

IMPACTOS EN LAS CAIDAS TRAS SALTO Y SU RELACIÓN CON LA ROTURA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR



Alumno: Álvaro López Sánchez

Tutor: José Luis López Elvira

Grado en Ciencias de la Actividad física y el Deporte
Curso: 2021 - 20

ÍNDICE

1. CONTEXTUALIZACIÓN	2
2. OBJETIVOS	3
3. MÉTODO	3
3.1 Criterios de selección	3
3.2 Criterios de exclusión	3
3.3 Estrategias de búsqueda	4
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (DESARROLLO)	7
4.1. Características de los estudios	7
4.2. Resultados de los estudios	9
5. DISCUSIÓN	11
6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	13
7. BIBLIOGRAFIA	14
8. ANEXOS	16

1. CONTEXTUALIZACIÓN

En esta revisión trataremos los impactos en las caídas tras salto y su relación con la rotura del ligamento cruzado anterior (LCA). Para eso, cabe destacar, que el LCA desempeña un papel fundamental en la estabilidad de la articulación de la rodilla, ya que su función radica en impedir el desplazamiento anterior de la tibia sobre el fémur y, además, controlar la laxitud en varo, valgo y rotación.

Las lesiones del LCA tienen una prevalencia de alrededor de 0,30/10.000 habitantes en la población general. Hay que decir que esta incidencia es más elevada en personas que practican algún deporte de contacto como es el fútbol, el baloncesto o los deportes de combate (Vaquero et al., 2008).

La rotura del LCA es una lesión severa, que necesita de tratamiento quirúrgico y un periodo de rehabilitación, alejando al deportista del campo al menos durante 3-4 meses. Aunque existen una multitud de trabajos y revisiones que hablen del tratamiento quirúrgico y rehabilitador de las lesiones del LCA, son muy pocos los estudios referidos a la epidemiología y en particular, escasos los que tratan de identificar los factores de riesgo de las lesiones del LCA, por ejemplo, en el caso de los futbolistas.

Hoy en día, la evidencia de los estudios sugiere que el riesgo de lesión del LCA sea multifactorial, ya que involucra factores biomecánicos, anatómicos, hormonales y neuromusculares. A pesar de esta relativa diversidad, los mecanismos de lesión se conocen muy bien y se clasifican de manera ecuaníme en dos categorías: mecanismos de lesión por contacto o por no contacto con otro jugador, prevaleciendo notoriamente los mecanismos de lesión por no contacto sobre los mecanismos de lesión por contacto.

Uno de los factores de riesgo biomecánicos más frecuentes y que destacan por su asociación a la lesión sin contacto del LCA, está representado por la rodilla en valgo en los movimientos de pivote y corte en la fase de aterrizaje después del salto. Este es uno de los movimientos sin contacto que se producen en el fútbol, sobre todo en superficies de césped artificial.

En el caso de los factores de riesgo relacionados con el género, se ha comprobado que las poblaciones femeninas tienen una mayor predisposición a la lesión del LCA que los hombres (Bisciotti et al., 2019), llegando a ser de 2 a 4 veces superior en el fútbol femenino que en el masculino. Independientemente del sexo afectado, como hemos dicho anteriormente, esta lesión conlleva un tiempo de baja deportiva elevado y hay que tener muy en cuenta sus complicaciones futuras (riesgo de nueva lesión y gonartrosis) (Yanguas et al., 2011).

Gracias a la "fama" que ha adquirido la lesión del LCA en el mundo del deporte, ahora somos capaces de encontrar muchos estudios que respaldan que un buen trabajo de prevención disminuye sustancialmente la probabilidad de dicha lesión. Siendo más precisos, como apunta el metaanálisis de Webster y Hewett (2018), podemos afirmar que un adecuado trabajo preventivo, reduce a la mitad las lesiones sin contacto del LCA en hombres, y en el caso de las mujeres la cifra incrementa llegando a la prevención de 2/3 de este tipo de lesión.

En resumen, podemos confirmar que es sumamente importante incluir programas de prevención específicos de la disciplina deportiva en la planificación de las temporadas. De esta forma reduciremos de manera significativa los factores de riesgo relacionados con la rotura de LCA sin contacto.

2. OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo de fin de grado son:

- Analizar la relación que existe entre la rotura del LCA y los impactos en las caídas tras salto.
- Identificar los factores de riesgo que pueden provocar la rotura del LCA.
- Conocer las medidas preventivas, para reducir el riesgo de lesión de LCA.
- Analizar la reeducación física para aquellos deportistas que hayan sufrido la rotura del LCA.

3. MÉTODO

Se realizó una revisión sistemática con el propósito de obtener la información más relevante respecto a la relación entre la rotura de LCA y los impactos en las caídas tras salto. Este trabajo se realizó entre los meses de febrero y junio de 2022.

La búsqueda de estos artículos se hizo a través de diferentes bases de datos como son PubMed y Scopus, además está comprendida entre los años 2018 y 2022, para que la información fuera lo más actualizada posible.

Se han ido realizando diferentes cribas, una de ellas es la división de la búsqueda entre los artículos relacionados con los factores de riesgo y aquellos relacionados con las medidas de prevención para evitar la rotura del LCA.

3.1 Criterios de selección:

- Artículos publicados en los últimos cinco años.
- Artículos publicados en inglés o español.
- Artículos relacionados con la rotura del LCA, ya sean factores de riesgo o medidas de prevención.
- Artículos relacionados con el fútbol.

3.2 Criterios de exclusión:

- Revisiones sistemáticas.
- Artículos relacionados con el diagnóstico o el tratamiento operatorio del LCA.
- Artículos que incluyan intervenciones posteriores a la rotura del LCA.

3.3 Estrategias de búsqueda.

Se ha llevado a cabo el mismo patrón de búsqueda en las diferentes bases de datos, las palabras “cruciate ligament injury” siempre han estado presentes en los criterios de búsqueda y se han ido combinando con otras como “risk factor”, “prevention”, “soccer” y “systematic review”. Para realizar una búsqueda más avanzada se han utilizado los descriptores booleanos “and”, “or” y “not”. A continuación, en la tabla vemos las diferentes estrategias de búsqueda que se han empleado en cada base de datos específica.

BASE DE DATOS	ESTRATEGIA DE BUSQUEDA
PubMed	<p>(cruciate ligament injury) NOT (systematic review)</p> <p>((cruciate ligament injury) AND (risk factor's)) AND (prevention)) NOT (systematic review)</p> <p>((cruciate ligament injury) AND (risk factor's)) AND (soccer)) NOT (systematic review)</p> <p>((cruciate ligament injury) AND (prevention)) AND (soccer)) NOT (systematic review)</p>
SCOPUS	<p>TITLE-ABS-KEY("cruciate ligament injury") AND NOT("systematic review")</p> <p>TITLE-ABS-KEY("cruciate ligament injury") AND("risk factor's") AND("prevention") AND NOT("systematic review")</p> <p>TITLE-ABS-KEY ("cruciate ligament injury") AND ("risk factor's") AND ("soccer") AND NOT ("systematic review") AND NOT ("injury diagnosis") AND NOT ("anatomical and morphological aspects of the knee")</p> <p>TITLE-ABS-KEY ("cruciate ligament injury") AND ("prevention") AND ("soccer") AND NOT ("systematic review")</p>

A través de la base de datos PubMed se han encontrado un total de 61 artículos relacionados con los factores de riesgo que existen en el fútbol, los cuales puedan provocar la rotura del LCA y 81 artículos relacionados con las medidas de prevención para evitar la lesión del LCA.

De los 61 artículos relacionados con los factores de riesgo se descartaron 24 por no cumplir los criterios de inclusión, 6 eran revisiones y 25 tras la lectura de título y resumen, quedándonos con un total de 6 artículos, por otro lado, de los 83 artículos relacionados con las medidas de

prevención se descartaron 28 por no cumplir los criterios de inclusión, 10 por ser revisiones y 31 tras la lectura de título y resumen, quedándonos con un total de 14 artículos.

En la base de datos Scopus, se han encontrado un total de 279 artículos. Estos están divididos entre los que están relacionados con los factores de riesgo en el fútbol, que hacen un total de 134 y los que están relacionados con las medidas preventivas que suman un total de 145 artículos.

De los 134 artículos relacionados con los factores de riesgo se descartaron 57 por no cumplir los criterios de selección, 25 eran revisiones y 42 tras la lectura de título y resumen, quedándonos con un total de 10 artículos. Por otro lado, de los 145 artículos relacionados con las medidas de prevención se descartaron 46 por no cumplir los criterios de inclusión, 24 eran revisiones y 66 tras la lectura de título y resumen quedándonos con un total de 9 artículos.

En total se encontraron 436 referencias entre las bases de datos de PubMed y Scopus. En primer lugar, se eliminaron aquellos artículos que estaban duplicados en ambas bases de datos, siendo eso un total de 21 artículos. En segundo lugar, se eliminaron aquellas referencias que no cumplían los criterios de inclusión y, en tercer lugar, la selección se realizó leyendo el título y el resumen.

Por último, para tener las referencias definitivas se realizó la lectura del texto al completo seleccionando 4 referencias sobre factores de riesgo y 6 artículos relacionados con las medidas de prevención, en definitiva, se eliminaron un total de 29 referencias bibliográficas tal como se puede apreciar en la figura 1.



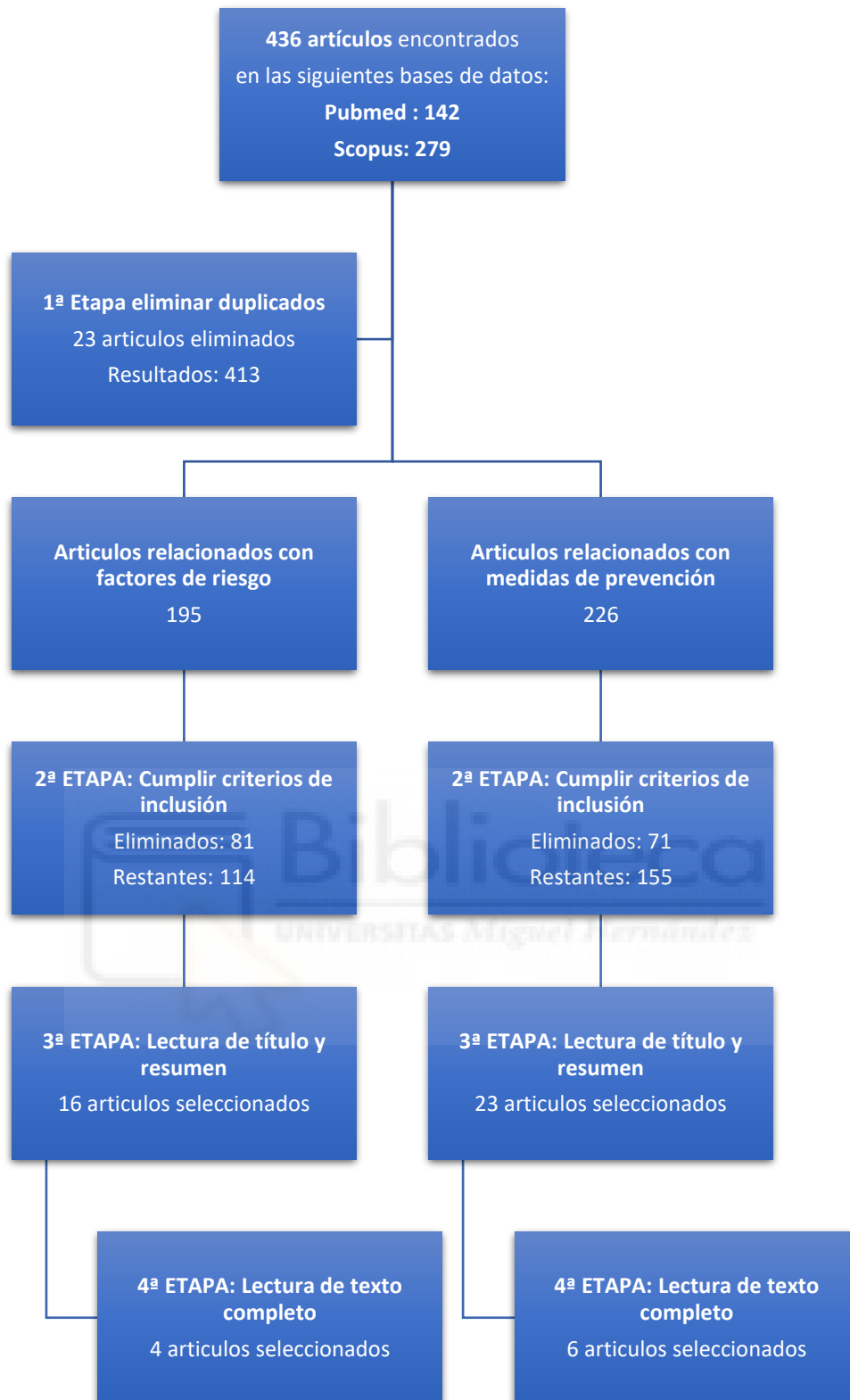


Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento de búsqueda.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (DESARROLLO)

4.1. Características de los estudios

Los estudios relacionados con los factores de riesgo eran observacionales y transversales, además, incluían sujetos jóvenes entre 17 y 55 años, en algunos dichos sujetos habían sufrido la rotura del LCA (Alsubaie et al., 2021), en otros no habían sufrido esta lesión (Zago et al., 2021), pero todos ellos practicaban el mismo deporte, en este caso el fútbol, ya fuese de manera profesional o semiprofesional. En cuanto a las intervenciones realizadas en estos estudios, algunos programas tenían un seguimiento de todo el año realizando mediciones al principio de la temporada para saber en qué condiciones se encontraba el LCA, y así ver su evolución en el resto de las mediciones (Myrick et al., 2019), en otros se desarrollaban cuestionarios para determinar las tasas y patrones de lesiones del LCA y de esta forma comprobar los factores que provocaban la lesión (Alsubaie et al., 2021).

Por otro lado, los estudios relacionados con las medidas de prevención eran la mayoría estudios experimentales, aunque también contamos con algún estudio transversal (Almonroeder et al., 2020) y un ensayo controlado aleatorizado (Jeffrey et al., 2018). Los sujetos que participaron en estos trabajos comprendían edades desde los 10 hasta los 30 años. Todos estos artículos tienen algo en común y es que todos realizan una serie de intervenciones para ver qué medidas de prevención se pueden tomar para reducir el riesgo de lesión del LCA. Cada programa realiza un seguimiento diferente, algunos son durante todo un año (Rommers et al., 2022) y otros se limitan a realizar diferentes pruebas y analizar esos resultados en un mismo día (Di Paolo et al., 2021).

Referencia	Duración	Localización	Participantes	Objetivo
Alsubaie et al., 2021	1 semana	Laboratorio	113	Evaluar los patrones y distribuciones de las lesiones del LCA en diferentes tipos de superficies de juego, deportes, calzado y mecanismo de lesión y las interacciones entre estas variables.
Zago et al., 2021	1 semana	Campo de Fútbol	20	Evaluar la medida en que la fatiga afecta la cinemática y la cinética de las articulaciones al realizar cambios repetidos de dirección (CoD) a la luz de los factores de riesgo del LCA.
Nedergaard et al., 2019	1 semana	Laboratorio	24	Examinar si los factores de riesgo biomecánicos y neuromusculares conocidos de lesión del LCA, pueden parecerse a las demandas de un cambio de dirección de un deporte, una maniobra conocida de alto riesgo.
Myrick et al., 2019	9 meses	Campo de fútbol	17	Caracterizar los cambios volumétricos del LCA en el transcurso de una temporada de fútbol competitivo en atletas femeninas.

Tabla 1. Referencias relacionadas con los factores de riesgo.

Referencia	Duración	Localización	Participantes	Objetivo
Di Paolo et al., 2021	1 día	Campo de fútbol	18	Investigar la influencia de la coordinación motora en la biomecánica de las extremidades inferiores en jóvenes futbolistas durante un entrenamiento en la cancha.
Rommers et al., 2022	9 meses	Laboratorio	2013	Documentar el uso de entrenamiento neuromuscular para prevenir lesiones del LCA e identificar las barreras para el uso de NMT.
Harris et al., 2020	1 día	Campo de fútbol	3	Enseñar a las jóvenes atletas de fútbol cómo realizar adecuadamente los movimientos deseados asociados con un menor riesgo de lesiones del LCA.
Almonroeder et al., 2020	1 semana	Campo de fútbol	16	Comparar la influencia de las instrucciones que promueven un foco interno frente a las que promueven un enfoque externo sobre la rigidez en el aterrizaje.
Jeffrey et al., 2018	1 mes	Laboratorio	87	Comparar las adaptaciones biomecánicas en jugadores de baloncesto y fútbol durante actividades de salto después de un programa de prevención de lesiones del LCA.
Bruder et al., 2019	1 día	Laboratorio	45	Involucrar a fisioterapeutas con experiencia en deportes de élite femeninos y atletas para crear conjuntamente un programa de reducción del riesgo de lesiones del LCA específico del deporte.

Tabla 2. Referencias relacionadas con las medidas de prevención.

4.2. Resultados de los estudios

A continuación, analizamos los resultados de los diferentes artículos para cumplir los objetivos marcados en nuestro trabajo, determinando las intervenciones de cada estudio. Los resultados estarán divididos entre factores de riesgo y medidas de prevención.

En primer lugar, analizamos los factores de riesgo que pueden provocar la rotura del LCA, algunos de los resultados de interés fueron los patrones de lesión, los niveles de fatiga antes de la lesión en una escala de 0 a 10 y los niveles de condición física (horas por semana). Se compararon las diferencias entre los grupos, mientras que se calcularon las razones de probabilidad para evaluar los factores de riesgo de rotura completa del LCA y el resultado fue que la mayoría de las lesiones del LCA resultaron en un desgarro completo (80,5 %) y ocurrieron en césped artificial. Además, el nivel de fatiga antes de la lesión fue significativamente mayor en las lesiones que resultaron en un desgarro parcial del LCA en comparación con el desgarro completo del LCA (Alsubaie et al., 2021).

En cuanto al efecto de la fatiga sobre la lesión de LCA, hay que tener en cuenta cómo afecta está a la cinemática y la cinética de las articulaciones al realizar cambios repetidos de dirección (CoD). Se realizó una prueba de ida y vuelta (5 m) que incluía repetidos 180°-CoD hasta el agotamiento y se encontraron alteraciones en la cinemática de los miembros inferiores en el 100% y en la cinemática de los miembros inferiores en el 85% de los jugadores. Además, el patrón cinemático más común fue una reducción progresiva simultánea en el ángulo de flexión de la cadera y la rodilla en el contacto inicial (Zago et al., 2021).

Otros factores de riesgo son los biomecánicos y neuromusculares obtenidos tras aterrizajes con salto, los participantes completaron dos pruebas de aterrizaje con salto en un solo plano: un aterrizaje con una sola pierna (SLL) y droplanding con una sola pierna (SLDL); dos pruebas de salto lateral en varios planos: un salto lateral con una sola pierna (SLSJ) y un salto lateral con caída con una sola pierna (SLDSJ). Los resultados biomecánicos fueron los siguientes: todos los parámetros de la rodilla y la cadera se vieron afectados significativamente por la prueba funcional empleada, el análisis post-hoc reveló que los participantes aterrizaron con ángulos de flexión de rodilla significativamente más altos en IC (contacto inicial) y tenían momentos pico de abducción externa de la rodilla significativamente más altos durante el Side-Cut en comparación con las cuatro pruebas de salto. Además, se observaron ángulos de aducción de rodilla significativamente más altos en IC para las dos pruebas de aterrizaje con salto en un solo plano (SLL y SLDL) en comparación con Side-Cut (maniobra de corte lateral específica del deporte). Finalmente, se observaron correlaciones significativamente moderadas a excelentes entre el Side-Cut y las cuatro pruebas de salto para los ángulos de la articulación de aducción de la rodilla en IC, mientras que en general se observaron correlaciones de bajas a moderadas para el ángulo de flexión de la rodilla en IC, la flexión externa máxima de la rodilla y los momentos de abducción (Nedergaard et al., 2019).

En cuanto a los factores neuromusculares, se concluyó que el nivel de preactividad de la diferencia BF (bíceps femoral), ST (semitendinoso) y VL (vasto lateral)-ST se vio significativamente afectado por la prueba funcional empleada. Además, los participantes tenían un nivel de preactividad ST significativamente más alto durante el Side-Cut en comparación con las cuatro pruebas de salto. Se observó una preactivación de BF significativamente más alta para el Side-Cut en comparación con SLL, SLDL y SLSJ. Finalmente, la prueba SLSJ demostró correlaciones moderadas con el Side-Cut para todos los parámetros de preactivación neuromuscular, mientras que generalmente se observaron correlaciones de bajas a moderadas entre el Side-Cut y las otras pruebas de salto SLL, SLDL y SLDSJ (Nedergaard et al., 2019).

La demanda física de una temporada competitiva de fútbol parece ser otro factor de riesgo para tener en cuenta en nuestro trabajo, y en las atletas universitarias parece causar un aumento en el volumen del LCA. Esto puede estar relacionado con la acumulación de desgarros microscópicos en el transcurso de la temporada que inducen inflamación y edema del ligamento, lo que resulta en un aumento del volumen de este. Los resultados concluyeron que el volumen medio de los ligamentos aumentó significativamente desde la pretemporada hasta la posttemporada. Hubo un aumento del 10% en el porcentaje de rodillas con edema antes y después de la temporada. Los cambios volumétricos observados en el LCA pueden tener implicaciones clínicas significativas; sin embargo, se deben realizar más estudios para determinar la relación entre el volumen del LCA y las lesiones (Myrick et al., 2019).

En segundo lugar, analizaremos las medidas de prevención que pueden ayudar en gran medida a que aparezcan menos lesiones del LCA. Algunas de estas medidas son el entrenamiento neuromuscular, la influencia del foco atencional y las respuestas biomecánicas.

En este primer estudio, la coordinación motora juega un papel crucial en las estrategias de prevención de lesiones en el fútbol en todos los niveles, por lo que fue analizada a través de sensores de inercia portátiles en jugadores de fútbol jóvenes durante un entrenamiento típico en el campo. Se encontró la presencia de asimetría biomecánica de las extremidades para los jugadores del grupo PC (mal coordinados) en la tarea COD en términos de rango de varo-valgo de la rodilla y pico positivo y rango de aceleración vertical de la rodilla. No se encontraron asimetrías en las extremidades en el grupo WC (bien coordinados), pero sí que es importante el uso de dispositivos portátiles, ya que podrían mejorar los entrenamientos específicos para la prevención de lesiones de LCA (Di Paolo et al., 2021).

Algunos programas de prevención intentan modificar los patrones de movimiento biomecánico de alto riesgo que pueden poner a un atleta en riesgo de lesionarse el LCA. Este ensayo controlado aleatorio comparó las adaptaciones biomecánicas en jugadoras de baloncesto y fútbol durante actividades de salto después de un programa de prevención y concluyó que, aunque las jugadoras de fútbol muestran mayores mejoras en la cinemática de abducción de la rodilla que las jugadoras de baloncesto, ni las jugadoras de baloncesto ni las de fútbol exhibieron adaptaciones biomecánicas apreciables después del programa de entrenamiento. Por lo tanto, es posible que los programas futuros deban diseñarse más específicamente para las demandas funcionales del deporte (Jeffrey et al., 2018).

Otro de los aspectos importantes para prevenir la lesión del LCA es el entrenamiento neuromuscular, pero solo una proporción muy pequeña de jugadores y entrenadores de fútbol amateur lo utilizan de manera adecuada. Existe una barrera para el uso de entrenamiento neuromuscular que tienen entrenadores y jugadores, ya sea por falta de conocimiento, por la creencia de que estirar era suficiente, por no sentir la necesidad de NMT (entrenamiento neuromuscular) o por la falta de tiempo (Rommers et al., 2022).

Existe una investigación limitada para enseñar a las jóvenes futbolistas cómo realizar adecuadamente los movimientos deseados y así prevenir el riesgo de lesiones del LCA. Se ha demostrado que los programas de entrenamiento de habilidades conductuales (BST, por sus siglas en inglés) son efectivos para enseñar una amplia variedad de habilidades, pero la investigación sobre aplicaciones en los deportes es limitada. En este caso, consistía en instrucciones verbales, modelado, ensayo y comentarios, que incluían reproducción de video y se observó un aumento significativo en la cantidad de pasos realizados correctamente. Este incremento se mantuvo por encima de los niveles de referencia a lo largo de la fase de intervención y durante las pruebas de generalización y mantenimiento (Harris et al., 2020).

En cuanto a la influencia del foco atencional, se comparó la influencia de las instrucciones que promueven un foco interno frente a las que promueven un foco externo sobre la rigidez en el aterrizaje y se concluyó que ambos tipos de instrucciones dieron como resultado fuerzas de aterrizaje más bajas, menos rigidez en las piernas y una mayor flexión de la cadera y la rodilla en comparación con la línea de base. Sin embargo, los atletas demostraron una mayor flexión de la rodilla en el momento de la fuerza máxima y menos rigidez en las piernas cuando recibieron instrucciones que promovían un foco externo, en comparación con cuando recibieron instrucciones que promovían un foco interno (Almonroeder et al., 2020).

Por último, se pretendió involucrar a fisioterapeutas con experiencia en deportes de élite femeninos y atletas para crear conjuntamente un programa de prevención de LCA específico del deporte. Los participantes intercambiaron ideas sobre declaraciones que representan los elementos críticos que deben incluirse en un programa de reducción del riesgo de lesiones del LCA para mujeres que juegan al fútbol de élite. Las declaraciones fueron clasificadas en grupos, identificando una solución de 5 conglomerados de la siguiente manera: Preparación específica para el fútbol (15 declaraciones); Habilidades de movimiento (17 declaraciones); Fuerza y acondicionamiento (15 declaraciones); preparación individual (7 declaraciones); y Educación (8 afirmaciones) (Bruder et al., 2019).

5. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión bibliográfica es analizar los factores de riesgo y las medidas de prevención de la lesión de LCA y la relación que existe entre la rotura del LCA y los impactos en las caídas tras salto, con el fin de que se puedan reducir al máximo la probabilidad de sufrir una lesión del LCA. La literatura en este campo tiene un gran número de estudios e intervenciones, para destacar sobre cualquier otro trabajo, en este nos centramos en estudios de actualidad, ya que esta revisión es de los últimos 5 años y además relacionamos todos estos aspectos con el deporte rey que es el fútbol.

Las referencias encontradas en las diferentes bases de datos, por un lado, nos muestran cuales son los principales factores de riesgo que acaban provocando una lesión en el LCA y por otro, las medidas preventivas que se deberían realizar para disminuir estos factores de riesgo y de esta forma reducir la incidencia de lesiones.

En cuanto a los resultados relacionados con los factores de riesgo, hemos encontrado una gran variedad de estos, pero podemos destacar el efecto de la fatiga que como hemos visto anteriormente es importante en dos de los artículos por la que la podemos considerar uno de los factores principales que puedan provocar la lesión de LCA (Alsubaie et al., 2021). Esta afecta a la cinemática y la cinética de las articulaciones al realizar cambios repetidos de dirección (Zago et al., 2021), destacamos este factor porque en el fútbol hay infinidad de cambios de dirección e impactos, lo que aumenta más el riesgo de producirse una lesión de LCA en este deporte. Además, habría que añadir otro factor que es la superficie de contacto que como hemos comentado en el apartado de resultados son los campos de césped artificial (Alsubaie et al., 2021), que son los que más predominan en el fútbol amateur.

Otro factor a tener en cuenta es la demanda física de una temporada de fútbol, a pesar de que las conclusiones nos indiquen que habría que realizar más estudios para tener unos resultados más significativos, dicha demanda puede causar una lesión del LCA. El volumen medio de los ligamentos va aumentando con el transcurso de la temporada por lo que podemos decir, que este factor tiene cierta relación con la fatiga, ya que cuanto más demanda física hay, más fatiga acumulada tendrán los futbolistas y por tanto más probabilidad de lesión (Myrick et al., 2019).

En segundo lugar, tenemos los resultados relacionados con las medidas preventivas para reducir al máximo el riesgo de lesión. Gracias a los sensores de inercia portátiles se pudo observar la relación que existe entre los jugadores mal coordinados y el riesgo de sufrir una lesión de LCA, ya que en tareas de cambios de dirección se encontraron asimetrías relacionadas con el varo y valgo de rodilla (Di Paolo et al., 2021). Estos aparatos reducen el riesgo de lesión, ya que nos permiten ver la coordinación de nuestros jugadores y de esta forma poder realizar entrenamientos más específicos y adaptados al futbolista. Este factor se podría relacionar con la fatiga, hay jugadores que presentan una correcta coordinación, pero cuando están fatigados esta se ve afectada y puede acabar provocando la lesión de LCA.

Algunos estudios realizaron programas de prevención modificando patrones de movimiento biomecánico comparando las adaptaciones durante actividades de salto entre diferentes deportes. Cabe destacar que no se apreciaron grandes adaptaciones, pero sí que nos hizo llegar a la conclusión de que los programas futuros deben diseñarse de forma más específica para resolver las demandas funcionales del deporte practicado (Jeffrey et al., 2018). Cada deporte requiere de ciertas acciones específicas, que lo hacen diferente a los demás, es por ello que la literatura nos informa de que no hay un programa preventivo general para cualquier deporte, sino que debemos adaptar nuestro programa para cubrir las necesidades de cada disciplina deportiva.

En cuanto al entrenamiento neuromuscular, encontramos lo esperado, ya que este es uno de los aspectos más importantes para prevenir la lesión de LCA, pero la gran mayoría de jugadores y entrenadores no lo utilizan de manera adecuada. Esto puede deberse a la falta de conocimiento, la falta de tiempo o por no sentir la necesidad de realizar entrenamiento neuromuscular (Rommers et al., 2022).

Otro aspecto que debemos tener en cuenta y que se encuentra muy relacionado con la coordinación motora es el hecho de realizar los movimientos deseados en nuestra disciplina deportiva. Por ello, se ha demostrado que el entrenamiento de habilidades conductuales provoca una reducción del riesgo de lesión del LCA. En este caso se realizó a partir de instrucciones verbales, modelado, ensayo y comentarios que incluían reproducción de video y que resultó en un aumento en la cantidad de pasos realizados correctamente (Harris et al., 2020).

A la hora de hablar del foco atencional, podemos observar que tanto el foco interno como el externo dieron como resultado fuerzas de aterrizaje más bajas, menos rigidez en las piernas una mayor flexión de rodilla y cadera. Pero cabe destacar que, se observó una mayor flexión de rodilla en momentos de fuerza máxima y menos rigidez en las piernas, cuando las instrucciones estaban enfocadas hacia el foco externo (Almonroeder et al., 2020). Por lo que podemos decir que los entrenadores deberían considerar proporcionar instrucciones que promuevan un foco externo cuando entrenen a los deportistas para reducir la rigidez de las extremidades inferiores durante los aterrizajes con caída.

Por último, como hemos encontrado en algunos artículos sobre medidas preventivas, se esta intentando involucrar a los fisioterapeutas en estos programas de prevención (Bruder et al., 2019). Ya que ellos son más conocedores de la lesión de LCA, y además nos pueden ayudar a cuidar todos los factores relacionados con la lesión. La comunicación preparador físico y fisioterapeuta, hoy en día es muy beneficioso para los deportistas, ya que con la ayuda de dos profesionales de la actividad los factores de riesgo estarán solventados casi por completo gracias a las medidas preventivas utilizadas.

6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.

Una vez descritos y discutidos todos los resultados encontrados en las diferentes bases de datos, vamos a desarrollar una propuesta de intervención basada en eliminar todos los factores de riesgo relacionados con la lesión de LCA gracias a las medidas de prevención encontradas.

Para empezar, habría que realizar una serie de tests y tomar una serie de medidas para determinar en qué condiciones se encuentran nuestras deportistas y así ver su evolución. Lo que queremos observar es el antes, el durante y el después de la intervención (ver anexo 1 y 2).

Las medidas contempladas son las siguientes (Trouleet et al., 2016) (Hegedeus et al., 2014):

- Medidas antropométricas: Peso, Talla, IMC y Composición Corporal
- Test Single Leg Squat (SLS)
- Single Hop Test (SHT)
- Triple Hop Test (THT)
- Cross-over Hop Test (CHT)
- Timed Hop Test (THT)

Gracias a estas pruebas vamos a obtener el Índice de Simetría (IS) de la extremidad inferior. Esta medida será la que nos permita predecir la deficiencia neuromuscular como factor de riesgo. En el caso de no alcanzarse un IS mayor al 85%, se postula que existe una deficiencia en la potencia y estabilidad muscular entre las dos piernas que limitaría la práctica deportiva. En estos casos es cuando tenemos que hacer más hincapié en los programas de prevención para mejorar los aspectos necesarios y de esta forma disminuir el riesgo de lesión. Asimismo, podremos también identificar las alteraciones biomecánicas de la extremidad inferior (Trouleet et al., 2016).

En segundo lugar, vamos a plantear los objetivos que queremos abordar en nuestro plan de intervención:

- Mejorar la coordinación motora tras fatiga.
- Mejorar el aterrizaje tras salto.
- Fortalecer musculatura pélvica.

Para reducir el riesgo de rotura del LCA, vamos a elaborar entrenamientos en busca de la fatiga, para que una vez fatigado nuestro deportista realice ejercicios para mejorar la coordinación motora. Realizando cambios repetidos de dirección se verá cada vez menos afectada la cinemática y la cinética de las articulaciones y por tanto el riesgo de lesión disminuirá. Este entrenamiento busca la fatiga de la forma más específica posible para así tener una mayor transferencia al juego real, ya que al final lo que buscamos es que ocurran situaciones similares a los partidos, que es donde suceden la mayoría de las roturas del LCA.

En este caso, los futbolistas, como ya sabemos, están sometidos a una demanda física muy elevada durante toda la temporada y por ello, desarrollaremos un trabajo de fuerza como medida preventiva para así mejorar el alineamiento de las extremidades inferiores. El trabajo de fortalecimiento enfocado al glúteo mayor y al glúteo medio nos puede ayudar a prevenir ciertas lesiones de los miembros inferiores, especialmente en la incidencia que se puede producir, incrementándose el valgo de rodilla como consecuencia de los músculos abductores de la cadera.

Como ya sabemos, en el fútbol hay una gran cantidad de saltos y aterrizajes, y hemos dicho que muchas de las roturas del LCA vienen precedidas de los saltos y los cambios de dirección, por lo tanto, hay que diseñar entrenamientos mucho más específicos, en los que haya pliometría y cambios de dirección.

Lo interesante de este trabajo sería realizarlo todo con balón, para que sea una situación real, muy similar a la que se pudiera encontrar un futbolista en el partido. No obstante, también realizaremos un trabajo propioceptivo en el que buscaremos la mejora de la fuerza, la estabilidad y la coordinación, aspectos muy significativos en la reducción del riesgo de lesión del LCA.

Por último, nos falta concretar como introducir esta parte preventiva a los entrenamientos durante la temporada. Antes de empezar los entrenamientos, sobre todo aquellos en los cuales la intensidad sea muy elevada, vamos a introducir un circuito de fuerza en el cual trabajemos la musculatura más implicada en las funciones de la rodilla, de esta forma nuestros futbolistas estarán preparados para la sesión. Además, gracias a este tipo de circuito de fuerza hacemos que nuestro deportista mejore la coordinación motora una vez este sometido a la fatiga del entrenamiento.

En cuanto al aterrizaje de saltos y trabajos de pliometría vamos a añadir entrenamientos específicos durante periodos en los que no haya competición (pretemporada, navidad y semana santa), nos centraremos sobre todo en la técnica de aterrizaje para que no se produzca valgo-varo de la rodilla y sobre todo en la absorción de los impactos y en una correcta alineación de cadera, rodilla y tobillo.

7. BIBLIOGRAFIA

Forriol, F., Maestro, A., & Vaquero, J. (2008). El ligamento cruzado anterior: morfología y función. *Trauma Fund MAPFRE*, 19(1), 7-18.

Leyes, J. Y., Pérez, L. T., & de Olano, C. C. (2011). Lesión del ligamento cruzado anterior en fútbol femenino. Estudio epidemiológico de tres temporadas. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 46(171), 137-143.

Bisciotti, G. N., Chamari, K., Cena, E., Bisciotti, A., Corsini, A., & Volpi, P. (2019). Anterior cruciate ligament injury risk factors in football. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(10), 1724-1738.

Webster, K. E., & Hewett, T. E. (2018). Meta-analysis of meta-analyses of anterior cruciate ligament injury reduction training programs. *Journal of Orthopaedic Research*, 36(10), 2696-2708.

Alsubaie, S. F., Abdelbasset, W. K., Alkathiry, A. A., Alshehri, W. M., Azyabi, M. M., Alanazi, B. B., Alomerani, A. A., & Asiri, F. Y. (2021). Anterior cruciate ligament injury patterns and their relationship to fatigue and physical fitness levels - a cross-sectional study. *Medicine*, 100(1), e24171.

Zago, M., David, S., Bertozzi, F., Brunetti, C., Gatti, A., Salaorni, F., ... & Galli, M. (2021). Fatigue induced by repeated changes of direction in elite female football (soccer) players: impact on

lower limb biomechanics and implications for ACL injury prevention. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 9, 586.

Nedergaard, N. J., Dalbø, S., Petersen, S. V., Zebis, M. K., & Bencke, J. (2020). Biomechanical and neuromuscular comparison of single-and multi-planar jump tests and a side-cutting maneuver: Implications for ACL injury risk assessment. *The Knee*, 27(2), 324-333.

Myrick, K. M., Voss, A., Feinn, R. S., Martin, T., Mele, B. M., & Garbalosa, J. C. (2019). Effects of season long participation on ACL volume in female intercollegiate soccer athletes. *Journal of experimental orthopaedics*, 6(1), 1-6.

Di Paolo, S., Zaffagnini, S., Pizza, N., Grassi, A., & Bragonzoni, L. (2021). Poor Motor Coordination Elicits Altered Lower Limb Biomechanics in Young Football (Soccer) Players: Implications for Injury Prevention through Wearable Sensors. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(13), 4371.

Rommers, N., Rössler, R., Tassignon, B., Verschueren, J., De Ridder, R., van Melick, N., Longé, L., Hendrikx, T., Vaes, P., Beckwée, D., & Eecheute, C. (2022). Most amateur football teams do not implement essential components of neuromuscular training to prevent anterior cruciate ligament injuries and lateral ankle sprains. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 30(4), 1169–1179.

Harris, M., Casey, L. B., Meindl, J. N., Powell, D., Hunter, W. C., & Delgado, D. (2020). Using behavioral skills training with video feedback to prevent risk of injury in youth female soccer athletes. *Behavior Analysis in Practice*, 13(4), 811-819.

Almonroeder, T. G., Jayawickrema, J., Richardson, C. T., & Mercker, K. L. (2020). The influence of attentional focus on landing stiffness in female athletes: a cross-sectional study. *International journal of sports physical therapy*, 15(4), 510–518.

Taylor, J. B., Ford, K. R., Schmitz, R. J., Ross, S. E., Ackerman, T. A., & Shultz, S. J. (2018). Sport-specific biomechanical responses to an ACL injury prevention programme: A randomised controlled trial. *Journal of sports sciences*, 36(21), 2492–2501.

Bruder, A. M., Crossley, K. M., Mosler, A. B., Patterson, B., Haberfield, M., & Donaldson, A. (2020). Co-creation of a sport-specific anterior cruciate ligament injury risk reduction program for women: A concept mapping approach. *Journal of science and medicine in sport*, 23(4), 353–360.

Troule, S., & Casamichanana, D. (2016). Application of functional test to the detection of asymmetries in soccer players. *Journal of Sport and Health Research*, 8(1), 53-64.

Hegedus, E. J., McDonough, S., Bleakley, C., Cook, C. E., & Baxter, G. D. (2015). Clinician-friendly lower extremity physical performance measures in athletes: a systematic review of measurement properties and correlation with injury, part 1. The tests for knee function including the hop tests. *British journal of sports medicine*, 49(10), 642-648.

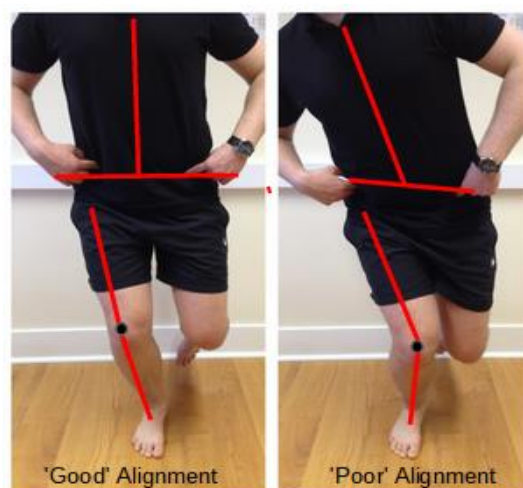
8. ANEXOS

Anexo 1:

El test de sentadilla con una sola pierna (Single Leg Squat (SLS)) es uno de los test más utilizados en la actualidad, siendo fácilmente implementado por los profesionales de la actividad física. El SLS se inicia en posición recta (de pie) con apoyo de una sola pierna, donde el pie y la rodilla deben estar en posición neutra. La otra pierna se despega del suelo con una ligera flexión de cadera y con la rodilla en extensión. Los brazos se mantienen estirados hacia delante, con las manos juntas en ángulo recto respecto al tronco. Desde esta posición el sujeto se pone de cuclillas flexionando la rodilla lo máximo que pueda y sin modificar la posición de los brazos y sin despegar el talón del suelo. Seguidamente debe volver a la posición inicial.

Durante la realización del test Single Leg Squat se puede medir, desde el plano frontal, un incremento en el valgo dinámico de la rodilla, obteniendo la combinación de la rotación interna del fémur, aducción de cadera, flexión de rodilla y abducción de rodilla.

El SLS se ha empleado para establecer las alteraciones biomecánicas en la extremidad inferior a través de la observación del desplazamiento medial de la rodilla en el plano frontal. Un mayor desplazamiento medial de la rodilla durante el SLS ha sido atribuido a una fuerza pobre en la musculatura de la cadera (Hegedeus et al., 2014).

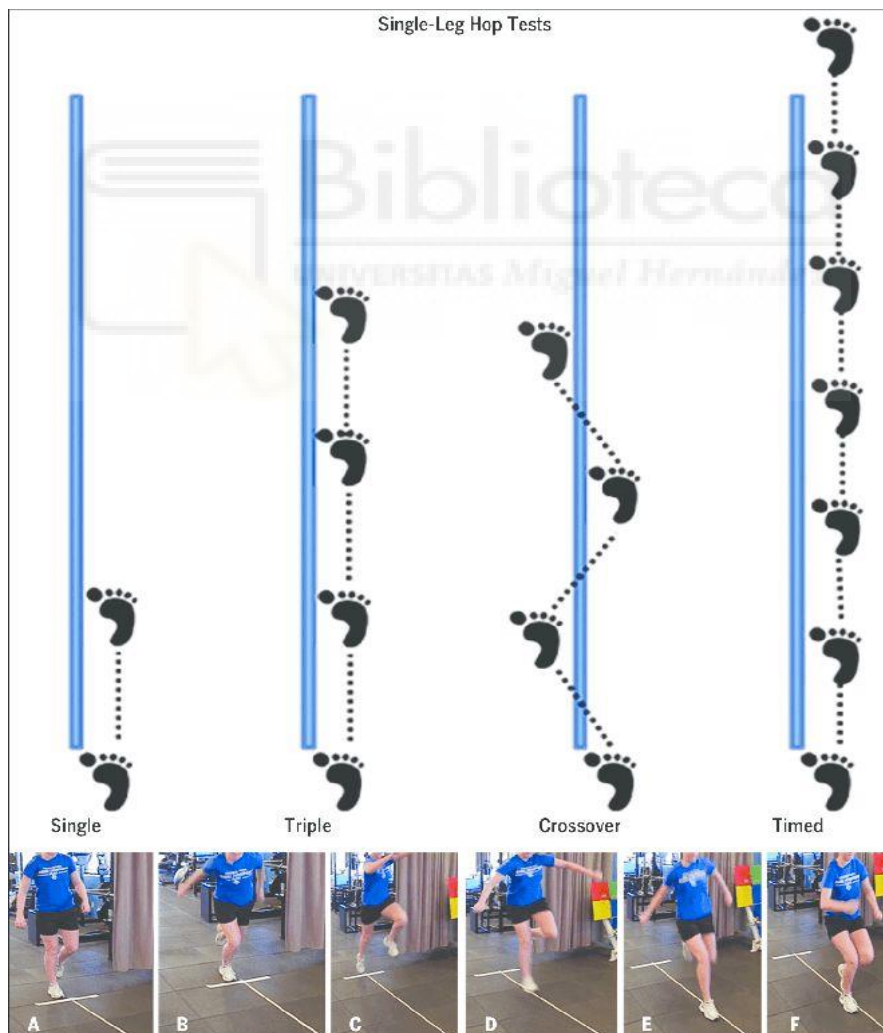


Anexo 2:

Los Hop Test son una batería de 4 pruebas que pueden incluirse a partir del cuarto mes una vez realizada la cirugía de reconstrucción del LCA. Se trata de unas pruebas que ofrece datos funcionales y cuantitativos, permitiendo medir la fuerza y desempeño de la pierna afectada y la sana. En resumen, su finalidad es registrar la capacidad funcional de la pierna sana y de la pierna lesionada.

- Single Hop Test (SHT). Valora la capacidad de realizar un salto monopodal máximo, midiendo la distancia en centímetros.
- Triple Hop Test (THT). Valora la capacidad de hacer tres saltos máximos a una pierna
- Cross-over Hop Test (CHT). Valora la capacidad de realizar tres saltos cruzados a una sola pierna.
- Timed Hop Test (THT). Valora el tiempo que tarda el deportista en recorrer una distancia de 6 metros, saltando con una sola pierna.




Se recomienda que el atleta cuente con una puntuación >90% en los tests para contar con un reducido riesgo de lesión o recidivas. Además, se evalúa la calidad de la mecánica de aterrizaje (Troulelet et al., 2016) (Hegedeus et al., 2014).



Anexo 3:

SESIÓN TIPO:

	EJERCICIOS	VOLUMEN	INTENSIDAD	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
ENTRENAMIENTO DE FUERZA	<ul style="list-style-type: none"> - Sentadilla sumo - Hip thrust - Bridge - Aductor excéntrico - Pasos laterales con miniband 	<p>2 series</p> <p>8-10 repeticiones</p> <p>30 segundos de descanso entre series</p>	60-75% RM	<p>The graphic shows five exercises: 1. Squat (standing and side view), 2. Hip Thrust (with and without a ball), 3. Bridge (with and without a ball), 4. Eccentric Adductor (side view), and 5. Lateral Steps with a resistance band (two steps).</p>
CONTROL LUMBO-PÉLVICO	<ul style="list-style-type: none"> - Plancha frontal - Plancha lateral - Superman - Back bug 	<p>3 series</p> <p>30 segundos</p> <p>3 series</p> <p>12 repeticiones</p>	<u>Muy importante la técnica</u>	<p>The graphic shows four exercises: 1. Front Plank (woman), 2. Side Plank (two variations), 3. Superman (man), and 4. Back Bug (two variations).</p>

<p>PLIOMETRIA Y ATERRIZAJES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Drop jump - Skipping en vallas - Saltos laterales a una pierna 	<p>3 series</p> <p>6-8 repeticiones</p> <p>30 segundos descanso</p>	<p>60-75% RM</p> <p><u>Muy importante</u> <u>la técnica</u></p>	  
--	--	--	---	---

