

RELACIÓN ENTRE EL CICLO MENSTRUAL Y EL RIESGO DE LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN MUJERES DEPORTISTAS

**GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y DEL DEPORTE**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: Belén Hernández Navarro y Carmen Rodríguez Monedero

Grupo TFG: Mix61

Año Académico: 2022-2023

Tutor/a: Marta Eulalia Blanco García

Área: Revisión bibliográfica

Resumen

La lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) es muy común en deportistas. Ocurre principalmente durante la práctica deportiva al detenerse o cambiar de dirección de forma de repentina, saltar y aterrizar. La prevalencia de lesión del LCA en mujeres es de 2 a 10 veces mayor que en hombres. El 70% de ellas ocurren en situaciones sin contacto. Se ha observado que existe una relación entre las lesiones del LCA y el ciclo menstrual de las mujeres, registrándose un mayor número de ellas durante la fase ovulatoria. Por tanto, la finalidad de esta revisión es investigar sobre la relación entre el ciclo menstrual y el riesgo de lesión del LCA en deportistas, analizar las hormonas del ciclo menstrual y su influencia en la lesión del LCA y en la laxitud de la rodilla.

Finalmente, se demostrará que existen factores de riesgo relacionados con la lesión del LCA y el ciclo menstrual, pero se concluye que la naturaleza de la lesión es multifactorial. Se proponen investigaciones futuras para el estudio de los factores de riesgo como un conjunto y no de manera aislada.

Palabras clave: ligamento cruzado anterior, ciclo menstrual, mujeres, deportistas, lesión.

Abstract

Anterior cruciate ligament (ACL) injury is very common in athletes. It occurs mainly during sports practice when stopping or changing direction, jumping, and landing. The prevalence of ACL injuries in women is 2 to 10 times higher than in men. Seventy percent of them occur in non-contact situations. It has been observed that there is a relationship between ACL injuries and the menstrual cycle in women, with a higher number of injuries occurring during the ovulatory phase. Therefore, the purpose of this review is to investigate the relationship between the menstrual cycle and the risk of ACL injury in athletes, to analyze the hormones of the menstrual cycle and their influence on ACL injury and knee laxity.

Finally, it will be demonstrated that there are risk factors related to ACL injury and menstrual cycle, but it can be concluded that the nature of ACL injuries is dependent on multiple factors. It is suggested for future research to examine all risk factors as a whole and not in isolation.

Key words: anterior cruciate ligament, menstrual cycle, women, athletes, injury.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.2. El ciclo menstrual.....	7
1.3. Características anatómicas y biomecánicas particulares de la rodilla de la mujer.	10
2. OBJETIVOS	11
3. METODOLOGÍA	12
3.1. Diseño.....	12
3.2. Estrategia de búsqueda.....	12
3.3. Criterios de selección	12
3.4. Diagrama de flujo	13
4. DISCUSIÓN	14
5. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN	17
6. CONCLUSIONES	18
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	20
8. ANEXOS	24
8.1. Cuadro resumen artículos empleados.....	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	24
----------------------	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	6
Figura 2	10

1. INTRODUCCIÓN

El ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las estructuras anatómicas más lesionadas en la mujer deportista (Rochcongar, 2014). Esto es debido a causas multifactoriales, pudiendo clasificar los factores de riesgo en: ambientales, anatómicos, hormonales, biomecánicos, y psicológicos (Llorens et al., 2017 y Zaffagnini, 2015).

Se propone una revisión bibliográfica con la finalidad de buscar la relación entre el ciclo menstrual y el riesgo de lesión en el ligamento cruzado anterior, poniendo el foco de atención en los factores anatómicos y hormonales.

1.1. El ligamento cruzado anterior

El ligamento cruzado anterior (LCA) es uno de los principales ligamentos estabilizadores intracapsulares de la articulación de la rodilla (Silvers y Mandelbaum, 2007). Esta articulación intermedia del miembro inferior, de tipo troclear, tiene como función principal la flexión-extensión del miembro. De manera secundaria, tiene un segundo grado de libertad en el eje longitudinal con movimiento de rotación que únicamente aparece cuando la rodilla está en flexión. Mecánicamente garantiza la estabilidad cuando se encuentra en extensión y también la movilidad del miembro inferior cuando se encuentra flexionada, siendo necesario esto para que haya un buen patrón de movimiento (Kapandji, 2012).

Delmas y Rouviere, (2000) dividen el complejo articular de la rodilla en dos articulaciones: la articulación femorrotuliana, que se encuentra entre la cara rotuliana del fémur y la rótula, y la articulación femorotibial, formada por tibia y cóndilos femorales. Ambas articulaciones comparten una misma cápsula sinovial. Esta cápsula se inserta en la periferia de los cóndilos femorales y tibiales y llega en sentido proximal profundamente al tendón cuadricepsital.

Dentro de la articulación de la rodilla existen diferentes estructuras anatómicas pudiéndolas clasificar en superficies articulares y medios de unión. Las superficies articulares son: extremidad inferior del fémur, extremidad superior de la tibia, meniscos (medial y lateral) y rótula. Por otro lado, los medios de unión

que componen la articulación son: cápsula articular, la membrana sinovial y el sistema ligamentoso.

Dentro del sistema ligamentoso, podemos clasificar los ligamentos en:

- Intracapsulares: Ligamento cruzado anterior (LCA) y Ligamento cruzado posterior (LCP).
- Extracapsulares: Ligamento rotuliano, Ligamento colateral externo (LCE), Ligamento colateral interno (LCI).
- Ligamentos poplíteos: arqueado y oblicuo.
- Ligamento rotuliano y ligamentos menisco-rotulianos (interno y externo).
- Ligamento meniscofemoral posterior.
- Intraarticular: Ligamento yugal.
- Retináculos patelares medial y lateral.

La rodilla presenta estabilidad gracias al sistema ligamentoso. Atendiendo en especial a los ligamentos intracapsulares, estos proporcionan la estabilidad anteroposterior de la articulación, permitiendo a su vez la movilidad de la misma. Se encuentran cruzados entre sí en ambos planos frontal y sagital (Kapandji, 2012). Además, estos son extrasinoviales (Platzer, 2010).

Centrándonos en el LCA, tal y como puede observarse en la Figura 1, éste se inserta inferiormente en el área intercondílea anterior de la tibia. Desde ese punto, el ligamento se dirige a supero posterior y lateralmente, y se fija en una zona de inserción vertical sobre la mitad posterior del cóndilo lateral del fémur (Delmas y Rouviere, 2000). Se encarga de limitar la traslación anterior de la tibia y su rotación interna. Se tensa en extensión y es uno de los frenos en hiperextensión. Durante la flexión, el ligamento actúa y facilita el desplazamiento anterior de los cóndilos femorales (Kapandji, 2012). Además, trabaja conjuntamente con el ligamento cruzado posterior para estabilizar la rodilla durante el movimiento dinámico (Silvers y Mandelbaum, 2007).

Figura 1

Anatomía del ligamento cruzado anterior



Nota. Adaptado de Anatomía de una rodilla normal, MedlinePlus. (https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/8716.htm)

Su etiología más común ocurre durante la práctica deportiva que implica detenerse o cambiar de dirección de forma repentina, saltar y aterrizar. Según diversos autores, como Griffin (2016), la situación con mayor riesgo de sufrir una rotura de LCA sin contacto es la desaceleración producida en situaciones como cambios bruscos de dirección, recortes o en apoyo de la pierna tras un salto. Los principales mecanismos lesionales del LCA en deportistas son traumatismos indirectos, cambios de dirección y ritmo de forma brusca combinados con fuerzas de desaceleración, hiperextensión y rotación. La más común de todas ellas es la rotación del fémur sobre la tibia fija, con pie en contacto, combinada con un valgo excesivo.

1.2. El ciclo menstrual

Según autores, como Silvers y Mandelbaum (2007), las mujeres deportistas tienen una incidencia de lesiones del LCA entre 2 y 10 veces mayor que sus homólogos masculinos. Estudios realizados por Maruyama et al., (2021), Hohmann et al., (2015), Park et al., (2009), Adachi et al., (2007) y Eiling et al., (2006), concuerdan que son las fluctuaciones hormonales femeninas del ciclo menstrual, entre otros factores, una de las principales causantes de esta diferencia entre hombres y mujeres. Estas hormonas influyen en las propiedades mecánicas y fisiológicas del ligamento cruzado anterior aumentando así el riesgo de lesión de este.

Los principales órganos del aparato genital femenino son el útero, los ovarios, las trompas de Falopio y la vagina (Guyton et al., 2006). El útero es un órgano de aproximadamente 7 cm de tamaño en estado de reposo, compuesto por dos capas, el endometrio y el miometrio. El endometrio es un revestimiento mucoso compuesto por tres capas, encargado de proporcionar un entorno adecuado para el desarrollo del feto; el miometrio es una gruesa pared de músculo liso, la cual se expande durante el embarazo proporcionando protección al feto y facilitando la expulsión en el momento del parto (Young et al., 2011).

Bajo la influencia de los estrógenos y la progesterona secretados por los folículos durante el ciclo ovárico, el endometrio sufre cambios cíclicos regulares con el fin de establecer un clima óptimo para la implantación del óvulo fertilizado. Para que esto ocurra, el óvulo fecundado necesita un tejido fácilmente penetrable y muy vascularizado, con un suministro abundante de glucógeno para su nutrición. Si no se produce fecundación, la capa intermedia y superficial del endometrio se descaman con la menstruación. (Young et al., 2011).

Según la U.S. National Library of Medicine. (2017), la menstruación o período, es el sangrado vaginal normal que ocurre como parte del ciclo mensual de la mujer. Para que el ciclo menstrual funcione de una manera correcta tiene que haber un equilibrio entre hormonas en las diferentes fases de la menstruación (Larroy, 2004).

Según Guyton et al., (2006), el sistema hormonal femenino consta de tres grupos de hormonas:

- Una hormona liberadora hipotalámica, la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH gonadotropin-releasing hormone).
- Las hormonas adenohipofisarias, hormona foliculoestimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH), ambas secretadas en respuesta a la hormona liberadora GnRH del hipotálamo.
- Las hormonas ováricas, estrógenos y progesterona, secretadas por los ovarios en respuesta a las dos hormonas sexuales femeninas adenohipofisarias.

Estas diversas hormonas no se producen en cantidades constantes a lo largo del ciclo menstrual femenino, sino que su secreción es muy distinta en las diferentes partes de este.

La irrigación arterial del endometrio influye de manera importante en el ciclo menstrual. Las ramas de las arterias uterinas llegan a través del miometrio y se dividen en dos, las arterias rectas y las arterias espirales. Estas últimas responden a los cambios hormonales del ciclo menstrual, de forma que la interrupción de la secreción de progesterona al final del ciclo hace que se contraigan, provocando una fase isquémica que precede de inmediato a la menstruación (Young et al., 2011). El epitelio endometrial del útero atraviesa un ciclo paralelo, regulado por las hormonas que se secretan durante el ciclo ovárico.

Sutton y Bullock, (2012) dividen el ciclo menstrual (ciclo ovárico) en tres fases:

- **Fase folicular:** días 1 a 9, bajos niveles de progesterona y estrógenos.
- **Fase ovulatoria:** días 10 a 14, precedida por un aumento de estrógeno.
- **Fase lútea:** días 15 a 28, aumento de progesterona y posterior aumento de relaxina.

Por otro lado, el ciclo endometrial definido por Young et al., (2011) consta de dos fases distintas:

- **Fase proliferativa:** El estroma endometrial prolifera aumentando su grosor y vascularización. Esta fase se inicia y mantiene hasta la ovulación gracias a la creciente producción de estrógenos por los folículos ováricos en desarrollo.
- **Fase secretora:** Comienza tras la ovulación, aunque la proliferación del endometrio persiste durante varios días. Se produce un aumento de progesterona por el cuerpo amarillo la cual estimula la producción de una secreción rica en glucógeno y glucoproteínas en las glándulas endometriales. Esta fase tiene como objetivo almacenar nutrientes para el posible óvulo fecundado.

Si no ocurre la implantación de un óvulo fecundado, la producción continua de progesterona resulta inhibida por la hipófisis anterior gracias a un mecanismo de retroalimentación negativa, con supresión de la liberación de LH y consiguiente involución del cuerpo amarillo. En ausencia de progesterona, el endometrio no puede mantenerse y se descama en su mayor parte dando lugar a la menstruación.

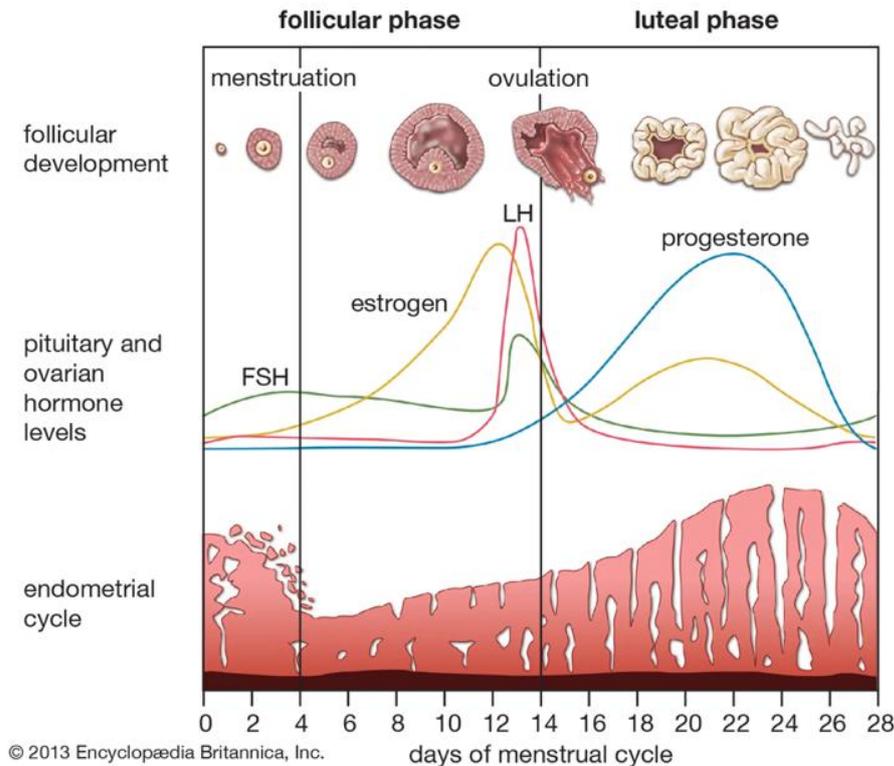
Aunque el proceso de la menstruación representa el punto final del ciclo de cambios endometriales, el primer día de ella también marca el comienzo de una nueva fase de proliferación, reactivando la secreción de FSH y estrógenos. La duración media de la menstruación es de 5 días; la fase proliferativa continúa hasta el día 14, momento en el que se produce la ovulación y se inicia la fase secretora. Esta última culmina al comienzo de la menstruación hacia el día 28.

En la figura 2, se pueden observar los diferentes cambios hormonales mencionados en las diferentes fases del ciclo menstrual.

Figura 2

Fases del ciclo menstrual y sus diferentes cambios hormonales

The menstrual cycle



Nota. Adaptado de Menstrual cycle, Encyclopedia Britannica. (<https://www.britannica.com/science/menstrual-cycle>)

1.3. Características anatómicas y biomecánicas particulares de la rodilla de la mujer.

Según Llorens et al., (2017), las diferencias anatómicas entre el hombre y la mujer pueden ser un factor contribuyente para incrementar el riesgo de lesión del LCA. Autores como Sutton y Bullock, (2012) califican estos factores como intrínsecos no modificables exclusivos de las mujeres. A continuación, Sutton y Bullock, (2012) y Llorens et al., (2017) exponen las características anatómicas y biomecánicas particulares de la rodilla de la mujer:

- **Mayor ángulo Q:** Delmas y Rouviere, (2000) describen el ángulo Q como el ángulo formado entre el fémur y la tibia. Este ángulo es de 2,7° a 5,8° mayor en las mujeres que en los hombres en posición supina, y de 3,4° a

4,9° mayor en las mujeres en bipedestación (Sutton y Bullock, 2012). Llorens et al., (2017) describen que el valor normal de este ángulo se sitúa en 8-17°. Este aumento en la mujer es debido a que generalmente la pelvis de la mujer es más ancha y el fémur más corto. Esto conlleva a que se produzca un aumento del estrés medial sobre los ligamentos de la rodilla además de una tracción más tardía del cuádriceps en la rodilla, lo que puede colocar el LCA en una posición en la que es más propenso a la rotura, incrementando el factor de riesgo de lesión del LCA.

- **Menor área transversal del LCA:** A igualdad de peso corporal, el LCA es más pequeño en las mujeres que en los hombres, lo que conlleva a ser factor de riesgo lesional.
- **Menor diámetro de la escotadura intercondílea:** Esta característica anatómica de la rodilla de la mujer no ha demostrado diferencias en el riesgo de lesión del LCA.
- **Mayor proporción de masa de cuádriceps con respecto a los isquiotibiales:** Esta descompensación generalizada de la musculatura en la mujer entre agonista y antagonista supone un factor de riesgo añadido a la lesión del LCA.
- **Mayor verticalidad en el aterrizaje:** En comparación con los hombres, las mujeres aterrizan con una posición más erguida, lo que somete a la articulación de la rodilla a fuerzas que las ponen en riesgo de traslación tibial anterior.
- **Mayor inclinación tibial:** Un aumento de la inclinación tibial posterior coloca la tibia más anterior en relación con el fémur durante la contracción del cuádriceps, lo que puede dar lugar a una mayor tensión en el LCA.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta revisión es investigar la relación entre el ciclo menstrual y el riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas.

Como objetivos secundarios se proponen:

1. Analizar las diferentes hormonas del ciclo menstrual y observar cómo influyen en la lesión del ligamento cruzado anterior.
2. Estudiar las influencias del ciclo menstrual en la laxitud de la rodilla.

3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño

Se realizó una revisión sistemática de los estudios científicos obtenidos de las bases de datos científicas sobre el ciclo menstrual y su impacto en las lesiones del ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas.

3.2. Estrategia de búsqueda

Para la elaboración de esta revisión se consultaron las bases de datos Academic Search Ultimate, SPORTDiscus with Full Text, Rehabilitation & Sports Medicine Source y MEDLINE Complete.

La búsqueda inicial se basó en las siguientes palabras clave: menstrual cycle, menstruation, menses, acl injury, anterior cruciate ligament injury, acl tear, anterior cruciate ligament tear, acl ruptura, athletes.

Utilizando las palabras clave se empleó la siguiente ecuación de búsqueda: (menstrual cycle or menstruation or menses) AND (acl injury or anterior cruciate ligament injury or acl tear or anterior cruciate ligament tear or acl ruptura) AND (athletes) NOT (systematic review or meta-analysis).

3.3. Criterios de selección

Se aplicaron como criterios de selección los siguientes aspectos:

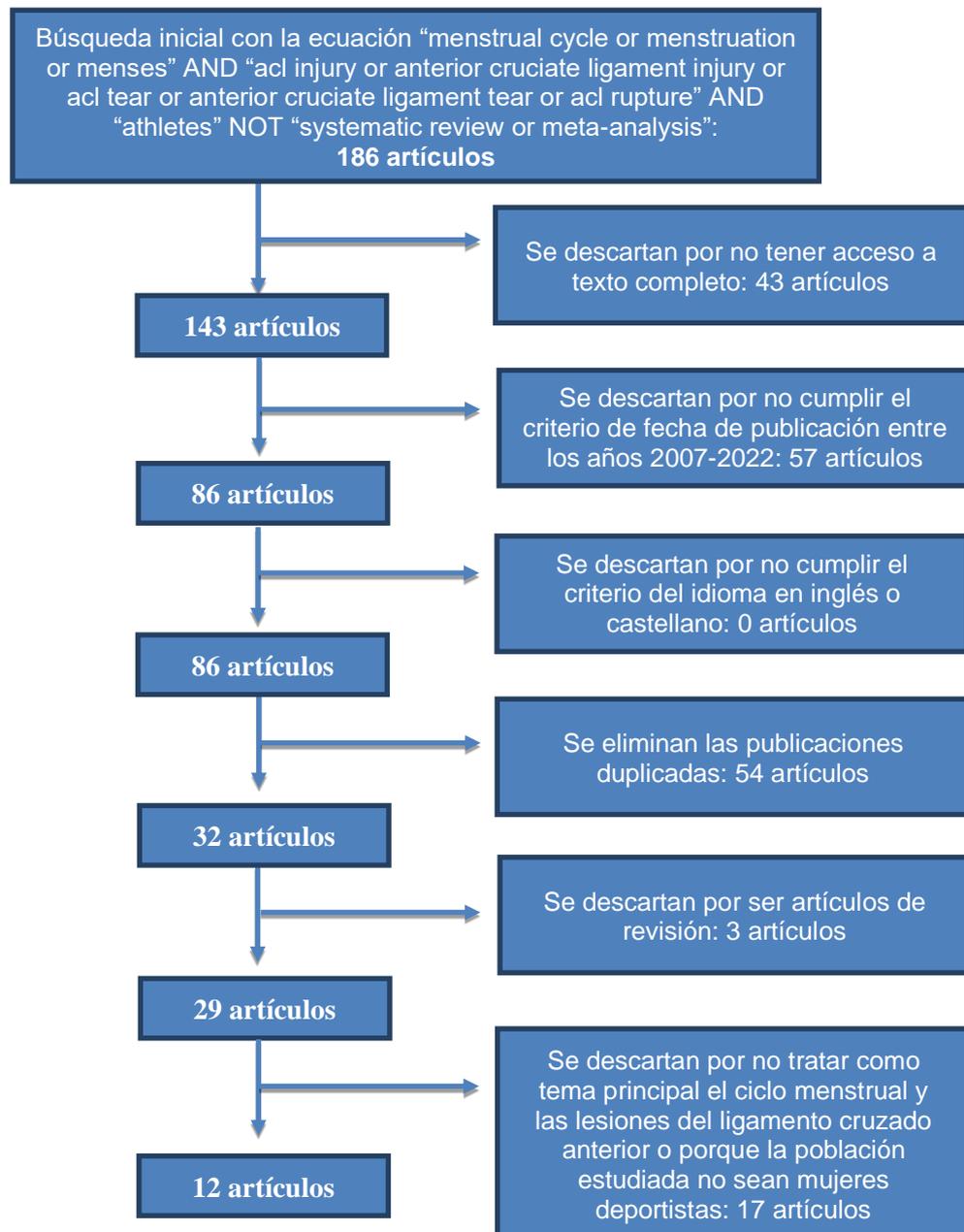
- Se seleccionaron artículos publicados a texto completo.
- Se seleccionaron artículos cuyo año de publicación fuese entre 2007 y 2022.
- Se seleccionaron artículos en inglés o en castellano.
- Los artículos seleccionados debían tratar como tema principal el ciclo menstrual y las lesiones del ligamento cruzado anterior.

- Se seleccionaron artículos cuya población estudiada fueran mujeres deportistas.

3.4. Diagrama de flujo

Figura 2

Diagrama de flujo de la revisión “Relación entre el ciclo menstrual y el riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior en deportistas”



Nota. Elaboración propia.

4. DISCUSIÓN

Tras revisar la bibliografía estudiada, en esta revisión nos centraremos en estudiar la lesión del ligamento cruzado anterior, el ciclo menstrual y la relación entre ambos.

Autores como Eiling et al., (2006) exponen que el ligamento cruzado anterior es la principal estructura de restricción pasiva a la traslación tibial anterior de la tibia sobre el fémur. Es la musculatura la encargada de estabilizar de manera activa la articulación en carga, protegiendo a esta de lesiones musculoesqueléticas.

La evidencia científica estudiada indica que las mujeres tienen de 2 a 8 veces mayor riesgo de lesión de ligamento cruzado anterior (Dragoo et al., 2011, Eiling et al., 2006, Hohmann et al., 2015, Park et al., 2009b y Stijak et al., 2014). El 70% de las lesiones de LCA en mujeres ocurren en situaciones sin contacto (Dragoo et al., 201, Hohmann et al., 2015).

El mecanismo lesional observado más frecuente, en un 80% de las lesiones, se produce en situaciones sin contacto con una gran frenada, la tibia en rotación interna y la rodilla en flexión entre 20° y extensión completa (Eiling et al., 2006).

En estudios realizados por autores como Hohmann et al., (2015), Eiling et al., (2006) y Adachi et al., (2007), se ha observado que este alto porcentaje de lesión del LCA sin contacto en mujeres deportistas no se debe a un solo factor en concreto si no que se trata de causas multifactoriales, que deben de atenderse de manera conjunta.

Existen diversos factores de riesgo que influyen en la lesión del ligamento cruzado anterior de la mujer. Entre ellos están las características anatómicas particulares descritas anteriormente en esta revisión, las cuales son intrínsecas en las mujeres y se deben de tener en cuenta a la hora de estudiar dicha lesión. Además, cabe destacar las hormonas y el ciclo menstrual femenino ya que juegan un rol muy importante en la estructura tisular del LCA (Maruyama et al., 2021).

En cuanto a la relación entre el ciclo menstrual y la estructura tisular del LCA, autores como Maruyama et al., (2021), Stijak et al., (2014) y Adachi et al., (2007) han informado de la presencia de receptores de estrógeno y progesterona en el ligamento cruzado anterior. Abt et al., (2007) argumentan en su investigación que las características neuromusculares y biomecánicas de la articulación pueden ser influenciadas por la variación de las hormonas sexuales entre las fases del ciclo menstrual. Las hormonas sexuales principales estudiadas en esta revisión son el estradiol y la progesterona. El ciclo menstrual está controlado principalmente por las fluctuaciones cíclicas de estas dos hormonas y se clasifica principalmente en 3 fases: folicular, ovulatoria y lútea (Maruyama et al., 2021).

Se ha observado que las concentraciones de estas hormonas varían dependiendo de la fase del ciclo menstrual en la que se encuentre la mujer. Los niveles más bajos de estradiol y progesterona se han encontrado en la fase folicular (días 1-9) (Park et al., 2009b). Conforme avanzan los días del ciclo, durante la fase ovulatoria (días 10-14), se produce un aumento de estrógenos hasta llegar a sus niveles máximos al final de esta fase. En torno al día 14 del ciclo, tiene lugar la ovulación, suceso en el cual los niveles de estrógenos caen de forma brusca. Posterior a la ovulación, comienza la fase lútea (días 15-28), que se caracteriza por un aumento progresivo de progesterona hasta aproximadamente mitad de fase (fase lútea media). También se produce un aumento de estradiol durante esta fase pero en menor medida que la progesterona. Finalmente, el ciclo menstrual da lugar a la menstruación, la cual se produce aproximadamente en torno al día 28, acontecimiento en el cual los niveles hormonales tanto de estradiol como de progesterona bajan en gran medida (Abt et al., 2007 y Eiling et al., 2006). Con todo ello, según Maruyama et al., (2021), los efectos de las hormonas femeninas pueden jugar un rol importante en las lesiones de ACL.

Después de haber revisado la literatura de esta revisión, se puede observar que diversas investigaciones concuerdan que la fase ovulatoria registra un mayor porcentaje de lesiones (Adachi et al., 2007, Hohmann et al., 2015, Maruyama et al., 2021, Park et al., 2009a, Shultz et al., 2009, Stijak et al., 2014 y Tourville et

al., 2016). Este aumento se debe a que en esta fase se registran mayores concentraciones de estradiol (Eiling et al., 2006 y Park et al., 2009a), así como también de la hormona LH (Eiling et al., 2006 y Shultz et al., 2009), lo que puede conllevar a una mayor laxitud de la articulación (Maruyama et al., 2021, Park et al., 2009^a y Park et al., 2009b). La laxitud ligamentosa de la rodilla se define como la diferencia de desplazamiento de más de 3-5 mm en la articulación (Shafiei et al., 2016).

Dragoo et al., (2011) analizan la hormona relaxina y su influencia en el LCA. La relaxina, hormona peptídica de la familia de la insulina, la cual posee efectos colagenolíticos, es la principal encargada de las variaciones en la laxitud de los ligamentos. En su estudio, han identificado receptores de relaxina en el LCA y han demostrado que altas concentraciones de esta hormona alteran la estructura y la integridad del colágeno del ligamento, disminuyendo su consistencia y debilitándolo. Este hallazgo concuerda con el realizado por Eiling et al., (2006), el cual expone que la formación disminuida del colágeno se ha observado con las concentraciones crecientes de estradiol. Además, Stijak et al., (2014) relatan que, al producirse la disminución de colágeno, se produce un aumento en la laxitud anterior de la rodilla incrementando así el riesgo de lesión del LCA.

Durante una acción de aterrizaje, la función del LCA se relaciona directamente con la aceleración tibial máxima. Hohmann et al., (2015) definen la aceleración tibial como un indicador para la estabilidad dinámica de la rodilla y el estrés articular. Esta se trata de la atenuación del choque tibial ante la carga de la articulación, es decir, el LCA se tensiona para limitar que la tibia se desplace hacia anterior. Un tiempo de aceleración tibial máxima corto indica un buen control neuromuscular con preactivación de los músculos de las extremidades inferiores anticipando el impacto del aterrizaje. En sus estudios, Hohmann et al., (2015) han demostrado que las fluctuaciones de estrógeno en mujeres tienen un efecto significativo en la aceleración tibial durante el ciclo menstrual, debido a que, a mayores concentraciones de estrógeno, mayor aceleración tibial. Como consecuencia, los sujetos femeninos tienen menor capacidad de detener la aceleración tibial con rapidez, lo que sugiere menor control neuromuscular que

da como resultado una mayor traslación anterior de la tibia. Esto pone de manifiesto el verdadero aumento del riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior durante la ovulación.

5. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

Debido a la naturaleza multifactorial de la lesión del LCA en mujeres, hay que analizar todos los factores de riesgo en conjunto. Diversas investigaciones concuerdan que no existen relaciones significativas atendiendo a un solo factor de riesgo y la lesión del ligamento cruzado anterior, por lo que se propone para futuras investigaciones el análisis completo de todos los factores de riesgo que influyen en la lesión.

La evidencia científica estudiada ha recogido sujetos cuyos ciclos menstruales eran regulares, por lo que se sugiere la investigación de las mujeres con perfil hormonal oligomenorreico o amenorreico, los cuales se caracterizan por presentar irregularidades en el mismo. Atendiendo a esto último, esta irregularidad del ciclo puede ser por un desajuste hormonal causado por algún tipo de patología o problema intestinal los cuales si no hay una correcta homeostasis de la microbiota, las hormonas pueden estar alteradas o incluso puede ser inexistente el sangrado en el ciclo.

Futuras investigaciones deberían incluir el análisis y reproducibilidad de las gonadotropinas. Estas hormonas se secretan en la hipófisis y son las responsables del control de la ovulación y la secreción de esteroides sexuales como son la hormona LH y la hormona FSH. El estudio de las gonadotropinas puede proporcionar un análisis más exhaustivo de la lesión del LCA ya que al igual que el resto de las hormonas estudiadas en esta revisión son de gran relevancia en el estudio de la relación entre el ciclo menstrual y la lesión del ligamento cruzado anterior.

Algunos estudios sugieren que los síntomas premenstruales y menstruales afectan al rendimiento y al control neuromuscular. Sin embargo, pocos han investigado las influencias de estos síntomas en las lesiones del LCA sin

contacto. Por tanto, una futura investigación podría ser indagar sobre las posibles implicaciones que pueden provocar estos síntomas del ciclo menstrual relacionado con el riesgo de lesión del LCA en atletas femeninas.

La bibliografía estudiada expone la relación entre la fase del ciclo menstrual y el porcentaje de lesiones de lesión del LCA. En los estudios analizados en esta revisión, se ha llegado a un consenso el cual la mayor tasa de lesiones se produce durante la fase ovulatoria. Se propone como futura investigación el análisis concreto de cada fase del ciclo para así saber el riesgo de lesión de cada una en concreto de una manera fiable.

Otra futura investigación que se plantea a raíz de esta revisión es la idea de cómo planificar a una deportista teniendo en cuenta el riesgo de lesión intrínseco que poseen dependiendo de las fluctuaciones hormonales que presenten, además de las propias características anatómicas y biomecánicas. Se debe tener en cuenta en qué fase del ciclo menstrual se encuentra, y si es posible llevar un registro de este. Es muy difícil planificar en base a este ciclo debido a que en la mayoría de los casos no es regular al cien por cien y las competiciones suelen tener un calendario que no se ajusta a este ciclo por lo que no se podría planificar estrictamente en base al ciclo menstrual, pero sí tenerlo en cuenta para ver en qué momentos podemos meter más carga que otros y saber el riesgo que estamos asumiendo en cada fase.

6. CONCLUSIONES

En cuanto al objetivo principal, podemos concluir que cada factor perteneciente a las características propias de la mujer que influyen en el ciclo menstrual, de manera individual, pueden no tener un peso importante para afirmar que por sí solos son un factor de riesgo en la lesión del LCA. Es el conjunto de todos los factores lo que conlleva a un aumento del riesgo de manera significativa, pudiendo clasificar esta lesión de naturaleza multifactorial.

Se concluye también que, analizando las hormonas del ciclo menstrual, el aumento de hormonas sexuales en la ovulación (estradiol, progesterona y

relaxina), hace que exista un riesgo importante de lesión del LCA en mujeres. Este suceso conlleva a un ligamento con estructura debilitada en esta fase del ciclo debido a una disminución del colágeno, lo cual hace que se aumente la laxitud en la articulación de la rodilla y por tanto se produzca una mayor aceleración tibial.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abt, J. P., Sell, T. C., Laudner, K. G., McCrory, J. L., Loucks, T. L., Berga, S. L., y Lephart, S. M. (2007). Neuromuscular and biomechanical characteristics do not vary across the menstrual cycle. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 15(7), 901–907. <https://doi.org/10.1007/s00167-007-0302-3>
- Academy of Orthopaedic Surgeons*, 21(1), pp. 41–50. <https://doi.org/10.5435/jaaos-21-01-41>.
- Adachi, N., Nawata, K., Maeta, M., y Kurozawa, Y. (2007). Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 128(5), 473–478. <https://doi.org/10.1007/s00402-007-0461-1>
- Clayton, S. (14 de junio de 2022). *Menstrual cycle*. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/menstrual-cycle>
- Delmas, A. y Rouviere, H. (2000). *Anatomía Humana - Tomo III Miembros 10 Ed.* Masson.
- Dragoo, J. L., Castillo, T. N., Braun, H. J., Ridley, B. A., Kennedy, A. C., y Golish, S. R. (2011). Prospective correlation between serum relaxin concentration and anterior cruciate ligament tears among Elite Collegiate Female Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(10), 2175–2180. <https://doi.org/10.1177/0363546511413378>
- Eiling, E., Bryant, A. L., Petersen, W., Murphy, A., y Hohmann, E. (2006). Effects of menstrual-cycle hormone fluctuations on musculotendinous stiffness and knee joint laxity. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 15(2), 126–132. <https://doi.org/10.1007/s00167-006-0143-5>
- Gallardo, J. L. A. (2014). *Anatomía funcional del aparato locomotor*. Wanceulen.
- Griffin, L. Y., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Bahr, R., Beynon, B. D., Demaio, M., Dick, R. W., Engebretsen, L., Garrett, W. E., Jr, Hannafin, J. A., Hewett,

- T. E., Huston, L. J., Ireland, M. L., Johnson, R. J., Lephart, S., Mandelbaum, B. R., Mann, B. J., Marks, P. H., Marshall, S. W., Yu, B. (2006). Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005: A review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(9), 1512–1532. <https://doi.org/10.1177/0363546506286866>
- Guyton, A. C., Hall, J. E., Zocchi, L., y Aicardi, G. (2006). *Fisiología Medica*. Elsevier.
- Hohmann, E., Bryant, A. L., Livingstone, E., Reaburn, P., Tetsworth, K., y Imhoff, A. (2015). Tibial acceleration profiles during the menstrual cycle in female athletes. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 135(10), 1419–1427. <https://doi.org/10.1007/s00402-015-2283-x>
- Kapandji, A. I. (2012). *Fisiología articular: Tomo 2. Miembro inferior (Nva. Presentación)* (1.ª ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Larroy, C. (2004). *Trastornos específicos de la mujer*. Síntesis.
- Llorens, Á. D. L., Sabater, B. S., Morte, I. M., García, E. M. G., López, S. S., y Guillén, J. F. A. (2017). Rotura del ligamento cruzado anterior en la mujer deportista: factores de riesgo y programas de prevención. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, (181), 288-292.
- Maruyama, S., Yamazaki, T., Sato, Y., Suzuki, Y., Shimizu, S., Ikezu, M., Kaneko, F., Matsuzawa, K., Hirabayashi, R., y 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>
- Park, S.-K., Stefanyshyn, D. J., Ramage, B., Hart, D. A., y Ronsky, J. L. (2009). 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*, 37(6), 1169–1177. <https://doi.org/10.1177/0363546508330146>
- Park, S.-K., Stefanyshyn, D. J., Ramage, B., Hart, D. A., y Ronsky, J. L. (2009). Changing hormone levels during the menstrual cycle affect knee laxity and stiffness in healthy female subjects. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(3), 588–598. <https://doi.org/10.1177/0363546508326713>
- Platzer, W. (2010). *Atlas de anatomía: Tomo 1: Aparato locomotor con correlación clínica* (9.a ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Rochcongar, P. (2014). Lesiones crónicas del aparato locomotor en el deportista. *EMC - Aparato Locomotor*, 47(2), 1–10. [https://doi.org/10.1016/s1286-935x\(14\)67557-2](https://doi.org/10.1016/s1286-935x(14)67557-2)
- Shafiei, S. E., Peyvandi, S., Kariminasab, M. H., Shayesteh Azar, M., Daneshpoor, S. M., Khalilian, A., y Aghajantabar, Z. (2016). Knee laxity variations in the menstrual cycle in female athletes referred to the Orthopedic Clinic. *Asian Journal of Sports Medicine*, 7(4). <https://doi.org/10.5812/asjms.30199>
- Shultz, S. J., Wideman, L., Montgomery, M. M., y Levine, B. J. (2009). Some sex hormone profiles are consistent over time in normal menstruating women: Implications for sports injury epidemiology. *British Journal of Sports Medicine*, 45(9), 735–742. <https://doi.org/10.1136/bjms.2009.064931>
- Silvers, H. J., y Mandelbaum, B. R. (2007). Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 41(Supplement 1), i52–i59. <https://doi.org/10.1136/bjms.2007.037200>
- Stijak, L., Kadija, M., Djulejić, V., Aksić, M., Petronijević, N., Marković, B., Radonjić, V., Bumbaširević, M., y Filipović, B. (2014). The influence of sex hormones on anterior cruciate ligament rupture: Female study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(9), 2742–2749. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3077-3>

- Sutton, K.M. y Bullock, J.M. (2012) “Anterior cruciate ligament rupture: Differences between males and females,” *Journal of the American*
- Tourville, T. W., Shultz, S. J., Vacek, P. M., Knudsen, E. J., Bernstein, I. M., Tourville, K. J., Hardy, D. M., Johnson, R. J., Slauterbeck, J. R., y Beynon, B. D. (2016). Evaluation of an algorithm to predict menstrual-cycle phase at the time of injury. *Journal of Athletic Training*, 51(1), 47–56. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.3.01>
- U.S. National Library of Medicine. (2017). *Menstruation*. MedlinePlus. Recuperado de <https://medlineplus.gov/menstruation.html>
- Vescovi, J. D. (2011). The menstrual cycle and Anterior Cruciate Ligament Injury Risk. *Sports Medicine*, 41(2), 91–101. <https://doi.org/10.2165/11538570-000000000-00000>
- Young, B., Heath, J. W., y Wheeler, P. R. (2011). *Wheater's histología funcional texto y atlas en color*. Elsevier.
- Zaffagnini, S. (2015) “Return to sport after ACL reconstruction: How, when and why? A narrative review of current evidence,” *Joints* [Preprint]. <https://doi.org/10.11138/jts/2015.3.1.025>
- (6 de agosto de 2022). *Anatomía de una rodilla normal*. MedlinePlus https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/8716.htm

8. ANEXOS

8.1. Cuadro resumen artículos empleados

Tabla 1

Cuadro resumen de los artículos estudiados en la revisión

Autor y año	Metodología	Objetivos	Población	Variables	Resultados	Conclusiones
Abt et al., 2007	Observacional	Determinar si los cambios en los niveles de estradiol y progesterona alteraban significativamente la coordinación motora fina, la estabilidad postural, fuerza, cinemática y cinética de la rodilla entre las fases del ciclo menstrual.	10 mujeres sanas activas que no utilizan anticonceptivos orales. Edad: 21,4 ± 1,4 años.	Hormonas: <ul style="list-style-type: none"> • Estradiol • Progesterona 	Los niveles de estradiol fueron significativamente mayores durante las fases postovulatoria y lútea media Los niveles de progesterona fueron significativamente más bajos durante las fases menstrual y postovulatoria.	Las características neuromusculares y biomecánicas no se ven influidas por las fluctuaciones de estradiol y progesterona.
Adachi et al., 2007	Observacional	Acordar si la lesión del LCA se relaciona con alguna fase del ciclo menstrual. Observar si las lesiones del LCA en atletas están determinadas por disfunciones menstruales y premenstruales.	18 deportistas lesionadas del LCA sin contacto. Ciclos menstruales regulares.	Síndromes premenstruales y menstruales. Fases del ciclo menstrual.	- 72% de lesiones ocurren en la fase ovulatoria. - 72% presentaban mínimo signo premenstrual. - 83% padecían dolor abdominal/lumbar y sensibilidad en mamas. Mecanismo lesional: 50% → aterrizaje tras saltar 50% → Desaceleraciones y giros.	La mayoría de las lesiones sin contacto del LCA en deportistas ocurre en la fase ovulatoria. Las hormonas del ciclo menstrual pueden ser un factor clave en la incidencia de lesiones del LCA sin contacto en deportistas adolescentes.

Autor y año	Metodología	Objetivos	Población	Variables	Resultados	Conclusiones
Dragoo et al., 2011	Observacional	Comprobar si altas concentraciones de relaxina sérica (SRC) se relacionan con un mayor riesgo de lesión del LCA.	128 deportistas de riesgo para desgarro del LCA.	Concentración SRC Hormonas: <ul style="list-style-type: none"> • LH • Progesterona 	La incidencia acumulada de desgarro total del LCA fue de 21,9%. SRC media en las atletas: <ul style="list-style-type: none"> • Con desgarro: 6,0-8,1 pg/mL • Sin desgarro: 1,8-3,4 pg/mL. 	Las mujeres con valores altos de SRC tienen 4 veces más riesgo de lesión en el LCA (SRC > 6 pg/mL) La medición de la relaxina es una prueba óptima para determinar factor de riesgo de lesión de LCA en deportistas.
Eiling et al., 2006	Observacional	Analizar los cambios del ciclo menstrual en la rigidez musculo tendinosa (RMT) de los miembros inferiores (MI) y en la laxitud de rodilla. Examinar si hay relación entre el calentamiento y RMT en los MI.	11 deportistas. Edad: 16-18 años No toman anticonceptivos. Presentan ciclos menstruales regulares.	Variaciones en la laxitud de la rodilla y en la rigidez musculo tendinosa de los MI. Variaciones en hormonas séricas: <ul style="list-style-type: none"> • LH • FSH • Estradiol • Progesterona 	La RTM disminuye en la fase de ovulación con relación a la fase folicular y a la menstruación. Es un 4,2% inferior tras realizar un calentamiento. Las mediciones realizadas para la laxitud de la rodilla no mostraron cambios importantes en esta.	Las variaciones de estrógenos a lo largo del ciclo menstrual afectan de manera significativa a la RTM de los MI. Las fluctuaciones de estrógeno no han demostrado cambio en la laxitud anterior de la rodilla.
Hohmann et al., 2015	Observacional	Averiguar el efecto de la variación de los niveles de estrógenos en las diferentes fases del ciclo menstrual sobre la aceleración tibial.	11 deportistas. Edad: 16-18 años	Biomecánica tibial Hormonas: <ul style="list-style-type: none"> • FSH • Estrógeno • Progesterona • LH 	El tiempo hasta llegar a la aceleración tibial máxima cambió en las diferentes fases del ciclo menstrual. El nivel de estrógeno más elevado se da en la ovulación.	El estudio ha demostrado que las fluctuaciones de estrógenos en deportistas afectan a la aceleración tibial.

Autor y año	Metodología	Objetivos	Población	Variables	Resultados	Conclusiones
Maruyama et al., 2021	Observacional	Examinar la relación de la laxitud anterior de la rodilla (LAR), la rigidez y la laxitud articular generalizada (LAG) con respecto al ciclo menstrual.	<p>15 mujeres >20 años con ciclos menstruales normales.</p> <p>Grupo GR (Con Genu recurvatum)</p> <p>Grupo No GR (Sin Genu recurvatum)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • LAR • Rigidez • LAG 	<p>No hubo diferencias significativas en la LAR, la rigidez o LAG entre las fases menstruales.</p> <p>En el grupo GR, los valores de LAR fueron significativamente mayores en la fase de ovulación que en la fase folicular temprana.</p> <p>No hubo diferencias significativas en LAR entre las fases en el grupo no GR.</p> <p>El grupo GR en la fase de ovulación tuvo valores de LAR significativamente más altos en comparación con el grupo no GR.</p> <p>No hubo diferencias significativas en LAG con respecto al ciclo menstrual entre las fases de los grupos GR o no GR.</p>	<p>La fase de ovulación puede estar relacionada con la mayor incidencia de lesiones del LCA en las mujeres.</p> <p>Las mujeres con GR pueden tener un aumento de la LAR en la fase de ovulación en comparación con la fase folicular temprana, lo que puede ser un factor de riesgo de lesión del LCA.</p>

Autor y año	Metodología	Objetivos	Población	Variables	Resultados	Conclusiones
Park et al., 2009	Observacional	Observar si las cargas de la articulación de la rodilla están influenciadas por la laxitud de la articulación de la rodilla (LAR) durante el ciclo menstrual.	26 mujeres.	Mecánica de la articulación de la rodilla.	<p>No se encontraron diferencias significativas en la mecánica de la rodilla a lo largo del ciclo menstrual.</p> <p>Un aumento del LAR se asoció con mayores cargas en la rodilla.</p> <p>Un aumento de 1,3 mm en el LAR dio lugar a un aumento del 30% en la aducción, un aumento del 20% al 45% en las cargas de rotación externa durante una tarea de salto y parada.</p>	Los cambios en el LAR durante el ciclo menstrual modifican la carga de la articulación de la rodilla al movimiento.
Park et al., 2009	Observacional	Observar si la variación de los niveles de estradiol y progesterona durante el ciclo menstrual influye en la laxitud y rigidez de la rodilla.	26 mujeres.	Hormonas: <ul style="list-style-type: none"> • Estradiol • Progesterona Laxitud de rodilla Rigidez	<p>Mayor laxitud durante la ovulación.</p> <p>En pruebas de laxitud de la rodilla con carga máxima manual, mayor laxitud durante la ovulación en comparación con la fase folicular.</p> <p>Reducción de la rigidez de la rodilla de aproximadamente un 17% durante la ovulación.</p>	Los niveles hormonales están relacionados con el aumento de la laxitud de la rodilla y la disminución de la rigidez durante la ovulación.

Autor y año	Metodología	Objetivos	Población	Variables	Resultados	Conclusiones
Shafiei et al., 2016	Observacional	Comparar los cambios de laxitud de la rodilla en el ciclo menstrual en atletas.	40 atletas. Edad: 25,5 ± 5,12 años.	Hormonas: <ul style="list-style-type: none"> • Estrógenos • Progesterona Ratio de laxitud rodilla.	No hay diferencias significativas en la laxitud del LCA entre las tres fases del ciclo menstrual. No existe una relación significativa entre las fases del ciclo menstrual y la laxitud de la rodilla. Las variaciones del nivel hormonal en el ciclo menstrual no tienen ninguna relación significativa con la laxitud del LCA.	No existe ninguna relación entre las hormonas femeninas y la laxitud de la rodilla. La diferencia fundamental en este aspecto reside entre los atletas masculinos y femeninos.
Shultz et al., 2009	Observacional	Examinar de forma prospectiva las concentraciones hormonales diarias durante las fases folicular y lútea tempranas.	60 mujeres sanas y activas con ciclos menstruales regulares.	Hormonas: <ul style="list-style-type: none"> • Estradiol • Testosterona • Progesterona 	Estradiol → 0,56- 0,86 Progesterona → 0,44 a 0,91 testosterona → 0,60 a 0,86 Globulina fijadora de hormonas sexuales → 0,88 a 0,97 Índice de andrógenos libres → 0,78 a 0,9	Los perfiles hormonales fueron reproducibles durante dos meses consecutivos.

Autor y año	Metodología	Objetivos	Población	Variables	Resultados	Conclusiones
Stijak et al., 2014	Observacional	Determinar la diferencia en las concentraciones de testosterona, 17-b estradiol y progesterona entre pacientes femeninas con y sin rotura del LCA y el posible efecto de estas hormonas en la laxitud articular generalizada.	24 mujeres con lesión sin contacto de LCA. Grupo estudio: Mujeres con rotura LCA Grupo control: Mujeres sin rotura del LCA.	Concentración de hormonas sexuales. Laxitud articular generalizada.	Mujeres con rotura del LCA respecto a las sin rotura presentan concentraciones más bajas de testosterona, estradiol y progesterona.	La disminución de las concentraciones de estas hormonas puede ser un factor de riesgo que conduce a la ruptura del LCA. Las concentraciones de estas hormonas no afectan a la laxitud articular generalizada.
Tourville et al., 2016	Observacional	Valorar la exactitud de un algoritmo para clasificar retrospectivamente la fase preovulatoria del ciclo menstrual (CM) en el momento de la lesión simulada en función de la progesterona en la saliva e historial del CM.	30 deportistas universitarias. Edad: 18-24 años.	<ul style="list-style-type: none"> • Hormona LH • Suero P4 Fases del ciclo menstrual o fechas de menstruación auto-informadas.	El 45% tenían ciclos anovulatorios. Dentro de las mujeres que no eran anovulatorias: <ul style="list-style-type: none"> - 74% de las lesiones ocurrieron preovulatorias. - 26% de las lesiones fueron en fase postovulatoria. La P4 media en la saliva fue mayor en la fase postovulatoria comparadas con muestras de la fase preovulatoria.	Los resultados obtenidos demuestran que los sistemas que clasifican los CM aún no son muy precisos para poblaciones con un gran número de ciclos anovulatorios.

Nota. Elaboración propia.