

Gradu Amaierako Lana / Trabajo Fin de Grado
Fisioterapia Gradua / Grado en fisioterapia

La lesión de ligamento cruzado anterior en la mujer

Influencia del ciclo menstrual, factores de riesgo y prevención

Egilea /Autor:

Sofía Gandarias Goldaracena

Zuzendaria / Director/a:

Fatima Ruiz Litago

© 2021 Sofía Gandarias Goldaracena

INDICE

RESUMEN	I
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	6
3. MATERIAL Y METODOS	7
4. RESULTADOS	11
5. DISCUSIÓN	15
6. CONCLUSIONES	20
7. BIBLIOGRAFIA	21

RESUMEN

La lesión del ligamento cruzado anterior es la más común dentro de las lesiones de rodilla, llegando a alcanzar ratios de incidencia de 3 a 8 veces mayores en las mujeres que en los hombres y siendo el 90% de éstas sin un traumatismo directo sobre la articulación. El mecanismo más común por el que se produce esta lesión es una rotación interna excesiva, con extensión y un valgo dinámico de rodilla con el pie fijo en suelo.

El principal objetivo de este trabajo es analizar la influencia de las fluctuaciones hormonales en las diferentes fases del ciclo menstrual en las lesiones de LCA y la laxitud anterior de la tibia respecto al fémur. Además, estudiar los factores de riesgo y los programas de prevención.

Fueron 10 los artículos seleccionados para realizar el trabajo, con los que se concluye que la fase del ciclo menstrual en la que se produce un mayor número de lesiones es la fase folicular. Como factores de riesgo más determinantes aparecen el tamaño del ligamento y el tamaño de la muesca, la alineación de la extremidad inferior, factores neuromusculares, el clima y el grado de fricción entre el terreno de juego y el calzado.

1. INTRODUCCIÓN

La lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) es la más común dentro de las lesiones de rodilla (1), suponiendo más de un 50% de las lesiones de esta articulación (2) pudiendo llegar a alcanzar hasta el 90% (3). Frecuentemente están asociadas a otras lesiones articulares concomitantes y provocan un aumento del riesgo de artrosis precoz independientemente del tratamiento administrado (4).

Un estudio epidemiológico que analiza los principales mecanismos de lesión de LCA muestra que el 53% se produjeron realizando un cambio de dirección hacia el lado de la rodilla afectada y el 26% en la fase de aterrizaje después de un salto (5). En este mismo estudio afirman que en el momento de la lesión, el pie se encontraba en contacto con el suelo y en el 90% de las ocasiones que se produce una lesión de LCA, se produjeron sin contacto con otra jugadora (57% en contacto con balón, pero no con otra jugadora y 39% sin contacto con balón ni con otra jugadora). Son varios los estudios que comparan la incidencia de la lesión de LCA en hombres y mujeres demostrando que el género femenino tiene unos ratios de incidencia entre tres y ocho veces mayor que el masculino (2,3,6).

Debido a la alta incidencia de esta lesión, así como al tiempo de recuperación que se necesita, es necesario comprender los principales mecanismos de lesión que se conocen y debemos abordar los factores de riesgo específicos de esta lesión haciendo hincapié en las diferencias que hay entre hombres y mujeres. Conocer estos dos aspectos es fundamental para poder desarrollar un programa de prevención dirigido a disminuir las lesiones de LCA en el sexo femenino principalmente en las situaciones en las que no hay un traumatismo directo.

1.1. ANATOMIA

Haciendo un breve repaso de la anatomía, la rodilla es una articulación de la extremidad inferior del cuerpo compuesta por el fémur, la tibia y la rótula como componentes óseos. También está compuesta de tejidos blandos como son la membrana sinovial, la cápsula articular, bursas, meniscos y los ligamentos.

Los ligamentos son estructuras que junto a la activación de la musculatura refuerzan la estabilidad de la rodilla. Los principalmente ligamentos de la rodilla son 4; dos ligamentos laterales (interno y externo) y 2 ligamentos cruzados.

Los ligamentos cruzados son 2 ligamentos (anterior y posterior) que se encuentran en la región intercondílea de la rodilla, enlazando la tibia y el fémur. El ligamento cruzado anterior (LCA) se inserta en una carilla de la parte anterior del área intercondílea de la tibia y asciende en sentido posterior para insertarse en una carilla de la porción posterolateral de la fosa intercondílea del fémur. El ligamento cruzado posterior (LCP) se inserta en la cara posterior del área intercondílea de la tibia y asciende en sentido anterior para insertarse en la pared medial de fosa intercondílea del fémur (7).

El LCA es el encargado del limitar el desplazamiento anterior de la tibia sobre el fémur en los movimientos. Por el contrario, el LCP limita el desplazamiento posterior de la tibia sobre el fémur. El conjunto de ambos ligamentos y los ligamentos colaterales de la rodilla son los encargados de dar estabilidad a la articulación de la rodilla.

Los movimientos principales de la rodilla son la flexión y la extensión y en menor amplitud los movimientos de rotación tanto interna como externa.

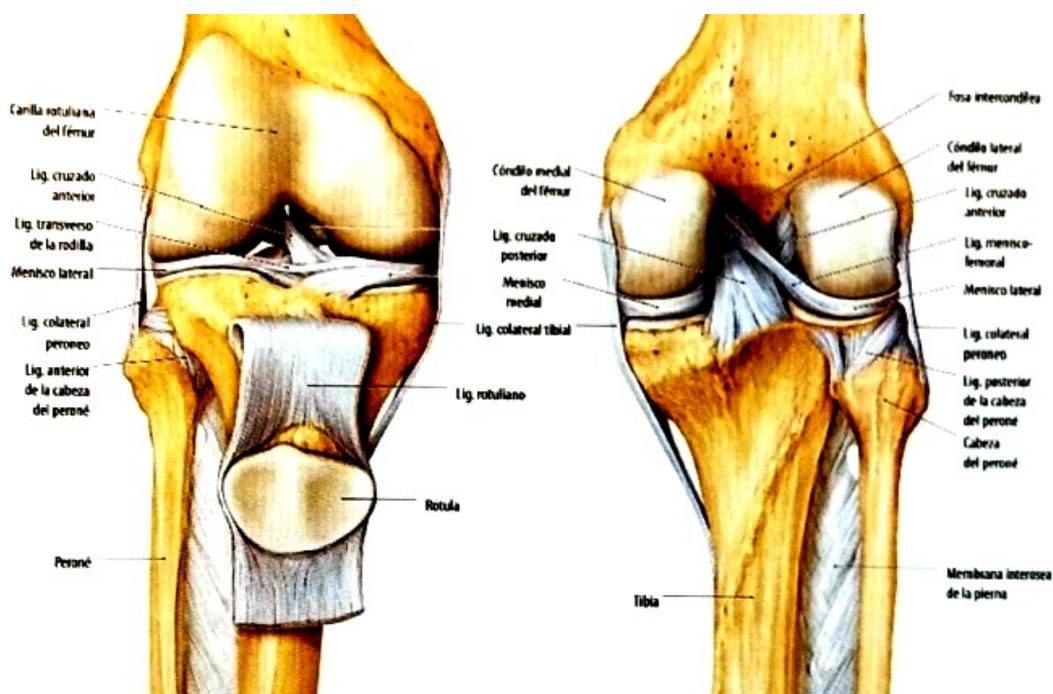


Figura 1. Ligamentos de la rodilla, imagen de la izquierda visión anterior de la rodilla y la imagen de la derecha corresponde a la parte posterior. Imagen extraída de; K.M Schü, E. schulte,U. Schumacher MV. Prometheus. Texto y atlas de anatomía. Anatomía general y aparato locomotor. Tomo I. 3a edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana SA; 2005.

1.2. EL CICLO MENSTRUAL

El ciclo menstrual se conoce como una serie de cambios morfo funcionales que se dan de manera periódica en los órganos femeninos durante la etapa fértil de la mujer. Esta etapa comprende el periodo de tiempo entre la menarquia, la primera menstruación de la mujer, y la menopausia que marca el final de los ciclos menstruales.

El hipotálamo, la glándula pituitaria y el ovario son los encargados de llevar a cabo las interacciones hormonales y el útero solo se encuentra activo durante la reproducción y la menstruación. Normalmente un ciclo menstrual dura unos 28 días pudiendo variar hasta los 32 días dependiendo del sujeto(8).

El ciclo menstrual se divide en tres fases diferentes; fase folicular, fase ovulatoria y fase lútea.

La fase folicular, es la que empieza el mismo día en que se da la menstruación y tiene una duración de 9 días, pero es la fase más variable en tiempo. Estos días se empiezan a desarrollar en el ovario de 10 a 20 folículos llegando al final de esta fase con un diámetro aumentado del folículo mayor y el resto se vuelven atrésicos. Coincidiendo con el desarrollo del folículo primario la concentración de la hormona luteinizante (LH) aumenta y alcanza el pico máximo 24 horas antes de la ovulación. El estradiol y la progesterona durante esta fase, se encuentran con niveles muy bajos y varían muy poco a lo largo de esta. Los niveles de estrógeno empiezan a aumentar aproximadamente tres días antes de la ovulación, para alcanzar los niveles más altos. El pico de estrógeno marca el final de esta fase y desencadena la mayor concentración de la hormona luteinizante (LH), esta hormona puede ser detectada en sangre u orina para determinar la ovulación, dejando paso a la siguiente fase.

La fase ovulatoria se extiende desde el día 10 del ciclo menstrual hasta el 14. Durante esta fase existe una alta concentración de estradiol y baja de progesterona.

Por último, tenemos la fase lútea, esta dura desde el día 15 hasta el final del ciclo. Durante esta fase si no se ha producido la fecundación, se produce un colapso del folículo y se forma el cuerpo lúteo. A nivel hormonal se da un aumento de los niveles de progesterona y una disminución de los niveles de estrógenos durante los primeros

días, volviendo a aumentar después a un nivel un poco menor al de la progesterona. El inicio de la menstruación se produce cuando los niveles de progesterona cesan.

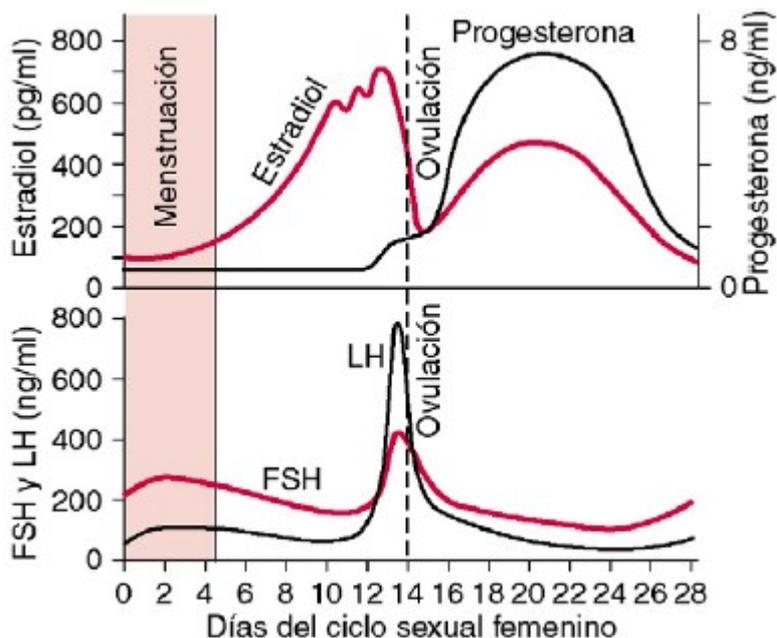


Figura 2. Concentraciones plasmáticas adecuadas de gonadotropinas y hormonas ováricas durante el ciclo sexual femenino normal. FSH, hormona foliculoestimulante; LH, hormona luteinizante. Imagen extraída de; Hall G. Compendio de Fisiología médica. Elsevier; 2016.

1.3. LA LESIÓN DE LCA

Las principales situaciones en las que se produce una lesión del ligamento, sin sufrir un contacto, son los movimientos de recorte en los que se ejerce un cambio de dirección brusco para evitar un obstáculo y las maniobras de deceleración (9). A estos dos movimientos les tenemos que sumar los aterrizajes tras un salto con la pierna en extensión o cerca de la extensión completa, los movimientos de pivotaje con la rodilla en extensión y el pie fijo en el suelo y los gestos de hiperextensión e hiperflexión de rodilla. En todas estas acciones se produce un valgo, varo, rotación interna o externa de rodilla. La evidencia muestra que el mecanismo más común sin contacto es el que se da en una tarea de deceleración brusca con gran rotación interna y extensión de rodilla combinado con un valgo dinámico de rodilla y el pie fijo en el suelo, en el que el peso del cuerpo se traslada sobre la pierna lesionada (10).



Figura 3. Rotura de LCA en una maniobra de recorte. Se observa un valgo dinamico de rodilla y una translacion anterior de la tibia. Imagen extraida de; Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2009;17(7):705–29.

Los factores de riesgo encontrados para sufrir una lesión de LCA en situaciones en las que no se produce un impacto directo sobre la articulación de la rodilla se pueden clasificar en factores intrínsecos y extrínsecos.

Los factores de riesgo intrínsecos son en ocasiones considerados no modificables, pero es imprescindible comprenderlos para poder determinar aquellas personas que tienen mayor riesgo de sufrir lesiones de LCA. Entre los factores de riesgo intrínsecos encontramos los que tienen relación con la anatomía humana, los factores hormonales y la activación neuromuscular.

Entre los factores de riesgo extrínsecos podemos encontrar el coeficiente de fricción entre el calzado y la superficie del terreno de juego y el clima (9).

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica que aporte luz acerca de la influencia que tienen las fluctuaciones de las hormonas femeninas endógenas en la lesión de LCA y la laxitud anterior de la tibia respecto al fémur durante las diferentes fases del ciclo menstrual en mujeres deportistas.

Como objetivos secundarios se plantean:

- Estudiar cómo las hormonas femeninas afectan a la laxitud del LCA durante las diferentes fases del ciclo menstrual (fase folicular, fase ovulatoria y fase lútea), y por ello, si en alguna fase específica existe mayor riesgo de lesión.
- Por otro lado, también se quiere ampliar el conocimiento sobre los factores de riesgo de sufrir una lesión en el LCA en el sexo femenino.
- Reunir recomendaciones para los profesionales de fisioterapia útiles en el tratamiento de prevención o reducción del riesgo de sufrir esta lesión.

3. MATERIAL Y METODOS

Para la realización de este trabajo se realizó una revisión sistemática de artículos científicos publicados entre los años 2010 y 2020, en inglés o castellano, dirigidos a establecer la relación entre la lesión del LCA y el ciclo menstrual, así como los factores de riesgo o como prevenirlos.

3.1. CRITERIOS DE INCLUSION

Los criterios de inclusión que se establecieron para poder realizar revisión sistemática en función de nuestros objetivos fueron los siguientes:

Año de publicación: artículos publicados en los últimos 20 años. Este periodo tiempo se justifica por ser un tema en constante investigación y nuestro interés en los resultados los más actuales posibles que den respuesta a nuestras preguntas.

Participantes: solo se incluirán artículos en los que los estudios estén realizados en mujeres.

Mujeres que hayan sufrido lesiones de LCA por acciones no traumáticas.

3.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Trabajos que aborden casos de mujeres están en tratamiento con anticonceptivos.
- Trabajos que aborden una segunda lesión de LCA
- Artículos cuyo objetivo sea el análisis de ratios de lesión.
- Artículos cuyo objetivo sea la elaboración de algoritmos.
- Aquellos artículos en los que el estudio no se realiza en humanos.
- Trabajos que no estén escritos en castellano o en inglés.

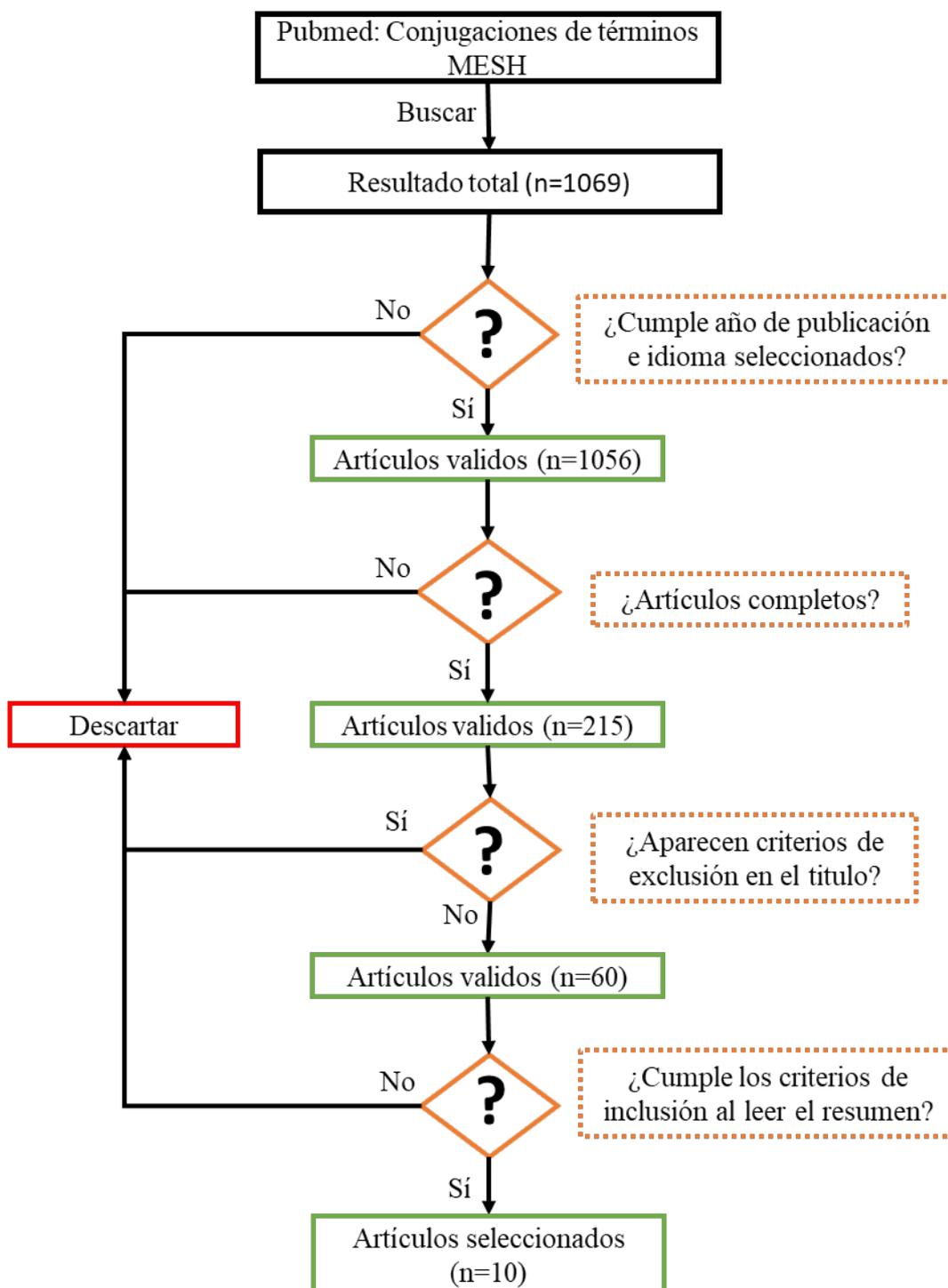
3.3. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Se realizó una búsqueda electrónica en la base de datos pubmed, aplicando diferentes conjugaciones de términos MESH; *LCA injury, menstrual cycle, risk factors, prevention program*.

En una primera búsqueda se obtuvieron un total de 1069 artículos. En una primera acotación en función del año de publicación y el idioma descartamos los primeros 10. El siguiente filtro fue excluir los artículos incompletos reduciendo así la búsqueda a 215. Además, tras una lectura de los títulos se eliminaron aquellos

artículos en los que las mujeres participantes en el estudio estuviesen en tratamiento con anticonceptivos o aquellos en los que se estudiaba el riesgo de sufrir una segunda lesión del LCA obteniendo un total de 60 artículos. Finalmente, tras suprimir los que aparecían duplicados y leer los resúmenes, nos quedamos con una selección de 10 artículos que cumplían los requisitos de inclusión para nuestro estudio.

DIAGRAMA DE FLUJO



Los artículos utilizados para la revisión son:

- Myklebust et al. (2003) Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: A prospective intervention study over three seasons.
- Alentorn-Geli, et al. (2009) Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors.
- Dos Santos A Ndrade et al. (2017) Is muscular strength balance influenced by menstrual cycle in female soccer players.
- Renstrom et al. (2008) Non-contact ACL injuries in female athletes: An International Olympic Committee current concepts statement.
- Balachandar et al. (2017) Effects of the menstrual cycle on lower-limb biomechanics, neuromuscular control, and anterior cruciate ligament injury risk: A systematic review.
- Park et al. (2009) Alterations in knee joint laxity during the menstrual cycle in healthy women leads to increases in joint loads during selected athletic movements.
- Ireland et al, (2002) The female athlete Why prone to ACL injury.
- Dedinsky et al, (2017) Exercises that facilitate optimal hamstring and quadriceps co-activation to help decrease ACL injury in healthy females: a systematic review of the literature.
- Sugimoto et al. (2016) Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: Meta-regression analysis.
- Petushek et al. (2019) Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis.

4. RESULTADOS

En primer lugar, se ha tratado de extraer toda la información, de los artículos seleccionados, los hallazgos de los autores que tuvieran relación o influencia con las hormonas que participan en el ciclo menstrual, así como aquellos que mostrasen los hallazgos sobre las fases del periodo en las que se dan mayor número de lesión o tratan la laxitud articular en las diferentes fases del ciclo menstrual.

Tabla 1. Artículos y resultados en los que tienen hallazgos sobre la influencia del ciclo menstrual y sus hormonas en la lesión del LCA.

Autor y año	Resultados
Alentorn-Geli et al., (2009)	El número de lesiones aumenta en la fase preovulatoria. Las hormonas disminuyen el control motor en atletas femeninas y pueden tener un papel en las lesiones sin contacto de LCA.
Dos Santos A Ndrade et al., (2017)	Las relaciones de equilibrio de fuerza de torque máximo entre isquiotibiales y cuádriceps evaluados en la fase folicular fueron significativamente inferiores que las de la fase lútea.
Shafiei et al., (2016)	No existe diferencia significativa entre las fases del ciclo menstrual y la laxitud de la articulación de la rodilla. Las variaciones del nivel de hormonas femeninas durante el ciclo menstrual no tenían ninguna relación significativa con la laxitud del LCA.
Balachandar et al., (2017)	Las mujeres tienen mayor riesgo de sufrir una lesión durante la fase preovulatoria, se produce por una combinación de mayor laxitud del LCA, mayor valgo de las extremidades inferiores y mayor rotación externa de la tibia.
Renstrom et al., (2008)	El estrógeno solo no es el responsable de los cambios en la estructura, metabolismo y propiedades mecánicas del ACL, ya que la carga cíclica y otras hormonas parecen alterar los efectos del estradiol. Sin embargo, el papel de otras hormonas sexuales como la relaxina, progesterona o testosterona con relación a la biología y patología del LCA no se conocen bien. Los perfiles hormonales varían ampliamente entre cada sujeto con respecto al

	<p>momento, la fase y la amplitud de los cambios hormonales, estos factores pueden ser determinantes para que algunas mujeres puedan experimentar mayores efectos de las hormonal y tener así más riesgo de sufrir cambios en la integridad estructural y mayor riesgo de lesión.</p> <p>Existe una creciente evidencia de que las mujeres tienen mayor riesgo de sufrir una lesión del LCA durante la fase preovulatoria del ciclo menstrual que durante la fase postovulatoria.</p>
Park et al., (2009)	<p>La influencia de las hormonas en cuanto a la laxitud de la rodilla es específica de cada persona, lo que puede explicar por qué algunas atletas son más propensas a sufrir lesiones de LCA que otras.</p> <p>Un aumento de laxitud articular durante el ciclo menstrual conduce a un aumento de carga de la articulación de la rodilla en los movimientos seleccionados como alto riesgo (valgo dinámico de rodilla)</p>
Ireland, (2002)	<p>No existe un efecto demostrable del estrógeno directamente sobre los ligamentos, en cambio existen efectos conocidos sobre otras estructuras de colágeno, efectos psicológicos de los tiempos de reacción, la capacidad de activar los músculos de manera eficaz y la agresión del juego.</p> <p>Las lesiones de LCA son mayores en la fase ovulatoria que en la fase folicular.</p>

A continuación, se ha recopilado la información de los artículos en los que se expusiesen los factores de riesgo de sufrir una lesión del LCA en las mujeres.

Tabla 2. Artículos y resultados que tratan los factores de riesgo en las mujeres.

Autor y año	Resultados
Alentorn-Geli et al., (2009)	<p>Las condiciones de clima seco aumentan el riesgo de sufrir una lesión del LCA.</p> <p>El césped artificial pone al jugador en un riesgo mayor.</p> <p>La laxitud antero-posterior de rodilla está asociada a un aumento de riesgo.</p> <p>El ancho pequeño y estrecho de la muesca intercondílea es un factor de riesgo.</p> <p>Un LCA pequeño y débil contribuye a un aumento de riesgo.</p>

	<p>La fase preovulatoria del ciclo menstrual es un factor de riesgo.</p> <p>La disminución de la fuerza relativa del cuádriceps respecto al isquiotibial coloca al deportista en mayor riesgo.</p> <p>La fatiga muscular puede aumentar el riesgo de sufrir una lesión sin contacto alterando el control neuromuscular.</p> <p>La disminución de la fuerza del core y la propiocepción pone en mayor riesgo al deportista.</p> <p>Los ángulos de flexión de la lumbar, cadera y rodilla y una alta dorsiflexión de tobillo al realizar una tarea deportiva, aumenta el riesgo de sufrir una lesión de LCA sin contacto.</p> <p>El desplazamiento lateral del tronco y una aducción de cadera combinado con un valgo dinámico de rodilla aumentan el riesgo de lesión del LCA.</p> <p>Son factores de riesgo, un aumento de la rotación interna de la cadera y la rotación externa de la tibia, con o sin pronación del pie.</p>
Renstrom et al., (2008)	<p>Factores de riesgo externos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El nivel de competición, la forma en que compite un atleta o alguna combinación de ambas aumenta el riesgo de sufrir una lesión de LCA. - Un coeficiente de fricción alto entre el calzado deportivo y la superficie de juego mejora la tracción y el rendimiento deportivo, así como el riesgo de sufrir una lesión de LCA. <p>Factores de riesgo internos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EL ancho más pequeño de la muesca intercondílea y un LCA más pequeño aumentan el riesgo de sufrir una lesión de LCA.
Ireland, (2002)	<p>Las muescas intercondíleas más pequeñas están asociadas a una mayor tasa de lesión del LCA.</p> <p>La activación neuromuscular de las mujeres es más lenta y más débil que la de los hombres, aumentando el riesgo de lesión de LCA</p>

Por último, recopilamos toda la información que hace referencia a la prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior en las mujeres.

Tabla 3. Artículos que analizan los programas de prevención de lesiones de LCA en las mujeres.

Autor y año	Resultados
Myklebust, et al., (2003)	La prevención de la lesión del LCA es posible con un programa de entrenamiento neuromuscular en jugadoras profesionales de balonmano
Dedinsky et al., (2017)	Los ejercicios con un rango de movimientos apropiados (aproximadamente de 42 a 72 grados) pueden producir relaciones de coactivación adecuadas entre isquiotibiales y cuádriceps y disminuir la carga de tracción del LCA.
Sugimoto et al., (2016)	<p>La edad de la deportista, el tiempo de entrenamiento neuromuscular, la frecuencia del entrenamiento y las variaciones de ejercicios dentro del entrenamiento neuromuscular son variables predictoras significativas de la reducción de la lesión del LCA.</p> <p>Se puede reducir en un 17% el riesgo de lesión cumpliendo 1 de las 4 variables con las siguientes condiciones, deportista joven, el entrenamiento neuromuscular se realizar durante más de 20 minutos y la frecuencia es superior a 2 veces por semana con más variaciones de ejercicios dentro del entrenamiento neuromuscular junto con el uso de la retroalimentación verbal.</p>
Petushek et al., (2019)	Los programas de entrenamiento neuromuscular para reducir las lesiones de LCA se deben dirigir a los atletas más jóvenes que incorporen ejercicios de fuerza de la parte inferior del cuerpo (isquiotibiales nórdicos, elevaciones de gemelos etc) y que se enfoquen específicamente en ejercicios para estabilizar los aterrizajes durante toda la temporada deportiva.
Renstrom et al., (2008)	<p>Un programa de prevención exitoso tiene que incluir ejercicios de fuerza, potencia, entrenamiento neuromuscular, pliometría y ejercicios de agilidad. Diseñar un programa de calentamiento aumenta la adherencia al programa de prevención.</p> <p>La atención se debe poner en la ejecución de los movimientos haciendo hincapié en la línea cadera-rodilla-pie y el valgo excesivo de rodilla debe ser evitado.</p> <p>El mantenimiento y cumplimiento del programa de prevención se debe mantener a lo largo de todo el año no solo en periodo competitivo.</p> <p>El “drop vertical jump test” debería ser usado para identificar el riesgo de lesión.</p>

5. DISCUSIÓN

Las atletas femeninas parecen estar más predispuestas a sufrir una lesión de LCA en la primera mitad del ciclo menstrual (fase preovulatoria) (9–11), lo que puede ser favorecido por el aumento de estrógenos durante esta fase, aunque en algunos estudios en los que aparece esta afirmación no hay un grupo control (10). Pese a existir una incidencia significativamente mayor de lesiones de LCA durante el periodo preovulatorio, así como una laxitud mayor del LCA durante esta misma fase, las revisiones sistemáticas anteriores que sostienen estas teorías presentan evidencia limitada basada en estudios de baja calidad y que tienen al menos 3 limitaciones: los estudios analizados son antiguos, analizan una única variable en las atletas y por último, no combinan los cambios de la biomecánica de las extremidades inferiores y el LCA durante las diferentes fases del ciclo (11). Balachandar et al. terminan encontrando evidencia sólida de que las mujeres tienen mayor riesgo de lesión de LCA en la fase preovulatoria y este aumento se debe a una combinación de mayor laxitud del LCA, mayor valgo de la extremidades inferiores y mayor rotación externa de tibia (11).

En cuanto a la laxitud articular existe variabilidad en cuanto a los resultados. Parece que hay un aumento de laxitud anterior de la tibia en la segunda fase del ciclo menstrual (fases de ovulación y lútea) (10). Observado los efectos del ciclo menstrual en la cinemática de las extremidades inferiores, Balachandar et al (11), encontraron que las atletas femeninas en movimientos de recorte y salto con aterrizaje, mostraron mayor laxitud articular durante la fase folicular en comparación a la fase lútea en la que mostraban un valgo de rodilla mayor. Sin embargo, hay estudios que muestran que no hay diferencias significativas en cuanto a la laxitud articular en las diferentes fases del ciclo menstrual (10,12). En el estudio de Park et al, mostraron que no había diferencias significativas en la laxitud articular ya que 13 participantes mostraron la menor laxitud durante la fase folicular, 3 lo hicieron durante la ovulación y 10 mostraron la menor laxitud en la fase lútea, pero sí que observaron que una laxitud alta estaba asociada a un aumento de carga en los movimientos seleccionados de riesgo (13).

La influencia de las hormonas sexuales femeninas en las propiedades mecánicas del LCA es algo que, principalmente, solo se ha estudiado en animales por lo que serían necesarias más investigaciones para comprender la influencia que puede tener el estrógenos y otras hormonas en la biomecánica de los ligamentos (10). El LCA está compuesto por fibras de colágeno muy unidas, un aumento de las cuales da como resultado una mayor resistencia, integridad y capacidad del LCA para soportar cargas más altas. Sin embargo, se ha identificado la presencia de receptores de estradiol 17- β en las fibras del LCA. Balanchandar et al, sugieren que la exposición a niveles crecientes de estrógeno reduce la síntesis de colágeno tipo I en el LCA. El efecto de las hormonas en el ligamento y la producción de fibroblastos y colágeno se ve reducida con los niveles altos de estrógenos, sin embargo, no se conoce el efecto del ciclo y pico del estradiol directamente sobre el LCA. Sí que se conoce que esta hormona tiene efecto sobre otras estructuras de colágeno, sobre factores psicológicos como el tiempo de reacción y la capacidad de los músculos de activarse (14).

La función neuromuscular también parece estar afectada por las hormonas sexuales. Se produce un aumento de fuerza del cuádriceps, una disminución del tiempo de relajación muscular y un aumento de fatiga durante la fase ovulatoria. Las hormonas sexuales parecen tener también efecto en la coordinación motora disminuyéndola, y también afectan a la fuerza isocinética, la capacidad anaeróbica y aeróbica y la resistencia de alta intensidad (10). Al evaluar la relación de fuerza entre isquiotibiales y cuádriceps en una prueba isocinética se observó que durante la fase lútea el *peak torque* era menor (15). Esto significa que en esta fase se puede realizar menos fuerza máxima y por tanto la probabilidad de lesión disminuye.

En cuanto a cómo afecta cada hormona a la aparición de la LCA, serían necesarias más investigaciones que analicen específicamente la lesión y las concentraciones hormonales presentes en el momento de la lesión. Se dispone más información en cuanto a la fase del ciclo en al que se producen las lesiones. Parece haber un consenso en cuanto a la fase del ciclo donde se produce el mayor número de lesiones de LCA, pero como hemos visto al analizar la laxitud articular no hay una evidencia clara de cuándo aumenta ni el por qué.

Las mujeres que tienen mayor riesgo de sufrir una lesión del ligamento cruzado anterior son aquellas que presentan una alineación y una postura anormal de las extremidades inferiores (9). También parece ser un factor de riesgo el tamaño tanto de la muesca intercondílea como del ligamento. Se ha mostrado que las mujeres tienen una muesca intercondílea de menor tamaño y un LCA más pequeño lo que puede ser un factor predisponente para sufrir lesiones de LCA (9,10,14). En ocasiones se ha pensado que a mayor índice de masa corporal mayor riesgo de lesión. Este es un factor que parece no estar claro (10), aunque no sea un factor determinante de sufrir una lesión de LCA el sobrepeso tiene una influencia sobre la carga que soportan nuestras articulaciones, por lo que podría influir en este tipo de lesiones.

A la hora de analizar el riesgo de lesión de la rodilla fijarse solo en esta articulación es un error, es necesario analizar el tronco, la pelvis, la cadera y el tobillo por la influencia mecánica que tienen estas partes del cuerpo sobre la rodilla. Es común encontrar que las personas lesionadas del LCA un caída excesiva del hueso navicular del pie, genu recurvatum de rodilla y una pronación excesiva subastragalina (10).

Un ángulo Q, es el que se forma al trazar una línea desde la espina iliaca antero-superior a la patela y otra línea desde el centro de la patela al tubérculo tibial, mayor de lo normal altera la biomecánica de las extremidades inferiores lo que aumenta el riesgo estático y dinámico de que ese produzca un valgo de rodilla. Hay estudios que demuestran que no hay cambios significativos en cuanto al valgo de rodilla en mujeres con ángulos Q aumentados y mujeres con ángulos Q normales (10).

La pronación subastragalina y la caída excesiva del hueso navicular del pie está asociada a un aumento del riesgo de lesión de LCA. La pronación subastragalina provoca un movimiento compensatorio de rotación interna de la tibia. Este movimiento normalmente ocurre solo durante la fase de contacto de la marcha, esta compensación puede someter al LCA a un aumento de tensión que puede provocar su ruptura (10,14).

En cuanto al posicionamiento de la cadera existe controversia en la literatura sobre si es un factor de riesgo directo sobre la lesión de LCA(10). Lo que sí que parece estar claro es que una inclinación anterior de la pelvis posiciona la cadera en rotación interna, anteversión y flexión lo que provoca una elongación de los isquiotibiales

provocando un cambio en el momento de fuerza de los músculos glúteos (10,14). Este posicionamiento anatómico de la cadera puede ser que no sea un factor de riesgo directo de la lesión de LCA, pero al modificar la mecánica de músculos que controlan el valgo tanto estático como dinámico es un factor que no podemos pasar por alto.

Las mujeres han demostrado tener mayor laxitud tibial anterior en la artrometría que los hombres, así como menos fuerza muscular y resistencia. Las atletas femeninas tardan más en generar la fuerza máxima de los isquiotibiales en las pruebas isocinéticas, esto influye en el orden del reclutamiento muscular haciendo que inicialmente se active la musculatura del cuádriceps favoreciendo la translación anterior de la tibia en vez de activar primero los isquiotibiales que dan estabilidad a la rodilla (14).

La fatiga muscular también juega un papel importante en las lesiones de LCA, especialmente en deportes con alta demanda física. En momentos de fatiga muscular cuando se necesita hacer una parada brusca la flexión de rodilla ocurre antes que sin fatiga y esto es debido a que la activación de los músculos vasto lateral, recto femoral, bíceps femoral, semitendinoso y semimembranoso tarda más en llegar disminuyendo la estabilidad, la amortiguación y la absorción de los impactos (10,14). Por lo que parece que este aumento de laxitud anterior de la tibia, disminuye la propiocepción de la articulación aumentando el riesgo de lesión.

Los factores de riesgo externos que más aparecen descritos en la literatura son un aumento de fricción entre la superficie del terreno de juego y el calzado aumentan el riesgo de lesión del LCA (9,10,14), así como un clima húmedo con un periodo de tiempo en el que ha llovido poco también aumenta el riesgo de lesión de LCA (9,10). El aumento de la fricción entre el terreno de juego y el calzado mejora el agarre y la práctica del deporte, pero es fundamental buscar un equilibrio entre ambos factores para disminuir el riesgo de lesión.

Reducir el número de lesiones es posible mediante un programa de prevención. Este programa de prevención es importante que sea constante y no solo durante un periodo de tiempo, competitivo o de pretemporada, para que sea efectivo (16,17). Los programas de entrenamiento neuromuscular son los que más éxito tienen (16–

19), Sugimoto et al, afirman que cumpliendo una de las 4 variables que ellos presentan del entrenamiento neuromuscular, se pueden prevenir el 17% de las lesiones. Las 4 variables de las que depende su éxito son: la edad a la que se empieza este trabajo preventivo, cuando más jóvenes más éxito; que el entrenamiento neuromuscular se lleve a cabo durante más de 20 minutos y más de dos días a la semana; la variedad de ejercicios dentro del programa de entrenamiento neuromuscular; e incluir un feedback verbal.

El entrenamiento neuromuscular debe incluir múltiples ejercicios de estabilización de aterrizaje (salto y retención hacia adelante y hacia atrás, salto y retención con una sola pierna y salto vertical con estabilización de aterrizaje), isquiotibiales nórdicos, zancadas y elevaciones de talón y gemelo (16). Todos los ejercicios monopodales realizados entre 30° y 90° de flexión de rodilla tienen unos ratios entre isquiotibiales y cuádriceps adecuados, lo que ayudará a la prevención de lesiones (18). El problema que encontramos en estos programas de prevención es que ninguno hace referencia en qué fase del ciclo menstrual se deberían realizar cada tipo de entrenamiento para poder prevenir mejor el riesgo de lesión. En investigaciones futuras podríamos estudiar si realizando un programa de prevención en el que, durante la fase preovulatoria, en la que existe más riesgo de lesión, incluyésemos un trabajo de fuerza más analítico de isquiotibiales, cuádriceps, glúteo y core, y durante la fase lútea añadir más ejercicios de pliometría cambios de dirección aceleración y deceleración, podríamos prevenir más lesiones de LCA y, con ello, mantener o incrementar el rendimiento deportivo.

6. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones más importantes que se han extraído de la bibliografía analizada:

- Existe consenso en la literatura en cuanto a la fase en la que la probabilidad de lesión del ligamento cruzado anterior es mayor, siendo esta la fase folicular o en ocasiones denominada preovulatoria.
- En cuanto a la influencia que tiene cada hormona en la laxitud articular no hemos encontrado consenso con los que poder aclarar que hormonas favorecen la laxitud articular y así entender por qué las mujeres están más predispuestas a sufrir la lesión del LCA.
- Los factores de riesgo más decisivos para sufrir una lesión de LCA sin un traumatismo directo sobre la rodilla parecen ser un índice de fricción excesivo entre la superficie de juego y el calzado, una muesca intercondílea y un ligamento de menor tamaño, una mala alineación de las extremidades inferiores, una lentitud en el reclutamiento muscular, la disminución de la fuerza y menor resistencia, son factores que aumentan el riesgo de lesión.
- Para que un programa de prevención tenga éxito es importante que se lleve a cabo durante todo el año, que se empiece con personas jóvenes, que incluya entrenamiento neuromuscular con variedad de ejercicios enfocados a fortalecer isquiotibiales, glúteos, cuádriceps y gemelos, que incluya trabajo de aterrizaje y despegue con feedback verbal, que se realice durante más de veinte minutos y al menos dos veces por semana.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Pauzenberger L, Syré S, Schurz M. “Ligamentization” in hamstring tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review of the literature and a glimpse into the future. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg* [Internet]. 2013;29(10):1712–21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arthro.2013.05.009>
2. 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.
3. Woo SLY, Abramowitch SD, Kilger R, Liang R. Biomechanics of knee ligaments: Injury, healing, and repair. *J Biomech*. 2006;39(1):1–20.
4. Lohmander LS, Östenberg A, Englund M, Roos H. High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis Rheum*. 2004;50(10):3145–52.
5. Faunø P, Jakobsen BW. Mechanism of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Int J Sports Med*. 2006;27(1):75–9.
6. Beynon BD, Vacek PM, Newell MK, Tourville TW, Smith HC, Shultz SJ, et al. The effects of level of competition, sport, and sex on the incidence of first-time noncontact anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med*. 2014;42(8):1806–12.
7. Drake RL, Vogl AW, Mitchell AWM. *Gray. Anatomia Basica+StudentConsult*. Elsevier; 2018.
8. Hall G. *Compendio de Fisiología médica*. Elsevier; 2016.
9. Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, Beynon B, Fukubayashi T, Garrett W, et al. Non-contact ACL injuries in female athletes: An International Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med*. 2008;42(6):394–412.
10. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer

players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2009;17(7):705–29.

11. Balachandar V, Marciniak JL, Wall O, Balachandar C. Effects of the menstrual cycle on lower-limb biomechanics, neuromuscular control, and anterior cruciate ligament injury risk: A systematic review. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2017;7(1):136–46.
12. Shafiei SE, Peyvandi S, Kariminasab MH, Azar MS, Daneshpoor SMM, Khalilian A, et al. Knee laxity variations in the menstrual cycle in female athletes referred to the orthopedic clinic. *Asian J Sports Med.* 2016;7(4).
13. Park SK, Stefanyshyn DJ, Ramage B, Hart DA, Ronsky JL. Alterations in knee joint laxity during the menstrual cycle in healthy women leads to increases in joint loads during selected athletic movements. *Am J Sports Med.* 2009;37(6):1169–77.
14. Ireland ML. The female athlete Why prone to ACL injury. *Orthop Clin N Am.* 2002;33:637–51.
15. Dos Santos A Ndrade M, Mascarin NC, Foster R, De Jármy Di Bella ZI, Vancini RL, Barbosa De Lira CA. Is muscular strength balance influenced by menstrual cycle in female soccer players? *J Sports Med Phys Fitness.* 2017;57(6):859–64.
16. Petushek EJ, Sugimoto D, Stoolmiller M, Smith G, Myer GD. Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2019;47(7):1744–53.
17. Sugimoto D, Myer GD, Barber Foss KD, Pepin MJ, Micheli LJ, Hewett TE. Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: Meta-regression analysis. *Br J Sports Med.* 2016;50(20):1259–66.
18. Dedinsky R, Baker L, Imbus S, Bowman M, Murray L. Exercises that facilitate optimal hamstring and quadriceps co-activation to help decrease

ACL injury in healthy females: a systematic review of the literature. *Int J Sports Phys Ther.* 2017;12(1):3–15.

19. Myklebust G, Engebretsen L, Brækken IH, Skjølberg A, Olsen OE, Bahr R. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: A prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med.* 2003;13(2):71–8.

