

RELACIÓN DE LA ROTURA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR Y LAS FASES DEL CICLO MENSTRUAL EN MUJERES DEPORTISTAS

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

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



Realizado por: Alberto González Serrano y Lucía Iturri Méndez

Grupo TFG: MIX61

Año Académico: 2022-2023

Tutor/a: Olga López

Área: Revisión Bibliográfica

Resumen

Las investigaciones establecen que las mujeres tienen una incidencia lesional del ligamento cruzado anterior de 4 a 6 veces mayor que los hombres. La literatura indica como principal causa los cambios hormonales durante las fases del ciclo menstrual. El objetivo principal de esta revisión sistemática es conocer la relación que existe entre ciclo menstrual y la lesión del LCA en mujeres que realizan actividad física. Se realizó una búsqueda en las bases de datos MEDLINE Complete, CINAHL with Full Text, SPORTDiscus with Full Text, Academic Search Ultimate y Rehabilitation & Sports Medicine Source. La ecuación de búsqueda que se utilizó fue la siguiente: (ACL or Anterior Cruciate Ligament or ACL Injury or Anterior Cruciate Ligament Injury) AND (Menstrual Cycle or Menstruation or Menses) AND (Sports or Athletics or Physical Activity or Exercise). Después se añadieron los siguientes criterios de selección: publicaciones en texto completo, publicadas entre los años 2007 y 2022, publicaciones que no fuesen revisiones sistemáticas ni metaanálisis, que la temática de las publicaciones fuera sobre el ciclo menstrual y la lesión del LCA, que las mujeres que participaran en los estudios realizaran actividad física. Los resultados muestran que la fluctuación hormonal del ciclo menstrual provoca un mayor riesgo y/o incidencia de lesión del LCA. Además, se observa que el mayor índice lesional se encuentra en la fase de ovulación. Por último, el uso de anticonceptivos orales no provoca una diferenciación en el riesgo y lesión del LCA.

Palabras clave:

CICLO MENSTRUAL; LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR; DEPORTE.

Abstract

Research has concluded that women have a 4 to 6 times higher incidence of anterior cruciate ligament injury than men. The literature indicates hormonal changes during the menstrual cycle as the main cause. The main objective of this systematic review is to know the relationship between the phases of menstrual cycle and anterior cruciate ligament injury in women who perform physical activity. A search was performed in the MEDLINE Complete, CINAHL with Full Text, SPORTDiscus with Full Text, Academic Search Ultimate, and Rehabilitation & Sports Medicine Source databases. The search formula obtained was the following: (ACL or Anterior Cruciate Ligament or ACL Injury or Anterior Cruciate Ligament Injury) AND (Menstrual cycle or Menstruation or Menstruation) AND (Sports or Athletics or Physical Activity or Exercise). Afterwards, the following selection criteria were added: full-text publications, published between 2007 and 2022, publications that were not systematic or meta-analyses, that the subject of publications were on the menstrual cycle and anterior cruciate ligament injury, that the women who participated in the studies performed physical activity. The results show that the hormonal fluctuation of the menstrual cycle causes a greater risk and/or incidence of ACL injury. In addition, it is observed that the highest injury index is found in the ovulation phase. Finally, the use of oral contraceptives does not cause a differentiation in ACL risk and injury.

Key words:

MENSTRUAL CYCLE; ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT; SPORT.

ÍNDICE

1. Introducción.....	5
1.1. Ciclo menstrual y LCA.....	5
Figura 1	9
2. Objetivos	12
3. Metodología.....	12
3.1. Diseño.....	12
3.2. Estrategia de búsqueda	12
3.3. Criterios de selección	12
3.4. Diagrama de flujo	13
Figura 2	13
4. Discusión.....	13
4.1. Influencia del ciclo menstrual en la incidencia lesional del LCA.....	13
4.2. Influencia del ciclo menstrual en la laxitud ligamentaria	14
4.3. Influencia de los niveles hormonales del ciclo menstrual en la lesión del LCA	15
4.4. Influencia de la aceleración tibial en las diferentes fases del ciclo menstrual en la lesión del LCA	16
4.5. Influencia de los anticonceptivos orales en la lesión del LCA	18
5. Futuras líneas de investigación	18
6. Conclusiones	19
7. Referencias bibliográficas.....	21
8. Anexos	25
8.1. Cuadro resumen artículos empleados.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Eventos y fases hormonales en un ciclo menstrual eumenorreico de 28 días	9
Figura 2. Diagrama de flujo	13

1. Introducción

En 2013, el Ministerio de Cultura y Deporte junto con el Consejo Superior de Deportes (CSD), estimó un total de 3,48 millones de licencias federadas deportivas, representado por un 20,6% (721.766) de mujeres.

Actualmente, en 2022 en España, se estiman un total de 3,63 millones de licencias federadas deportivas, representando un 25% (950.000) por mujeres. Esto supone un incremento de casi un 5% en licencias federativas en mujeres en la última década (Ministerio de Cultura y Deporte, 2022). El incremento sustancial se corresponde, además, con un mayor índice lesional general y, por lo tanto, de lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) (Dragoo et al., 2011). Esto ha provocado un aumento en la concienciación e investigación al respecto (Eiling et al., 2007).

Aunque hombres y mujeres sean susceptibles a esta lesión, las investigaciones establecen que las mujeres tienen una incidencia lesional del LCA de 4 a 6 veces mayor que los hombres. Aunque las causas que producen estas diferencias en la prevalencia siguen sin conocerse con exactitud, por lo que representa un campo activo de investigación (Belanger et al., 2013).

Aun así, varias investigaciones citan como causas: la fuerza muscular, la alineación del miembro inferior y las hormonas femeninas (Miyazaki, M. y Maeda, S., 2021).

1.1. Ciclo menstrual y LCA.

El ciclo menstrual se define como una serie de eventos que preparan al útero para un posible embarazo. Independientemente de las diferencias individuales, el ciclo menstrual es parte de la vida de la mujer aproximadamente a lo largo de 35 a 40 años (Carmichael et al., 2021). Según Carmichael et al. (2021), un ciclo menstrual regular, nombrado como eumenorreica, se debe presentar cada 21-35 días. Este se separa en dos fases principales distintas, folicular y lútea, que se establecen con la aparición de la menstruación, la maduración folicular, la ovulación y la formación del cuerpo lúteo.

Sin embargo, se añade que clasificar el ciclo menstrual usando únicamente estas dos fases no es suficiente distinción para los múltiples medios hormonales que ocurren dentro de estas. Por lo tanto, el ciclo menstrual generalmente se expresa en la investigación utilizando subfases, como folicular temprana, folicular tardía, ovulatoria, lútea temprana, lútea media y lútea tardía. Autores como Constantini et al. (2005) hablan del ciclo menstrual como el segundo ritmo biológico más importante, después del cardíaco y dividen a este en tres fases: Folicular, ovulatoria y lútea.

Pedowitz et al. (2015) define que los ligamentos son tejidos que conectan un hueso con otro. El LCA es uno de los cuatro ligamentos principales de la rodilla. En una rodilla madura, el LCA evita que la tibia se mueva hacia adelante y proporciona un 90 por ciento de la estabilidad de la rodilla

Según Warner (2015), en su libro: *Torn: A simple guide to ACL Tears and healing for girls*, lo que hace una LCA es importante debido a:

1. Evita que la tibia se mueva hacia adelante, alejándose del fémur
2. Limita la extensión excesiva de la rodilla
3. Restringe el desplazamiento de la rodilla en varo y en valgo.
4. Controla la rotación tibial.
5. Protege los meniscos del daño cuando un jugador salta, corta y gira.

Una lesión típica del LCA ocurre sin contacto e involucra un movimiento rápido que se junta con un cambio repentino de dirección o velocidad. Estas acciones incluyen paradas repentinas, giros o saltos. En este estudio, se establece que cada año se producen hasta 300 000 lesiones del LCA en los Estados Unidos. La mayoría de los lesionados son mujeres entre 15 y 45 años que llevan una vida activa que incluye la práctica deportiva de estas lesiones, hasta el ochenta por ciento ocurren sin contacto.

En la publicación académica de Boden & Sheehan (2022) se concluye que las teorías iniciales propuestas para explicar el mecanismo de la lesión del LCA sin contacto (NC-ACLI), fueron hiperextensión, pinzamiento, contracción vigorosa del cuádriceps y valgo o abducción excesiva de la rodilla.

En cuanto a las diferencias en la incidencia lesional del LCA entre hombres y mujeres, Belanger et al. (2013) postulan que sin haberse establecido una etiología definitiva para la discrepancia entre sexos, las teorías propuestas para explicarla incluyen: factores neuromusculares y biomecánicos (diferencias en el ancho de la pelvis/aumento de los ángulos Q en las mujeres, anchos de muesca femoral más pequeños, aumento de la flexibilidad de los isquiotibiales femeninos y fuerza desequilibrada de los isquiotibiales al cuádriceps que conduce a diferencias en los patrones de aterrizaje); factores psicológicos (las mujeres pueden ser más propensas al perfeccionismo desadaptativo que conduce al sobreentrenamiento y al agotamiento) y diferencias nutricionales (mayor frecuencia de restricción de alimentos y disminución de la ingesta de calcio entre las mujeres en comparación con los hombres). Aun así, hay que centrarse en una teoría adicional que está en auge, la cual postula que el aumento de la laxitud de los ligamentos está relacionado con las fluctuaciones hormonales durante el ciclo menstrual.

Esta diferencia de sexo se ha atribuido a varios factores que también surgen en este momento, a saber: factores anatómicos (p. ej., laxitud, composición corporal), fisiológicos (especialmente hormonales), biomecánicos, patrones de reclutamiento neuromuscular) y factores de género presentes en el entorno de desarrollo. El impacto potencial de las hormonas en los mecanismos que sustentan las lesiones del LCA sin contacto merece mayor atención dadas las numerosas diferencias en la concentración de hormonas reproductivas entre sexos y el curso temporal de la endocrinología reproductiva, especialmente en las mujeres (Nédélec et al., 2021).

Hewett et al. (2007) concuerda con esta teoría y razona que existe una disminución significativa de la relajación y aumento de la fatigabilidad muscular durante la fase ovulatoria del ciclo menstrual. Por lo tanto, la posibilidad de que el ciclo menstrual y las hormonas fluctuantes sean la base de la lesión del LCA a través de efectos indirectos en el rendimiento musculoesquelético, el metabolismo de sustratos, la función cardiorrespiratoria, la termorregulación y los factores psicológicos parece plausible. Además de los efectos indirectos de las hormonas femeninas cíclicas sobre la lesión del LCA, puede haber una conexión más directa entre el ciclo menstrual y la laxitud articular pasiva del LCA. Específicamente, algunos estudios demuestran un

mayor movimiento anterior de la rodilla durante diferentes fases del ciclo menstrual, pero otros informes refutan este concepto

Zanin et al. (2011) explican las fases del ciclo ovárico y la fluctuación de hormonas, lo que podemos observar en la Figura 1, donde otros autores van a incidir sobre los cambios fisiológicos de los tejidos y en específico el LCA:

1. Fase Folicular:

La fase folicular dura de 10 a 14 días, desde el primer día de la menstruación. Durante esta fase se produce la maduración de folículos primarios a secundarios, para finalizar con la formación del folículo maduro (de Graaf). Esta etapa es fundamentalmente promovida por la hormona FSH que además activa la síntesis de estrógenos. El folículo ovárico segrega estrógenos, entre otros compuestos.

2. Fase ovulatoria:

La ovulación es el proceso por el cual el folículo maduro se rompe liberando el ovocito hacia las trompas. Se desencadena por el pico de LH, consecuencia del aumento de los estrógenos a nivel hipofisario. Luego cae la producción de estrógenos y predominan las concentraciones de progesterona por estimulación de su síntesis, iniciando la luteinización del folículo.

3. Fase Lútea:

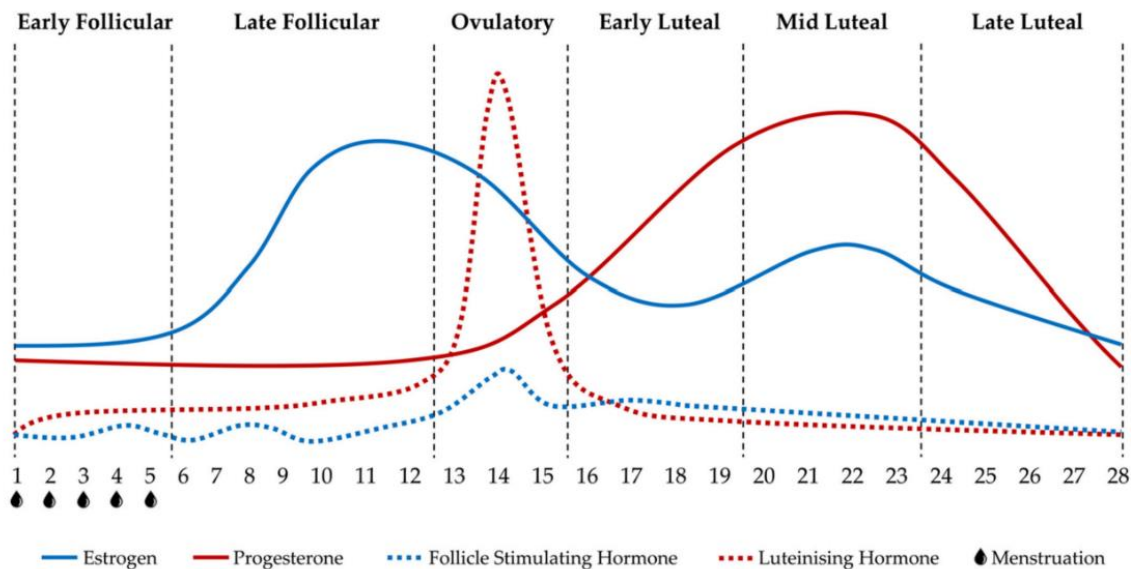
La fase lútea comienza unas horas después de haber sido expulsado el ovocito del folículo maduro, que constituirá el cuerpo lúteo. El cuerpo lúteo secreta progesterona y una menor cantidad de estrógenos. Bajo la influencia de ambas hormonas, pero sobre todo de la progesterona, el endometrio comienza su fase secretora, que es indispensable en la preparación del útero para la implantación en caso de que el ovocito sea fecundado.

La LH tiene a su cargo el mantenimiento del cuerpo lúteo durante esta etapa del ciclo. Si no hay implantación el cuerpo lúteo degenera en unos cuantos días, esto lleva a desencadenar una nueva menstruación al desprenderse el endometrio del útero. Si

ocurre fecundación e implantación, el cuerpo lúteo se mantiene y continúa secretando progesterona y estrógenos.

Figura 1

Eventos y fases hormonales en un ciclo menstrual eumenorreico de 28 días



Nota. Adaptado de *The Impact of Menstrual Cycle Phase on Athletes' Performance: A Narrative Review*, Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., y Wycherley, T. P., 2021, *International journal of environmental research and public health*, 18(4), 1667.

Los perfiles de hormonas ováricas varían en las mujeres, y no son estables a lo largo de la vida (p. ej., cambian entre las fases del ciclo menstrual, como resultado del uso de anticonceptivos hormonales, durante el embarazo y después de la menopausia). Las hormonas ováricas influyen en la estructura de todos los tejidos blandos (es decir, músculos, tendones y ligamentos) determinando su metabolismo de colágeno e integridad estructural. Además, las alteraciones de la estructura del LCA, causadas por fluctuaciones en los niveles de hormonas ováricas, pueden aumentar el riesgo de un posible fallo del ligamento (Nédélec et al., 2021).

Shagawa et al. (2021) establece en su revisión que el LCA posee receptores para estrógeno y progesterona, provocando una disminución en la proliferación de

fibroblastos del LCA humano y la síntesis de procolágeno tipo I. Por otro lado, la progesterona disminuye la concentración de estradiol en el metabolismo del tejido LCA. Por lo tanto, las fluctuaciones en las hormonas femeninas afectarían el metabolismo del tejido en el LCA, y el metabolismo del tejido del LCA podría afectar la extensibilidad del LCA, lo que provocaría cambios en la laxitud anterior de la rodilla. Y una mayor laxitud anterior de rodilla es un factor de riesgo de la lesión del LCA. Autores como Vescovi (2011) concuerdan con esta conclusión y establecen que algunos investigadores relacionaron más lesiones del LCA sin contacto alrededor del momento de la ovulación (es decir, fase folicular tardía) cuando hay un aumento brusco en la concentración de estradiol, en comparación con las fases folicular temprana y lútea del ciclo menstrual; sin embargo, no todos los informes respaldan este punto de vista e indican que el riesgo de lesión del LCA puede ser mayor durante la menstruación cuando las concentraciones de estrógeno y progesterona son bajas.

En su investigación, Tourville et al. (2016), relaciona distintos estudios y concluye que, las fluctuaciones de las hormonas sexuales pueden influir en otros factores de riesgo de lesión del LCA de manera cíclica (p. ej., niveles séricos de relaxina, rigidez musculotendinosa y movimiento en valgo de la rodilla).

Varios investigadores han examinado la relación entre las fases del ciclo menstrual y el riesgo de sufrir una lesión del LCA. El consenso de estos autores es que algunos notaron una mayor proporción de lesiones cerca de la menstruación, mientras que otros notaron una mayor proporción cerca de la ovulación.

Hewett et al. (2007) sugieren que el estrógeno está directamente involucrado en el aumento de las tasas de lesiones femeninas, con correlaciones informadas entre el ciclo menstrual y las lesiones en el fútbol femenino. Además, añaden que tanto el estrógeno como la relaxina afectan las propiedades de tracción de los ligamentos, y que los receptores de estrógeno están presentes en los fibroblastos del LCA humano, mientras que el estradiol disminuye la síntesis de procolágeno en los fibroblastos cultivados de un LCA femenino. Por lo cual, las concentraciones fisiológicas de estradiol disminuyen significativamente la fuerza de los ligamentos y la relaxina disminuye la tensión de los tejidos blandos.

Belanger et al. (2013) concuerdan con la teoría anterior y afirman que las hormonas que controlan el ciclo menstrual afectan la integridad general del LCA al alterar su estructura. En general, estas hormonas disminuyen las propiedades de tensión del LCA al unirse a receptores en él y específicamente, el estrógeno cuando se une a los receptores en el LCA, disminuye la proliferación de fibroblastos y, posteriormente, disminuye la producción de colágeno. En teoría, esto podría resultar en una mayor incidencia de lesiones del LCA durante la fase preovulatoria que abarca los días 1 a 14 del ciclo menstrual, cuando predomina el estrógeno.

También se han realizado varios estudios sobre el posible efecto protector de los anticonceptivos hormonales, especialmente las píldoras anticonceptivas orales (AO), en las lesiones del LCA sin contacto, debido a que sus usuarias tienen un perfil de hormonas ováricas endógenas constantemente regulado a la baja, aunque estos datos también son inconsistentes (Nédélec et al., 2021).

Hewett et al. (2007) sugieren que los anticonceptivos orales (AO), que estabilizan las fluctuaciones en las hormonas sexuales femeninas cíclicas, pueden disminuir las tasas de lesión del LCA en las mujeres. Por ello las atletas que tomaban anticonceptivos orales podrían tener menores tasas de lesiones en comparación con las que no usan anticonceptivos. Además, añaden que la estabilización hormonal del uso de anticonceptivos orales puede aumentar la estabilidad dinámica y pasiva de la rodilla y que el ciclo hormonal no controlado puede estar relacionado con la disminución de la estabilidad dinámica de la rodilla y un mayor riesgo asociado de lesión del LCA en relación con los atletas masculinos.

En esta revisión, se investigará principalmente la relación entre la lesión del LCA y el ciclo menstrual; si estas fueron al azar o se correlacionan con una fase específica del ciclo menstrual, además, si los anticonceptivos orales proporcionan ayuda contra esta lesión.

2. Objetivos

El objetivo principal de esta revisión sistemática es conocer la relación que existe entre las fases del ciclo menstrual y la lesión del LCA en mujer que realizan actividad física.

Los objetivos secundarios son:

- Explorar si existe relación entre las fases del ciclo menstrual y la laxitud ligamentaria.
- Indagar si existe una fase del ciclo menstrual donde el índice de lesión sea mayor.
- Conocer la relación que pueden tener los anticonceptivos orales a las lesiones del LCA.

3. Metodología

3.1. Diseño

Se realizó una revisión sistemática de las bases de datos científicas sobre la relación entre las lesiones del LCA y el ciclo menstrual en mujeres deportistas

3.2. Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda en las bases de datos MEDLINE Complete, CINAHL with Full Text, SPORTDiscus with Full Text, Academic Search Ultimate y Rehabilitation & Sports Medicine Source. La ecuación de búsqueda que se utilizó fue la siguiente: (ACL or Anterior Cruciate Ligament or ACL Injury or Anterior Cruciate Ligament Injury) AND (Menstrual Cycle or Menstruation or Menses) AND (Sports or Athletics or Physical Activity or Exercise), obteniendo 394 resultados.

3.3. Criterios de selección

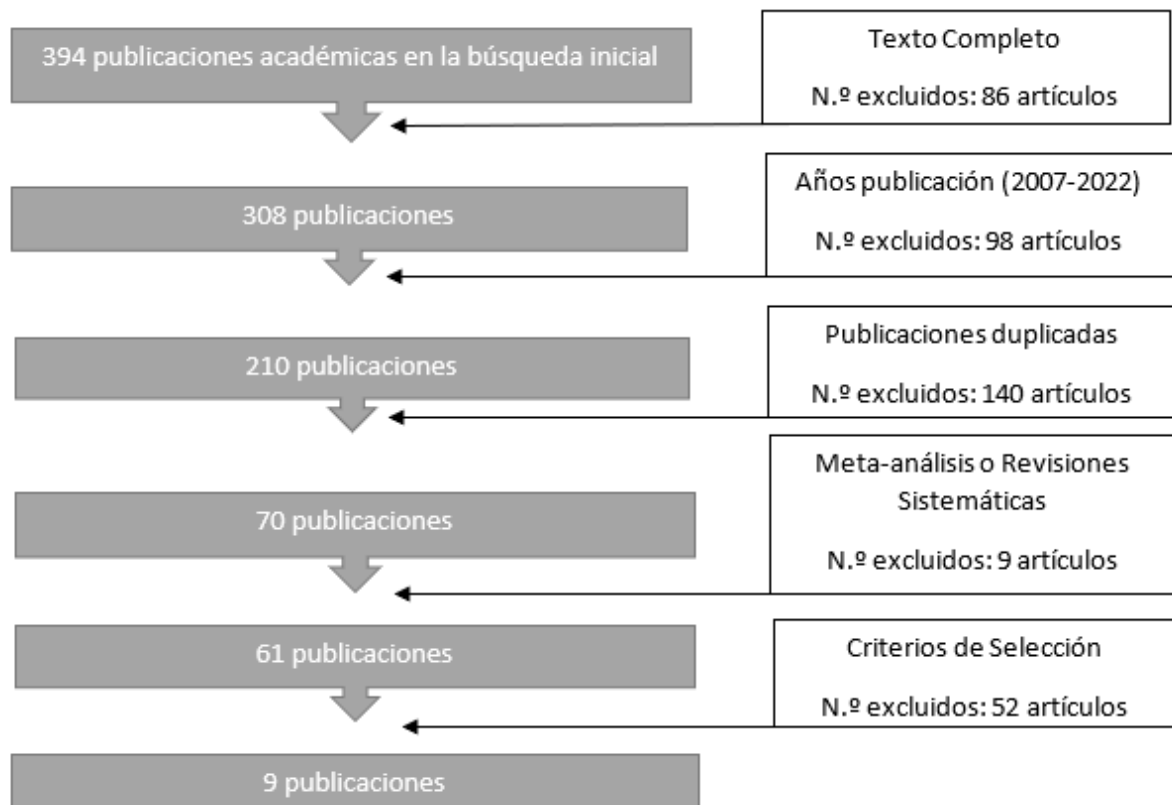
Como criterios de selección se utilizaron, que las publicaciones se encontraran en texto completo, que fuesen publicadas entre los años 2007 y 2022 ya que 15 años son los años óptimos para poder realizar una revisión actualizada y completa ya que anteriormente no existían muchos estudios sobre el tema, que las publicaciones no fuesen revisiones sistemáticas ni metaanálisis, que la temática de las publicaciones fuera sobre el ciclo menstrual y la lesión del LCA, que las mujeres que participaran en los estudios realizaran actividad física sin ningún nivel específico.

3.4. Diagrama de flujo

En la figura dos se muestra el diagrama de flujo mediante el cual han sido seleccionados los artículos de esta revisión bibliográfica.

Figura 2

Diagrama de flujo



4. Discusión

Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo principal conocer la relación que existe entre las fases del ciclo menstrual y la rotura del LCA en mujeres que realizan actividad física. A parte, se marcaron como objetivos secundarios explorar si existe relación entre el ciclo menstrual y la laxitud ligamentaria, identificar la fase del ciclo menstrual donde haya mayor índice lesional y conocer la relación que pueda tener el uso de anticonceptivos orales a las lesiones del LCA.

4.1. Influencia del ciclo menstrual en la incidencia lesional del LCA

Lefevre et al. (2013) realizó un cuestionario en 172 esquiadoras recreativas diagnosticadas clínicamente con rotura de LCA. El cuestionario comprendía tres

bloques: circunstancias del trauma, nivel deportivo y ciclo menstrual y uso de anticonceptivos orales. Se obtuvo como resultados sobre el ciclo menstrual durante el trauma que 58 de los 172 pacientes (33,72%) se encontraban en la fase folicular, 63 (36,63%) en la ovulación y 51 (29,65%) en la fase lútea.

Podemos observar en el estudio realizado por Adachi et al. (2008) también lleva a cabo un cuestionario en 18 mujeres adolescentes deportistas con lesión de LCA. Los resultados que se obtienen son significativamente mayores comparados con el estudio anterior ya que observamos que 13 de 18 lesiones (72%) ocurrieron en la ovulación, mientras que 3 lesiones (17%) ocurrieron en fase lútea y 2 lesiones (11%) ocurrieron en la fase folicular.

Ruedl et al. (2009) desempeñó un estudio con un grupo experimental con esquiadoras con lesión en el LCA y un grupo control sin lesión. Analizó los datos del historial menstrual e indicó una diferencia estadística. El 57% de las esquiadoras con lesión del LCA se encontraban en la fase preovulatoria (fase folicular y ovulación) en el momento de la lesión. Por tanto, no podemos confirmar si estas lesiones se dieron en la fase de ovulación o no. Pero Ruedl et al. (2009) confirmó que esa fase preovulatoria (fase folicular y ovulación) la incidencia de lesión del LCA era mayor.

4.2. Influencia del ciclo menstrual en la laxitud ligamentaria

Según Park et al. (2008), las mujeres tienden a tener una mayor laxitud ligamentaria que los hombres, y una mayor laxitud ligamentaria puede disminuir la funcionalidad de la rodilla. La variabilidad en la laxitud de la rodilla puede ser importante para predecir el riesgo de lesión del LCA. Por ello Park et al. (2008), realizó un estudio con 25 mujeres deportistas sin ninguna lesión donde medía la laxitud ligamentaria de la rodilla en cada una de las tres fases del ciclo menstrual. Se observó un aumento de laxitud en la articulación de la rodilla durante la ovulación en comparación con la fase lútea. Además, Eiling et al. (2007) en su estudio realizado en 11 mujeres de equipos regionales de netball donde también median la laxitud ligamentaria en las diferentes fases del ciclo menstrual, observó que en la fase folicular había un aumento de un 3,9% y en la ovulación había un aumento de un 10% de la laxitud ligamentaria con

respecto a la fase folicular. Después de la ovulación, en la fase lútea, disminuyó la laxitud ligamentaria a niveles parecidos a los previos en la fase folicular.

En cuanto al estudio realizado por Park et al. (2009) a 26 mujeres adolescentes que realizaban deporte recreativo ocurrió algo curioso. En la ovulación hubo un aumento de la laxitud ligamentaria de 11,3% en comparación con la fase lútea y además la laxitud máxima de la ovulación superó significativamente la laxitud máxima de la fase folicular coincidiendo así con lo descrito previamente. Lo curioso fue que Park et al. (2009) observaron que tres sujetos de los 26 hubo una laxitud ligamentaria menor en la ovulación en comparación con las otras dos fases. Por tanto, los sujetos fueron divididos en respondedores y no respondedores. Catorce sujetos (respondedores) demostraron al menos 0,4mm de disminución de la laxitud desde la ovulación hasta la fase lútea y por lo tanto fueron identificados como respondedores lúteos. Doce sujetos mostraron menos de 0,4 mm de disminución de la laxitud en los mismos intervalos y por lo tanto fueron identificados como no respondedores lúteos.

Por el contrario, Shafiei et al. (2016) en su estudio realizado a 40 mujeres atletas, donde media la laxitud ligamentaria en la menstruación, en la ovulación y en la mitad de la fase lútea. Se llegó a la conclusión de que no hay una diferencia significativa en la laxitud del LCA entre 3 fases del ciclo menstrual en contradicción de lo estudiado por Park et al. (2008) y Eiling et al. (2007).

4.3. Influencia de los niveles hormonales del ciclo menstrual en la lesión del LCA

La causa de que ocurra todo lo descrito anteriormente por los autores puede ser dada por los niveles de hormonas. Dragoo et al. (2011) describió, en su estudio realizado a 128 atletas en deportes con riesgo de rotura del LCA, que la relaxina media para las atletas que no habían sufrido lesión en el LCA (100 de 128) era de 1,8 pg/mL mientras que la relaxina media para las atletas que habían sufrido lesión en el LCA (28 de 128) era de 6,0 pg/mL. Este estudio reveló que la relaxina, aumentó significativamente entre las atletas que sufrieron roturas de LCA en comparación con aquellos que no tuvieron roturas. Dragoo et al. (2011) se basa con sus resultados en que se ha

demostrado que la hormona relaxina tiene efectos colágenos líticos mediados por la liberación de matriz metaloproteasas, colagenasas, y activador del plasminógeno. La relaxina ha demostrado que se une específicamente al LCA de humanos hembras y no machos. Aunque también añade que el mecanismo por el cual la relaxina altera la mecánica de las propiedades del LCA humano aún no se han aclarado por completo.

En relación con las hormonas durante el ciclo menstrual de la mujer, Park et al. (2009) expone los resultados de los niveles de progesterona y estradiol y observamos que el estradiol más bajo y progesterona se encontraron en la fase folicular, y los niveles más altos de estradiol y progesterona se encontraron durante la fase lútea.

En cuanto a Eiling et al. (2007), en su muestreo de sangre realizado en su estudio, observa que el estrógeno y la progesterona se encontraron en sus niveles más bajos en la fase folicular. Mientras que en la ovulación se observó altos niveles de LH y estrógeno. Se observaron niveles decrecientes de estrógeno y el pico máximo de las concentraciones de progesterona en la fase lútea. Estos datos de concentraciones hormonales estaban dentro de los rangos informados para mujeres sanas. Adachi et al. (2008) añade una posible relación observada en su estudio donde hubo más lesiones durante la fase ovulatoria cuando ya que es precedida por un aumento de estrógeno a mitad del ciclo y se observaron menos lesiones en las otras fases.

Dragoo et al. (2011) concluye en su artículo, que es probable un efecto de exposición a largo plazo y con niveles más altos de relaxina experimentan una mayor activación de los receptores de relaxina en el LCA con el tiempo. Lo que en última instancia conduce a una disminución integridad del ligamento y mayor riesgo de desgarro del LCA en comparación con aquellos que no tienen una exposición crónica a la relaxina.

4.4. Influencia de la aceleración tibial en las diferentes fases del ciclo menstrual en la lesión del LCA

Hohmann et al. (2015) realizó un estudio en 11 jugadoras de netball como grupo experimental y un grupo control con 11 deportistas hombres para observar la aceleración tibial durante las fases del ciclo menstrual. Observó diferencias

significativas en el estrógeno entre la ovulación, la fase menstrual y la fase folicular con el nivel más alto observado durante la ovulación. En el grupo de control masculino, los niveles de estrógeno fueron significativamente más bajos que en el grupo femenino en todo momento. Además, registró el pico de aceleración tibial (PTA), el tiempo al pico de aceleración tibial (TPTA) y tiempo de aceleración tibial 0 (TZTA). El PTA sirve como descriptor de atenuación del choque tibial y es una medida indirecta del vector de carga del LCA durante el contacto inicial con el suelo. El TZTA es la duración de aceleración axial positiva, y representa el tiempo para alcanzar velocidad constante durante la desaceleración. Y el TPTA es un factor importante determinante de la estabilidad y funcionalidad de la rodilla. Se encontraron diferencias significativas en aumento entre la fase de sangrado y la fase folicular, la fase de sangrado y la ovulación, la fase de sangrado y la fase lútea y la fase folicular y la ovulación para TPTA. Por tanto, TPTA aumenta de manera constante a lo largo del ciclo menstrual, alcanzando valores máximos en el grupo femenino en la ovulación. Hohmann et al. (2015) concluye explicando que los resultados sugieren que el sistema musculoesquelético de la mujer necesita adaptarse constantemente al entorno hormonal cambiante, y adaptar estrategias neuromusculares para minimizar el riesgo de lesiones. La necesidad constante para las adaptaciones neuromusculares puede en sí mismo potencialmente exponer el LCA a un mayor riesgo de lesión, y esto puede tener más implicaciones para la prevención de la lesión del LCA en la atleta femenina. Relacionando la aceleración tibial con los niveles hormonales, Hohmann et al. (2015) observó una fuerte y significativa relación negativa entre los niveles de estrógeno y PTA. Para el grupo masculino, esta relación fue significativa pero débil. Para el grupo femenino, se observó una fuerte y significativa relación positiva entre niveles de estrógeno y TPTA; para el grupo masculino, esta relación también fue significativa, sin embargo, la correlación fue sólo débil. Finalmente se observaron relaciones importantes pero débiles entre los niveles de LH y TZTA tanto para el grupo femenino como para el masculino.

4.5. Influencia de los anticonceptivos orales en la lesión del LCA

Finalmente, en cuanto a una posible relación entre los anticonceptivos orales y la rotura del LCA, Ruedl et al. (2009) desarrolla su estudio en 93 esquiadoras recreativas con lesión en el LCA mediante trauma indirecto. Compara este grupo, con un grupo control de 93 esquiadores sin lesión. Todos los sujetos toman anticonceptivos orales. No se observó diferencias entre los sujetos y el grupo control con respecto a lesiones previas de rodilla y uso de anticonceptivos orales.

De las esquiadoras con lesión del LCA, el 57% estaban en la fase preovulatoria (fase folicular y ovulación) en el momento de la lesión, mientras que el 41% del grupo control estaban en la fase preovulatoria en el momento del cuestionario.

En cuanto a los sujetos y el grupo controles sin uso de AO, sólo una tendencia hacia un aumento de 1,88 en se detectaron lesiones del LCA en fase preovulatoria.

Lefevre et al. (2013) en su estudio con 172 esquiadoras recreacionales añade sobre los anticonceptivos que 53 (30,8%) sujetos de su estudio tomaban anticonceptivos orales. Y observa que los desgarros del LCA fueron más frecuentes en la fase preovulatoria, ya sea en pacientes que usaban anticonceptivos orales u otros métodos anticonceptivos: 85/119 (71,4%) vs. 36/53 (67,9%).

5. Futuras líneas de investigación

Esta revisión bibliográfica se realizó con artículos con un rango de 15 años de antigüedad. Aunque el deporte femenino está en auge, observamos que solo fuimos capaces de encontrar nueve artículos que relacionan la rotura del LCA y el ciclo menstrual en mujeres deportistas. Por tanto, es importante incidir en la investigación de este tema para poder reducir el índice lesional y establecer un conocimiento en base a cada fase del ciclo menstrual.

Muchos de los artículos utilizan una estimación para saber en qué fase del ciclo menstrual se encuentra la mujer en lugar de realizar un ensayo hormonal, lo cual aumenta el coeficiente de error. Utilizando siempre el ensayo hormonal, se podrían establecer relaciones entre las fases del ciclo menstrual y la lesión del LCA más exactas.

Encontramos artículos que hablan sobre el uso de los anticonceptivos orales y su relación con la lesión del LCA, pero realmente solo uno de ellos investiga en esos posibles efectos que se pueden encontrar. Por tanto, daría más hincapié en estudios que relacionan estas dos ideas de una manera más profunda.

En los artículos que miden la laxitud de la rodilla, sería importante ver la activación de los músculos isquiotibiales y cuádriceps. Cuando hay una activación de la musculatura se produce una resistencia a la carga que conlleva a una menor laxitud y a una mayor rigidez. De esta manera podríamos determinar que todos realizan la misma fuerza.

Por último, como línea de investigación futura, sería importante realizar estudios en mujeres que realizan deporte de alto rendimiento ya que la gran mayoría de los estudios son en mujeres que realizan deporte de manera recreativa. Por tanto, una persona que realiza deporte de alto rendimiento está acostumbrada a cargas mayores y eso producirá que haya una mayor laxitud ligamentaria. También hay mayor incidencia de rotura del LCA en deportistas de alto rendimiento y podría ayudarnos a estimar una relación de mayor calidad.

6. Conclusiones

En esta revisión, se han podido analizar nueve artículos en donde principalmente se observan las repercusiones las fases del ciclo menstrual en la lesión del LCA. No todos los autores hacen esta relación con el mismo enfoque, ya que algunos se centran en los mayores factores de riesgo de esta lesión mientras que otros directamente evalúan la incidencia lesional. Por ello, analizaremos los distintos resultados de los autores para encontrar la correlación entre ellos y crear una conclusión que abarque todas las causas posibles de la lesión del LCA en mujeres deportistas debido al ciclo menstrual.

Como principal conclusión, podemos concluir que no hay certeza de que pueda haber una relación entre el ciclo menstrual y la lesión del LCA. Todos los artículos muestran que debido a la segregación de hormonas, principalmente estrógeno, progesterona,

LH y FSH, la composición y metabolismo del tejido del LCA se ve afectada, provocando así un riesgo y/o lesión de esta estructura.

Analizando de forma más profunda esta asociación, centrándonos en las fases del ciclo menstrual, dividiéndolas en fase folicular, ovulación y fase lútea, concluimos, ya que ocho de los nueve autores así lo confirman, que hay una leve tendencia de un mayor índice lesional en la fase de la ovulación. Podríamos dividir entre preovulación y ovulación, pero se obtienen las mismas conclusiones y resultados, perteneciendo así a la misma fase. De ello también podemos especificar que el estrógeno sería una de las hormonas más influyentes en esta lesión debido a su pico de segregación en la fase de la ovulación.

Además, en relación a composición en de los ligamentos y de forma específica del LCA, se ha observado que en algunos estudios han demostrado que existe un cambio metabólico a nivel de la relaxina que se libera en el ciclo menstrual, lo cual provoca una problemas en la integridad del LCA que pueden contribuir a un mayor riesgo de lesión.

Por último, hemos querido establecer también relación con los anticonceptivos orales ya que muchas deportistas ingieren estas pastillas para poder crear una estabilidad hormonal en el ciclo. De ello podemos concluir que no se observan diferencias en la incidencia lesional de las deportistas con uso y sin uso de los anticonceptivos.

En esta revisión se establecen varias conclusiones importantes que podrían ser utilizadas de referencia para la prevención de lesiones y adaptación de entrenamientos para mujeres deportistas, pero con carácter más urgente, deberían ser utilizado de referencia para futuras investigaciones ya que los resultados no coinciden en su totalidad. Es además evidente de la necesidad de realizar más estudios científicos experimentales en los que la determinación del estado hormonal se haga de manera objetiva y no estimada para entender la influencia real de las concentraciones hormonales en función de las diferentes fases del ciclo menstrual.

7. Referencias bibliográficas

- Adachi, N., Nawata, K., Maeta, M., y Kurozawa, Y. (2008). Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 128(5), 473–478. <https://doi.org/10.1007/s00402-007-0461-1>
- Beaulieu, M. L., y McLean, S. G. (2012). Sex-dimorphic landing mechanics and their role within the noncontact ACL injury mechanism: evidence, limitations and directions. *Sports medicine, arthroscopy, rehabilitation, therapy & technology: SMARTT*, 4(1), 10. <https://doi.org/10.1186/1758-2555-4-10>
- Belanger, L., Burt, D., Callaghan, J., Clifton, S., y Gleberzon, B. J. (2013). Anterior cruciate ligament laxity related to the menstrual cycle: an updated systematic review of the literature. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 57(1), 76–86.
- Boden, B. P., y Sheehan, F. T. (2022). Mechanism of non-contact ACL injury: OREF Clinical Research Award 2021. *Journal of orthopaedic research: official publication of the Orthopaedic Research Society*, 40(3), 531–540. <https://doi.org/10.1002/jor.25257>
- Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., y Wycherley, T. P. (2021). The Impact of Menstrual Cycle Phase on Athletes' Performance: A Narrative Review. *International journal of environmental research and public health*, 18(4), 1667. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041667>
- Constantini, N. W., Dubnov, G., y Lebrun, C. M. (2005). The menstrual cycle and sport performance. *Clinics in sports medicine*, 24(2). <https://doi.org/10.1016/j.csm.2005.01.003>
- Daniel, D.M., Pedowitz, R., O'Connor, J.J., y Akeson, W.H. (2003). *Daniel's knee injuries: ligament and cartilage structure, function, injury, and repair*.
- Dragoo, J. L., Castillo, T. N., Braun, H. J., Ridley, B. A., Kennedy, A. C., y Golish, S. R. (2011). Prospective correlation between serum relaxin concentration and anterior cruciate ligament tears among elite collegiate female athletes. *The American journal of sports medicine*, 39(10), 2175–2180. <https://doi.org/10.1177/0363546511413378>

- Eiling, E., Bryant, A. L., Petersen, W., Murphy, A., y Hohmann, E. (2007). Effects of menstrual-cycle hormone fluctuations on musculotendinous stiffness and knee joint laxity. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*, 15(2), 126–132. <https://doi.org/10.1007/s00167-006-0143-5>
- García-Toyos, N., March-Cerdá, J. C., Chillón-Martínez, R., & Escudero-Carretero, M. J. (2021). Atención Sanitaria Al Malestar premenstrual. La Perspectiva de las Mujeres. *Medicina De Familia. SEMERGEN*, 47(1), 12–27. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2020.05.019>
- Hewett, T. E., Zazulak, B. T., & Myer, G. D. (2007). Effects of the menstrual cycle on Anterior Cruciate Ligament Injury Risk. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(4), 659–668. <https://doi.org/10.1177/0363546506295699>
- Hohmann, E., Bryant, A. L., Livingstone, E., Reaburn, P., Tetsworth, K., y Imhoff, A. (2015). Tibial acceleration profiles during the menstrual cycle in female athletes. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 135(10), 1419–1427. <https://doi.org/10.1007/s00402-015-2283-x>
- Lefevre, N., Bohu, Y., Klouche, S., Lecocq, J., y Herman, S. (2013). Anterior cruciate ligament tear during the menstrual cycle in female recreational skiers. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research: OTSR*, 99(5), 571–575. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2013.02.005>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2013, Abril). Anuario de Estadísticas Deportivas 2013. <https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:69ccde4f-ec33-442c-8b24-ea51e36af627/aed-2013.pdf>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2022, Mayo). Estadística de deporte federado 2021. <https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:6b7e9a1a-e3e5-4b45-8ae5-6f187b50235f/estadistica-de-deporte-federado.pdf>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2022, Mayo). Licencias federadas según sexo por federación. 2021. (Distribución porcentual). <https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:4b866486-1c11-4dc4-a528-8611c431a7e7/licencias-federadas-por-sexo.pdf>

- Miyazaki, M. y Maeda, S. (2021). Effects of Menstrual Cycle on Flexibility of the Hamstrings in Healthy Young Women. *Adv. Exerc. Sports Physiol.* 27(3), 37-43.
- Nédélec, E., Foli, E., Shultz, S. J., Swinton, P. A., Dolan, E., Enright, K., Piasecki, J., Matthews, J. J., Sale, C., & Elliott-Sale, K. J. (2021). Effect of menstrual cycle phase, menstrual irregularities and hormonal contraceptive use on anterior knee laxity and non-contact anterior cruciate ligament injury occurrence in women: A Protocol for a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 7(4). <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2021-001170>
- Park, S. K., Stefanyshyn, D. J., Loitz-Ramage, B., Hart, D. A., y Ronsky, J. L. (2009). Changing hormone levels during the menstrual cycle affect knee laxity and stiffness in healthy female subjects. *The American journal of sports medicine*, 37(3), 588–598. <https://doi.org/10.1177/0363546508326713>
- Park, S. K., Stefanyshyn, D. J., Ramage, B., Hart, D. A., y Ronsky, J. L. (2008). Relationship between knee joint laxity and knee joint mechanics during the menstrual cycle. *British journal of sports medicine*, 43(3), 174–179. <https://doi.org/10.1136/bjsem.2008.049270>
- Pedowitz, R. A., O'Connor, J. J., & Akeson, W. H. (2015). *Daniel's knee injuries: Ligament and cartilage structure, function, injury, and Repair*. Wolters Kluwer.
- Ruedl, G., Ploner, P., Linortner, I., Schranz, A., Fink, C., Sommersacher, R., Pocecco, E., Nachbauer, W., y Burtscher, M. (2009). Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers?. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*, 17(9), 1065–1069. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0786-0>
- Shafiei, S. E., Peyvandi, S., Kariminasab, M. H., Shayesteh Azar, M., Daneshpoor, S. M., Khalilian, A., y Aghajantabar, Z. (2016). Knee Laxity Variations in the Menstrual Cycle in Female Athletes Referred to the Orthopedic Clinic. *Asian journal of sports medicine*, 7(4), e30199. <https://doi.org/10.5812/asjsem.30199>
- Shagawa, M., Maruyama, S., Sekine, C., Yokota, H., Hirabayashi, R., Hirata, A., Yokoyama, M., & Edama, M. (2021). Comparison of anterior knee laxity,

stiffness, genu recurvatum, and general joint laxity in the late follicular phase and the ovulatory phase of the menstrual cycle. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04767-8>

Vescovi J. D. (2011). The menstrual cycle and anterior cruciate ligament injury risk: implications of menstrual cycle variability. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 41(2), 91–101. <https://doi.org/10.2165/11538570-000000000-00000>

Werner, J. (2015). *Torn: A simple guide to Acl tears and healing for girls*. Tracks Publishing.

Zanin, L., Paez, A., Correa, C., y De Bortoli, M. (2011). Ciclo menstrual: sintomatología y regularidad del estilo de vida diario. *Fundamentos en Humanidades*, XII(24), 103-123. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1842692000>

8. Anexos

8.1. Cuadro resumen artículos empleados

Referencia	VARIABLES	Muestra	Nivel de Actividad Física	Resultados
Adachi et al., 2008	Historial de la lesión Historial menstrual Nivel de actividad subjetivo Asociación entre lesión LCA y ciclo menstrual	18 adolescentes 16.2 años	Baloncesto Voleibol Balonmano Otros	2 lesiones en la fase folicular (11%) 13 lesiones durante la ovulación (72%) 3 lesiones en la fase lútea (17%)
Dragoo et al., 2011	Análisis hormonal: -Relaxina -Progesterona Mecanismo y momento de la rotura.	128 mujeres I División 2 universidades	Baloncesto Hockey Gimnasia Lacrosse Fútbol Voleibol	Las concentraciones de relaxina medias fueron mayores en las roturas de LCA.

<p>Eiling et al., 2007</p>	<p>Concentraciones hormonales</p> <p>Laxitud anterior de rodilla</p> <p>Rigidez musculotendinosa</p>	<p>11 adolescentes 16,3 años</p>	<p>Netball (2 hora/semana)</p>	<p>Niveles normales de las concentraciones hormonales en mujeres sanas.</p> <p>Aumento de 3,9% desde el inicio de la menstruación hasta la fase folicular. En la ovulación aumento de 10% con respecto a la fase folicular. Disminución de 10% desde la ovulación hasta el final de la fase lútea.</p> <p>En la ovulación se observa una menor rigidez musculotendinosa</p>
<p>Hohmann et al., 2015</p>	<p>Aceleración tibial.</p> <p>-Pico de aceleración tibial (PTA)</p> <p>-Tiempo al pico de aceleración tibial (TPTA)</p> <p>-Tiempo de aceleración tibial 0 (TZTA)</p> <p>Análisis venoso</p> <p>-LH</p> <p>-FSH</p> <p>-Estrógeno</p> <p>-Progesterona</p>	<p>Grupo experimental:</p> <p>11 mujeres 16,3 años</p> <p>Grupo control:</p> <p>hombres</p>	<p>Netball</p>	<p>No hubo diferencias significativas entre las diferentes fases del ciclo menstrual y el PTA y el TZTA.</p> <p>Si hubo diferencias significativas en el TPTA entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La menstruación y la fase folicular • La menstruación y la ovulación. • La menstruación y la fase lútea. • La fase folicular y la ovulación.

Lefevre et al., 2013	Fase del ciclo menstrual durante el trauma. Tipo de anticonceptivo y uso de anticonceptivos orales	172 sujetos Ciclo menstrual regular Rotura del LCA	Esquiadoras recreacionales (1 o más veces)	33.72% Fase folicular (58) 36.63% Ovulación (63) 29.65% Fase lútea (51) 30.8% Anticonceptivos orales. La rotura de LCA fue más común en la fase preovulatoria en los sujetos con anticonceptivos orales que cualquier otro anticonceptivo (85/119 (71,4%) vs. 36/53 (67,9%)).
Park et al., 2008	Laxitud de rodilla Ángulo máximo de rodilla Momento de la articulación de la rodilla Impulso de la articulación de la rodilla	25 mujeres sanas 22,7 años	Deporte recreacional regular	Aumento de la laxitud de la rodilla en la ovulación en comparación con la fase lútea. No hay cambios significativos en la mecánica de la rodilla durante las fases del ciclo menstrual. Aumento de la laxitud de rodilla correlacionado con el aumento de la carga.
Park et al., 2009	Niveles hormonales de estradiol y progesterona en las distintas fases del ciclo menstrual Laxitud ligamentaria de rodilla. Rigidez ligamentaria de rodilla.	26 mujeres Sin lesiones previas de rodilla.	Correr Baloncesto Fútbol Rugby Voleibol Gimnasia Baile Squash	Los niveles más bajos de estradiol y de progesterona se encontraron en la fase folicular. Los niveles más altos de estradiol y de progesterona se encontraron en la fase lútea.

			Natación Ciclismo Lucha Karate Patinaje artístico	La mayor laxitud ligamentaria se observó en la ovulación. Reducción de rigidez de rodilla de 17% en la ovulación.
Ruedl et al., 2009	Lesiones de rodilla previas Fase del ciclo menstrual durante el trauma	Grupo experimental: 93 sujetos Rotura indirecta LCA Grupo control: 93 sujetos Sin lesión Todos utilizan anticonceptivos orales.	Esquiadoras recreacionales	Grupo experimental: 57% fase preovulatoria en el momento del trauma. Grupo control: 41% fase preovulatoria en el momento del cuestionario.
Shafiei et al., 2016	Análisis hormonal en las fases menstruales: -Estrógeno -Progesterona Laxitud ligamentaria	40 mujeres 25,5 años	Voleibol Aerobic Taekwondo Wushu Baloncesto Ballet	No hay diferencia significativa de laxitud ligamentaria en ninguna de las fases del ciclo menstrual.