



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO

“Revisión: Factores de riesgo que aumentan la prevalencia de lesiones de ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas”

Tesina para título de Licenciatura en  
Kinesiología y Fisiatría

Autor: Juan Ignacio Ruiz  
Director: Marcelo Capaccioni  
Co-directora: Malena Ojeda Fernández

<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
Objetivo general.....	4
Objetivo específico.....	4
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>5</b>
Búsqueda bibliográfica.....	5
Criterios de inclusión.....	5
Criterios de exclusión.....	6
Muestra.....	6
Análisis de los datos.....	6
Hipótesis.....	6
<b>MARCO TEORICO.....</b>	<b>7</b>
EL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR (LCA).....	7
Anatomía, fisiología e histología del LCA.....	7
Vascularización e inervación.....	9
Biomecánica del LCA.....	9
LA LESIÓN DE LCA EN MUJERES DEPORTISTAS.....	10
Epidemiología.....	10
Incidencia y prevalencia de lesión, por deporte y nivel de competencia.....	11
Mecanismo de lesión.....	13
DEFINICIÓN DE FACTOR DE RIESGO.....	15
FACTORES DE RIESGO DE RUPTURA DE LCA EN LA MUJER.....	15
Factores anatómicos.....	15
Factores hormonales.....	16
Factores neuromusculares y biomecánicos.....	17
<b>ANALISIS DE DATOS.....</b>	<b>18</b>
ARTICULOS QUE EVALUARON FACTORES DE RIESGO ANATOMICOS.....	18
ARTICULOS QUE EVALUARON FACTORES DE RIESGO HORMONALES.....	22
ARTICULOS QUE EVALUARON FACTORES DE RIESGO NEUROMUSCULARES Y BIOMECANICOS.....	27
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>47</b>

<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>55</b>
<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>58</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>59</b>

# RESUMEN

Objetivo: el objetivo de este trabajo es realizar una revisión sistemática de la literatura científica en idioma español e inglés publicada del año 2005 al 2019 sobre los factores de riesgo de lesión de ligamento cruzado anterior en las mujeres deportistas tanto a nivel profesional como amateur o recreacional.

Muestra: 25 artículos cumplieron con los criterios de inclusión de estos 25 artículos, 7 de ellos corresponden a factores de riesgo anatómicos, 8 a factores de riesgo hormonales y 10 a factores de riesgo neuromusculares y biomecánicos de lesión de LCA.

Conclusión: Tras el análisis de los datos podemos alegar que la hipótesis es afirmativa, es decir, existe evidencia científica de calidad que denota que factores de riesgo dentro de las tres esferas planteadas, anatómica, hormonal, neuromuscular y biomecánica influyen aumentando el riesgo de lesiones de LCA en mujeres que practican deportes tanto de forma profesional como amateur, aumentando así la prevalencia en relación a los hombres que realizan la misma actividad.

# INTRODUCCIÓN

Gracias al auge del deporte femenino en el último tiempo se puede ver un aumento en la participación de mujeres y niñas en distintos deportes tanto a nivel profesional como amateur, con tal situación aparecen lesiones ligadas a los niveles de exigencia, dentro de estas, la lesión de ligamento cruzado anterior es una de las más relevantes por su frecuencia y por el tiempo que deja afuera de las canchas a las deportistas. Por ello, toma importancia identificar, cuáles son los factores de riesgo propios del sexo femenino, que llevan a las deportistas a dichas situaciones, y cuáles son las diferencias en cuanto a sus pares masculinos. Esta información puede ser útil a la hora de la planificación de estrategias preventivas específicas para deportistas femeninas.

## Objetivo general:

- Realizar una revisión sistemática de la literatura científica en idioma español e inglés publicada del año 2005 al 2019 sobre los factores de riesgo de lesión de ligamento cruzado anterior en las mujeres deportistas tanto a nivel profesional como amateur o recreacional.

## Objetivo específico:

- Analizar en la literatura la incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas y la prevalencia en relación a los deportistas masculinos.
- Determinar mecanismos de lesión más comunes, diferencias entre mecanismos en hombres y mujeres, y analizar si el nivel de competencia aumenta o disminuye las lesiones según la literatura analizada.
- Determinar factores de riesgo de lesión de LCA propios de la mujer, que aumentan la incidencia en relación a la misma lesión en deportistas masculinos.
- Describir cada uno de estos factores y analizar la evidencia científica con la que cuentan cada uno de los factores en particular.

# METODOLOGÍA

El trabajo consiste en una revisión sistemática de bibliografía, un estudio detallado, selectivo y crítico para examinar la bibliografía publicada sobre el tema de investigación, con el objetivo de identificar que se conoce, que se desconoce y cuáles son los avances más destacados en el último tiempo.

## Búsqueda bibliográfica

Para la elaboración del trabajo se realizó una búsqueda en las siguientes bases de datos:

- google académico
- PEDro
- ScienceDirect
- Pubmed
- ResearchGate
- Elsevier

Las palabras claves utilizadas fueron las siguientes:

- lesión de ligamento cruzado anterior
- factores de riesgo / anatómico / hormonal / neuromuscular / biomecánico
- deportistas/atletas femeninas/mujeres

Y luego las mismas palabras en su traducción al inglés:

- anterior cruciate ligament injury
- risk factor / anatomical / hormonal / neuromuscular / biomechanical
- female / women athletes

Se utilizaron artículos encontrados a través de referencias de los hallados previamente, que sirvieron para enriquecer y completar el trabajo. Y además se identificaron a expertos sobre el tema de investigación, y se indagó sobre sus últimas publicaciones.

## Criterios de inclusión

En cuanto a los criterios de inclusión de los artículos, se tuvieron en cuenta los artículos encontrados en bases de datos antes mencionadas, en idioma español e inglés, que hayan sido publicados desde el año 2005 al año 2019, que evalúen

factores de riesgo de ruptura de LCA y que se realicen sobre mujeres que efectúen alguna actividad deportiva de manera recreativa o profesional pero con regularidad.

## Criterios de exclusión

Se excluyeron para la revisión de los factores de riesgo aquellos estudios con un diseño de revisión y meta-análisis.

## Muestra

Luego de realizada la busque se obtuvieron 133 artículos potenciales, de los cuales solo 25 cumplieron con los criterios de inclusión descritos anteriormente. De esta muestra final de 25 artículos, 7 de ellos corresponden a factores de riesgo anatómicos, 8 a factores de riesgo hormonales y 10 a factores de riesgo neuromusculares y biomecánicos de lesión de LCA.

## Análisis de los datos

El análisis de los datos se hizo de forma cualitativa, con la interpretación y la formulación de conclusiones teóricas o conceptuales, se hizo un análisis descriptivo de los artículos y además se implementó la utilización de tablas que resumen la información de los artículos que se incluyeron en la revisión, estas tablas cuentan con los siguientes datos: referencia, objetivo, participantes, métodos utilizados para la evaluación y conclusiones.

## Hipótesis

Podrían existir factores de riesgo tanto anatómicos, biomecánicos, neuromusculares y hormonales que aumentan la prevalencia de lesiones de ligamento cruzado anterior en las mujeres deportistas, en relación a los hombres.

# MARCO TEORICO

## EL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR (LCA):

### Anatomía, fisiología e histología del LCA

El LCA es un ligamento intraarticular, pero extrasinovial, su inserción tibial se localiza en la superficie preespinal a lo largo de la glenoide interna, entre la inserción del cuerno anterior del menisco interno por delante, y la del menisco externo por detrás. Su dirección es oblicua hacia arriba, atrás y lateral. Su inserción femoral es en la porción posterior de la superficie interna del cóndilo femoral externo (28). Es un ligamento en el que se identifican dos o tres fascículos distintos dependiendo la literatura, que mantienen diferentes tensiones según el grado de flexión de rodilla. Estos son el fascículo antero-medial y el postero-lateral, la terminología para nombrarlos está basado en su inserción tibial, funcionalmente las fibras del fascículo antero-medial se tensan durante el movimiento de flexión, y el fascículo postero-lateral se tensa durante la extensión y la rotación interna tibial. Otros autores destacan además de los fascículos mencionados, fibras de un fascículo intermedio que mantienen una cierta tensión durante toda la amplitud de movimiento de la rodilla. En conjunto el ligamento se encuentra torcido sobre sí mismo, ya que las fibras anteriores a nivel tibial presentan inserciones inferiores en el fémur, y las fibras posteriores sobre la tibia se insertan en la parte más superior a nivel del fémur (28). Según análisis realizados a través de RMN y resultados obtenidos de muestras cadavéricas el diámetro del LCA puede medir de 22 a 41mm de longitud, siendo las fibras anteriores las que poseen mayor longitud, un ancho de 7 a 12mm y un área de sección transversal que se encuentra entre 28 y 57mm<sup>2</sup>, esta última tampoco es uniforme durante todo el recorrido del ligamento, sino que es ligeramente mayor en la porción distal (19).

Los ligamentos cruzados de la rodilla son los principales estabilizadores de la articulación y están encargados de regular la cinemática articular a través de su función como órganos sensoriales, gracias a la gran cantidad de receptores propioceptivos que posee, tiene su papel principal en informar a la musculatura peri



articular sobre la posición de las superficies articulares, la dirección y la magnitud de las fuerzas que son aplicadas sobre la articulación, y con esta información que nace del ligamento, son los músculos quienes de manera activa van a proteger las diferentes estructuras articulares. También es parte de la función del LCA impedir el desplazamiento anterior de la tibia con relación al fémur, limitar los excesos en varo, valgo y las rotaciones de rodilla.

La estructura histológica del LCA así como de cualquier otro ligamento, está compuesta por fibras de colágeno y elastina envueltas en una matriz de agua y proteoglicanos, pero la distribución de las fibras de colágeno no es homogénea, el fascículo anterior contiene más colágeno que el posterior, y además, la porción central contiene más colágeno que la distal y proximal. También hay diferencias en la ultra estructura entre el LCA masculino y el femenino, Hashemi et al. (23) informaron que existen diferencias basadas en el sexo, en su estudio encontraron que la fracción de área de fibrillas (porcentaje del área que está ocupada por fibras de colágeno), fue significativamente menor en las mujeres evaluadas, con  $45 \pm 1,4$  para los hombres y  $41 \pm 5,1$  en las mujeres. Estas diferencias podrían explicar las desigualdades en la rigidez, módulo de elasticidad y la carga de falla del LCA entre los sexos. Se identifican cuatro tipos de mecano-receptores en el LCA, terminaciones de Ruffini, que son de adaptación lenta y detectan tanto los factores estáticos como los dinámicos, el ángulo articular, la velocidad, la posición intraarticular y el estiramiento. Los corpúsculos de Pacini son de adaptación rápida, se activan solo durante la aplicación y la retirada del estímulo o durante la aceleración o desaceleración del movimiento articular, es decir, que solo perciben los cambios dinámicos. Las terminaciones libres responden a las deformaciones del tejido, es decir, a la incurvación, compresión o distensión, reaccionan ante estímulos que exceden a aquellos a los que el tejido es expuesto habitualmente, por lo tanto son receptores de dolor (nociceptor). Por último, están los corpúsculos de Golgi, estos tienen un umbral muy alto a la deformación mecánica, y pueden mantenerse señalando cambios durante periodos prolongados hasta sufrir adaptación al nuevo estado (26).

## Vascularización e inervación

La vascularización del LCA proviene de la arteria geniculada media o arteria articular media de la rodilla, esta es una colateral de la arteria poplítea, nace de su cara anterior por encima de la línea articular, se dirige hacia delante, penetra al ligamento poplíteo oblicuo (de Winslow) y llega al espacio intercondileo donde suministra ramas terminales a los ligamentos cruzados, la sinovial, al tejido adiposo intercondileo y la extremidad inferior del fémur (45).

La inervación del LCA está dada por las ramas colaterales articulares del nervio tibial o ciático poplíteo interno, que es una de las dos ramas terminales del nervio ciático. Estas ramas articulares se desprenden del nervio tibial antes de que este atraviese el arco tendinoso del soleo (45).

## Biomecánica del LCA

Algo importante a destacar en el LCA es que debido a la extensión de las inserciones, no todas las fibras poseen la misma longitud, y como consecuencia de esto no todas son solicitadas al mismo tiempo, lo que hace variar su elasticidad y resistencia. De hecho las fibras no son siempre paralelas entre ellas, se organizan en distintas direcciones, lo que demuestra sus acciones complejas y simultáneas en la estabilidad anteroposterior, lateral y rotatoria. Globalmente los ligamentos cruzados aseguran la estabilidad anteroposterior de la rodilla a la vez que permiten los movimientos de charnela (flexo-extensión) manteniendo las superficies en contacto, los ligamentos son quienes facilitan el deslizamiento del cóndilo sobre las glenoides en sentido inverso al rodado durante el movimiento, el LCA durante la flexión actúa dirigiendo el cóndilo hacia delante. Partiendo desde una posición de extensión o mínima flexión de 30°, los ligamentos cruzados están igualmente tensos, la flexión hace bascular la epífisis femoral, dejando al LCA de manera horizontal, lo que hace tensar únicamente las fibras anteriores y distender las posteriores de dicho ligamento. Por el contrario durante la extensión todas las fibras del LCA se encuentran tensas, limitando de esta manera la hiperextensión (28).

## LA LESIÓN DE LCA EN MUJERES DEPORTISTAS:

La lesión del ligamento cruzado anterior es una de las lesiones más frecuentes de rodilla, toma relevancia entre otras razones por el tiempo de rehabilitación que lleva una lesión de este tipo, además de resultar dolorosa y necesitar de cirugía en la gran mayoría de los casos si el objetivo es volver a la práctica deportiva en el nivel previo.

### Epidemiología

Las lesiones de LCA según la literatura se producen con una incidencia 4 a 6 veces mayor en las mujeres que en los hombres (25) (27). Esta discrepancia en la literatura se debe a que estos datos varían en relación a variables como el nivel de competencia, el deporte que practican y la edad o estado madurativo de los participantes del estudio y el tipo de exposición (prácticas / competencia). No existe un registro de lesiones en Argentina, pero en Estados Unidos se estima que esta lesión afecta a más 120.000 atletas femeninas por año (8).

En un estudio epidemiológico realizado por el servicio médico del Fútbol Club Barcelona, se estudiaron de forma retrospectiva tres temporadas consecutivas (2007-2008, 2008-2009, 2009-2010), buscando evaluar la incidencia de lesión de LCA en sus tres equipos de fútbol femenino (Femenino A, Femenino B y Juvenil-Cadete), obtuvieron como resultado una incidencia de 0,33, 0,25, y 0,29 (lesiones por 1.000 horas de exposición) en las tres temporadas de estudio respectivamente. La media de edad fue de 18,39 años en la primera temporada, 18,37 años en la segunda temporada y 20,22 en la tercera. Otro dato interesante que arroja este estudio es la incidencia durante la competencia versus la incidencia durante las prácticas, en la primera temporada la incidencia en partidos fue de 2,59 frente a 0 en las prácticas, para la segunda temporada la incidencia en competencia fue de 0,69 frente a 0,19 de los entrenamientos, y por último, en la tercera temporada se vio una incidencia de 1,15 durante los partidos y 0,17 durante las prácticas (55).

Por su parte, Benis et al. (6) informaron, en su estudio del año 2016 realizado sobre 32 equipos de las ligas femeninas de básquet Serie A1 Y A2, un total de 74

lesiones de LCA en una población de 352 jugadoras, la edad promedio en la que las jugadoras sufrieron la lesión fue a los 20 años. En coincidencia con lo aportado por el staff médico del F.C. Barcelona, el 72,9% de las lesiones se dieron durante la competencia, a su vez, pudieron determinar el momento del partido en el que se daban las lesiones y encontraron que la segunda mitad del juego (3er y 4to cuartos) era donde se producían la mayor parte de las lesiones (66,9%). Otro dato del cual nos informa este estudio es el momento de la temporada en cual sucedieron las lesiones, durante la pretemporada se produjeron el 17,5% de las lesiones, 20,2% durante la primera ronda, 41,8% durante la segunda ronda y 13,5% en la etapa de play-off.

### Incidencia y prevalencia de lesión, por deporte y nivel de competencia

En un meta-análisis realizado por Prodromos et al. (39) evaluaron la incidencia de la lesión de LCA en función del género, deporte, y el nivel al que practicaban ese deporte. En el caso del básquet la incidencia a nivel universitario fue de 0,29 (casos cada 1.000 exposiciones) en las mujeres y 0,08 en los varones, dando así una prevalencia 3,63 veces mayor en las mujeres. En nivel de secundaria la prevalencia fue de 4,5 con incidencias de 0,09 en las mujeres y 0,02 en los hombres. Pero cuando evaluaron a nivel profesional la incidencia en las mujeres fue de 0,20 y para los hombres 0,21 dando de esta manera una prevalencia de 0,95, es decir, que aumentando el nivel de competencia se puede observar mayor paridad en las lesiones de LCA. En el caso del fútbol, a nivel universitario la incidencia fue de 0,32 para las mujeres y 0,12 para hombres, la prevalencia fue de 2,67. La prevalencia de lesiones en fútbol reducido fue de 2,77, siempre a favor de las mujeres. En el esquí encontraron que no hubo diferencias significativas por género, pero si la incidencia general fue mucho mayor que en otros deportes en los dos estudios analizados por el autor, estando entre 0,40 y 0,63 lesiones cada 1000 exposiciones. En hándbol el estudio incluyo dos trabajos de investigación, fue el deporte que mayor tasa de lesiones presento para las mujeres, con una incidencia de 0,86 en comparación con 0,24 para los hombres, dando una prevalencia de 3,59 en el primero de los estudios, y una incidencia femenina y masculina de 0,56 y 0,11 respectivamente, dando una prevalencia de 5,01. En rugby la prevalencia de lesión es de 2 en favor a las mujeres. Y por último este estudio analizo la incidencia en el

deporte de lucha, obteniendo como resultado una incidencia de lesión de LCA de 0,77 para las mujeres y 0,19 para los hombres, dando una prevalencia de 4,1 (39).

Por otra parte, Joseph et al. (27) en su estudio en atletas de secundaria, en aquellos deportes donde pudieron comparar por sexo (futbol, básquet, béisbol y softbol) las niñas sufrieron más lesiones de LCA que los niños con una incidencia de 8,9 y 2,6 respectivamente (por cada 100.000 exposiciones).

Beynnon et al. (8) en su estudio realizado sobre deportistas de 8 universidades y 18 escuelas secundarias, encontraron que las mujeres tienen más del doble (2,10) de probabilidades de sufrir una lesión de LCA que los hombres, la incidencia total de las mujeres del estudio fue de 0,11 (lesiones cada 1.000 exposiciones), y para los hombres fue de 0,06. También informaron un riesgo significativamente mayor (2,38) en atletas universitarios sobre atletas de escuelas secundarias, en las universidades la incidencia fue de 0,15 y en las escuelas secundarias fue de 0,06 estos datos son independientes del sexo y el tipo de deporte del que participen. Los deportes evaluados en este estudio, en los cuales podemos hacer una comparación por deporte, ya que se evaluaron equipos femeninos y masculinos, son el futbol, en donde la incidencia femenina fue de 0,39 y la masculina 0,19. El básquet mostro una incidencia de 0,14 para las mujeres y 0,05 para los hombres. El rugby por su parte, mostro 0,40 lesiones en mujeres cada 1.000 exposiciones y 0,16 para los hombres. El último deporte en cual es posible la comparación es en lacrosse, con una incidencia de 0,10 en las mujeres y 0,08 en los deportistas masculinos.

Agel et al. (2) Realizaron una actualización del sistema de vigilancia de lesiones de la National Collegiate Athletic Association Schools para los años académicos 2004/2005 hasta 2012/2013 de lesiones de LCA. Las tasas de lesión se calcularon por cada 1.000 exposiciones. Los deportes que pudieron ser comparables entre hombres y mujeres fueron básquet, hockey sobre hielo, lacrosse y futbol. En básquet se registraron 70 lesiones en los hombres con una incidencia de 0,08 por 1.000 exposiciones, el 55,7% fueron durante la competencia, en el básquet femenino se registraron 162 lesiones con una incidencia de 0,22, aquí el 59,2% ocurrieron en competencia. Estos números nos hablan de una prevalencia

2,7 veces mayor en las mujeres que practican básquet. En cuanto al hockey sobre hielo se reportaron 15 lesiones entre los varones con una incidencia de 0,03 y 86,6% durante competencias. En el caso de las mujeres que practicaban este deporte solo se detectaron 3 lesiones (2 en competencia y 1 en práctica) y una incidencia de 0,02, lo que no marca una diferencia en la tasa de lesiones. En lacrosse masculino ocurrieron 46 lesiones con una incidencia de 0,13 por cada 1.000 exposiciones, 58,6% se dieron en prácticas. El lacrosse femenino registró 59 lesiones con una incidencia de 0,23 y un porcentaje de 54,2% durante competencia. Estos datos marcan una prevalencia 1,8 veces mayor para las mujeres. El último de los deportes comprobables fue el futbol, en el caso de los hombres se registraron 26 lesiones, con una incidencia de 0,04, el 69,2% durante competencia. En el futbol femenino ocurrieron 71 lesiones, con una incidencia de 0,10, el porcentaje durante la competencia fue del 56,3%. Esto indica que en futbol la prevalencia de lesiones de LCA es 2,6 veces mayor para las mujeres (2).

## Mecanismo de lesión

Hay consenso en la literatura en que aproximadamente el 70% de las lesiones de LCA se dan bajo mecanismos de lesión sin contacto (52) (25), sin embargo, la definición de lesión sin contacto puede variar de un estudio a otro. Una lesión sin contacto es aquella que ocurre en ausencia de contacto jugador a jugador, una lesión con contacto es resultado de un golpe directo a la rodilla. Pero existen lesiones que son producto del contacto cuerpo a cuerpo pero sin contacto directo sobre la articulación, estas podrían llamarse lesiones sin contacto con perturbación o contacto indirecto (25). Benis et al. en basquetbolistas italianas informaron que el 78,3% de las lesiones se produjo sin contacto y 21,6% con contacto. De estas lesiones 43,1% se produjeron durante actividades de giro, 32,7% durante el aterrizaje, 13,7% durante una desaceleración y 10,3% en otras actividades (6). Por su parte Yanguas Leyes et al. (F.C. Barcelona) de las 11 lesiones que analizaron, la totalidad de las mismas fueron a través de mecanismos sin contacto (55).

Alanís-Blancas et al. Realizaron una revisión retrospectiva de casos de lesiones de LCA en mujeres deportistas atendidas en el Centro Medico ABC de

México, de 46 casos con una edad media de 31.2 años, 34 eran lesiones de LCA sin contacto (74%) y 12 a través de mecanismos de contacto (26%) (4).

Takahashi et al. En el 2019 publicaron un estudio donde analizaron el mecanismo de lesión de LCA entre estudiantes de secundaria masculinos y femeninos en varios deportes, básquet, hándbol, judo, futbol y vóley. La muestra consistía en 1.000 sujetos con lesión, 200 por cada deporte (100 mujeres y 100 hombres) A diferencia de otros estudios, en este clasificaron al mecanismo de lesión en sin contacto y con contacto, a su vez este último se subdividió en contacto directo y contacto indirecto y a las lesiones sin contacto se las clasifico en lesiones durante aterrizajes y lesiones durante corte y detención. En cuanto a la clasificación de contacto o sin contacto, para los hombres el 52,2% de las lesiones fueron sin contacto y para las mujeres el 55,8%. Pero cabe aclarar que en judo el 100% y el 98% en hombres y mujeres respectivamente fueron por contacto debido a características particulares del deporte. Si sacáramos de la muestra a los atletas de judo, obtendríamos un resultado de 65,2% de lesiones sin contacto en hombres y un 69,2% en mujeres, acercándonos a los porcentajes mencionados comúnmente. En cuanto a la subdivisión de contacto directo e indirecto, en el caso de los hombres, de 230 lesiones por contacto el 52,6% fueron por contacto indirecto, en las mujeres de las 190 lesiones por contacto el 65,2% fue por contacto indirecto. Y por último los autores clasificaron a las lesiones sin contacto en aquellas ocurridas durante aterrizajes y las que se produjeron durante actividades de detención y corte, los mecanismos que no estaban claros o incluían otras tareas fueron descartados del análisis. En los hombres el 44,8% de las lesiones fueron por aterrizajes y el 26% por actividades de corte (cambio de dirección o pivot). En las mujeres ocurrió algo similar, el 45,8% se lesionaron durante aterrizajes y el 25,8% durante un corte. En este caso, se aclara que en vóley casi la totalidad de las lesiones se producen por mecanismos de aterrizaje (53).

En general, hay acuerdo en que el mecanismo de pivot (giro) es el más común (52), tanto para las mujeres como para los hombres que realizan deportes. Durante este movimiento se produce una aducción de cadera, un aumento del valgo de rodilla con la misma cerca de la extensión, con una rotación tibial, algunos indican que es interna y otros externa, y por ultimo una pronación del pie.

## DEFINICIÓN DE FACTOR DE RIESGO:

La Organización Mundial de la Salud define factor de riesgo como cualquier rasgo, característica o exposición de un individuo que aumente su probabilidad de sufrir una enfermedad o lesión. El primero en utilizar el término fue el Dr. Thomas Royle Dawber en el área de la cardiología al identificar el tabaco y la hipertensión arterial a determinadas patologías cardiovasculares. Un factor de riesgo entonces es un predictor estadístico, y su utilidad está en predecir un evento, dar causalidad y dar herramientas para la prevención de dichos eventos.

## FACTORES DE RIESGO DE RUPTURA DE LCA EN LA MUJER:

Es importante identificar cuáles son los factores que aumentan la incidencia de ruptura de LCA en mujeres, para entender porque sucede y a partir de ahí comenzar a pensar de qué forma podemos llegar a generar prevención. Entiendo que esta lesión es de origen multifactorial y por eso se clasificaron los factores en las siguientes categorías:

### Factores anatómicos

En los últimos años los avances tecnológicos en los distintos estudios de imágenes como resonancia magnética nuclear y la tomografía computarizada tridimensional, han permitido documentar las diferencias anatómicas significativas en la morfología de las rodillas femeninas en comparación a las rodillas masculinas (14). Entre los factores anatómicos tenemos aquellos que tienen que ver con la morfología de la epífisis distal del fémur, sobre todo se han estudiado las características de la escotadura femoral, su forma, tamaño y angulación. También destacan las características morfológicas de la epífisis proximal tibial, entre las que se mencionan comúnmente en la literatura están las pendientes tibiales posteriores medial y lateral, la pendiente tibial coronal y la profundidad de la meseta tibial.



Luego podemos encontrar dentro de los factores anatómicos aquellos relacionados a diferentes estructuras propias de la articulación, como el cartílago articular y los meniscos, de los cuales también se evalúan sus pendientes. Y por último están las características propias del LCA, entre las que se investigan están, su volumen, su área de sección transversal y su ancho.

### Factores hormonales:

Los años fértiles normales de la mujer se caracterizan por variaciones rítmicas mensuales de la secreción de hormonas femeninas y por las correspondientes alteraciones físicas de los ovarios y otros órganos sexuales. Este patrón rítmico recibe el nombre de ciclo sexual mensual femenino o ciclo menstrual. La duración de cada ciclo es de alrededor de 28 días, aunque puede variar de una mujer a otra. Si bien los factores de riesgo hormonales no son modificables, es importante comprender como afectan al riesgo de lesiones de una atleta, para que tanto ellos como los profesionales de salud se encuentren informados y así en los pacientes en los cuales, se identifica que el riesgo es mayor por sus determinadas características hormonales se puede actuar de manera más intensiva en aquellos factores que si son modificables. Los factores de riesgo hormonales hacen referencia al efecto de las diferentes hormonas sexuales sobre el riesgo de lesión, entre las mencionadas como posibles factores de riesgo se encuentran el estrógeno, la progesterona, la testosterona y la relaxina. Además incluimos en esta categoría fases del ciclo menstrual, aunque sabemos que el mayor o menor riesgo de una fase u otra se debe en teoría a las fluctuaciones hormonales características de cada fase, el ciclo se divide comúnmente en dos fases preovulatoria o folicular y posovulatoria o lútea, algunos autores incluyen además una fase ovulatoria, aunque desde un punto de vista estricto, la ovulación no constituye una fase, sino un momento único que consiste en la liberación del ovocito por parte del ovario (22). Por último se evalúa la acción de los anticonceptivos como otra variable a estudiar, a la cual algunos investigadores le proporcionan una función protectora sobre el LCA debido a la regularización hormonal que generaría.

## Factores neuromusculares y biomecánicos:

Los factores neuromusculares y biomecánicos, son de gran interés para este trabajo, ya que son los únicos que pueden ser modificados, lo que no implica desconocer las cuestiones anatómicas u hormonales antes mencionadas, su conocimiento le da mayor importancia al trabajo que puede hacerse sobre estos factores a modo preventivo con el fin de disminuir la prevalencia de lesiones de LCA en mujeres que realizan actividades deportivas. El control neuromuscular implica coordinación muscular, esta coordinación es indispensable para la correcta estabilización de las articulaciones durante actividades o gestos deportivos de gran demanda. Las investigaciones que estudian estos factores se centran en la actividad de diferentes músculos o grupos musculares durante gestos biomecánicos, o en la cinemática de dichas gestos, como aterrizajes o cambios de dirección, que de realizarlos sin un adecuado control neuromuscular son potencialmente peligrosos para el LCA. Se investigan también las fuerzas musculares, en contracciones concéntricas y excéntricas, relaciones entre cuádriceps e isquiotibiales, fuerzas de reacción al suelo, y también se incluye dentro de los factores biomecánicos a la evaluación de la laxitud articular, vista como una variable aislada sin tener en cuenta sus causas, entendiendo que una mayor o menor laxitud es debido a cambios en la biomecánica del tejido conectivo que forma el ligamento.

# ANÁLISIS DE LOS DATOS

Tras el análisis de los 25 artículos seleccionados, se presentara una descripción de cada uno de estos, con los datos más destacados de interés para este trabajo.

## ARTICULOS QUE EVALUARON FACTORES DE RIESGO ANATOMICOS

- Beynnon et al. (2014) es su estudio “Increased Slope of the Lateral Tibial Plateau Subchondral Bone Is Associated With Greater Risk of Noncontact LCA Injury in Female but Not in Males”, evaluaron si el aumento de las pendientes tibiales medial y lateral, la pendiente coronal y la profundidad de la meseta tibial, medidas a través de RMN, se asociaban o no a un mayor riesgo de lesión de LCA en atletas universitarios y de secundaria. Durante cuatro años fueron informados de todas las lesiones de LCA sin contacto en 36 instituciones (28 escuelas secundarias y 8 universidades), durante este periodo ocurrieron 88 lesiones, para los participantes del grupo control se seleccionaron al azar 3 sujetos del mismo equipo deportivo del atleta lesionado para garantizar que sean comparables por sexo, deporte, nivel de competencia, edad y numero de exposiciones, luego se seleccionó también al azar a uno de estos tres posibles controles, de 88 pares (lesionado y control), 61 eran mujeres y 27 hombres. Los atletas lesionados y los controles se sometieron a RMN bilateral y se midieron las pendientes lateral (LTS), medial (MTS) y coronal (CTS) de la meseta tibial, y además se midió la profundidad de la meseta tibial (MTD). Durante el estudio evaluaron la rodilla lesionada y la sana del grupo de participantes lesionados y encontraron diferencias significativas, lo que indica que la geometría pudo haberse modificado tras la lesión, por ende las comparaciones fueron realizadas entre la rodilla no lesionada del grupo de lesionados y la correspondiente del grupo control. Tras el análisis de las variables encontraron que el aumento de LTS se asoció con el riesgo de lesión de LCA en el grupo combinado de hombres y mujeres, pero luego al evaluar por separado este valor era solo atribuible a las mujeres. Concluyendo que por cada grado de aumento de la LTS hay un

21,7% más de riesgo de sufrir una lesión de LCA en mujeres. El resto de las variables no tuvo una asociación estadísticamente significativa en ninguno de los grupos (7).

- Sturnick et al. (2015) en su estudio “Combined Anatomic Factors Predicting Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury For Males and Females”, se plantea como hipótesis que el análisis de la combinación de las medidas de la geometría de la articulación pueden predecir mejor el riesgo de lesión de LCA que las variables individuales. Este es un estudio adicional basado en los datos de resonancia de Beynnon (6), por ende, la muestra es la misma. Tras el análisis univariado seleccionaron las variables con mayor asociación independiente de lesión de LCA, y posteriormente identificaron la combinación de estas que proporcionaba mayor riesgo a mujeres y hombres. Para las mujeres la combinación de una escotadura femoral más estrecha y una mayor inclinación posterior del cartílago articular del compartimiento tibial lateral aumentan al doble el riesgo de lesión. Para los hombres la disminución del volumen del LCA más una disminución de la altura del asta posterior del menisco lateral se asociaron con un aumento de 1,76 veces más riesgo de lesión de LCA (51).
- Sturnick et al. (2014) en su estudio “Tibial Articular Cartilage and Meniscus Geometris Combine to Influence Female Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury”, utilizaron nuevamente la muestra del estudio de Beynnon (6). Aquí buscaron identificar cual era la influencia de las interfaces de contacto (meniscos, cartílago articular) en el riesgo de lesión de LCA. Se realizó un análisis multivariado que incluyó las mediciones del cartílago y del menisco para identificar factores que se asociaran de manera independiente con el riesgo de lesión, en las mujeres se descubrió que la pendiente del cartílago articular y la altura del cuerno posterior del menisco en el compartimiento lateral de la rodilla se asociaron con el riesgo de ruptura de LCA después del ajuste de la pendiente del hueso subcondral. Una disminución milimétrica de la altura del menisco a nivel posterior y el aumento de 1° de la pendiente posterior del cartílago aumentan un 144% y 25% el riesgo respectivamente.

El análisis multivariado en hombre no encontró asociaciones significativas (50).

- Rak Choi et al. (2019) en su estudio “MRI comparison of injury mechanism and anatomical factors between sexes in non-contact anterior cruciate ligament injuries”, sus objetivos eran por un lado, evaluar a partir del estado de las demás estructuras de la articulación, si el patrón de lesión (mecanismo) era diferente entre hombre y mujeres, y por otro lado determinar las diferencias anatómicas entre los sexos. No encontraron diferencias significativas en la gravedad de las lesiones óseas, ni en la ubicación de las contusiones tanto tibiales como femorales, tampoco encontraron diferencias significativas en las lesiones meniscales, lo que sugiere que no hay diferencias en el mecanismo de lesión de LCA sin contacto entre los sexos en termino de patrón de hematomas óseos y lesiones asociadas de meniscos y ligamentos colaterales. En cuanto a las variables anatómicas las pendientes tibiales posteriores medial (MTS) y lateral (LTS) fueron mayores en las mujeres y la profundidad de la meseta tibial (MTD) fue menor en este mismo grupo, y luego del análisis de regresión logística la LTS y MTD mostraron diferencias estadísticamente significativas, no así la MTS. Una mayor LTS y una disminución de MTD podrían aumentar la rotación interna y la traslación anterior tibial durante el colapso en valgo aumentando el riesgo de lesión de LCA (40).
- Wang et al. (2019) en su estudio “Sex Comparisons of In Vivo Anterior Cruciate Ligament Morphometry”, realizaron una investigación para detectar las diferencias entre sexos de la morfológicas del LCA antes y después de ajustar esos datos según el tamaño de la escotadura femoral y el índice de masa corporal (IMC). A partir de imágenes de resonancia obtuvieron medidas de volumen, ancho y área transversal del LCA. Al examinar las diferencias sexuales en las características del LCA, se deben tener en cuenta factores como la geometría ósea y el tamaño de la persona a analizar, ya que estos, pueden interactuar con el tamaño del ligamento para influir en sus propiedades. Las variables de manera independiente indicaron que los hombres poseen mayor volumen y ancho de LCA, y mayor ancho de

escotadura que las mujeres. Después de normalizar los datos según el ancho de la escotadura femoral, solo el volumen del ligamento permaneció con una diferencia estadísticamente significativa. Tras la normalización de las variables con el IMC, la diferencia en el volumen del LCA entre hombres y mujeres fue aún mayor. Suponiendo que un menor volumen del tejido conectivo se asocia con una menor carga de falla, este predispone a las mujeres a un mayor riesgo de ruptura de LCA (52).

- Miljko et al. (2012) en su artículo "Intercondylar Notch and Inner Angle of Lateral Femoral Condyle as the Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Handball Players in Herzegovina", evaluaron a través de RMN el tamaño de la escotadura femoral y el Angulo interno del cóndilo femoral lateral como factores de riesgo de lesión de LCA. Y además un ortopedista realizó un examen clínico donde midió altura, peso, IMC y el ángulo Q. Tras el análisis de los datos encontraron que las jugadoras lesionadas tenían un ángulo interno mayor que aquellas sin lesión de LCA (75° frente a 68°). Con respecto a la escotadura femoral, era más estrecha en el grupo con lesión (18,5mm jugadoras lesionadas; 21,5 jugadoras sanas). No hubo ninguno de los valores físicos medidos que se asociaran a la lesión de LCA, incluso el ángulo Q fue de 16° en el grupo control y 15° en el grupo de jugadoras lesionadas. Concluyendo que tanto una disminución del ancho de la escotadura femoral como el aumento del ángulo interno del cóndilo femoral lateral son posibles factores de riesgo de ruptura de LCA (34).
- Blanke et al. (2016) en su estudio "Risk of Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Is Not Associated With Slope and Concavity of the Tibial Plateau in Recreational Alpine Skiers", evaluaron las características morfológicas de la meseta tibial y su asociación con el riesgo de sufrir la ruptura del LCA sin contacto. La muestra era de 121 personas que fueron evaluadas a través de RMN para la detección de lesión de LCA, 80 tenían realmente la lesión (57 mujeres) y 41 tenían un LCA intacto (17 mujeres). Las pacientes femeninas tenían más probabilidades de sufrir una ruptura de LCA sin contacto en comparación con los pacientes masculinos. Tuvieron una pendiente tibial lateral (LTS) y pendiente tibial media (MTS) significativamente

mayores que los hombres, y además la profundidad de la meseta tibial (MTD) fue menor en las mujeres (menor concavidad). Los hombres y mujeres no tuvieron diferencias en la pendiente tibial coronal (CTS). Solo en el grupo con LCA intacto se observaron estas diferencias entre mujeres y hombres, en el grupo con lesión de LCA no hubo diferencias significativas entre los sexos. Comparando los subgrupos (lesionados frente a intactos) no se encontraron diferencias significativas en los índices cuantificados dentro de cada sexo, es decir, que entre las mujeres con lesión y aquellas sin lesión las variables medidas no mostraron diferencias, lo mismo entre los hombres. El autor concluye que LTS, MTS, CTS, así como MTD, no se asociaron con el riesgo de sufrir una ruptura del LCA sin contacto en esquiadores alpinos (mujeres y hombres en conjunto), pero los datos revelaron diferencias sexuales significativas en el riesgo de lesión de LCA y todos los índices cuantificados, excepto CTS (10).

#### ARTICULOS QUE EVALUARON FACTORES DE RIESGO HORMONALES

- Beynnon et al. (2006) en su trabajo “The Relationship Between Menstrual Cycle Phase and Anterior Cruciate Ligament Injury, A Case-Control Study of Recreational Alpine Skiers”, utilizaron muestras séricas de estrógeno y progesterona para determinar la fase del ciclo menstrual en la que se encontraban las esquiadoras lesionadas y determinar si la probabilidad de lesión de LCA se ve afectada por la fase del ciclo menstrual. Además completaron un cuestionario que documentaba la participación en el esquí, cantidad de temporadas que llevaba esquiando, su capacidad como esquiadora y detalles de su historia menstrual. Las mediciones séricas de estrógeno y progesterona, se tomaron dentro de las dos horas posteriores a la lesión, y en el caso de los controles se les extrajo la muestra al momento de inscribirse. Tras el análisis de los datos obtenidos a través de las concentraciones hormonales, se pudo determinar que el 74% de las esquiadoras que habían sufrido una lesión de LCA se encontraban al momento de la lesión en la fase preovulatoria del ciclo menstrual. Luego del ajuste por la habilidad y experiencia de las esquiadoras se determinó que las

probabilidades de sufrir una lesión de LCA durante el esquí alpino es de 3.22 veces mayor en la fase preovulatoria para las mujeres que practican dicho deporte. El autor atribuye esto a las fluctuaciones de las concentraciones de estrógeno y progesterona durante el ciclo menstrual, debido a la acción de dichas hormonas sobre el metabolismo del colágeno, lo que a su vez tiene efecto sobre el LCA y sus propiedades mecánicas. En el estudio se vio que los niveles de estrógeno eran similares en las esquiadoras lesionadas y los controles, en cambio la progesterona fue significativamente mayor en las esquiadoras del grupo control. Por ende se cree que la falta de oposición a los efectos del estrógeno podrían ser la causante de los mecanismos antes mencionados (9).

- Gilmer et al. (2019) en su estudio "Preliminary Evaluation of Knee Kinetics in Female Athletes on Hormonal Contraceptives", evaluaron la fuerza de reacción al suelo (GRF) y el valgo de rodilla, buscando diferencias entre las atletas que usaban anticonceptivos hormonales con aquellas que no. Para la evaluación de estas variables los investigadores colocaron sensores electromagnéticos en los participantes y una placa de fuerza. Decidieron realizar dos pruebas funcionales, la primera la denominaron salto vertical de caída (DVJ), aquí las atletas debían aterrizar en primero lugar de un cajón de 0,5m, aterrizar sin preferencia de pierna, saltar inmediatamente tan alto como pudieran y aterrizar nuevamente. La segunda prueba funcional, que denominaron salto cruzado a una sola pierna (SCD), consistía en comenzar en el cajón parado en la pierna no dominante y aterrizar del salto con su pierna dominante cruzando está por delante del cuerpo. Estas pruebas se repitieron en dos fases del ciclo menstrual, fase preovulatoria y fase lútea media. Tras el análisis de los datos, no encontraron diferencias significativas de las variables estudiadas (GRF y valgo de rodilla), en ninguna de las pruebas de salto realizadas en dos fases del ciclo menstrual. Esto sugiere que los anticonceptivos hormonales no infieren en el riesgo de lesión de LCA, o que su efecto es indetectable a través de las pruebas funcionales que comúnmente se utilizan para predecir el riesgo (20).



- Ruedl et al. (2009) en su estudio “Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers?”, se plantaron dos objetivos, por un lado investigar el posible efecto protector del uso de anticonceptivos orales contra la lesión de LCA y por otro lado comparar la frecuencia de lesiones de LCA sin contacto en las fases pre y posovulatoria del ciclo menstrual. Los participantes respondieron un cuestionario con información personal, historia de lesiones y la historia menstrual. Conociendo la fecha de la última menstruación y la duración promedio de un ciclo menstrual individual, pudieron determinar si la lesión ocurrió durante la fase pre o posovulatoria. El análisis de los datos indico que el 57% de las esquiadoras lesionadas se encontraba en la fase preovulatoria al momento de la lesión. Se calculó que las posibilidades de sufrir la lesión en la fase preovulatoria eran 1,92 veces mayor. No hubo diferencias significativas entre aquellas que usaban y no usaban anticonceptivos orales. Los autores concluyes que la posibilidad de sufrir una lesión de LCA sin contacto es mayor en la fase preovulatoria y que el uso de anticonceptivos orales no muestra asociación con las tasas de lesiones (44).
- Chaudhari et al. (2007) en su trabajo “Knee an Hip Loading Patterns at Different Phases in the Menstrual Cycle, Implications for the Gender Difference in Anterior Cruciate Ligament Injury Rates”, plantearon como objetivo examinar si el ciclo menstrual afecta la carga sobre la rodilla durante maniobras de alto riesgo, y además observar la posible diferencias entre aquellas que utilizaban anticonceptivos orales y aquellas que no. Analizaron durante tres fases del ciclo menstrual (folicular, ovulación, lútea) la cinemática de los participantes durante tres actividades funcionales, un salto horizontal máximo hacia delante aterrizando con la pierna izquierda sobre una placa de fuerza, un aterrizaje con ambas piernas desde un cajón de 30cm con un salto máximo vertical posterior, y por ultimo un salto vertical máximo con aterrizaje en ambas piernas. Se les colocó cinco marcadores retrorreflectantes para evaluar las variables cinemáticas que incluían momentos de aducción y rotación interna de cadera, momentos de abducción, flexión y rotación interna de rodilla, por último se examinó el ángulo de flexión de rodilla al momento del apoyo. Tras la obtención de los datos no hubo diferencias cinemáticas

que pudieran estar relacionadas con el ciclo menstrual. El uso o no de anticonceptivos no indico alguna diferencia. Las comparaciones entre los sujetos masculinos y los dos grupos femeninos tampoco mostro diferencias significativas (12).

- Stijak et al. (2014) en su estudio “The influence of sex hormones on anterior cruciate ligament rupture: female study”, buscaron determinar la diferencia en las concentraciones de testosterona, 17- $\beta$  estradiol y progesterona entre las pacientes con y sin ruptura del LCA, así como el posible efecto de estas hormonas en la laxitud articular generalizada. El estado hormonal de las mujeres con ruptura de LCA difería completamente del estado hormonal de las mujeres sin lesión. En el caso de las participantes con lesión, las concentraciones de testosterona eran más bajas, las concentraciones de 17- $\beta$  estradiol fueron menores en la fase lútea y la progesterona fue significativamente menor en ambas fases. Para los autores las mujeres con estos niveles más bajos en las concentraciones hormonales predisponen a las mujeres a la lesión de LCA, destacando a la testosterona como un factor protectorio debido a que intensifica la síntesis de colágeno en el tejido conectivo. No se pudo relacionar la laxitud generalizada a ninguna de estas tres hormonas sexuales (49).
- Gilmer et al. (2019) en su estudio “The Relationship between Serum Relaxin Concentrations and Knee Valgus”, tuvieron como propósito examinar la relación entre la relaxina y el valgo de rodilla durante tres pruebas clínicas. Se obtuvieron muestras de sangre para medir la concentración sérica de relaxina en la fase lútea, más precisamente entre los días 21 y 24, cuando la relaxina es medible. Se colocaron a cada participante sensores electromagnéticos y se les indico hacer tres actividades funcionales, una sentadilla a una pierna, un salto cruzado a una pierna con su pierna dominante y una caída desde un cajón de 0,5m con un posterior salto vertical. Para el análisis se utilizó el valor del valgo durante la flexión máxima de rodilla. Los análisis mostraron una relación significativa entre la concentración sérica de relaxina y el valgo de rodilla durante las tres

actividades, las atletas con mayores concentraciones de relaxina presentaron mayor valgo de rodilla durante las tareas solicitadas (21).

- Adachi et al. (2007) en su estudio “Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes”, plantearon dos objetivos, por un lado determinar si las lesiones de LCA se correlacionan con una fase del ciclo menstrual específica en atletas femeninas adolescentes y por otro lado, determinar si las disfunciones premenstruales o menstruales influyen sobre las lesiones de LCA. las atletas completaron un cuestionario administrado por un miembro del equipo de investigación, durante un periodo de tres meses, este incluía historial de lesiones, historial menstrual y los niveles de actividad subjetiva durante las tres fases del ciclo menstrual. Tras el análisis de los datos obtuvieron que el 11% de las lesiones se produjo en la fase folicular, 72% en la fase ovulatoria y 17% en la fase lútea del ciclo menstrual. Cabe aclarar que a diferencia de otros estudios que dividen al ciclo en pre y posovulatorio, este autor decidió dividirlo en fase folicular (menstruación hasta el día 9), ovulatoria (días 10-14) y lútea (día 15 hasta la menstruación), por ende los resultados de otros estudio y el presente serian coincidentes en que en la fase preovulatoria (folicular + ovulatoria) se producen el mayor porcentaje de lesiones, especulando que el intervalo de mayor riesgo podría ser la fase con el nivel más bajo de progesterona. Con respecto a la sintomatología premenstrual o menstrual no se hayo relación (1).
  
- Khowailed et al. (2015) en su trabajo “ $17\beta$ -estradiol Induced Effects on Anterior Cruciate Ligament Laxness and Nueromuscular Activation Patterns in Female Runnees” investigaron los efectos del  $17\beta$ -estradiol a través de las fases del ciclo menstrual en los patrones de control neuromuscular de las extremidades inferiores y la laxitud del LCA durante la carrera. Las corredoras fueron evaluadas dos veces durante el ciclo menstrual, la primera en la fase folicular (días 1 o 2 al comienzo de la menstruación) cuando se espera que los niveles de estrógeno sean bajos, y una segunda vez durante la ovulación (detectada a través de un kit de predicción de la ovulación) donde se produce el pico de estrógenos. Se midió la actividad

electromiográfica de los vastos medial y lateral, los isquiotibiales mediales y el bíceps femoral durante la carrera y además con una prueba de contracción voluntaria máxima. La actividad mioeléctrica se analizó en tres fases de la carrera, fase de preactivación (50ms antes del aterrizaje hasta el aterrizaje del pie), la fase de aceptación del peso y la fase de empuje. Para cuantificar la laxitud de la rodilla se utilizó un instrumento KT-2000. El último elemento de medición consistía en una alfombra de presión integrada a la cinta de correr para medir la fuerza de reacción al suelo. Como se esperaba la concentración más alta de estradiol se encontró durante la ovulación (207.74 frente a 34.17 pg/mL), coincidentemente durante esta fase la laxitud de la rodilla aumentó, de 4,18mm que se habían medido en la fase folicular a 5,75mm (traslación tibial anterior). En cuanto a la actividad electromiográfica, se puede observar cambios en el control neuromuscular en las distintas fases del ciclo menstrual, el cuádriceps exhibió mayor activación en la fase folicular en las fases de precontacto y aceptación del peso, sobre todo del vasto lateral. En relación a los isquiotibiales la fase ovulatoria alteró la preactivación del músculo antes del impacto. El pico de activación se dio en la fase ovulatoria, especialmente la del bíceps femoral, tanto en la fase de precontacto como durante la aceptación del peso. Por ende se observa un desequilibrio cuádriceps-isquiotibiales durante todo el ciclo menstrual en especial durante la fase folicular. El reclutamiento desproporcionado del vasto aumenta la fuerza de traslación anterior tibial en ángulos bajos de flexión, lo que posiblemente puede aumentar el riesgo de lesión de LCA. Estos resultados sugieren que la disminución de la laxitud articular producto de las fluctuaciones hormonales durante el ciclo menstrual conduce a una disminución del control neuromuscular durante la carrera (29).

## ARTICULOS QUE EVALUARON FACTORES DE RIESGO NEUROMUSCULARES Y BIOMECANICOS

- Hewett et al. (2005) en su estudio "Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes", plantearon como hipótesis que las atletas que sufrieron una lesión de LCA demostrarían diferencias de

control neuromuscular que se manifestarían en la biomecánica de sus miembros inferiores durante tareas de aterrizaje. Para demostrar dicha hipótesis, evaluaron prospectivamente a 205 jugadoras de básquet, fútbol y vóley a través de un análisis biomecánico 3D antes de sus temporadas. De estas jugadoras 9 sufrieron lesiones de LCA. La prueba consistía en un salto vertical tras caída del cajón de 31cm de altura. Para las mediciones se utilizaron dos plataformas de fuerza y un sistema de cámaras de alta velocidad, la caída del cajón se usó para el análisis. Tras el análisis de los datos encontraron que la abducción de rodilla (valgo) era significativamente mayor en las atletas lesionadas, específicamente fue en promedio 8,4° mayor en el contacto inicial (IC) y 7,6° mayor en el momento máximo de abducción. En cuanto al ángulo máximo de flexión de rodilla durante el aterrizaje, este fue menor en las atletas que posteriormente sufrieron la lesión, con un valor de 71,9° frente a 82,4° en aquellas que no tendrían la lesión. La fuerza de reacción al suelo fue 20% mayor en las atletas lesionadas. Otro dato que surge del análisis es que las atletas lesionadas tuvieron un tiempo de postura 16% más corto que el grupo control. Por lo tanto, los autores concluyen que los momentos y ángulos de abducción de rodilla (valgo), tanto durante el IC como los valores máximos, son predictores significativos de la lesión de LCA (24).

- Ahmad et al. (2006) en su trabajo “Effect of gender and Maturity on Quadriceps-to-Hamstring Strength Ratio and Anterior Cruciate Ligament Laxity”, tuvieron como propósito examinar los efectos del género y la madurez sobre la laxitud de rodilla y la fuerza muscular para determinar el momento más apropiado para iniciar programas de prevención de lesiones de LCA. la traslación tibial anterior se midió usando KT-1000 y la fuerza tanto de cuádriceps como de isquiotibiales se midió con dinamómetro manual. Los niños y niñas de la muestra fueron clasificados por edad, esto se detalla en la tabla. En cuanto a la laxitud encontraron que los niños maduros tienen menor laxitud de rodilla que los demás grupos. En cuanto a la fuerza de cuádriceps e isquiotibiales se observó con la madurez un aumento significativo tanto en niños como en niñas, sin embargo, los niños demostraron un mayor aumento porcentual de la fuerza de isquiotibiales con la madurez (179%) en

comparación con las niñas (27%). Al considerar la relación cuádriceps-isquiotibiales, las niñas maduras presentan 2,06 veces mayor fuerza de cuádriceps que de isquiotibiales, las niñas inmaduras 1,73, los niños inmaduros 1,58 y los niños maduros 1,48. En conclusión, esta discrepancia entre los grupos musculares con cuádriceps dominantes en las niñas después de la menarca, las pone en un mayor riesgo de lesión de LCA. Por ende los autores consideran ese un buen momento para comenzar con los programas preventivos en niñas (3).

- Myer et al. (2009) en su estudio “The Relationship of Hamstrings and Quacriceps Strength to Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes”, tuvieron como objetivo determinar la asociación de la fuerza de cuádriceps e isquiotibiales con la lesión de LCA en atletas femeninas. Se evaluó salto vertical y fuerza isocinetica (acción concéntrica) e 1.692 atletas de futbol y básquet de secundaria, de las cuales 22 sufrieron lesiones de LCA y fueron emparejadas con 4 atletas femeninas y un atleta masculino cada una de ellas, es decir que la muestra estaba compuesta por 22 atletas femeninas lesionadas, 88 atletas femeninas sin lesión de LCA y 22 atletas masculinos también sanos. Tras el análisis de los datos encontraron que las atletas femeninas que posteriormente sufrieron la lesión de LCA, al momento de la evaluación tenían una disminución de la fuerza de isquiotibiales, pero no de cuádriceps en comparación al grupo de control masculino. Por el contrario, el grupo control femenino poseía una menor fuerza de cuádriceps, pero no de isquiotibiales comparándolas con el grupo masculino. Concluyendo que las atletas femeninas que demuestran una combinación de disminución de la fuerza de isquiotibiales y un aumento de la fuerza de cuádriceps pueden estar en un mayor riesgo de lesión de LCA (36).
- Zazulak et al. (2005) en su trabajo “Gender Comparison of Hip Muscle Activity During Single-Leg Landing”, se plantearon como objetivo comparar la actividad electromiográfica de la musculatura de cadera entre atletas universitarios masculinos y femeninos durante el aterrizaje a una pierna desde dos alturas diferentes. Se colocaron electrodos de superficie en glúteo mayor, glúteo medio y recto femoral de la pierna dominante de los

participantes, y además se utilizó una plataforma de fuerza para medir la fuerza de reacción al suelo. Previo al proceso de evaluación se registraron contracciones isométricas voluntarias máximas (MVIC) para cada uno de los músculos, para posteriormente normalizar los valores de la EMG con los obtenidos a través de las contracciones isométricas. La prueba consistía en aterrizar desde una caja de 30,5cm y de otra de 45,8cm a una sola pierna (dominante). Tras el análisis de los datos, se encontró que durante la fase de aterrizaje posterior al contacto con el suelo las mujeres tenían una menor activación del glúteo mayor en comparación con los hombres. La actividad media del glúteo mayor en las mujeres fue del 37,5% de la MVIC, y 53,9% para los hombres. Previo al contacto inicial no hubo diferencias de género en la activación del glúteo mayor. En cuanto al reto femoral, las mujeres demostraron una mayor actividad que los hombres previo al contacto inicial, esta fue del 33,6% del MVIC en las mujeres y 18,7% en los hombres. Durante la fase posterior al contacto no hubo diferencias en la activación del recto femoral en cuanto al género. En cuanto al glúteo medio no hubo diferencias en ninguna de las dos fases del aterrizaje. Por lo antes mencionado, los autores concluyen que una disminución de la actividad del glúteo mayor y un aumento en la actividad del cuádriceps pueden ser factores de mayor riesgo de lesión de LCA sin contacto en atletas femeninas (56).

- Feria Madueño et al. (2014) en su estudio “Diferencias de género en la estabilización de rodilla en aterrizajes de salto”, utilizaron una plataforma de fuerza triaxial, cámaras para la obtención de datos de fotometría y marcadores reflectantes en sujetos físicamente activos durante el aterrizaje desde una altura de 30cm, para observar las diferencias de género en la estabilización de la rodilla. Luego de analizar los datos encontraron que para el tiempo de estabilización de la rodilla solo en el tercero de los tres intentos hubo diferencias entre géneros, aquí los hombres tuvieron un tiempo de estabilización significativamente mayor. Los ángulos máximos de flexión no presentaron diferencias, pero si hubo diferencias en el ángulo de flexión al momento del contacto, en este caso las mujeres aterrizaron con menor flexión de rodilla. Los autores concluyen que se han obtenido datos

significativos que anuncian un mayor riesgo de lesión para las mujeres en función de la flexión de dorilla y el tiempo de estabilización articular (17).

- Davidson et al. (2014) en su estudio “Effects of maturation on combined female muscle strength and ACL structural factors”, compararon la fuerza por unidad de volumen de los músculos isquiotibiales y cuádriceps con el índice de área transversal del LCA en tres grupos con distinto nivel madurativo. Mediante resonancia magnética se cuantificaron volúmenes musculares y área transversal del LCA. los valores fueron normalizados posteriormente por peso (kg) y altura (h). La fuerza se midió con máquinas isocinéticas (concéntrico/excéntrico). Las variables que fueron analizadas incluían fuerza concéntrica por unidad de volumen de cuádriceps (QCSPV) e isquiotibiales (HCSPV), la fuerza excéntrica por unidad de volumen de cuádriceps (QESPV) e isquiotibiales (HESPV) y el área transversal del LCA (CSA), y además se relacionaron las distintas variables. Tras el análisis de los datos obtenidos se encontró que la etapa madurativa tiene un efecto sobre todas las variables, específicamente la HESPV fue significativamente más bajo a medida que aumenta la maduración, con  $0,188 \text{ N/cm}^3$  para las niñas del grupo de maduración temprana,  $0,157 \text{ N/cm}^3$  para el grupo de maduración media y  $0,132 \text{ N/cm}^3$  para el grupo de maduración tardía. La relación entre HESPV y QCSPV fue significativamente más pequeña con el aumento de la maduración. El CSA fue significativamente diferente en los tres grupos madurativos, fue de  $0,007 \text{ cm}^2/\text{kg}\cdot\text{h}$  durante la maduración temprana,  $0,005 \text{ cm}^2/\text{kg}\cdot\text{h}$  en la media y  $0,003 \text{ cm}^2/\text{kg}\cdot\text{h}$  en la tardía. La relación de QCSPV y CSA por un lado, y QESPV y CSA por el otro, fueron menores al inicio y fueron aumentando con el aumento de la maduración. Los resultados demuestran discrepancia en la fuerza por unidad de volumen de los músculos evaluados entre las etapas madurativas, esto sugiere un desajuste potencialmente peligroso en las mujeres de la pubertad media (media de edad: 12,9 años) donde el área de sección transversal es más pequeño, lo que por teoría lo hace más débil ante las cargas, pudiendo este ser ineficaz para contrarrestar un cuádriceps potencialmente dominante (15).



- Saunders et al. (2014) en su trabajo “Neuromuscular dysfunction that may predict ACL injury risk: A case report”, presentan un reporte de caso, y aunque este tipo de diseño no tiene gran valoración científica, este tiene una particularidad y es que la lesión se produjo solo 6 días luego de la evaluación, eliminando una gran limitación que en general tienen los trabajos en donde las lesiones se producen meses después de la evaluación, pudiendo la deportista en este periodo cambiar sus características neuromusculares con el entrenamiento. Los investigadores evaluaron a través de electromiografía la activación en el momento del contacto inicial (CI) durante aterrizajes de saltos específicos de netball de los músculos recto femoral, bíceps femoral, isquiotibiales mediales y glúteo medio. Se comparó a la jugadora lesionada con otras 8 jugadoras que habían participado del estudio de cohorte y a su vez se comparó la pierna lesionada con la contralateral de la misma jugadora. Tras el análisis de los datos encontraron que la jugadora lesionada era la única que registro un inicio de activación posterior al CI tras el aterrizaje. Los tiempos de activación oscilaron entre 37 y 96ms después del CI en la jugadora lesionada y entre 84 a 250ms antes del CI en las del grupo control. Comparando ambas piernas de la jugadora lesionada, solo hubo activación muscular posterior al CI en la pierna que luego sufrió la lesión de LCA. El retardo en la activación muscular puede ser un factor de riesgo de lesión de LCA (47).
- Shimozaki et al. (2018) en su trabajo “Greater body mass index and hip abduction muscle strength predict noncontact anterior cruciate ligament injury in female Japanese high school basketball players”, se realizaron exámenes a 195 jugadoras de básquet de escuela secundaria y se registraron durante 3 años las lesiones de LCA sin contacto, con el objetivo de evaluar posibles factores de riesgo. Los parámetros anatómicos evaluados fueron altura, peso, IMC, laxitud de rodilla (KT-1000), laxitud generalizada, anteversión femoral (prueba de Craig) y caída navicular. Se evaluó fuerza de flexión y extensión de rodilla (maquina isocinetica), abducción de cadera (dinamómetro manual) y la relación isquiotibiales/cuádriceps. Y por último se evaluó el equilibrio estático (sobre plataforma de equilibrio). Durante los 3 años de seguimiento 12 jugadoras sufrieron lesiones de LCA sin contacto. De

los parámetros anatómicos evaluados, la laxitud generalizada fue significativamente menor en el grupo con lesión de LCA, y el IMC fue significativamente mayor en el grupo con lesión. en términos de evaluación de fuerza y equilibrio estático, solo la fuerza de abducción de cadera fue significativamente mayor en el grupo con lesión de LCA que en el grupo control. Los autores concluyen que un mayor IMC y el aumento en la fuerza de abducción de cadera fueron factores de riesgo independientes para lesiones de LCA sin contacto en jugadoras de básquet japonesas de secundaria (48).

- Ford et al. (2005) en su trabajo “Acomparison of dynamic coronal plane excursión between matched male and female atheletes when performing single leg landing”, realizaron un análisis de movimiento tridimensional en 11 deportistas (futbol y básquet) femeninas y 11 masculinos para identificar diferencias de género en la cinemática durante tareas de aterrizaje, particularmente la excursión en el plano coronal de las articulaciones del miembro inferior. Cada sujeto fue instrumentado con 37 marcadores retrorreflectantes, primero se recopilo información de la estática para utilizarla como alineación neutra. Luego se le pidió que desde un cajón de 13,5cm realizaran aterrizajes a una pierna (dominante) sobre una plataforma de fuerza, uno en dirección medial y otro lateral. Luego del análisis de los datos encontraron que la excursión total de rodilla fue mayor en las mujeres. Las mujeres tuvieron mayores ángulos de abducción de rodilla (valgo) durante el contacto inicial. Con respecto a la cadera las mujeres presentaron mayor excursión en el plano coronal, sin embargo no hubo diferencias en la abducción durante el contacto inicial, abducción máxima o aducción máxima de cadera. En cuanto al tobillo las mujeres tuvieron mayor eversión en comparación a los hombres. En conclusión, este aumento en la oscilación del plano coronal de las articulaciones de las extremidades inferiores puede estar relacionado con el mayor riesgo de lesión de LCA en jugadoras de básquet y futbol (18).
- Myer et al. (2008) en su estudio “The Effects of Generalized Joint Laxity on Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury in Young Female Athletes”,

evaluaron prospectivamente 1.558 jugadoras de fútbol y básquet antes de su participación deportiva, en un periodo de 4 años, 19 sufrieron lesiones de LCA. La investigación utilizó 4 jugadoras emparejadas por cada una con lesión, es decir que la muestra incluyó 95 deportistas. Se evaluó la laxitud generalizada y la traslación tibial fue cuantificada con artrometro de rodilla CompuKT. Se cuantificó también la diferencia de lado a lado en la traslación tibial. Tras el análisis de datos multivariado, determinaron que por cada 1,3mm de diferencia entre una rodilla y la otra en la traslación, las probabilidades de lesión de LCA aumentan 4 veces. Y además, una medida positiva de hiperextensión aumentó las probabilidades a 5 veces mayor. Por ende, estos dos factores proporcionan mayor riesgo de ruptura de LCA (37).

**TABLA 1. Factores de riesgo anatómicos**

REFERENCIA	OBJETIVO	PARTICIPANTES/ CRITERIOS DE INCLUSIÓN O EXCLUSIÓN	MÉTODO	RESULTADOS/ CONCLUSIONES
<p>Beynnon et al. 2014 (7)</p> <p>Estudio de casos y controles</p> <p>Nivel de evidencia 3</p>	<p>Asociar las pendientes tibiales posteriores lateral y medial, la meseta coronal y la profundidad de la meseta con el riesgo de lesión de LCA sin contacto en hombre y mujeres.</p>	<p>176 atletas universitarios y secundarios (fútbol, básquet, lacrosse, hockey, rugby, vóley)</p> <p>88 con lesión de LCA sin contacto, entre ellos 61 mujeres con una edad media de 17.05 años y 27 hombres con una edad media de 18.04 años. (debía ser la primera lesión)</p> <p>88 sujetos emparejados (Coincidían en equipo, edad, deporte, y nivel de actividad y exposiciones).</p>	<p>Durante un periodo de 4 años que comenzó en 2008, se evaluó con RMN la geometría bilateral de la meseta tibial (pendiente posterior lateral y medial, pendiente coronal y profundidad de la meseta).</p>	<p>Hay 21,7% más de riesgo de lesión de LCA con cada aumento de 1° de la pendiente tibial posterior lateral en mujeres pero no en hombres. El resto de las variables no se asociaron con lesión de LCA.</p>
<p>Sturnick et al. 2015 (51)</p> <p>Estudio de casos y controles</p> <p>Nivel de evidencia 3</p>	<p>Demostrar que las combinaciones de las mediciones de la geometría de la rodilla están más asociadas al riesgo de lesión de LCA que las variables individuales.</p>	<p>Grupo de casos (88) 27 hombres y 61 mujeres con lesión de LCA</p> <p>Grupo control (88) emparejados por sexo, deporte y exposiciones</p>	<p>Se basó en una investigación adicional de datos de RMN recopilados de un estudio de cohorte prospectivo.</p> <p>(estudio de Beynnon)</p>	<p>En los hombres el tamaño del LCA y la geometría del asta posterior del menisco lateral predicen el riesgo de lesión de LCA. En las mujeres el tamaño de la escotadura intercondilea y la pendiente del cartílago articular del compartimiento lateral se combinan para predecir el riesgo de lesión de LCA.</p>

Sturnick et al. 2014 (50)	El objetivo de este estudio fue aprovechar el trabajo previo e identificar la influencia de todas las interfaces de contacto de la meseta tibial con el riesgo de lesión de LCA.	88 sujetos son lesiones de LCA sin contacto y 88 sujetos emparejados. (61 pares de mujeres y 27 pares de hombres)	El informe se basó en un análisis adicional de los datos de RMN obtenido de sujetos que participaron de un estudio de cohorte prospectivo más amplio.  (estudio de Beynnon)	El análisis multivariado de los datos femeninos reveló que el aumento de la pendiente posterior del cartílago articular y la disminución de la altura del asta posterior del menisco externo en el compartimiento lateral se asociaron con mayor riesgo de lesión de LCA sin contacto, independientes entre sí y de la pendiente del hueso subcondral. Ninguna medida se relacionó con el riesgo de lesión de LCA sin contacto en hombres.
Rak Choi et al. 2019 (40)  Estudio retrospectivo	Determinar si en pacientes con ruptura de LCA sin contacto, la incidencia y la gravedad de la lesión por mecanismo de pivot (giro sobre un pie) determinadas a través de patrón de lesión en RMN, es mayor en las mujeres.	Pacientes que se sometieron a reconstrucción artroscópica de LCA en el Hospital Universitario de Hanyang (Corea Del Sur) entre enero de 2012 y agosto de 2018)  Se seleccionaron 148 rupturas de LCA (145 pacientes) 41 rodillas en 41 pacientes mujeres (edad media 23,9 años) y 107 rodillas en 104 pacientes hombres (edad media 24,8 años).  Exclusión: RMN tomadas 6 semanas después de la lesión, mala calidad de RMN, cirugía o lesión ipsilateral de rodilla y mecanismo lesional poco claro.	Se realizó un análisis retrospectivo de los registros médicos, radiográficos y de RMN.	No hubo diferencias significativas en incidencia y gravedad entre hombres y mujeres en la ruptura de LCA sin contacto por mecanismo de pivot.  Con respecto a los factores anatómicos, la pendiente tibial lateral fue significativamente mayor en las mujeres y la profundidad de la meseta tibial era significativamente más superficial en las mujeres.
Wang et al. 2019 (52)	Investigar las diferencias de sexo entre las medidas	40 participantes recreativamente activos de	Los participantes asistieron a una sesión	Los hombres tienen mayor volumen y ancho de LCA que las mujeres, pero

Estudio transversal	morfológicas del LCA in vivo antes y después de controlar el ancho de la escotadura intercondilea femoral y el IMC.	universidades.  20 hombres (edad media de $23,2 \pm 2,9$ años) y 20 mujeres (edad media $21,3 \pm 2,3$ años).	de prueba de RMN 3D de la rodilla izquierda.	solo el volumen se mantuvo diferente cuando se tuvo en cuenta el ancho de la escotadura intercondilea y el IMC. Esto sugiere que el volumen del LCA puede ser una medida apropiada del riesgo de lesión de LCA en mujeres.
Miljko et al. 2012) (34) Estudio prospectivo	Examinar el tamaño de la muesca intercondilea y el valor del ángulo interno del cóndilo femoral lateral como los factores de riesgo de lesión de LCA sin contacto y correlacionarlos con valores físicos de las atletas (peso, altura, IMC)	24 jugadoras de hándbol con lesión unilateral de LCA (edad media 21 años). 27 jugadoras de hándbol sanas (edad media 17 años) (control).  Inclusión: lesiones sin contacto. En el caso de los controles debían tener problemas de rodilla y jugar al hándbol hace por lo menos 2 años.	Un ortopedista hizo un examen clínico, y medio peso, altura, IMC y ángulo Q. Se realizó una RMN para medir el ángulo del lado interno del cóndilo femoral lateral y el ancho de la escotadura intercondilea.	Las jugadoras lesionadas tenían ángulos internos significativamente mayores ( $75^\circ$ lesionadas; $68^\circ$ control) y un ancho de escotadura significativamente más estrecho ( $18,5\text{mm}$ lesionadas; $21,5\text{mm}$ control). No hubo diferencias en los valores físicos.
Blanke et al. (2016) (10) Estudio de cohorte retrospectivo  Nivel de evidencia 3	Investigar la asociación en esquiadores alpinos recreativos entre las características morfológicas de la meseta tibial (pendientes y meseta) y el riesgo de lesión de LCA sin contacto.	80 pacientes con lesión de LCA sin contacto (57 mujeres y 23 hombres). 41 sujetos con LCA intacto (17 mujeres y 24 hombres). la edad promedio de la muestra fue de 39 años.  Exclusión: esquiadores de elite, lesiones por contacto, lesión bilateral, antecedentes de lesión de rodilla.	RMN para medir: pendiente tibial posterior medial y lateral, pendiente tibial coronal y la profundidad de la meseta tibial medial.	Ninguna de las medidas se asoció con riesgo de sufrir una lesión de LCA sin contacto entre esquiadores alpinos recreativos (en conjunto hombres y mujeres). Los datos revelaron diferencias sexuales significativas en el riesgo de lesión en todos los índices excepto la pendiente coronal.

**TABLA 2. Factores de riesgo hormonales**

REFERENCIA	OBJETIVO	PARTICIPANTES/ CRITERIOS DE INCLUSIÓN O EXCLUSIÓN	MÉTODO	RESULTADOS/ CONCLUSIONES
<p>Beynnon et al. 2006 (9)</p> <p>Estudio de casos y controles</p>	<p>Determinar si la probabilidad de sufrir una lesión de LCA se ve afectada por la fase del ciclo menstrual.</p>	<p>42 esquiadoras alpinas recreativas con lesión de LCA (edad media de 36,1 años).</p> <p>46 esquiadoras alpinas recreativas como grupo control sin lesión (edad media 34,3).</p> <p>Exclusión: cirugía de rodilla previa, luxación, esguinces previos, Enf. Metabólica, Enf. Degenerativa articular, embarazos el último año, utilización de anticonceptivos, ciclos menstruales irregulares o mujeres posmenopáusicas.</p>	<p>Las participantes completaron un cuestionario de lesiones y antecedentes menstruales.</p> <p>Se midieron las concentraciones de estradiol y progesterona en suero dentro de 2hs posteriores a la lesión y después de inscribirse en el caso de los controles. Para determinar la fase del ciclo menstrual.</p>	<p>La probabilidad de sufrir una lesión de LCA es significativamente mayor durante la fase preovulatoria del ciclo menstrual.</p> <p>Según las concentraciones séricas el 74% de las mujeres lesionadas estaban en la fase preovulatoria.</p> <p>Según el historial menstrual el 57% de las esquiadoras lesionadas estaban en fase preovulatoria.</p>
<p>Gilmer et al. 2019 (20)</p>	<p>Evaluar si la fuerza de reacción vertical al suelo (GRF) y la fuerza de valgo de rodilla son diferentes entre atletas que usan y que no usan anticonceptivos hormonales.</p>	<p>22 atletas femeninas (edad media <math>21,7 \pm 3.7</math> años) se presentaron voluntariamente.</p> <p>Inclusión: participar activamente de un deporte, sin lesiones ni cirugías en extremidad inferior en los últimos 6 meses, sin antecedentes de embarazo y con ciclo menstrual regular.</p> <p>Participantes en las que usaban anticonceptivos (n:10 edad media <math>21,1 \pm 1.2</math>)</p> <p>Participantes sin uso de</p>	<p>Se realizaron pruebas en dos momentos del ciclo menstrual, fase pre y posovulatoria.</p> <p>Las pruebas consistían en un salto vertical de caída desde una caja de 0,5m y una caída cruzada a una sola pierna desde la misma altura.</p> <p>Se utilizaron sensores electromagnéticos y una placa de fuerza en la superficie para las</p>	<p>Los resultados sugieren que los anticonceptivos hormonales no provocan cambios detectables en GRF vertical y la fuerza del valgo de rodilla, se requieren más estudios sobre la relación hormonal y el riesgo de lesión de LCA.</p>

		anticonceptivos (n:12 edad media 22,3 ± 4,9)	mediciones.	
Ruedl et al. 2009 (44) Estudio de casos y controles	Investigar un posible efecto protector del uso de anticonceptivos orales contra las lesiones de LCA en esquiadores recreativos y comparar las frecuencias de lesiones sin contacto en las fases pre y posovulatoria del ciclo menstrual.	93 esquiadoras recreativas con lesión de LCA sin contacto (edad media 38,8 años).  93 esquiadoras de control sin lesión seleccionadas al azar de la misma área de esquí (edad media de 38,1 años).  Exclusión: menopausia; uso de medicamentos estimulantes de hormonas.	Sujetos lesionados respondieron un cuestionario de datos personales y de su historia menstrual dentro de los 2 días posteriores a la lesión.	La probabilidad de sufrir una lesión de LCA es mayor en la fase preovulatoria, mientras que el uso de anticonceptivos y las lesiones previas de rodilla no mostraron asociación con la ruptura de LCA.
Chaudhari et al. 2007 (12) Estudio de laboratorio controlado	Examinar si el ciclo hormonal en las mujeres afecta el ambiente de carga en la rodilla durante maniobras de alto riesgo.	Los sujetos fueron seleccionados de una universidad local y todos estaban involucrados en deportes recreativos  25 mujeres, 12 sin uso de anticonceptivos (edad media de 19.1) y 13 con uso de anticonceptivos orales (edad media 20.3) 12 hombres (edad media 20.3)	Realizaron pruebas de salto horizontal, salto vertical y caída desde 30cm en la pierna izquierda.  Se evaluó con marcadores retro reflectantes para calcular la cinemática articular, momentos picos (aducción de cadera, rot. Interna de cadera flexión de rodilla y valgo de rodilla)  Las mujeres fueron evaluadas durante la fase pre y posovulatoria (identificadas durante una prueba de saliva)	Las variaciones del ciclo menstrual y el uso de anticonceptivos orales no afectan la carga de la rodilla o la cadera durante las tareas de salto y aterrizaje.
Stijak et al. 2014	Determinar la diferencia en las concentraciones de testosterona, 17-b	Pacientes de la Clínica de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Centro	Las concentraciones de hormonas sexuales se establecieron a partir de	Las mujeres con ruptura de LCA tuvieron concentraciones significativamente más bajas de



<p>(49)</p> <p>Estudio de casos y controles</p>	<p>estradiol y progesterona entre las pacientes con y sin ruptura de LCA y el posible efecto de estas hormonas en la laxitud generalizada.</p>	<p>Clínico de Serbia, que acudieron por lesión en la rodilla.</p> <p>Grupo examinado: pacientes con lesión de LCA (24.2 años) Grupo control: pacientes con lesión de rodilla que no incluía LCA (24.8 años). Quedaron 12 pares, emparejados por nivel de participación deportiva profesional, lado del cuerpo con lesión y edad.</p>	<p>muestras de saliva.</p> <p>La laxitud generalizada se evaluó con el “puntaje de laxitud” según Beighton.</p>	<p>testosterona, 17-b estradiol y progesterona, pudiendo ser un factor de riesgo que conduzca a la lesión de LCA.</p> <p>Las concentraciones de estas hormonas no afectan la laxitud articular generalizada.</p>
<p>Gilmer et al (2019)</p> <p>(21)</p>	<p>Examinar la relación entre las concentraciones de relaxina sérica y el valgo de rodilla durante tres pruebas clínicas (sentadilla a una pierna, salto vertical descendente y caída cruzada a una pierna)</p>	<p>22 atletas (edad media de 21.7) se ofrecieron voluntariamente.</p> <p>Inclusión: aptas medicamente, sin antecedentes de lesión o cirugía en extremidades inferiores en los últimos 6 meses, sin antecedentes de embarazo y con ciclo menstrual regular.</p>	<p>Se obtuvieron muestras de sangre durante la fase lútea media (21-24 días del ciclo) cuando los valores de relaxina son medibles.</p> <p>Para los datos cinemáticos se recolectaron con un sistema de seguimiento electromagnético (TrakSTAR). Las pruebas que realizaron fueron: sentadilla a una pierna, salto vertical descendente y caída cruzada a una pierna.</p>	<p>El análisis reveló relaciones significativas y positivas entre concentraciones de relaxina y el valgo de rodilla durante las pruebas. Esto indica que a medida que la relaxina aumenta, también lo hace el valgo de rodilla.</p>
<p>Adachi et al. 2007</p> <p>(1)</p>	<p>Determinar si las lesiones de LCA ocurrieron al azar o correlacionadas con una fase específica del ciclo menstrual en atletas femeninas adolescentes y luego determinar si las disfunciones</p>	<p>18 atletas (edad media 16.2) cumplieron con los criterios de inclusión: adolescente, ciclo menstrual regular, lesión sin contacto, sin antecedente de embarazo, sin uso de anticonceptivos orales.</p>	<p>Se recogieron datos a través de una encuesta de: historia menstrual actividad atlética e historial de lesión.</p> <p>Aclaración: este estudio dividió el ciclo menstrual en tres fases, folicular (desde el inicio de la menstruación al</p>	<p>Los resultados demuestran que las atletas adolescentes tuvieron un mayor porcentaje de lesiones durante la fase ovulatoria (72%)</p> <p>Del total de lesiones; 50% ocurrieron durante el aterrizaje y 50% durante actividades de pivot o desaceleración.</p>

	premenstruales y menstruales influyen sobre las lesiones de LCA		día 9), ovulatoria (día 10 al 14) y lútea (día 15 al final del ciclo)	Los síntomas premenstruales estuvieron en el 72% y los síntomas menstruales en el 83% de las pacientes.
Khowailed et al. 2015 (29)	Investigar los efectos del 17β-estradiol a través de las fases del ciclo menstrual en los patrones de control neuromuscular de las extremidades inferiores y la laxitud del LCA durante la carrera.	<p>12 corredoras (edad media 25.6 años).</p> <p>Exclusión: antecedentes de embarazo, uso de anticonceptivos orales, fumadoras, antecedentes de lesiones de rodilla.</p> <p>Inclusión: ciclos menstruales regulares, actividad física semanal de hasta 7 horas.</p>	<p>Kit de predicción de la ovulación (Clearblue) para determinar el momento de la ovulación.</p> <p>Las corredoras fueron evaluadas en la fase folicular (día 1 a 2) y durante la ovulación (día 13 a 15). Se les pidió correr durante 6 minutos en una cinta. La misma poseía sensores de presión para medir fuerza de reacción.</p> <p>Se midió la actividad electromiografía, colocando sensores en vasto lateral y medial e isquiotibiales. se analizo la fase de pre activación (50ms antes del aterrizaje del pie), la fase de aceptación del peso y la fase de empuje.</p>	<p>La concentración sérica fue mayor en la fase ovulatoria.</p> <p>La laxitud fue mayor en la fase ovulatoria.</p> <p>El cuádriceps mostro mayor actividad durante la fase folicular temprana durante el precontacto y la aceptación del peso. El vasto lateral tuvo mayor activación que el medial.</p> <p>Durante la ovulación se vio el pico de actividad de los isquiotibiales en la fase de precontacto y la aceptación del peso (sobre todos los isquiotibiales mediales).</p> <p>La cocontracción cuádriceps-isquiotibiales fue menor durante la fase folicular temprana.</p> <p>Durante la fase folicular se vio mayor actividad del cuádriceps, y una diferencia a favor del bíceps femoral en comparación a los isquiotibiales mediales. Esto podría abrir el compartimiento medial y generar mayor carga sobre el LCA.</p>

**TABLA 3. Factores de riesgo neuromusculares y biomecánicos.**

REFERENCIA	OBJETIVO	PARTICIPANTES/ CRITERIOS DE INCLUSIÓN O EXCLUSIÓN	MÉTODO	RESULTADOS/ CONCLUSIONES
<p>Hewett et al. 2005 (24)</p> <p>Estudio de cohortes Nivel de evidencia 2</p>	<p>Demostrar que las mujeres que pasaron por una lesión de LCA tendrían deficiencias de control neuromuscular, que se manifiesta en la biomecánica de los miembros inferiores durante tareas de aterrizaje.</p>	<p>205 jugadoras adolescentes de fútbol, básquet y vóley fueron examinadas prospectivamente.</p> <p>9 de las 205 jugadoras sufrieron lesiones de LCA</p> <p>El grupo de lesionadas era similar en edad (15.8 frente a 16.1 años), en altura (167,7cm frente a 164,1cm) y en peso (61,5 frente a 59,1kg.)</p>	<p>A través de una serie de ensayos de salto que consiste en la caída de un cajón de 31cm y un posterior salto vertical, se cuantificaron la flexo-extensión y el valgo de rodilla.</p> <p>Se utilizaron plataformas de fuerza para medir la reacción al suelo (AMTI).</p> <p>Se utilizó un sistema de análisis de movimiento de alta velocidad para evaluar la cinemática (Motion Analysis Corp).</p>	<p>Las atletas lesionadas tenían posturas y cargas significativamente diferentes, con 8° más de abducción de rodilla (valgo) al aterrizar, 20% más de fuerza de reacción al suelo y el tiempo de postura fue 16% más corto.</p> <p>El movimiento y la carga de la rodilla durante el aterrizaje son predictores de lesión de LCA en atletas femeninas.</p>
<p>Ahmad et al. 2006 (3)</p> <p>Estudio transversal Nivel de evidencia 3</p>	<p>Examinar los efectos del género y la madurez sobre la laxitud de la rodilla y la fuerza muscular, para determinar el momento más apropiado para iniciar los programas de prevención de lesiones de LCA.</p>	<p>53 jugadoras y 70 jugadores de fútbol recreativo entre 10 y 18 años.</p> <p>Grupo G1: niñas premenarcales (n=24; edad media 11,5 años). Grupo B1: niños de 13 años o menos (n=38; edad media de 10,6 años).</p>	<p>La traslación tibial anterior se midió con antropometría KT-1000</p> <p>Fuerza de cuádriceps e isquiotibiales con dinamómetro manual, a 45 y 90° para ambos.</p>	<p>La laxitud fue menor en los niños maduros.</p> <p>Los niños demostraron un aumento de la fuerza de los isquiotibiales con la madurez del 179%, y las niñas solo un 27%.</p> <p>Las atletas femeninas después de la menarca aumentan su fuerza de cuádriceps más que la de</p>

		<p>Grupo G2: niñas 2 o más años después de la menarca (n=29; edad media 15,4 años).</p> <p>Grupo B2: niños mayores de 14 años (n=32; edad media 15,5 años).</p> <p>Exclusión: cirugías de rodilla, uso de anticonceptivos orales, laxitud generalizada.</p>		isquiotibiales, lo que las pone en riesgo de sufrir una lesión de LCA.
<p>Myer et al 2009 (36)</p> <p>Control de casos coincidentes</p>	Determinar la asociación de la fuerza del cuádriceps y los isquiotibiales al riesgo de lesión de LCA en atletas femeninas.	<p>De una muestra potencial de 1692 atletas femeninas de escuelas secundarias, 22 sufrieron lesión de LCA (16 fútbol, 6 básquet). Se las emparejo (pierna dominante, estado puberal, deporte, altura y masa) con 4 sujetos sanos por cada lesionada, un total de 88 controles femeninos. Como grupo control secundario se emparejo a las lesionadas con sujetos masculinos (relación 1:1)</p>	<p>Escala Observacional de maduración puberal (PMOS) para establecer el estado puberal.</p> <p>Prueba de altura de salto vertical (MXP sport)</p> <p>Evaluación de la fuerza de flexo-extensión con maquina isocinetica.</p>	Las atletas femeninas que demuestran una disminución de la fuerza relativa de isquiotibiales y una alta fuerza relativa de cuádriceps pueden estar en mayor riesgo de lesión de LCA.
<p>Zazulak et al. 2005 (56)</p> <p>Estudio de laboratorio controlado</p>	Determinar si las diferencias de género en la actividad electromiográfica de los músculos estabilizadores de cadera están presentes en el aterrizaje a una pierna.	<p>22 atletas universitarios, 13 mujeres y 9 hombres.</p> <p>Exclusión: deficiencia ligamentosa actual, antecedentes de esguinces grado II o mayor, cirugías previas ligamentarias o articulares, traumas o cualquier enfermedad neurología que afecte la</p>	<p>Realizaron aterrizajes de alturas de 30,5cm y 45,8cm</p> <p>Se utilizaron electrodos de superficie sobre los músculos glúteo mayor, glúteo medio y recto anterior.</p> <p>Se midió la fuerza de</p>	Se observaron mayor actividad en glúteo medio y en recto anterior, y una disminución de la actividad del glúteo medio en las atletas femeninas en comparación con los hombres. Esto podría ser un factor importante en la mayor susceptibilidad de las atletas femeninas a las lesiones de LCA.

		extremidad inferior.	reacción con plataforma de fuerza (AMTI)	
Feria Madueño et al. 2014 (17)	Determinar las diferencias de género sobre la estabilización de rodilla tras el aterrizaje de saltos en sujetos físicamente activos.	<p>La muestra fue de 40 sujetos, 20 mujeres y 20 hombres con una edad media de 24.1 años.</p> <p>Inclusión: debían realizar actividad física al menos 3 veces por semana.</p>	<p>Los sujetos realizaron 3 aterrizajes desde una altura de 30cm.</p> <p>Para obtener datos del tiempo de estabilización se utilizó una plataforma de fuerza triaxial (Kistler)</p> <p>Para los datos fotográficos se utilizó una cámara de video Sony Handycam. Se colocaron marcadores en trocánter mayor, cóndilo femoral y maléolo externo.</p>	<p>Los hombres tardan más tiempo en estabilizar la rodilla. No se hallaron diferencias significativas con respecto a los ángulos máximos de flexión de rodilla, pero si en la flexión durante el contacto inicial, las mujeres manifestaron mayor extensión en el inicio del aterrizaje que los hombres.</p> <p>Esto datos anuncian un mayor riesgo de lesión de LCA para las mujeres.</p>
Davidson et al. 2015 (15)  Estudio experimental transversal	Identificar como la fuerza de los miembros inferiores y la geometría del LCA combinados se ven afectadas por la maduración.	<p>Se reclutaron 35 mujeres sanas recreativamente activas y se estratificaron en 3 grupos de maduración según indicadores de madurez epifisaria.</p> <p>Maduración temprana (n=9 edad media 9.7 años)</p> <p>Maduración media (n=15 edad media 12.9 años) maduración tardía (n=11 edad media 14.8)</p> <p>Exclusión: historial de lesión, o cirugía de rodilla, dolor antes de la prueba.</p>	<p>Se cuantificaron los volúmenes de cuádriceps e isquiotibiales y las medidas del área se sección transversal del LCA a través de RMN.</p> <p>Se tomaron datos de fuerza concéntrica y excéntrica de los mismos músculos con dinamómetro robótico (BiodexSystem 3).</p>	<p>Se encontró que la etapa de maduración influye en las fuerzas y sección transversal del LCA. Se observó una disminución significativa de la fuerza excéntrica isquiotibial (N/cm<sup>3</sup>) y una disminución significativa en la fuerza excéntrica isquiotibial(N/cm<sup>3</sup>) en relación a la fuerza concéntrica del cuádriceps (N/cm<sup>3</sup>) a medida que aumenta la maduración.</p> <p>La sección transversal del LCA normalizada (por peso y altura) fue disminuyendo con la maduración.</p> <p>Estos resultados indican que con la maduración las cargas del cuádriceps pueden ser potencialmente</p>

				peligrosas para el LCA.
<p>Saunders et al. 2014 (47)</p> <p>Reporte de caso dentro de un estudio de cohorte</p>	<p>Examinar los resultados del participante lesionado en comparación con los resultados del grupo restante, así como comparar la extremidad lesionada de la no lesionada para proporcionar una mejor comprensión de las disfunciones neuromusculares específicas asociadas a la lesión de LCA.</p>	<p>Caso: jugadora de netball (edad: 38 años) se lesiona el LCA seis días después de la evaluación.</p> <p>8 jugadoras de netball restantes que habían participado del estudio de cohorte (edad media 24.3 años).</p>	<p>Se utilizó electromiografía para examinar la actividad de: recto anterior, isquiotibiales y glúteo medidos en relación con el contacto inicial durante el aterrizaje específico de netball (implica despegar en una sola pierna y aterrizar en la otra).</p>	<p>La participante lesionada fue la única que registro actividad eléctrica posterior al contacto inicial, y solo en su extremidad lesionada. Esto indica que la investigación de la actividad neuromuscular, particularmente el inicio de la activación muscular puede ser útil para identificar a las atletas en riesgo de lesión de LCA.</p>
<p>Shimozaki et al. (2018) (48)</p> <p>Estudio prospectivo Nivel de evidencia 3</p>	<p>Evaluar los factores de riesgo de lesiones de LCA sin contacto en la población seleccionada.</p>	<p>Entre 2009 y 2011, 195 jugadoras de básquet de escuelas secundarias de 15 años fueron evaluadas.</p> <p>Exclusión: lesión previas en miembros inferiores y lesiones por contacto.</p> <p>Luego de la exclusión, el estudio incluyó 165 jugadoras, con 12 en el grupo de lesiones de LCA, y 156 en el grupo control. La edad media fue de 16.2 años.</p>	<p>Se realizó una prueba exhaustiva, a nivel anatómico se evaluó altura, peso, IMC, laxitud de rodilla (KT-1000), laxitud generalizada (Beighton), ante versión femoral (prueba de Craig) y caída navicular (evaluados por cirujanos ortopédicos), a nivel muscular la fuerza de flexo-extensión de rodilla (MYRET), la abducción de cadera (dinamómetro manual) y la relación cuádriceps isquiotibiales, y por último se evaluó el equilibrio estático (Gravicorder) (evaluado</p>	<p>El mayor IMC y la fuerza de abducción de cadera fueron significativamente mayores en el grupo con lesión, siendo factores de riesgo independientes para lesiones de LCA sin contacto en jugadoras de básquet japonesas de secundaria.</p>

			por fisioterapeuta).	
Ford et al. (2006) (18)	Evaluar las diferencias de género en la excursión de las articulaciones de miembro inferior en el plano coronal entre atletas masculinos y femeninos e identificar si la dirección del movimiento del aterrizaje influye en la magnitud de la excursión.	22 atletas universitarios, 11 mujeres y 11 hombres. 15 realizaban futbol y 7 básquet.	Se colocaron 37 marcadores retrorreflectantes. Se recopiló la información estática para una alineación neutra de comparación. Realizaron aterrizajes a una pierna desde 13,5 cm. Se hicieron saltos con caída en dirección medial y lateral. Se utilizó una plataforma de fuerza (AMTI) y 8 cámaras de alta velocidad (Eagle). Se calcularon las excursiones en plano coronal de cadera rodilla y tobillo.	Las atletas femeninas demuestran mayor excursión en el plano coronal de la extremidad inferior (cadera, rodilla y tobillo) al aterrizar a una sola pierna tanto en dirección medial como lateral. Este aumento puede estar relacionado con un mayor riesgo de lesión de LCA.
Myer et al. 2008 (37)  Estudio de casos de control	Determinar prospectivamente si las atletas femeninas con mayor laxitud articular y mayores diferencias de lado a lado en la laxitud de la rodilla tendrían un mayor riesgo de lesión de LCA.	19 atletas que sufrieron lesión de LCA durante competencias de básquet y futbol entre 2002 y 2006. (edad media 16.3)  Como grupo control se seleccionaron 4 compañeras por cada atleta lesionada, emparejadas por equipo, altura y masa (n=76) (edad media 15.6)	Pruebas de laxitud articular generalizada: hiperextensión del dedo menique, hiperextensión de codo, hiperextensión de muñeca, oposición del pulgar al antebrazo e hiperextensión de rodilla.  La traslación tibial anterior fue cuantificada con artrometro de rodilla (CompuKT)	Un aumento de 1,3mm en las diferencias de lado a lado en el desplazamiento anterior-posterior de la rodilla aumentaron 4 veces las probabilidades de ruptura de LCA. Y con una hiperextensión positiva de rodilla las probabilidades son 5 veces mayores de lesión de LCA

# DISCUSIÓN

Al inicio se detallaron los objetivos específicos a los cuales se buscaba dar respuesta con el presente trabajo. El primero de ellos era analizar la incidencia y prevalencia que tiene la lesión de LCA en mujeres que realizan deportes, luego de analizar los trabajos epidemiológicos que detallan la incidencia por deporte (2) (8) (38) y permiten realizar una comparación entre sexos, se promedió dichos datos y encontramos que la incidencia en básquet es de 0,18 cada 1.000 exposiciones para las mujeres y 0,08 en hombres (prevalencia de 2,25). Para el fútbol la incidencia en mujeres fue en promedio de 0,27 y para los hombres 0,11 (prevalencia de 2,4). En lacrosse la incidencia en mujeres fue de 0,16 y en hombres 0,10 (prevalencia de 1,6). El hockey sobre hielo fue el único deporte con datos de incidencia mayores en hombres, aunque el artículo que aportaba esos datos tenía una muestra muy pequeña de participantes, y aun así la diferencia fue mínima, con una incidencia en hombres de 0,03 y 0,02 en mujeres que practican este deporte. El rugby mostro una alta incidencia para mujeres, con 0,40 lesiones por cada 1.000 exposiciones y en los hombres 0,16 (prevalencia de 2,5). La lucha fue el deporte con la mayor tasa de incidencia en mujeres con 0,77 y 0,19 para hombres (prevalencia de 4,05). Por último el hándbol presento también una alta tasa de incidencia con 0,71 en mujeres y 0,17 en hombres (prevalencia de 4,1). A partir de estos datos podemos inferir que la prevalencia de lesiones de LCA mujeres deportistas es de entre 1,6 y 4,1 veces mayor que en los hombres que practican el mismo deporte y al mismo nivel competitivo.

Otro de los objetivos específicos era determinar si el nivel de competencia influye en la incidencia y prevalencia de lesiones de LCA en atletas féminas sobre los hombres. Prodromos et al. (38) evaluaron el básquet en tres niveles, secundario, universitario y profesional, y encontraron que con el aumento en el nivel de exigencia deportiva la diferencia entre sexos se iba disminuyendo, incluso en el básquet profesional hallaron aunque mínimamente una mayor prevalencia en hombres. Pero analizando los datos estos valores se deben en mayor medida a un aumento de la incidencia en deportistas masculinos y no a una disminución de la



incidencia en mujeres. Por su parte Beynnon et al. (8) observaron que los atletas universitarios tenían un riesgo de lesión significativamente mayor que los atletas de secundaria, con una diferencia en las tasas de 2,38. Concluyendo que a mayor nivel deportivo el riesgo de lesión de LCA aumenta, y que la disminución de las diferencias de incidencia pueden deberse a un aumento en las tasas masculinas más que en una disminución en deportistas femeninas.

En cuanto a los mecanismos de lesión, Benis et al. (6) en basquetbolistas de elite femeninas encontraron que el 78,3% de las lesiones se produjeron sin contacto, y de estas lesiones 43% ocurrieron durante un giro o cambio de dirección y el 32% durante aterrizajes. Alanis Blancas et al. (4) en deportistas mexicanas determinaron que el 74% de las lesiones de LCA ocurrían sin contacto. Takahashi et al. (53) fue el único de los autores vistos en este trabajo que incluye una gran muestra comparativa de hombres y mujeres, su análisis determino que el 52,2% y 55,8% de hombres y mujeres respectivamente sufrían lesiones de LCA sin contacto, pero dentro de los deportes analizados incluye el judo en donde el 99% de las lesiones son por contacto por características propias del deporte, excluyendo a estos de la muestra, el 65,2% y 69,2 de las lesiones fueron sin contacto en hombres y mujeres. En cuanto a la tarea motora que lleva a la lesión sin contacto, Takahashi encontró que tanto en hombres y mujeres el aterrizaje era el gesto que más lesiones producía con el 44,8% (hombres) y 45,8% (mujeres), y solo el 26% en hombres y 25,8% se produjeron tras el gesto de corte o cambio de dirección. Pero dentro de los deportes estudiados se incluye el vóley, en donde la mayor parte de la lesiones son tras el aterrizaje, excluyendo este deporte de la muestra, en hombres los valores indican una paridad entre el aterrizaje y el cambio de dirección con 33,7% y 34,8% respectivamente. En las mujeres tras eliminar de la muestra a las jugadoras de vóley, el 29,1% se dan durante el aterrizaje y el 35,9% durante el corte o cambio de dirección. Estos últimos valores se asemejan más a los hallados por Benis et al. (6). Resumiendo, no hay diferencias entre en los mecanismos de lesión entre hombres y mujeres deportistas, Rak Choi et al. (40) abalan con su estudio estos resultados, ya que, no encontraron diferencias en las lesiones óseas, ligamentarias y meniscales tras la lesión de LCA en hombres y mujeres, lo que indicaría que el mecanismo de lesión es el mismo en ambos sexos. Las lesiones de LCA en mujeres que realizan deporte se producen entre un 69,2% y 78,3% sin contacto con otro jugador, dentro

de estas lesiones, el gesto motor de mayor riesgo es el corte, cambio de dirección o pivot, según lo nombre cada autor.

El objetivo general o principal de este trabajo consiste en identificar los factores de riesgo de lesión de LCA en mujeres que realizan deporte, que generan una mayor prevalencia en relación a los hombres. Los primeros factores analizados fueron los anatómicos, en donde se encontró evidencia clara y de calidad que determina cuales son estos factores. Beynnon et al. (7) encontraron que por cada grado de aumento en la LTS hay 21,7% más de riesgo de sufrir una lesión de LCA en mujeres. Por su parte, Sturnick et al. Realizaron dos estudios utilizando la muestra de Beynnon, el primero (50) evaluó las combinaciones de variables, y halló que las mujeres con una escotadura femoral estrecha y una mayor LTS del cartílago articular duplican el riesgo de lesión en las mujeres. En el segundo trabajo Sturnick (50), evaluó la influencia de lo que él llama interfaces, meniscos y cartílago, y encontró que una disminución milimétrica de la altura del cuerno posterior del menisco externo y un aumento de 1° de la pendiente posterior del cartílago articular en el compartimiento lateral de la rodilla aumentan un 144% y 25% el riesgo de lesión de LCA respectivamente en mujeres, y no asociaron variables al riesgo de lesión en hombres. Rak Choi et al. (40) evaluaron las características de la meseta tibial en hombres y mujeres con lesiones de LCA, y determinaron que la LTS era significativamente mayor en las mujeres, y que las mismas tenían una menor profundidad de la meseta tibial (MTD). Wang et al. (52) comparó a través de RMN las características morfológicas del LCA, y tras el ajuste de las variables con el ancho de la escotadura femoral y el IMC, encontró que el volumen de LCA es significativamente menor en las mujeres. Miljko et al. (34) por su parte, analizaron el ancho de la escotadura femoral y el ángulo interno del cóndilo femoral lateral, lugar de inserción del LCA, en jugadoras de hándbol con y sin lesión de LCA, y determinaron que una disminución del ancho de la escotadura femoral, y un aumento del ángulo interno son posibles factores de riesgo de lesión de LCA en mujeres. El último de los artículos que habla de factores de riesgo anatómicos es el de Blanke et al. (10), que evaluaron las características de la meseta tibial en un grupo de esquiadores hombres y mujeres con y sin lesión, y si bien no pudieron asociar las variables al riesgo de lesión de LCA en el grupo de esquiadores, los datos revelaron diferencias sexuales significativas en el riesgo de lesión de LCA y

en la LTS, MTS y MTD. Tras detallar lo expuesto por cada uno de los autores podemos concluir que una escotadura femoral estrecha (51) (34) y un mayor ángulo interno del cóndilo femoral externo (34) son factores de riesgo de ruptura de LCA en mujeres que realizan deportes. El mecanismo de lesión comúnmente descripto implica una rotación tibial, debido a que el LCA se aloja en la escotadura femoral, este movimiento provocaría el impacto del LCA con los bordes laterales de la escotadura, eso explica que durante la operación algunos cirujanos aumenten el ancho de la escotadura para disminuir el riesgo de choque y recidiva (13). En cuanto a la morfología del LCA solo el volumen del LCA parece ser menor en mujeres, un menor tamaño del tejido conectivo se correlacionaría con una menor capacidad para resistir las fuerzas externas, haciendo que su carga de falla o punto de ruptura sea menor, por lo tanto este sería un factor de riesgo de LCA en mujeres (52). En cuanto a las características de la meseta tibial hay evidencia de las diferencias sexuales en la morfología de la misma, las mujeres parecen tener mayores pendientes posteriores tanto del compartimiento medial como lateral, incluso tras analizar el hueso subcondral, cartílago o meniscos (7) (51) (50) (40) (10). En una rodilla con una pendiente tibial posterior mayor, el efecto de la carga de compresión tibio femoral y la fuerza muscular del cuádriceps dan como resultado una fuerza con dirección anterior que causa la traslación tibial anterior, pudiendo de esta manera lesionar al LCA (52). Además la meseta tibial femenina posee una menor profundidad (40) (10), es decir que la congruencia articular es menor generando mayor inestabilidad articular y aumentando así el riesgo de lesión de LCA.

En cuanto a los factores de riesgo hormonales algunos autores evaluaron el riesgo de sufrir la lesión de LCA en las distintas fases del ciclo menstrual, Beynnon et al. (9) en su estudio sobre esquiadoras determino que la posibilidad de lesionarse durante la fase preovulatoria era de 3,22 veces mayor, Ruedl et al. (44) también trabajando sobre esquiadoras encontró que la probabilidad de lesionarse era de 1,92 veces mayor también en la fase preovulatoria. Adachi et al. (1) a diferencia de los anteriores dividió al ciclo en tres fases, y en 37 atletas lesionadas determino que 11% se lesionaron en fase folicular, 72% en fase ovulatoria y 17% durante la lútea, pero si agrupamos los datos de fase folicular y ovulatoria adecuándolo a los autores antes mencionados obtenemos datos similares. Otro factor sobre el cual se ha investigado es el efecto que puede tener el uso de anticonceptivos, Gilmer et al. (20)

evaluaron la cinemática mediante pruebas funcionales en atletas con y sin uso de anticonceptivos durante ambas fases del ciclo y no hallaron diferencias. Ruedl (44) en su estudio también evaluó la influencia del anticonceptivo en su muestra, y no encontró relación. Por su parte, Chaudhari et al. (12) realizó un estudio similar a Gilmer, en el cual evaluó los patrones de carga en rodilla y cadera durante saltos y aterrizajes en mujeres con uso y sin uso de anticonceptivos y un grupo control masculino, y no halló diferencias significativas entre ninguno de los grupos, lo que para el autor indica que la fase del ciclo menstrual y el uso de anticonceptivos no influyen sobre la carga a la rodilla. Con lo dicho por estos tres autores (20) (44) (12) podemos concluir que el uso de anticonceptivos no tendría ningún efecto, positivo o negativo, sobre el riesgo de lesión de LCA en mujeres deportistas. En lo que respecta al efecto de las hormonas sexuales sobre el riesgo de lesión, Stijak et al. (49) investigaron los niveles de la testosterona, 17- $\beta$  estradiol y la progesterona en pacientes con y sin lesión de LCA, y el efecto de estas hormonas sobre la laxitud, y encontraron que los niveles de hormonas diferían, el grupo de mujeres lesionadas tenían un bajo nivel de testosterona, una disminución de 17- $\beta$  estradiol aunque solo en la fase lútea y una disminución muy significativa de los niveles de progesterona durante ambas fases del ciclo menstrual. Y por último no pudo asociar los niveles hormonales a la laxitud articular generalizada. Gilmer et al. (21) relacionó los niveles de relaxina al valgo de rodilla durante pruebas funcionales, y determinó que en aquellas atletas que tenían niveles más altos de relaxina se correlacionaba con las atletas que tenían mayor valgo durante las pruebas. Por último Khowailed et al. (29) buscó relacionar los niveles de  $\beta$ -estradiol y la actividad mioeléctrica de los cuádriceps e isquiotibiales. Encontraron que durante el pico de estradiol que se da en la ovulación la laxitud articular de la rodilla aumentó. Y en cuanto a la actividad muscular, hubo desequilibrios musculares durante todo el ciclo, sobre todo en la fase folicular, en la cual se vio mayor actividad del cuádriceps, pudiendo generar cargas excesivas que pongan en riesgo al ligamento. Resumiendo, queda claro que la fase folicular del ciclo menstrual presenta un mayor riesgo para las atletas femeninas (9) (44) (1), que la utilización o no de anticonceptivos hormonales no influye en el riesgo de lesión (20) (44) (12) y en lo que respecta a las hormonas hay evidencia de que afectan tanto la laxitud del ligamento como el control neuromuscular (49) (21) (29), aunque no está claro cuáles son los mecanismos a través de los cuales dichas hormonas actúan. Pareciera que los niveles bajos de

progesterona sería un indicador de riesgo, coincidiendo con esto, el mayor porcentaje de lesiones se producen en la fase folicular donde dicha hormona se encuentra en sus niveles mas bajos. La testosterona por su parte podría tener un efecto protectorio sobre el ligamento, ya que en la muestra de Stijak (49), el grupo control de atletas sin lesión tenían un nivel de 85.1 pg/ml frente a los 62.8 pg/ml del grupo examinado con lesión, dicha hormona intensificaría la síntesis de colágeno y por ende otorgaría mayor resistencia al ligamento. En cuanto al estrógeno, este trabajo no ha encontrado evidencia clara de su efecto sobre el riesgo de lesión, aunque se sabe que es un factor regulador del metabolismo de muchos tejidos conectivos (30).

Lo último que nos queda por analizar son los factores neuromusculares y biomecánicos, considerados particularmente por ser aquellos a partir de los cuales se podría influir para disminuir la incidencia de lesiones de LCA en mujeres y prevenir gran cantidad de lesiones. Dos de los autores realizaron investigaciones relacionando el proceso de maduración a los cambios que se producen a nivel muscular, Ahmad et al. (3) determinó que los niños con la madures aumentan su fuerza de isquiotibiales en un 179% y la fuerza de cuádriceps en un 148%, mientras que en la niñas este aumento es de solo el 27% en isquiotibiales y 44% en cuádriceps. Estos aumentos generan que la relación cuádriceps/isquiotibiales sea de 2,06 en las niñas y de 1,48 en los niños luego de la madures. Bajo la misma línea, Davidson et al. (15) encontraron que con la madures disminuye la fuerza excéntrica por unidad de volumen de isquiotibiales, y que el área de sección transversal (CSA) del LCA por kilogramo por altura (Kgh) fue más pequeña a medida que las niñas maduran. Estos datos indican que durante la maduración sexual de las niñas se produce un gran desequilibrio muscular que pone en riesgo la integridad de LCA. La laxitud es otro factor estudiado, aunque hay controversia en su relación al riesgo de lesión, Shimozaki et al. (48), evaluaron prospectivamente jugadoras de básquet de secundaria y hallaron que aquellas que luego sufrirían una lesión de LCA tenían una disminución de la laxitud generalizada, contrario a esto, Myer et al. (37) también realizo una evaluación prospectiva en una muestra numerosa y determino que por cada 1,3mm de diferencia de lado a lado en la traslación tibial anterior las probabilidades de lesión del ligamento aumentaban 4 veces. Gran parte de los estudios eligen evaluar el riesgo a través de pruebas de aterrizaje, Hewett et al. (24)

determinaron que las atletas femeninas que durante el aterrizaje las mismas tienen 8,4° más de valgo durante el contacto inicial (IC), un momento de abducción máxima de 7,6° mayor que los hombres, menor flexión de rodilla y una fuerza de reacción al suelo 20% mayor. Esto indica que el valgo y la flexión de rodilla pueden ser predictores de lesión de LCA, y podrían utilizarse como variables para detectar mujeres en riesgo de lesión. En concordancia, Fera Madueño et al. (17) encontró menor flexión de rodilla durante el IC en mujeres. Ford et al (18) se centró en la excursión de cadera, rodilla y tobillo en el plano frontal durante el aterrizaje, y al igual que los anteriores autores encontró mayor valgo de rodilla en mujeres durante el IC, una mayor excursión total de cadera, y mayor eversión del tobillo durante el aterrizaje. En cuanto a la activación muscular, Myer et al. (36) evaluaron la relación cuádriceps isquiotibiales en mujeres lesionadas, mujeres sanas y hombres sanos de manera prospectiva, y hallaron que las atletas lesionadas tenían menor fuerza de isquiotibiales en comparación a los hombres, pero en el caso de las mujeres sanas tenían menor fuerza de cuádriceps pero no de isquiotibiales en relación a los hombres, es decir que las atletas con menor fuerza de isquiotibiales y mayor fuerza de cuádriceps en relación a los hombres, son las que se encuentran en mayor riesgo. Por su parte Zazulak et al. (56) y Saunders et al. (47), evaluaron la activación muscular durante el aterrizaje. El primero, encontró que las mujeres tienen menor activación del glúteo mayor posterior al IC y una mayor activación del recto anterior previo al IC. Saunders, detalla una situación muy particular, en donde una jugadora se lesiona seis días después de la evaluación, y hallaron que la pierna que luego sufre la lesión presentaba activación de los músculos recto anterior, isquiotibiales y glúteo medio posterior al IC, a diferencia de las demás jugadoras y de su propia pierna sana, en donde la activación de dichos músculos se produce previo al IC, esto podría alterar la estabilidad de la rodilla durante gestos deportivos. Resumiendo, hay una gran discrepancia en la fuerza muscular de cuádriceps e isquiotibiales, en donde los cuádriceps son predominantes poniendo en riesgo la integridad del LCA (3) (15) (56) (36). En cuanto a la laxitud harían falta más estudios para determinar su efecto sobre el riesgo de lesión (48) (37). Queda claro que el aumento del valgo, la disminución de flexión de rodilla, aumento en fuerza de reacción al suelo, aumento en la excursión no solo de rodilla sino también en cadera y tobillo durante actividades de aterrizaje son factores de riesgo de lesión de LCA en mujeres que realizan deportes. Estas variables presentan un gran potencial de ser

usadas para la evaluación del riesgo de lesión, buscando predecir o identificar a aquellas atletas que por sus características estén en mayor riesgo de sufrir lesión de LCA (24) (17) (18).

# CONCLUSIÓN

Tras el análisis de los datos podemos alegar que la hipótesis es afirmativa, es decir, existe evidencia científica de calidad que denota que factores de riesgo dentro de las tres esferas planteadas, anatómica, hormonal, neuromuscular y biomecánica influyen aumentando el riesgo de lesiones de LCA en mujeres que practican deportes tanto de forma profesional como amateur, aumentando así la prevalencia en relación a los hombres que realizan la misma actividad.

En cuanto a los objetivos específicos o secundarios de la presente investigación:

- Podemos inferir que la prevalencia de lesiones de LCA en mujeres deportistas es de entre 1,6 y 4,1 veces mayor que en los hombres que practican el mismo deporte y al mismo nivel competitivo.
- A mayor nivel deportivo el riesgo de lesión de LCA aumenta, la disminución en las diferencias de incidencia entre mujeres y hombres pueden deberse a un aumento en las tasas masculinas más que en una disminución en las tasas de lesión de LCA en deportistas femeninas.
- En cuanto a los mecanismos de lesión, podemos determinar que no hay diferencias en los mecanismos entre hombres y mujeres deportistas. Las lesiones de LCA en mujeres que realizan deporte se producen entre un 69,2% y 78,3% sin contacto con otro jugador, dentro de estas lesiones, el gesto motor de mayor riesgo es el corte, cambio de dirección o pivot, según lo nombre cada autor.

En relación al objetivo general o principal:

- Los primeros factores analizados fueron los anatómicos, podemos concluir que una escotadura femoral estrecha (51) (34) y un mayor ángulo interno del cóndilo femoral externo (34) son factores de riesgo de ruptura de LCA en mujeres que realizan deportes. En cuanto a la morfología del LCA solo el volumen del LCA parece ser menor en mujeres, pudiendo influir en su carga de falla, por lo tanto este sería un factor de riesgo de LCA en mujeres (52). En cuanto a las características de la meseta tibial hay evidencia de las



diferencias sexuales en la morfología de la misma, las mujeres parecen tener mayores pendientes posteriores tanto del compartimiento medial como lateral, incluso tras analizar el hueso subcondral, cartílago o meniscos (7) (51) (50) (40) (10). Además la meseta tibial femenina posee una menor profundidad (40) (10), es decir que la congruencia articular es menor generando mayor inestabilidad articular aumentando así el riesgo de lesión de LCA.

- En cuanto a los factores de riesgo hormonales, queda claro que la fase folicular del ciclo menstrual presenta un mayor riesgo para las atletas femeninas (9) (44) (1), que la utilización o no de anticonceptivos hormonales no influye en el riesgo de lesión (20) (44) (12) y en lo que respecta a las hormonas hay evidencia de que afectan tanto la laxitud del ligamento como el control neuromuscular (49) (21) (29). Los niveles bajos de progesterona serían un indicador de riesgo, coincidiendo con esto, el mayor porcentaje de lesiones se producen en la fase folicular donde dicha hormona se encuentra en sus niveles más bajos. La testosterona por su parte podría tener un efecto protectorio sobre el ligamento, dicha hormona intensificaría la síntesis de colágeno y por ende otorgaría mayor resistencia al ligamento. En cuanto al estrógeno, este trabajo no ha encontrado evidencia clara de su efecto sobre el riesgo de lesión, aunque se sabe que es un factor regulador del metabolismo de muchos tejidos conectivos (30).
- Dentro del análisis de los factores de riesgo neuromusculares y biomecánicos, queda en evidencia que hay un gran desequilibrio en la fuerza muscular de cuádriceps e isquiotibiales, en donde los cuádriceps son predominantes poniendo en riesgo la integridad del LCA (3) (15) (56) (36). Estos desequilibrios comienzan a notarse durante la maduración sexual de las niñas, por lo tanto sería el mejor momento para la implementación de los programas de prevención (3) (15). En cuanto a la laxitud harían falta más estudios para determinar su efecto sobre el riesgo de lesión (48) (37). Queda claro que el aumento del valgo, la disminución de flexión de rodilla, aumento de la fuerza de reacción al suelo, aumento en la excursión no solo de rodilla sino también de cadera y tobillo durante actividades de aterrizaje son factores de riesgo de lesión de LCA en mujeres que realizan deportes. Estas variables

presentan un gran potencial de ser usadas para la evaluación del riesgo de lesión, buscando predecir o identificar a aquellas atletas que por sus características estén en mayor riesgo de sufrir lesión de LCA (24) (17) (18).

# ABREVIATURAS

LCA: ligamento cruzado anterior

IMC: índice de masa corporal

LTS: pendiente tibial lateral

MTS: pendiente tibial medial

MTD: profundidad de la meseta tibial

CTS: pendiente tibial coronal

IC: contacto inicial

# REFERENCIAS

1. Adachi N., Nawata K., Maeta M. y Koruzawa Y. (2008). Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. *Arch Orthop Trauma Surg.* Vol 128. 473–478
2. Agel J., Rockwood T., Klossner D. (2016). Collegiate ACL Injury Rates Across 15 Sports: National Collegiate Athletes Association Injury Surveillance System Data Update (2004-2005) Through 2012-2013). *Clinical Journal of Sport Medicine.* Vol. 26. 518-523.
3. Ahmad, C.S., Clark, M., Heilmann, N., Schoeb, S., Gardner, T.R., Levine, W.N. (2006). Effect of Gender and Maturity on Quadriceps-to-Hamstring Strength Ratio and Anterior Cruciate Ligament Laxity. *The American Journal of Sports Medicine.* Vol 34 (3). 370-375.
4. Alanis Blancas, L.M., Zamora-Muñoz P. y Cruz-Miranda, A. (2012) Ruptura de ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas. *Anales Médicos, Vol. 57 (2).* 93 - 97.
5. Ayala Mejías JD, Garcia Estrada G.A y Alcocer Pérez España, L. (2014). Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Acta Ortopédica Mexicana.* Vol 28 (1). 57- 67.
6. Benis R, La Torre A, Bonato M. (2018). Anterior cruciate ligament injury profile in female elite Italian basketball league. *The American Journal of Sports Medicine.* Vol 58. 280-286.
7. Beynnon, D.B., Hall, J.S., Sturnick, D.R., DeSarno, M.J., Gardner-Morse, M., Tourville, T.W., Smith, H.C., Slauterbeck, J.R., Shultz, S.J., Johnson, R.J., Vacek, P.M. (2014). Increased Slope of the Lateral Tibial Plateau Subchondral Bone Is Associated With Greater Risk of Noncontact ACL Injury in Females but Not in Males: A Prospective Cohort Study With a Nested, Matched Case-Control Analysis. *The American Journal of Sports Medicine.* Vol 42.(5). 1039- 1049.
8. Beynnon, D.B., Vacek, P.M., Newell, M.K., Tourville, T.W., Smith, H.C., Shultz, S.J., Slauterbeck, J.R., Johnson, R.J. (2014). The Effects of Level of Competition, Sport, and Sex on the Incidence of First-Time

- Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury. *The American Journal of Sports Medicine*. Vol 20 (10). 1- 7.
9. Beynnon, D.B., Johnson, R.J, Braun S., Sargent, M., Bernstein, I.M, Skelly J.M. y Vacek, P.M. (2006). The Relationship Between Menstrual Cycle Phase and Anterior Cruciate Ligament Injury. *The American Journal of Sports Medicine*. Vol 34 (5). 757- 764.
  10. Blanke F., Kiapour A.M., Haenle M., Fischer J., Majewski M., Vogt S., Camathias C. (2016). Risk of Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Is Not Associated With Slope and Concavity of the Tibial Plateau in Recreational Alpine Skiers. *The American Journal of Sports Medicine*. Vol. 20 N° 10.
  11. Brotzman S. B. y Manske R.C. (3a ed.) (2012). *Rehabilitacion Ortopedica Clinica*. Un enfoque basado en la evidencia. España: Elsevier.
  12. Chaudhari, M.W., Lindenfeld, T.N., Andriacchi, T.P., Hewett, T.E., Riccobene, J., Myer, G.D, Noyes, F.R. (2007). Knee and Hip Loading Patterns at Different Phases in the Menstrual Cycle, implications for the gender difference in anterior cruciate ligament injury rates. *The American Journal of Sports Medicine*. Vol 35 (5). 793- 800.
  13. Cheung, E.C., Boguszewski, D.V., Joshi, N.B., Wang, D., McAllister, D.R. (2015). Anatomic Factors that May Predispose Female Athletes to Anterior Cruciate Ligament Injury. *The American Journal of Sports Medicine*. Vol 14 (5). 368-372.
  14. Conley S., Rosenberg A. y Crowninshield R. (2007). The Female Knee: Anatomic Variations. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. Vol 15 (1). 31- 36.
  15. Davidson, S.P., McLean, S.G. (2015). Effects of maturation on combined female muscle strength and ACL structural factors. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Extraído de. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2015.07.016>
  16. Dvorkin, M.A, Cardinali, D.P., Iermoli, R.H. 14ª Ed.(2010). Best & Taylor: Bases Fisiológicas de la Práctica Médica. Buenos Aires: Médica Panamericana.

17. Feria Madueño, A., De Hoyo Lora, M., Fernandez Roldan, K., Romero Boza, S., Cortés, J. M., & Sañudo Corrales, B. (2014). Diferencias de género en la estabilización de rodilla en aterrizajes de salto. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (26),178-179. ISSN: 1579-1726. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3457/345732292034>
18. Ford K.R., Myer .G.D., Smith R.L., Vianello R.M., Seiwert S.L., Hewett T.E. (2006). A comparison of dynamic coronal plane excursion between matched male and female athletes when performing single leg landings. *Clinical Biomechanics*, 21 33-40.
19. Forriol F., Maestro A. y Vaquero M. J. (2008). El ligamento cruzado anterior: metodología y función. *Trauma Fundación MAPFRE*. Vol 19. (1). 7- 18.
20. Gilmer, G.G., Oliver, G.D. (2019). Preliminary Evaluation of Knee Kinetics in Female Athletes on Hormonal Contraceptives. *Int. Journal of Sports Medicine*. Vol 41. 113- 118.
21. Gilmer, G.G., Roberts, M.D., Oliver, G.D. (2019). The Relationship between Serum Relaxin Concentrations and Knee Valgus. *Int. Journal Sports Medicine*.
22. Hall, J. E., & Guyton, A. C. (2016). *Guyton y Hall: Tratado de fisiología médica* (13a. ed.). Barcelona [etc.]: Elsevier.
23. Hashemi, J. Chandrashekar, N. Mansouri, H. Slauterbeck, J.R. Hardy, D.M. (2008). The Human Anterior Cruciate Ligament: Sex Differences in Ultrastructure and Correlation with Biomechanical Properties. *Journal of Orthopaedic Research*. Vol 26. 945-950
24. Hewett, T.E., Myer, G.D., Ford, K.R. (2005). Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes: A Prospective Study. *The American Journal of Sports Medicine*. Vol 33(4) 492-501. Disponible en: [https://engagedscholarship.csuohio.edu/enme\\_facpub](https://engagedscholarship.csuohio.edu/enme_facpub)
25. Hewett, T.E., Myer, G.D., Ford, K.R. (2006). Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes. Part 1, Mechanisms and Risk Factors. *The American Journal of Sports Medicine*. Vol. 34 (2). 299-311

26. Josa Bullich S. (1996). Mecanorreceptores y sensibilidad propioceptiva de la rodilla. *Conceptos básicos de biomecánica*. Vol. 6. 42-50.
27. Joseph, A.M., Collins, C.L., Henke, N.M., Yard, E.E., Fields, S.K., Comstock, R.D. (2013). A Multisport Epidemiologic Comparison of Anterior Cruciate Ligament Injuries in High School Athletics. *Journal of Athletic Training*. Vol 48 (6). 810-817.
28. Kapandji, A. I. (6a ed.) (2010). *Fisiología articular*. Madrid: Médica Panamericana.
29. Khowailed I.A., Petrofsky J., Lohman E., Daher N., Mohamed O. (2015). 17 $\beta$ -Estradiol Induced Effects on Anterior Cruciate Ligament Laxness and Neuromuscular Activation Patterns in Female Runners. *Journal of Women`s Health*. Vol. 24 (8). 670-680.
30. Leblanc D.R., Schneider M., Angele P., Vollmer G. and Docheva D. (2017). The effect of estrogen on tendon and ligament metabolism and function. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. Vol 172. 106- 116. Disponible en: [www.elsevier.com/locate/jsbmb](http://www.elsevier.com/locate/jsbmb)
31. Lluna Llorens A.D., Sánchez Sabater B., Medrano Morte I., García E.M., Sánchez López S. y Abellan Guillen J.F. (2017). Rotura del ligamento cruzado anterior en la mujer deportista: factores de riesgo y programas de prevención. *Archivos de Medicina del Deporte*. Vol 34 (181). 288- 292.
32. Maestro A., Lago J., Revuelta G., del Fueyo P., del Pozo L., Ayán C. y Martín V. (2017). Análisis de la fuerza y movilidad de la cadera como factores de riesgo de lesión en fútbol femenino amateur: un estudio piloto. *Archivos de Medicina del Deporte*. Vol 34 (1). 25- 29.
33. Mohamed, E.E., Useh, U., Mtshali B.F. (2012). Q-angle, Pelvic width, and Intercondylar notch width as predictors of knee injuries in women soccer players in South Africa. *African Health Sciences*. Vol 12 (2). 174- 181.
34. Miljko M., Grle M., Kozul S., Kolobaric M., Djak I. (2012). Intercondylar Notch Width and Inner Angle of Lateral Femoral Condyle as the Risk Factor for Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Handball Players in Herzegovina. *Portal of Croatian scientific and professional journals*. Vol. 36 (1): 195-200.

35. Moiso Marín, Fiorella, & Solera Herrera, Andrea (2016). Variaciones en la flexibilidad durante el ciclo menstrual en deportistas universitarias. *pensar en movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 14(2), 1-14. ISSN: 1409-0724. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4420/442047416006>
36. Myer, G.D. Ford, K.R., Barber Foss, K.D, Liu, C., Nick. T.G. Hewett, T.E. (2009). The Relationship of Hamstrings and Quadriceps Strength to Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*. Vol 19 (1). 3–8.
37. Myer, G.D. Ford, K.R. Barber Foss, 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*. Vol. 36 (6). 1073- 1081.
38. Orizola M. A. y Zamorano C. A. (2012). Reconstrucción de ligamento cruzado anterior de rodilla en mujeres deportistas. *Revista Médica Clínica las Condes*. Vol 23. (3). 319- 325.
39. Prodromos M.D., Chadwick C., Yung Han M.D., Rogowski J., Joyce B. and Shi K. (2007). A Meta-analysis of the Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears as a Function of Gender, Sport, and a Knee Injury–Reduction Regimen. *The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*. Vol 23 (12). 1320-1325. Disponible en: [www.arthroscopyjournal.org](http://www.arthroscopyjournal.org).
40. Raja B., Marathe N., Desai J., Dahapute A., Shah S. and Chavan A. (2019). Evaluation of anatomic risk factors using magnetic resonance imaging in non-contact anterior cruciate ligament injury. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. Vol 10. 710- 715. Disponible en: [www.elsevier.com/locate/jcot](http://www.elsevier.com/locate/jcot)
41. Rak Choi W., Yang J.H, Jeong S.Y y Kyu Lee J. (2019). MRI comparison of injury mechanism and anatomical factors between sexes in non-contact anterior cruciate ligament injuries. *PLoS ONE*. Vol 14 (8). Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219586>
42. Romero-Moraleda, Blanca, & Cuéllar, Ángel, & González, Jaime, & Bastida, Nerea, & Echarri, Elsa, & Gallardo, Jana, & Paredes, Víctor (2017). Revisión de los factores de riesgo y los programas de



- prevención de la lesión del ligamento cruzado anterior en fútbol femenino: propuesta de prevención. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, XIII(48),117-138. ISSN: 1885-3137. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=710/71050358003>
43. Romero Rodríguez, D. y Tous, F.J. (2010). *Prevención de lesiones en el deporte*. Claves para un rendimiento óptimo. Madrid: Médica Panamericana.
44. Ruedl, G., Ploner, P., Linortner, I., Schranz, A., Fink, C., Sommersacher, R., Pocceco, E., Nachbauer, W., Burtscher, M. (2009). Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers?. *Knee Surgery Sport Traumatology Arthrosc.* Vol 17. 1065- 1069.
45. Ruiz Liard, A. y Latarjet M. (4a ed. 8a reimp.) (2010). *Anatomía humana*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
46. Saunders, N., McLean, S.G., Fox, A.S., Otago, L. (2014). Neuromuscular dysfunction that may predict ALC injury risk: Acase report. *Knee*. Extraído de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.knee.2014.01.005>
47. Schneider A., Arias C., Bankhead C., Gaillard R., Lustig S. and Servien E. (2019). Greater medial tibial slope is associated with increased anterior tibial translation in females with an ACL-deficient knee. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05643-8>
48. Shimozaki, K. Nakase, J. Takata, Y. Shima, Y. Kitaoka, K., Tsuchiya, H. (2018). Greater body mass index and hip abduction muscle strength predict noncontact anterior cruciate ligament injury in female Japanese high school basketball players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. Extraído de: <https://doi.org/10.1007/s00167-018-4888-4>
49. Stijak, L. Kadija, M. Djulejic, V., Aksic, M., Petronijevic, N., Markovic, B., Radonjic, V., Bumbasirevic, M., Filipovic, B., (2014). The influence of sex hormones on anterior cruciate ligament rupture: female study. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthrosc.*
50. Sturnick, D.R., Gorder, V.R., Vacek, P.M., DeSarno, M.J., Gardner-Morse, M.G., Tourville, T.W., Slauterbeck, J.R., Johnson, R.J., Shultz, S.J., Beynon, D.B. (2014). Tibial Articular Cartilage and Meniscus

- Geometries Combine to Influence Female Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Journal of Orthopaedic Research*. 1487- 1495.
51. Sturnick, D.R., Vacek, P.M., DeSarno, M.J., Gardner-Morse, M.G., Tourville, T.W., Slauterbeck, J.R., Johnson, R.J., Shultz, S.J., Beynon, D.B. (2015). Combined Anatomic Factors Predicting Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury for Males and Females. *The American Journal of Sports Medicine*. DOI: 10.1177/0363546514563277. 1-9
  52. Sutton, K.M. y Bullock, J. M. (2013). Anterior Cruciate Ligament Rupture: Differences between Males and Females. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, Vol 21 (1)*. 41- 50.
  53. Takahashi S., Nagano Y., Ito W., Kido Y., Okuwaki T. (2019). A retrospective study of mechanisms of anterior cruciate ligament injuries in high school basketball, handball, judo, soccer, and volleyball. *Medicine*. 98:26
  54. Wang H. M., Shultz S.J., Ross S.E., Henson R. A., Perrin D. H., Kraft R.A. y Schmitz R. J. (2019). Sex Comparisons of In Vivo Anterior Cruciate Ligament Morphometry. *Journal of Athletic Training*. Vol 54 (5). 513- 518. Disponible en: [www.natajournals.org](http://www.natajournals.org)
  55. Yanguas Leyes J., Til Pérez L. y Cortes de Olano C. (2011). Lesión del ligamento cruzado anterior en fútbol femenino. Estudio epistemológico de tres temporadas. *Apunts medicina de l'esport*, Vol 46 (171). 137- 143.
  56. Zazulak, B.T., Ponce, P.L., Straub, S.J., Medvecky, M.J., Avedisian, L., Hewett, T.E. (2005). Gender Comparison of Hip Muscle Activity During Single-Leg Landing. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. Vol 35 (5). 292- 299.