

# **ASOCIACIÓN ENTRE EL CICLO MENSTRUAL Y EL RIESGO DE LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN DEPORTES COLECTIVOS**

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

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



Realizado por: Javier Broch Michavila

Nº Expediente:

Grupo TFG: Mix 61

Año Académico: 2021-2022

Tutor/a: Susana Moral

Área: Revisión bibliográfica

## Resumen

Las lesiones del LCA ocurren con más frecuencia en deportes femeninos. El objetivo de esta revisión es actualizar el conocimiento científico acerca de la relación entre el ciclo menstrual y las lesiones del LCA en deportistas de deportes colectivos. Se consultaron las bases de datos SPORTDiscuss with Full Text, Rehabilitation & Sports Medicine Source, MEDLINE Complete y Academic Search Ultimate, con la ecuación de búsqueda: (Menstrual cycle or menstruation or menses) AND (ACL or anterior cruciate ligament or ACL injury or anterior cruciate ligament injury) AND (Team sport or club sport or athlete or football or volleyball or basketball or handball or hockey) NOT (Meta-analysis or systematic review). Luego se aplicaron criterios de selección. Los resultados muestran que existe mayor incidencia de lesiones del LCA y más factores de riesgo durante la fase ovulatoria. Se puede decir que existe relación entre el ciclo menstrual y las lesiones del LCA. Además, se observa que durante la fase ovulatoria hay un aumento del riesgo de lesiones del LCA y de la incidencia. Por último, no se puede determinar si hay relación entre el ciclo menstrual y las lesiones ligamentosas generales a pesar de que cambian los niveles de relaxina.

## Palabras clave:

CICLO MENSTRUAL; LCA; DEPORTES COLECTIVOS.

## **Abstract**

ACL injuries occur more frequently in women sports. The aim of this review is to update de scientific knowledge on the relationship between the menstrual cycle and the ACL injuries in collective sports athletes. The data bases used were SPORTDiscuss with Full Text, Rehabilitation & Sports Medicine Source, MEDLINE Complete y Academic Search Ultimate, with the following search equation: (Menstrual cycle or menstruation or menses) AND (ACL or anterior cruciate ligament or ACL injury or anterior cruciate ligament injury) AND (Team sport or club sport or athlete or football or volleyball or basketball or handball or hockey) NOT (Meta-analysis or systematic review). Subsequently, the selection criteria were applied. The results show that there is more incidence of ACL injuries and more risk factors during the ovulatory phase. We found that there is a relationship between the menstrual cycle and the ACL injuries due to the hormone levels. We can also observe that in this phase, the risk factors increase, causing a higher incidence. Finally, a relationship between the menstrual cycle and general ligament injuries cannot be established, despite the changes in relaxin levels.

## **Key words:**

MENSTRUAL CYCLE; ACL; COLLECTIVE SPORTS.

# ÍNDICE

1. Introducción .....	5
1.1. El ciclo menstrual .....	5
1.2. Lesión del ligamento cruzado anterior .....	8
1.3. Deportes colectivos.....	10
2. Objetivos.....	11
3. Metodología.....	11
3.1. Diseño .....	11
3.2. Estrategia de búsqueda.....	11
3.3. Criterios de selección.....	11
3.4. Diagrama de flujo.....	12
4. Resultados.....	13
4.1. Cuadro resumen artículos empleados .....	13
4.2. Resumen artículos empleados .....	16
5. Discusión .....	23
6. Futuras líneas de investigación .....	28
7. Conclusiones .....	29
8. Referencias bibliográficas .....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Cambios durante el Ciclo Menstrual.....	7
<b>Figura 2.</b> Frecuencia de lesión del LCA en deportes colectivos femeninos vs. masculinos en la NCAA entre 1988 y 2004 .....	9
<b>Figura 3.</b> Diagrama de flujo .....	12

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Cuadro resumen de los artículos.....	13
--	----

## 1. Introducción

Actualmente en el mundo del deporte femenino, una de las herramientas que se utiliza para el control de cargas y la prevención de lesiones es controlar el calendario del ciclo menstrual de las deportistas, adaptando e individualizando los entrenamientos según las fases del ciclo menstrual (Rowan, 2020). De esta forma, se cree que los profesionales son capaces de reducir el índice de lesiones y aumentar el rendimiento deportivo. Estos conocimientos han llegado también a la tecnología. Por ejemplo, varios equipos deportivos profesionales utilizan la App FitrWoman, diseñada por la doctora Georgie Bruinvels, la cual realiza un seguimiento del ciclo menstrual con sugerencias de entrenamiento y nutrición en función de la fase del ciclo menstrual.

En esta revisión se buscará la relación entre el ciclo menstrual y las lesiones de ligamento cruzado anterior en deportes colectivos. Sin embargo, para ello, es necesario conocer bien los diferentes aspectos que componen el tema de la revisión.

### 1.1. El ciclo menstrual

Knudtson y McLaughlin (2019) definen la menstruación como “la descamación del endometrio que se acompaña de sangrado”. Tal y como describe el Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. a través de la Oficina para la Salud de la Mujer (OASH, 2018), el ciclo menstrual consiste en un proceso hormonal que prepara el cuerpo de la mujer para un posible embarazo. Esto ocurre a través de las hormonas luteinizante (LH) y foliculoestimulante (FSH), ya que estas hormonas promueven la ovulación y estimulan los ovarios para producir estrógenos y progesterona. Estas últimas hormonas son las que estimulan el útero y las mamas para preparar el cuerpo de la mujer para un posible embarazo (Knudtson & McLaughlin, 2019).

Según la OASH (2018), una niña puede tener el primer período (menarquía) entre los 8 y 15 años. La menstruación se produce en ciclos menstruales durante los años fértiles, excepto durante el embarazo, y cesa definitivamente con la menopausia. La duración del ciclo menstrual puede variar a medida que se envejece, sin embargo, tiene un periodo que dura entre 24 y 38 días (el ciclo regular es de 28). Bien es cierto

que, según los diferentes autores, los días de duración del ciclo menstrual varían ligeramente. Knudtson y McLaughlin (2019) afirman que solo del 10% al 15% de las mujeres tienen ciclos de 28 días, mientras que como mínimo el 20% de las mujeres tienen ciclos irregulares con intervalos mayores o menores a los 28 días.

Además, estas autoras desarrollan el ciclo menstrual en el Manual Merck Sharp & Dohme (2019):

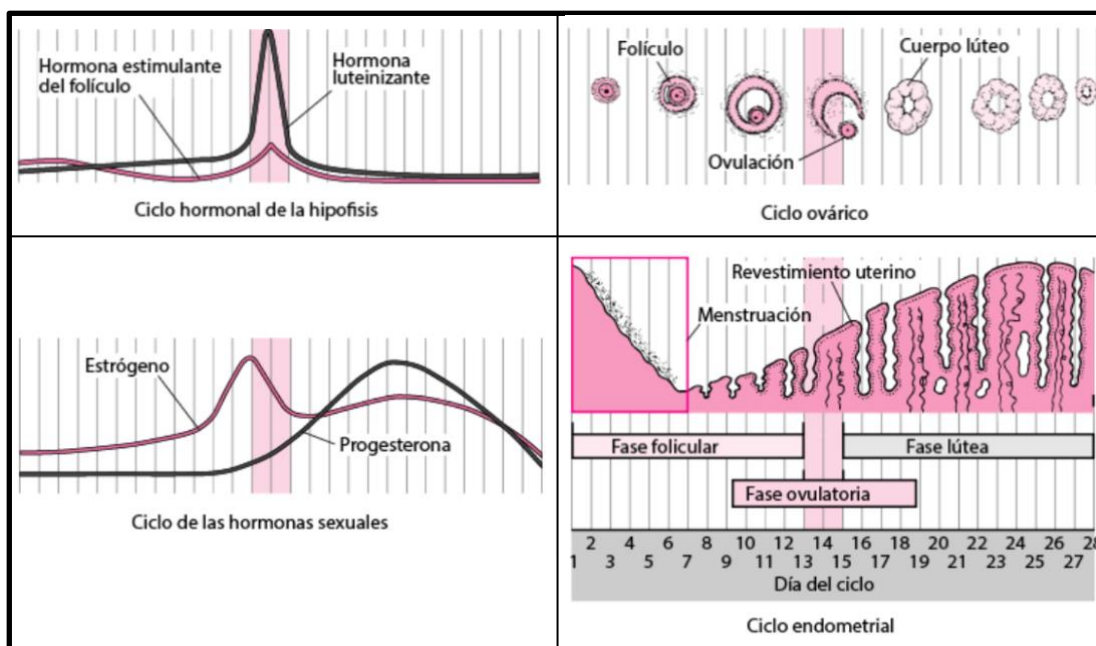
- Fase folicular: El primer día de la fase folicular se marca con el primer día de sangrado. Al inicio de esta fase los niveles de estrógeno y progesterona son bajos, lo cual produce el desprendimiento del endometrio. En la primera fase, el nivel de la FSH aumenta. Esto hace que se produzca el acontecimiento principal de esta fase: el desarrollo de los folículos en los ovarios. Se producen de 3-30 folículos, de los cuales cada uno contiene un óvulo. A medida que avanza la fase, los niveles de la FSH disminuye y esto provoca que solo el folículo dominante (también denominado folículo de Graaf) continúe creciendo. Mientras esto ocurre, comienza la producción de estrógenos y los otros folículos se descomponen. El aumento de estrógenos produce la LH, la cual marca el final de la fase folicular cuando aumenta de manera muy acusada.
- Fase ovulatoria: Esta fase comienza con el pico de la LH, la cual estimula el folículo de Graaf. Esto suele ocurrir alrededor del día 14 del ciclo menstrual. Este folículo se aproxima a la superficie del ovario para liberar el óvulo. Esta es la fase más corta, con una duración de 16-32 horas y termina con la liberación del óvulo.
- Fase lútea: Esta fase dura alrededor de 14 días, siempre que no haya fecundación, y finaliza antes del inicio del siguiente periodo menstrual. Durante esta fase, el folículo de Graaf que se había roto para liberar el óvulo se cierra y se convierte en un cuerpo lúteo, que progresivamente secreta una mayor cantidad de progesterona. Esta progesterona tiene diferentes funciones, las cuales sirven para preparar el cuerpo para un posible embarazo. Entre estas funciones destaca el engrosamiento del endometrio y la acumulación de líquidos y nutrientes para alimentar a un posible embrión. Los niveles de estrógenos también son altos durante la mayor parte de esta fase, lo cual ayuda

también a estimular el engrosamiento del endometrio. En caso de que no se fertilice el óvulo, o de que no se implante el óvulo fecundado, el cuerpo lúteo se degenera a los 14 días, disminuyen los niveles de estrógenos y de progesterona, y comienza un nuevo ciclo menstrual.

En la Figura 1 se pueden observar los diferentes cambios del ciclo menstrual mencionados anteriormente.

**Figura 1**

*Cambios durante el Ciclo Menstrual*



*Nota.* Adaptado de *Ciclo menstrual - Salud femenina - Manual MSD versión para público general*, por Knudtson, J., & McLaughlin, J. E., 2019, *Manual MSD*. (<https://www.msmanuals.com/es-pe/hogar/salud-femenina/biología-del-aparato-reproductor-femenino/ciclo-menstrual>)

Otros autores describen el ciclo menstrual con 4 fases. En el caso del Rogel y Salvador (2019) explican el ciclo menstrual con 4 fases, añadiendo la fase isquémica al final del ciclo. Esta fase consiste en la disminución gradual de la producción de estrógenos y progesterona, por lo que muchos autores, la incluyen en la fase lútea.

Además, el ciclo menstrual puede afectar a otros problemas de salud. Según la OASH (2018) estos pueden ser:

- La depresión y trastornos de ansiedad. Estas afectaciones también tienen lugar con el síndrome premenstrual.
- El asma.
- El síndrome del intestino irritable.
- El síndrome de la vejiga dolorosa.

Aparte de los problemas de salud mencionados anteriormente, la Guía “Ciclo menstrual y visita ginecológica” creada por TAMPAX con la colaboración del Grupo de Ginecología de la Infancia y Adolescencia, constituido dentro del marco de la Sociedad Española de Ginecología y Obstetricia (s.f.), describe el síndrome premenstrual como un conjunto de síntomas que se pueden producir previos a la menstruación y que pueden afectar tanto a nivel físico como psicológico. Estos síntomas son:

- Tensión en el pecho.
- Hinchazón.
- Dolor de cabeza.
- Cambio de apetito.
- Estreñimiento o diarrea.
- Cambios en el sueño.
- Palpitaciones.
- Sentimiento de tristeza.
- Cansancio, fatiga.
- Dificultad de concentración.
- Ansiedad.
- Irritabilidad.

## **1.2. Lesión del ligamento cruzado anterior**

Saló (2016) define los ligamentos como aquellas estructuras encargadas de proteger y estabilizar las articulaciones. Están constituidos por tejido conjuntivo denso, fibroso y fascicular rico en colágeno.

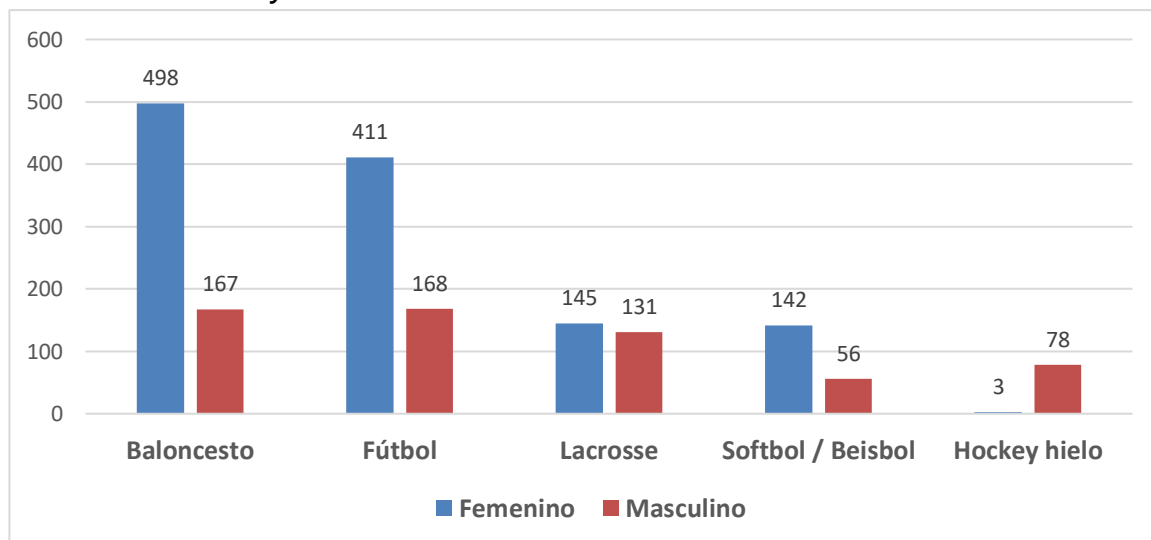


El ligamento cruzado anterior (LCA) tiene su inserción proximal en la porción más posterior de la cara interna del cóndilo femoral externo y su inserción distal en la región antero interna de la meseta tibial entre las espinas tibiales (Ayala-Mejías, 2014), lo cual hace que la función principal sea la de evitar que la tibia se anteriorice con respecto al fémur.

Hermoso y Monllau (2012) describen la epidemiología del LCA. Según afirman en su libro, los registros nacionales de lesión del LCA infraestiman la incidencia ya que solo registran las tratadas quirúrgicamente. Estas son entre 34 y 85 pacientes intervenidos quirúrgicamente por año y 100.000 habitantes. A nivel deportivo, Hootman et al. (2007) realizaron un estudio en las diferentes ligas universitarias estadounidenses sobre la epidemiología de las lesiones y diferenciaron las lesiones en el deporte masculino y femenino. En este estudio se pudo observar cómo había un mayor índice de lesiones del LCA en todos los deportes femeninos, comparados con sus respectivos deportes masculinos (Figura 2), excepto en hockey hielo, el cual empezó a recoger las estadísticas del femenino años más tarde.

## Figura 2

*Frecuencia de lesión del LCA en deportes colectivos femeninos vs. masculinos en la NCAA entre 1988 y 2004*



*Nota.* Adaptado de *Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives*, por Hootman, J. M., Dick, R., & Agel, J., 2007, *Journal of athletic training*, 42(2), 311.

También se describen los diferentes factores de riesgo para que existan estas lesiones, los cuales se dividen en intrínsecos y extrínsecos. Uno de los factores de riesgo intrínsecos más importantes es el ángulo Q, el cual se forma cuando se traza una línea desde la espina iliaca anterosuperior al centro de la rótula y otra que va desde el centro de la rótula hasta la tuberosidad anterior de la tibia. Este ángulo se relaciona con la mayor predisposición a valgo de rodilla, y es más grande en las mujeres, lo cual significa que existe una mayor tensión en el LCA de las mismas (Hermono & Mollau, 2012).

Otro de los aspectos importantes para tener en cuenta, son los mecanismos de lesión. DeMorat et al. (2004) describe como uno de los mecanismos de lesión una carga de fuerza muy agresiva sobre los cuádriceps, con la rodilla en ligera flexión, ya que este movimiento produce una traslación anterior de la tibia. Por otra parte, Hewett et al. (2005) describe el valgo dinámico, como uno de los principales mecanismos de lesión del LCA, el cual está muy presente en mujeres por el ángulo Q.

Tras conocer las características principales de los ligamentos, la estructura del LCA, los factores de riesgo y los mecanismos de lesión, es importante contextualizar y relacionar esta estructura con las principales diferencias que existen entre mujeres y hombres. La primera es la diferencia en el ángulo Q, ya mencionado anteriormente. Además de eso, se debe tener en cuenta también que el ligamento está constituido por colágeno, ya que como mencionan Hansen y Kjaer (2016), el estrógeno es una hormona muy presente durante el ciclo menstrual y se encarga de sintetizar el colágeno.

### **1.3. Deportes colectivos**

Parlebas (2001) utilizó 3 criterios para clasificar los deportes. Estos criterios son: la incertidumbre procedente del entorno físico, la interacción praxica con compañeros o comunicación motriz, y la interacción praxica contra adversarios o contracomunicación motriz. Así pues, consideraremos deportes colectivos a todos aquellos en los que exista interacción con compañeros.

## 2. Objetivos

El objetivo principal de esta revisión es actualizar el conocimiento científico acerca de la relación entre el ciclo menstrual y las lesiones de ligamento cruzado anterior en deportistas que compiten en deportes colectivos.

Los objetivos secundarios son:

- Analizar si existe relación entre el ciclo menstrual y las lesiones ligamentosas.
- Identificar si existen diferencias entre el índice de lesiones en deportes colectivos durante las diferentes fases del ciclo menstrual.

## 3. Metodología

### 3.1. Diseño

Se realizó una revisión sistemática de las bases de datos científicas, sobre las lesiones de ligamento cruzado anterior en deportes femeninos.

### 3.2. Estrategia de búsqueda

Se consultaron las bases de datos SPORTDiscuss with Full Text, Rehabilitation & Sports Medicine Source, MEDLINE Complete y Academic Search Ultimate, utilizando la siguiente ecuación de búsqueda: (Menstrual cycle or menstruation or menses) AND (ACL or anterior cruciate ligament or ACL injury or anterior cruciate ligament injury) AND (Team sport or club sport or athlete or football or volleyball or basketball or handball or hockey) NOT (Meta-analysis or systematic review), obteniendo como resultado 205 publicaciones.

### 3.3. Criterios de selección

Como criterios de inclusión se utilizaron (1) que la publicación estuviese en texto completo, (2) que estuviesen publicados entre 2006 y 2021, (3) que el estudio pueda

relacionarse de manera directa o indirecta con la lesión del LCA y (4) que algunas de las mujeres que participaban en el estudio participasen en deportes colectivos.

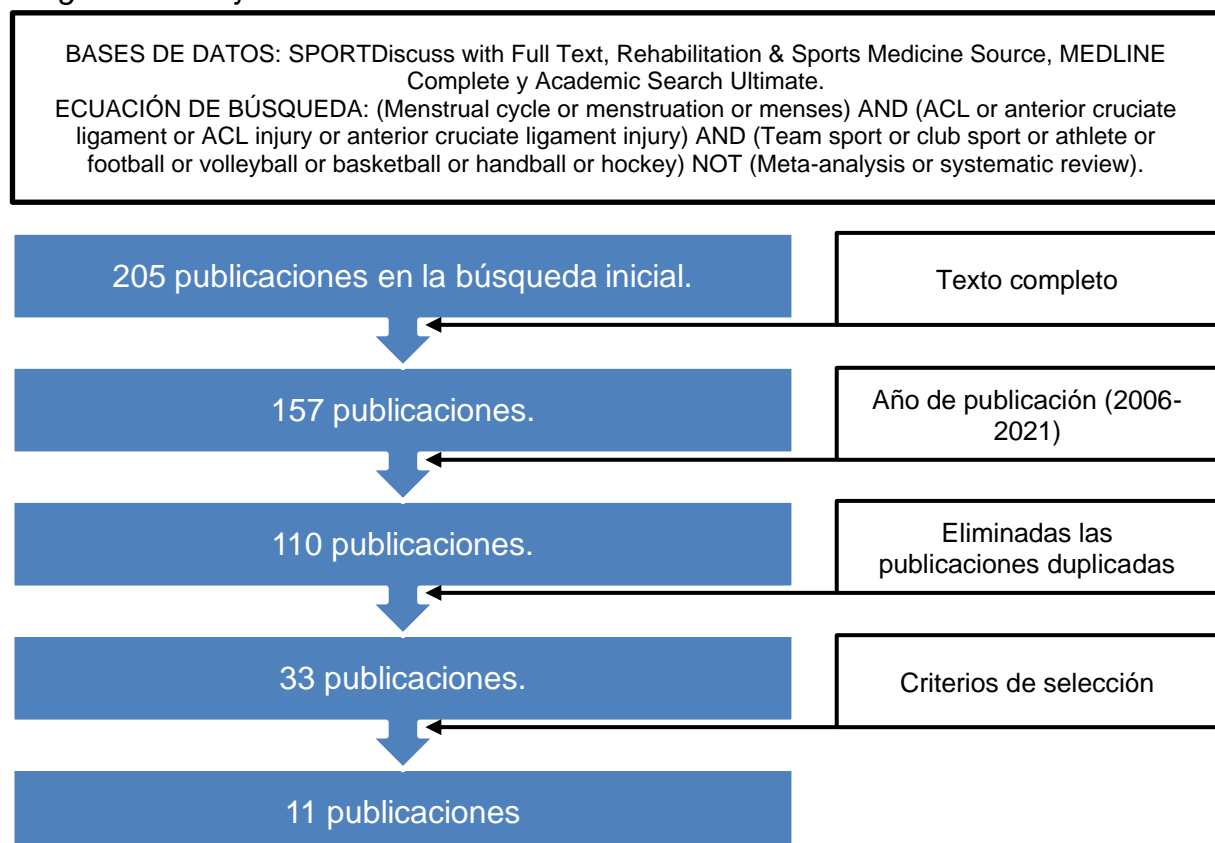
Como criterios de exclusión, como ya se ha mencionado en la ecuación de búsqueda, se utilizaron (1) que fuese un metaanálisis o una revisión sistemática, (2) que fuese una revisión narrativa, (3) que solo participasen en deportes individuales o que no se mencionase el deporte en el que participaban los sujetos y (4) que los estudios no estuviesen en español o inglés.

### 3.4. Diagrama de flujo

En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo con la selección de los artículos en función de los criterios descritos anteriormente.

**Figura 3**

#### *Diagrama de flujo*



## 4. Resultados

### 4.1. Cuadro resumen artículos empleados

**Tabla 1**

*Cuadro resumen de los artículos*

AUTOR Y AÑO	VARIABLES MEDIDAS	POBLACIÓN (n y edad media)	DEPORTES COLECTIVOS	RESULTADOS
Adachi et al., 2008	Momento y mecanismo de la lesión Historial menstrual: - Ciclo regular - Síntomas premenstruales - Síntomas menstruales Nivel de participación en cada fase del ciclo	n=18 Edad=16.2	Baloncesto Voleibol Balonmano Otros	2 lesiones en fase folicular. 13 lesiones en fase ovulatoria. 3 lesiones en fase lútea.
Agel et al., 2006	Sigue un tratamiento de terapia hormonal o no Se produce una lesión de rodilla/tobillo o no	n=3150 GNH=2026 GH=1024	Baloncesto Fútbol	Se observaron más lesiones en baloncesto. No se observó relación entre la lesión del LCA y el uso de terapia hormonal. No se observó relación entre las lesiones de tobillo y el uso de terapia hormonal.
Dragoo, Castillo, Braun, et al., 2011	Niveles de hormonas: - Relaxina - Progesterona Momento y mecanismo de la lesión	n=128 Edad=19.5	Baloncesto Hockey hierba Lacrosse Fútbol Voleibol	La concentración de relaxina era más alta en las deportistas con rotura del LCA.

Dragoo, Castillo, Korotkova, et al., 2011	Niveles de hormonas: - Relaxina - Progesterona IMC	n=169 Edad=19.49	Baloncesto Hockey hierba Lacrosse Fútbol Voleibol	Se observó una correlación positiva entre los niveles de progesterona y de relaxina. El tratamiento hormonal reducía los niveles de relaxina.
Eiling et al., 2007	Niveles de hormonas: - LH - FSH - Estradiol - Progesterona Laxitud de rodilla Rigidez musculotendinosa	n=11 Edad=16.3	Netball	La laxitud de rodilla aumenta ligeramente durante la fase folicular y ovulatoria, y se reduce durante la lútea. Existe menor rigidez musculotendinosa durante la fase ovulatoria.
Hertel et al., 2006	Niveles de hormonas: - Estrona-3-glucurónido (E3G) - Pregnanediol-3-glucurónido (PdG) Test de fuerza en cuádriceps e isquiotibiales Sentido de la posición articular Control postural Laxitud de rodilla	n=14 Edad=19.3	Fútbol Porrismo	No se observaron diferencias significativas en la fuerza de torsión, ratio de isquio:cuádriceps, sentido de la posición articular, control postural y laxitud de rodilla.
Hohmann et al., 2015	Niveles de hormonas: - Estrógenos - Progesterona - LH - FSH Aceleración tibial: - Pico de aceleración tibial (PTA) - Tiempo a aceleración tibial 0 (TZTA) - Tiempo a pico de aceleración tibial (TPTA)	n=11 Edad=16.3	Netball	No se observaron diferencias entre las fases del ciclo menstrual en las mediciones de PTA y TZTA, pero sí que se observaron diferencias en TPTA. Las diferentes fases afectan al perfil de aceleración tibial.

Nose-Ogura et al., 2017	<p>Niveles de hormonas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estradiol</li> <li>- Progesterona</li> <li>- LH</li> <li>- FSH</li> <li>- Relaxina-2</li> </ul>	n=106	<p>Fútbol</p> <p>Voleibol</p> <p>Baloncesto</p> <p>Béisbol</p> <p>Hockey hielo</p>	<p>La concentración de relaxina-2 era significativamente mayor durante la fase lútea que durante la folicular y mayor que las deportistas con tratamiento hormonal.</p> <p>En las deportistas con concentración alta de relaxina-2 durante la fase lútea, se redujeron estos niveles tras el tratamiento hormonal.</p>
Park et al., 2009	<p>Niveles de hormonas en las diferentes fases del ciclo menstrual:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estradiol</li> <li>- Progesterona</li> </ul> <p>Laxitud de rodilla en diferentes fases del ciclo menstrual</p> <p>Rigidez de rodilla en las diferentes fases del ciclo menstrual</p>	<p>n=26</p> <p>Edad=22.7</p>	<p>Baloncesto</p> <p>Fútbol</p> <p>Rugby</p> <p>Voleibol</p>	<p>Se observó una mayor laxitud durante la ovulación.</p> <p>Se observó menos rigidez durante la ovulación.</p>
Shafiei et al., 2016	<p>Niveles de hormonas en las diferentes fases del ciclo menstrual:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estrógeno</li> <li>- Progesterona</li> </ul> <p>Laxitud de rodilla</p>	<p>n=40</p> <p>Edad=25.5</p>	<p>Voleibol</p> <p>Baloncesto</p>	<p>No hay diferencias significativas en la laxitud de rodilla en las 3 fases del ciclo menstrual.</p>
Stijak et al., 2015	<p>Concentración de hormonas sexuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Testosterona</li> <li>- 17-β estradiol</li> <li>- Progesterona</li> </ul> <p>Laxitud ligamentosa</p>	<p>n=24</p> <p>GE=12</p> <p>GC=12</p> <p>Edad</p> <p>GE=24.2</p> <p>Edad</p> <p>GC=24.8</p>	<p>Voleibol</p> <p>Baloncesto</p> <p>Balonmano</p> <p>Fútbol</p>	<p>Las mujeres con rotura del LCA tenían menos concentración de testosterona, 17-β estradiol y progesterona que las que no tuvieron rotura del LCA.</p> <p>No hay diferencias en cuanto a la laxitud ligamentosa.</p>

## 4.2. Resumen artículos empleados

1. Adachi et al. (2008) propusieron como objetivo de este estudio determinar si existe una relación entre la rotura del ligamento cruzado anterior y las fases del ciclo menstrual, además de comprobar si las disfunciones premenstruales y menstruales influenciaban a las lesiones del LCA. Para ello, contaron con una muestra de 18 adolescentes deportistas con una lesión del LCA. Los criterios de inclusión era que las deportistas debían tener un ciclo menstrual regular y haber tenido la lesión sin traumatismo directo. La muestra participaba en diferentes deportes entre los que destacan baloncesto, voleibol y balonmano. A través de un cuestionario, se recogió la historia de la lesión, la historia menstrual y el nivel de participación deportiva en cada fase.

En los resultados se pudo observar como el nivel de participación deportiva se redujo considerablemente durante la fase folicular. En el estudio se observa que la mayoría de las adolescentes contaban con síntomas premenstruales y síntomas menstruales, lo cual pudo provocar que se redujese la participación. En cuanto al momento de la lesión, se contabilizaron 2 lesiones en la fase folicular, 13 en la fase ovulatoria y 3 en la fase lútea. Por último, también se especifica que si se contemplase simplemente con fase pre-ovulatoria y fase post-ovulatoria, las lesiones habrían tenido lugar en la fase pre-ovulatoria, por lo que se intuye que existe una relación entre la lesión del LCA y los bajos niveles de progesterona.

2. Agel et al. (2006) revisaron los datos de las lesiones que se produjeron durante 2 temporadas en las ligas universitarias de Estados Unidos (NCAA) en baloncesto y en fútbol. Su objetivo era determinar si existe una relación entre el uso de terapia hormonal y las lesiones ligamentosas. Para llevar a cabo un estudio con tantos participantes, todas las universidades pertenecientes al NCAA fueron invitadas a participar.

Cada vez que ocurría una lesión del LCA en uno de los equipos que participaban en el estudio, los servicios médicos de la propia universidad eran los encargados de diagnosticar la lesión y de determinar la regularidad del ciclo menstrual, además de informar sobre si las deportistas utilizan terapia hormonal. Sólo se incluyeron aquellas lesiones que ocurrieron durante la temporada, excluyendo la pretemporada y post-



temporada. Tampoco se incluyeron las recaídas ni las recidivas. Al no haber muchas lesiones del LCA, incluyeron en el estudio los esguinces de tobillo, ya que creyeron que las lesiones ligamentosas de tobillo estarían directamente relacionadas con las lesiones ligamentosas de rodilla.

Tras analizar los datos de las lesiones, pudieron observar que existe una diferencia en los índices de lesión entre mujeres y hombres, siendo las mujeres las que más se lesionan del LCA en baloncesto y fútbol. Para continuar con la investigación y confirmar la relación de las lesiones con las diferentes causas, trataron de desarrollar el perfil de las lesiones que no se produjeron por un traumatismo directo. Tras revisar todas las lesiones registradas, se pudo observar que existen más lesiones en baloncesto que en fútbol. Además, no se pudo determinar si el uso o no de terapia hormonal afecta a la incidencia de la lesión del LCA, ya que la muestra no era lo suficientemente alta. Por último, tampoco pudieron determinar si el uso de la terapia hormonal afecta a la incidencia de las lesiones ligamentosas de tobillo.

3. Dragoo, Castillo, Braun et al. (2011) trataron de investigar si las concentraciones de relaxina en el suero sanguíneo afectan a las lesiones del LCA. Para el estudio, durante 4 años, participaron los equipos universitarios de baloncesto, hockey hierba, lacrosse, fútbol y voleibol entre otros, pertenecientes a dos universidades de primera división de la NCAA.

Se realizaron cuestionarios a las deportistas, en los que se recogió la información demográfica, la información menstrual, de embarazo, hormonal y la historia de las lesiones del LCA. A través de análisis de la orina se obtuvieron los niveles de hormona luteinizante, para de esta forma identificar bien las fases del ciclo menstrual. Posteriormente, se realizaron los análisis de sangre, en los que se analizaron los niveles de relaxina y de progesterona. Además, una vez ocurría una lesión del LCA, los servicios médicos universitarios, eran los encargados de notificarla.

Tras finalizar la investigación, y habiendo analizado los datos de las 28 lesiones de LCA entre las 128 participantes que fueron parte de la muestra, se pudo observar que las concentraciones de relaxina eran más altas en aquellas deportistas con rotura del LCA. Al analizar los datos se observó que las deportistas con niveles de relaxina en

plasma por encima de 6.0 pg/mL tienen un riesgo mayor de lesión del LCA de más de 4 veces.

4. Drago, Castillo, Korotkova et al. (2011) utilizaron también la muestra de los equipos universitarios de baloncesto, hockey hierba, lacrosse, fútbol y voleibol en dos universidades pertenecientes a la NCAA. El objetivo de esta investigación era buscar una relación entre la concentración de relaxina en el suero sanguíneo, el historial menstrual y el uso de terapia hormonal anticonceptiva.

Todas las participantes rellenaron un cuestionario sobre su información demográfica, historial menstrual, historial de embarazos y el uso de terapia hormonal anticonceptiva. Posteriormente, se realizaron análisis de orina con el objetivo de que, a través de los niveles de la LH, se determinase cuándo se debían realizar los análisis sanguíneos. Con estos análisis sanguíneos, se determinaron los niveles de progesterona y relaxina.

Tras analizar los resultados, se pudo observar que existió una diferencia significativa entre las participantes con terapia hormonal y aquellas sin terapia hormonal. Se observó que aquellas deportistas que estaban sometidas a terapia hormonal tenían una menor concentración de relaxina en sangre. Además, se pudo manifestar también como en el grupo que recibía terapia hormonal, los niveles de progesterona eran más bajos. Estos resultados son debidos a que la terapia hormonal anticonceptiva impide la ovulación, lo cual impide que se liberen cuerpos lúteos, que son los encargados de la producción de relaxina y progesterona.

5. Eiling et al. (2007) trataron de observar si existen diferencias en la rigidez musculotendinosa y la laxitud de rodilla a lo largo del ciclo menstrual en jugadoras de netball. Se llevaron a cabo análisis de sangre, en los que se midieron las concentraciones de LH, FSH, estradiol y progesterona, para determinar los ciclos menstruales y de esta forma realizar las mediciones pertinentes en las diferentes fases.

La laxitud de rodilla se midió con un artrómetro KT-2000 y con un operario experimentado, colocando la rodilla en 30° de flexión con el sujeto en decúbito supino. En cada medición, se realizaron 3 ciclos de traslaciones anteroposteriores, midiendo

el desplazamiento y calculando la media de los desplazamientos. Para calcular la rigidez músculo-tendinosa, se utilizó un protocolo de salto unipodal tras la realización de un calentamiento. Los sujetos tuvieron que realizar saltos a una pierna sobre una plataforma de fuerza, con las manos en las caderas para evitar compensaciones. Estos saltos se hicieron siguiendo el ritmo de un metrónomo. Se obtuvieron los datos de 3 saltos con la misma frecuencia (según el metrónomo) y con amplitud y fuerza similares. Posteriormente, a través de un software, se analizaron los datos para determinar la rigidez musculo-tendinosa.

Después de haber realizado las mediciones en las diferentes fases del ciclo menstrual y analizar los datos, se pudo observar como la laxitud de rodilla aumenta ligeramente durante la fase folicular y tiene el mayor aumento en la fase ovulatoria, mientras que se reduce durante la fase lútea, lo que produjo niveles similares de laxitud en la fase folicular y fase lútea. A pesar de esto, no se determinaron efectos significativos del ciclo menstrual sobre la laxitud de rodilla. Por otro lado, se observó que existe menor rigidez musculo-tendinosa durante la fase ovulatoria.

6. Hertel et al. (2006) trataron de buscar diferencias en la fuerza de cuádriceps e isquiotibiales, en el sentido de la posición articular, en el control postural y en la laxitud de rodillas, durante las diferentes fases del ciclo menstrual. Para ello consiguieron una muestra de 14 deportistas universitarias con ciclos menstruales normales. Las deportistas participaban en las disciplinas de fútbol o porrismo. En primer lugar, para la investigación se llevaron a cabo análisis de orina, en los que se midieron los niveles de Estrona-3-glucurónido (E3G) y Pregnanediol-3-glucurónido (PdG), las cuales están relacionadas con el estrógeno y la progesterona, de esta forma, se confirmaron los ciclos normales de los sujetos. Además, se confirmó que las deportistas ovulaban, a través de un kit de detección de ovulación. Posteriormente se pasó a realizar las pruebas en las 3 fases del ciclo menstrual.

Para la prueba de fuerza, se utilizó un dinamómetro isocinético que evaluó la fuerza concéntrica en flexión y extensión de rodilla, realizando 10 repeticiones del rango de movimiento máximo a  $120^{\circ}$  /s. Para el sentido de la posición articular (JPS) se utilizó también un dinamómetro isocinético. Los sujetos se sentaron en una silla con dinamómetro, manteniendo el miembro inferior con  $90^{\circ}$  de flexión. La pierna se movía

pasivamente con el dinamómetro hasta unos ciertos grados ( $15^{\circ}$  y  $30^{\circ}$ ) y luego volvía a su posición inicial. Posteriormente, el dinamómetro realizaba el mismo movimiento y el sujeto debía pulsar un interruptor cuando llegase a la posición marcada anteriormente. En cuanto al control postural se utilizó una plataforma de fuerza. Los sujetos debían mantener una posición unipodal con los brazos cruzados, tratando de moverse lo menos posible. Se midió la velocidad del centro de presiones como variable para determinar el control postural. Por último, la última medición fue la laxitud de rodilla, que se evaluó con la traslación tibial anterior, con un artrómetro de rodilla KT-1000.

Tras analizar los resultados de las diferentes pruebas durante las fases del ciclo menstrual, se observó que no había diferencias significativas entre fases del ciclo menstrual en ninguna de las mediciones.

7. Hohmann et al. (2011) investigaron acerca de los efectos de los niveles de estrógeno durante el ciclo menstrual sobre la aceleración tibial. En este estudio se utilizaron mujeres que participaban en netball. Además, se utilizó un grupo control, de hombres que participaban en rugby, ya que no fue posible encontrar hombres que participasen en netball por ser este un deporte mayoritariamente practicado por mujeres. En primer lugar, los sujetos participaron en unos cuestionarios para incluir solamente aquellos que no tuviesen hiperlaxitud. Además, las mujeres tenían que documentar sus ciclos menstruales para alcanzar el criterio de inclusión de tener el ciclo menstrual regular. A las mujeres se les realizaron análisis sanguíneos para cuantificar los niveles de la LH, FSH, estrógeno y progesterona, y así confirmar la fase del ciclo menstrual durante las mediciones. Posteriormente, se realizaron las mediciones de aceleración tibial.

Para ello crear los perfiles de aceleración tibial, utilizaron un acelerómetro uniaxial situado sobre la tuberosidad tibial proximal. Los sujetos realizaron una tarea de deceleración en la que tenían que correr hacia una plataforma de fuerza para frenar con una pierna mientras recibían un pase a la altura del pecho. Tras la realización de la prueba, pasaron a analizar los datos del pico de aceleración tibial (PTA), el tiempo a aceleración tibial 0 (TZTA) y el tiempo a pico de aceleración tibial (TPTA) para

observar si existen diferencias en cuanto a los perfiles de aceleración tibial durante las diferentes fases del ciclo menstrual.

Una vez recogidos los resultados, pasaron a analizarlos y se observó que no existían diferencias significativas entre las fases del ciclo menstrual en las mediciones de PTA y TZTA, sin embargo, sí que se observaron diferencias en el TPTA. Se observó que el TPTA aumentó durante el ciclo menstrual en la fase folicular, hasta alcanzar el pico en la fase ovulatoria, lo cual significa que, en esta fase, existe un peor control neuromuscular. Tras esta observación, se sugirió que los diferentes niveles de estrógeno y por lo tanto las diferentes fases del ciclo menstrual, afectan al perfil de aceleración tibial.

8. Nose-Ogura et al. (2017) se marcaron como objetivo investigar si la terapia hormonal anticonceptiva afecta los niveles de relaxina-2, ya que indican que sujetos con altos niveles de relaxina-2 tienen mayor riesgo de lesión del LCA. Para el estudio se reclutaron 106 mujeres con ciclos menstruales regulares y sin historial de lesión del LCA. Los deportes en los que participaban eran entre otros, fútbol, voleibol, baloncesto, béisbol y hockey hielo. Se realizaron los análisis sanguíneos para determinar los niveles de estradiol, progesterona, LH, FSH y relaxina-2.

Después de analizar los resultados, se observó como la concentración de relaxina-2 era significativamente mayor durante la fase lútea que durante la fase folicular y ovulatoria. También observaron como los niveles de relaxina-2 eran mayores en las deportistas sin tratamiento hormonal. Además, pudieron ver como en aquellas deportistas con niveles muy altos de relaxina-2, se redujeron estos niveles tras el tratamiento hormonal.

9. Park et al. (2009) quisieron demostrar si los cambios en los niveles de estradiol y progesterona durante el ciclo menstrual afectan a la laxitud y rigidez de rodilla. 26 mujeres con ciclos menstruales regulares que participaban regularmente en deportes como el baloncesto, el fútbol, el rugby o el voleibol, formaron la muestra del estudio. Otro de los criterios de inclusión importante era que no debían tener lesiones previas de rodilla. Las mediciones se llevaron a cabo en 3 momentos diferentes: la primera (fase folicular) se realizó de 3 a 7 días tras el comienzo del ciclo menstrual, que es cuando los niveles de estrógeno y progesterona son bajos. La segunda (fase

ovulatoria) se llevó a cabo cuando un predictor de ovulación determinó un aumento de estrógenos. Por último, la tercera medición (fase lútea) tuvo lugar aproximadamente 7 días después de la ovulación, ya que este es el momento de pico de progesterona. En primer lugar, se realizaron análisis sanguíneos para confirmar los niveles de estradiol y progesterona y de esta forma cerciorarse de los momentos en los que debían realizar las mediciones.

Una vez confirmados los instantes adecuados para las mediciones, pasaron a evaluar la laxitud de rodilla con un artrómetro KT-2000, que se encargaba de cuantificar el desplazamiento anterior de la tibia, debido a que este desplazamiento está directamente relacionado con la laxitud del LCA. Con estos datos se pudo sacar la información acerca de la laxitud y de la rigidez de rodilla.

Se pudo observar una mayor laxitud y menor rigidez durante la fase de ovulación con respecto a las fases folicular y lútea. Por ello, se llegó a la conclusión de que los niveles de hormonas están relacionados con un incremento de laxitud de rodilla y una reducción en la rigidez de rodilla durante la ovulación.

10. Shafiei et al. (2016) tenían como objetivo comparar los cambios en la laxitud de rodilla durante el ciclo menstrual. Para ello, contaron con 40 mujeres con ciclos menstruales regulares y sin lesiones de rodilla, que participaban regularmente en deportes como el voleibol y el baloncesto entre otros. Se llevaron a cabo mediciones de los niveles de estrógeno y progesterona en las diferentes fases del ciclo menstrual y para la medición de la laxitud de rodilla, se utilizaron las pruebas de Lachman y el cajón anterior.

Tras el análisis de los resultados no se observaron diferencias significativas en la laxitud de rodilla entre las 3 fases del ciclo menstrual. Por lo tanto, en este caso se podría decir que la fluctuación de los niveles de hormonas no afectaría a la laxitud del LCA.

11. Stijak et al. (2015) se propusieron determinar la diferencia en las concentraciones de testosterona, 17- $\beta$  estradiol y progesterona entre las mujeres con y sin rotura del LCA, y el posible efecto de estas hormonas sobre la laxitud ligamentosa. Para llevar a cabo la investigación, contaron con un grupo experimental

(mujeres con rotura del LCA) y un grupo control (mujeres con cirugía de rodilla que no incluían la lesión del LCA). Tras analizar el nivel de participación deportiva (las participantes practicaban voleibol, baloncesto, balonmano y fútbol entre otros), la rodilla de la lesión y la edad de los sujetos se emparejó a cada participante del grupo control con uno del grupo experimental. De esta manera, las dos participantes de cada pareja eran similares en cuanto a los criterios para poder realizar una comparación más fiable. A través de muestras de saliva se obtuvieron las concentraciones de testosterona, 17- $\beta$  estradiol y progesterona.

Posteriormente, se llevaron a cabo las mediciones de laxitud ligamentosa utilizando la prueba de Beighton, que mide hiperlaxitud ligamentosa a través de la hiperextensión de codos y de rodillas, la flexión de tronco hacia delante tocando con las palmas de las manos el suelo, la extensión pasiva del dedo meñique de las manos y la abducción pasiva del pulgar con la muñeca en flexión (tocar con el pulgar el antebrazo). Esta prueba tiene un resultado sobre 9 y se dice que existe hiperlaxitud si el resultado es mayor de 5.

Una vez obtenidos los resultados, pasaron a analizarlos y se pudo observar cómo las mujeres con rotura del LCA tenían menos concentración de testosterona, 17- $\beta$  estradiol y progesterona que aquellas que no tuvieron rotura del LCA. Por otro lado, no se observaron diferencias en cuanto a la laxitud ligamentosa general entre ambos grupos.

## 5. Discusión

Esta revisión tiene como objetivo actualizar el conocimiento científico acerca de la relación entre el ciclo menstrual y las lesiones del ligamento cruzado anterior en deportistas que compiten en deportes colectivos. Además, se marcaron como objetivos secundarios analizar si existen relaciones entre el ciclo menstrual y las lesiones ligamentosas e identificar si existen diferencias entre el índice de las lesiones en deportes colectivos durante las diferentes fases del ciclo menstrual.



Tras realizar la revisión, se ha podido observar cómo los autores abordan el tema de discusión desde diferentes puntos de vista, focalizando en varios aspectos que están relacionados con la lesión del LCA.

Es cierto que, en la bibliografía encontrada, no todos los artículos hablan directamente de la relación del ciclo menstrual con la lesión del ligamento cruzado anterior, y se centran más en las afectaciones del ciclo menstrual sobre factores de riesgo de la lesión del LCA. Sin embargo, Adachi et al. (2008) sí que se centra específicamente en el momento de la lesión en base a las fases del ciclo menstrual. Observaron que la fase que mayor incidencia de lesiones en el LCA tuvo fue la fase ovulatoria y llegaron a la conclusión de que existe una relación entre la lesión del LCA y los bajos niveles de progesterona. Esta conclusión la demuestran Stijak et al. (2015), donde al realizar su investigación, confirmaron que aquellas mujeres con rotura del LCA tenían menos niveles de progesterona, además de otras hormonas como testosterona y 17- $\beta$  estradiol. Las conclusiones a las que llegaron Adachi et al. (2008) hablan sobre los niveles de hormonas y se confirman en la investigación de Stijak et al. (2015), como se ha mencionado anteriormente.

Los niveles de hormonas en las diferentes fases del ciclo menstrual fueron investigados por varios autores, acercándose al tema de diferentes formas. Por ejemplo, en cuanto a este tema, Stijak et al. (2015) se centraron simplemente en analizar los niveles de progesterona, testosterona y 17- $\beta$  estradiol en deportistas con lesiones de LCA y sin estas lesiones. Sin embargo, una de las formas más recurrentes de abordar el tema fue el uso de la terapia hormonal anticonceptiva, donde en primer lugar Dragoo, Castillo, Korotkova et al. (2011) demostraron que la terapia hormonal produce una disminución de los niveles de relaxina y progesterona. Esto ocurre porque la terapia hormonal anticonceptiva impide que se produzca la ovulación, impidiendo que se produzcan los cuerpos lúteos y por lo tanto la producción de progesterona y relaxina. Así lo confirmaron Nose-Ogura et al. (2017), donde los resultados de su investigación demuestran como existe una mayor concentración de relaxina-2 en aquellas deportistas que no siguen una terapia hormonal. Además, observaron también que existe una mayor concentración de relaxina-2 en la fase lútea, lo cual es debido a que esta hormona se produce por los cuerpos lúteos, tal y como se ha mencionado anteriormente.



La relaxina es conocida por aumentar la laxitud ligamentos, por lo que se puede intuir que tiene un efecto sobre la lesión del LCA. Así lo demuestran en su investigación Dragoo, Castillo, Braun et al. (2011), donde se puede observar que existe mayor concentración de relaxina en aquellas deportistas que sufrieron una rotura del LCA. Además de eso, se pudo ver cómo las deportistas con niveles altos de relaxina en plasma (por encima de 6.0 pg/mL) se corresponde con un riesgo de lesión en el LCA 4 veces mayor que aquellas con niveles más bajos. Agel et al. (2006) llevaron a cabo un estudio muy similar a Dragoo, Castillo, Braun et al. (2011) en cuanto a procedimiento, utilizando los servicios médicos de los equipos universitarios y a través de estos, determinaban el momento de la lesión. En este caso se centraron en el uso de terapia hormonal de manera directa, en lugar de analizar los niveles hormonales. Además, incluyeron también lesiones ligamentosas de tobillo ya que la muestra de LCA era demasiado pequeña. Sin embargo, no pudieron determinar si existía relación entre la terapia hormonal y la lesión del LCA, ni entre la terapia hormonal y las lesiones ligamentosas de tobillo. Según el artículo, esto fue debido al tamaño de la muestra, en el cual no se pudieron analizar muchas lesiones.

Además del momento de la lesión y los niveles hormonales, muchos de los autores centraron gran parte de sus investigaciones en analizar la laxitud ligamentosa en las diferentes fases del ciclo menstrual, ya que una hiperlaxitud supone un factor de riesgo debido a la incapacidad de contener las estructuras articulares. La mayoría de los investigadores, se centraron en analizar exclusivamente la laxitud de rodilla, sin embargo, Stijak et al. (2015) no lo hicieron de esta manera. Además de investigar sobre los niveles hormonales en lesiones del LCA, Stijak et al. (2015) trataron de relacionar la laxitud ligamentosa general con esta lesión. Para ello realizaron la prueba de Beighton, la cual analiza la laxitud ligamentosa a nivel general en diferentes articulaciones. No observaron diferencias en cuanto a la laxitud ligamentosa entre el grupo con lesiones del LCA y el grupo sin estas lesiones. Esto podría deberse a que la prueba realizada no se centra en la rodilla y existen muchos factores que podrían alterar los resultados.

Entre aquellos que se centraron en la laxitud de rodilla, hubo 2 estudios en los que no se observaron diferencias y 2 en los que sí. En primer lugar, podemos ver como Eiling et al. (2007) y Park et al. (2009) analizaron sus muestras de maneras muy similares.

Ambos utilizaron un artrómetro KT-2000, pero se proporcionaron diferentes fuerzas a la hora de realizar la medición. A pesar de este pequeño detalle, en ambos casos se llegaron a los mismos resultados. Tanto Eiling et al. (2007) como Park et al. (2009) observaron como existían alteraciones en cuanto a la laxitud de rodilla. Esta aumentaba durante la fase folicular, alcanzando el pico en la fase ovulatoria. Posteriormente, esta laxitud se redujo en la fase lútea, produciendo unos niveles similares a la fase folicular.

Por otro lado, además de la laxitud de rodilla, ambos estudios hablan sobre la rigidez músculo-tendinosa. Park et al. (2009) mencionan la rigidez, pero no realizaron ninguna prueba específica a parte de la mencionada anteriormente, por lo que entiende que esta rigidez es inversamente proporcional a la laxitud. Por ello, determina que la rigidez es menor durante la ovulación. Sin embargo, Eiling et al. (2007) sí que realizaron una prueba específica para cuantificar la rigidez músculo-tendinosa, y de esta forma, demostrar que es inversamente proporcional a la laxitud. En este caso realizaron un protocolo de salto unipodal sobre una plataforma de fuerza y a través de un software se confirmó que existe una menor rigidez músculo-tendinosa durante la fase ovulatoria.

Por el contrario, tanto Shafiei et al. (2016) como Hertel et al. (2006), tras haber analizado también la laxitud de rodilla, no observaron ningún cambio entre las fases del ciclo menstrual. En el caso de Shafiei et al. (2016), las pruebas que realizaron para la laxitud de rodilla fueron el cajón anterior y la prueba de Lachman, las cuales son dos pruebas específicas de LCA. Es cierto que son dos pruebas muy específicas, sin embargo, al ser dos pruebas realizadas por un profesional en lugar de por tecnología que cuantifica los resultados, se podría decir que los resultados son subjetivos y por lo tanto no son del todo fiables. Así se observa en el artículo, en el que en ningún momento se cuantifican los resultados de laxitud de rodilla. Hertel et al. (2006) en cambio, sí que utilizaron un artrómetro KT-1000, con el que analizaron la laxitud de rodilla en las diferentes fases y en este caso tampoco se pudieron observar diferencias significativas.

En cuanto a la comparación de los procedimientos llevados a cabo por Hertel et al. (2006) y Eiling et al. (2007) y Park et al. (2009), la única diferencia fue los modelos de

los artrómetros utilizados. Ambos tipos de artrómetros se utilizan para analizar la laxitud de rodilla y la única diferencia entre ellos es que en el artrómetro KT-1000, los resultados se recopilan de manera manual, mientras que el artrómetro KT-2000 es capaz de guardar los datos en un ordenador. Por lo tanto, se podría decir que ambos artrómetros tienen la misma fiabilidad ya que la manera de utilizarlos y el uso es el mismo.

Otros aspectos relacionados con la estabilidad de rodilla, que pueden ser factores de riesgo, han sido estudiados comparándolos en las diferentes fases del ciclo menstrual. Hertel et al. (2006), además de analizar la laxitud de rodilla, observó si había cambios en otras variables. Se centró en estudiar la fuerza en cuádriceps e isquiotibiales, el sentido de la posición articular y el control postural. En este caso, al igual que en laxitud de rodilla, no observaron diferencias significativas en ninguna de las mediciones realizadas.

A lo largo de los estudios analizados, se estudió algún aspecto más relacionado con los factores de riesgo de lesión del LCA. Hohmann et al. (2011) centraron su estudio exclusivamente en los perfiles de aceleración tibial. Analizaron diferentes componentes del perfil de aceleración tibial, los cuales son el pico de aceleración tibial (PTA), el tiempo a aceleración tibial 0 (TZTA) y el tiempo a pico de aceleración tibial (TPTA) con la ayuda de un acelerómetro uniaxial. Se observaron diferencias en cuanto al TPTA, alcanzando el pico en la fase ovulatoria, lo que significa que en esa fase existe un peor control neuromuscular.

Analizando estos resultados de manera conjunta en lugar de por apartados, se puede observar como Adachi et al. (2008), Eiling et al. (2007), Park et al. (2009), y Hohmann et al. (2011) analizaron diferentes datos y en todos los casos, los resultados mostraron un mayor índice de lesión del LCA o que aumentaban los factores de riesgo analizados durante la fase ovulatoria. Por el contrario, Stijak et al. (2015), Shafiei et al. (2016) y Hertel et al. (2006) no fueron capaces de demostrar diferencias significativas entre las fases del ciclo menstrual en cuanto a incidencia o factores de riesgo. Por último, Dragoo, Castillo, Braun et al. (2011), Dragoo, Castillo, Korotkova et al. (2011), Nose-Ogura et al. (2017) y Agel et al. (2006) se centraron más en la relaxina y en la terapia hormonal. Se demostró un efecto de la relaxina sobre la incidencia de lesión del LCA,

observándose cómo por un lado existía una mayor concentración de relaxina en las lesiones del LCA y también como aquellas personas con terapia hormonal tenían niveles más bajos de relaxina. Sin embargo, Agel et al. (2006), trató de relacionar de manera directa la terapia hormonal con la lesión del LCA y las lesiones ligamentosas de tobillo y en este caso no pudo demostrar ninguna relación debido al tamaño de la muestra.

## 6. Futuras líneas de investigación

Como se ha podido observar a lo largo de la revisión, los artículos que se incluyeron son de los últimos 15 años, por lo que, a pesar de ser un tema de gran relevancia en los deportes femeninos, debería de estudiarse más a fondo y se debería de actualizar más la información. Además, los deportes femeninos van ganando mayor importancia cada día, por lo que, desde el punto de vista profesional, es necesario utilizar toda la información de la que se dispone para reducir el índice de lesiones, teniendo en cuenta todos los factores de riesgo.

Según se ha mencionado al principio de la investigación, se está empezando a utilizar la tecnología para controlar el calendario del ciclo menstrual y adaptar las cargas, individualizando al máximo los entrenamientos dentro de lo colectivo. Sin embargo, no hay ningún estudio que certifique la eficacia de estos métodos. Por ello, sería de utilidad comparar el índice de lesiones de LCA entre equipos profesionales que utilicen este tipo de aplicaciones, con equipos semi-profesionales que no dispongan de estas facilidades.

Además, como se ha visto durante la revisión, varios artículos hablan sobre los efectos de la terapia hormonal anticonceptiva sobre los niveles de hormonas, pero solo uno se centra en relacionar de manera directa el tratamiento hormonal con la lesión del LCA. Como la muestra no fue lo suficientemente alta, sería necesario seguir investigando acerca de la relación del uso de terapia hormonal sobre el riesgo de lesión del LCA.

Por último, como línea de investigación futura, sería interesante saber si existen diferencias entre los deportes colectivos e individuales en cuanto al índice de lesiones del LCA, y tras analizar estos datos estudiar si esa posible diferencia es debido al deporte en sí o a los métodos de entrenamiento, ya que en los deportes individuales es más sencillo controlar las cargas porque los entrenamientos son más individualizados.

## 7. Conclusiones

Tras realizar la revisión, se ha podido observar que los diferentes autores centraron sus investigaciones en aspectos diferentes y todos ellos se pueden relacionar con la rotura del LCA. Además, algunos de los autores se centraron directamente en la lesión del LCA. Por ello, a la hora de llegar a las conclusiones, es muy importante analizar todos los resultados de manera correcta.

En primer lugar, se puede concluir que existe una relación evidente entre el ciclo menstrual y las lesiones del LCA en deportistas que compiten en deportes colectivos. Esta relación se debe principalmente a la fluctuación de los niveles de hormonas y las alteraciones que esto provoca sobre las diferentes estructuras y los diferentes factores de riesgo.

Además, podemos confirmar que esta relación significa que existen diferencias en el índice de lesiones en deportes colectivos durante las diferentes fases del ciclo menstrual. Como se ha podido ir viendo durante la revisión, existe un mayor índice de lesión del LCA en la fase ovulatoria. Asimismo, en la fase ovulatoria se pudieron observar otros cambios que también están íntimamente relacionados con los factores de riesgo. El aumento de laxitud de rodilla en esta fase y los cambios en el perfil de aceleración tibial que se corresponden con un peor control neuromuscular, demuestran que, durante esta fase, además de haber una mayor incidencia, hay un mayor riesgo de lesión del LCA.

Por último, como se ha mencionado anteriormente, los artículos han demostrado que existe relación entre la lesión del LCA y el ciclo menstrual, sin embargo, solo en dos

se analizaron estructuras ligamentosas más allá de la rodilla. En ninguno de los casos se observaron diferencias sobre las lesiones ligamentosas de tobillo ni sobre la hiperlaxitud ligamentosa a nivel general. A pesar de esto, las investigaciones que analizaron los niveles de relaxina tanto a través de la terapia hormonal como sin ella, demostraron cambios en los niveles hormonales durante el ciclo menstrual, lo cual tiene un efecto directo sobre la laxitud ligamentosa. Por lo tanto, debido a los resultados ambiguos, no se puede determinar si existe relación entre el ciclo menstrual y el índice de lesiones ligamentosas, y sería necesario seguir investigando sobre el tema.

## 8. Referencias bibliográficas

- Adachi, N., Nawata, K., Maeta, M., & Kurozawa, Y. (2008). 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>
- Agel, J., Bershady, B., & Arendt, E. A. (2006). Hormonal therapy: ACL and ankle injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(1), 7–12. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000194072.13021.78>
- Ayala-Mejías, J. D., García-Estrada, G. A., & Alcocer Pérez-España, L. (2014, January 1). Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Acta Ortopédica Mexicana*.
- DeMorat, G., Weinhold, P., Blackburn, T., Chudik, S., & Garrett, W. (2004). Aggressive Quadriceps Loading Can Induce Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury. *American Journal of Sports Medicine*, 32(2), 477–483. <https://doi.org/10.1177/0363546503258928>
- Dragoo, J. L., Castillo, T. N., Braun, H. J., Ridley, B. A., Kennedy, A. C., & Golish, S. R. (2011). Prospective correlation between serum relaxin concentration and anterior cruciate ligament tears among elite collegiate female athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 39(10), 2175–2180. <https://doi.org/10.1177/0363546511413378>
- Dragoo, J. L., Castillo, T. N., Korotkova, T. A., Kennedy, A. C., Kim, H. J., & Stewart, D. R. (2011). Trends in serum relaxin concentration among elite collegiate female athletes. *International Journal of Women's Health*, 3(1), 19–24. <https://doi.org/10.2147/IJWH.S14188>
- Eiling, E., Bryant, A. L., Petersen, W., Murphy, A., & Hohmann, E. (2007). 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>
- Hansen, M., & Kjaer, M. (2016). Sex hormones and tendon. In *Advances in Experimental Medicine and Biology* (Vol. 920, pp. 139–149). Springer New York LLC. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-33943-6\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33943-6_13)
- Hermoso, J. A. H., & Monllau, J. C. G. (2012). *Lesiones ligamentosas de la rodilla*. Marge Books.
- Hertel, J., Williams, N. I., Olmsted-Kramer, L. C., Leidy, H. J., & Putukian, M. (2006). Neuromuscular performance and knee laxity do not change across the menstrual cycle in female athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14(9), 817–822. <https://doi.org/10.1007/s00167-006-0047-4>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., ... Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492–501. <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>
- Hohmann, E., Bryant, A. L., Livingstone, E., Reaburn, P., Tetsworth, K., & 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>
- Hootman, J. M., Dick, R., & Agel, J. (2007, April). Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: Summary and recommendations for injury prevention initiatives. *Journal of Athletic Training*.



- Knudtson, J., & McLaughlin, J.E. (2019). Ciclo menstrual - Salud femenina - Manual MSD versión para público general. *Manual MSD*. Recuperado de <https://www.msmanuals.com/es-pe/hogar/salud-femenina/biología-del-aparato-reproductor-femenino/ciclo-menstrual>
- Nose-Ogura, S., Yoshino, O., Yamada-Nomoto, K., Nakamura, M., Harada, M., Dohi, M., ... Saito, S. (2017). Oral contraceptive therapy reduces serum relaxin-2 in elite female athletes. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*, 43(3), 530–535. <https://doi.org/10.1111/jog.13226>
- Oficina para la Salud de la Mujer. (2018). Ciclo menstrual. *OASH*. Recuperado de <https://espanol.womenshealth.gov/menstrual-cycle>
- Park, S. K., Stefanyshyn, D. J., Loitz-Ramage, B., Hart, D. A., & Ronsky, J. L. (2009). Changing hormone levels during the menstrual cycle affect knee laxity and stiffness in healthy female subjects. *American Journal of Sports Medicine*, 37(3), 588–598. <https://doi.org/10.1177/0363546508326713>
- Parlebas, P. (2001). *Juegos, deporte y sociedades. Léxico de praxeología motriz*. Editorial Paidotribo.
- Rogel-Cayetano, S., & Salvador, Z. (2019) El ciclo menstrual: ¿qué ocurre en cada una de sus fases?. *Reproducción Asistida ORG*. Recuperado de <https://www.reproduccionasistida.org/fases-del-ciclo-menstrual/#fases-del-ciclo-menstrual>
- Rowan, K. (2020). Exclusive: Chelsea become first club to tailor training to menstrual cycles. *The Telegraph*, 13.
- Saló, J. M. (2016). Estructura de los ligamentos. Características de su cicatrización. *Revista del Pie y Tobillo*, 2016, 1-6.

- Shafiei, S. E., Peyvandi, S., Kariminasab, M. H., Azar, M. S., Daneshpoor, S. M. M., Khalilian, A., & 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/asjasm.30199>
- Stijak, L., Kadija, M., Djulejić, V., Aksić, M., Petronijević, N., Marković, B., ... Filipović, B. (2015). 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>
- Tampax. (s.f.). Ciclo menstrual y visita ginecológica. *Guía Ciclo menstrual y visita ginecológica*, 5ª edición. Recuperado de <https://sego.es/mujeres/Guia%20del%20ciclo%20menstrual.pdf>