

UNIVERSIDAD EUROPEA DE VALENCIA

Facultad de Ciencias de la Salud

Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

Curso 2023-2024

**Revisión sistemática de la variación de la laxitud del
ligamento cruzado anterior y de su tasa de rotura a lo
largo del ciclo menstrual en la mujer deportista**



Autoras

Margot ALIGON

Lou-Anne LECLERCQ

Tutor

Dr. Fernando DOMÍNGUEZ NAVARRO

Valencia, 2024

**Revisión sistemática de la variación de la laxitud del
ligamento cruzado anterior y de su tasa de rotura a lo
largo del ciclo menstrual en la mujer deportista**

TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR:

Margot ALIGON y Lou-Anne LECLERCQ

TUTOR DEL TRABAJO:

Dr. Fernando DOMÍNGUEZ NAVARRO

FACULTAD DE FISIOTERAPIA

UNIVERSIDAD EUROPEA DE VALENCIA



VALENCIA

CURSO 2023-2024

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1. LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR	3
2.2. FACTORES DE RIESGO DE LESIÓN EN LA MUJER	3
2.3. CICLO MENSTRUAL E IMPLICACIONES FISIOLÓGICAS	4
2.4. ANTECEDENTES CIENTÍFICOS	4
2.5. RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	5
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	6
4. MATERIAL Y METODOLOGÍA	7
4.1. IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	7
4.2. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS	7
4.3. PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS	9
4.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA Y DEL RIESGO DE SESGO DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS	10
5. RESULTADOS	11
5.1. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS	11
5.2. LAXITUD DEL LCA SEGÚN LA FASE DEL CM	11
5.3. ROTURAS DEL LCA SEGÚN LA FASE DEL CM	13
5.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA Y DEL RIESGO DE SESGO DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS	15
6. DISCUSIÓN	17
6.1. EXPLICACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	17
6.2. COHERENCIA CON ANTECEDENTES CIENTÍFICOS	21
6.3. LIMITACIONES DE LOS PROCESOS DE REVISIÓN	22
6.4. IMPLICACIONES Y RECOMENDACIONES	22
7. CONCLUSIONES	24
8. BIBLIOGRAFÍA	25
9. ANEXOS	28

ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS

Figura 1 : Variaciones del estrógeno y de la progesterona a lo largo del CM	4
Figura 2 : Resultados de la TTA en las fases del CM aplicando una fuerza de 89N	12
Figura 3 : Resultados de la TTA en las fases del CM aplicando una fuerza de 133N	13
Figura 4 : Riesgo relativo de las fases preovulatoria y postovulatoria	14
Figura 5 : Riesgo relativo de las fases folicular, ovulatoria y lútea	15
Figura 6 : Riesgo relativo de las fases folicular, ovulatoria y lútea por días	15
Anexo A : Selección de los estudios para realizar la revisión sistemática	28
Anexo B : Método de selección y cribado de los artículos	37
Anexo C : Características de la población y detalle de los resultados de la variación de la laxitud del LCA a través de la TTA según la fase del CM	38
Anexo D : Características de la población y detalle de los resultados de la tasa de rotura del LCA según la fase del CM	39
Anexo E : Valoración de los estudios incluidos a la revisión con la escala STROBE (<i>Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology</i>)	40

ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

CM : Ciclo Menstrual.

DOI : *Digital Object Identifier*.

HSO : Hormonas Sexuales Ováricas.

LCA : Ligamento Cruzado Anterior.

Mm : Milímetro.

N : Newton.

PMID : *PubMed Identifier*.

STROBE : *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*.

TTA : Traslación Tibial Anterior.

***** : Diferencia Significativa.

1. RESUMEN

Introducción : Los datos epidemiológicos muestran que las mujeres activas presentan más riesgo de sufrir una lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) que los hombres. La disparidad de la incidencia de esta grave lesión entre sexo se puede explicar por varios factores anatomofisiológicos, dentro de ello se destaca el papel del ciclo menstrual (CM).

Objetivo : La presente revisión sistemática tiene por objetivo estudiar la relación entre la variación de la laxitud del LCA y su incidencia de roturas en las fases del CM en las mujeres deportistas. Para ello, se establecen dos objetivos específicos. El primero consiste en estudiar la variación de la traslación tibial anterior (TTA) a lo largo de las fases del CM. El segundo trata de verificar la correlación con las tasas de roturas del LCA en las fases del CM.

Metodología : Los estudios observacionales incluidos tenían como población de estudios mujeres activas, en edad fértil, eumenorreicas, con menstruación natural y sin antecedente de lesión en la rodilla. Respecto al primer objetivo se incluyeron los estudios que midieron la TTA con un artrómetro a 89 o 133 Newton (N) en las diferentes fases del CM (comprobadas con concentraciones fisiológicas). Para el segundo objetivo, se han seleccionado estudios valorando el número de roturas del LCA en las diferentes fases del CM (comprobado por concentraciones fisiológicas o cuestionario del historial menstrual). La calidad metodológica y el riesgo de sesgo de todos los artículos incluidos han sido valorados mediante la escala STROBE.

Resultados : Se incluyeron diecinueve artículos encontrados en *PubMed* y con el método bola de nieve. De los catorce artículos seleccionados para el primer objetivo constando doscientos ochenta participantes de edad media de 22.37 años, seis demostraron una diferencia significativa de la TTA entre las fases del CM, y la mayoría indicaron una tendencia al aumento de la TTA en la fase ovulatoria. Se seleccionaron cinco artículos en relación al segundo objetivo constando doscientos treinta y una participantes de edad media de 31.86 años, y la mayoría señalaron un riesgo mayor de lesión del LCA en la fase ovulatoria.

Conclusión : De por los resultados mixtos observados, la presente revisión no permite afirmar rotundamente si una fase particular del CM predispone a un mayor riesgo de lesión del LCA sobre la base de una disminución de su laxitud. Se puede apreciar que por una parte, este estudio reveló que la TTA aumenta en la fase ovulatoria, indicando una mayor laxitud del LCA, pero, curiosamente, también se ha demostrado que el riesgo de rotura del LCA es mayor en la fase ovulatoria.

Palabras clave : “ligamento cruzado anterior”, “ciclo menstrual”, “hormonas sexuales ováricas”, “traslación tibial anterior”.

ABSTRACT

Introduction : Epidemiological data show that active women are at higher risk of anterior cruciate ligament (ACL) injury than men. The disparity in the incidence of this serious injury between sexes can be explained by several anatomic-physiological factors, including the role of the menstrual cycle (MC).

Objective : The present systematic review aims to study the relationship between the variation of ACL laxity and its incidence of tears in the CM phases in female athletes. To this end, two specific objectives are established. The first is to study the variation of anterior tibial translation (ATT) throughout the phases of the CM. The second aims to verify the correlation with ACL tear rates in the CM phases.

Methodology : The included observational papers had as study population eumenorrheic active women of childbearing age with natural menstruation and no history of knee injury. For the first objective, studies that measured ATT with an arthrometer at 89 or 133 Newton (N) in the different phases of MC (verified with physiological concentrations) were included. For the second objective, studies assessing the number of ACL ruptures in the different phases of MC (confirmed by physiological concentrations or menstrual history questionnaire) were selected. The methodological quality and risk of bias of all included articles were assessed using the STROBE scale.

Results : Nineteen articles found in PubMed and using the snowball method were included. Of the fourteen articles selected for the first objective involving 280 participants with a mean age of 22.37 years, six showed a significant difference in ATT between MC phases, and most indicated a tendency for ATT to increase in the ovulatory phase. Five articles were selected in relation to the second objective implying two hundred and thirty one participants with a mean age of 31.86 years, and the majority indicated an increased risk of ACL injury in the ovulatory phase.

Conclusion : Based on the mixed results observed, this review does not allow us to state categorically whether a particular phase of MC predisposes to a higher risk of ACL injury based on a decrease in its laxity. It can be appreciated that on the one hand, this study revealed that ATT increases in the ovulatory phase, indicating greater ACL laxity, but, interestingly, it has also been shown that the risk of ACL rupture is greater in the ovulatory phase.

Keywords : "anterior cruciate ligament", "menstrual cycle", "ovarian sex hormones", "anterior tibial translation".

2. INTRODUCCIÓN

2.1. LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) es una lesión frecuente en el ámbito deportivo. Actualmente, un aspecto importante en su manejo radica en la identificación de las causas y factores de riesgo para su prevención.

La lesión del LCA se define como multifactorial (Dos'Santos et al., 2023; Nédélec et al., 2021) en la medida que agrupa tanto factores endógenos como ambientales (Dos'Santos et al., 2021). La mayoría de las roturas se produce a través de un mecanismo sin contacto, durante actividades que implican cambios de dirección y de ritmo como en el esquí, el fútbol, el rugby o la gimnasia (Dos'Santos et al., 2023). Los datos epidemiológicos muestran que las mujeres activas presentan de tres a seis veces más lesiones del LCA que los hombres, según el deporte (Nédélec et al., 2021). Teniendo en cuenta la implicación que supone esta lesión a nivel de calidad de vida, el coste económico de los cuidados y las secuelas a largo plazo, es imprescindible identificar las causas de esta disparidad entre sexos en el riesgo de rotura (Somerson et al., 2019).

2.2. FACTORES DE RIESGO DE LESIÓN EN LA MUJER

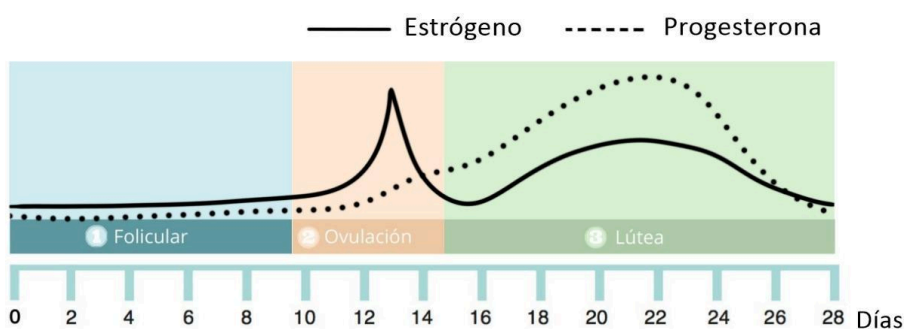
Se han propuesto varios factores para explicar la disparidad entre sexos, que se manifiestan a partir de la adolescencia (Dos'Santos et al., 2023). A nivel anatómico, las mujeres presentan un anillo pélvico superior más ancho, así que una mayor tendencia a la anteversión pélvica, a la torsión tibial medial y al valgo por tener un ángulo Q más pronunciado (Dos'Santos et al., 2023; Larwa et al., 2021; Somerson et al., 2019). También se ha demostrado diferencias en el aspecto neuromuscular (Dos'Santos et al., 2023; Somerson et al., 2019), con un peor control postural, especialmente de los músculos de la cadera y en la estabilidad del tronco (Larwa et al., 2021). Por un lado biopsicosocial se notan desigualdades en la elección del deporte y a nivel socioeconómico (Dos'Santos et al., 2023; Somerson et al., 2019). Biomecánicamente, las mujeres muestran menos fuerza en los músculos aductores de la cadera, y un patrón de aterrizaje más recto que disminuye la acción de los isquiotibiales (Dos'Santos et al., 2023; Larwa et al., 2021).

Además, se debe destacar el factor de riesgo fisiológico femenino del efecto de la fluctuación de las hormonas sexuales ováricas (HSO) a lo largo del ciclo menstrual (CM) sobre el ligamento (Dos'Santos et al., 2023; Nédélec et al., 2021; Somerson et al., 2019). Efectivamente, la existencia de receptores de las HSO en el tejido del LCA podría implicar un efecto en sus características bioquímicas, neuromusculares y mecánicas, y por tanto sobre su laxitud y su tasa de lesión (Dos'Santos et al., 2023; Pollard et al., 2006).

2.3. CICLO MENSTRUAL E IMPLICACIONES FISIOLÓGICAS

Los niveles séricos absolutos de estrógeno y progesterona y su proporción de concentración cambian a lo largo del CM como se ilustra en la Figura 1. En la fase folicular temprana (días uno a seis), las concentraciones de estrógeno y progesterona son bajas. El estrógeno se eleva en la fase folicular tardía (días siete a diez), entrando en la fase de ovulación (días diez a catorce). Durante la fase lútea (días quince a veintiocho), los niveles de progesterona aumentan significativamente debido a la secreción del cuerpo lúteo (Khowaleid et al., 2015; Wojtys et al., 1998).

Figura 1 : Variaciones del estrógeno y de la progesterona a lo largo del CM.



Elaboración propia basada en los datos procedentes de Slauterbeck et al. (2002) y Park et al. (2009).

Las fluctuaciones de las HSO (y particularmente los picos de concentración sérica de estrógenos) se han asociado a alteraciones tisulares y a una mayor incidencia de lesiones del LCA sin contacto, por predisponer el LCA al fallo con cargas de tracción más bajas y/o por alterar las acciones reflejas musculares protectoras asociadas con la estimulación del receptor tisular del LCA (Khowaleid et al., 2015). De hecho, el estrógeno y la progesterona afectan a muchos tejidos y sistemas distantes de los folículos ováricos. El estrógeno afecta a la fuerza de los tejidos blandos, la función muscular y el sistema nervioso central. Los efectos de la progesterona son menos conocidos, pero se cree que podría actuar como anestésico del sistema nervioso central (Wojtys et al., 1998). En concreto, se ha demostrado que el estradiol disminuye la proliferación de fibroblastos y la síntesis de colágeno (Yu et al., 1999), mientras que la progesterona les aumentan (Yu et al., 2001). De ahí, se supuso que los periodos del CM con más secreción de estradiol se asocian a mayor laxitud ligamentaria, mientras que las con predominio de progesterona corresponden a traslaciones tibiales anteriores (TTA) menores.

2.4. ANTECEDENTES CIENTÍFICOS

Hoy en día, existe un amplio espectro de estudios sobre el tema en la literatura científica. Se realizan ensayos clínicos investigando la variación de laxitud del LCA y su tasa de roturas en las diferentes fases del CM desde el siglo veinte. Recientemente, se publicó un meta-análisis que estandariza e interpreta los resultados disponibles respecto a la variación de

la TTA a lo largo del CM y que comprobó su correlación con las tasas de roturas del LCA según las fases del CM (Somerson et al., 2019). Los autores llegaron a la conclusión de que la TTA era menor durante la fase folicular en comparación con las fases ovulatoria y lútea, pero no llegaron a demostrar diferencia significativa entre estas dos últimas fases. Estos resultados coincidieron con los meta-análisis previos en el ámbito (Herzberg et al., 2017; Zazulak et al., 2006).

Entonces, teniendo en cuenta que la falta de laxitud anterior de la rodilla es un factor de riesgo de lesión del LCA sin contacto (Myer et al., 2008; Vauhnik et al. 2008), su rotura debería ocurrir menos en la fase folicular a nivel estadístico. Sin embargo, varias revisiones no coincidieron con este supuesto, afirmando que la fase lútea sería la que tiene un riesgo relativo de rotura significativamente menor, comparando con el periodo pre-ovulatorio (siendo la suma de las fases folicular y ovulatoria). En concreto, primero se estableció que existe un aumento de lesiones del LCA sin contacto en la fase folicular tardía (Hewett et al., 2007). Luego, otros autores hallaron que el momento del CM de menor riesgo para las lesiones del LCA era la fase lútea (Herzberg et al., 2017). Estos hallazgos se corroboraron en el metaanálisis más reciente, pero precisando que la diferencia encontrada era tan pequeña que podría no traducirse en una diferencia significativa a nivel clínico (Somerson et al., 2019).

2.5. RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Por tanto, el estado actual de los conocimientos científicos no permite establecer una relación clara entre la variación de la laxitud del LCA y su riesgo de lesión a lo largo del CM. No obstante, entender las asociaciones entre el CM y la rotura del LCA es de interés tanto para los investigadores a nivel científico como para el atleta a nivel individual. En concreto, permitirá a largo plazo establecer recomendaciones empíricas para los protocolos de detección de lesiones además de facilitar las estrategias de educación y de prevención en la preparación física de los deportistas.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Se planteó la hipótesis de que la laxitud del LCA variará a lo largo del CM, con un pico acerca de la fase ovulatoria, lo que conllevará una desproporcionalidad en la incidencia de roturas en sus diferentes fases, disminuyendo en torno a la fase ovulatoria.

El objetivo general es estudiar la relación entre la variación de la laxitud del LCA y su incidencia de roturas según las fases del CM en las mujeres deportistas eumenorreicas, con menstruación natural y en edad fértil, con el fin de establecer futuras recomendaciones en el ámbito de la prevención de las lesiones deportivas. Para ello, se establecen dos objetivos específicos. El primero consiste en estudiar la variación de la TTA a lo largo de las tres fases del CM. El segundo objetivo específico establecido es el de verificar la correlación con las tasas de roturas del LCA en las tres fases del CM.

4. MATERIAL Y METODOLOGÍA

4.1. IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Sabiendo el tema de estudio, se buscó primero dentro de la literatura científica disponible las revisiones sistemáticas y los meta-análisis del objeto de estudio, con el fin de analizar los conocimientos actuales y definir la relevancia de la presente revisión. Con la búsqueda salvaje en la base de datos Pubmed “(*menstrual cycle*) AND (*anterior cruciate ligament*)” se encontró el meta-análisis de Somerson et al., resumiendo los avances en el tema hasta la fecha de nuestra última búsqueda (Somerson, 2019). En base a los resultados no conclusivos expresados y sus fallos metodológicos, se repasaron los resultados recopilados y se buscaron otros estudios con fecha de publicación posterior con el fin de completar bibliográficamente el objeto de estudio.

4.2. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

4.2.1. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos electrónicas de Pubmed, Elsevier, y Pedro, en el periodo comprendido entre el 15 de diciembre de 2023 y el 20 de febrero de 2024. Se utilizó principalmente la búsqueda avanzada con título/resumen y *MeshTerm*, así como la búsqueda salvaje en Pubmed. Para poder responder a los dos objetivos específicos planteados en esta revisión, se llevó a cabo una estrategia de búsqueda basada en la metodología *Population, Intervention, Comparator, y Outcomes* (PICO). De esta manera, se establecieron diferentes ecuaciones de búsqueda, como las presentadas a continuación: “(*anterior cruciate ligament [MeSH Terms]*) AND (*cycle, menstrual [MeSH Terms]*)”; “(*anterior cruciate ligament [Title/Abstract]*) AND (*menstrual cycle [Title/Abstract]*)”; “(*anterior knee laxity*) AND (*menstrual cycle*)” en Pubmed y “(*anterior cruciate ligament*) AND (*menstrual cycle*)” en Elsevier y Pedro.

4.2.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión específicos para cada uno de los dos objetivos planteados. En ambos casos, se incluyeron estudios que evaluaron a mujeres activas (no sedentarias), en edad fértil (postmenarquia - premenopáusica), eumenorreicas (sin alteración del CM), con menstruación natural (sin contracepción hormonal) y sin antecedente de lesión en la rodilla. En el primer objetivo, se incluyeron estudios observacionales (sin intervención) en los cuales se midiera la variable TTA a con artrómetro en las diferentes fases del CM (comparador). Se excluyeron los artículos que no verificaban las fases del CM con las

concentraciones fisiológicas de estrógeno y progesterona (sérica, saliva o orina). Del mismo modo, en el segundo objetivo, se incluyeron estudios observacionales (sin intervención) en los cuales se proporcionó el número de roturas del LCA en las diferentes fases del CM (comparador). Se incluyeron los artículos que verificaban las fases del CM con las concentraciones fisiológicas de estrógeno y progesterona (sérica, saliva o orina) y también los que la comprobaron con cuestionario del historial menstrual.

Los estudios que no cumplían esos criterios PICO fueron excluidos de la revisión. También se excluyeron protocolos, estudios de casos, series de casos, revisiones bibliográficas, revisiones sistemáticas y meta-análisis, duplicados, y los artículos no encontrables o no disponibles a texto completo. No se aplicaron filtros en el año, la zona geográfica o el idioma de publicación, ni se excluyeron por el tamaño de la muestra del estudio.

4.2.3. SELECCIÓN DE LOS ARTÍCULOS

Se llevó a cabo la selección de los artículos de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión mencionados en tres fases.

En primer lugar, se seleccionaron como potencialmente elegibles cribando el título y el resumen por dos revisores simultáneamente, discutiendo de los resultados en busca de consenso.

Luego, se realizó una lectura de esos artículos preseleccionados a texto completo, separándolos entre los revisores, con el fin de evaluar y definir la inclusión final de los artículos en el presente estudio. Para ello, se transfirieron en el Anexo A los datos respecto al *Digital Object Identifier* (DOI) o el *PubMed Identifier* (PMID), el nombre del autor principal y el año de publicación del estudio, su disponibilidad a texto completo y su compatibilidad con nuestros objetivos. También se extrajeron informaciones referente a la población del estudio : nivel de deporte de las mujeres, uso de contracepción hormonal, alteración del CM, y antecedentes de lesión de rodilla. Además, se incluyeron las variables y sus mediciones : la TTA con artrómetro y las fases del CM definidas por concentraciones fisiológicas de estrógeno y progesterona para el primer objetivo, y la tasa de rotura del LCA y la fase de CM definidas por concentraciones fisiológicas de estrógeno y progesterona o por cuestionario del historial menstrual para el segundo objetivo.

En una última fase de cribado, también se realizaron búsquedas manuales en las listas de referencias de los estudios incluidos siguiendo el método de bola de nieve con el fin de garantizar la saturación de la bibliografía y asegurarse de que no se han omitido artículos mediante la estrategia de búsqueda inicial.

4.3. PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Las fases del CM se definieron como fase folicular del día uno al día nueve, fase ovulatoria del día diez al día catorce y fase lútea del día quince al día veintiocho, como ilustrado en la Figura 1. Asimismo, se definieron como fase pre-ovulatoria la suma de las fases folicular y la fase ovulatoria, y fase post-ovulatoria a la fase lútea, correspondiendo respectivamente a los días uno a catorce y quince a veintiocho por fines estadísticos. Estos puntos de corte se eligieron siguiendo el meta análisis de Somerson et al. para permitir la estandarización y comparación de los resultados de los estudios (Somerson et al., 2019).

Del primer objetivo se extrajeron los datos respecto al tamaño de la muestra así como a la media de sus características principales (edad, altura, peso). Se incluyeron el número de medidas, el valor medio de la TTA y su desviación estándar en milímetros (mm) en cada fase, así como la fuerza antero posterior aplicada con el artrómetro en Newtons (N). Como no se podía asumir que el ligamento tiene un comportamiento lineal frente a la aplicación de una fuerza, se separaron los datos según la fuerza aplicada. Por no tener un número de datos suficiente a los 45N, solo se realizaron histogramas a 89N y 133N. Además, se añadió si la diferencia de TTA entre cada fases del CM era significativa o no según el estudio, comprobando la *P-value*. A continuación, se realizaron histogramas a partir de los resultados para ilustrar la tendencia del comportamiento de la laxitud del LCA, incluyendo la TTA media en cada fase proporcionada por los estudios y si la diferencia era significativa con el símbolo (*).

En relación con el segundo objetivo, se extrajeron los datos respecto al tamaño de la muestra así como sus características principales (edad, altura, peso). Se compararon las tasas de roturas del LCA en datos brutos y porcentajes relativos a la muestra en cada fase proporcionada por los estudios. También se añadió si la diferencia de la tasa de rotura entre cada fases del CM era significativa o no según el estudio, comprobando la *P-value*, y precisando si fuera comparando con una igualdad esperada calculada o con un grupo control. Como dos artículos (Beynon et al., 2006; Ruedl et al., 2009) expresaron sus resultados en fases preovulatoria y postovulatoria, se hicieron dos propuestas a la hora de analizar los datos : por una parte, sumar los resultados de la fase folicular y de la fase ovulatoria de los demás artículos para estandarizar los hallazgos, y por otra, quitar estos dos artículos para analizar los resultados respecto a las tres fases del CM. Además, teniendo en cuenta de que la fase folicular, la fase ovulatoria y la fase lútea no tienen la misma duración, se dividieron los resultados respectivos por el número de días correspondiente de cada fase para poder comparar los riesgos de lesión del LCA. A continuación, se realizaron histogramas a partir de los resultados para ilustrar la tendencia del comportamiento de la tasa de rotura del LCA, incluyendo el riesgo relativo en cada fase proporcionada por los estudios y si la diferencia era significativa con el símbolo (*).

4.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA Y DEL RIESGO DE SESGO DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS

La calidad metodológica de los estudios seleccionados se evaluó mediante la escala *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE). Esta herramienta de evaluación fue diseñada con el objetivo de estudiar las características metodológicas de los estudios observacionales, con el fin de garantizar una información adecuada (qué se planificó, qué se hizo, qué se encontró y qué se concluyó), así como la evaluación de los puntos fuertes y débiles del estudio. Dicha información determina si los resultados establecidos pueden incluirse en revisiones sistémicas (Cuschieri et al., 2019). Cada artículo se analizó sobre la base de treinta y dos ítems respecto al título, el resumen, la introducción, el método, los resultados, la discusión y la financiación. Se otorgó una nota a cada artículo sobre estos treinta y dos ítems, siendo cero la nota más baja atribuible indicando una calidad metodológica mediocre y/o un riesgo de sesgo alto, y treinta y dos la nota más alta imputable señalando una calidad metodológica excelente y/o un riesgo de sesgo nulo. Se clasificaron de manera arbitraria las puntuaciones como “altas” de veintiocho a treinta y dos, “medias” de veintitrés a veintisiete, y “bajas” veintidós o por debajo.

5. RESULTADOS

5.1. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

En total, las búsquedas proyectaron trescientos y uno resultados. Una vez suprimidos los duplicados, quedaron doscientos treinta y cinco artículos. Tras el cribado por título y resumen, se pre-incluyeron cincuenta y siete publicaciones. Finalmente, con la lectura y evaluación de los artículos a texto completo, se excluyeron treinta y cuatro artículos para el primer objetivo y cuatro artículos para el segundo objetivo. El detalle del proceso de exclusión se encuentra en el Anexo A. A continuación, se pasó manualmente la bibliografía de estos veintiuno artículos seleccionados mediante la técnica bola de nieve, representando un cúmulo de ochocientos doce títulos cribados. De estos, veintiséis estudios se pre-incluyeron para lectura a texto completo, dentro de los cuales nueve entraban en el primer objetivo y cuatro en el segundo. Al final, ninguno de los nueve se incluyeron en el primer objetivo, y un artículo ha sido añadido con este método para el segundo objetivo. Todo este proceso de selección y cribado de los artículos se ilustra en el Anexo B.

5.2. LAXITUD DEL LCA SEGÚN LA FASE DEL CM

5.2.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Para el primer objetivo se incluyeron doscientos ochenta participantes de edad media calculada de 22,37 años. El tamaño de la muestra de los artículos incluidos osciló entre un mínimo de siete y un máximo de setenta y uno. Las características de las poblaciones de estudios (altura, peso) así como el número de medidas realizadas se muestran en el Anexo C.

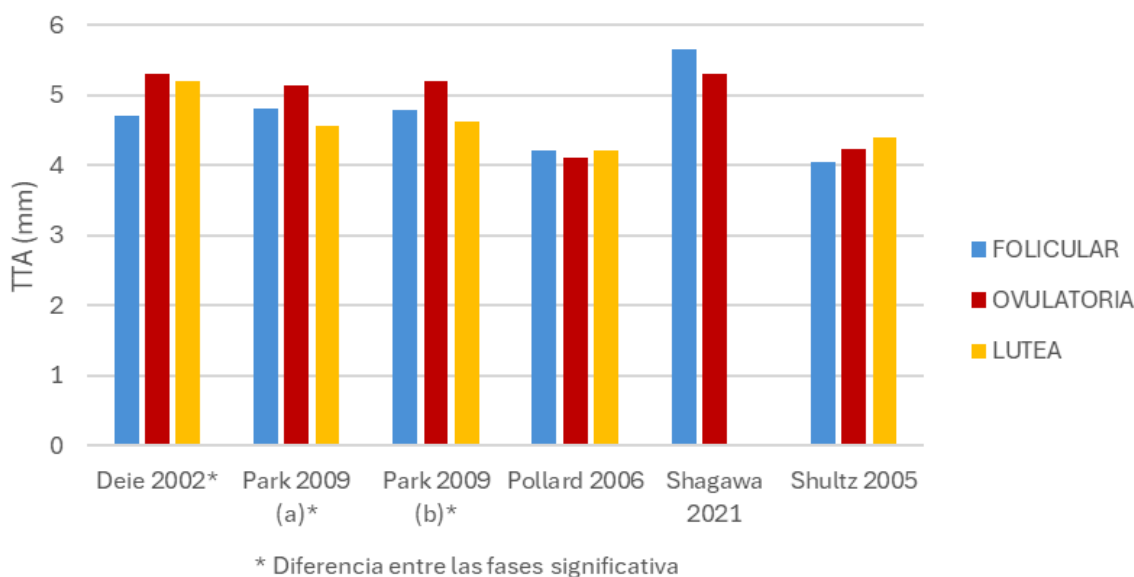
5.2.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El Anexo C muestra el detalle de los resultados de los catorce artículos incluidos con el objetivo de comparar la TTA en las diferentes fases del CM. Se categorizaron tres grupos en función de la fuerza aplicada: 45N (± 1 N), 89N y 133N (± 3 N). Sólo dos artículos incluyeron datos con una fuerza de 45N y no observaron diferencias significativas (Shagawa et al., 2021; Shultz et al., 2005).

Seis artículos aplicaron una fuerza de 89N para valorar la TTA (Figura 2). De estos seis estudios, tres observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las tres fases del CM, traducándose en (medida más baja - medida más alta) un aumento de la TTA en la fase ovulatoria (5,13-5,3mm) respecto a las fases folicular (4,7-4,8mm) y lútea (4,55-5,2mm) (Deie et al., 2002; Park et al., 2009a; Park et al., 2009b).

No se observaron comportamientos similares en la laxitud ligamentaria según la fase del CM dentro de los otros tres artículos sin diferencia significativa (Pollard et al., 2006; Shagawa et al., 2021; Shultz et al., 2005).

Figura 2 : Resultados de la TTA en las fases del CM aplicando una fuerza de 89N.

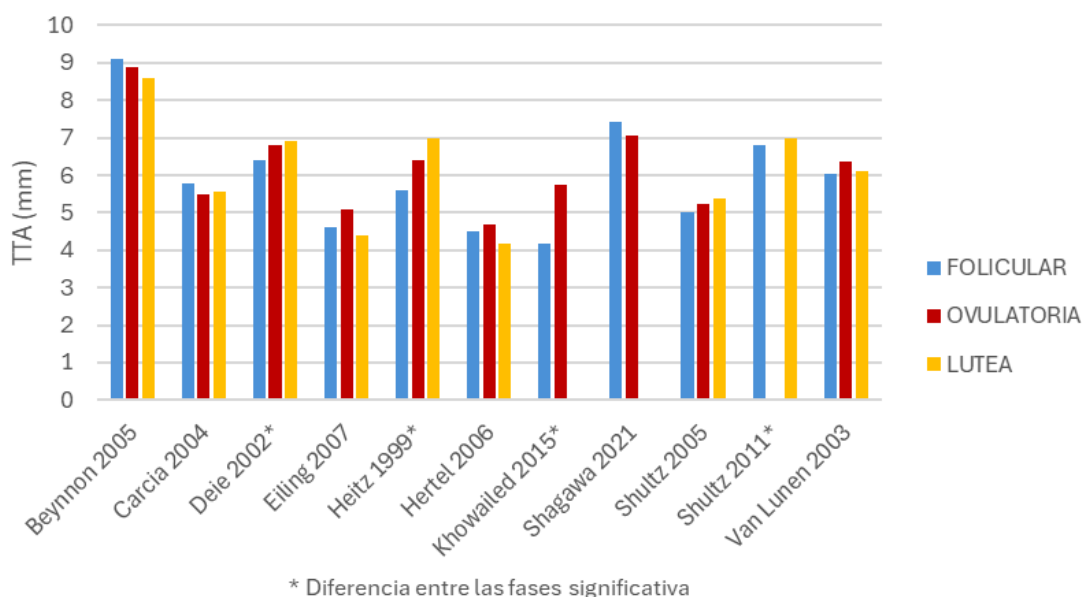


Elaboración propia.

Once artículos aplicaron una fuerza de 133N para valorar laTTA (Figura 3). De estos once, cuatro observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) (Deie et al., 2002; Heitz et al., 1999; Khowailed et al., 2015; Shultz et al., 2011) pero dos de ellos no incluyeron resultados en las tres fases del CM (Khowailed et al., 2015; Shultz et al., 2011) lo que dificulta el análisis de los resultados. En concreto, tres artículos con diferencia significativa incluyeron datos de la fase ovulatoria, y notaban una TTA superior en esta fase (6,4-6,8mm) respecto a la fase folicular (4,18-6,4mm) (Deie et al., 2002; Heitz et al., 1999; Khowailed et al., 2015). En fin, dos artículos con diferencia significativa incluyeron datos de la fase lútea, y notaban una TTA superior en esta fase (6,9-7mm) respecto a la fase ovulatoria (Deie et al., 2002 y Heitz et al., 1999).

No se puede determinar una tendencia general del comportamiento del LCA de los once artículos incluidos a 133N. De hecho, tres demostraron un aumento de la TTA en la fase ovulatoria respecto a las dos otras fases (Eling et al., 2007; Hertel et al., 2006; Van Lunen et al., 2003), tres tenían tendencia a una evolución creciente de la TTA a lo largo del CM (Deie et al., 2002; Heitz et al., 1999; Shultz et al., 2005), uno demuestra una evolución decreciente de la TTA a lo largo del CM (Beynon et al., 2005), uno tenía la fase ovulatoria con la menor laxitud (Carcia et al., 2004) y tres no se podían comparar por no tener datos en cada fase (Khowailed et al., 2015; Shagawa et al., 2021; Shultz et al., 2011). No obstante, se puede comentar que en siete artículos la laxitud era superior en la fase ovulatoria respecto a la folicular.

Figura 3 : Resultados de la TTA en las fases del CM aplicando una fuerza de 133N.



Elaboración propia.

En resumen, de los catorce artículos incluidos en el primer objetivo específico, seis observaron diferencias significativas entre las TTA de cada fase del CM. En los cinco artículos (con los datos disponibles) con diferencia significativa la TTA era superior en la fase ovulatoria respecto a la fase folicular. En los tres artículos (con los datos disponibles) con diferencia significativa la TTA era superior en la fase ovulatoria respecto a la fase lútea. De los catorce artículos, se observó que la TTA era superior en la fase ovulatoria respecto a la fase folicular en nueve artículos sobre los trece que tenían los datos necesarios y respecto a la fase lútea en siete artículos sobre los once que tenían los datos necesarios.

5.3. ROTURAS DEL LCA SEGÚN LA FASE DEL CM

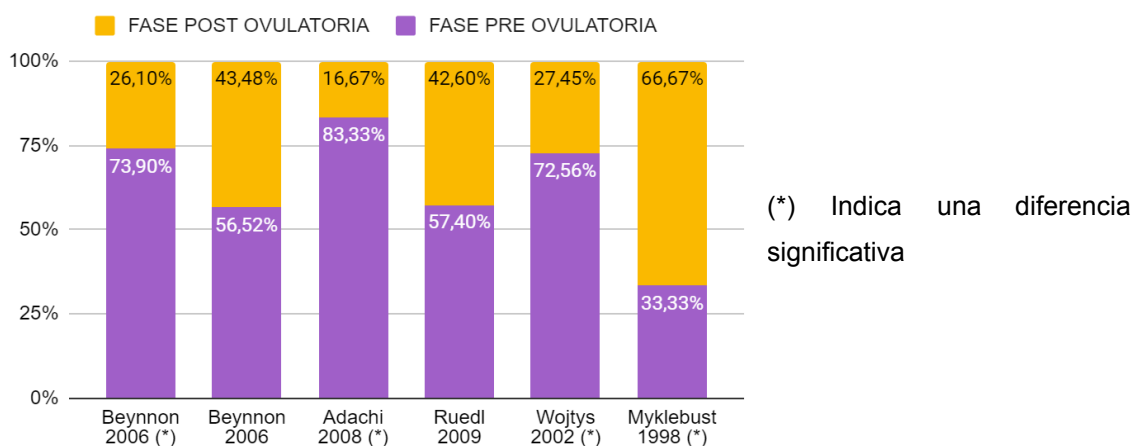
5.3.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Dos artículos comprobaron la rotura del LCA con resonancia magnética, uno con examen clínico, y dos no especificaron sus métodos. Los cinco artículos verificaron la fase del CM al momento de la rotura con cuestionario del historial menstrual, dentro de los cuales uno también hizo análisis sérico y otro también hizo análisis de orina, el detalle está disponible en el Anexo A. De los cinco artículos incluidos se sacaron seis muestras para el análisis de datos, cuyo tamaño osciló entre un mínimo de nueve y un máximo de sesenta y uno, y representando un cúmulo de doscientos treinta y uno sujetos de estudio de edad media de 31.86 años. El detalle de las características de las poblaciones de estudio se muestra en el Anexo D. También contiene el detalle de los datos respecto a las tasas de roturas del LCA en cada fase del CM en número bruto y en porcentaje relativos al tamaño de las muestras, así como el valor *P-value* calculado por los autores según los datos esperados o los de un grupo control.

5.3.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Como ilustrado en la Figura 4, en casi todos los datos de las seis muestras procedentes de los cinco artículos, se observó que el riesgo de lesión del LCA es mayor en la fase preovulatoria comparando con la fase postovulatoria. En tres muestras se noto una diferencia significativa con una distribución aproximándose a $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{4}$ respectivamente (Adachi et al., 2008; Beynnon et al., 2006; Wojtys et al., 2002), y en dos muestras se observó la misma tendencia pero sin alcanzar el umbral de diferencia significativa (Beynnon et al., 2006; Ruedl et al., 2009). Sorprendentemente, resultaron que el estudio de Myklebust et al. (1998) era en desacuerdo y expresó un mayor riesgo significativo en la fase postovulatoria frente a la fase preovulatoria, con una repartición correspondiente aproximada a $\frac{2}{3}$ y $\frac{1}{3}$.

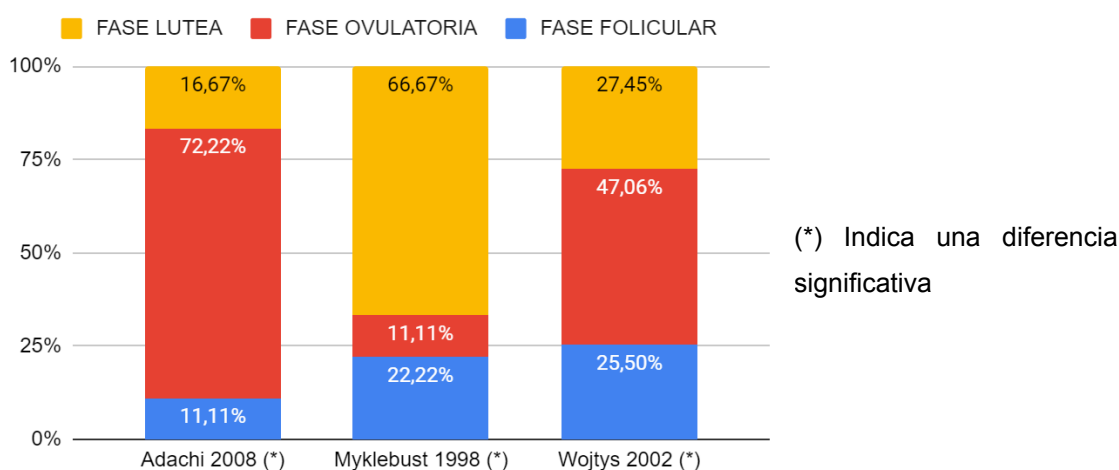
Figura 4 : Riesgo relativo de las fases preovulatoria y postovulatoria.



Elaboración propia.

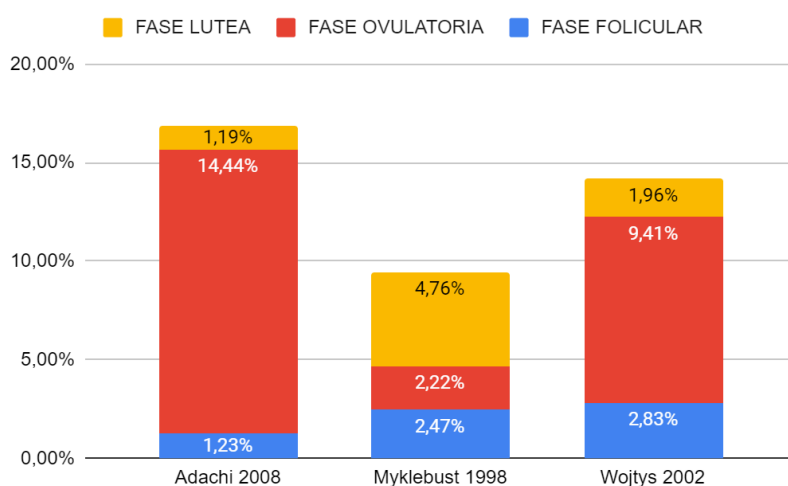
Como la fase preovulatoria se descompone en fase folicular y en fase ovulatoria, se analizó los datos de los tres artículos dando este detalle en la Figura 5. Según dos estudios (Adachi et al., 2008; Wojtys et al., 2002), la fase con más riesgo de lesión del LCA era la fase ovulatoria, con un porcentaje de riesgo significativamente más importante que en la fase lútea, y aún más que en la fase folicular. También aquí se destacó el estudio de Myklebust et al. (1998), con un porcentaje significativamente más alto en fase folicular que en fase ovulatoria. Como las tres fases del CM no duran el mismo tiempo, nos interesaba ver el riesgo relativo por día de cada fase para poder estandarizar los datos (Figura 6). En el estudio de Adachi et al. (2008) se observó que cada uno de los nueve días en fase folicular representaron un riesgo de 1,23%, mientras existieron un riesgo de 14,44% en cada de los cinco días de la fase ovulatoria, y un riesgo de 1,19% para los catorce días de la fase lútea. El estudio de Wojtys et al. (2002) siguió esa tendencia, mientras que el artículo de Myklebust et al. (1998) planteó un riesgo por día más igualado a lo largo del CM. Permite ser consciente de que aunque su estudio da un riesgo más elevado en fase lútea, tampoco sería relevante darle más importancia que las demás fases ya que este dato fue influenciado por la duración de la fase.

Figura 5 : Riesgo relativo de las fases folicular, ovulatoria y lútea.



Elaboración propia.

Figura 6 : Riesgo relativo de las fases folicular, ovulatoria y lútea por días.



Elaboración propia.

5.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA Y DEL RIESGO DE SESGO DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS

Las puntuaciones en la escala STROBE mostraron cierta variabilidad, oscilando entre veintidós y treinta criterios cumplidos. Cinco ensayos mostraron una buena calidad metodológica y un bajo riesgo de sesgo con menos de cinco ítems no puntuados, y dos ensayos mostraron una calidad metodológica mediocre y/o un riesgo de sesgo alto con diez o más ítems no puntuados. Los demás artículos se situaron entre veintitrés y veintisiete (ambos incluidos) sobre treinta y dos, clasificándose arbitrariamente en la categoría “media”.

Los ítems casi siempre respetados por los estudios fueron los del resumen (2) y de la introducción (3; 4), los elementos clave del diseño del estudio (5), y respecto a la explicación de las variables (8; 9; 12) y sus resultados (25 - 28). También se describieron con rigor los métodos estadísticos (13; 14; 16; 17) y las características de los participantes (7; 21). Al concluir, la gran mayoría de los estudios ofrecían una interpretación general prudente de los resultados y discutían la generalizabilidad (validez externa) de los mismos (30; 31).

En general, los ítems que disminuyeron la calidad y aumentaron el riesgo de sesgo fueron la descripción del entorno, de los lugares y las fechas pertinentes, incluidos los periodos de reclutamiento, exposición, seguimiento y recogida de datos por un lado, así como los resultados respecto a las participantes (del 18 al 20) y sus datos faltantes (22) por otro. También se puede destacar que pocos artículos indicaron el diseño del estudio con un término de uso común en el título o en el resumen (1). El detalle de los ítems y de los resultados se muestra en el Anexo E.

6. DISCUSIÓN

6.1. EXPLICACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1.1. PRINCIPALES RESULTADOS

La presente revisión buscaba como objetivo general evaluar la relación entre la variación de la laxitud del LCA y su incidencia de roturas según las fases del CM en las mujeres deportistas eumenorreicas, con menstruación natural y en edad fértil, con el fin de establecer futuras recomendaciones en el ámbito de la prevención de las lesiones deportivas. Consecuentemente, se establecieron dos objetivos específicos : por un lado, estudiar la variación de la TTA a lo largo de las tres fases del CM, y por otro, verificar la correlación con las tasas de roturas del LCA.

Tras analizar los catorce artículos en el primer objetivo, se observó que en algunos casos, al aplicar una fuerza de 89N, la TTA era significativamente mayor en fase ovulatoria respecto a las fases folicular y lútea. Al aplicar una fuerza mayor (133N), ciertos datos mostraron que en fase ovulatoria la TTA era significativamente mayor respecto a la fase folicular, pero menor respecto a la lútea. En resumen, de los catorce artículos, seis demostraron diferencia significativa entre las tres fases del CM, que en general se traducía en un aumento notable de la laxitud en la fase ovulatoria respecto a la folicular y lútea. Sin embargo, a la hora de incluir todos los resultados de la revisión (significativos o no), no se corroboró una tendencia unánime ni a los 89N como a los 133N. Solo se puede comentar que, de manera general, en la mayoría de los artículos incluidos, se observó que la TTA era superior en la fase ovulatoria respecto a la folicular (nueve artículos sobre los trece que tenían los datos necesarios) y respecto a la lútea (siete artículos sobre los once que tenían los datos necesarios).

Para el segundo objetivo, se vio claramente y significativamente que cuando más lesiones había era en la fase preovulatoria comparando con la fase postovulatoria para todos los artículos excepto en uno de ellos. Al analizar las tres fases separadamente, se observó que la fase ovulatoria tenía un porcentaje de riesgo significativamente más importante que en la fase lútea, y aún más que en la fase folicular, excepto también en el estudio de Myklebust et al. (1998). Al estudiar el riesgo relativo por día de cada fase, se evidenció que la fase ovulatoria tenía un porcentaje de riesgo mucho más importante que en las fases folicular y lútea, excepto en el estudio prospectivo de Myklebust et al. (1998) donde se planteó un riesgo por día más igualado a lo largo del CM.

Estos hallazgos corroboran parcialmente lo que se había planteado en la hipótesis de que la laxitud del LCA aumentaría en torno a la fase ovulatoria, lo que debía conllevar una disminución en la incidencia de roturas acerca de esta fase.

6.1.2. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA DE LOS HALLAZGOS

Durante el transcurso de un CM normal, se produce una cascada bien definida de acontecimientos hormonales (Figura 1). Se sabe que las HSO tienen un efecto generalizado sobre el crecimiento y el desarrollo de los huesos, los músculos y el tejido conjuntivo. Los efectos hormonales se consideran uno de los factores etiológicos de las lesiones femeninas del LCA sin contacto por su acción directa sobre el metabolismo del colágeno, que a su vez tiene un efecto sobre las propiedades materiales de los ligamentos de la rodilla (Adachi et al., 2008).

De hecho, se han identificado receptores de estrógeno en el LCA humano y se han explorado los efectos del estradiol sobre el metabolismo celular y la proliferación del colágeno. En un primer tiempo, Liu et al. demostraron en 1997 la presencia de receptores de estrógeno y progesterona en el tejido del LCA humano, lo que sugiere que las HSO podrían tener un efecto en la estructura y composición del ligamento (Liu et al., 1997). Posteriormente, Yu et al. examinaron en 1999 y 2001 los efectos de dosis variables de estrógeno y progesterona sobre el metabolismo de los fibroblastos en cultivos celulares del LCA humano, y sugirieron que el aumento agudo de estradiol podría influir en el metabolismo del LCA al disminuir la síntesis de colágeno (Yu et al., 1999; Yu et al., 2001). A su vez, Slauterbeck et al. descubrieron en 2006 que los niveles séricos de estrógeno influyeron en la resistencia al fallo del LCA en conejos (Slauterbeck et al., 2006).

Entonces, los altos niveles de estradiol pueden afectar al proceso de remodelación del LCA. Potencialmente, esto podría resultar en disminuir la calidad estructural del ligamento y provocar su fracaso posterior (Beynnon et al., 2006). En consecuencia, y dado que la ovulación está asociada a un aumento del estrógeno circulante, es fácil declararlo como el culpable de estas lesiones. De hecho, cabe señalar que en el grupo de mujeres que se desgarraron el LCA durante la fase folicular, los niveles de estrógeno fueron elevados al comienzo de la menstruación. En comparación, los niveles de estrógeno al comienzo de la menstruación en las mujeres que se desgarraron el LCA durante las fases ovulatoria o lútea fueron significativamente más bajos (Wojtys et al., 2002).

Sin embargo, el efecto directo del estradiol y de la progesterona sobre el LCA humano sigue sin estar claro. Efectivamente, si varios artículos destacan que el aumento del nivel de estradiol puede ser el responsable del aumento de la laxitud en la fase ovulatoria (Beynnon et al., 2005; Deie et al., 2002; Eiling et al., 2007; Heitz et al., 1999; Schultz et al., 2005), otros autores se opusieron a esta teoría, refutando un enlace significativo (Hertel et al., 2006; Pollard et al., 2006; Shagawa et al., 2021; Van lunen et al., 2003). Más aún, ciertos autores sospecharon que el aumento de estradiol provocaría una disminución de la laxitud (Park et al., 2009a).

Para completar esta explicación fisiológica insuficiente, se podría apreciar que las HSO también son capaces de influir en la distribución de las lesiones durante el CM al actuar sobre otras estructuras que el LCA. Por ejemplo, también se ha sugerido que las diferencias de género relacionadas con la secuencia y la magnitud de la contracción muscular así como el control neuromuscular podrían ser una causa del riesgo de lesión del LCA superior en las atletas (Beynon et al., 2006). Efectivamente, se demostró que pueden experimentar diversos grados de control neuromuscular durante el CM y que la capacidad para contraer y relajar el músculo cuádriceps puede verse alterada, lo que sugiere que se produce un cambio en la generación de rigidez muscular protectora de la rodilla (Wojtys et al., 2002). Asimismo, se podría considerar que otras hormonas asociadas con el CM pueden modular el riesgo de lesión. En particular, estudios anteriores in vivo e in vitro han demostrado que la relaxina es una de las hormonas de interés cuya concentración depende del CM y que altera el metabolismo del colágeno. En concreto, se evidenció que las fibras de colágeno aumentan su laxitud desde la fase ovulatoria hasta la fase lútea, es decir, en el periodo de altas concentraciones de relaxina, lo que abriría otra pista de reflexión (Deie et al., 2002; Van lunen et al., 2003).

En fin, los estudios centrados en un factor de riesgo aislado y/o una única variable de interés no pueden explicar la relación entre las fluctuaciones hormonales normales durante el CM y la probabilidad de lesiones del LCA sin contacto. Se necesitarán más estudios para investigar la interrelación entre los distintos factores de riesgo de lesiones del LCA en mujeres deportistas (Adachi et al., 2008).

6.1.3. CONTEXTO PARA INTERPRETAR EL PRIMER OBJETIVO

Esta revisión no puede afirmar con certeza que hay un enlace entre el CM y la laxitud por no tener la mayoría de los resultados significativos y observar cierta variabilidad a través de los diferentes estudios. Para ello, es necesario hacer una serie de consideraciones.

Primero, se debe tener en cuenta la metodología utilizada para la determinación de la fase del CM. Efectivamente, la recogida de una muestra de suero frecuente es necesaria para obtener un calendario preciso del CM, pues no es científicamente riguroso contar los días basándose en la duración media de los ciclos de los sujetos. Por esa razón, algunos estudios han encontrado dificultades logísticas para probar las concentraciones los días relevantes, particularmente en cara al día de ovulación, que corresponde a la corta ventana del CM con el nivel máximo de estradiol (Hertel et al., 2006; Park et al., 2009a). Otros estudios enfrentaron esa dificultad con el uso de kits de predicción de la ovulación para simplificar la organización y recolección de datos. También en este campo se debe descartar el hecho de que los estudios incluidos no siempre proporcionaron datos para cada una de las tres fases del CM, lo que podría participar en la heterogeneidad de los resultados encontrados (Khowailed et al., 2015; Shagawa et al., 2021; Shultz et al., 2011).

Segundo, aunque el artrómetro se considera como la herramienta más adaptada para medir la laxitud anterior de rodilla por ser fiable e imparcial, se debe destacar que su sensibilidad tiene una limitación y que no puede considerar los cambios ínfimos a escala microscópica (Pollard et al., 2006; Van Lunen et al., 2003). También se ha planteado en el estudio de Van Lunen et al. (2003) que los resultados podrían variar según se está testando la pierna dominante o la contralateral. La importancia de ese factor no se ha podido comprobar puesto que los artículos estudiados no lo especificaron.

En tercer lugar, el tamaño de la muestra de ciertos artículos se reveló insuficiente, pudiendo limitar la detección de diferencias significativas en sus resultados. Los estudios que refieren esa limitación son Heitz et al. (1999), Khowailed et al. (2015), Park et al. (2009b), Pollard et al. (2006) y Shagawa et al. (2021) con siete, doce, doce, veinticinco y veinticinco participantes respectivamente. Este último precisó que la muestra valorada correspondía sólo al 25% de todos los sujetos reclutados inicialmente, lo que puede limitar la generalizabilidad de los datos. Respecto al número de medidas con el artrómetro, también se puede comentar que algunos estudios se han limitado a una (Hertel et al., 2006; Khowailed et al., 2015) o dos (Park et al., 2009a y b) por fase, lo que ha podido influir sobre los resultados y aumentar el riesgo de sesgos.

6.1.4. CONTEXTO PARA INTERPRETAR EL SEGUNDO OBJETIVO

En relación al segundo objetivo, es necesario hacer las siguientes explicaciones para contextualizar los resultados obtenidos.

Primero, se debe considerar que existe una variación considerable en la duración del CM inter como intra-individual, lo que se traduce por un lado por una pobre generalización o validez externa de los resultados y por otro por una incertidumbre respecto al CM en el momento de la lesión. Para abordarla, el enfoque más completo habría sido utilizar un diseño de estudio prospectivo que midiera los metabolitos hormonales en suero, saliva u orina de los sujetos antes de su exposición a la actividad de riesgo, pero supone un trabajo tremendo y difícilmente realizable. Cabe señalar aquí que curiosamente el artículo contradiciendo los datos unánimes es el único estudio prospectivo de Myklebust et al. (1998). Además, dado que el estado del CM no se controló siempre mediante análisis antes de que se produjera la lesión y que la duración del CM de cada participante era diferente, no fue posible para ciertos artículos diferenciar con precisión las tres fases del CM. También en este campo se debe descartar el hecho de que el uso del cuestionario se comparó mal con el análisis de los metabolitos de estrógeno y progesterona para identificar la fase en la que se produjo la lesión del LCA (Adachi et al., 2008). En realidad, los resultados cambian considerablemente en los estudios cuando se analizan los datos proporcionados por estos dos métodos de verificación diferentes (Beynnon et al., 2006; Wojtys et al., 2002). Por ejemplo, en el estudio de Beynnon et al. (2006), la

proporción de sujetos lesionados en las fases preovulatoria y postovulatoria fue respectivamente 73,9% y 26,1% con análisis sérico, contra 57% y 43% con cuestionario del historial menstrual.

Segundo, ciertos estudios que se han centrado en el efecto de la fase del CM sobre la probabilidad de sufrir una lesión del LCA han utilizado diseños de estudios de series de casos que no incluían un grupo de control. Entonces, unas de las suposiciones fundamentales en las cuales estos estudios fueron basados eran que es igualmente probable participar en deporte de riesgo en cada día de sus CM y que entonces tenían una probabilidad igual de estar en las fases preovulatoria o postovulatoria del CM en el momento de la lesión. Sin embargo, al diseñar una investigación de casos y controles, Beynnon et al. (2006) encontraron en las tomas séricas de su grupo control que el 55,6% de los sujetos esquiaban durante la fase preovulatoria, contra el 44,4% en la fase post ovulatoria de sus CM. Curiosamente, la tendencia se revirtió al preguntar por su historial menstrual, con un 35,6% de sujetos control en la fase preovulatoria contra un 64,4% en fase postovulatoria, otra vez ilustrando la paradoja entre las dos medidas de verificación de la fase menstrual.

En tercer lugar, es necesario tener en cuenta también la diferencia en el tamaño muestral de los artículos incluidos. Efectivamente, Hewett et al. calcularon en su revisión sistemática que el número de sujetos de un solo estudio que se necesitaría para una potencia del 80% era de veintisiete y de treintaicinco para una potencia del 90% (Hewett et al., 2006). Los estudios que refieren esa limitación son Adachi et al. (2008) y Myklebust et al. (1998) con dieciocho y nueve participantes respectivamente. Además, no se puede excluir la posible selección aleatoria de las mujeres lesionadas debido al centro donde se dirigieron al momento de las lesiones.

6.2. COHERENCIA CON ANTECEDENTES CIENTÍFICOS

Los resultados de la presente revisión corroboran parcialmente con los de los metaanálisis previos en el ámbito. Anteriormente, Somerson et al. (2019), Zazulak et al. (2006) y Herzberg et al. (2017) llegaron a la conclusión de que la TTA era menor durante la fase folicular en comparación con las fases ovulatoria y lútea, pero no demostraron diferencia significativa entre esas dos últimas fases. En la presente revisión, la mayoría de los artículos indicaron una tendencia al aumento de la TTA en la fase ovulatoria, lo que coincide con los resultados de Somerson et al. (2019). Sin embargo, al nivel de la fase lútea, se observó una tendencia de la laxitud a disminuir que no se había notado en el metanálisis previo.

En cuanto a la tasa de rotura del LCA, los resultados de la presente revisión corroboran parcialmente con los de Somerson et al. (2019). Si este último solo demostró una diferencia significativa de incidencia menor en la fase lútea y ninguna entre las fases ovulatoria y folicular,

aquí se demostró una diferencia significativa entre las tres fases, con un riesgo más alto en la fase ovulatoria, medio en lútea, y más bajo en folicular.

6.3. LIMITACIONES DE LOS PROCESOS DE REVISIÓN

La presente investigación ostenta una serie de limitaciones. A la hora de la búsqueda bibliográfica, no se han podido incluir ciertos artículos que parecían compatibles con nuestro objeto de estudio por imposibilidad de encontrarlos a texto completo. Al delimitar nuestra población de estudio, se habrá podido intentar homogeneizar aún más al elegir deportes similares, ya que una mujer “activa”, una deportista de élite de balonmano y una esquiadora recreativa no se asemejan ni morfológicamente (influyendo en el primer objetivo) ni en la exposición al mecanismo de lesión (influyendo en el segundo objetivo).

Tras el proceso estricto de selección de los artículos, se incluyeron sólo cinco estudios para el segundo objetivo, lo que restringe la capacidad de analizar los datos y extraer conclusiones que sean representativas del tema en cuestión. Asimismo, se ha detectado cierta heterogeneidad en cuanto a las herramientas que se han usado para confirmar las fases del CM.

Por otro lado, no todos los artículos incluidos mostraban datos antropométricos de las mujeres evaluadas, aunque se sabe que este factor puede influir en la laxitud del LCA. A este respecto, tampoco se abordó la diferencia de edad media entre las poblaciones de estudios de ambos objetivos, que puede participar en cierta medida en los resultados contradictorios expresados. En cuanto a la transferibilidad del primer objetivo de estudio al segundo, también se debe comentar que inferir desde la laxitud medida con el artrómetro en reposo hasta la rotura del ligamento en un mecanismo complejo durante el deporte en carga supone desatender a mucho contexto. Debido a las limitaciones mencionadas, los resultados obtenidos deben interpretarse con cautela.

6.4. IMPLICACIONES Y RECOMENDACIONES

6.4.1. IMPLICACIÓN CLÍNICA EN LA PREVENCIÓN DEPORTIVA

La presente revisión resume los resultados de los estudios actuales disponibles sobre el tema, lo que permitirá facilitar las estrategias de educación y de prevención en la preparación física de las deportistas. Efectivamente, el riesgo de sufrir una lesión del LCA fluctúa durante el CM, es importante tanto desde una perspectiva epidemiológica como clínica cuando se consideran las secuelas asociadas a esta grave lesión. Estos hallazgos pueden ser importantes para fisioterapeutas y entrenadores porque permitirá a largo plazo establecer recomendaciones empíricas para los protocolos de detección de lesiones.

6.4.2. FUTURAS PERSPECTIVAS EN LA INVESTIGACIÓN

Los resultados de esta revisión amplían el conocimiento sobre el tema, en la medida que confirman ciertos hallazgos anteriores y destacan otros límites y perspectivas. Demostró que las futuras investigaciones sobre las roturas del LCA deberían tener en cuenta el CM al diseñar el estudio y analizar los datos. Desde esta perspectiva, las futuras investigaciones de factores de riesgo y de prevención de rotura del LCA deberían analizar a los hombres y las mujeres por separado, y todos los estudios centrados en las mujeres deberían considerar las variaciones cíclicas en la lesión del LCA asociadas con el CM.

Además, se recomienda para futuras investigaciones contemplar un diseño de estudio prospectivo que mide los metabolitos hormonales (en suero, saliva u orina) de los sujetos antes de su exposición a la actividad de riesgo, así como considerar la laxitud ligamentaria en un protocolo de carga con peso, y estudiar el rol de las demás hormonas potencialmente implicadas en este tema, entre otros. También deberían examinarse poblaciones alternativas, como las mujeres amenorreicas y/o las que toman anticonceptivos hormonales. De hecho, puesto que estas últimas no ovulan, se demostró que no sufren el mismo pico de incidencia de rotura del LCA en esa fase de sus CM, lo que ofrece otra pista más en el ámbito de la prevención de las lesiones deportivas (Slauterbeck et al., 2002).

En fin, se necesitarán más estudios para investigar la interrelación entre los distintos factores de riesgo de lesiones del LCA en mujeres deportistas, que más que nunca se revela etimológicamente multifactorial. Recomendamos particularmente que en próximos estudios se examinen la laxitud articular y la función neuromuscular con mayor regularidad, tal vez diariamente en los días más cercanos a la ovulación prevista y al inicio de la menstruación, para obtener una representación más concreta de los cambios que pueden producirse en relación con las fluctuaciones del estrógeno y la progesterona circulantes.

7. CONCLUSIONES

La primera conclusión, respecto al objetivo general, es que los hallazgos de la presente revisión no permiten afirmar rotundamente sí una fase particular del CM predispone a las mujeres deportistas eumenorreicas y que menstrúan naturalmente a un mayor riesgo de lesión del LCA sin contacto sobre la base de una disminución de su laxitud ligamentaria. Efectivamente, por los resultados mixtos observados, no se puede declarar con este estudio que existe una relación entre estas dos condiciones.

Como segunda conclusión, en cuanto al primer objetivo específico, no se puede afirmar con certeza que hay una relación entre las variaciones de la TTA y las fases del CM puesto que la mayoría de los resultados disponibles no presentan diferencias significativas entre sus tres fases. Sin embargo, se puede comentar que aunque se observó resultados mixtos, el patrón de evolución de la laxitud del LCA a lo largo del CM siguió la hipótesis de un aumento en la fase ovulatoria dentro de los resultados significativos como de la tendencia en los demás artículos sin diferencia significativa.

A modo de tercera conclusión, en relación al segundo objetivo, tampoco se puede asegurar que existe una correlación en las tasas de roturas a lo largo del CM puesto que un estudio tuvo datos significativos contrarios a los demás artículos. No obstante, se puede destacar que las tasas de roturas del LCA a lo largo del CM tuvieron un pico en torno a la fase ovulatoria en la gran mayoría de los resultados, lo que contradice la hipótesis de base.

Para terminar, la investigación sintetizada en esta revisión fue de calidad metodológica media a buena, lo que contribuyó a una calidad razonable de las pruebas, que podría mejorarse con respecto al diseño y la ejecución. Por lo tanto, los profesionales deben ser cautelosos al planificar la preparación física, en proyectos de prevención de lesiones y en protocolos de detección basados en las pruebas actuales. Los esfuerzos de investigación futuros deberían centrarse en estudiar la laxitud ligamentaria con otros factores que pueden tener un mayor efecto sobre las diferencias de lesión del LCA, como los patrones de activación neuromuscular, la cinemática de la rodilla, u otras diferencias anatómicas que son posiblemente modificables para disminuir la diferencia en la tasa de desgarros del LCA en las mujeres deportistas.

8. BIBLIOGRAFÍA

Adachi, N., Nawata, K., Maeta, M., & Kurozawa, Y. (2008). Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 128(5), 473–478. <https://doi.org/10.1007/s00402-007-0461-1>

Beynon, B. D., Bernstein, I. M., Belisle, A., Brattbakk, B., Devanny, P., Risinger, R., & Durant, D. (2005). The effect of estradiol and progesterone on knee and ankle joint laxity. *The American journal of sports medicine*, 33(9), 1298–1304. <https://doi.org/10.1177/0363546505275149>

Beynon, B. D., Johnson, R. J., Braun, S., Sargent, M., Bernstein, I. M., Skelly, J. M., & Vacek, P. M. (2006). The relationship between menstrual cycle phase and anterior cruciate ligament injury: a case-control study of recreational alpine skiers. *The American journal of sports medicine*, 34(5), 757–764. <https://doi.org/10.1177/0363546505282624>

Carcia, C. R., Shultz, S. J., Granata, K. P., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2004). Knee ligament behavior following a controlled loading protocol does not differ by menstrual cycle day. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 19(10), 1048–1054. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2004.07.006>

Cuschieri, S. (2019). The STROBE guidelines. *Saudi journal of anaesthesia*, 13(Suppl 1), S31–S34. https://doi.org/10.4103/sja.SJA_543_18

Deie, M., Sakamaki, Y., Sumen, Y., Urabe, Y., & Ikuta, Y. (2002). Anterior knee laxity in young women varies with their menstrual cycle. *International orthopaedics*, 26(3), 154–156. <https://doi.org/10.1007/s00264-001-0326-0>

Dos'Santos, T., McBurnie, A., Donelon, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2019). A qualitative screening tool to identify athletes with 'high-risk' movement mechanics during cutting: The cutting movement assessment score (CMAS). *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 38, 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.05.004>

Dos'Santos, T., Stebbings, G. K., Morse, C., Shashidharan, M., Daniels, K. A. J., & Sanderson, A. (2023). Effects of the menstrual cycle phase on anterior cruciate ligament neuromuscular and biomechanical injury risk surrogates in eumenorrhic and naturally menstruating women: A systematic review. *PloS one*, 18(1), e0280800. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280800>

Eiling, E., Bryant, A. L., Petersen, W., Murphy, A., & Hohmann, E. (2007). Effects of menstrual-cycle hormone fluctuations on musculotendinous stiffness and knee joint laxity. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 15(2), 126–132. <https://doi.org/10.1007/s00167-006-0143-5>

Heitz, N. A., Eisenman, P. A., Beck, C. L., & Walker, J. A. (1999). Hormonal changes throughout the menstrual cycle and increased anterior cruciate ligament laxity in females. *Journal of athletic training*, 34(2), 144–149.

Hertel, J., Williams, N. I., Olmsted-Kramer, L. C., Leidy, H. J., & Putukian, M. (2006). Neuromuscular performance and knee laxity do not change across the menstrual cycle in female athletes. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 14(9), 817–822. <https://doi.org/10.1007/s00167-006-0047-4>

Herzberg, S. D., Motu'apuaka, M. L., Lambert, W., Fu, R., Brady, J., & Guise, J. M. (2017). The Effect of Menstrual Cycle and Contraceptives on ACL Injuries and Laxity: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 5(7), 2325967117718781. <https://doi.org/10.1177/2325967117718781>

Hewett, T. E., Zazulak, B. T., & Myer, G. D. (2007). Effects of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. *The American journal of sports medicine*, 35(4), 659–668. <https://doi.org/10.1177/0363546506295699>

Howailed, I. A., Petrofsky, J., Lohman, E., Daher, N., & Mohamed, O. (2015). 17 β -Estradiol Induced Effects on Anterior Cruciate Ligament Laxness and Neuromuscular Activation Patterns in Female Runners. *Journal of women's health* (2002), 24(8), 670–680. <https://doi.org/10.1089/jwh.2014.5184>

Larwa, J., Stoy, C., Chafetz, R. S., Boniello, M., & Franklin, C. (2021). Stiff Landings, Core Stability, and Dynamic Knee Valgus: A Systematic Review on Documented Anterior Cruciate Ligament Ruptures in Male and Female Athletes. *International journal of environmental research and public health*, 18(7), 3826. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073826>

Liu, S. H., Al-Shaikh, R. A., Panossian, V., Finerman, G. A., & Lane, J. M. (1997). Estrogen affects the cellular metabolism of the anterior cruciate ligament. A potential explanation for female athletic injury. *The American journal of sports medicine*, 25(5), 704–709. <https://doi.org/10.1177/036354659702500521>

Myer, G. D., Ford, K. R., Paterno, M. V., Nick, T. G., & Hewett, T. E. (2008). The effects of generalized joint laxity on risk of anterior cruciate ligament injury in young female athletes. *The American journal of sports medicine*, 36(6), 1073–1080. <https://doi.org/10.1177/0363546507313572>

Myklebust, G., Maehlum, S., Holm, I., & Bahr, R. (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 8(3), 149–153. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00185.x>

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), e001170. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2021-001170>

Park, S. K., Stefanyshyn, D. J., Loitz-Ramage, B., Hart, D. A., & Ronsky, J. L. (2009a). 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., & Ronsky, J. L. (2009b). 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>

Pollard, C. D., Braun, B., & Hamill, J. (2006). Influence of gender, estrogen and exercise on anterior knee laxity. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 21(10), 1060–1066. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2006.07.002>

Ruedl, G., Ploner, P., Linortner, I., Schranz, A., Fink, C., Sommersacher, R., Pocecco, E., Nachbauer, W., & Burtcher, 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>

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), 886. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04767-8>

Shultz, S. J., Sander, T. C., Kirk, S. E., & Perrin, D. H. (2005). Sex differences in knee joint laxity change across the female menstrual cycle. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 45(4), 594–603.

Shultz, S. J., Schmitz, R. J., Nguyen, A. D., Levine, B., Kim, H., Montgomery, M. M., Shimokochi, Y., Beynnon, B. D., & Perrin, D. H. (2011). Knee joint laxity and its cyclic variation influence tibiofemoral motion during weight acceptance. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(2), 287–295. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ed118d>

Slauterbeck, J. R., Fuzie, S. F., Smith, M. P., Clark, R. J., Xu, K., Starch, D. W., & Hardy, D. M. (2002). The Menstrual Cycle, Sex Hormones, and Anterior Cruciate Ligament Injury. *Journal of athletic training*, 37(3), 275–278.

Slauterbeck, J. R., Hickox, J. R., Beynnon, B., & Hardy, D. M. (2006). Anterior cruciate ligament biology and its relationship to injury forces. *The Orthopedic clinics of North America*, 37(4), 585–591. <https://doi.org/10.1016/j.jocl.2006.09.001>

Somerson, J. S., Isby, I. J., Hagen, M. S., Kweon, C. Y., & Gee, A. O. (2019). The Menstrual Cycle May Affect Anterior Knee Laxity and the Rate of Anterior Cruciate Ligament Rupture: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JBJS reviews*, 7(9), e2. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.18.00198>

Van Lunen, B. L., Roberts, J., Branch, J. D., & Dowling, E. A. (2003). Association of Menstrual-Cycle Hormone Changes with Anterior Cruciate Ligament Laxity Measurements. *Journal of athletic training*, 38(4), 298–303.

Vauhnik, R., Morrissey, M. C., Rutherford, O. M., Turk, Z., Pilih, I. A., & Pohar, M. (2008). Knee anterior laxity: a risk factor for traumatic knee injury among sportswomen?. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 16(9), 823–833. <https://doi.org/10.1007/s00167-008-0559-1>

Wojtys, E. M., Huston, L. J., Boynton, M. D., Spindler, K. P., & Lindenfeld, T. N. (2002). The effect of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injuries in women as determined by hormone levels. *The American journal of sports medicine*, 30(2), 182–188. <https://doi.org/10.1177/03635465020300020601>

Yu, W. D., Liu, S. H., Hatch, J. D., Panossian, V., & Finerman, G. A. (1999). Effect of estrogen on cellular metabolism of the human anterior cruciate ligament. *Clinical orthopaedics and related research*, (366), 229–238. <https://doi.org/10.1097/00003086-199909000-00030>

Yu, W. D., Panossian, V., Hatch, J. D., Liu, S. H., & Finerman, G. A. (2001). Combined effects of estrogen and progesterone on the anterior cruciate ligament. *Clinical orthopaedics and related research*, (383), 268–281. <https://doi.org/10.1097/00003086-200102000-00031>

Zazulak, B. T., Paterno, M., Myer, G. D., Romani, W. A., & Hewett, T. E. (2006). The effects of the menstrual cycle on anterior knee laxity: a systematic review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(10), 847–862. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636100-00004>

9. ANEXOS

Anexo A : Selección de los estudios para realizar la revisión sistemática.

OBJETIVO 1 : VARIACIÓN DE LA TTA EN LAS DIFERENTES FASES DEL CM										
ARTÍCULO				POBLACIÓN				MEDICIÓN DE VARIABLES		INCLU-SIÓN FINAL
AUTORES Y AÑO DE PUBLICACIÓN	DOI / PMID	DISPONIBILIDAD	OBJETIVO	MUJERES ACTIVAS (NIVEL DE DEPORTE)	SIN CONTRA-CEPCIÓN	SIN ALTERACIÓN DEL CM	SIN ANTECEDENTE DE LESIÓN RODILLA	TTA POR ARTRÓMETRO	HORMONAS POR CONCENTRACIÓN	
Howailed 2015	10.1089/jwh.2014.5184	✓	✓	Corredora <20km/semana <7h/semana	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Deie 2002	10.1007/s00264-001-0326-0	✓	✓	Activa	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Park 2002	10.1136/bjism.2008.049270	✓	✓	8.7± 4.6h / semana	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Carcia 2004	10.1016/j.clinbio mech.2004.07.006	✓	✓	4 ± 3 h / semana	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pollard 2006	10.1016/j.clinbio mech.2006.07.002	✓	✓	>4 sesión (>45min) / semana	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Shultz 2005	16446695	✓	✓	<7h / semana	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Heitz 1999	16558557	✓	✓	Atleta	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Van Lunen 2003	14737210	✓	✓	Leve a moderadamente activa	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Shagawa 2021	10.1186/s12891-021-04767-8	✓	✓	<2 veces / semana	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Eiling 2007	10.1007/s00167-006-0143-5	✓	✓	>2h / semana (netball)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Park 2009	10.1177/0363546508326713	✓	✓	8.7 ± 4.4 h / semana	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hertel 2006	10.1007/s00167-006-0047-4	✓	✓	Fútbol de competición o animación acrobática	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Beynnon 2005	10.1177/0363546505275149	✓	✓	Atleta	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Shultz 2011	10.1249/MSS.0b013e3181ed118d	✓	✓	2.5- 10 h / semana	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Wolman 1999	10102119	✗	/	/	/	/	/	/	/	✗
Arnold 2002	12083578	✗	/	/	/	/	/	/	/	✗
Hicks-Little 2007	17557069	✗	/	/	/	/	/	/	/	✗
Raj 2023	10.1302/0301-6 20X.105B7.BJJ- 2022-1262.R2	✗	/	/	/	/	/	/	/	✗
McShane JM 2000	10.1177/036354 6500028001110 1.	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Warden 2006	10.1152/ajpend o.00367.2005	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Cammarata 2008	10.1016/j.clinbio mech.2008.03.0 71	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Lee 2015	10.1620/tjem.23 7.51	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Baghban 2023	10.1016/j.ptsp.2 023.11.003	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Bell 2014	10.4085/1062-6 050-49.2.01	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Stijak 2015	10.1007/s00167 -014-3077-3	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗

Lovering 2005	10.1152/ajpregu .00829.2004	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Yu 1999	10.1097/000030 86-199909000-0 0030	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Shagawa 2023	10.3390/ijerph2 0032277	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Landram 2020	33487644	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Chaudhari 2007	10.1177/036354 6506297537	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Beynnon 2008	10.4085/1062-6 050-43.5.541	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Pournasiri 2008	10.1186/s12905 -023-02819-w	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Hohmann 2015	10.1007/s00402 -015-2283-x	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Dragoo 2011	10.2147/IJWH.S 14188	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Nose 2017	10.1111/jog.132 26	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Bingzheng 2023	10.3389/fbioe.2 023.1209652	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗

Gilmer 2020	10.2106/JBJS.O A.19.00060	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Gilmer 2020	10.1055/a-1034- 7901	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Lee 2015	10.1152/japplph ysiol.00823.201 4	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Lee 2013	10.12659/MSM. 889393	✓	✓	✗	/	/	/	/	/	✗
Lee 2014	24240566	✓	✓	✗	/	/	/	/	/	✗
Shafiei 2016	10.5812/asjsm.3 0199	✓	✓	✓	✓	/	/	✗	/	✗
Romani 2003	10.1089/154099 903321667627	✓	✓	✓	✓	/	/	✗	/	✗
Maruyama 2021	10.1177/232596 7121993045	✓	✓	N.D.	✓	/	/	✓	✗	✗
Karageanes 2000	10.1097/000427 52-200007000-0 0003	✓	✓	✓	✓	/	/	✓	✗	✗
Shultz 2010	10.1002/jor.211 45	✓	✓	✓	✓	/	/	✓	✗	✗
Schmitz 2013	10.4085/1062-6 050-47.6.07	✓	✓	✓	✓	/	/	✓	✗	✗

Belanger 2004	10.1177/036354 6503261360	✓	✓	✓	N.D.	/	/	✓	✗	✗
------------------	------------------------------	---	---	---	------	---	---	---	---	---

BOLA DE NIEVE										
Park 2009	https://doi.org/10.1177/0363546508330146	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Shultz 2006	10.1002/jor.20021	✓	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Shultz 2003	ND	✗	/	/	/	/	/	/	/	✗
Romani 2001	ND	✗	/	/	/	/	/	/	/	✗
Barene 1997	ND	✗	/	/	/	/	/	/	/	✗
Malone 1993	ND	✗	/	/	/	/	/	/	/	✗
Shultz 2004	https://doi.org/10.1249/01.mss.0000132270.43579.1a	✓	✓	✗	/	/	/	/	/	✗
Liu 1997	https://doi.org/10.1177/036354659702500521	✓	✓	✗	/	/	/	/	/	✗
Abt 2007	https://doi.org/10.1007/s00167-007-0302-3	✓	✓	✓	✓	/	/	✗	/	✗

NÚMERO DE ARTÍCULOS EXCLUIDOS	4 + 4	21 + 2	2 + 2	0	0	0	2 + 1	5 + 0	14
NUMERO DE ARTICULOS INCLUIDOS	44 + 5	23 + 3	21 + 1	21 + 1	/	/	19 + 0	14 + 0	

OBJETIVO 2 : TASAS DE ROTURAS DEL EN LAS DIFERENTES FASES DEL CM									
ARTÍCULO				POBLACIÓN			MEDICIÓN DE VARIABLES		INCLUSIÓN FINAL
AUTOR Y AÑO PUBLICACIÓN	DOI / PMID	DISPONIBILIDAD	OBJETIVO	SIN CONTRACEPCIÓN HORMONAL	SIN ALTERACIÓN DEL CM	MUJERES ACTIVAS (NIVEL DE DEPORTE)	ROTURA DEL LCA	VERIFICACIÓN DE LA FASE DEL CM	
Beynnon 2006	10.1177/036354650528262	✓	✓	✓	✓	Esquiadores alpinos recreativos	Examen clinico	Cuestionario Analisis serica	✓
Adachi 2008	10.1007/s00402-007-0461-1	✓	✓	✓	✓	Deporte de competicion o recreativo	Resonancia magnetica	Cuestionario	✓
Ruedl 2009	10.1007/s00167-009-0786-0	✓	✓	✓	✓	Esquiadores alpinos recreativos	Resonancia magnetica	Cuestionario	✓
Wojtys 2002	10.1177/03635465020300020601	✓	✓	✓	✓	>4d/semana	N.D.	Cuestionario Analisis orina	✓
Lago-Fuentes 2021	10.1016/j.ptsp.2021.08.008	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Arendt 2002	11974671	✗	/	/	/	/	/	/	✗
Lefevre 2013	10.1016/j.otsr.2013.02.005	✓	✓	✗	/	/	/	/	✗

OBJETIVO 2 : TASAS DE ROTURAS DEL EN LAS DIFERENTES FASES DEL CM									
ARTÍCULO				POBLACIÓN			MEDICIÓN DE VARIABLES		INCLUSIÓN FINAL
AUTOR Y AÑO PUBLICACIÓN	DOI / PMID	DISPONIBILIDAD	OBJETIVO	SIN CONTRACEPCIÓN HORMONAL	SIN ALTERACIÓN DEL CM	MUJERES ACTIVAS (NIVEL DE DEPORTE)	ROTURA DEL LCA	VERIFICACIÓN DE LA FASE DEL CM	
Beynonn 2006	10.1177/036354650528262	✓	✓	✓	✓	Esquiadores alpinos recreativos	Examen clinico	Cuestionario Analisis serica	✓
Adachi 2008	10.1007/s00402-007-0461-1	✓	✓	✓	✓	Deporte de competicion o recreativo	Resonancia magnetica	Cuestionario	✓
Ruedl 2009	10.1007/s00167-009-0786-0	✓	✓	✓	✓	Esquiadores alpinos recreativos	Resonancia magnetica	Cuestionario	✓
Wojtys 2002	10.1177/03635465020300020601	✓	✓	✓	✓	>4d/semana	N.D.	Cuestionario Analisis orina	✓
Slauterbeck 2002	12937585	✓	✓	✗	/	/	/	/	✗
Wojtys 1998	10.1177/03635465980260050301	✓	✓	✗	/	/	/	/	✗

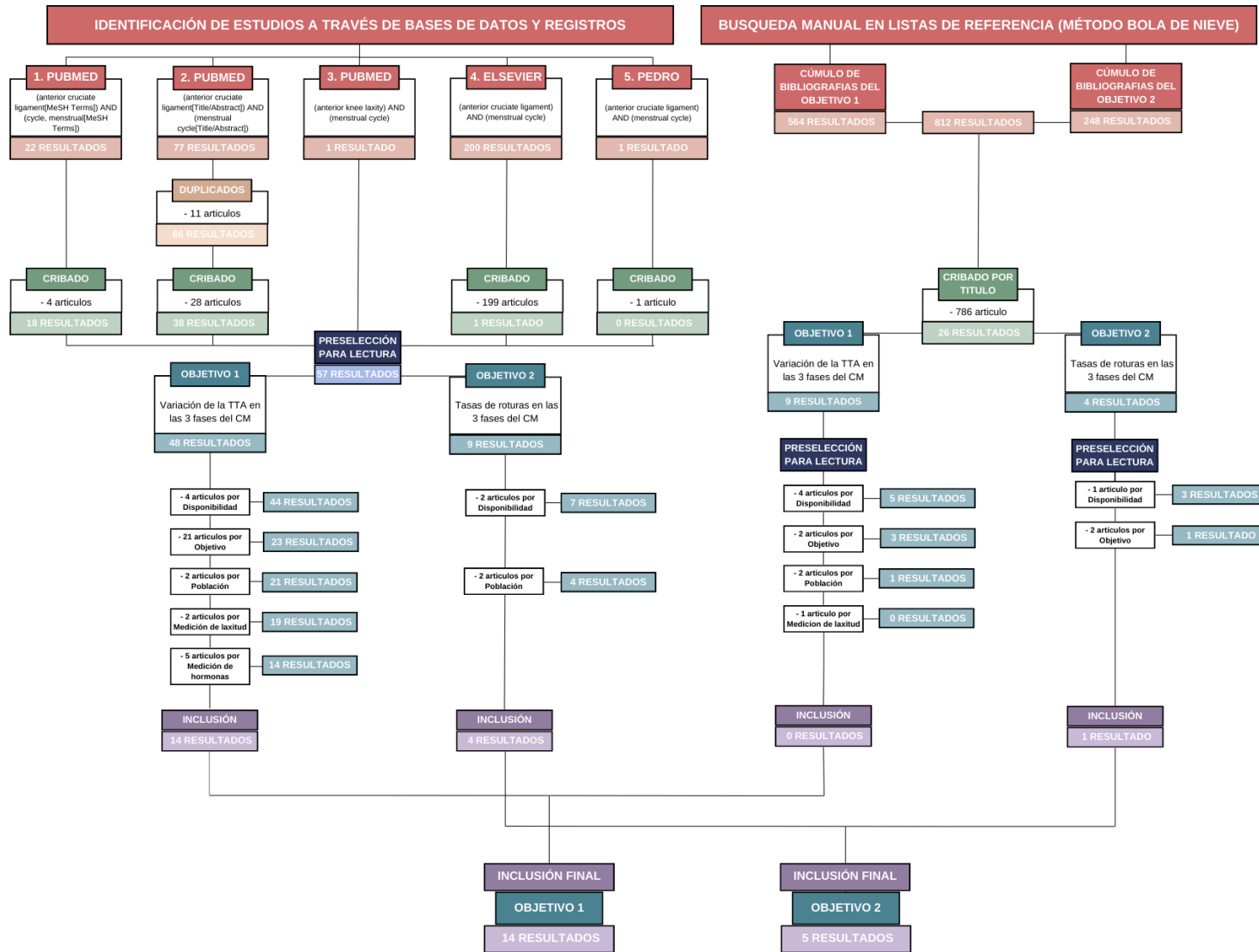
BOLA DE NIEVE									
Myklebust 1998	10.1111/j.1600-0838.1998.tb00185.x	✓	✓	✓	✓	Equipo de élite de balonmano	N.D.	Cuestionario	✓
Arendt 2002	11974671	✗	/	/	/	/	/	/	✗

OBJETIVO 2 : TASAS DE ROTURAS DEL EN LAS DIFERENTES FASES DEL CM									
ARTÍCULO				POBLACIÓN			MEDICIÓN DE VARIABLES		INCLUSIÓN FINAL
AUTOR Y AÑO PUBLICACIÓN	DOI / PMID	DISPONIBILIDAD	OBJETIVO	SIN CONTRACEPCIÓN HORMONAL	SIN ALTERACIÓN DEL CM	MUJERES ACTIVAS (NIVEL DE DEPORTE)	ROTURA DEL LCA	VERIFICACIÓN DE LA FASE DEL CM	
Beynonn 2006	10.1177/036354650528262	✓	✓	✓	✓	Esquiadores alpinos recreativos	Examen clinico	Cuestionario Analisis serica	✓
Adachi 2008	10.1007/s00402-007-0461-1	✓	✓	✓	✓	Deporte de competicion o recreativo	Resonancia magnetica	Cuestionario	✓
Ruedl 2009	10.1007/s00167-009-0786-0	✓	✓	✓	✓	Esquiadores alpinos recreativos	Resonancia magnetica	Cuestionario	✓
Wojtys 2002	10.1177/03635465020300020601	✓	✓	✓	✓	>4d/semana	N.D.	Cuestionario Analisis orina	✓
Gray 1985	10.1055/s-2008-1025861	✓	✗	/	/	/	/	/	✗
Ostenberg 2000	10.1034/j.1600-0838.2000.010005279.x	✓	✗	/	/	/	/	/	✗

NUMERO DE ARTICULOS EXCLUIDOS	2 + 1	0 + 2	3 + 0	0	0	0	0	0	8
NUMERO DE ARTICULOS INCLUIDOS	7 + 3	7 + 1	4 + 1	4 + 1	4 + 1	4 + 1	4 + 1	4 + 1	5

Elaboración propia. N.D. = dato No Disponible.

Anexo B : Método de selección y cribado de los artículos.



Elaboración propia.

Anexo C : Características de la población y detalle de los resultados de la variación de la laxitud del LCA a través de la TTA según la fase del CM.

ARTÍCULO	Muestra	EDAD±DE (años)	ALTURA (cm)	PESO (kg)	Nº de medidas	Fuerza aplicada (N)	TTA ± Desviación estándar (mm)			Diferencia entre las fases (P)
							FOLICULAR	OVULATORIA	LUTEA	
Beynon 2005	17	21.7	167.2	62.2	3	130	9.1±0.62	8.90±0.63	8.60±0.46	P=0.8
Carcia 2004	20	20.9±1.6	160±7	59.6±7.4	3	134	5.77±1.4	5.48±1.3	5.56±1.3	P>0.05
Deie 2002	16	21.6	ND	ND	3	89	4.7±0.8	5.3±0.7	5.2±0.7	P<0.05
						134	6.4±1.0	6.8±0.9	6.9±1.1	
Eiling 2007	11	16.3±0.65	164.1±6.2	60.72±6.3	3	134	4.60±1.8	5.10±0.9	4.40±0.9	P>0.05
Heitz 1999	7	26.9 ± 4.2	170.5±5.7	62.7±4.9	ND	133	5.6 ± 1.34	6.4 ± 1.64	7.0 ± 1.66	P<0.05
Hertel 2006	14	19.3±1.3	163.6±8.5	59.4±6.8	1	133	4.51±1.7	4.70±1.5	4.17±1.6	P=0.37
Khowailed 2015	12	25.6±3.7	160.2±8.2	56.8±8.6	1	133	4.18±0.27	5.75±0.47	ND	P=0.01
Park 2009 (a)	26	22.7±3.3	170.1±7.1	65.0 ± 9.3	2	89	4.8±1.6	5.13±1.70	4.55±1.54	P<0.018
Park 2009 (b)	25	22.7±3.5	170.2±7.0	64.7±9.6	2	89	4.78±1.69	5.20±1.7	4.62±1.53	P=0.015
Pollard 2006	12	24.8±7.8	IMC≤ 30		3	89	4.20±0.7	4.10±0.8	4.20±0.7	P>0.05
Shagawa 2021	15	21±0.3	160.3±5.6	52.7±10.6	5	44	3.35±1.44	3.06±1.34	ND	P=0.871
						89	5.66±1.76	5.31±1.82	ND	P=0.827
						133	7.42±2.09	7.06±2.12	ND	P=0.816
Shultz 2005	22	23±3.5	163.4±5.6	65±11.6	20	46	2.28±1.22	2.38±1.28	2.56±1.23	P>0.05
						89	4.04±1.66	4.22±1.62	4.39±1.58	
						133	5±1.68	5.24±1.68	5.39±1.68	
Shultz 2011	71	18-30	IMC≤ 30		3	133	6.8±2.3	ND	7±2.4	P<0.001
Van Lunen 2003	12	24.3±4.9	157.0±5.4	65.3±11.0	6	133	6.02±0.54	6.36±0.38	6.10±0.39	P=0.632

Elaboración propia.

Anexo D : Características de la población y detalle de los resultados de la tasa de rotura del LCA según la fase del CM.

Número bruto de roturas y porcentajes relativos de riesgo de rotura del LCA												
ARTÍCULO	POBLACIÓN DE ESTUDIO				FASE FOLICULAR		FASE OVULATORIA		FASE LÚTEA		Diferencia entre fases (P)	Comparación
	MUESTRA	EDAD	ALTURA	PESO	FASE PREEVULATORIA		FASE POSTOVULATORIA					
Beynnon 2006	46	36.1±10.2	165.1±6.4	65.4±10.4	34		73.9%		12	26.1%	P = 0.027	Vs Control
Beynnon 2006	46	36.1±10.2	165.1±6.4	65.4±10.4	26		56.52%		20	43.48%	P = 0.086	Vs Control
Adachi 2008	18	16.2	IMC<30		2	11.11%	13	72.22%	3	16.67%	P = 0.0002	Vs Calculado
Ruedl 2009	61	38.8±7.9	167.0±5.6	67.1±9.7	35		57.4%		26	42.6%	P = 0.084	Vs Control
Wojtys 2002	51	32.1± 9.3	ND	ND	13	25.50%	24	47.06%	14	27.45%	P < 0.001	Vs Calculado
Myklebust 1998	9	ND	ND	ND	2	22.22%	1	11.11%	6	66.67%	P < 0.01	Vs Calculado

Elaboración propia.

Anexo E : Valoración de los estudios incluidos a la revisión con la escala STROBE (*Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*).

ARTÍCULO	TÍTULO Y RESUMEN		INTRODUCCIÓN		MÉTODOS												
			Antecedentes	Objetivos	Diseño del estudio	Configuración	Participantes	Variables	Fuentes de datos/medición	Sesgo	Tamaño del estudio	Variables cuantitativas	Métodos estadísticos				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
Howaile d 2015	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Deie 2002	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Park 2009	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Carcia 2004	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Pollard 2006	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Shultz 2005	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Heitz 1999	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Van Lunen 2003	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗

Shagawa 2021	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Eiling 2007	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Park 2009	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hertel 2006	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Beynnon 2005	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Shultz 2011	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Beynnon 2006	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Adachi 2008	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Ruedl 2009	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Wojtys 2002	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Myklebust 1998	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓

ARTÍCULO	RESULTADOS										DISCUSIÓN				OTRA INFORMACIÓN	NOTA FINAL / 32
	Participantes			Datos descriptivos		Datos de resultados	Principales resultados			Otros análisis	Principales resultados	Limitaciones	Interpretación	Generalizabilidad	Financiación	≤22 23-27 28-32
	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	
Khowaile d 2015	x	x	x	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	25
Deie 2002	x	x	x	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	✓	✓	23
Park 2009b	x	x	x	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	22
Carcia 2004	x	x	x	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	24
Pollard 2006	x	x	x	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	24
Shultz 2005	✓	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	x	27
Heitz 1999	x	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	x	26
Van Lunen 2003	✓	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	x	25
Shagawa 2021	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	29
Eiling 2007	✓	✓	x	x	x	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	26
Park 2009a	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	29

Hertel 2006	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	22
Beynnon 2005	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	27
Shultz 2011	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	29
Beynnon 2006	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	30
Adachi 2008	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	25
Ruedl 2009	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	29
Wojtys 2002	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	27
Myklebust 1998	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	27

Elaboración propia.

- (1) Indicar el diseño del estudio con un término de uso común en el título o en el resumen.
- (2) Proporcionar en el resumen un resumen informativo y equilibrado de lo que se ha hecho y lo que se ha encontrado.
- (3) Explicar los antecedentes científicos y la justificación de la investigación de la que se informa.
- (4) Indicar los objetivos específicos, incluidas las hipótesis preestablecidas.
- (5) Presentar los elementos clave del diseño del estudio al principio del documento
- (6) Describa el entorno, los lugares y las fechas pertinentes, incluidos los periodos de reclutamiento, exposición, seguimiento y recogida de datos.
- (7) Indicar los criterios de admisibilidad y las fuentes y métodos de selección de los participantes.
- (8) Definir claramente todos los resultados, exposiciones, predictores, posibles factores de confusión y modificadores del efecto. Indicar los criterios diagnósticos, si procede
- (9) Para cada variable de interés, indique las fuentes de datos y los detalles de los métodos de evaluación (medición). Describa la comparabilidad de los métodos de evaluación si hay más de un grupo.
- (10) Describa los esfuerzos realizados para abordar las posibles fuentes de sesgo
- (11) Explique cómo se llegó al tamaño del estudio
- (12) Explique cómo se han tratado las variables cuantitativas en los análisis. Si procede, describa qué agrupaciones se eligieron y por qué.

- (13) Describir todos los métodos estadísticos, incluidos los utilizados para controlar los factores de confusión.
- (14) Describa los métodos utilizados para examinar los subgrupos y las interacciones
- (15) Explique cómo se han tratado los datos que faltan
- (16) Si procede, describa los métodos analíticos teniendo en cuenta la estrategia de muestreo
- (17) Describa cualquier análisis de sensibilidad
- (18) Informe del número de individuos en cada fase del estudio: número de individuos potencialmente elegibles, examinados para determinar su elegibilidad, confirmados como elegibles, incluidos en el estudio, que completan el seguimiento y analizados.
- (19) Motivos de la no participación en cada etapa
- (20) Considerar el uso de un diagrama de flujo
- (21) Características de los participantes en el estudio (por ejemplo, demográficas, clínicas, sociales) e información sobre exposiciones y posibles factores de confusión.
- (22) Indique el número de participantes con datos que faltan para cada variable de interés
- (23) Notificar el número de resultados o medidas de resumen
- (24) Proporcione estimaciones no ajustadas y, si procede, estimaciones ajustadas por factores de confusión y su precisión (p. ej., intervalo de confianza del 95%). Aclare qué factores de confusión se ajustaron y por qué se incluyeron.
- (25) Informar de los límites de las categorías cuando se categorizaron variables continuas
- (26) Si procede, considere la posibilidad de traducir las estimaciones de riesgo relativo en riesgo absoluto para un periodo de tiempo significativo.
- (27) Informe de otros análisis realizados (por ejemplo, análisis de subgrupos e interacciones y análisis de sensibilidad).
- (28) Resumen de los principales resultados en relación con los objetivos del estudio
- (29) Discutir las limitaciones del estudio, teniendo en cuenta las fuentes de posible sesgo o imprecisión. Discutir tanto la dirección como la magnitud de cualquier sesgo potencial.
- (30) Ofrecer una interpretación general prudente de los resultados teniendo en cuenta los objetivos, las limitaciones, la multiplicidad de análisis, los resultados de estudios similares y otras pruebas pertinentes.
- (31) Discutir la generalizabilidad (validez externa) de los resultados del estudio.
- (32) Indique la fuente de financiación y el papel de los financiadores del presente estudio y, si procede, del estudio original en el que se basa el presente artículo.