



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

Facultad de Enfermería y Fisioterapia

GRADO EN FISIOTERAPIA

TRABAJO FIN DE GRADO

Trabajo de revisión bibliográfica sistemática

**“INFLUENCIA DEL CICLO MENSTRUAL
EN LA LAXITUD ANTERIOR DE LA
RODILLA Y LA ROTURA DEL
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”**

Estudiante: Marta Gómez Mateos

Tutora: Ana Silvia Puente González

Salamanca, junio 2021

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Ligamento cruzado anterior.....	2
1.2 Factores de riesgo	3
1.3 Ciclo menstrual.....	4
3. OBJETIVOS.....	6
4. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y SELECCIÓN DE ESTUDIOS.....	6
5. SÍNTESIS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	7
6. DISCUSIÓN	13
5.1 Laxitud y ciclo menstrual	13
5.2 Riesgo lesional del LCA: estadística, laxitud y relaxina.....	14
5.3 Limitaciones de los estudios y necesidad de nuevas investigaciones.....	15
7. CONCLUSIONES	16
8. BIBLIOGRAFÍA.....	17
9. ANEXOS.....	21

1. RESUMEN

Introducción: la tasa de incidencia de roturas del ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas es mayor que en el sexo masculino. Existen múltiples factores de riesgo en relación con esta lesión, entre los que destaca el componente hormonal, que sufre fluctuaciones durante las diferentes fases del ciclo menstrual.

Objetivos: investigar la relación entre la laxitud del ligamento cruzado anterior, el riesgo lesional y las diferentes etapas del ciclo menstrual femenino.

Metodología: se realizó una búsqueda bibliográfica de los artículos publicados en los últimos 10 años en las bases de datos PubMed y CINAHL, utilizando términos en inglés conectados por operadores booleanos. Se efectuó una selección y se incluyeron 11 artículos en el estudio.

Resultados: en los 11 artículos seleccionados se estudiaron las variables de laxitud, niveles hormonales y estadística lesional en las distintas fases del ciclo menstrual, existiendo diferencias según los métodos de valoración empleados.

Conclusiones: la laxitud del ligamento cruzado anterior sufre variaciones en relación con los niveles hormonales, siendo más laxo en la fase ovulatoria, etapa en la que aumenta la concentración de estrógenos. Además, estos cambios pueden afectar a la predisposición lesional de esta estructura, aunque son necesarias nuevas investigaciones para poder abordar los riesgos desde el campo de la prevención.

Palabras clave: “ACL”, “knee laxity”, “menstrual cycle”, “ovulation” y “estrogen”.

2. INTRODUCCIÓN

La rotura de ligamento cruzado anterior (LCA) es la segunda lesión más frecuente en el ámbito deportivo, únicamente por detrás del esguince de tobillo¹ y una de las que más impacto socioeconómico presenta.

Numerosos autores, como Sutton KM y Bullock JM², afirman que la tasa de incidencia de lesión en este ligamento varía según el sexo, siendo 3 veces mayor en mujeres que en hombres.

La mayoría de las lesiones de LCA se producen por mecanismos sin contacto, frecuentemente por un valgo forzado con el pie en apoyo, unido a flexión y rotación externa de la tibia, aunque también es habitual la rotura por hiperextensión forzada. Es por esta razón por la que las lesiones del LCA son muy frecuentes en deportes que requieren pivotes, saltos, cambios de dirección... como el fútbol, el baloncesto o el esquí. En relación con estas actividades, la literatura también confirma que las mujeres son más propensas a la lesión de este ligamento: Joseph AM et al³ concluyeron que la incidencia en mujeres baloncestistas es 4 veces mayor que en hombres y Larruskain J et al⁴, que en mujeres que practican fútbol, la tasa de incidencia es casi 5 veces mayor que en el sexo masculino

Estas diferencias tan significativas, unido al aumento progresivo de la participación de la mujer en el deporte, ha llevado al campo de la investigación a tratar de encontrar los factores de riesgo biomecánicos, anatómicos y hormonales que justifiquen estas variaciones.

Los cambios hormonales, muy relevantes en el sexo femenino, han sido sujeto de gran cantidad de estudios, desde que Möller-Nielsen y Hammar⁵, en 1989, sostuvieron que había relación entre las lesiones en el fútbol femenino y las diferentes fases del ciclo menstrual.

1.1 Ligamento cruzado anterior

El LCA es un ligamento intracapsular y extrasinovial que se origina en la parte medial del cóndilo femoral externo y se inserta en la superficie preespinal de la tibia. Es el principal ligamento estabilizador de la rodilla, ya que limita el desplazamiento anterior de la tibia respecto al fémur, es decir, la excesiva laxitud en sentido anterior de la rodilla, así como los movimientos extremos en varo y en valgo⁶.

Presenta dos fascículos diferentes desde el punto de vista funcional, el anteromedial y el posterolateral. Las fibras del LCA tienen una estructura helicoidal, torsionándose sobre sí mismas y reclutándose unas u otras según el recorrido articular, por lo que la longitud y la orientación de las fibras va cambiando a medida que rota la articulación⁷.

La capacidad de cicatrización de este ligamento es muy pobre. Esto hace que cuando se rompe, se suele recurrir a técnicas quirúrgicas entre las que destacan los autoinjertos, como la técnica “HTH” (hueso-tendón-hueso) o la técnica “T4”, usando un autoinjerto de los tendones de los músculos semitendinoso y recto interno.

1.2 Factores de riesgo

- *Factores de riesgo extrínsecos*²: entre los que destacan la climatología, generando más predisposición a la lesión los climas cálidos; y el tipo de calzado empleado en la actividad deportiva y su relación con la superficie o el suelo, existiendo mayor riesgo cuando permiten mucha fricción.
- *Factores de riesgo intrínsecos*: existen múltiples factores de riesgo intrínsecos que predisponen a sufrir lesiones del LCA. A continuación, se exponen los más relevantes, haciendo especial hincapié en la comparativa de las evidentes diferencias que existen entre hombres y mujeres.
 - **Biomecánicos y neuromusculares**⁸:

Estos factores son modificables, ya que está demostrado que cuanto mejor sea el control neuromuscular, menor riesgo de lesión del LCA existirá. Debido a esto se hace interesante su estudio de cara a las estrategias de prevención en lesiones del LCA.

A día de hoy, las investigaciones han concluido que un desequilibrio entre la fuerza y los patrones de activación de la musculatura flexora (isquiosural) y la extensora (cuádriceps) puede ser la causa de los fallos en el control motor a nivel de las articulaciones de la cadera y de la rodilla, lo que genera cierta predisposición a lesiones, en concreto, en el LCA. En términos generales, las mujeres, en comparación con los hombres, reclutan el aparato extensor antes en el tiempo que el aparato flexor en aterrizajes tras saltos. El hecho de tener una mayor activación de la musculatura cuadriceps en comparación a la isquiosural se considera un factor de riesgo, ya que la musculatura con menor reclutamiento es la “agonista” y “protectora” del LCA.

- **Factores anatómicos:**

Entre los factores de riesgo anatómicos destaca el aumento del ángulo Q, que marca la oblicuidad del aparato extensor de la rodilla. Este ángulo es estadísticamente mayor en la mujer que en el hombre, por lo que hay más estrés en las estructuras ligamentosas y un mayor genu valgo, lo que pueden ser factores predisponentes de cara a lesiones del LCA².

En varios estudios, como el de Oh et al⁹ se concluye que un aumento del ángulo anatómico de pendiente tibial posterior (“posterior tibial slope”), coloca la tibia más anterior en relación con el fémur, lo que se traduce en un aumento de la tensión en el LCA. Sin embargo, hasta la fecha no se han establecido relaciones claras entre este factor y las diferencias entre hombres y mujeres.

- **Factores de riesgo hormonales:**

Podrían ser explicados por las fluctuaciones, variaciones y cambios que se producen durante el ciclo menstrual, tema que se abordará y sobre el cual se irá profundizando a lo largo de todo el trabajo.

1.3 Ciclo menstrual

El hipotálamo, la hipófisis y el ovario son las principales estructuras de regulación del ciclo menstrual. El hipotálamo secreta de forma pulsátil la hormona estimulante de gonadotropinas (GnRH), que promueve, en la hipófisis anterior, la secreción de la hormona luteinizante (LH) cuando los pulsos son altos y hormona foliculoestimulante (FSH), cuando los pulsos son bajos. Estas hormonas actúan sobre las células del ovario, que produce estrógenos en el folículo, progesterona en el cuerpo amarillo y andrógenos, principalmente testosterona, en el intersticio¹⁰.

La duración media de un ciclo menstrual es de 28 días, considerándose normal entre 21 y 35 días. La mayoría de los autores, como es el caso de Julie E. Holesh et al. sostienen que se divide en tres fases¹¹ (*Figura 1*):

- *Fase preovulatoria o folicular*: en un ciclo típico abarca desde el día 1 (primer día de la menstruación) hasta el 14. Aquí, a medida que avanza la fase, van aumentando los estrógenos, que se encuentran en niveles muy bajos en la menstruación. Además, se produce un engrosamiento del endometrio.

Al inicio de la fase, aumenta la FSH y muchos folículos primarios inician el proceso de maduración. A medida que va avanzando el ciclo, se eleva la LH y la gran mayoría de los folículos primarios se van degenerando y sufriendo una apoptosis, con lo que, normalmente, solo uno es capaz de convertirse en folículo maduro (en algunas ocasiones más) y prepararse para la ovulación.

La LH predomina a partir de la mitad de la fase y llega a su pico máximo 24-36 horas antes de la ovulación, lo que marca el final de la fase folicular y el inicio de la siguiente fase.

- **Fase ovulatoria:** ocurre alrededor del día 14 en un ciclo típico, unas 34-36 horas después del pico de secreción de LH, que debilita la pared del ovario y permite el paso del folículo maduro. El ovario libera un óvulo en la trompa de Falopio. Esta fase se caracteriza por un alto nivel de estrógenos y bajos niveles de progesterona.
- **Fase lútea:** dura del día 15 al 28 en un ciclo típico. Empieza con la formación del cuerpo lúteo, estimulado por la FSH y LH si no se ha producido la fecundación. La FSH y la LH disminuyen, al igual que los estrógenos al inicio. En contraposición, hay un aumento progresivo de la progesterona, y cuando esta disminuye, vuelve a empezar el ciclo con la menstruación.

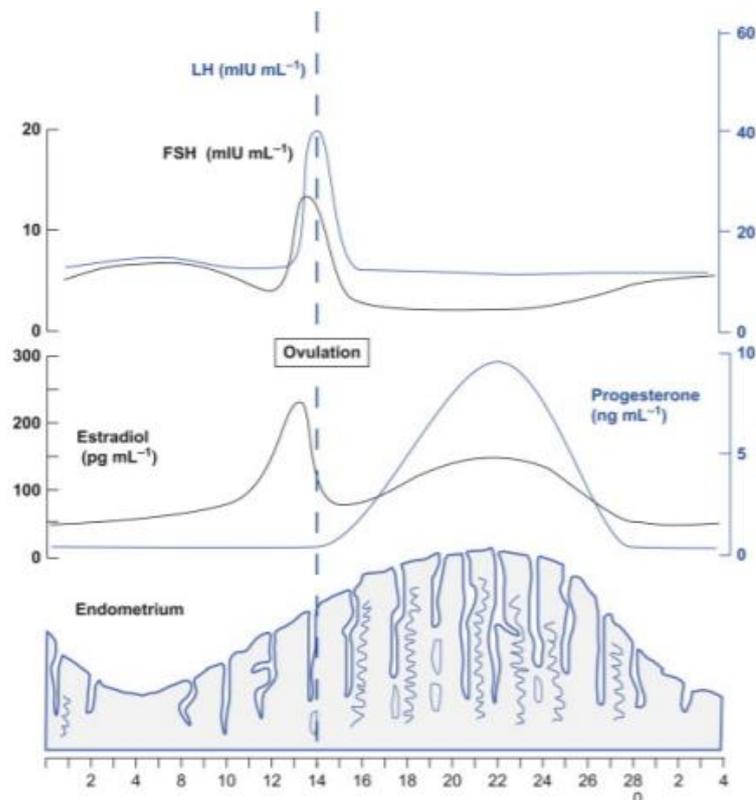


FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN HORMONAL DURANTE EL CICLO MENSTRUAL¹²

3. OBJETIVOS

El objetivo general de esta revisión sistemática es conocer la relación que existe entre los cambios hormonales que se producen durante el ciclo menstrual femenino y la laxitud del ligamento cruzado anterior.

El objetivo específico es conocer cuáles son las repercusiones más relevantes cuando existe excesiva laxitud en el ligamento cruzado anterior.

4. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y SELECCIÓN DE ESTUDIOS

Para la realización de esta revisión sistemática se efectuó una búsqueda bibliográfica en los meses de enero, febrero, marzo y abril en las bases de datos PubMed y CINAHL, utilizando las palabras clave: “menstrual cycle”, “knee laxity”, “ACL”, “estrogen” y “ovulation”.

Se desarrolló la siguiente estrategia de búsqueda:

((ACL) OR (knee laxity)) AND ((menstrual cycle) OR (ovulation) OR (estrogen))

En PubMed, se pusieron los siguientes límites a la búsqueda: fecha de publicación en los últimos 10 años y en inglés, francés o español. Los tipos de artículos filtrados fueron: estudio de casos (case reports), ensayo clínico (clinical study, clinical trial), ensayo clínico aleatorizado (randomize controlled trial), meta-análisis (meta-analysis), revisión sistemática (systematic review), artículos de revistas (journal article) y estudios observacionales (observational study). Tras la búsqueda se obtuvieron 86 artículos como resultado.

En CINAHL, la búsqueda se realizó con el límite de fecha de publicación en los últimos 10 años, en inglés, francés o español, y mediante la cual se obtuvieron 97 artículos.

De los 183 resultados totales obtenidos, se eliminaron 57 por estar duplicados en ambas bases de datos.

Posteriormente, se realizó una lectura del título y resumen de los 126 artículos restantes y se descartaron 91 por no adecuarse a los objetivos de esta revisión.

Por último, se realizó una lectura exhaustiva de los 35 artículos restantes; de los cuales se descartaron 8 por no cumplir los criterios de inclusión y 16 por cumplir los criterios de exclusión, quedando para la revisión final 11 artículos seleccionados.

Criterios de inclusión:

- Estudios que incluyan mujeres eumenorreicas, con una menstruación regular (entre 21 y 35 días).
- Estudios con sujetos sanos.
- Estudios con sujetos que no hayan sufrido intervenciones quirúrgicas en la rodilla ni lesiones en esta articulación en los últimos 6 meses.

Criterios de exclusión:

- Estudios centrados en mujeres que tomen anticonceptivos orales.
- Estudios que incluyan mujeres con historia de embarazo.
- Estudios que incluyan mujeres con disfunciones menstruales.
- Estudios que incluyan mujeres con IMC>30.

5. SÍNTESIS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Tras la realización de las búsquedas bibliográficas, se incluyeron 11 artículos en esta revisión sistemática (*Figura 2*).

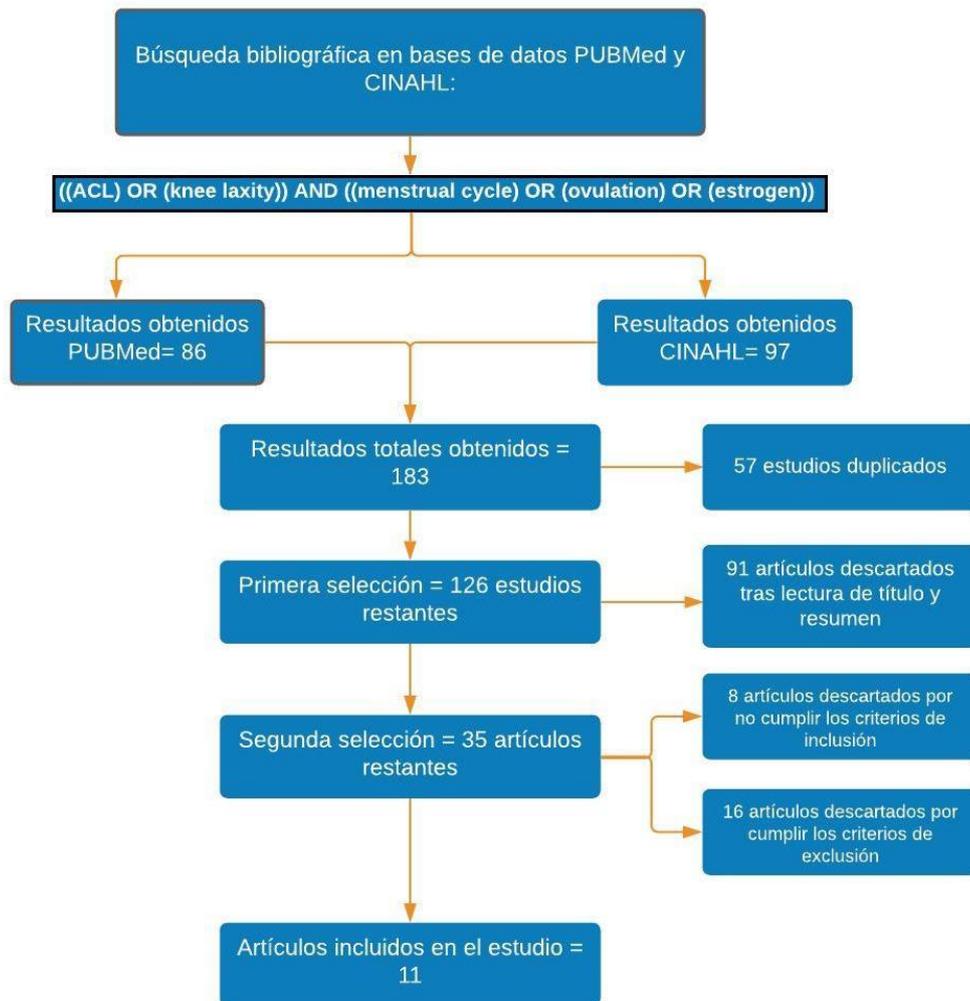


FIGURA 2. EXPLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA (DIAGRAMA DE FLUJO)

Dentro de los 11 artículos seleccionados, 9 eran estudios observacionales¹³⁻²¹ y 2 revisiones sistemáticas^{22,23}. Todos ellos cumplían los criterios de inclusión presentados anteriormente, y ninguno cumplía los criterios de exclusión. En el *Anexo I* se incluye una tabla, donde se han recogido e interpretado los datos que describen los artículos con los apartados más identificativos de cada estudio.

En el *Anexo 2* se recoge una tabla-resumen de los aspectos más relevantes de cada artículo: autor y título, objetivos, participantes, métodos y resultados.

En el total de estudios observacionales incluidos, 609 sujetos fueron objeto de estudio para investigar si la excesiva laxitud anterior de rodilla y la rotura del LCA estaban relacionadas con los diferentes cambios hormonales que se producen durante el ciclo menstrual.

8 de los 11 artículos se centran en el análisis de la laxitud del LCA, medida de forma directa con artrómetros (KT-1000 o KT-2000) o con las maniobras de Lachman y del cajón anterior; o de forma indirecta, por medio de la aceleración tibial¹⁹. Otro de los estudios²⁰ está orientado a la concentración de relaxina y la lesión del LCA, y el restante²¹ hace un análisis estadístico de la rotura de LCA en las diferentes fases del ciclo.

Todas las investigaciones tienen en consideración el aspecto hormonal, bien sea monitorizado por cuestionarios, por predictores de ovulación o por análisis de sangre.

El primer artículo analizado¹³ fue un estudio con 10 mujeres eumenorreicas entre 18 y 30 años para evaluar la relación entre las concentraciones de estradiol y la temperatura de los tejidos en las diferentes fases del ciclo menstrual, y relacionar sus efectos combinados en la laxitud anterior de la rodilla. Para ello, midieron la elasticidad del LCA con artrómetro, la concentración de estradiol con análisis sanguíneo, la fuerza de flexión, la temperatura de la piel y la temperatura profunda de la rodilla. Observaron un aumento de la laxitud del LCA durante la ovulación, cuando hay niveles más altos de estrógenos, y, además, se acentúa aún más cuando la rodilla presenta temperaturas altas.

Shultz SJ et al¹⁴ tuvieron como objetivo analizar las variaciones durante el ciclo menstrual en la laxitud anterior y las adaptaciones de la rodilla en el paso de descarga a carga. Para ello, midieron la laxitud mediante un artrómetro con la rodilla a 25° de flexión y las respuestas musculares con EMG y dinamómetro, durante la traslación anterior de la tibia y solicitando fuerza isométrica en flexión y en extensión. Los participantes del estudio fueron 74 mujeres y 50 hombres entre 18 y 30 años. Las mediciones tuvieron lugar 6 días después de la menstruación y 8 días después de la ovulación (estimada con un test predictor) en las mujeres, y en las fechas coincidentes en el caso de los hombres. La laxitud y la traslación anterior de la tibia variaron en las mujeres según las etapas del ciclo, teniendo grandes repercusiones en la biomecánica de la articulación femorotibial respecto a la anticipación de las cargas. Los autores concluyeron que una gran magnitud de laxitud, medida en ciertas etapas del ciclo menstrual, pueden llevar a una mayor traslación anterior tibial, tardando más tiempo el LCA en restringir este movimiento.

Maruyama S et al¹⁵ buscaron estudiar la relación entre la laxitud anterior de la rodilla y la laxitud articular general durante el ciclo menstrual. En su investigación, incluyeron a 49 mujeres eumenorreicas de más de 20 años, de las cuales solo 15 terminaron el estudio. Estimaron la fecha de ovulación con tests de orina de LH, midieron la temperatura basal diariamente durante dos meses y se realizaron las mediciones de laxitud en cada una de las 4 fases (fase folicular temprana, fase folicular tardía, ovulación y fase lútea). La laxitud anterior de la rodilla se calculó con un artrómetro, y la laxitud articular general se midió con una batería de tests, de forma bilateral, en las articulaciones de la rodilla, cadera, tobillo, hombro, codo y muñeca, en siete posiciones distintas. Se dividió la muestra en dos grupos: mujeres con genu recurvatum (GR) y mujeres sin GR. Los resultados que se extrajeron fueron que no había variaciones relevantes en la laxitud articular general en las diferentes fases. La laxitud anterior del LCA varió significativamente de unas fases a otras, aunque únicamente en el grupo que presentaba GR, pero no en el que no tenía GR. Concluyeron con que los mayores datos de laxitud se obtuvieron en la fase ovulatoria, lo que puede ser un factor de riesgo de lesión del LCA en mujeres con GR.

Khowailed IA et al¹⁸ investigaron sobre los efectos que tiene el 17β -Estradiol en la laxitud del LCA y los patrones de control neuromuscular durante las diferentes fases del ciclo. Las participantes fueron 12 mujeres deportistas eumenorreicas, y la particularidad de este estudio es que no podían correr más de 20 kilómetros a la semana. La laxitud fue medida con un artrómetro y las participantes fueron sometidas a una prueba de 6 minutos de carrera en cinta con sensores de presión, para medir la fuerza de impacto con el suelo. Las mediciones se realizaron dos veces durante un ciclo menstrual, una en la fase folicular y otra en la ovulatoria, calculada mediante un test predictor. Se observó que cuando hay picos de estradiol, en la ovulación, hay un aumento de la laxitud del LCA. Además, aportaron información en el ámbito neuromuscular, a diferencia de los estudios anteriores. Afirmaron que las mujeres utilizan estrategias neuromusculares diferentes según la etapa del ciclo. En las fases folicular y ovulatoria, presentaron un mayor reclutamiento del vasto externo respecto al interno. Esto puede llevar a comprimir más la parte lateral de la articulación y aumentar la carga que soporta el LCA en fases de impacto después de un salto, acrecentando el riesgo de lesión del ligamento.

Hohmann E et al¹⁶ sometieron a 11 jugadoras de netball y 6 jugadores de rugby sin hiperlaxitud, a tareas de deceleración y aterrizaje sobre la pierna dominante tras un salto y un pase de pecho. Se cuantificó su aceleración tibial con un acelerómetro y también se midieron los niveles de progesterona, estrógenos, LH y FSH con análisis sanguíneo. Las mujeres fueron testadas en las diferentes etapas del ciclo, mientras que los hombres, dos veces en diferentes momentos. El objetivo de su estudio fue analizar si las variaciones en los estrógenos podían provocar alteraciones en la biomecánica del miembro inferior y en la traslación anterior tibial. En sus resultados no hubo diferencias significativas en el pico de aceleración tibial según el sexo; pero sí se observó que las mujeres durante la fase ovulatoria, en la que se presentan los picos más altos de estrógenos, a diferencia de otras fases y de los hombres, se anticipaban más tarde a la carga tras un salto, lo que indica peor control neuromuscular, así como mayor desplazamiento anterior de la tibia.

Schmitz RJ y Shultz SJ¹⁷ buscaron describir el desplazamiento anterior de la tibia en carga y comparar los cambios de “stiffness” (rigidez) durante el ciclo menstrual entre unas mujeres y otras. Midieron la laxitud anterior de la rodilla con un artrómetro a 57 mujeres físicamente activas en los días 1-6 de la menstruación y en los 8 días siguientes a la ovulación durante dos ciclos consecutivos. También se monitorizó el stiffness durante los días de menor y mayor laxitud. Observaron que las participantes que experimentaron mayores aumentos de laxitud durante el ciclo menstrual, la mayoría en la fase ovulatoria, presentaron también menor rigidez frente a altas cargas; lo que les hizo concluir que, en estas participantes, el LCA puede ser menos efectivo para restringir el cajón anterior y afectar así a la biomecánica de todo el miembro inferior.

En contraposición, Shafiei SE et al¹⁹ discrepan de los resultados anteriores y afirman que, en su investigación, no hay diferencia en las 3 fases del ciclo menstrual en la laxitud del ligamento cruzado anterior. El estudio se realizó con 40 mujeres deportistas con ciclos menstruales regulares, por medio de predictores de ovulación, análisis sanguíneo y las pruebas de Lachman y del cajón anterior en las fases ovulatoria, lútea y en la menstruación.

En cuanto a las revisiones sistemáticas incluidas, ambas buscaron, por medio de búsquedas en bases de datos, estudiar las variaciones de laxitud del LCA en las diferentes fases del ciclo menstrual y su repercusión en las lesiones de este ligamento.

Las conclusiones obtenidas fueron controvertidas. Belanger L et al²², en el año 2013, por medio del análisis de 13 artículos, afirmaron que hay evidencia de que la laxitud del LCA cambia durante el ciclo, siendo este más laxo y por ello más propenso a lesionarse durante la fase preovulatoria. Somerson JS et al²³, en la mayoría de los 28 artículos seleccionados, observaron una mayor laxitud en la fase ovulatoria, en comparación con la folicular y la lútea, pero solo 9 sostuvieron que el riesgo lesional era diferente en unas fases o en otras. Sus conclusiones fueron que la laxitud en la fase ovulatoria es mayor, pero que probablemente, esta no esté relacionada con un mayor riesgo de rotura de este ligamento.

Al igual que el resto de los artículos se centran fundamentalmente en el estradiol y en los estrógenos, Dragoo JL et al²⁰ enfocaron su estudio en la relaxina, buscando comprobar si las mujeres con altos niveles de esta hormona sufren más roturas de LCA que las que sus niveles son bajos. Realizaron un estudio de cohortes prospectivo en el que seleccionaron a 128 mujeres que practicaban deportes catalogados como de alto riesgo de lesión de LCA (baloncesto, volleyball, lacrosse, hockey, fútbol y gimnasia rítmica). Se completaron unos cuestionarios para detectar características de interés y se cuantificaron los niveles de relaxina y progesterona por análisis sanguíneo y ELISA en la mitad de la fase lútea, 6-8 días después del pico de LH. Durante 4 años, se mantuvo contacto con las mujeres para que informaran de posibles roturas de LCA, para que fueran estudiadas y confirmadas por un médico. A pesar de que los resultados no fueron demasiado concluyentes, se observó que las mujeres a las que se detectaron altos niveles de relaxina sufrieron más roturas de LCA porcentualmente, en comparación con las participantes en las que no fue detectable, por lo que concentraciones mayores podrían provocar mayores riesgos de lesión. Sin embargo, no se cumplió relación entre la incidencia lesional y las fases del ciclo menstrual.

Por último, Lefevre N et al²¹, en el año 2013, realizaron un estudio de cohortes prospectivo con un enfoque muy diferente a los anteriores. En él, buscaron distribuir las lesiones de LCA en correspondencia al ciclo menstrual en 172 mujeres que practicaban esquí como hobby. Se observó, por medio de cuestionarios para ubicar la fase del ciclo, que el 33.72% de las mujeres se lesionaron en la fase folicular (días 1-9), el 36.63% en la fase ovulatoria (días 10-14) y un 29.65% en la fase lútea (días 15-28). Concluyeron con que la fluctuación hormonal afecta al riesgo de lesión del LCA en mujeres esquiadoras, siendo 2.4 veces mayor en la fase preovulatoria (folicular y

ovulatoria) que en la fase postovulatoria (lútea), con porcentajes del 70,3% frente al 29,7% respectivamente.

6. DISCUSIÓN

5.1 Laxitud y ciclo menstrual

En relación con los estudios analizados, la mayoría de ellos sugieren variaciones de la laxitud del LCA en las diferentes etapas del ciclo menstrual. Lee H et al¹³, Schmitz RJ y Shultz SJ¹⁷, Khowailed IA et al¹⁸, Belanger L et al²² y Somerson JS et al²³ encontraron diferencias significativas según los cambios hormonales, observando aumentos de laxitud en la fase ovulatoria, momento en el que se localiza el pico máximo de estrógenos. Shultz SJ et al¹⁴, en el 2011, también aseveraron la existencia de fluctuaciones en la laxitud del LCA y en la traslación anterior de la tibia según las etapas del ciclo, con repercusiones a nivel biomecánico en el paso de descarga a carga; pero no especificaron las fases en las que se producían los mayores y menores niveles de laxitud.

La reciente investigación de Maruyama S et al¹⁵, del año 2021, observó diferencias significativas en las mujeres que presentaban genu recurvatum y las que no. La laxitud del LCA de las mujeres con GR presentó variaciones importantes de unas fases a otras. Al igual que los anteriores estudios, encontraron los niveles más altos coincidentes con la etapa en la que el nivel de estrógenos era mayor, la ovulación. Por el contrario, las mujeres que no tenían GR no presentaron variaciones de laxitud en función de la fase menstrual. En este estudio, podría haber sido interesante realizar la medición impidiendo la activación del cuádriceps, para hallar las medidas reales y no cometer errores en la relación entre la laxitud del LCA y el GR. Esto abre un nuevo campo de investigación para encontrar explicación a estos resultados.

En contraposición, Shafiei SE et al¹⁹ sostuvieron conclusiones contradictorias a los anteriores, afirmando que no hay relación entre el ciclo hormonal y la laxitud de la rodilla. La diferencia de este estudio con los previos fue el método de medición de laxitud, que en este caso se realizó sin artrómetro y empleando pruebas específicas para el LCA como son la prueba de Lachman y el cajón anterior, lo que pudo provocar errores que interfieran en sus conclusiones.

5.2 Riesgo lesional del LCA: estadística, laxitud y relaxina

Aunque la mayoría de los artículos analizados previamente, tienen una opinión bastante clara sobre los cambios de laxitud en el ciclo menstrual, no existe la misma consonancia con relación al aumento de laxitud con el riesgo de lesión del LCA.

En cuanto a la estadística lesional, Lefevre N et al²¹ concluyeron que las mujeres presentan una predisposición a lesionarse el LCA 2,4 veces mayor en la fase preovulatoria que en la postovulatoria. Su estudio presenta varias limitaciones, siendo la más significativa la estimación del momento del ciclo a través de cuestionarios y no por medio de pruebas más fiables como tests o análisis de sangre. A pesar de estas limitaciones y a la inexistencia de otras investigaciones que describan la distribución de lesiones en las distintas fases del ciclo menstrual en la última década, en la bibliografía existen otros estudios anteriores que sustentan la misma teoría^{24,25}. La mujer presenta, estadísticamente, más riesgo de lesión del LCA sin contacto en la fase preovulatoria (que comprende la fase folicular y la ovulación) que, en la postovulatoria, correspondiente a la etapa lútea.

Asimismo, Shultz SJ et al¹⁴, Schmitz RJ y Shultz SJ¹⁷ y Belanger L et al²² sostienen que hay mayor predisposición a la lesión en las fases del ciclo menstrual en las que hay mayor concentración de estrógenos y mayor laxitud.

Hohmann E et al¹⁶ y Khowailed IA et al¹⁸ relacionan el riesgo lesional con características neuromusculares y no solo con el concepto de laxitud. El primer estudio¹⁶ concluye que niveles de estrógenos elevados implican un peor control neuromuscular y el segundo¹⁸, que en las fases ovulatoria y folicular se da una mayor compresión en la parte lateral de la articulación y es el momento en el que más carga soporta el ligamento. En definitiva, ambos sostienen que la etapa ovulatoria es la que más riesgo lesional lleva implícito.

Por el contrario, Shafiei SE et al¹⁹, al no encontrar relación entre las hormonas y la laxitud ligamentosa, afirman que no hay concordancia entre la laxitud y el riesgo lesional en las diferentes etapas del ciclo.

Sin embargo, Somerson JS et al²³, Lee et al¹³ y Maruyama S et al¹⁵ no encontraron relación entre la laxitud y el riesgo de lesión, por lo sostienen que se debe seguir investigando en este campo.

Respecto a la hormona relaxina, Dragoo JL et al²⁰ opinan que probablemente los niveles más altos de la relaxina pueden provocar mayor riesgo de lesión del LCA, aunque afirman que son necesarias más investigaciones para llegar a conclusiones importantes. Se han encontrado cantidades significantes de receptores de relaxina en el LCA de mujeres en comparación con los hombres²⁶, por lo que podría ser un factor relevante en la diferencia en las incidencias de lesión de ambos sexos.

5.3 Limitaciones de los estudios y necesidad de nuevas investigaciones

En general, los estudios analizados presentan varias limitaciones que dificultan la obtención de unas conclusiones claras.

En la comparación de unas investigaciones y otras, no hay un consenso en la división de las fases del ciclo menstrual. La clasificación más frecuente es en tres fases (folicular, ovulatoria y lútea), pero otros autores añaden la fase de la menstruación, separándola de la etapa folicular, mientras que algunos de ellos solo diferencian dos etapas (preovulatoria y postovulatoria).

Otro factor valorado en el que hubo diferencias fue en la edad de las personas que participaban en los estudios. La mayoría de los estudios seleccionaron mujeres entre 15 y 30 años, pero algunos autores no establecieron criterios de exclusión a mujeres en edades más avanzadas, como es el caso de Maruyama S et al¹⁵, Schmitz RJ y Shultz SJ¹⁷ y Lefevre N et al²¹. El hecho de incluir a mujeres premenopáusicas en el estudio puede ser una limitación debido a las mayores fluctuaciones hormonales que tienen lugar durante la menopausia.

El tamaño muestral de algunos estudios es escaso, como es el caso de los artículos de Lee H et al¹³, Khowailed IA et al¹⁸ y Maruyama S et al¹⁵; con 10, 12 y 15 participantes respectivamente. Esta muestra tan baja conlleva más riesgo de cometer errores al extrapolar estos resultados a una población general.

En cuanto a la medición directa de la laxitud del LCA, se cuantificó con artrómetros, excepto Shafiei SE et al¹⁹ que lo realizaron por medio de las maniobras de Lachman y del cajón anterior, hecho que pudiera restar precisión a las medidas.

El momento de ovulación y del ciclo hormonal fue calculado de diversas formas, utilizando cuestionarios del ciclo menstrual, concentración de estrógenos en sangre o kits predictores de la ovulación, por medio de la hormona luteinizante. Además de la

difícil determinación de los días exactos del momento ovulatorio, que suele tener lugar entre 2 y 4 días, la variabilidad individual inherente al ciclo menstrual en las mujeres hace necesaria una homogeneización de los métodos de cara a las próximas investigaciones para poder comparar unos resultados con otros.

Al tratarse de la rotura de ligamento cruzado anterior, de un problema en el que intervienen gran cantidad de variables, tanto anatómicas, como biomecánicas como hormonales, además de multitud de factores extrínsecos; es preciso conseguir evidencia en estos ámbitos para poder establecer si existen o no relaciones entre la laxitud del LCA y la predisposición a la lesión. Sería interesante investigar más acerca de los patrones y la activación neuromuscular, así como los cambios a nivel propioceptivo que sufre la articulación de la rodilla en las diferentes fases del ciclo hormonal femenino.

Tal y como se ha ido exponiendo a lo largo de toda la discusión, son necesarias nuevas investigaciones en este campo, que utilicen unas técnicas de medición estándar, muestras amplias y extrapolables a la población general y una misma clasificación de las etapas del ciclo menstrual, para poder conseguir avances más significativos.

7. CONCLUSIONES

Con la presente revisión sistemática se puede concluir que las lesiones de ligamento cruzado anterior son relativamente frecuentes en las mujeres deportistas, presentando mayor predisposición que el sexo masculino.

Además, la laxitud del LCA sufre fluctuaciones a lo largo del ciclo menstrual femenino, al igual que los diferentes niveles de las hormonas que intervienen en el proceso de la menstruación; siendo más laxo durante la fase ovulatoria, momento que coincide con el aumento en el nivel de estrógenos.

Es posible que la laxitud del ligamento cruzado anterior esté relacionada con el riesgo de lesión de esta estructura. Sin embargo, la falta de literatura científica que evidencie esta hipótesis justifica la necesidad de nuevas investigaciones en este ámbito.

Los resultados de esta revisión sugieren un punto de partida para el desarrollo de estrategias en el campo de la prevención, sobre todo en las fases del ciclo menstrual en las que estadísticamente hay más inestabilidad, pudiendo favorecer la predisposición a la rotura ligamentosa.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Lluna AD, Sánchez B, Medrano I, García EM, Sánchez S, Abellán JF. Rotura del ligamento cruzado anterior en la mujer deportista: factores de riesgo y programas de prevención. *Arch Med Deporte*. 2017;34(5):288-92
2. Sutton KM, Bullock JM. Anterior cruciate ligament rupture: Differences between males and females. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21(1):41–50.
3. Joseph AM, Collins CL, Henke NM, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. *J Athl Train*. 2013;48(6):810–7.
4. Larruskain J, Lekue JA, Díaz N, Odriozola A, Gil SM. A comparison of injuries in elite male and female football players: A five-season prospective study. *Scand J Med Sci Sports*. 2018;28 (1): 237-45
5. Möller-Nielsen J, Hammar M. Women's soccer injuries in relation to the menstrual cycle and oral contraceptive use. *Med Sci Sports Exerc*. 1989;21(2):126-9.
6. Neumann DA. Fundamentos de la rehabilitación física. *Cinesiología del sistema musculoesquelético*. 1º ed. Wisconsin: Paidotribo; 2007; 456-460.
7. Forriol F, Maestro A, Vaquero Martín J. El Ligamento cruzado anterior: morfología y función. *Trauma Fund MAPFRE*. 2008; 19(1): 7-18.
8. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Quatman CE. Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *J Orthop Res*. 2016;1843–55.
9. Oh YK, Lipps DB, Ashton-Miller JA, Wojtys EM. What strains the anterior cruciate ligament during a pivot landing? *Am J Sports Med*. 2012;40(3):574–83.
10. Ramírez Balas A. Efectos de las fases del ciclo menstrual sobre la condición física, parámetros fisiológicos y psicológicos en mujeres moderadamente entrenadas [tesis doctoral]. Cáceres; 2014. 10

11. Holesh JE, Bass AN, Lord M. Physiology, Ovulation. StatPearls Publishing. 2021.
12. Feher J. Quantitative Human Physiology: an introduction. 1st ed. Virginia: Academic Press; 2012; 846–55.
13. Lee H, Petrofsky JS, Daher N, Berk L, Laymon M, Khowailed IA. Anterior cruciate ligament elasticity and force for flexion during the menstrual cycle. *Med Sci Monit.* 2013;19:1080–8.
14. Shultz SJ, Schmitz RJ, Nguyen AD, Levine B, Kim H, Montgomery MM, et al. Knee joint laxity and its cyclic variation influence tibiofemoral motion during weight acceptance. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(2):287–95.
15. Maruyama S, Yamazaki T, Sato Y, Suzuki Y, Shimizu S, Ikezu M, et al. Relationship Between Anterior Knee Laxity and General Joint Laxity During the Menstrual Cycle. *Orthop J Sports Med.* 2021;9(3).
16. Hohmann E, Bryant AL, Livingstone E, Reaburn P, Tetsworth K, Imhoff A. Tibial acceleration profiles during the menstrual cycle in female athletes. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2015;135(10):1419–27.
17. Schmitz RJ, Shultz SJ. Anterior knee stiffness changes in laxity “responders” versus “nonresponders” across the menstrual cycle. *J Athl Train.* 2013;48(1):39–46.
18. Khowailed IA, Petrofsky J, Lohman E, Daher N, Mohamed O. 17 β -estradiol induced effects on anterior cruciate ligament laxness and neuromuscular activation patterns in female runners. *J Women’s Heal.* 2015;24(8):670–80.
19. Shafiei SE, Peyvandi S, Kariminasab MH, Azar MS, Mohamad S, Daneshpoor M, et al. Knee laxity variations in the menstrual cycle in female athletes referred to the orthopedic clinic. *Asian J Sport Med.* 2016;7(4):30199

20. Dragoo JL, Castillo TN, Braun HJ, Ridley BA, Kennedy AC, Golish SR. Prospective correlation between serum relaxin concentration and anterior cruciate ligament tears among elite collegiate female athletes. *Am J Sports Med.* 2011;39(10):2175–80.
21. Lefevre N, Bohu Y, Klouche S, Lecocq J, Herman S. Anterior cruciate ligament tear during the menstrual cycle in female recreational skiers. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013;99(5):571–5.
22. Belanger L, Burt D, Callaghan J, Clifton S, Gleberzon BJ. Anterior cruciate ligament laxity related to the menstrual cycle: an updated systematic review of the literature. *J Can Chiropr Assoc.* 2013;57(1):76–86.
23. Somerson JS, Isby IJ, Hagen MS, Kweon CY, Gee AO. The menstrual cycle may affect anterior knee laxity and the rate of anterior cruciate ligament rupture: a systematic review and meta-analysis. *JBJS Rev.* 2019;7(9):1–11
24. Ruedl G, Ploner P, Linortner I, Schranz A, Fink C, Sommersacher R, et al. Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(9):1065–9.
25. Adachi N, Nawata K, Maeta M, Kurozawa Y. Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008;128(5):473–8.
26. Faryniarz DA, Bhargava M, Lajam C, Attia ET, Hannafin JA. Quantitation of estrogen receptors and relaxin binding in human anterior cruciate ligament fibroblasts. *Vitr Cell Dev Biol – Anim.* 2006;42(7):176–81.

9. ANEXOS

AUTORES	TÍTULO	REVISTA/MEDIO	AÑO	IDIOMA
Lee H, Petrofsky JS, Daher N, et al. (13)	Anterior cruciate ligament elasticity and force for flexion during the menstrual cycle	Medical Science Monitor	2013	Inglés
Shultz SJ, Schmitz RJ, Nguyen AD, et al. (14)	Knee Joint Laxity and Its Cyclic Variation Influence Tibiofemoral Motion during Weight Acceptance	Medicine & Science in Sports & Exercise	2011	Inglés
Maruyama S, Yamazaki T, Sato Y, et al. (15)	Relationship Between Anterior Knee Laxity and General Joint Laxity During the Menstrual Cycle	Orthopaedic Journal of Sports Medicine	2021	Inglés
Hohmann E, Bryant AL, Livingstone E, et al. (16)	Tibial acceleration profiles during the menstrual cycle in female athletes	Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery	2015	Inglés
Schmitz RJ, Shultz SJ (17)	Anterior knee stiffness changes in laxity “responders” versus “nonresponders” across the menstrual cycle	Journal of Athletic Training	2013	Inglés
Howailed IA, Petrofsky J, Lohman E, et al. (18)	17β-Estradiol Induced Effects on Anterior Cruciate Ligament Laxness and Neuromuscular Activation Patterns in Female Runners	Journal of Women's Health	2015	Inglés
Shafiei SE, Peyvandi S, Kariminasab MH, et al. (19)	Knee Laxity Variations in the Menstrual Cycle in Female Athletes Referred to the Orthopedic Clinic	Asian Journal of Sports Medicine	2016	Inglés
Dragoo JL, Castillo TN, Braun HJ, et al. (20)	Prospective correlation between serum relaxin concentration and anterior cruciate ligament tears among elite collegiate female athletes	American Journal of Sports Medicine	2011	Inglés
Lefevre N, Bohu Y, Klouche S, et al. (21)	Anterior cruciate ligament tear during the menstrual cycle in female recreational skiers.	Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research	2013	Inglés
Belanger L, Burt D, Callaghan J, et al. (22)	Anterior cruciate ligament laxity related to the menstrual cycle: an updated systematic review of the literature	Journal of the Canadian Chiropractic Association	2013	Inglés
Somerson JS, Isby IJ, Hagen MS, et al. (23)	The menstrual cycle may affect anterior knee laxity and the rate of anterior cruciate ligament rupture a systematic review and meta-analysis.	JBJS Reviews	2019	Inglés

ANEXO 1. TABLA IDENTIFICATIVA DE LOS ARTÍCULOS SELECCIONADOS.

AUTOR	TÍTULO	OBJETIVOS	PARTICIPANTES	MÉTODOS	CONCLUSIONES
Lee H, Petrofsky JS, Daher N, et al. (13)	Anterior cruciate ligament elasticity and force for flexion during the menstrual cycle	Investigar la relación entre las concentraciones de estradiol y la temperatura durante el ciclo menstrual y relacionar sus efectos con la laxitud.	10 mujeres. <ul style="list-style-type: none"> • Criterios de inclusión: 18 a 30 años, IMC entre 15 y 30 y menstruaciones regulares al menos el último año. • Criterios de exclusión: historia de embarazo, neuropatías, miopatías, problemas de rodilla y medicación que pueda alterar las hormonas sexuales. 	Se midió la concentración de estradiol con muestras de sangre venosa, la elasticidad del LCA con un artrómetro y la temperatura de la rodilla con bañeras y compresas con un termómetro infrarrojo.	Aumento de la elasticidad del LCA durante la ovulación. Esta elasticidad aumenta aún más cuando se eleva la temperatura de la rodilla.
Shultz SJ, Schmitz RJ, Nguyen AD, et al. (14)	Knee Joint Laxity and Its Cyclic Variation Influence Tibiofemoral Motion during Weight Acceptance	Estudiar las variaciones durante el ciclo menstrual de: laxitud anterior de la rodilla, traslación anterior de la tibia, adaptaciones de la rodilla en el paso de descarga a carga y genu recurvatum.	Inicialmente se incluyeron 74 mujeres y 50 hombres. <ul style="list-style-type: none"> • Criterios de inclusión: 18-30 años, no fumadores en los últimos 3 meses, deportistas e $IMC \leq 30$. Las mujeres debían tener menstruaciones regulares. • Criterios de exclusión: lesión de rodilla previa y administración de hormonas exógenas. 	Se midió la laxitud anterior de la rodilla y la traslación anterior tibial, con un artrómetro. También el genu recurvatum y las respuestas musculares en el paso de descarga a carga, con EMG y dinamómetro. Las mediciones se realizaron 6 días después de la menstruación y 8 días después de la ovulación (test predictor de ovulación).	La laxitud anterior de la rodilla y la traslación tibial anterior variaron durante el ciclo menstrual. También variaron con los cambios en la laxitud anterior, la biomecánica tibiofemoral y la anticipación en el paso de descarga a carga.

<p>Maruyama S, Yamazaki T, Sato Y, et al. (15)</p>	<p>Relationship Between Anterior Knee Laxity and General Joint Laxity During the Menstrual Cycle</p>	<p>Investigar la relación entre la laxitud anterior de la rodilla, la rigidez muscular y la laxitud general de las articulaciones durante el ciclo menstrual.</p>	<p>49 mujeres eumenorreicas de más de 20 años. Solamente 15 terminaron el estudio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Criterios de inclusión: mujeres sin historia de lesiones de rodilla y que no tomen anticonceptivos orales u otras hormonas. 	<p>Se midió la temperatura basal, se estimó la fecha de ovulación con tests de orina de la LH y se realizó una medición de la laxitud anterior de la rodilla con KS measure (KSM-100). La cuantificación de la laxitud articular general se realizó monitorizando distintas articulaciones. Se dividió a las mujeres en dos grupos: mujeres con genu recurvatum y mujeres sin genu recurvatum.</p>	<p>En mujeres con genu recurvatum, la laxitud anterior de la rodilla aumentó en la ovulación, por lo que puede ser un factor de riesgo de lesión de LCA. Por el contrario, en mujeres sin genu recurvatum no hubo cambios ni en la laxitud anterior de la rodilla, ni en la laxitud general articular.</p>
<p>Hohmann E, Bryant AL, Livingstone E, et al. (16)</p>	<p>Tibial acceleration profiles during the menstrual cycle in female athletes</p>	<p>Estudiar si los cambios en los niveles de estrógenos durante el ciclo menstrual pueden provocar efectos adversos en la biomecánica del miembro inferior y en la translación anterior de la tibia en mujeres jóvenes deportistas.</p>	<p>11 jugadoras de netball y 6 jugadores de rugby entre 16 y 18 años.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Criterios de inclusión: ciclos menstruales regulares durante los tres últimos meses, más de un año con la menstruación, no toma de anticonceptivos u hormonas exógenas tres meses antes del estudio para mujeres y rangos normales de movimiento de cadera rodilla y tobillo, tanto para mujeres como para hombres. 	<p>Realizaron tareas de deceleración y aterrizaje tras un salto. Se midieron los niveles hormonales con análisis de sangre en las diferentes fases del ciclo menstrual a las mujeres, mientras que a los hombres se les midió dos veces en tiempos distintos. Las mediciones de aceleración de la tibia se midieron con un acelerómetro.</p>	<p>Las variaciones en las concentraciones de estrógenos durante el ciclo menstrual tienen un efecto muy importante en la translación anterior de la tibia durante el ciclo menstrual. Las mujeres, durante la fase ovulatoria, a diferencia de otras fases y de los hombres, se anticipan más tarde a los cambios que requiere un aterrizaje tras un salto.</p>

Schmitz RJ, Shultz SJ (17)	Anterior knee stiffness changes in laxity “responders” versus “nonresponders” across the menstrual cycle	Estudiar la traslación anterior tibial en carga y comparar los cambios de “stiffness” (rigidez en relación carga-desplazamiento) durante el ciclo menstrual en diferentes mujeres.	57 mujeres activas físicamente. Criterios de inclusión: IMC <30 kg/m ² , no fumadoras, sin historia de lesión en la rodilla, eumenorreicas, que no tengan historia de embarazo y que no tomen anticonceptivos.	Se midió la laxitud anterior de rodilla con un artrómetro en los días de menstruación y en los post-ovulatorios (medidos con tests predictores) durante 2 ciclos consecutivos. En los días de mayor y menor laxitud, también se midió el stiffness muscular.	Las mujeres con mayores aumentos de laxitud (en la fase ovulatoria) presentaron también mayores disminuciones en el stiffness con cargas elevadas.
Khowailed IA, Petrofsky J, Lohman E, et al. (18)	17β-Estradiol Induced Effects on Anterior Cruciate Ligament Laxness and Neuromuscular Activation Patterns in Female Runners	Investigar los efectos del 17β-Estradiol en la laxitud del LCA y los patrones de control neuromuscular durante las distintas fases del ciclo menstrual.	12 mujeres deportistas eumenorreicas entre 21 y 29 años. • Criterios de inclusión: no historia de embarazo, no ingesta de anticonceptivos orales, no fumadoras, no historia de patología de rodilla, no disfunciones del tejido conectivo y realización de menos de 20 km de carrera a la semana.	Se testó a las mujeres en la fase ovulatoria (medición por medio de un predictor de ovulación) y en la fase folicular. Se midió la laxitud anterior con un artrómetro y se les pidió 6 minutos de carrera en cinta.	Se observó un aumento de la laxitud de la rodilla cuando hay picos de estradiol. También se observaron diferencias en la activación muscular durante el ciclo menstrual, con diferencias de reclutamiento entre el vasto lateral respecto al medial en las fases folicular y ovulatoria.

Shafiei SE, Peyvandi S, Kariminasab MH, et al. (19)	Knee Laxity Variations in the Menstrual Cycle in Female Athletes Referred to the Orthopedic Clinic	Comparar los cambios de laxitud de la rodilla durante el ciclo menstrual en mujeres atletas, para identificar los riesgos de lesión y actuar desde el campo de la prevención.	40 mujeres deportistas eumenorreicas sin historias de embarazo ni de lesiones de rodilla y con edad de 15 a 30 años. <ul style="list-style-type: none">• Criterios de exclusión: Toma de anticonceptivos orales en los últimos 6 meses y enfermedades sistémicas que pudieran interferir en los niveles hormonales.	Medición de la laxitud anterior de la rodilla con las pruebas del cajón anterior y Lachman en la menstruación, en la fase ovulatoria y en la mitad de la fase lútea. Los niveles hormonales se midieron por un ELISA y kits DEMEDITEC y el tiempo ovulatorio mediante kits de detección urinaria de la LH. Se analizaron los datos con SPSS.	No hay diferencia en la laxitud anterior de la rodilla en las diferentes fases del ciclo menstrual.
Dragoo JL, Castillo TN, Braun HJ, et al. (20)	Prospective correlation between serum relaxin concentration and anterior cruciate ligament tears among elite collegiate female athletes	Comprobar si altas concentraciones de relaxina afectan a la predisposición de roturas de LCA.	Se seleccionaron en un periodo durante 5 años, 128 deportistas universitarias que realizaban deportes con alto riesgo de lesión de LCA. <ul style="list-style-type: none">• Criterios de exclusión: historia de embarazo	Se completaron cuestionarios para detectar diferentes características de interés y se midieron los niveles de relaxina y progesterona por análisis sanguíneo y ELISA en la mitad de la fase lútea. Las participantes y sus entrenadores notificaban posibles lesiones de LCA y un grupo de médicos las confirmaba.	Altos niveles de relaxina coincidieron con más roturas del LCA. Por el contrario, no hubo asociación entre la incidencia lesional y el ciclo menstrual.

Lefevre N, Bohu Y, Klouche S, et al. (21)	Anterior cruciate ligament tear during the menstrual cycle in female recreational skiers.	Distribuir las lesiones del LCA en las diferentes fases del ciclo menstrual en mujeres esquiadoras.	229 mujeres esquiadoras que se rompieron el LCA en una temporada, de las cuales se descartaron 57 por diferentes motivos. Por lo tanto, 172 mujeres de edad de 34 ± 8.7 años <ul style="list-style-type: none"> • Criterios de inclusión: mujeres que se rompieron el LCA, eumenorreicas (26-30 días) y cuyo período tuviera una duración entre 4 y 7 días. 	Cuestionario en el que se rellenó: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Último día de su última menstruación. ▪ Uso o no de anticonceptivos orales. ▪ Mecanismo de acción y circunstancias de la lesión. ▪ Regularidad de la práctica de esquí. 	Se confirmó que el riesgo de lesión del LCA en mujeres esquiadoras variaba durante el ciclo menstrual, siendo 2.4 veces mayor en la fase preovulatoria (folicular y ovulatoria) que en la fase postovulatoria (lútea).
Belanger L, Burt D, Callaghan J, et al. (22)	Anterior cruciate ligament laxity related to the menstrual cycle: an updated systematic review of the literature	Estudiar las diferencias de laxitud del ligamento cruzado anterior durante el ciclo menstrual	-	Se realizó una búsqueda en bases de datos y se obtuvieron 13 artículos que incluyeran los términos MESH: “fertile period”, “follicularphase”, “luteal phase” y “menstruation” combinado con el término “ACL injury”. Los criterios de inclusión fueron: mujeres en edad reproductiva, estudios en inglés y estudios con solo humanos entre 1998 y 2011.	Hay evidencia de que la laxitud del LCA varía en el ciclo menstrual, siendo más laxo durante la fase pre-ovulatoria, que es cuando se producen más lesiones de LCA.

Somerson JS, Isby IJ, Hagen MS, et al. (23)	The menstrual cycle may affect anterior knee laxity and the rate of anterior cruciate ligament rupture a systematic review and meta-analysis.	Confirmar si la laxitud anterior de la rodilla y el riesgo de rotura de LCA están influidos por el ciclo menstrual.	--	Se realizó una revisión sistemática con metaanálisis y se incluyeron 28 estudios que comparaban la fase del ciclo menstrual con la laxitud anterior de la rodilla y las lesiones de LCA.	19 de los estudios afirmaron que hay una mayor laxitud en la fase ovulatoria, en comparación con la fase folicular y la fase lútea. También se observó que no había diferencia de rotura del LCA en las diferentes fases del ciclo.
---	---	---	----	--	---

ANEXO 2. TABLA-RESUMEN DE LOS ARTÍCULOS SELECCIONADOS