اول تا پنجم را فاز فولیکولی (فاز یک) می‌نامند که با سطح استروژن و پروژسترون کم همراه است؛ در حالی که بیشترین نسبت استروژن به پروژسترون در اواخر روزهای ششم تا دوازدهم فاز فولیکولی مشاهده می‌شود (فاز دو). در طول تخمک گذاری (فاز سه: روزهای سیزدهم تا پانزدهم) سطح استروژن کمتر (غلظت متوسط) از فاز دو، اما بالاتر از فاز یک است. همچنین پروژسترون درسطوح پایین قرار دارد؛ این در حالی است که در اواسط فاز لوتئال (فاز چهار، روزهای بیستم تا بیست و سوم؛ هفت روز پس از تخمک‌گذاری) فرد بیشترین میزان غلظت پروژسترون با سطوح استروژن نسبتاً بالا (کمتر از فازهای یک و سه اما بیشتر از فاز سه) را تجربه می‌کند (۸). با توجه به این تغییرات، شواهد نشان می‌دهد فازهایی که همراه با افزایش سطح استروژن هستند، می‌توانند بر سازگاری بافت نرم (۹)، تشکیل کلاژن، خواص کششی و یکپارچگی رباط‌ها (به معنای تحمل بار مکانیکی) (۱۰)، شلی رباط‌ها و زانو (۱۱)، عملکرد عصبی‌عضلانی (۱۲) اثر بگذارند و به طور بالقوه افزایش حساسیت آسیب ACL را به دنبال داشته باشند (۱۳).

تأثیر چرخه قاعدگی بر حرکت‌شناسی زانو برای دهه‌ها مطالعه شده است، اما نتایج هنوز یکسان نیست. هیچ‌یک از تحقیقات قبلی از یک فاز خاص در چرخه قاعدگی به‌عنوان عامل افزایش بروز آسیب غیرتماسی ACL نام نبرده‌اند؛ این در حالی است که پورناصری و همکاران در سال ۲۰۲۳ احتمال بروز آسیب ACL را در فاز تخمک‌گذاری نسبت به فاز فولیکولار و لوتئال، با توجه به افزایش قدرت عضلات فلکسور و اکستنسور زانو در این فاز نسبت به دو فاز دیگر، دانسته است (۱۴)؛ البته شایان ذکر است که تحقیقات قبلی در این زمینه به طور کلی با محدودیت‌هایی در روش‌شناسی و طرح تحقیق همراه بوده‌اند. محدودیت‌هایی ازجمله مشخص نکردن فازهای مختلف چرخه به‌وسیله روش‌های معتبر یا استفاده از کیت یا گنجاندن زنان بدون تخمک‌گذاری یا مصرف‌کنندگان قرص‌های هورمونی و ضدبارداری، آسیب‌های تماسی ACL و استفاده از روش‌های پرسشنامه‌ای از مهم‌ترین مشکلات مطالعات پیشین است (۱۵).

برای بهبود استراتژی‌های کاهش آسیب ACL به پروتکل‌های غربالگری آسیب، آماده‌سازی فیزیکی زنان ورزشکاران، درک بهتر از چگونگی ارتباط بین فاکتورهای هورمونی، عصبی‌عضلانی و بیومکانیکی و تأثیر آن بر اجرا و کیفیت حرکاتی مانند پرش-فرود و فعالیت‌های همراه با تغییر جهت در فازهای مختلف چرخه قاعدگی نیاز است؛ بنابراین هدف از انجام این مطالعه مروری، بررسی تأثیر فازهای مختلف چرخه قاعدگی بر آسیب‌های عصبی‌عضلانی و بیومکانیکی ACL در حین فعالیت‌های پویا (همچون برش پیش‌بینی‌نشدنی و پرش و فرود) در زنان ورزشکار دارای چرخه طبیعی قاعدگی و نیز مشخص کردن محدودیت‌ها، ملاحضات و توصیه‌هایی برای پژوهشگران آینده است.

روش پژوهش

این مطالعه مطابق با دستورالعمل PRISMA 2020 اجرا و نگارش شد (۱۶). تعداد آزمودنی‌ها، نوع مداخله، مقایسه، نتایج و طراحی مطالعه (PICOS) برای تعیین مطالعاتی استفاده شد که بر آن‌ها بازبینی صورت گرفت (۱۷). مطالعاتی که این معیارها را نداشتند، از روند این مطالعه خارج شدند.

استراتژی‌های جستجو

جستجوی مطالعات توسط پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Web of Science، Medline، Sportdiscus و SID از مهر ۱۴۰۲ تا آذر ۱۴۰۲ انجام شد. شماتیکی از نحوه جستجو مطابق با دستورالعمل‌های موجود آورده شده است (شکل ۱). عبارات جستجو عبارت بود از:

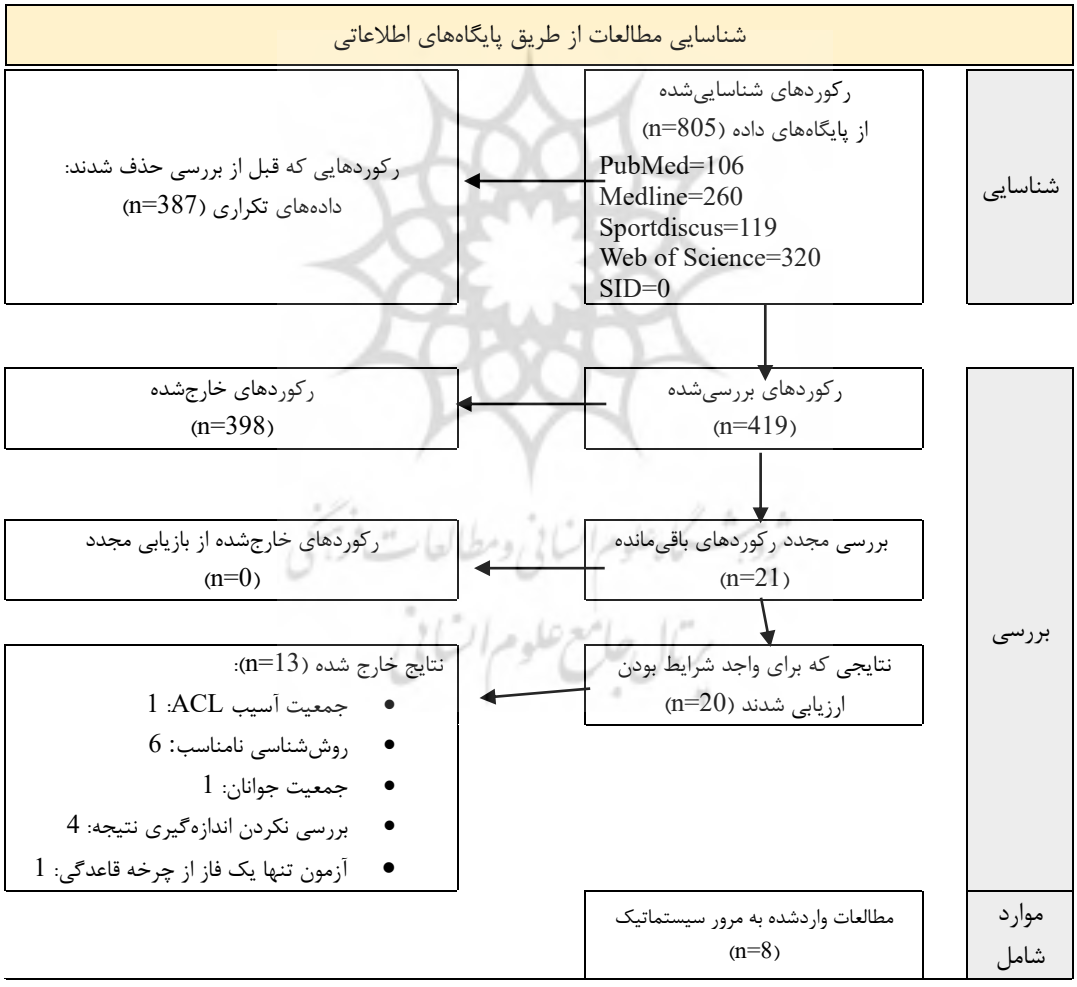
1. (“Anterior cruciate ligament” OR “knee” OR “ACL”)
2. (“biomechanic” OR “biomechanics” OR “biomechanical” OR “neuromuscular” OR
3. “injury” OR “kinetic” OR “kinematic” OR “electromyography” OR “muscle activation” OR
4. “biomec*” or electromy*”)
5. (“menstrual phase” OR “menstrual cycle” OR “menstrual” OR “menstruation” OR “follicular phase” OR “luteal phase” OR “ovulation” OR “ovulatory”)
6. 1 AND 2 AND 3

۷. "بیومکانیک" یا "بایومکانیک" یا "سینماتیک" یا "کینماتیک" یا "سینتیک" یا "کینتیک"

۸. "رباط متقاطع قدامی" یا "رباط صلیبی" یا "رباط صلیبی قدامی" یا "ACL" یا "Acl" یا "acl"

۹. "چرخه قاعدگی" یا " قاعدگی"

۱۰. ۷ و ۸ و ۹



شکل ۱- فلوچارت مراحل مختلف استراتژی جستجو مطابق با دستورالعمل‌های PRISMA (۱۶)

Figure 1- Flowchart showing the different stages of the search strategy according to the PRISMA guidelines (16)

ابتدا مطالعات براساس عنوان و چکیده برای شناسایی مطالعات واجد شرایط ارزیابی شدند. سپس متن کامل این مطالعات برای تأیید اینکه آیا معیارهای واجد شرایط بودن را دارند یا خیر، خوانده شد.

ارزیابی کیفیت مطالعات واردشده به این بررسی و ارزیابی منابع آن‌ها

نحوه ارزیابی مطالعات واردشده به این مرور سیستماتیک براساس چک‌لیست داونز و بلک بود. درنهایت، برمبنای مطالعات مک‌نالتی و همکاران (۱۸) و توماس داس استون و همکاران (۱۵) که مطالعه مروری مرتبطی با بررسی اثر چرخه قاعدگی بر عملکرد ورزشی و همچنین میزان بروز آسیب در زنان ورزشکار انجام داده بودند، اصلاح شد.

چک‌لیست اصلاح‌شده داونز و بلک شامل ۱۵ نتیجه از پنج حوزه است که براساس آن حداکثر نمره قابل‌دستیابی ۱۶ برآورد می‌شود که به موجب آن کیفیت مطالعه به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود: بالا (۱۴-۱۶)، متوسط (۱۰-۱۳)، کم (۶-۹) و بسیار کم (۰-۵).

پس از رتبه‌بندی مقالات براساس چک‌لیست اصلاح‌شده داونز و بلک، با دو پرسش کلیدی مستقیم مقالات دارای شرایط ورود به مطالعه مشخص شده و در روند مطالعه حفظ شدند؛ پرسش اول: آیا فازهای مختلف چرخه قاعدگی با استفاده از نمونه‌های خونی تأیید شد؟ اگر نویسندگان استفاده از نمونه خون برای تأیید فازهای مختلف را گزارش کرده بودند، در رتبه‌بندی حفظ شد و در غیر این صورت، کیفیت مطالعه یک سطح کاهش یافت؛ به عنوان مثال، مطالعه‌ای که با کیفیت «بالا» شروع شد، اما فاز MC را با استفاده از نمونه خون تأیید نکرد، از نظر کیفیت به «متوسط» کاهش یافت؛ پرسش دوم: آیا فازهای MC با استفاده از کیت‌های تشخیص تخمک‌گذاری ادراری تأیید شد؟ اگر نویسندگان استفاده از کیت تشخیص تخمک‌گذاری ادراری را برای شناسایی فاز MC گزارش کردند، رتبه آن‌ها حفظ شد؛ در غیر این صورت، مطالعه به یک سطح کاهش یافت؛ به این ترتیب، حداکثر امتیاز برای هر مطالعه‌ای که از آنالیز سرم یا کیت‌های تشخیص تخمک‌گذاری ادراری برای شناسایی و تأیید فاز MC استفاده نکرد، امتیاز کیفیت «پایین» را دریافت کرد (۱۸). کیفیت کلی شواهد در مطالعات موردبررسی برای عواملی مانند اندازه اثر بزرگ یا روابط غلظت هورمون‌ها و تأثیرات آن بر ریسک‌فاکتورهای بیومکانیکی و عصبی‌عضلانی (به عنوان مثال، مستقیم بودن) ارتقا یافت. از سوی دیگر، برای عواملی مانند خطر سوگیری (یعنی کنترل عوامل مخدوش‌کننده)، نبود دقت (یعنی گزارش دهی غیردقیق)، فواصل اطمینان و مقادیر P، ناسازگاری (یعنی نتایج/اثرات گزارش‌شده)، غیرمستقیم بودن (یعنی معیارهای نتیجه و مقایسه بین مراحل MC) و سوگیری انتشار، کیفیت این مطالعات کاهش یافت.

داده‌های کمی مربوط به روش مطالعه، ویژگی‌های شرکت کنندگان، مرحله و راستی آزمایی MC، جایگزین‌های خطر آسیب ACL، معیارهای قابلیت اطمینان و نتایج، برای تجزیه و تحلیل کیفی به دست آمد. نتایج از طریق شناسایی یافته‌های معنادار (P<۰/۰۵) و غیرمعنادار (P>۰/۰۵) برای معیارهای پیامد و مقادیر R همبستگی در صورت امکان گردآوری شد. درصد تغییرات و اندازه اثر نیز در صورت ارائه توسط نویسندگان، استخراج شد.

نتایج

ویژگی‌ها و یافته‌های مطالعه

به طور کلی، هشت مطالعه دارای شرایط ورود به بررسی حاضر بود (۲۴-۱۹، ۱۱، ۱۰). خلاصه‌ای از ویژگی‌های این مطالعات در جدول (۱) آورده شده است. تعداد آزمودنی‌های این مطالعات از ۱۰ تا ۷۱ نفر گزارش شده است؛ این در حالی است که تمامی این مطالعات در توصیف ویژگی آزمودنی‌ها خود ضعیف عمل کردند؛ به عنوان مثال، هیچ‌یک از این مطالعات به ورزش خاص آزمودنی‌ها، سطح فعالیت یا میزان تمرینات مقاومتی آن‌ها اشاره نکردند.

با توجه به اثر فازهای مختلف چرخه قاعدگی بر بیومکانیک و فاکتورهای عصبی‌عضلانی آسیب‌های غیرتماسی ACL، چهار مطالعه هیچ‌گونه تفاوت معناداری را بین فازهای مختلف چرخه قاعدگی مشاهده نکردند (۲۲، ۲۰، ۱۱، ۱۰)؛ این در حالی است که دو مطالعه براساس فعالیت‌های عصبی‌عضلانی و کینماتیک فرود، زنان را در فاز لوتئال میانی نسبت به فاز زود یا دیرهنگام فولیکولار، برای بروز آسیب غیرتماسی ACL مستعدتر دانستند (۲۱، ۱۹). تنها یک مطالعه احتمال بروز آسیب غیرتماسی ACL ورزشکاران زن در فاز لوتئال میانی را کمتر دانست (۲۴). همچنین دو مطالعه نشان دادند که شلی زانو در طول مراحل چرخه قاعدگی در نوسان است و تغییر در شلی زانو با تغییرات در بارگزاری مفصل زانو مرتبط است؛ با این حال، تنوع فردی درخورتوجهی با توجه به فازهای

چرخه قاعدگی مشاهده شد که بیشترین شلی زانو و بارگزاری مفصل زانو را به همراه داشت (۱۱، ۱۰). همچنین یک مطالعه افزایش شلی ساجیتال و فورنتال زانو با افزایش حرکت والگوس زانو را مرتبط مرتبط دانست؛ این در حالی است که در فعالیت عضلانی و بازگذاری مفصل زانو تفاوت معناداری مشاهده نشد (۲۳).

محققان درصدد بررسی مکانیک فرود در مرحله اولیه فولیکولی و لوتئال میانی به‌عنوان مراحلی هستند که در آن‌های زانو به ترتیب کمترین و بیشترین میزان شلی را تجربه می‌کند؛ با این حال به طور واضح مشخص نیست که کدام فاز بیشترین یا کمترین میزان شلی را برای مفصل زانو به همراه دارد؛ اما هیچ مطالعه‌ای معیارهای قابلیت اطمینان مربوط به معیارهای پیامد عصبی‌عضلانی یا بیومکانیکی را ارائه نکرد. هیچ مطالعه‌ای تغییرات در اندازه‌گیری پیامد را در رابطه با خطای اندازه‌گیری مقایسه و تفسیر نکرد. همچنین هیچ‌کدام از مطالعات تغییرات هماهنگی مشترک بین فازهای MC را بررسی نکرد (۲۵، ۲۳-۱۹، ۱۱، ۱۰). تنها یک مطالعه شامل شکلی از تجزیه و تحلیل زمانی بود (۲۳)؛ در حالی که مطالعات باقیمانده به طور کلی تجزیه و تحلیل نقاط گسسته را انجام دادند (۲۲-۱۹، ۱۱، ۱۰).

جدول ۱- خلاصه مقالاتی که اثرات فاز MC را بر ریسک فاکتورهای بیومکانیکی آسیب ACL را بررسی کردند

Table 1- Summary of articles that examined the effects of MC phase on the risk of non-contact neuromuscular and biomechanical ACL injury

نویسندگان	مشخصات آزمودنی‌ها (تعداد آزمودنی‌ها، سطح مهارت، سن، قد و...)	وضعیت سلامت و اطلاعات چرخه قاعدگی و نحوه مشخص کردن فازهای قاعدگی	آزمون‌های پویا و روش‌های اندازه‌گیری نتایج و متغیرها	نتایج و پیامدها	توضیحات
ابت و همکاران (20)	تعداد 10 زن از یک دانشگاه محلی با سن 1.4±21.4 و قد 0006±1.67 متر و وزن 7.4±59.9 سابقه ورزش، مهارت یا تمرینات قدرتی خاص ذکر نشده است.	طول و تواتر چرخه قاعدگی در سال ذکر نشده است. فازها مختلف بر اساس روز اول قاعدگی تعریف شدند. برای مشخص کردن فاز تخمک‌گذاری از روز دهم از کیت‌های مبتنی بر ادرار استفاده شد. مثبت شدن کیت صرفاً به‌عنوان ورود به آن مرحله تلقی شد. در سه نقطه زمانی از یک چرخه قاعدگی تست‌ها انجام شد. در روز سوم چرخه (فاز زود هنگام فولیکولار)، 36-24 ساعت بعد از مثبت شدن کیت تشخیص تخمک‌گذاری، فاز میانی لوتئال (هفت روز بعد فاز تخمک	• تکلیف توقف-پرش تک پا • حرکت سه‌بعدی و تحلیل نیروی عکس‌العمل زمین زاویه خم شدن زانو و زاویه والگوس، حداکثر • نیروی برشی قدامی پروگزیمال تیبیا زاویه خم شدن زانو و زاویه والگوس زانو در هنگام اوج نیروی برشی قدامی تیبیا، از تماس اولیه تا اوج تا اوج فلکشن/والگوس زانو هیچ معیار پایایی برای معیارهای نتیجه گزارش نشده است.	• افزایش میزان اسرادیول در هنگام مراحل بعد از تخمک‌گذاری و لوتئال میانی و فولیکولار زودهنگام • کاهش پروژسترون در مرحله زودهنگام فولیکولار • نبود تفاوت در زاویه خم شدن زانو، حرکت والگوس زانو، حداکثر نیروی برشی قدامی پروگزیمال تیبیا، گشتاور فلکشن در اوج نیروی برشی قدامی پروگزیمال تیبیا، یا والگوس لحظه‌ای در اوج نیروی برشی قدامی پروگزیمال تیبیا بین فازهای چرخه قاعدگی.	سابقه ورزش، مهارت یا تمرینات قدرتی خاص ذکر نشده است. تنها دو فاز چرخه قاعدگی تأیید شده است. تعداد محدودی از متغیرهای بیومکانیکی در رابطه با ACL بررسی شده است. فقط سینتیک و سینماتیک زانو بررسی شد و مکانیسم چند بخش آسیب ACL (یعنی لگن، تنه و پا) مدنظر قرار نگرفت. حجم نمونه کوچک بود و طول MC ذکر نشده است. ترتیب آزمایش غیرتصادفی بود. بدون تجزیه و تحلیل فردی که ممکن است تفاوت‌ها را پنهان کند. هیچ معیار پایایی برای معیارهای نتیجه گزارش نشده است. بدون sEMG هیچ تحلیل/هماهنگی زمانی

جدول ۱- خلاصه مقالاتی که اثرات فاز MC را بر ریسک فاکتورهای بیومکانیکی آسیب ACL را بررسی کردند

Table 1- Summary of articles that examined the effects of MC phase on the risk of non-contact neuromuscular and biomechanical ACL injury

نویسندگان	مشخصات آزمودنی‌ها (تعداد آزمودنی‌ها، سطح مهارت، سن، قد و...)	وضعیت سلامت و اطلاعات چرخه قاعدگی و نحوه مشخص کردن فازهای قاعدگی	آزمون‌های پویا و روش‌های اندازه‌گیری نتایج و متغیرها	نتایج و پیامدها	توضیحات
		گذاری؛ روزهای 23- 21).		• هیچ تفاوتی در ریسک‌فاکتورهای بیومکانیکی آسیب زانو در مراحل مختلف یافت نشد که به این معنی است که خطر بیشتری از آسیب ACL مرتبط با یک فاز خاص MC وجود ندارد.	بررسی نشد. مراحل MC با نمونه خون و استفاده از HC تأیید نشده است. تغییرات نسبت به خطای اندازه‌گیری بررسی نشده است.
چوداری و همکاران (22)	تعداد 12 نفر در گروه سنی 1±19.1 و قد 0.1±1.7 متر و وزن 98±595 نیوتن آزمودنی‌ها زنان عضو در تیم‌های ورشی یک دانشگاه محلی بودند. ورزش خاص، مهارت یا تاریخچه تمرینات قدرتی فرد نامشخص است.	طول چرخه قاعدگی برای دو دوره تعیین شد. شرکت‌کنندگان برای هر فاز دو بار تست دادند. تعیین فازها با استفاده از سرم انجام شد. برای تشخیص شروع مرحله تخمک گذاری سیستم تشخیص بزاق pc 2000 استفاده شد، با استفاده از مثبت شدن تست‌ها سه تا پنج روز قبل از تخمک‌گذاری. تمام آزمودنی‌ها از این سیستم روزی یک بار و در طول 60 روز قبل از تست انجام می‌دادند. شروع فاز لوتئال (تقریباً روز پانزدهم) از داده‌های آزمایش بزاق تخمین زده شد و آزمایش خون سرم برای استرادیول، پروژسترون و هورمون	پرش افقی دو طرفه، پرش عمودی دو طرفه و سقوط یک طرفه از جعبه 30 سانتی روی پای چپ. حرکت سه بعدی محدود و تجزیه و تحلیل GRF – مدل پنج مارکره برای بررسی سینماتیک اندام تحتانی (در در لحظه برخورد پا با زمین و حداکثر خم شدن زانو)، اوج لحظه اعمال نیروهای خارجی (لحظه اداکشن هیپ، گشتاور چرخش داخلی لگن، لحظه خم شدن زانو، لحظه ابداکشن زانو) در طول تحمل وزن محاسبه شد. هیچ معیار آشنایی یا قابلیت اطمینان برای معیارهای نتیجه گزارش نشده است.	• نبود شواهد معنادار در تغییرات لحظه‌ای زانو یا زوایای زانو بین فازهای مختلف چرخه قاعدگی • هیچ تفاوتی در ریسک‌فاکتورهای بیومکانیکی آسیب‌های زانو در مراحل مختلف چرخه قاعدگی یافت نشد؛ یعنی خطر بیشتری از آسیب ACL مرتبط با یک فاز خاص MC وجود نداشته باشد.	سابقه ورزش، مهارت یا تمرینات قدرتی خاص ذکر نشده است. حجم نمونه کوچک بود. فازهای MCبه وضوح توضیح داده نشده است. مشخص نیست که آیا از ترتیب آزمایش غیرتصادفی استفاده شده است یا خیر. بدون تجزیه و تحلیل فردی که ممکن است تفاوت‌ها را پنهان کند. پراکندگی زیاد میانگین‌ها و کم بودن تعداد مارکر ها برای تحلیل سه‌بعدی وجود داشت. هیچ معیار پایایی برای معیارهای نتیجه گزارش نشده است. بدون sEMGهیچ تحلیل/هماهنگی زمانی بررسی نشده است. مراحل MC با کیت تخمک‌گذاری تأیید نشده است. استفاده از HC تأیید نشده است. تغییرات

جدول ۱- خلاصه مقالاتی که اثرات فاز MC را بر ریسک فاکتورهای بیومکانیکی آسیب ACL را بررسی کردند

Table 1- Summary of articles that examined the effects of MC phase on the risk of non-contact neuromuscular and biomechanical ACL injury

نویسندگان	مشخصات آزمودنی‌ها (تعداد آزمودنی‌ها، سطح مهارت، سن، قد و...)	وضعیت سلامت و اطلاعات چرخه قاعدگی و نحوه مشخص کردن فازهای قاعدگی	آزمون‌های پویا و روش‌های اندازه‌گیری نتایج و متغیرها	نتایج و پیامدها	توضیحات
دریک و همکاران (21)	تعداد 22 نفر در گروه سنی 1.9±20.5 و قد 5.6±164.9 سانتی‌متر و وزن 13.7±62.1 کیلوگرم؛ مقیاس فعالیت تفریحی 1.4±5.4 ساعت در هفته آزمودنی‌های زن بدون سابقه در فعالیت پرش و فرود بودند. ورزش خاص، مهارت یا تاریخچه تمرینات قدرتی فرد نامشخص است.	لوتئین کننده انجام شد. تاریخ مشخصی از سه فاز و شرایط تست استاندارد بین فازها ارائه نشده است. شرکت‌کنندگان حداقل یک سال قاعدگی منظم داشتند. چرخه طبیعی به‌عنوان چرخه‌هایی تعریف شد که در فواصل زمانی منظم از 26 تا 32 روز رخ می‌دهند. چرخه‌ها از دو ماه قبل از آزمایش پیگیری شده و طول چرخه قاعدگی 1.5±28.3 روز. شرکت کنندگان از سه ماه قبل از آزمایش از قرص‌های پیشگیری از بارداری استفاده نکردند. آزمایش خون سطوح هورمون جنسی و فاز چرخه را تأیید می‌کند. تخصیص تصادفی شرکت‌کنندگان به زمان آزمایش : 11 نفر در مرحله اولیه فولیکولی (روزهای 3-1)، 8 نفر در فاز لوتئال میانی (روزهای 24-21) و 7 نفر در اواخر فاز فولیکولی (روزهای	• فرود دوطرفه از ارتفاع 0.5 متر. • sEMG شش عضله و داده‌های گونیامتر برای زاویه زانو محاسبه شد. زاویه زانو واروس / والگوس و فعالیت sEMG از شش عضله اندام تحتانی (گلوتئال میانی، نیمه وتری، پهن خارجی، پهن مورب میانی، تیبیالیس قدامی و سر خارجی عضله دو قلو). داده‌های زوایای زانو بین لحظه اول برخورد با زمین تا 500 میلی ثانیه بعد گرفته شد. هیچ معیار مشخصی یا قابلیت اطمینان برای معیارهای نتیجه گزارش نشده است.	• مشاهده نشدن تفاوت میان زاویه والگوس زانو و یا زمان رسیدن به زاویه والگوس میان فازهای مختلف چرخه • عضله نیمه وتری تأخیرهایی را در شروع نسبت به لحظه تماس با زمین در طول فاز لوتئال میانی نشان داد و تفاوت قابل‌توجهی را در زمان شروع بین فازهای فولیکولی اولیه و اواخر نشان داد. • تفاوت زمان‌بندی عضلانی بین گلتوس میانی و نیمه وتری در فازهای میانی لوتئال در مقایسه با فازهای اولیه فولیکولی که بر هم‌فعال شدن تأثیر می‌گذارند، کاهش یافت. • مشاهده نشدن تفاوت در توالی فعال‌سازی عضلات در بین فازهای مختلف چرخه	نسبت به خطای اندازه‌گیری بررسی نشده است. شرکت‌کنندگان در صورت سابقه تمرین رسمی پرش حذف شدند. سابقه ورزش، مهارت یا تمرینات قدرتی خاص ذکر نشده است. تخصیص تصادفی چرخه‌ها نکته مثبتی است. فقط تعداد محدودی از متغیرها بررسی شده است. فقط یک کار بررسی شد. هیچ معیار پایایی برای معیارهای نتیجه گزارش نشده است. تعداد محدودی از متغیرهای بیومکانیکی در رابطه با ACL بررسی شد. فقط سینتیک و سینماتیک زانو بررسی شد و مکانیسم چند بخش آسیب ACL (یعنی لگن، تنه و پا) مدنظر قرار نگرفت. هیچ تحلیل/هماهنگی زمانی بررسی نشد. مراحل MC با کیت تخمک‌گذاری تأیید نشد. تغییرات نسبت به خطای اندازه‌گیری بررسی نشد.

جدول ۱- خلاصه مقالاتی که اثرات فاز MC را بر ریسک فاکتورهای بیومکانیکی آسیب ACL را بررسی کردند

Table 1- Summary of articles that examined the effects of MC phase on the risk of non-contact neuromuscular and biomechanical ACL injury

نویسندگان	مشخصات آزمودنی‌ها (تعداد آزمودنی‌ها، سطح مهارت، سن، قد و...)	وضعیت سلامت و اطلاعات چرخه قاعدگی و نحوه مشخص کردن فازهای قاعدگی	آزمون‌های پویا و روش‌های اندازه‌گیری نتایج و متغیرها	نتایج و پیامدها	توضیحات
پارک و همکاران (10)	تعدا 26 نفر در گروه سنی 3.3±22.7 و قد 7.1±170.1 سانتی‌متر و وزن 9.6±65.0 کیلوگرم؛ مقیاس فعالیت تفریحی 4.6±8.7 ساعت در هفته ورزش خاص، مهارت و یا تاریخچه تمرینات قدرتی فرد نامشخص است.	طول چرخه 2.7±28.9 روز و فاز فولیکولار (زودهنگام) روزهای سوم تا هفتم و فاز تخمک‌گذاری (24 تا 48 ساعت بعد از مثبت شدن کیت تشخیص افزایش سطح استروژن) و فاز میانی لوتئال (7 روز بعد از فاز دوم) به وسیله سرم‌های هورمونی مشخص شد. تست تصادفی نشده بودند. برای مشخص کردن هر سه فاز از تست‌های خونی استفاده شد. زمان تست سوم بسیار باز و دامنه‌ای بین روزهای 19 تا 26 چرخه در نظر گرفته می‌شد 11-13) از چرخه قاعدگی تست شدند.	• انجام فعالیت برش 45 درجه با سرعت 3.5 متر بر ثانیه. استفاده از آنالیز سه بعدی و آنالیز نیروی عکس‌العمل زمین. • پرش و توقف دوطرفه (سرعت توسط خود فرد انتخاب شده بود و بین جلسات ثابت همان سرعت نگه داشته شد). آنالیز سه بعدی و آنالیز نیروی عکس‌العمل زمین. شلی زانو با تست KT-2000 آرترومتر 89 نیوتنی و مقایسه داده‌های آنالیز سه‌بعدی افراد با شلی زانوی کم، متوسط و زیاد (میلی‌متر)،	• به نظر می‌رسد، فازهای MC روی زاویه والگوس زانو تأثیری ندارند؛ با این حال، ممکن است فعالیت عضلانی (شروع و در طول زمان) به‌ویژه عضله نیمه وتری و فعال‌سازی گلتوس میانی و نیمه وتری را در طول فاز لوتئال میانی تغییر دهد که ممکن است خطر ACL را افزایش دهد. • برای هیچ‌کدام از پارامترها در هر دو فعالیت هیچ‌گونه تفاوتی در فازهای مختلف مشاهده نشد. • از 26 شرکت کننده، 13 نفر کمترین شلی زانو را در مراحل اولیه فولیکولی نشان دادند. 3 نفر در طول تخمک‌گذاری کمترین و 10 نفر در طول فاز لوتئال میانی کمترین شلی را در مفصل زانو داشتند. 14 نفر از 26 شرکت‌کننده، بیشترین شلی زانو را در طول تخمک‌گذاری در	دو کار را بررسی کرد که مثبت است. سابقه ورزش، مهارت یا تمرینات قدرتی خاص ذکر نشده است. ترتیب آزمایش غیرتصادفی ذکر شد. برای تحلیل حرکت سه‌بعدی از مجموعه مارکرهای محدود استفاده شد. فقط یک زاویه برش با سرعت ورودی کم بررسی شد. تعداد محدودی از متغیرهای بیومکانیکی در رابطه با ACL بررسی شد. فقط سینتیک و سینماتیک زانو بررسی شد و مکانیسم چند بخش آسیب ACL (یعنی لگن، تنه و پا) مدنظر نگرفت. هیچ تحلیل/هماهنگی زمانی بررسی نشد.

جدول ۱- خلاصه مقالاتی که اثرات فاز MC را بر ریسک فاکتورهای بیومکانیکی آسیب ACL را بررسی کردند

Table 1- Summary of articles that examined the effects of MC phase on the risk of non-contact neuromuscular and biomechanical ACL injury

نویسندگان	مشخصات آزمودنی‌ها (تعداد آزمودنی‌ها، سطح مهارت، سن، قد و...)	وضعیت سلامت و اطلاعات چرخه قاعدگی و نحوه مشخص کردن فازهای قاعدگی	آزمون‌های پویا و روش‌های اندازه‌گیری نتایج و متغیرها	نتایج و پیامدها	توضیحات
		(وابسته به طول چرخه شرکت‌کننده). آزمودنی‌ها از سه ماه یا بیشتر قبل از شروع تست‌ها از پیشگیری از بارداری‌های هورمونی استفاده نکردند.	حداکثر زاویه زانو، نیروی لحظه‌ای مفصل زانو (نیوتن متر) و تکانه مفصل زانو (نیوتن متر ثانیه). اداکشن داخلی زانو، فلکشن و لحظه چرخش داخلی و خارجی زانو در فاز ایستادن از گام‌برداری. پایایی اندازه‌گیری‌ها فقط برای شلی زانو ذکر شده است.	مقایسه با 10 شرکت‌کننده در مرحله اولیه فولیکولی و تنها 2 شرکت‌کننده در مرحله میانی لوتئال نشان دادند. • افزایش تکانه‌های ابداکشن زانو (والگوس) در برش 45 درجه در گروه دارای شلی مفصلی بیشتر (0.30± 0.31 نیوتن متر ثانیه) در مقابل گروه با شلی مفصلی کمتر (0.21±0.22 نیوتن متر ثانیه) بود. • افزایش لحظه ابداکشن زانو در فالیت پرش- توقف (23.05± 49.77 نیوتن متر) در افراد با شلی زانو زیاد در مقابل افراد با شلی متوسط (20.42± 40.23 نیوتن متر) • افزایش لحظه‌ای چرخش خارجی زانو و تکانه در فعالیت پرش-توقف در افراد با شلی زانو زیاد در مقابل افراد با شلی کم (تکانه چرخش خارجی: 4.45 ± 8.28 نیوتن بر متر در مقابل 3.51± 6.04 نیوتن بر	طبق تقسیم‌بندی فازهای چرخه قاعدگی توسط مک‌نالتی و همکاران (18)، دامنه فاز فولیکولی اولیه درنظر گرفته‌شده، کمی در فاز بعدی MC را در بر گرفت.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱- خلاصه مقالاتی که اثرات فاز MC را بر ریسک فاکتورهای بیومکانیکی آسیب ACL را بررسی کردند

Table 1- Summary of articles that examined the effects of MC phase on the risk of non-contact neuromuscular and biomechanical ACL injury

نویسندگان	مشخصات آزمودنی‌ها (تعداد آزمودنی‌ها، سطح مهارت، سن، قد و...)	وضعیت سلامت و اطلاعات چرخه قاعدگی و نحوه مشخص کردن فازهای قاعدگی	آزمون‌های پویا و روش‌های اندازه‌گیری نتایج و متغیرها	نتایج و پیامدها	توضیحات
				متر) در حین پریدن و توقف کردن • تفاوت 1.3 میلی‌متری شلی زانو با افزایش تقریباً 30 درصدی تکانه اداکشن زانو در برش 45 درجه، افزایش تقریباً 20 درصدی لحظه اداکشن زانو و افزایش تقریباً 20 تا 45 درصدی بار چرخش خارجی برای فعالیت پرش-توقف • هیچ فاز MC خاصی زنان را مستعد خطر بیشتر نمی‌کند؛ بلکه این فازها باعث ایجاد تغییراتی در شلی زانو می‌شود. این افزایش شلی باعث افزایش بارهای چندسطحی مفصل زانو و خطر آسیب احتمالی ACL می‌شود. • شلی بیشتر زانو همراه با افزایش بارهای چندسطحی مفصل زانو است؛ با این حال، تغییرات در فاز MC که بیشترین و کمترین سستی مشاهده شد.	

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱- خلاصه مقالاتی که اثرات فاز MC را بر ریسک فاکتورهای بیومکانیکی آسیب ACL را بررسی کردند

Table 1- Summary of articles that examined the effects of MC phase on the risk of non-contact neuromuscular and biomechanical ACL injury

نویسندگان	مشخصات آزمودنی‌ها (تعداد آزمودنی‌ها، سطح مهارت، سن، قد و...)	وضعیت سلامت و اطلاعات چرخه قاعدگی و نحوه مشخص کردن فازهای قاعدگی	آزمون‌های پویا و روش‌های اندازه‌گیری نتایج و متغیرها	نتایج و پیامدها	توضیحات
پارک و همکاران (11)	تعداد 25 نفر در گروه سنی 3.5±22.7 و قد 7±170.2 سانتی‌متر و وزن 9.6±64.7 کیلوگرم؛ مقیاس فعالیت تفریحی 4.6±8.7 ساعت در هفته ورزش خاص، مهارت و یا تاریخچه تمرینات قدرتی فرد نامشخص است.	طول چرخه 2.7±28.9 روز و فاز فولیکولار روزهای پنجم تا هشتم (هر دو مرحله زودهنگام و تأخیر براساس طبقه‌بندی مک‌نالتی و همکاران تعیین شد (18)) و فاز تخمک‌گذاری (24 تا 48 ساعت بعد از مثبت شدن کیت تشخیص افزایش سطح استروژن) و فاز میانی لوتئال (7 روز بعد از فاز دوم) به وسیله سرم‌های هورمونی مشخص شد. تست تصادفی نشده بودند. برای مشخص کردن هر سه فاز از تست‌های خونی استفاده شد. آزمودنی‌ها از سه ماه یا بیشتر قبل از شروع تست‌ها از پیشگیری از بارداری‌های هورمونی استفاده نکردند.	• انجام فعالیت برش 45 درجه با سرعت 3.5 متر بر ثانیه. استفاده از آنالیز سه بعدی و آنالیز نیروی عکس‌العمل زمین. شلی زانو با تست KT-2000 آرترومتر 89 نیوتنی. حداکثر زاویه زانو، نیروی لحظه‌ای مفصل زانو (نیوتن متر) و تکانه مفصل زانو (نیوتن متر ثانیه). اداکشن داخلی زانو، فلکشن و لحظه چرخش داخلی و خارجی زانو در فاز ایستادن از گام برداری. هیچ معیار آشنایی یا قابلیت اطمینان برای معیارهای نتیجه گزارش نشده است.	• افزایش شلی زانو در مرحله تخمک‌گذاری در مقابل فاز میانی لوتئال بود، اما در بیومکانیک مفصل زانو در بین فازهای مختلف چرخه قاعدگی تفاوتی مشاهده نشد. • ارتباط مثبت بین مجموع شلی زانو و مجموع بار وارده بر مفصل زانو (لحظه‌ای یا تکانه) از فاز فولیکولار تا تخمک‌گذاری (R=0.523)، و تخمک‌گذاری تا فاز میانی لوتئال (R=0.526) بود. • ارتباط مثبت بین مجموع شلی و مجموع تکانه‌های چرخش داخلی، و و مجموع شلی و مجموع تکانه‌های اداکشن زانو از تخمک‌گذاری تا لوتئال (r=0.450) و (r=0.408) بود. • 15 زن که افزایش شلی زانو از فولیکولار تا تخمک‌گذاری داشتند، گرایش بیشتری به بار وارده بر مفصل زانو از خود نشان دادند	سابقه ورزش، مهارت یا تمرینات قدرتی خاص ذکر نشده است. ترتیب آزمایش غیرتصادفی تحلیل حرکت سه‌بعدی با مجموعه نشانگر محدود بود. فقط یک زاویه برش با سرعت ورودی کم بررسی شد. تعداد محدودی از متغیرهای بیومکانیکی در رابطه با خطر آسیب ACL مدنظر قرار گرفت. فقط سینماتیک زانو در مقابل مکانیسم چندبخشی آسیب ACL (یعنی لگن، تنه و پا) بررسی شد. هیچ تحلیل/هماهنگی زمانی بررسی نشد. طبق تقسیم‌بندی فازهای چرخه قاعدگی توسط مک‌نالتی و همکاران (18)، دامنه فاز فولیکولی اولیه درنظر گرفته‌شده، کمی در فاز بعدی MC را در بر گرفت.

جدول ۱- خلاصه مقالاتی که اثرات فاز MC را بر ریسک فاکتورهای بیومکانیکی آسیب ACL را بررسی کردند

Table 1- Summary of articles that examined the effects of MC phase on the risk of non-contact neuromuscular and biomechanical ACL injury

نویسندگان	مشخصات آزمودنی‌ها (تعداد آزمودنی‌ها، سطح مهارت، سن، قد و...)	وضعیت سلامت و اطلاعات چرخه قاعدگی و نحوه مشخص کردن فازهای قاعدگی	آزمون‌های پویا و روش‌های اندازه‌گیری نتایج و متغیرها	نتایج و پیامدها	توضیحات
				(اددااکشن/تکانه) ؛ این درحالی است که این مورد در 10 نفر باقی‌مانده برعکس بود. • 20 زن که کاهش شلی زانو از فاز تخمک‌گذاری تا لوتئال میانی داشتند، گرایش کمتری به بار وارده بر مفصل زانو از خود نشان دادند (چرخش داخلی لحظه‌ای و تکانه‌ای/اددااکشن تکانه‌ای)؛ این درحالی است که این مورد در 5 نفر باقی‌مانده برعکس بود. • زنان با افزایش شلی زانو بین فازهای مختلف چرخه قاعدگی افزایش بار وارده و بر مفصل را از خود نشان دادند و برعکس • 1 تا 3 میلی‌متر مجموع شلی زانو در میان فازهای مختلف قاعدگی است که باعث اعمال 3 تا 4 نیوتن متر چرخش داخلی لحظه‌ای در 40 تا 50 نیوتن متر اددااکشن لحظه‌ای می‌شود.	

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱- خلاصه مقالاتی که اثرات فاز MC را بر ریسک فاکتورهای بیومکانیکی آسیب ACL را بررسی کردند

Table 1- Summary of articles that examined the effects of MC phase on the risk of non-contact neuromuscular and biomechanical ACL injury

نویسندگان	مشخصات آزمودنی‌ها (تعداد آزمودنی‌ها، سطح مهارت، سن، قد و...)	وضعیت سلامت و اطلاعات چرخه قاعدگی و نحوه مشخص کردن فازهای قاعدگی	آزمون‌های پویا و روش‌های اندازه‌گیری نتایج و متغیرها	نتایج و پیامدها	توضیحات
شولتز و همکاران (23)	تعداد 70 نفر مقیاس فعالیت تفریحی 2.5 تا 10 ساعت در هفته برای سه ماه اطلاعات آنتروپومتری دیگری ذکر نشده است. ورزش خاص، مهارت و یا تاریخچه تمرینات قدرتی فرد نامشخص است.	تعیین طول چرخه از طریق خودگزارشی (26 تا 32 روز) ± 1 روز استفاده از کیت تشخیص تخمک‌گذاری برای تعیین فاز تخمک‌گذاری. فاز زودهنگام فولیکولار (6 روز بعد از شروع چرخه) و فاز میانی لوتئال (8 تا 10 روز بعد از فاز 2) تست‌ها فقط در دو نقطه زمانی هماهنگ با بیشترین میزان شلی مفصلی (فاز 2) و کمترین میزان شلی زانو (فاز 1) گرفته شد. آزمودنی‌ها از سه ماه یا بیشتر قبل از شروع تست‌ها از پیشگیری از بارداری‌های هورمونی استفاده نکردند.	• تست فرود از ارتفاع 0.45 متری به صورت دوطرفه. آنالیز سه بعدی و نیروی عکس‌العمل زمین همراه با بررسی فعالیت الکترومایوگرافی عضلات چهارسرران، همسترینگ و دوقلو). اندازه‌گیری شلی زانو با تست آرترومتر KT-2000 133 نیوتنی. سنسورهای موقعیت الکترومغناطیسی (Ascension Technology Corp, Burlington, VT) گشتاور واروس / والگوس 10 نیوتن متر و گشتاور داخلی خارجی 5 نیوتن متر) سینتیک و کینماتیک ساژیتال، جلویی و عرضی. فعال‌سازی عضلانی قبل از فرود و پس از فرود. تجزیه و تحلیل کامل زمانی آشنایی شرکت‌کنندگان دو هفته قبل از آزمون.	• هیچ فاز MC خاصی زنان را مستعد خطر بیشتر نمی‌کند. • گروهی از زنان که در هر دو صفحه ساژیتال و فورنتال با افزایش شلی از تست فاز یک تا فاز دو داشتند (کلاستر 3 و 4)، تغییر خالص نسبی 3.7 تا 5.2 درجه بیشتری در والگوس زانو نسبت به کلاستری داشتند که در این صفحات افزایشی نداشتند (کلاستر 1). • تفاوت در فعال‌سازی عضلات میان فازهای زمانی اندازه‌گیری‌شده وجود نداشت. • زنانی که تغییراتی را در شلی قدامی و جلویی نشان می‌دهند، ممکن است حرکت والگوس بیشتری را نشان دهند؛ با این حال، لحظه‌ها و فعالیت ماهیچه‌ای در طول فازهای MC تغییر نمی‌کند که درنهایت به	سابقه ورزش، مهارت یا تمرینات قدرتی خاص ذکر نشده است. حجم نمونه بزرگ، نکته مثبت است. هیچ معیار پایایی برای معیارهای نتیجه گزارش نشده است. تجزیه و تحلیل زمانی انجام شد که نکته مثبت مطالعه است. مشخص نیست که آیا ترتیب آزمایش تصادفی شده است یا خیر. مراحل MC با نمونه خون تأیید نشده است. تغییرات نسبت به خطای اندازه‌گیری بررسی نشد.

جدول ۱- خلاصه مقالاتی که اثرات فاز MC را بر ریسک فاکتورهای بیومکانیکی آسیب ACL را بررسی کردند

Table 1- Summary of articles that examined the effects of MC phase on the risk of non-contact neuromuscular and biomechanical ACL injury

نویسندگان	مشخصات آزمودنی‌ها (تعداد آزمودنی‌ها، سطح مهارت، سن، قد و...)	وضعیت سلامت و اطلاعات چرخه قاعدگی و نحوه مشخص کردن فازهای قاعدگی	آزمون‌های پویا و روش‌های اندازه‌گیری نتایج و متغیرها	نتایج و پیامدها	توضیحات
اوکازاکی و همکاران (19, 24)	تعداد 28 نفر در گروه سنی 0.8±21.0 و قد 6.0±158.1 سانتی‌متر و وزن 6.5±52.8 کیلوگرم. ورزش خاص، مهارت یا تاریخچه تمرینات قدرتی فرد نامشخص است.	سالم اما طول MC مشخص نشده است. تأیید فاز قاعدگی (روزهای اول تا پنجم؛ درواقع، فولیکول اولیه)، فاز فولیکولی (روزهای هفتم تا دهم؛ درواقع، فولیکول دیررس)، مرحله تخمک‌گذاری (روزهای دوازدهم تا پانزدهم) و فاز لوتئال (روزهای دوازدهم تا پانزدهم). روزهای هفتم تا نهم از تخمک‌گذاری در واقع، میان لوتئال) به‌وسیله نمونه خون. چرخه‌های MC با استفاده تاریخچه سه چرخه تأیید شد. مراحل MC با سنجش سطوح هورمونی سرم تأیید شد. آزمونگر فازهای MCشرکت‌کنندگان کور شد. کیت تخمک‌گذاری که برای تشخیص تخمک‌گذاری استفاده می‌شود.	فرود یک‌طرفه از ارتفاع 0.30 متر. تجزیه و تحلیل حرکت سه بعدی و نیروی عکس العمل زمین و فعالیت الکتریکی عضلات و اوج نیروی عکس العمل زمین و زمان رسیدن اوج نیروی عکس العمل زمین. سینماتیک لگن، زانو و مچ پا. فعالیت الکتریکی عضلات 150 میلی‌ثانیه قبل از فعال شدن عضلات گلتوس میانی، نیمه وتری، راست رانی و همسترینگ. هیچ معیار آشنایی یا قابلیت اطمینان برای معیارهای نتیجه گزارش نشده است.	بارگذاری ACL کمک می‌کند. فاز میانی لوتئال: • 6 درصد کاهش زمان رسیدن به حداکثر نیروی عکس العمل زمین در مقابل فاز فولیکولار • افزایش چرخش داخلی ران و والگوس زانو در مقایسه با فاز زودرس فولیکولار (به ترتیب 43 درصد و 34 درصد) • کاهش فلکشن زانو در مقابل فاز زود و دیررس فولیکولار (7 تا 9 درصد) • کاهش 11 درصدی دورسی فلکشن مچ پا در مقابل فاز دیررس فولیکولار • افزایش 26 تا 46 درصدی اددکشن و 27 تا 33 درصدی اورژن مچ پا در مقابل فاز زود و دیررس فولیکولار • کاهش فعالیت گلتوس میانی قبل از فرود در مقابل فاز زود و دیررس فولیکولار (20 تا 22 درصد) • مشاهده نشدن تفاوت میان فعالیت	تعریف نادرست فازهای MC، به‌ویژه بیان فازهای قاعدگی مشاهده شد. سابقه ورزش، مهارت یا تمرینات قدرتی خاص ذکر نشده است. ممتحن کور شد که مثبت است، اما مشخص نیست که آیا ترتیب آزمایش تصادفی شده است یا خیر. هیچ بار مفصل زانو بررسی نشد. هیچ معیار پایایی برای معیارهای نتیجه گزارش نشده است. بدون تجزیه و تحلیل فردی که ممکن است تفاوت‌ها را پنهان شوند. هیچ تحلیل/هماهنگی زمانی بررسی نشد. استفاده از داروهای هورمونی پیشگیری از بارداری تأیید نشده است. تغییرات نسبت به خطای اندازه‌گیری بررسی نشد.

جدول ۱- خلاصه مقالاتی که اثرات فاز MC را بر ریسک فاکتورهای بیومکانیکی آسیب ACL را بررسی کردند

Table 1- Summary of articles that examined the effects of MC phase on the risk of non-contact neuromuscular and biomechanical ACL injury

نویسندگان	مشخصات آزمودنی‌ها (تعداد آزمودنی‌ها، سطح مهارت، سن، قد و...)	وضعیت سلامت و اطلاعات چرخه قاعدگی و نحوه مشخص کردن فازهای قاعدگی	آزمون‌های پویا و روش‌های اندازه‌گیری نتایج و متغیرها	نتایج و پیامدها	توضیحات
ژو بینگ‌ژنگ (2023)	تعداد 53 نفر با BMI 18.5 تا 23.9 بدون سابقه آسیب و بارداری تمام آزمودنی‌ها در تیم فوتبال سه دانشگاه در شمال چین مشغول بودند. سایر اطلاعات آنتروپومتری دردسترس نیست.	آزمودنی‌های سالم با طول MC 25 تا 38 روزه (در شش ماه گذشته قبل از شروع روند تست). تأیید فاز قاعدگی از بررسی دو دوره چرخه قاعدگی انجام شد. شروع چرخه مصادف با اولین روز قاعدگی در نظر گرفته شد. فاز اول تست دو روز بعد از شروع چرخه به‌عنوان فاز قاعدگی در نظر گرفته شد. فاز دوم تست دو روز قبل ازتخمک‌گذاری (مشخص‌شده در چرخه قاعدگی قبلی) و فاز سوم تست روز تخمک‌گذاری تعیین شد. روز میانی از فاز لوتئال نیز به‌عنوان	انجام حرکت برش 90 درجه با پای برتر. یک سیستم تجزیه و تحلیل حرکت مبتنی بر نشانگر قابل‌حمل. (Opti_Knee, innomotion inc., Shanghai, China) سینماتیک زانو بررسی شد. • هیچ معیار آشنایی یا قابلیت اطمینان برای معیارهای نتیجه گزارش نشد.	• عضلات همسترینگ، نیمه وتری و راست قدامی در میان فازهای مختلف چرخه قاعدگی • فاز لوتئال میانی ممکن است زنان را درمعرض خطر بیشتر آسیب غیرتماسی ACL براساس تغییرات در جایگزین‌های خطر آسیب بیومکانیکی و عصبی‌عضلانی قرار دهد. • کمترین میزان غلظت استروژن در فاز یک تست بود. • اوج اول غلظت استرادیول در فاز دو تست و اوج دوم غلظت این هورمون در فاز چهار تست مشاهده شد. • در صفحه ساجیتال اوج فلکشن و اکستنشن زانو در فازهای مختلف تفاوت معناداری نداشت. • در صفحه فورنتال، حداکثر زاویه واروس در فازهای مختلف چرخه قاعدگی تفاوت معناداری نداشت؛ این درحالی است که در این صفحه تغییرات	ترتیب آزمایش غیرتصادفی بود. تحلیل حرکت سه‌بعدی با مجموعه نشانگر محدود بود. فقط یک زاویه برش با سرعت ورودی کم بررسی شد. تعداد محدودی از متغیرهای بیومکانیکی در رابطه با خطر آسیب ACL بررسی شد. فقط سینماتیک زانو در مقابل مکانیسم چندبخشی آسیب ACL بررسی شد (یعنی لگن، تنه و پا). هیچ تحلیل/هماهنگی زمانی بررسی نشد. تقسیم‌بندی فازهای چرخه قاعدگی مطابق با تقسیم‌بندی توسط مک‌نالتی و همکاران (18) انجام شد که نکته مثبت آن است.

جدول ۱- خلاصه مقالاتی که اثرات فاز MC را بر ریسک فاکتورهای بیومکانیکی آسیب ACL را بررسی کردند

Table 1- Summary of articles that examined the effects of MC phase on the risk of non-contact neuromuscular and biomechanical ACL injury

نویسندگان	مشخصات آزمودنی‌ها (تعداد آزمودنی‌ها، سطح مهارت، سن، قد و...)	وضعیت سلامت و اطلاعات چرخه قاعدگی و نحوه مشخص کردن فازهای قاعدگی	آزمون‌های پویا و روش‌های اندازه‌گیری نتایج و متغیرها	نتایج و پیامدها	توضیحات
		روز فاز چهارم تست در نظر گرفته شد. تمامی فازها به‌وسیله آزمایش خون تأیید شدند. چرخه‌های MC با استفاده تاریخچه دوره قبلی چرخه تأیید شد. مراحل MC با سنجش سطوح هورمونی سرم تأیید شد. کیت تخمک‌گذاری که برای تشخیص تخمک‌گذاری استفاده می‌شود.		• حداکثر زاویه والگوس بین فازهای مختلف تفاوت معناداری را از خود نشان داد. • کمترین میزان زاویه والگوس در فاز چهارم تست (فاز لوتئال میانی) مشاهده شد (4° ± 4.9°)؛ در حالی که در دیگر فازها تفاوتی مشاهده نشد. • هیچ ارتباط معناداری بین غلظت هورمون‌های جنسی و پارامترهای سینماتیکی زانو در هر چهار گروه مشاهده نشد.	

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از هشت پژوهش دارای شرایط حضور در این مطالعه مروری، شواهد بسیار متناقضی از تأثیر فازهای مختلف چرخه قاعدگی بر ریسک‌فاکتور بیومکانیکی و عصبی‌عضلانی آسیب‌های غیرتماسی ACL ارائه کرده است. در حالی که تمامی این مطالعات کیفیت پایینی داشتند، چهار مطالعه (۲۳، ۲۲، ۲۰، ۱۱، ۱۰) به طور کلی ارتباطی میان بروز آسیب غیرتماسی ACL و فازهای مختلف چرخه قاعدگی نیافتند؛ این در حالی است که دو مطالعه (۲۱، ۱۹) احتمال ریسک آسیب غیرتماسی بیشتر برای زنان در فاز میانی لوتئال را نشان دادند و یک مطالعه نیز احتمال کاهش این آسیب را در فاز میانی لوتئال نشان داد (۲۴)، اما دو مطالعه افزایش شلی زانو در فازهای مختلف قاعدگی نسبت به افزایش بارگزاری مفصل زانو را گزارش دادند؛ این در حالی است که این نکته در افزایش احتمال بروز آسیب ACL می‌تواند اهمیت داشته باشد (۲۷، ۲۶، ۲).

شواهدی که نشان می‌دهد فازهای چرخه قاعدگی بر فاکتورهای بیومکانیکی آسیب غیرتماسی ACL تأثیر ندارد: هیچ‌گونه تفاوت معناداری بین ریسک‌فاکتورهای عصبی‌عضلانی و بیومکانیکی آسیب غیرتماسی ACL (حرکت قدامی تیبیا، والگوس زانو و افزایش بارگزاری زانو) در فعالیت پرش-فرود در فازهای مختلف چرخه قاعدگی مشاهد نشد. در همین راستا، دو مطالعه نیز تفاوت معناداری در بیومکانیک زانو حین فعالیت برش ۴۵ درجه یا مانور توقف-پرش در فازهای مختلف چرخه قاعدگی افراد مشاهد نکردند (۱۱، ۱۰)؛ این در حالی است که یک مطالعه نشان داد، میزان زاویه والگوس زانو در حرکت برش ۹۰ درجه در فاز میانی

لوتئال نسبت به دیگر فازهای چرخه قاعدگی کاهش می‌یابد و سبب کاهش بروز آسیب ACL در این فاز از چرخه قاعدگی می‌شود. سطح بسیار پایینی از شواهد وجود دارد که به طور بالقوه نشان می‌دهد هیچ فاز خاصی از MC خطر آسیب غیرتماسی ACL را براساس فاکتورهای بیومکانیکی افزایش نمی‌دهد. نبود تفاوت در ریسک‌فاکتورهای بیومکانیکی آسیب ACL بین فازهای تخمک‌گذاری و فاز میانی لوتئال، احتمالاً می‌تواند به غلظت‌های مشابه و زیاد استروژن نسبت داده شود که ممکن است اثرات مشابهی بر خواص رباط و تاندون، کنترل عصبی‌عضلانی و درنتیجه خطر آسیب احتمالی داشته باشد (۲۸)

این در حالی است که در مطالعه چودهری و همکاران انجام تست‌های بیومکانیک بین فازهای مختلف به طور نامشخص توصیف شده است (یعنی هم‌زمانی روز تست‌گیری با کدام فاز از چرخه قاعدگی مشخص نشده است) (۲۱)؛ بنابراین بررسی و تعیین اینکه آیا فازهای چرخه قاعدگی به‌درستی شناسایی شده‌اند، دشوار است (۸، ۱۷). علاوه بر این، پارک و همکاران (۱۱، ۱۰) فاز فولیکولی اولیه را با استفاده از روش‌های قدیمی و سنتی شناسایی کردند که طبق توصیفات اخیر هم فاز فولیکولی زودرس و هم فاز فولیکولی اواخر را در بر می‌گیرد (۸، ۱۷).

این رویکرد ممکن است به گروه‌بندی شرکت‌کنندگان غیرهمگن و ارزیابی نادرست احتمالی درمورد تأثیر چرخه قاعدگی منجر شود (۸). در میان هشت مطالعه برررسی‌شده، تنها دو مطالعه بیان کردند که ترتیب آزمایش غیرتصادفی بود (۲۲، ۲۰)؛ در حالی که دو مطالعه به‌وضوح توصیف نکردند که آیا آزمایش تصادفی روی داده است یا خیر (۱۱، ۱۰)؛ بنابراین نبود تفاوت مشاهده‌شده بین فازهای MC توسط محققان می‌تواند تحت‌تأثیر اثر یادگیری یا نظم قرار گیرد که به طور بالقوه مشاهده‌ها را مخدوش می‌کند.

شواهدی که نشان می‌دهد فاز لوتئال میانی ممکن است خطر آسیب ACL را براساس ریسک‌فاکتورهای بیومکانیکی افزایش دهد: از میان هشت مطالعه بررسی‌شده، تنها یک مطالعه، زنان را در فاز میانی لوتئال مبتنی بر بیومکانیک مفصل زانو (کینماتیک مرتبط با بارگزاری بیشتر بر مفصل) و فعالیت‌های عصبی‌عضلانی (مانند کاهش فعالیت عضلات گلوتئال یا تأخیر در فعالیت عضله نیم وتری که می‌تواند جابه‌جایی قدامی تبیا را افزایش دهد) در حین فعالیت فرود، مستعدتر برای آسیب‌های غیرتماسی ACL دانست (۲۱، ۱۹). این تأخیر در فعالیت عضلات احتمالاً می‌تواند به افزایش چشمگیر پروژسترون در مقایسه با سایر مراحل (یعنی فولیکولار و تخمک‌گذاری) نسبت داده شود که می‌تواند اثرات مهاری سیستم عصبی را ایجاد کند (۳۰، ۲۹). با اینکه در مطالعات دیگر نیز حداقل تفاوت در زمان شروع فعالیت سایر عضلات اندام تحتانی توسط ددریک و همکاران مشاهده شد، این مطالعات با کورسازی ارزیاب‌ها یا تصادفی کردن آزمایش‌ها، سوگیری‌های احتمالی را کاهش دادند (۲۱، ۱۹)؛ این در حالی است که ژوبینگ ژنگ و همکاران با بررسی بیومکانیک مفصل زانو در چهار فاز تعیین‌شده از چرخه قاعدگی براساس رویکرد الیوت و همکاران (۸) دریافتند، میزان والگوس مفصل زانو در فاز لوتئال میانی کاهش پیدا می‌کند و می‌تواند سبب بروز آسیب کمتر ACL در این فاز نسبت به سایر فازها شود (۲۴). همانند سایر مطالعات بررسی‌شده، این سه مطالعه نیز معیارهایی برای قابلیت اطمینان نتیجه خود گزارش نکردند؛ این در حالی است تغییرات در معیارها نسبت به خطای اندازه‌گیری نیز تفسیر نشده است. تمام این موارد سبب ایجاد سؤالاتی می‌شود مبنی بر اینکه آیا فعالیت عضلانی مشاهده‌شده و تغییرات حرکتی مفصل به دلیل خطا است (یعنی تغییرپذیری عصبی‌عضلانی یا حرکتی و خطای اندازه‌گیری) یا واقعاً به تغییرات هورمونی تحت‌تأثیر چرخه قاعدگی نسبت داده می‌شود.

شواهدی حاکی از تأثیر چرخه قاعدگی بر شلی زانو و متعاقب آن، بارهای وارد بر مفصل زانو: به نظر می‌رسد مطالعات اثر فازهای مختلف چرخه قاعدگی بر آسیب غیرتماسی ACL را رد کرده‌اند، اما از شلی مفصلی و بارگزاری متفاوت روی مفصل زانو به‌عنوان عاملی مؤثر بر بروز آسیب ACL نمی‌توان چشم‌پوشی کرد. پارک و همکاران هیچ تفاوتی در بارگزاری مفصل زانو در فازهای مختلف چرخه قاعدگی مشاهده نکردند؛ با این حال میزان شلی مفصلی در هریک از فازها را اندازگیری کردند. جالب است که زنان با شلی زانو بیشتر و افزایش میزان این شلی در فازهای مختلف چرخه قاعدگی، بارگزاری بیشتری در مفصل زانو خود حین اجای فعالیت‌های کاتینگ و توقف-پرش داشتند (۱۱، ۱۰). این یافته‌ها ممکن است به توضیح اینکه چرا تحقیقات آینده‌نگر ارتباط بین شلی زانو و آسیب غیرتماسی ACL را شناسایی کرده‌اند، کمک کند (۳۲، ۳۱). تغییرات در سستی مرتبط با تغییرات هورمونی فازهای قاعدگی، اثر شلی مشکل‌ساز برای بارگزاری مفصل زانو و خطر آسیب احتمالی ACL ایجاد می‌کند. قابل‌توجه اینکه تنوع زیاد در تغییرات (یعنی بزرگی و جهت) در شلی و تأثیر آن بر بارگزاری زانو در سراسر فازهای چرخه قاعدگی مشاهده شد که می‌توان آن را به تغییرات درون و بین‌فردی در بزرگی و سرعت تغییر در غلظت‌های هورمونی تخمدان نسبت داد. علاوه بر این، تنوع ژنتیکی بین افراد و بیان متفاوت گیرنده‌های استروژن ممکن است بر توانایی استرادیول (E2) برای اتصال به گیرنده‌اش تأثیر بگذارد که احتمالاً پاسخ‌های فیزیولوژیک منتسب به استروژن در بافت همبند عضلانی-اسکلتی و درنهایت میزان سستی مفصل را تغییر می‌دهد (۳۳).

محدودیت‌ها، ملاحظات و توصیه‌های برای پژوهش‌های آینده

تمامی مطالعات بررسی‌شده در این پژوهش نقاط ضعفی دارند که باعث می‌شود هنگام استفاده از نتایج آن‌ها احتیاط لحاظ شود؛ به عنوان مثال، آن‌ها از تاریخ‌های متفاوتی برای فازبندی یک چرخه قاعدگی استفاده کردند. همچنین این مطالعات تنها به بررسی بیومکانیک (کینماتیک و کینتیک) مفصل زانو پرداختند؛ در حالی که نتایج به‌دست‌آمده در سال‌های اخیر، نشان داده‌اند بیومکانیک و فعالیت‌های عصبی‌عضلانی مفاصل دیگر اندام تحتانی مانند مچ و لگن نیز در بروز آسیب ACL نیز می‌توانند نقش بسزایی داشته باشند (۳۵، ۳۴، ۲۶). همچنین مطالعات در حجم نمونه بزرگ‌تر در زنان، شلی مفصلی را نشان داده است (۲۳)؛ این درحالی است که شاید بتوان با افزایش حجم نمونه، متغیرهای معناداری را در فازهای مختلف چرخه قاعدگی مشاهد کرد. اخیراً پیشنهاد شده است که باید به جای تمرکز بر تأثیر فازهای مختلف چرخه قاعدگی و بر عملکرد یا خطر آسیب، بر بررسی تأثیر غلظت‌های هورمونی تأکید شود (۳۶)؛ زیرا تغییر در مشارکت هورمونی درنهایت بر سیستم فیزیولوژیک تأثیر می‌گذارد. در همین راستا، به تحقیقات بیشتری برای درک اینکه چگونه عوامل هورمونی، عصبی‌عضلانی و بیومکانیکی با هم ارتباط متقابل دارند و سبب بروز آسیب ACL می‌شوند و شلی مفاصل و اجرای حرکتی وظایف پویا در فازهای مختلف چرخه قاعدگی تحت‌تأثیر قرار می‌دهند، نیاز است.

ادبیات ورزشی در حیطه زنان بسیار اندک است. اغلب پژوهشگران از انجام تحقیق در حیطه زنان به علت دشواری بررسی چرخه قاعدگی آنان و موارد فیزیولوژیک اجتناب می‌کنند؛ با این حال، تعداد اندک مطالعات موجود نیز کمک شایانی به آشنایی و شناخت ورزش حیطه بانوان برای ما به ارمغان داشته است (۱۵)؛ ازاین‌رو پژوهش حاضر با مشخص کردن نقاط ضعف و قوت مطالعات قبلی بر آن بود تا به ارتقای پژوهش‌های آینده کمک کند.

در نتیجه‌گیری پژوهش حاضر می‌توان گفت، تغییرات شلی زانو در فازهای مختلف قاعدگی نشان داده است و آن را همراه با تغییرات در بارگزاری نیرو بر مفصل زانو به عنوان عاملی بالقوه در بروز آسیب غیر تماسی ACL تلقی می‌کنند، اما همچنان تفاوت معناداری در بیومکانیک و فعالیت عصبی‌عضلانی مؤثر در این آسیب در فازهای مختلف یک چرخه قاعدگی منظم و طبیعی یافت نشده است؛ با وجود این، نظارت بر تغییرات شلی زانو در ورزشکاران زن می‌تواند استراتژی مناسبی برای استنتاج تغییرات بالقوه در بارگزاری مفصل زانو و خطر آسیب ACL باشد. سطح کیفیت تحقیقات بررسی‌شده در این مطالعه از نظر روش‌شناسی، پایین تا بسیار پایین بوده است که این مورد سبب کاهش کیفیت بسیار پایین شواهد موجود می‌شود که می‌توانست با توجه به طراحی بهتر روش پژوهش و اجرای دقیق‌تر بهبود یابد؛ به این ترتیب، نتیجه‌گیری قطعی درمورد اثرات فازهای چرخه قاعدگی بر ریسک‌فاکتورهای عصبی‌عضلانی و بیومکانیکی آسیب غیرتماسی ACL دشوار است؛ بنابراین پزشکان، مربیان و متخصصان باید در تغییر روش‌های خود برای ایجاد آمادگی فیزیکی، کاهش احتمال بروز آسیب و شیوه‌های غربالگری براساس شواهد فعلی، محتاط باشند.

پیام مقاله

نتایج این مرور سیستماتیک نشان می‌دهد که برای بررسی دقیق خطر آسیب ACL در زنان ورزشکار، تشخیص درست و دقیق فازهای چرخه قاعدگی و اندازه‌گیری مستقیم سطوح هورمونی از اهمیت بسیاری برخوردار است. افزایش شلی زانو در برخی فازها و ارتباط آن با بارگذاری مفصلی، اهمیت و ضرورت توجه به این تغییرات را در طراحی تمرینات پیشگیرانه نشان می‌دهد. همچنین به دلیل تفاوت‌های فردی در پاسخ به تغییرات هورمونی و عصبی‌عضلانی، شخصی‌سازی برنامه‌های تمرینی باید مدنظر قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله مروری سیستماتیک است و هیچ نمونه انسانی و حیوانی ندارد؛ ازاین‌رو هیچ ملاحظات اخلاقی در نظر گرفته نشده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده سازی این مقاله مشارکت یکسان داشته‌اند.

تعارض منافع

در این مطالعه هیچ کمک مالی از هیچ سازمانی دریافت نشده است. بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از دست‌اندرکاران این پژوهش بابت صبوری، پشتکار و زحمات بی‌دریغشان صمیمانه سپاسگزاریم. امید است نتایج این پژوهش سهم کوچکی در پیشبرد تحقیقات این حوزه داشته باشد.

منابع

1. Voskanian N. ACL Injury prevention in female athletes: review of the literature and practical considerations in implementing an ACL prevention program. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. 2013;6:158-63
2. Dos' Santos T, Thomas C, McBurnie A, Donelon T, Herrington L, Jones PA. The cutting movement assessment score (CMAS) qualitative screening tool: Application to mitigate anterior cruciate ligament injury risk during cutting. Biomechanics. 2021;1(1):83-101. https://doi.org/10.3390/biomechanics1010007
3. Pfeifer CE, Beattie PF, Sacko RS ,Hand A. Risk factors associated with non-contact anterior cruciate ligament injury: a systematic review. International Journal of Sports Physical Therapy. 2018;13(4):575. Https://doi.org/10.26603/ijspt20180575
4. Schilaty ND, Bates NA, Nagelli C, Krych AJ, Hewett TE. Sex-based differences in knee kinetics with anterior cruciate ligament strain on cadaveric impact simulations. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2018;6(3):2325967118761037. https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2325967118761037
5. Bencke J, Aagaard P, Zebis MK. Muscle activation during ACL injury risk movements in young female athletes: a narrative review. Frontiers in Physiology. 2018;9:445. https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2018.00445/full
6. Truong LK, Bekker S, Whittaker JL. Removing the training wheels: embracing the social, contextual and psychological in sports medicine. BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine; 2021, pp. 466-7.
7. Fox A, Bonacci J, Hoffmann S, Nimphius S, Saunders N. Anterior cruciate ligament injuries in Australian football: should women and girls be playing? You're asking the wrong question. BMJ Open Sport & Exercise Medicine. 2020;6(1):e000778. https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000778
8. Elliott-Sale KJ, Minahan CL, de Jonge XAJ, Ackerman KE, Sipilä S, Constantini NW, et al. Methodological considerations for studies in sport and exercise science with women as participants: a working guide for standards of practice for research on women. Sports Medicine. 2021;51(5):843-61. https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-021-01435-8
9. Yim J, Petrofsky J, Lee H. Correlation between mechanical properties of the ankle muscles and postural sway during the menstrual cycle. The Tohoku Journal of Experimental Medicine. 2018;244(3):201-7.
10. Park S-K, Stefanyshyn DJ, Ramage B, Hart DA, Ronsky JL. Alterations in knee joint laxity during the menstrual cycle in healthy women leads to increases in joint loads during selected athletic movements. The American Journal of Sports Medicine. 2009;37(6):1169-77. https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0363546508330146
11. Park S-K, Stefanyshyn DJ, Ramage B, Hart DA, Ronsky JL. Relationship between knee joint laxity and knee joint mechanics during the menstrual cycle. British Journal of Sports Medicine. 2009;43(3):174-9.

12. Carmichael MA, Thomson RL, Moran LJ, Wycherley TP. The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: a narrative review. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021;18(4):1667 https://doi.org/10.3390/ijerph18041667
13. Balachandar V, Marciniak J-L, Wall O, Balachandar C. Effects of the menstrual cycle on lower-limb biomechanics, neuromuscular control, and anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. Muscles, Ligaments and Tendons Journal. 2017;7(1):136.
14. Pournasiri F, Zarei M, Mainer-Pardos E, Nobari H. Isometric and isokinetic strength of lower-limb muscles in female athletes during different phases of menstrual cycle: a causal-comparative study. BMC Women's Health. 2023;23(1):657. https://link.springer.com/article/10.1186/s12905-023-02819-w
15. Dos' Santos T, Stebbings GK, Morse C, Shashidharan M, Daniels KA, Sanderson A. Effects of the menstrual cycle phase on anterior cruciate ligament neuromuscular and biomechanical injury risk surrogates in eumenorrheic and naturally menstruating women: a systematic review. Plos One. 2023;18(1):e0280800. https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0280800
16. Page MJ ,Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372. https://doi.org/10.1136/bmj.n160
17. Methley AM, Campbell S, Chew-Graham C, McNally R, Cheraghi-Sohi S .PICO, PICOS and SPIDER: a comparison study of specificity and sensitivity in three search tools for qualitative systematic reviews. BMC Health Services Research. 2014;14(1):1-10. https://doi.org/10.1186/s12913-014-0579-0
18. McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, Swinton PA, Ansdell P, Goodall S ,et al. The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: a systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2020;50:1813-27. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01319-3
19. Okazaki M, Kaneko M, Ishida Y, Murase N, Katsumura T. Changes in the width of the tibiofibular syndesmosis related to lower extremity joint dynamics and neuromuscular coordination on drop landing during the menstrual cycle. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2017;5(9):2325967117724753. https://doi.org/10.1177/2325967117724753
20. Abt JP, Sell TC, Laudner KG, McCrory JL, Loucks TL, Berga SL, Lephart SM. Neuromuscular and biomechanical characteristics do not vary across the menstrual cycle. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2007;15:901-7. https://doi.org/10.1007/s00167-007-0302-3
21. Dedrick GS, Sizer PS, Merkle JN, Hounshell TR, Robert-McComb JJ, Sawyer SF, et al. Effect of sex hormones on neuromuscular control patterns during landing. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2008;18(1):68-78. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2006.09.004
22. Chaudhari AM, Lindenfeld TN, Andriacchi TP, Hewett TE, Riccobene J, Myer GD, Noyes FR. Knee and hip loading patterns at different phases in the menstrual cycle. The American Journal of Sports Medicine. 2007;35(5):793-800. https://doi.org/10.1177/0363546506297537
23. Shultz SJ, Schmitz RJ, Kong Y, Dudley WN, Beynnon BD, Nguyen A-D, et al. Cyclic variations in multiplanar knee laxity influence landing biomechanics. Med Sci Sports Exerc. 2012;44(5):900-9. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31823bfb25
24. Bingzheng Z, Xinzhuo Z, Zhuo J, Xing Y, Bin L, Lunhao B. The effects of sex hormones during the menstrual cycle on knee kinematics. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2023;11:120965. https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1209652
25. Gheytasi M, Zarei M, Khezayi Z, Dalvand N. Comparison of landing mechanism in female athletes during different stages of menstrual cycle. Presented at: The First Eurasian Conference on Sport Sciences, Urmia, Iran; 2018, p. 128. [In Persian].
26. Fox AS. Change-of-direction biomechanics: is what's best for anterior cruciate ligament injury prevention also best for performance? Sports Medicine. 2018;48(8):1799-807 https://doi.org/10.1007/s40279-018-0931-3
27. Beaulieu ML, Ashton-Miller JA, Wojtys EM. Loading mechanisms of the anterior cruciate ligament. Sports Biomechanics. 2023;22(1):1-29. https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1916578
28. Chidi-Ogbolu N, Baar K. Effect of estrogen on musculoskeletal performance and injury risk. Frontiers in Physiology. 2019;9:1834. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01834
29. Smith SS, Woodward DJ, Chapin JK. Sex steroids modulate motor-correlated increases in cerebellar discharge. Brain Research. 1989;476(2):307-16. https://doi.org/10.1016/0006-8993(89)91251-1
30. Smith SS, Woolley CS. Cellular and molecular effects of steroid hormones on CNS excitability. Cleveland Clinic Journal of Medicine. 2004;71(2):S4. https://doi.org/10.3949/ccjm.71.suppl_2.s4
31. Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Nick TG, Hewett TE. The effects of generalized joint laxity on risk of anterior cruciate ligament injury in young female athletes. The American Journal of Sports Medicine. 2008;36(6):1073-80. https://doi.org/10.1177/0363546507313572
32. Uhorchak JM, Scoville CR, Williams GN, Arciero RA, Pierre PS, Taylor DC .Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament. The American Journal of Sports Medicine. 2003;31(6):831-42. https://doi.org/10.1177/03635465030310061801

33. McMillin SL, Minchew EC, Lowe DA, Spangenburg EE. Skeletal muscle wasting: The estrogen side of sexual dimorphism. American Journal of Physiology-Cell Physiology. 2022;322(1):C24-C37. https://doi.org/10.1152/ajpcell.00333.2021
34. Donelon TA, Dos' Santos T, Pitchers G, Brown M, Jones PA. Biomechanical determinants of knee joint loads associated with increased anterior cruciate ligament loading during cutting: a systematic review and technical framework. Sports Medicine-Open. 2020;6:1-21. https://doi.org/10.1186/s40798-020-00276-5
35. 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. https://doi.org/10.1177/0363546510373570
36. Burden R, Shill AL, Bishop N. Elite female athlete research: stop searching for the 'magic P'. 2021;55(15):824-5. https://doi.org/10.1113/ep089884

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی