

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,
Volumen 9, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

**INFLUENCIAS ANATÓMICAS, BIOMECÁNICAS Y
HORMONALES EN EL RIESGO DE LESIONES DEL
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN MUJERES:
EVALUACIÓN DEL IMPACTO Y POTENCIAL
PROTECCION DE LOS ANTICONCEPTIVOS ORALES**

**ANATOMICAL, BIOMECHANICAL AND HORMONAL
INFLUENCES ON THE RISK OF ANTERIOR CRUCIATE
LIGAMENT INJURIES IN WOMEN: EVALUATION OF THE
IMPACT AND PROTECTIVE POTENTIAL OF
ORAL CONTRACEPTIVES**

Francisco Boylán Pérez

Universidad Autónoma de Yucatán, México

Alejandro Murillo Villarino

Universidad Autónoma de Yucatán, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16227

Influencias Anatómicas, Biomecánicas y Hormonales en el Riesgo de Lesiones del Ligamento Cruzado Anterior en Mujeres: Evaluación del Impacto y Potencial Protección de los Anticonceptivos Orales

Francisco Boylán Pérez¹Fboylan07@gmail.com<https://orcid.org/0009-0004-5775-2307>

Hospital General Agustín O'horan

Ortopedia y Traumatología

Universidad Autónoma de Yucatán

México

Alejandro Murillo Villarinodralejandromurillo@gmail.com

Hospital General Agustín O'horan

Ortopedia y Traumatología

Universidad Autónoma de Yucatán

México

RESUMEN

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) son una preocupación común, especialmente entre las atletas femeninas, quienes experimentan una incidencia significativamente mayor de desgarros en comparación con los hombres. Esta revisión explora los diversos factores anatómicos, biomecánicos y hormonales que contribuyen al mayor riesgo de lesiones del LCA en mujeres. Anatómicamente, una escotadura femoral más pequeña y un tamaño menor del LCA en mujeres se asocian con un mayor riesgo de lesión. Biomecánicamente, diferencias como una mayor activación del cuádriceps y un ángulo Q más amplio contribuyen a una mayor tensión en el LCA durante las actividades físicas. Hormonalmente, las fluctuaciones de estrógeno, progesterona y relaxina a lo largo del ciclo menstrual afectan la laxitud del ligamento, lo que podría aumentar la probabilidad de desgarros del LCA. Además, se examina el papel de los anticonceptivos orales (ACO) en la modulación de estos efectos hormonales y sus posibles beneficios protectores contra las lesiones del LCA, aunque la evidencia sigue siendo inconclusa. La revisión destaca la necesidad de más investigaciones para comprender plenamente estas interacciones complejas y desarrollar estrategias efectivas de prevención adaptadas a las atletas femeninas.

Palabras clave: LCA, knee, women, oral contraceptive

¹ Autor principal

Correspondencia: Fboylan07@gmail.com

Anatomical, Biomechanical and Hormonal Influences on the Risk of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Women: Evaluation of the Impact and Protective Potential of Oral Contraceptives

ABSTRACT

Anterior cruciate ligament (ACL) injuries are a common concern, particularly among female athletes, who experience a significantly higher incidence of tears compared to men. This review explores the various anatomical, biomechanical, and hormonal factors that contribute to the increased risk of ACL injuries in women. Anatomically, a smaller femoral notch and a smaller ACL size in women are associated with a higher risk of injury. Biomechanically, differences such as greater quadriceps activation and a wider Q-angle lead to increased stress on the ACL during physical activities. Hormonally, fluctuations in estrogen, progesterone, and relaxin throughout the menstrual cycle affect ligament laxity, potentially increasing the likelihood of ACL tears. Additionally, the role of oral contraceptives (OC) in modulating these hormonal effects and their potential protective benefits against ACL injuries is examined, although evidence remains inconclusive. The review highlights the need for further research to fully understand these complex interactions and to develop effective prevention strategies tailored to female athletes.

Keywords: ACL, knee, women, oral contraceptive

Artículo recibido 05 diciembre 2024

Aceptado para publicación: 25 enero 2025



INTRODUCTION

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) son frecuentes en deportes que requieren cambios rápidos de dirección y saltos, y son particularmente comunes en mujeres, quienes tienen un riesgo significativamente mayor de desgarros en comparación con los hombres. Esta diferencia de género ha motivado investigaciones sobre factores de riesgo específicos, incluidos factores anatómicos como un tamaño menor del LCA, factores biomecánicos como mayor activación del cuádriceps, y fluctuaciones hormonales que afectan la laxitud del ligamento. Además, se ha explorado el uso de anticonceptivos orales como una posible medida preventiva, aunque la evidencia es inconclusa. Este artículo revisa la literatura actual sobre estos factores y su impacto en el riesgo de lesiones del LCA en mujeres, así como las posibles estrategias de prevención.

Anterior cruciate ligament (ACL) injuries are common in sports that involve rapid changes in direction and jumping and are particularly prevalent among women, who are at a significantly higher risk of tears compared to men. This gender disparity has prompted research into specific risk factors, including anatomical factors such as smaller ACL size, biomechanical factors such as greater quadriceps activation, and hormonal fluctuations that affect ligament laxity. Additionally, the use of oral contraceptives as a potential preventive measure has been explored, although evidence remains inconclusive. This article reviews the current literature on these factors and their impact on ACL injury risk in women, as well as potential prevention strategies.

MATERIAL Y METODOS

Se realizó una revisión exhaustiva de la bibliografía publicada sobre la asociación del uso de anticonceptivos orales y lesiones del ligamento cruzado anterior en la base de datos PubMed y Google Scholar. En la búsqueda se utilizaron las siguientes palabras clave «ACL, oral contraceptive, hormones, knee injuries ». Se incluyeron artículos publicados en español e inglés entre los años a 2023 que describieran la anatomía, biomecánica, ciclo hormonal, incidencia y prevalencia de las lesiones del ligamento cruzado anterior, efectos de los anticonceptivos orales en tejido ligamentario. Se excluyeron los artículos duplicados, artículos que se centran en otras lesiones ligamentarias o en modelos animales, lo que llevó a la inclusión de un total de 45 publicaciones en esta revisión.



ANTECEDENTES

Anatomía y Funcion del LCA

El LCA (ligamento cruzado anterior) es una estructura ubicada dentro de la articulación, pero extra sinovial, envuelta por dos capas sinoviales. (1)

Compuesto por tejido conectivo denso, que están formados principalmente por colágeno tipo I. (2)

Tiene origen en la parte anterior de la meseta tibial entre las eminencias intercondíleas. Se dirige hacia atrás se une a la porción posteromedial del cóndilo femoral lateral. (3)

Se acepta que el LCA está compuesto por dos haces: el anteromedial (AM) y el posterolateral (PL). Los puntos de fijación de los dos haces del LCA están separados por la cresta bifurcada lateral. (4)

El LCA mide entre 31 y 38 mm de longitud y de 10 a 12 mm de ancho, y los haces AM y PL miden entre 6 y 7 mm y entre 5 y 6 mm de ancho, respectivamente. (3,4)

La inserción femoral del LCA tiene una forma de media luna. El borde anterior es la cresta intercondílea lateral, el borde posterior está formado por el margen articular del cóndilo femoral lateral. (5)

El sitio de inserción femoral para los haces AM y PL desde el centro de fijación de cada haz hasta el borde posterior del hueso y la superficie articular en promedio, de 6.3 ± 0.6 mm y 8.6 ± 0.6 mm, respectivamente. (6)

En cuanto a la inserción tibial del LCA; la porción media del LCA en la tibia y su inserción en forma de "C" son planas. (7)

La arteria genicular media es la principal fuente de irrigación sanguínea del LCA. (8)

El LCA está inervado por el nervio tibial, que proporciona mecanorreceptores que contribuyen a la propiocepción del ligamento. (4,9)

Biomecánica

La principal función del LCA es evitar la traslación anterior de la tibia sobre el fémur. (10)

Ambos haces (AM y PL) contribuyen a estabilizar la rodilla frente a la rotación interna de la tibia y en valgo. (11)

La ausencia del LCA provoca disminución en la rotación combinada durante la flexión y resulta en una rodilla inestable. (4,10)

El haz AM soporta fuerzas in situ significativamente mayores que el haz PL. (11,12)



En extensión completa, LCA soporta el 75% de la carga de traslación anterior, y entre los 30 y 90 grados de flexión, absorbe el 85%. La ausencia del LCA provoca una disminución en la magnitud de esta rotación acoplada durante la flexión, resultando en una rodilla inestable. (13)

Incidencia y prevalencia de las lesiones de LCA en mujeres

En EU, se estima que 1 de cada 3,000 personas sufre una lesión de LCA anualmente, aproximadamente el 70% de estas ocurren sin contacto directo. En los últimos 30 años, la incidencia en mujeres ha aumentado. (14)

El LCA es la estructura que se lesiona con mayor frecuencia, representando el 39.2% de todas las lesiones ligamentosas. (15)

Las mujeres presentan una mayor frecuencia de desgarros del LCA en comparación con los hombres entre 8 y 9 veces más frecuente. (16)

Se ha informado de una incidencia de hasta 1.6 lesiones por cada 1,000 horas de juego en jugadoras de élite durante los partidos de balonmano (17)

El 70% de las jugadoras de fútbol femenino de élite experimentan al menos una lesión por temporada, aunque esta tasa puede variar según la edad y el nivel competitivo. (15)

En el artículo de Chadwick y cols. las jugadoras de fútbol y baloncesto que entrenan durante todo el año tienen una tasa de desgarramiento del LCA de alrededor del 5% anual. (16)

Factores que pueden contribuir a las lesiones del LCA en las mujeres.

Anatomicos

Una anatomía femoral más pequeña resulta en una escotadura femoral más reducida, lo que puede afectar al LCA y aumentar el riesgo de lesión. (18)

Según otros autores, un índice más pequeño del ancho de la escotadura implica un LCA más pequeño, lo que, en teoría, reduce su fuerza tensil y aumenta el riesgo de ruptura. (19)

Una mayor inclinación posterior del platillo tibial y una menor profundidad del platillo tibial medial podrían ser factores de riesgo importantes para la susceptibilidad a lesiones del LCA. (20)

Se ha comprobado que las mujeres con lesiones del LCA tienen un slope tibial más pronunciada en comparación con los hombres. (20)(21)



El tamaño del LCA influye en el riesgo de sufrir lesiones en este. Puede evaluarse tanto por el área de sección transversal como por el volumen, muestra una gran variabilidad tanto entre personas del mismo sexo como entre sexos diferentes. En general, es notablemente más pequeño en mujeres que en hombres. (22)

Se ha identificado que la laxitud ligamentosa, incluyendo la hiperextensión de la rodilla y una mayor laxitud medio lateral, es un factor de riesgo para las lesiones del LCA en atletas profesionales. (18)

Biomecánicos

Las mujeres tienden a contraer más los cuádriceps que los hombres al aterrizar aumentando la tensión del LCA, resultando en una postura rígida y extendida que incrementa el riesgo de lesión del LCA. (23)

Otros factores de riesgo biomecánicos incluyen el valgo dinámico de la rodilla, la debilidad de los músculos abductores de la cadera, el aumento de la anteversión femoral y la torsión tibial, y la mayor movilidad del mediopié, debido a que ponen al LCA bajo una tensión mayor. (24-27)

En las mujeres, la pelvis más ancha resulta en un mayor ángulo Q, y estudios han mostrado que un ángulo Q mayor a 19° se asocia con un mayor riesgo de ruptura del LCA. (28)

Las mujeres presentan una menor fuerza abductora de cadera en relación con su peso corporal y una activación más tardía del vasto medial durante un salto vertical con una sola pierna. (23)

Hormonales

El ciclo menstrual típico de una mujer adulta dura aproximadamente 28 días y se divide en dos fases: la fase folicular y la fase lútea. La regulación de este ciclo es el resultado de la interacción hormonal entre el hipotálamo, la glándula pituitaria y los ovarios. (29)

Se ha reportado que el LCA humano contiene receptores de estrógeno y que las hormonas femeninas influyen en la estructura del tejido del LCA. (30)

Las lesiones del LCA suelen ocurrir durante las fases folicular y ovulatoria. (30)

El estradiol tiene su máxima concentración durante la ovulación. La progesterona empieza a elevarse en la fase folicular tardía antes de la ovulación. (31)

La relaxina puede alterar el recambio del colágeno estimulando la colagenasa y modulando la síntesis y secreción de colágeno. (32)

Estudios recientes han descubierto la presencia de receptores de relaxina en el LCA humano. (32)



Se determinó que las atletas femeninas con niveles elevados de relaxina en su suero tienen un riesgo aumentado de desgarros del ACL. (33)

Se encontró que la relaxina aumenta la expresión de las metaloproteinasas de matriz (MMP) como MMP1 y MMP3, que degradan el colágeno tipo I y III (33)

Las fluctuaciones hormonales de estradiol, progesterona y relaxina, pueden influir en la laxitud del LCA y aumentar el riesgo de lesiones hasta 6 veces más que los hombres. (31)

Efecto de lo ACO en el sistema Musculoesquelético y Ligamentario

Los anticonceptivos orales (ACO) inhibe la producción de FSH y LH en la glándula pituitaria, impidiendo la ovulación. Lo que podría alterar la estructura y la flexibilidad de los ligamentos. (34)

Los ACOs tienen un efecto significativo en los niveles de relaxina, estrógeno y progesterona, lo que ha llevado a teorizar que pueden afectar la función del sistema musculoesquelético (MSK). Esto conduce a una reducción de estrógeno, progesterona y relaxina. (35)

Römer, C, et al. Determino en una revisión de la literatura que los ACO no tenían efecto de sobre la fuerza muscular. Sin embargo, las fluctuaciones de estrógeno y progesterona se reducían. (36)

Implicaciones para la práctica

Las fluctuaciones en las hormonas sexuales ováricas están relacionadas con mayor incidencia de lesiones del LCA. Se han encontrado receptores de estrógeno y progesterona en el LCA. (37)

Rahr-Wagner et al. (2014) sugiere que existe una asociación protectora entre el uso de ACO y la probabilidad de experimentar una lesión de LCA que necesite cirugía. No obstante, esta evidencia no es suficiente (37)

Lee (2014) realizo un estudio donde concluye que la elasticidad del LCA y la flexibilidad muscular varían a lo largo del ciclo menstrual en mujeres que no usan ACO, mientras que se mantienen constantes en usuarias de estos. (38)

En el artículo de Khowailed (2015) se determina la influencia hormonal en el riesgo de lesiones del LCA, indicando que no hay una fase específica del ciclo menstrual que explique el riesgo de lesiones del LCA. (39)

En el artículo de Gray (2016) el uso de anticonceptivos orales podría modificar el riesgo de lesiones del LCA en mujeres jóvenes. (40)



El estudio de DeFroda et al. sugiere que las ACO pueden ofrecer protección contra las roturas de ACL, debido a la estabilización de los niveles de estrógeno y progesterona. (41)

Herzog et al. Realizó un estudio donde no encuentra una asociación entre el uso de ACOs y las lesiones del LCA. (42)

Konopka (2021) sugiere que las formulaciones de ACO con mayores proporciones de progesterina a estrógeno podrían ser más efectivas en la protección del LCA en mujeres, ya que aumentan la resistencia del este, incrementan la expresión de colágeno tipo I, y disminuyen la expresión de MMP1. (43)

Ammerman (2021) sugiere que, aunque los ACO podrían reducir el riesgo de lesión del LCA, la influencia del tipo específico de ACO en esto no ha sido completamente explorada. Los resultados indican que las mujeres con desgarros del LCA suelen usar ACO con altos niveles de estrógeno y progestinas de baja androgenicidad. (44)

En el artículo de White (2023) los autores argumentan que no hay suficiente evidencia de alta certeza para apoyar el uso de ACO en la prevención de lesiones o fisiopatología musculoesquelética en mujeres, incluidas las lesiones del LCA. (45)

Figura 1 sitios de inserción de los haces anteromedial y posterolateral del ligamento cruzado anterior

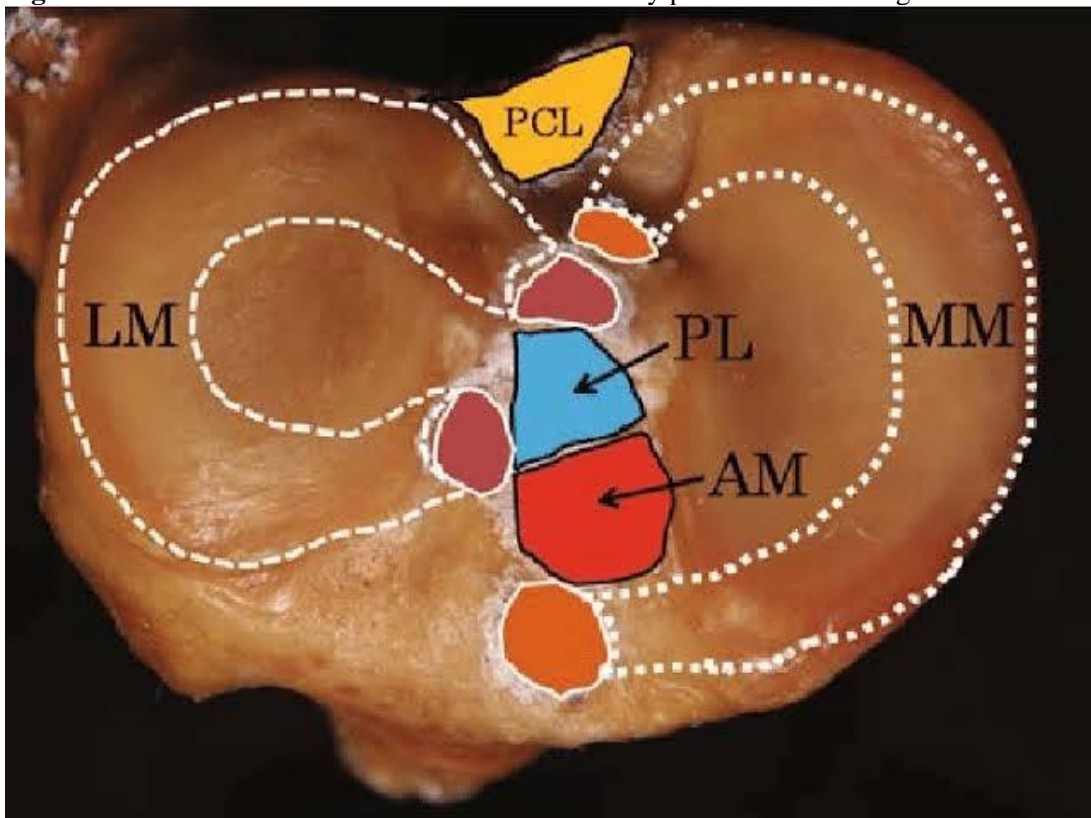


Figura 2 sitio de insercion femoral

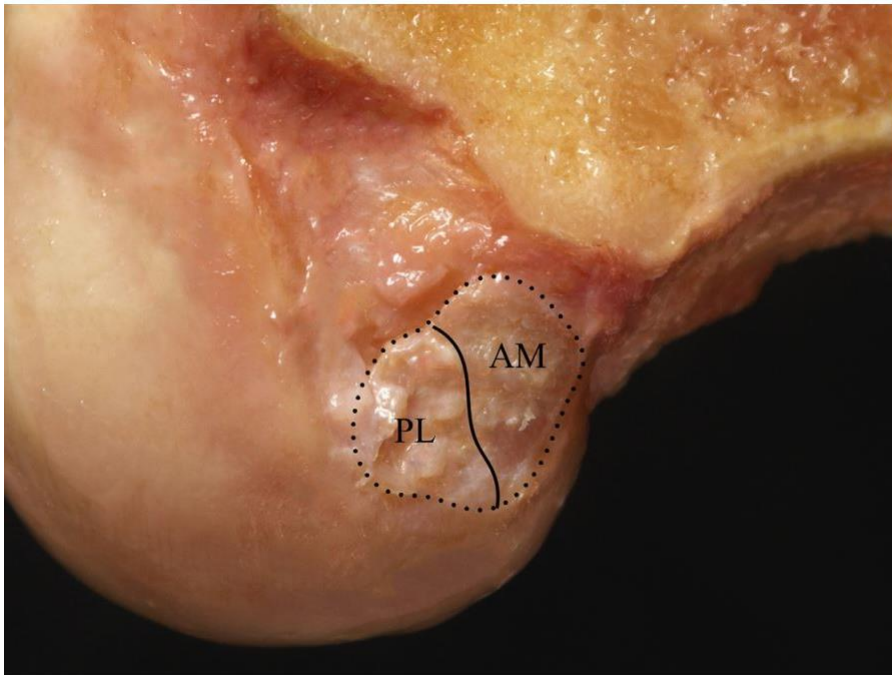


Figura 3 sitio de insercion tibial

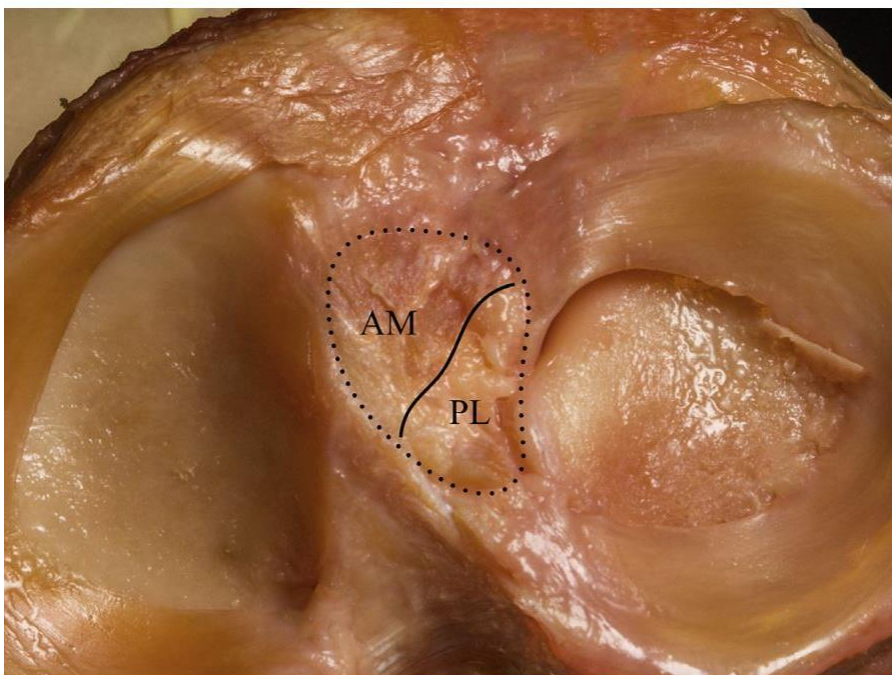
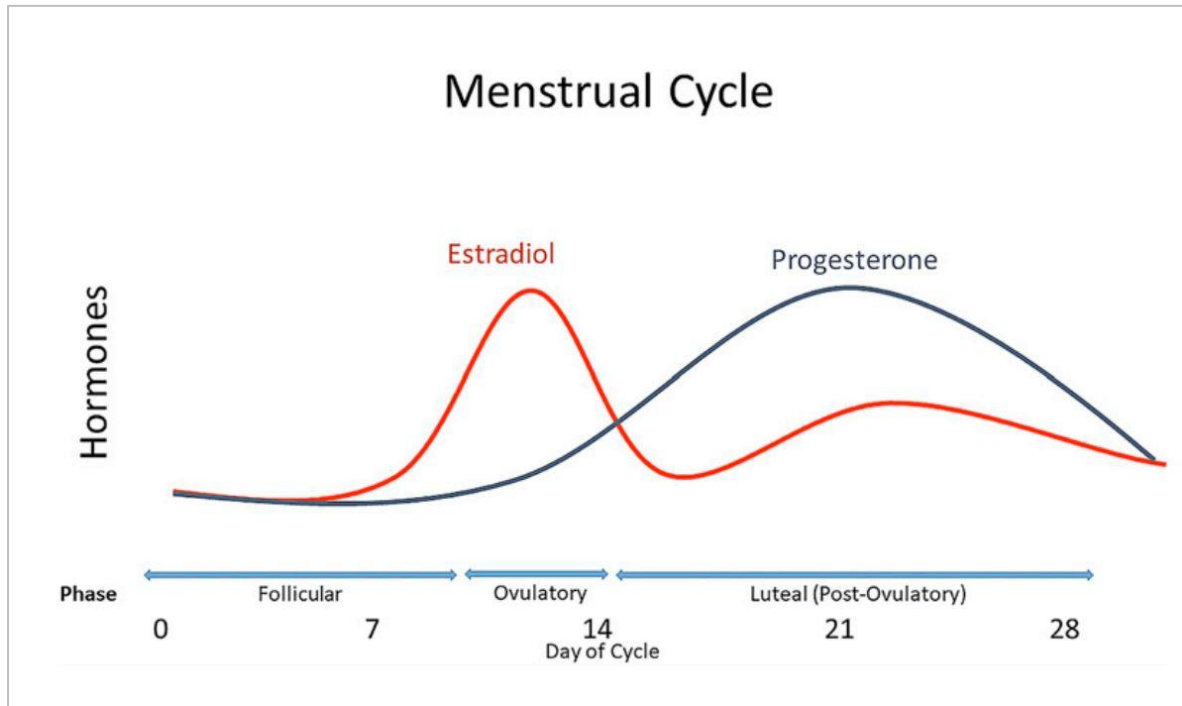


Figura 4 Ciclo Menstrual



CONCLUSION

Se destacó la influencia de diversos factores anatómicos, biomecánicos y hormonales en el riesgo de lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA), en mujeres. Se analizaron las características anatómicas, como una menor escotadura femoral y un tamaño más pequeño del LCA, pueden aumentar la susceptibilidad a las lesiones, junto con factores biomecánicos como la contracción excesiva de los cuádriceps y el ángulo Q mayor. Además, las fluctuaciones hormonales durante el ciclo menstrual y su impacto en la laxitud del LCA, lo que podría aumentar el riesgo de lesiones. Aunque algunos estudios sugieren que los anticonceptivos orales podrían ofrecer protección al estabilizar los niveles hormonales, la evidencia no es concluyente y se requiere más investigación para determinar su efectividad en la prevención de lesiones del LCA.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Petersen W, Tillmann B. Anatomy and function of the anterior cruciate ligament. *Der Orthopade* 2002;31(8):710–8 [in German].

2. Petersen, W., Tillmann, B. Structure and vascularization of the cruciate ligaments of the human knee joint. *Anat Embryol* 200, 325–334 (1999). <https://doi.org/10.1007/s004290050283>
3. Zantop, T., Petersen, W., Sekiya, J. K., Musahl, V., & Fu, F. H. (2006). Anterior cruciate ligament anatomy and function relating to anatomical reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14(10), 982–992. doi:10.1007/s00167-006-0076-z
4. Hassebrock JD, Gulbrandsen MT, Asprey WL, Makovicka JL, Chhabra A. Knee Ligament Anatomy and Biomechanics. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2020 Sep;28(3):80-86. doi: 10.1097/JSA.0000000000000279. PMID: 32740458
5. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 1985 Feb;67(2):257-62. PMID: 3968118.
6. Mochizuki T, Muneta T, Nagase T, et al. Cadaveric knee observation study for describing anatomic femoral tunnel placement for two-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2006;22(4):356–61
7. Siebold, R., Schuhmacher, P., Fernandez, F., Śmigielski, R., Fink, C., Brehmer, A., & Kirsch, J. (2014). Flat midsubstance of the anterior cruciate ligament with tibial “C”-shaped insertion site. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(11), 3136–3142. doi:10.1007/s00167-014-3058-6
8. Arnoczky SP. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res* 1983;(172):19–25
9. KENNEDY, JOHN C.; WEINBERG, HOWARD W.; WILSON, ANDREW S.. The Anatomy and Function of the Anterior Cruciate Ligament: AS DETERMINED BY CLINICAL AND MORPHOLOGICAL STUDIES. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 56(2):p 223-235, March 1974.
10. Markatos K, Kaseta MK, Lалlos SN, Korres DS, Efstathopoulos N. The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2013 Oct;23(7):747-52. doi: 10.1007/s00590-012-1079-8. Epub 2012 Sep 22. PMID: 23412211.



11. Gabriel MT, Wong EK, Woo SL, Yagi M, Debski RE. Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J Orthop Res.* 2004 Jan;22(1):85-9. doi: 10.1016/S0736-0266(03)00133-5. PMID: 14656664.
12. Siegel L, Vandenakker-Albanese C, Siegel D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management. *Clin J Sport Med.* 2012 Jul;22(4):349-55. doi: 10.1097/JSM.0b013e3182580cd0. PMID: 22695402.
13. Zamora Muñoz, Paola Maritza & Miranda, Angel. (2012). Ruptura de ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas. *Anales Médicos de la Asociación Médica del Centro Médico ABC.* 57. 93-97
14. Morales-Avalos, R., Torres-González, E. M., Padilla-Medina, J. R., & Monllau, J. C. (2023). Anatomía del LCA: ¿queda algo por aprender? *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología.* <https://doi.org/10.1016/j.recot.2024.03.009>.
15. De la Fuente, M. A., López, A. N., Del Valle, A. S., & González, O. M. G. M. (2019). Análisis del efecto del «Prevent Injury and Enhance Performance Program» en jugadoras de fútbol femenino. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte,* 0(Avance Online). <https://doi.org/10.33155/j.ramd.2019.01.006>
16. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy.* 2007 Dec;23(12):1320-1325.e6. doi: 10.1016/j.arthro.2007.07.003. PMID: 18063176.
17. Myklebust, G., Engebretsen, L., Brækken, I. H., Skjølberg, A., Olsen, O.-E., & Bahr, R. (2003). Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Team Handball Players: A Prospective Intervention Study Over Three Seasons. *Clinical Journal of Sport Medicine,* 13(2), 71–78. doi:10.1097/00042752-200303000-00002
18. Huston, Laura & Greenfield, Mary Lou & Wojtyts, Edward. (2000). Anterior Cruciate Ligament Injuries in the Female Athlete: Potential Risk Factors. *Clinical orthopaedics and related research.* 372. 50-63. 10.1097/00003086-200003000-00007.



19. Dienst M, Burks RT, Greis PE. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am.* 2002 Oct;33(4):605-20, v. doi: 10.1016/s0030-5898(02)00010-x. PMID: 12528904.
20. Hashemi J, Chandrashekar N, Mansouri H, et al. Shallow medial tibial plateau and steep medial and lateral tibial slopes: new risk factors for anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 2010;38(1):54–62
21. Lipps DB, Wilson AM, Ashton-Miller JA, Wojtys EM. Evaluation of different methods for measuring lateral tibial slope using magnetic resonance imaging. *Am J Sports Med.* 2012;40(12):2731–2736
22. Shultz, S. J., Schmitz, R. J., Kulas, A. S., Labban, J. D., & Wang, H.-M. (2022). Quadriceps muscle volume positively contributes to ACL volume. *Journal of Orthopaedic Research, 40(1)*, 268–276. <https://doi.org/10.1002/jor.24989>
23. Mancino F, Kayani B, Gabr A, Fontalis A, Plastow R, Haddad FS. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: risk factors and strategies for prevention. *Bone Jt Open.* 2024;5(2):94-100. doi:10.1302/2633-1462.52.BJO-2023-0166
24. Sutton KM, Bullock JM. Anterior cruciate ligament rupture: differences between males and females. *J Am Acad Orthop Surg.* 2013;21(1):41–50.
25. Koga H, Bahr R, Myklebust G, Engebretsen L, Grund T, Krosshaug T. Estimating anterior tibial translation from model-based image-matching of A noncontact anterior cruciate ligament injury in professional football: A case report. *Clin J Sport Med.* 2011;21(3):271–274.
26. Koga H, Nakamae A, Shima Y, et al. Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *Am J Sports Med.* 2010;38(11):2218–2225.
27. Stockton DJ, Schmidt AM, Yung A, et al. Tibiofemoral contact and alignment in patients with anterior cruciate ligament rupture treated



- nonoperatively versus reconstruction: an upright, open MRI study. *Bone Joint J.* 2021;103-B(9):1505–1513.
28. Mohamed EE, Useh U, Mtshali BF. Q-angle, Pelvic width, and Intercondylar notch width as predictors of knee injuries in women soccer players in South Africa. *Afr Health Sci.* 2012 Jun;12(2):174-80. doi: 10.4314/ahs.v12i2.15. PMID: 23056024; PMCID: PMC3462540.
29. Moriceau, J., Fevre, A., Domínguez-Balmaseda, D., González-de-la-Flor, Á., Simón-Areces, J., & García-Pérez-de-Sevilla, G. (2022). The influence of the menstrual cycle and oral contraceptives on knee laxity or anterior cruciate ligament injury risk: A systematic review. *Applied Sciences*, 12(12627). <https://doi.org/10.3390/app122412627>
30. Maruyama, S., Yamazaki, T., Sato, Y., Suzuki, Y., Shimizu, S., Ikezu, M., Kaneko, F., Matsuzawa, K., Hirabayashi, R., & Edama, M. (2021). Relationship Between Anterior Knee Laxity and General Joint Laxity During the Menstrual Cycle. *Orthopaedic Journal Of Sports Medicine*, 9(3), 232596712199304. <https://doi.org/10.1177/2325967121993045>
31. Yu WD, Panossian V, Hatch JD, Liu SH, Finerman GA. Combined effects of estrogen and progesterone on the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;383:268-281.
32. ARYNIARZ, D. A., BHARGAVA, M., LAJAM, C., ATTIA, E. T., & HANNAFIN, J. A. (2006). QUANTITATION OF ESTROGEN RECEPTORS AND RELAXIN BINDING IN HUMAN ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT FIBROBLASTS. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Animal*, 42(7), 176. doi:10.1290/0512089.1
33. Konopka JA, DeBaun MR, Chang W, Dragoo JL. The Intracellular Effect of Relaxin on Female Anterior Cruciate Ligament Cells. *Am J Sports Med.* 2016 Sep;44(9):2384-92. doi: 10.1177/0363546516646374. Epub 2016 May 31. PMID: 27245459.
34. Martineau PA, Al-Jassir F, Lenczner E, Burman ML. Effect of the oral contraceptive pill on ligamentous laxity. *Clin J Sport Med.* 2004 Sep;14(5):281-6. doi: 10.1097/00042752-200409000-00006. PMID: 15377967.
35. Konopka JA, Hsue LJ, Dragoo JL. Effect of Oral Contraceptives on Soft Tissue Injury Risk, Soft Tissue Laxity, and Muscle Strength: A Systematic Review of the Literature. *Orthop J Sports Med.*



- 2019 Mar 22;7(3):2325967119831061. doi: 10.1177/2325967119831061. PMID: 30923726; PMCID: PMC6431771.
36. Römer, C., Czupajllo, J., Wolfarth, B., Lerchbaumer, M. H., & Legerlotz, K. (2022). Effects of orally administered hormonal contraceptives on the musculoskeletal system of healthy premenopausal women—A systematic review. *Health Science Reports*, 5(e776). <https://doi.org/10.1002/hsr2.776>
37. Rahr-Wagner L, Thillemann TM, Mehnert F, Pedersen AB, Lind M. Is the use of oral contraceptives associated with operatively treated anterior cruciate ligament injury? A case-control study from the Danish Knee Ligament Reconstruction Registry. *Am J Sports Med*. 2014 Dec;42(12):2897-905. doi: 10.1177/0363546514557240. PMID: 25428957.
38. Lee H, Petrofsky JS, Daher N, Berk L, Laymon M. Differences in anterior cruciate ligament elasticity and force for knee flexion in women: oral contraceptive users versus non-oral contraceptive users. *Eur J Appl Physiol*. 2014 Feb;114(2):285-94. doi: 10.1007/s00421-013-2771-z. Epub 2013 Nov 17. PMID: 24240566.
39. Khowailed IA, Petrofsky J, Lohman E, Daher N, Mohamed O. 17 β -Estradiol Induced Effects on Anterior Cruciate Ligament Laxness and Neuromuscular Activation Patterns in Female Runners. *J Womens Health (Larchmt)*. 2015 Aug;24(8):670-80. doi: 10.1089/jwh.2014.5184. Epub 2015 Jul 13. PMID: 26167943.
40. GRAY, A. M., GUGALA, Z., & BAILLARGEON, J. G. (2016). Effects of Oral Contraceptive Use on Anterior Cruciate Ligament Injury Epidemiology. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(4), 648–654. doi:10.1249/mss.000000000000008
41. Steven F. DeFroda, Steven L. Bokshan, Samatha Worobey, Lauren Ready, Alan H. Daniels & Brett D. Owens (2019): Oral contraceptives provide protection against anterior cruciate ligament tears: a national database study of 165,748 female patients, *The Physician and Sportsmedicine*, DOI: 10.1080/00913847.2019.1600334
42. Herzog, M.M., Young, J.C., Lund, J.L. *et al.* Oral contraceptive use and anterior cruciate ligament injury: comparison of active comparator new user cohort and case-control study designs. *Inj. Epidemiol.* 7, 53 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40621-020-00282-x>



43. Konopka, J.A., Hsue, L., Chang, W., Thio, T., & Dragoo, J.L. (2020). The Effect of Oral Contraceptive Hormones on Anterior Cruciate Ligament Strength. *The American Journal of Sports Medicine*, 48(1), 85-92. doi: 10.1177/0363546519887167.
44. Ammerman, B., Cheng, J., Ling, D., & Casey, E. (2021). Type of oral contraceptive pills in patients with complete ACL tears: A retrospective study. *Penn State Journal of Medicine*, 2(Fall Edition). doi: 10.26209/psjm62404
45. White L, Losciale JM, Squier K, Guy S, Scott A, Prior JC, Whittaker JL. Combined hormonal contraceptive use is not protective against musculoskeletal conditions or injuries: a systematic review with data from 5 million females. *Br J Sports Med*. 2023 Sep;57(18):1195-1202. doi: 10.1136/bjsports-2022-106519. Epub 2023 May 24. PMID: 37225254.

