



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

Facultad de Enfermería y Fisioterapia

**Factores de riesgo en lesiones del
LCA en el fútbol femenino**

TRABAJO FINAL DE GRADO

Tipo de Trabajo:

Proyecto de investigación

Estudiante:

Maiol Martí Gasol

Tutor:

Fausto José Barbero Iglesias

Salamanca, marzo 2023

ÍNDICE

<u>RESUMEN</u>	3
<u>INTRODUCCIÓN:</u>	4
1. Aumento participación en el fútbol femenino, incidencia lesional, recidivas y retorno al fútbol	4
2. Anatomía y Biomecánica del LCA	5
3. Edades y lateralidad	5
4. Mecanismo lesional	6
5. Factores de Riesgo Lesional	6
5.1. Factores de riesgo no-modificables	6
5.2. Factores de riesgo modificables	9
6. Programas de prevención de la lesión del LCA en el fútbol	12
7. Detección de factores de riesgo lesional	14
7.1. Pruebas de cribaje o tests de screening	14
7.2. Batería de pruebas de cribaje	15
<u>OBJETIVOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</u>	16
<u>MATERIAL Y MÉTODO</u>	16
<u>PLAN DE TRABAJO</u>	19
1. Descripción de las fases del proyecto de investigación	19
2. Detección alto riesgo lesional	19
2.1. Pruebas de cribaje del proyecto	19
2.2. Orden de ejecución de la batería de pruebas	23
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	25
<u>FIGURAS</u>	28
<u>TABLAS</u>	30
<u>ANEXOS</u>	35

RESUMEN

El fútbol femenino está creciendo los últimos años y lamentablemente las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) están aumentando también. El impacto de esta lesión en la futbolista y en las federaciones requiere estrategias de prevención de lesiones. Los programas preventivos se enfocan en trabajar grupalmente uno o varios déficits biomecánicos pero algunas futbolistas podrían necesitar una individualización. Una identificación de las futbolistas con mayor riesgo lesional para trabajar sus factores de riesgo modificables podría ayudar a prevenir esta lesión.

La mayoría de las pruebas de cribaje valoran factores de riesgo biomecánicos por la posibilidad de modificación de estos. Sin embargo, la medición de varias características físicas, además de pruebas biomecánicas, pueden proporcionar una mejor estimación del riesgo de lesión que una única prueba. Hay pocos estudios que hayan desarrollado una herramienta específica del fútbol 11 femenino y en edades pospuberales.

Primer objetivo: conocer los factores de riesgo epidemiológicos, ambientales, antropométricos, anatómicos, hormonales, neuromusculares y biomecánicos de las lesiones del LCA en jugadoras de 14-40 años que practiquen el fútbol 11 femenino.

Segundo objetivo: de acuerdo con la incidencia lesional encontrada y la manifestación de los factores de riesgo analizados obtener un perfil de riesgo lesional estadístico que permita crear una futura herramienta de valoración clínica con características físicas y biomecánicas.

Material y métodos: se realizará un estudio piloto donde se evaluará con una batería de pruebas de cribaje a jugadoras de fútbol 11. Posteriormente se les hará un seguimiento de incidencia lesional durante 8 meses dentro una temporada.

Realizado el estudio piloto y valorada su viabilidad, se quiere aumentar la muestra para obtener un perfil de riesgo lesional que permita crear una futura herramienta de valoración clínica con características físicas y biomecánicas.

PALABRAS CLAVE

“Anterior cruciate ligament”, “prevention”, “female athletes”, “soccer or football”, “risk factors”

“Ligamento cruzado anterior”, “prevención”, “deportistas femenines”, “fútbol”, “factores de riesgo”

INTRODUCCIÓN

1. Aumento participación en el fútbol femenino, incidencia lesional, recidivas y retorno al fútbol

El deporte femenino y en especial el fútbol han aumentado su popularidad y participación en los últimos años⁽¹⁻⁴⁾. A la vez la incidencia lesional del ligamento cruzado anterior (LCA) de la rodilla también ha aumentado⁽¹⁾. Se estima que las mujeres pueden sufrir de 3 a 8 veces más lesiones del LCA que los hombres⁽⁵⁻⁷⁾. El 25% de estas ocurre en deportistas jóvenes⁽⁸⁾. Esta diferencia entre géneros requiere la atención de la medicina deportiva por el incremento en la popularidad del fútbol entre las mujeres⁽⁴⁾.

Las razones por la alta incidencia de las lesiones del LCA en mujeres es multifactorial⁽⁹⁾. La lesión del LCA es una lesión grave⁽¹⁾ que resulta en una reducción de la estabilidad pasiva y una pérdida de mecanorreceptores en esta articulación⁽¹⁰⁾. Según Arden y Reinhardt, para maximizar esta estabilidad pasiva y evitar otras lesiones la mayoría de los atletas en deportes donde se pivota, como el fútbol, optan por una cirugía de reconstrucción del LCA (RLCA)⁽¹⁰⁾. Y posteriormente a la cirugía, se realiza una recuperación de entre 6 a 13 meses⁽¹¹⁾.

A nivel financiero, la lesión del LCA presenta una carga significativa para la sanidad. Asimismo, esta lesión tiene un importante coste personal para la persona que la sufre y puede resultar en la pérdida de la temporada deportiva, becas deportivas, rendimiento académico, inhabilitación de larga duración, conllevando un alto riesgo de desarrollar osteoartritis⁽⁵⁾⁽⁹⁾⁽¹²⁾.

Recidivas

Hay una alta incidencia de recaída en la lesión del LCA en la misma rodilla o la rodilla contraria⁽¹²⁾⁽¹³⁾. Según Collings et al, haber sufrido una lesión previa del LCA es el mayor factor de riesgo de lesión de este ligamento, predisponiendo a tener 3,5 veces más probabilidades de recidiva para las mujeres deportistas⁽¹³⁾.

Retorno al fútbol

En la revisión sistemática de Lai et al⁽¹¹⁾ se describía que el 83% los futbolistas profesionales de ambos géneros volvían a competir al mismo nivel, con un 5,2% de recidivas entre profesionales. En otra revisión y metaanálisis Arden et al⁽¹⁴⁾ describía que a nivel amateur el retorno a la misma categoría deportiva era del 65%, con una tasa de recidivas del 15% para ambos géneros⁽¹⁵⁾.

La revisión de Chicorelli describe que en edades igual o inferiores a 14 años el 96% de los lesionados de ambos géneros volvieron al mismo nivel competitivo posterior a una RLCA⁽¹⁶⁾. Posterior a una RLCA, dos tercios de las jugadoras de fútbol no vuelven al mismo nivel de competición, y 1 de cada 3 sufre una segunda lesión del LCA⁽¹⁷⁾.

2. Anatomía y biomecánica del LCA

El LCA se encuentra en el interior de la articulación de la rodilla. Es un ligamento que va de la parte posterior y lateral del fémur cruzando la articulación hasta la parte anterior y medial de la tibia. Tiene una alta importancia en la estabilidad pasiva de la rodilla: restringe las rotaciones de la articulación y la translación tibial anterior⁽¹⁰⁾. Además de su función mecánica el LCA contiene mecanorreceptores (2,5%) que influyen directamente en el control neuromuscular (CNM) de la rodilla de acuerdo con Zimmy et al⁽¹⁰⁾.

3. Edades y lateralidad

Edades

El estudio epidemiológico de Beck⁽⁸⁾ encontró una incidencia significativamente alta del LCA en chicas de los 6 a los 16 años en comparación a los chicos de la misma edad. Parece ser que el riesgo de lesión aumenta entre los 15 y 20 años⁽¹⁶⁾⁽¹⁸⁾. Siendo específicamente a los 16 años en mujeres y a los 17 años en hombres los momentos de mayor riesgo lesional del LCA⁽⁸⁾. Según Shea y Renstrom, posteriormente a estas edades la incidencia disminuye en la edad adulta⁽¹⁸⁾.

Lateralidad

La lateralidad en las piernas se relaciona con la pierna dominante, que se describe como pierna de preferencia para golpear el balón⁽¹⁹⁾. Steffan et al encontró que las mujeres suelen tener más lesiones del LCA en la pierna no-dominante⁽¹⁹⁾. En su estudio se reportaban 29 lesiones del LCA, combinadas con una baja corroboración en otros estudios. La revisión sistemática de lesiones y dominancia en el fútbol de DeLang et al⁽²⁰⁾, no reportaba conclusiones definitivas respecto a si hay más lesiones de una u otra pierna según la lateralidad en el fútbol, y en el género femenino, por lo que es difícil poder sacar conclusiones a nivel de incidencia lesional y son necesarias más investigaciones al respecto.

4. Mecanismo lesional

Boden⁽⁷⁾ y Hewett⁽⁹⁾ describieron 3 mecanismos lesionales del LCA:

- Contacto directo: persona u objeto que golpea directamente la rodilla
- Contacto indirecto: persona u objeto que golpea otra parte del cuerpo del sujeto, causando fuerzas excesivas que se transfieren a la rodilla
- No-contacto: suceden por desaceleraciones y/o cambios de dirección (COD) donde las fuerzas de estos movimientos son aplicadas directamente sobre la rodilla, a menudo por descoordinación neuromuscular de las estructuras alrededor de la rodilla

La mayoría de las lesiones por no-contacto ocurren en las desaceleraciones repentinas antes de un COD y en el aterrizaje posterior a un salto⁽⁷⁾⁽⁹⁾⁽²¹⁾. Otros mecanismos incluyen la hiperextensión⁽⁷⁾ y la hiperflexión de rodilla⁽²²⁾.

El estudio de Lucarno et al⁽²¹⁾ describió los mecanismos lesionales en mujeres futbolistas a partir de video análisis. En este se observaron que el 88% de roturas del LCA ocurrían sin contacto directo con la rodilla. De las cuales el 34% era por contacto indirecto mientras que el 54% eran sin contacto. Esto sugiere que una alta proporción de lesiones de LCA en mujeres pueden ser prevenidas si se tiene la suficiente habilidad neuromuscular para desacelerar antes de realizar un COD⁽²¹⁾.

Parece ser que muchas lesiones del LCA ocurren mientras se está defendiendo. Lucarno⁽²¹⁾ observaron que dos tercios de las mujeres se lesionaban en acciones presionando o realizando entradas a una oponente.

5. Factores de riesgo de la lesión del LCA

Bisciotti et al⁽¹⁸⁾ divide los factores de riesgo entre modificables y no-modificables⁽¹⁸⁾.

A continuación, describimos los factores de riesgo según esta última clasificación.

5.1. Factores de riesgo no-modificables

Anatómicos

Las mujeres en comparación a los hombres muestran mayor tendencia a:

- Angulo-Q incrementado: es el ángulo resultado del cruce de líneas entre el eje del cuádriceps y el eje del tendón rotuliano⁽¹⁸⁾⁽²²⁾
- Espacio intercondilar estrecho asociado a un LCA pequeño. Aunque hay controversia entre los estudios en considerarlo predictor de lesión del LCA⁽⁷⁾⁽¹⁸⁾

- Pronación de la articulación subastragalina aumentando la translación anterior de la tibia respecto al fémur incrementando la tensión sobre el LCA⁽⁷⁾
- Hiperextensión de rodilla⁽⁷⁾
- *Posterior tibial slope* incrementado: provoca una anteriorización de la tibia respecto al fémur aumentando el estrés sobre el ligamento⁽⁷⁾⁽¹⁸⁾
- Laxitud articular general y refuerzo muscular: estudios previos han demostrado que las mujeres tienen mayor laxitud de rodilla en comparación a la población masculina, aun cuando hay consciencia de CNM (+27%) y cuando está absente (+16%). Los estudios de Scerpella, y también de Shultz, han observado mayor varo-valgo y laxitud interna en la rodilla femenina⁽¹⁸⁾.

Genéticos

En los últimos 20 años muchos estudios se han focalizado en la genética como factor de riesgo predisponente en una lesión del LCA.

- Asociación genética: varios estudios han asociado que alteraciones en los factores genéticos relacionados con la síntesis y remodelación del colágeno en los ligamentos podrían incrementar el riesgo de lesión del LCA⁽¹⁸⁾.
- Predisposición familiar: los estudios de Flynn et al y Posthumus et al encontraron que lesionados del LCA tenían de 2 a 4 veces más posibilidades de tener familiares que la hubieran sufrido esta lesión⁽¹⁸⁾.

Aun así, una revisión sistemática del 2016 -John et al- indicaba que más del 90% de los estudios que examinaban la predisposición genética a la ruptura del LCA eran sobre población Surafricana o Polonesa. A la vez sólo se había estudiado la población masculina y, por esa razón, no eran representativos de la población mundial⁽¹⁸⁾. En consecuencia, actualmente hace falta más investigación incluyendo mayores muestras representativas de la población mundial y, sobre todo, de ambos géneros⁽¹⁸⁾.

Género y hormonas

En el LCA hay presencia de receptores de estrógeno y progesterona. Estas hormonas pueden influenciar sobre la matriz del LCA alterando su composición y, en consecuencia, las propiedades mecánicas del ligamento⁽¹⁸⁾.

Zazulak et al describe que las fluctuaciones hormonales pueden incrementar el riesgo de lesión del LCA al influir en la laxitud anteroposterior de la rodilla⁽¹⁸⁾. En el Hunt Valley Meeting de 2005⁽¹⁸⁾ se determinó que las fases dónde había mayor riesgo de lesión del LCA era al inicio y final de las fases foliculares. No obstante, Shafiei et al

2016 opina que la dificultad al comparar estudios en esta línea de investigación radica en la definición clara de las fases del ciclo menstrual y en determinar el nivel hormonal exacto⁽¹⁸⁾.

La diferencia entre géneros en la frecuencia de lesiones del LCA se vincula, en parte, al crecimiento durante la pubertad: en chicas suele ser de los 12 a los 14 años y en chicos de los 14 a los 16 años, según Shea y Renstrom⁽¹⁸⁾. Inmediatamente posterior al pico de crecimiento, las chicas muestran mayor frecuencia lesional del LCA que los chicos⁽¹⁸⁾. Además del rápido crecimiento óseo, la masa corporal también aumenta con lo que los brazos de palanca en articulaciones como la rodilla son mayores. Este hecho puede provocar dificultades en el control muscular CNM y el equilibrio del cuerpo especialmente en movimientos rápidos, aterrizajes posteriores a un salto y/o COD, de acuerdo con Gray et al⁽¹⁸⁾. Acciones pueden requerir de mayor fuerza y potencia musculares según Bojicic et al⁽¹⁸⁾.

En el caso de los chicos el incremento de los niveles de testosterona aumentaría los niveles de fuerza y potencia muscular⁽¹⁸⁾. Por el contrario, las chicas no experimentan este fuerte aumento por las diferencias hormonales⁽¹⁸⁾. Esto podría explicar la mayor frecuencia de lesiones de LCA en chicas durante la pubertad, según Hewett⁽¹⁸⁾.

Lesión del LCA como factor de riesgo

Una RLCA es un factor de riesgo importante de recidiva en la rodilla homolateral (HL) o la contralateral (CL)⁽¹²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁸⁾. Como se ha mencionado, Collings et al⁽¹³⁾ considera que es el mayor factor de riesgo de lesión de este ligamento.

- El riesgo de recidiva del LCA es significativamente mayor en jóvenes entre 10-19 años⁽¹⁶⁾
- Según Dekker, el 29,5% se rompen de nuevo el LCA durante los 2 años posteriores a volver al deporte⁽¹⁶⁾
- Según Orchard et al⁽¹⁸⁾ durante los primeros 12 meses a una RCLA, se tiene 11 veces mayor riesgo de recidiva y de ruptura del LCA CL. Los mismos autores demostraban que a partir del 13º mes se reducía un 4,4% el riesgo de recidiva.
- Paterno et al⁽¹⁸⁾ describía que el riesgo de recidiva podía ser de 15 veces mayor que una primera lesión del LCA. También describía que las mujeres deportistas eran 4 veces más propensas a una recidiva del LCA HL y 6 veces más riesgo de lesión del LCA CL en comparación con los hombres deportistas. En este contexto,

Weight opina que las roturas del LCA CL son casi el doble de probables que en la HL (11,8% vs. 5,8% respectivamente)⁽¹⁸⁾.

El riesgo de recidiva en deportistas con RLCA previas puede ser explicado por:

- Un retorno al deporte demasiado prematuro⁽¹⁸⁾
- Una incorrecta transición entre la fase de rehabilitación y la fase de rendimiento deportivo⁽¹⁸⁾
- La tentación de los jugadores de demostrar y probar delante del entrenador y staff técnico que están preparados/as⁽¹⁸⁾
- Una alteración en la propiocepción y cinemática de la articulación posterior a un largo periodo de recuperación⁽¹⁸⁾
- Patrones motores que favorecen la pierna no-lesionada durante los 2 años posteriores a la RLCA, aumentando el riesgo de recidiva según Paterno et al⁽¹⁰⁾.
- Las lesiones concomitantes -menisco, ligamento colateral medial, y lesiones condrales- pueden aumentar la vulnerabilidad articular a las cargas funcionales⁽¹⁸⁾
- La cirugía: una plastia del LCA fuera del ángulo de inclinación (50°-60°) y/o una incorrecta localización del túnel tibial representa otro importante factor de riesgo
- Un estilo de juego agresivo puede ser otro factor de riesgo para la recidiva⁽¹⁸⁾

Otros factores no-modificables: fatiga

La fatiga es considerada por algunos autores como factor de riesgo de lesión del LCA ya que puede alterar el CNM⁽¹⁸⁾, disminuyendo los grados de flexión de caderas y rodillas, aumentando la aducción de cadera y el valgo dinámico de rodilla⁽²³⁾. Bisciotti et al⁽¹⁸⁾ clasifican la fatiga como factor no-modificable ya que, independientemente de la condición física del deportista, posterior a sus esfuerzos y cargas físicas tendrán como resultado final un estado de fatigabilidad.

5.2. Factores de riesgo modificables

Ambiente, condiciones climatológicas y características del terreno de juego

En los estudios de Orchard et al⁽¹⁸⁾⁽²⁴⁾ describían que en condiciones de bajas temperaturas había menor riesgo lesional en rodillas y tobillos -incluidas las lesiones del LCA- en exteriores y con césped natural o artificial. Por la contra, una alta evaporación y la sequedad del terreno de juego puede aumentar esta fricción y el índice torsional (IT) de las botas pudiendo incrementar las lesiones del LCA⁽²²⁾. Las

condiciones de humedad y lluvia pueden reducir la fricción y la tracción de las botas afectando el control del equilibrio⁽¹⁸⁾⁽²⁴⁾.

Césped natural y artificial

Actualmente existen 3 generaciones de césped artificial. El césped de 1ª generación (1G) apareció durante los años 60 y contaba con ciertas limitaciones. En los 80 apareció la 2ª generación (2G) de césped con nuevas fibras tejidas de hasta 30mm y la inserción de arena de sílice como material de relleno. La 3ª generación (3G) apareció durante los años 90 y fue un cambio real adaptando la superficie de juego específicamente al fútbol. Tiene fibras más altas y separadas además de gránulos que amortiguan los impactos⁽²⁵⁾. Estas características ayudaron a mejorar el bote del balón -pareciéndose al césped natural-, evitando quemaduras y un ahorro de energía de los futbolistas evitando lesiones musculares⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾.

En el caso del césped natural, es importante remarcar que pequeños cambios según la variedad, el crecimiento lateral de la raíz, la formación de paja, y/o la altura del césped, son capaces de influir fuertemente sobre la interacción bota-superficie y potencialmente incrementar el riesgo de lesión LCA⁽¹⁸⁾.

Diversos autores han comparado la frecuencia lesional del LCA en césped artificial comparado con el césped natural. En general, el césped artificial muestra mayor tracción bota-superficie y mayores fuerzas de impacto durante las desaceleraciones debido a su mayor dureza pudiendo incrementar el riesgo de lesión del LCA⁽²²⁾⁽²⁴⁾. Aunque parece ser que hay una incidencia mayor de lesiones del LCA en terrenos sintéticos⁽¹⁸⁾, hoy en día, la literatura todavía no es conclusiva al respecto y falta mayor investigación para clarificar el efecto dependiendo del tipo de césped con las lesiones del LCA en particular⁽¹⁸⁾.

Botas y tipos de suelas

Los tacos están considerados la herramienta más importante de los futbolistas, proporcionando suficiente tracción para evitar resbalar, y a la vez facilitan los COD⁽²⁷⁾. De todos modos, el hecho de clavarse en el césped puede provocar lesiones por sobreestiramiento⁽²⁷⁾. Actualmente hay básicamente 5 tipos de suelas con su distintivo -presentado entre paréntesis-⁽²⁷⁾: *turf* (TF) y/o *multi-taco* (MG), *césped artificial* (AG), *suelo duro* (HG), *suelo firme* (FG), *suelo blando* (SG). En la Tabla 1 se describen los 5 tipos de suelas de bota según el campo indicado, características, materiales y tipos de tacos⁽²⁷⁾.

Un alto índice torsional (IT) de las suelas de las botas con la superficie de juego es un importante factor de riesgo de la lesión del LCA⁽¹⁸⁾⁽²⁴⁾. Este índice está compuesto por: la forma y el número de tacos; el modelo de bota usada; las condiciones de la superficie del terreno de juego (natural/artificial, variedad del césped, condiciones ambientales, etc.). El césped natural muestra un menor IT respecto al artificial en todos los modelos de bota, según Galbusera et al⁽¹⁸⁾.

En general los futbolistas escogen sus botas por confort, estabilidad y diseño exterior⁽¹⁸⁾, cuando el primer criterio debería ser la protección contra las lesiones. Cada futbolista debería disponer de una selección de botas según las características del terreno de juego⁽¹⁸⁾.

Masa corporal

La masa corporal y el índice de masa corporal (IMC) adquieren importancia ya que, según Uhorchak et al⁽¹⁸⁾ y Hewett et al⁽⁹⁾, tener sobrepeso y/o tener un alto IMC está asociado a mayor riesgo de lesión del LCA.

Control Neuromuscular

Según Griffin et al, el CNM hace referencia a la activación inconsciente del control alrededor de una articulación en respuesta a un estímulo sensitivo⁽²²⁾. Este sistema de CNM genera movimiento y determina la biomecánica de las acciones de juego⁽²²⁾. Varios autores describen que una estabilización dinámica por vía de este sistema ayuda a proteger la articulación de la rodilla durante las acciones deportivas⁽²²⁾. Por lo que la relación muscular agonista-antagonista es crucial para una buena estabilidad articular⁽²²⁾.

Desequilibrios en la fuerza relativa y reclutamiento muscular

Déficits en la fuerza muscular de las extremidades inferiores (EEII) pueden estar asociados a factores de riesgo biomecánicos de LCA⁽¹⁷⁾. La debilidad de los isquiotibiales, su contracción alterada o lenta y/o una alterada relación cuádriceps e isquiotibiales son un importante factor de riesgo en la integridad del LCA⁽¹⁸⁾. La debilidad de la musculatura de la cadera, en todos sus planos, está asociada a un mayor valgo dinámico de rodilla durante un aterrizaje a una pierna en mujeres según Dix 2019⁽¹⁷⁾. A la vez, los abductores de cadera y los isquiotibiales pueden ser importantes para frenar la tensión sobre el LCA durante COD, aplicando fuerzas en varo de rodilla o fuerzas posteriores sobre la rodilla respectivamente⁽¹⁷⁾.

Una dominancia del cuádriceps puede provocar que los aterrizajes posteriores a los saltos tengan una mayor rigidez, por falta de flexión de rodillas y cadera, incrementando la tensión y riesgo de lesión del LCA⁽⁷⁾⁽²⁸⁾.

Factores Neurocognitivos

Diekfuss et al⁽²⁹⁾ en su estudio prospectivo valoraron vía resonancia magnética nuclear la conectividad funcional del sistema nervioso central en 57 chicas futbolistas de 15-16 años. De estas, 2 sufrieron posteriormente lesiones por no-contacto del LCA y 8 no-lesionadas mostraban resultados compatibles con las lesionadas. Observaron que las jugadoras sin lesión exhibían una fuerte conexión funcional entre el área cortical sensoriomotora y el área del cerebelo responsable del equilibrio y la coordinación. Aunque la muestra del estudio fue pequeña y requiere de mayor investigación, estos hallazgos aportan evidencia de un posible biomarcador neural como factor de riesgo de esta lesión. Con lo que desarrollar y aplicar estrategias de biorretroalimentación que promuevan la neuroplasticidad adaptativa en reducir errores de coordinación y riesgo de lesiones puede ser de gran utilidad⁽²⁹⁾.

Otros factores modificables:

Una restricción de movilidad en caderas y tobillos puede conllevar mayores cargas sobre las rodillas e incrementar el riesgo de lesión del LCA⁽¹²⁾⁽¹³⁾. En el metaanálisis de Lima et al encuentran que la falta de flexión dorsal de tobillo se asocia con un valgo dinámico de rodilla⁽¹³⁾. Mejorar esta restricción de la movilidad podría ayudar a prevenir lesiones del LCA⁽¹²⁾.

6. Programas de prevención de la lesión del LCA en el fútbol

Los programas de prevención (PP) pueden ser desarrollados con el objetivo de modificar los factores de riesgo de la lesión del LCA⁽¹²⁾⁽²²⁾, y valorar la eficacia de la estrategia preventiva según se modifiquen estos factores antes analizados⁽¹²⁾.

La mayoría de los PP utilizan el ejercicio físico como estrategia preventiva⁽¹⁾⁽¹²⁾⁽³⁰⁾. La revisión sistemática de Olivares et al⁽¹²⁾ describe que las estrategias preventivas basadas en ejercicio pueden ser efectivas para reducir la incidencia de lesiones del LCA y mitigar los factores de riesgo de esta lesión en futbolistas adultos. Estos se basan mayormente en trabajar las deficiencias biomecánicas incluyendo en pretemporada y dentro de la temporada: ejercicios de fuerza muscular, pliometría, agilidad, técnica correcta de aterrizaje de saltos y COD, propiocepción, control

proximal y abordando los patrones de movimiento patocinemático más comunes asociados con los mecanismos de lesión del LCA⁽¹⁾⁽¹²⁾⁽¹⁸⁾⁽³⁰⁾⁽³¹⁾.

Programas basados en calentamientos antes de los entrenamientos y/o partidos como son el *FIFA 11+* y *PEP program* parecen ser efectivos y factibles en reducir la incidencia de lesiones del LCA en el contexto de los equipos de fútbol a nivel de elite⁽¹²⁾⁽³¹⁾. Los equipos recreacionales y/o subelite que realizan el programa *FIFA 11+* pueden reducir las lesiones de isquiotibiales un 60%, Cadera/pubalgia 41%, tobillo 32%, y finalmente rodilla un 41% de acuerdo con el metaanálisis de Thorborg et al⁽³¹⁾. Otros PP como el de Dos'Santos⁽¹²⁾ para la modificación de la técnica *TM-based programme* se mostró efectivo en la mejora del rendimiento y calidad de movimiento durante los COD. Sin embargo, solo el 10% de las asociaciones y miembros de la FIFA implementan el programa *FIFA 11+*⁽¹²⁾. Esto puede ser explicado por su consumo de tiempo, el aburrimiento asociado al programa, la fatiga y las agujetas que provoca -la 2ª parte del programa-⁽¹²⁾.

Si los PP de la lesión del LCA son efectivos, entonces el desafío está en identificar y sobreponerse a los factores que podrían estar limitando su aplicación clínica de esta evidencia científica⁽⁴⁾. Factores como:

- Un operador o encargado de supervisar las deportistas y asegurar la técnica correcta de los ejercicios propuestos. La mayoría de las investigaciones apoyan esta intervención⁽²⁸⁾, aunque esto puede ser visto como un trabajo laborioso y requerir mucho tiempo⁽⁴⁾.
- La preocupación en la elaboración de los programas debe focalizarse en el diseño, la implementación e incentivar su adherencia para asegurar sus efectos profilácticos⁽⁴⁾⁽²⁸⁾.

Adicionalmente otros componentes de los PP de la lesión del LCA exitosos incluyen la viabilidad socioeconómica, especificidad deportiva, competencia fisiológica, como también estrategias neurocognitivas y psicológicas con relación al aumento de confianza y reducción del miedo⁽¹⁾. Pese a tener todos estos factores en consideración, los PP con mayor efectividad carecen de muestras grandes⁽⁴⁾.

La incapacidad de que surja un PP de referencia con el soporte de la evidencia clínica lleva a la cuestión de si es posible desarrollar un PP universal de lesiones de rodilla⁽²⁸⁾. Dado que se enfocan en uno o varios déficits biomecánicos, diferentes combinaciones

de estos entre las deportistas podrían necesitar una individualización⁽²⁸⁾. En este sentido sería importante identificar a los sujetos con riesgo de lesión por no-contacto del LCA, para trabajar sus factores de riesgo modificables, evaluándolos previa y posteriormente a la aplicación de una estrategia preventiva⁽⁹⁾⁽¹⁷⁾⁽²⁸⁾. Tener una batería estandarizada de pruebas capaces de identificar los déficits biomecánicos de cada deportista sería fundamental para poderlos trabajar posteriormente⁽²⁸⁾.

7. Detección de factores de riesgo lesional

7.1. Pruebas de cribaje o tests de screening

La identificación de factores de riesgo biomecánicos obtiene mayor importancia y atención por la posibilidad de modificación de estos, especialmente en los programas de prevención de lesiones⁽²⁸⁾. Es por ello por lo que la mayoría de las pruebas de cribaje analizan la biomecánica de los deportistas durante movimientos específicos⁽²⁸⁾.

La prueba gold standard para la valoración biomecánica del deportista es utilizando el video análisis en 3 dimensiones (3D), pero este es un método caro que consume mucho tiempo y requiere de especialización⁽²⁸⁾. Dingenen et al encontraron que la valoración en 2 dimensiones es más económica y menos demandante técnicamente, y se han encontrado correlaciones con la valoración en 3D⁽²⁸⁾, aunque no es un sustituto idéntico y hay mediciones que no son posibles. Además del video análisis existen herramientas de análisis como:

- Landing Error Score System (LESS) valora la calidad de movimiento del aterrizaje de un salto, normalmente con la prueba de Drop Jump, puntuando 17 ítems según mayor o menor riesgo lesional, propuesta por Padua et al⁽²⁸⁾.
- Cutting Movement Assessment Score (CMAS) valora la calidad de movimiento durante un COD de 70° o 90°, dando una puntuación sobre 12. Clasificando como bajo riesgo puntuaciones inferiores a 3, y alto riesgo por encima de 7 sobre 12 puntos⁽³²⁾. Dos'Santos et al⁽³²⁾ encontraron que esta prueba tenía correlación con un momento abductor de rodilla (KAM) incrementado.
- Nomogram: Myer et al⁽³³⁾ desarrolló esta herramienta validada y usada en clínica para la identificación de un KAM en aterrizajes posteriores a un salto. Esta valora la longitud tibial, el valgo de rodilla, la flexión de rodilla, la masa corporal y la activación Isquiotibial/Cuádriceps durante la prueba Drop Jump.

Apreciación sobre las pruebas de screening:

El coste económico y la disponibilidad de recursos es una barrera para implementar estas pruebas. De acuerdo con Hewett et al 2016, las lesiones del LCA ocurren en mecanismos multiplanares por lo cual valorar estos movimientos en un entorno clínico y no-competitivo se hace complejo⁽²⁸⁾.

Una importante limitación de las pruebas LESS y CMAS es que cada elemento que valora la calidad de movimiento tiene la misma puntuación cuando en realidad algunos de ellos pueden tener mayor importancia en el riesgo de lesión⁽²⁸⁾. Por esta razón deberían ser específicas del deporte y edad (prepuberal o post puberal como mínimo)⁽²⁸⁾. Por todo ello, Kyritsis et al y Grindem et al proponen la medición de varias características físicas, además de pruebas biomecánicas, ya que pueden proporcionar una mejor estimación del riesgo de lesión que una única prueba⁽¹⁷⁾.

7.2. Batería de pruebas de cribaje del proyecto de investigación

Para la elaboración de nuestra batería de pruebas de cribaje y de acuerdo con los factores de riesgo descritos en la literatura creemos que esta debe incluir la valoración de factores de riesgo epidemiológicos, anatómicos, antropométricos, hormonales, niveles de fuerza, neuromusculares y biomecánicos. La elección de estas pruebas se ha hecho teniendo presente su validación científica, la facilidad de implementación y la viabilidad económica.

A nivel epidemiológico creemos que es importante recopilar datos estadísticos relacionados con la edad, categoría deportiva, historial lesional, antecedentes familiares de lesión del LCA, posición en el campo, y tipo de botas usadas.

A nivel hormonal hacer una aproximación a las fluctuaciones hormonales del ciclo menstrual, como a la vez la existencia de problemas hormonales y la toma de anticonceptivos hormonales.

A nivel anatómico no puede faltar una valoración del IMC, la laxitud articular, y una valoración del ángulo-Q. A la vez, valorar las posibles restricciones de movimiento articular, y una valoración antropométrica de la musculatura del muslo por su importancia sobre el control de la rodilla.

Una valoración de los niveles de fuerza muscular de isquiotibiales, cuádriceps y abductores se debe incluir dentro de la batería. Por su importancia en la estabilidad de

la rodilla⁽¹⁰⁾ y control de déficits de fuerza relacionados con los factores de riesgo biomecánicos del LCA⁽¹⁷⁾.

A nivel de CNM y biomecánica creemos que es importante poder hacer una valoración de la calidad de movimiento durante los COD, ya que parece ser que las mujeres suelen lesionarse el LCA con mayor frecuencia durante estos gestos deportivos.

Finalmente, creemos necesaria una valoración de la simetría funcional entre EEII obteniendo un índice de simetría que nos permita ver posibles déficits relacionados con el control neuromuscular CNM, la fuerza y la fatiga muscular. En este caso, las pruebas de saltos unipodales se usan comúnmente para evaluar la función de las EEII, sobre todo en lesiones de rodilla como LCA y están diseñadas para simular las demandas físicas a alto nivel⁽¹⁰⁾.

OBJETIVOS

Primer objetivo:

Conocer los factores de riesgo epidemiológicos, ambientales, antropométricos, anatómicos, hormonales, neuromusculares y biomecánicos de las lesiones del LCA en jugadoras de 14 a 40 años que practiquen el fútbol 11 femenino.

Segundo objetivo:

De acuerdo con la incidencia lesional encontrada y la manifestación de los factores de riesgo analizados obtener un perfil de riesgo lesional estadístico que permita crear una futura herramienta de valoración clínica con características físicas y biomecánicas.

MATERIAL Y MÉTODO

Este proyecto de investigación pretende realizar un estudio prospectivo de cohortes donde se hará un cribaje masivo a jugadoras de fútbol 11 y un posterior seguimiento de incidencia lesional durante 8 meses dentro de una temporada. Se involucrarán todos los clubes de la comarca de Barcelona dentro de la Federación Catalana de Fútbol (FCF) con equipos de fútbol femenino dispuestos a colaborar.

- **Charlas:** para ello, se efectuarán charlas informativas sobre el proyecto y la lesión del LCA para captar equipos y jugadoras. Estas charlas irán a cargo del investigador principal (IP) y un traumatólogo investigador (TI) de la Mutualidad de Futbolistas Españoles dentro de la delegación catalana (MFEDC). Estarán dirigidas a los representantes de los clubes -presidentes, encargados de sección

y/o entrenadores-, donde se explicarán conceptos sobre: el LCA, incidencia lesional, recidivas y la necesidad de la investigación para realizar estrategias de prevención.

- **Muestra:** para la muestra se seleccionarán jugadoras de fútbol 11 federadas, que estén en activo jugando dentro de la provincia de Barcelona, con edades entre los 14 a 40 años. Los criterios de exclusión serán jugadoras sin edad menstrual, amenorrea, embarazadas o en periodo de lactancia, con baja médica y deportiva, sin lesiones los últimos 6 meses previos a la evaluación (septiembre a octubre 2023), que nunca hayan sufrido lesiones del LCA, y sin cirugías previas de rodilla o EEII. En el caso de haber sido evaluada y lesionarse antes del inicio del seguimiento, será también criterio de exclusión.

El motivo por el cual se excluye un factor de riesgo como es el haber sufrido una lesión del LCA⁽¹³⁾⁽¹⁸⁾ es porqué, de acuerdo con Paterno et al⁽¹⁰⁾, los patrones de movimiento de las EEII pueden estar alterados durante los dos años posteriores a la cirugía de LCA. Con el afán de evitar sesgos en las evaluaciones de las futbolistas se ha decidido que sea un motivo de exclusión.

En la comarca de Barcelona hay 67 equipos de fútbol femenino con un total de 1418 jugadoras de fútbol entre 14-40 años según los últimos datos estadísticos durante la temporada 2022-23 de la FCF. Creemos que, según la captación y los criterios de exclusión, sería posible obtener una muestra alrededor del 30% de estas jugadoras que equivaldría a 426 futbolistas. Ver la Tabla 2: jugadoras y evaluaciones.

- **Equipo investigador:** el equipo investigador estará compuesto por un IP fisioterapeuta, un traumatólogo investigador (TI), una estadística investigadora (EI), y un grupo de 5 evaluadores fisioterapeutas de la MFED además del IP como 6º evaluador. Ver anexo para la descripción de funciones de cada miembro.
- **Financiación:** la financiación será por medios propios de la MFEDC.
- **Centros de evaluación:** previamente a las valoraciones se formará a todo el equipo de evaluadores para familiarizarse con la batería de pruebas de cribaje y protocolo de recopilación de datos. Se establecerán 3 centros de evaluación perfectamente estandarizados y protocolizados. Cada centro dispondrá de 2 evaluadores para realizar la batería de pruebas de cribaje y recopilar sus resultados. Estos datos se

guardarán en una unidad compartida en la base de datos de Google drive para su posterior análisis.

- Evaluación de las futbolistas: estas evaluaciones constan de cuestionarios online y pruebas físicas de cribaje. Los cuestionarios online iniciales de información estadística se mandarán previamente a las pruebas físicas para ser contestados. Las pruebas físicas se llevarán a cabo en los 3 centros de evaluación situados dentro de la provincia de Barcelona. Se citará a cada futbolista en uno de los centros dónde uno de los evaluadores le realizará la batería de pruebas de forma individualizada. Según la muestra estimada, el número total de evaluaciones individuales ascendería a 71 jugadoras/evaluador durante 2 meses, realizando entre 9-10 evaluaciones/semana. Ver la Tabla 2: jugadoras y evaluaciones.
- Registro de incidencia lesional: el seguimiento y registro de incidencia lesional será durante 8 meses, iniciándose en noviembre de 2023 hasta finales de junio de 2024. En caso de que una jugadora se lesione el LCA, el club informará de la lesión al equipo investigador. Entonces el IP contactará vía telefónica con la futbolista para contestar un cuestionario de incidencia de lesión del LCA (ver anexo).
- Análisis resultados, discusión y conclusiones: terminado el seguimiento lesional el IP, el TI y la EI analizarán todos los datos registrados para la confección de los resultados, discusión y conclusiones del proyecto de estudio de investigación. Este proyecto de investigación quiere ser un estudio piloto para realizar dentro de la comarca de Barcelona inicialmente. Realizada la investigación y valorada su viabilidad, se quiere aumentar la muestra para obtener un perfil de riesgo lesional que permita crear una futura herramienta de valoración clínica con características físicas y biomecánicas. Para ello se dará continuidad al proyecto extrapolando la investigación a otras provincias y comunidades autónomas con la ayuda de las diferentes delegaciones de la Mutualidad de Futbolistas Españoles. El objeto final es poder tener una imagen más clara de los factores de riesgo de la lesión del LCA en el fútbol 11 femenino español para poder ejecutar estrategias preventivas de la lesión del LCA con mayor eficacia y eficiencia.
- Gestión de datos personales y razonamiento bioético: el modelo de información que será proporcionada a las participantes, el tipo de Consentimiento informado que se solicitará, y una hoja de renuncia se pueden consultar en el anexo. Con la

firma del Consentimiento informado las participantes cederán voluntariamente sus datos personales que serán tratados tal como indica el reglamento general de protección de datos (RGPD, Reglamento (UE) 2016/679). El IP será el único con acceso a estos datos en concreto, y otorgará un número de identificación a cada futbolista para su evaluación y seguimiento durante el estudio.

Cada miembro del grupo investigador firmará un certificado conforme las recomendaciones de buena práctica clínica, según la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (15 de enero de 2011) y a la normativa legal aplicable (ver anexo). El proyecto de investigación será presentado y evaluado por un comité de Bioética del Hospital Quirónsalud de Barcelona para obtener su aprobación antes iniciar la investigación.

PLAN DE TRABAJO

1. Descripción de las fases del proyecto de investigación

A continuación, las fases del proyecto de investigación y sus fechas de ejecución:

- Evaluación comité de Bioética: abril de 2023
- Formación para el equipo de evaluadores: de mayo a julio 2023
- Charlas con los clubes: de mayo a julio de 2023
- Evaluaciones: mes de septiembre y octubre de 2023
- Seguimiento y registro de incidencia lesional: temporada 2023-24, de noviembre de 2023 a final de junio de 2024
- Análisis resultados, discusión y conclusiones: de julio a octubre de 2024

2. Detección alto riesgo lesional

2.1. Pruebas de cribaje del proyecto

Con el objetivo de valorar los factores de riesgo de las mujeres futbolistas a continuación, describiremos la batería de pruebas de cribaje que hemos escogido para realizar en nuestro proyecto de investigación.

Obtención de información de cada futbolista a través de un cuestionario online inicial de información estadística elaborado con Google forms (ver anexo). En este se preguntará por: el nombre y apellidos, edad actual, categoría deportiva, historial de lesiones, antecedentes familiares de lesión LCA, regularidad del ciclo menstrual, problemas hormonales, lateralidad de piernas y manos, posición en el campo, y tipo

de botas que utiliza actualmente. Seguidamente, describimos las pruebas físicas y funcionales de forma presencial con las jugadoras.

Anatómicas/Estructural

- Peso y altura para el índice de masa corporal (kg / m²): usando una balanza y un medidor de altura calibrados.
- Laxitud articular según la escala de Beighton: esta escala de 9 puntos es la más utilizada para determinar si una persona tiene laxitud⁽³⁴⁾. Se adjudica 1 punto en cada situación descrita a continuación: hiperextensión del 5º dedo de la mano mayor de 90º (derecha e izquierda); hiperextensión del codo mayor de 10º (derecho e izquierdo); hiperextensión de rodilla mayor de 10º (derecha e izquierda); aducción del pulgar hasta el punto de contactar con el antebrazo (derecho e izquierdo); habilidad de flexionar la columna vertebral y poner las manos planas en el suelo con las rodillas estiradas.

Valoración: existe hiperlaxitud si en 4 o más articulaciones dan positivo: rígido 0 puntos; normalidad 1-3 puntos; laxitud 4-8 puntos; hiperlaxitud 9 puntos; hiperlaxitud en niños/as 4 o más puntos (ver Figura 1).

- Ángulo-Q: valora el valgo de rodilla y disfunciones rotulianas⁽³⁵⁾. Esta prueba valora el ángulo entre el eje espina ilíaca anterosuperior (EIAS) con el centro de la rótula y el eje tuberosidad tibial anterior (TTA) con el centro de la rótula, según la descripción de Smith et al⁽³⁵⁾. Con la futbolista en decúbito supino y rodilla extendida, se utiliza un goniómetro convencional para la medición. Horton y Hall reportan que en condiciones normales las mujeres y hombres tienen un ángulo-Q de 16º y 12º, respectivamente⁽³⁵⁾. Ángulos superiores a 17º indica subluxación de rótula o aumento de la antetorsión femoral, un valgo de rodilla estructural. Ángulos inferiores a 12º se asocia a una disfunción femororotuliana o rótula alta⁽³⁵⁾.
- Balance articular de las EEII: con el uso de un goniómetro se valora
 - Cadera: se valoran flexión, extensión, abducción-aducción y rotaciones interna/externa
 - Rodilla: flexión-extensión, rotación interna/externa y movilidad de la rótula
 - Flexión dorsal del pie: medición articular con el peso corporal a través del test de Lunge o Weight-bearing lunge (WBLT), ya que a nivel funcional es más representativo durante actividades de la vida diaria de acuerdo con Hoch et al

y Terada et al⁽³⁶⁾. Esta valoración se realiza con el paciente de pie enfrente de una puerta o pared, sin zócalo, con los dedos del pie de valoración detrás de 2 líneas de valoración: a 5 cm y a 10 cm de la pared. La otra pierna, se colocará por detrás en posición cómoda. El sujeto flexiona la rodilla buscando tocar la pared con esta, realizando una flexión dorsal en carga, y manteniendo el pie de valoración plano durante todo el test sin levantar el talón (ver Figura 2). Si la rodilla no toca la pared o se levanta el talón indica que la flexión dorsal está limitada, a 10 cm, o muy limitada a 5 cm. Se realiza el test para cada tobillo. Esta prueba ha demostrado tener una buena fiabilidad inter e intra-evaluador⁽³⁶⁾.

- Balace muscular: medición perimetral global de los muslos del sujeto puede conllevar a errores si se quiere medir realmente el volumen muscular al involucrar musculatura, piel, grasa, fascias y hueso⁽³⁷⁾. Sin embargo, el objetivo es ver si hay diferencias en el volumen general de cada pierna. Se realiza con una cinta métrica sobre el punto medio entre el trocánter mayor y la interlínea de la rodilla al igual que para la valoración del pliegue cutáneo según ISAK⁽³⁸⁾.

Pruebas de fuerza muscular

Uso de un dinamómetro portable fijo, celda de carga fija en sus extremos, modelo SUIFF pro (Estel, S.L. Abrera, Barcelona, España) y el uso de cinchas para la valoración de la fuerza máxima isométrica (FMI) de los músculos descritos a continuación⁽¹⁰⁾.

- Fuerza Isquiotibiales: la futbolista en decúbito prono encima de una camilla, manos sujetándose en los bordes y los pies fuera de ella. Se registra la FMI con 30° de flexión de rodilla para cada pierna.
- Fuerza Cuádriceps: la futbolista en sedestación encima de una camilla, con las manos apoyadas, caderas flexionadas 90° y piernas colgando. Se registra la FMI a 60° de flexión de rodilla para cada pierna al realizar una extensión de rodilla.
- Abductores: la futbolista en decúbito contralateral encima de una camilla, manos por delante con una agarrándose en el borde de esta y la pierna a valorar arriba. Se registra la FMI con 10° de abducción de cadera para cada pierna.

En cada valoración de la FMI se utilizará un anclaje con el dinamómetro colocado en la pierna a evaluar justo 2 cm por encima del maléolo lateral conectado con una cincha

que estará fijada en la barra inferior de las patas de la camilla. Se adaptará la longitud de esta cincha según los grados de cada valoración (ver Figura 3).

Se realizarán 3 repeticiones de 3 segundos (seg), con descanso entre repeticiones de 30 seg según el protocolo de Van Melick⁽¹⁰⁾ para cada músculo comentado. Se registra la FMI media en kilogramos por cada músculo y pierna. Ratio de fuerza Isquiotibiales:Cuádriceps (RIC) se calculará al dividir la FMI de isquiotibiales con FMI de cuádriceps y llevado a porcentaje⁽³⁹⁾. De acuerdo con Kim y Hong, un RIC menor de 60% (<0,6) se considera un factor de riesgo de lesiones por no-contacto de las EEII⁽¹⁶⁾.

Pruebas de control neuromuscular: biomecánica y cinemática

▪ Batería de Hop tests de Gustavsson

Diseñadas per Gustavsson et al, las 3 pruebas de saltos unipodales nos sirven para valorar la simetría funcional de las extremidades inferiores⁽¹⁰⁾. Estas pruebas valoran el rendimiento de ejercicios de saltos y en condiciones de fatiga muscular con una alta fiabilidad, sensibilidad del 91% y precisión en el test-retest en lesionados del LCA⁽¹⁰⁾. Las pruebas de saltos Hop Test son (ver Figura 4):

- Vertical Jump o Salto Vertical: con las manos en la espalda, se realiza un salto máximo vertical con una pierna. Se mide la altura de salto (cm) con sistemas computarizados o aplicaciones móviles. En nuestro caso la valoración se hará con la aplicación para móviles iPhone llamada *MyJump2*. Con esta se puede calcular la altura de salto (cm) y la fuerza requerida a partir de la grabación y los tiempos de vuelo del salto. Esta aplicación a demostrado su validez y fiabilidad en comparación a la misma prueba realizada con plataformas de fuerza⁽⁴⁰⁾.
- Hop for distance o Distancia de un Único Salto: con las manos en la espalda, se realiza un salto con una pierna a la máxima distancia hacia delante. Se registra la distancia alcanzada donde haya llegado la punta del pie de salto de 3 intentos y se calculará la distancia media por cada pierna. Los intentos de salto serán válidos el aterrizaje final se mantiene el pie 2 seg en equilibrio unipodal. No serán válidos si: se toca el suelo con el otro pie antes de los 2 seg de mantenimiento; se toca el suelo con las manos; se pierde el equilibrio o se haga algún salto de más

- Side Hop o Saltos laterales: con dos líneas paralelas separadas 40 cm se realizan el máximo número de saltos unipodales, con las manos en la espalda, durante 30 seg. Se contabilizan el número de saltos con cada pierna descontando los saltos en que se toque las líneas durante el tiempo del test.

Con el registro de cada prueba y cada pierna se calcula el Índice de Simetría entre extremidades (LSI). Este es frecuentemente utilizado en las mediciones de la calidad de movimiento entre extremidades, el cuál es calculado dividiendo los registros de una extremidad con la otra y multiplicado por 100.

- Cutting movement assessment score (CMAS):

Una prueba de COD debe estar dentro una batería de tests de cribaje por la asociación de esta tarea deportiva como mecanismo lesional por no-contacto en lesiones de LCA, en especial en mujeres futbolistas⁽²¹⁾. CMAS es considerada una prueba de cribaje válida y fiable para identificar deportistas que generen un aumentado momento de abducción de rodilla (KAM) y una mecánica de COD de alto riesgo⁽³²⁾.

La prueba consiste en ejecutar una carrera de aproximación de 5 m en línea recta, seguida de la realización de un cambio de dirección de 90° y la posterior reacceleración en la nueva dirección hasta completar 3 m de nuevo. Se requiere de 4 conos -para la salida, punto de cambio de dirección y final del recorrido-, y 3 videocámaras -1 cámara para el plano frontal y 2 cámaras para el plano sagital/45° con visión del lado derecho e izquierdo del sujeto a evaluar. Se graba la realización de 3 COD de 90° por cada dirección -derecha e izquierda- (ver Figura 5). Registrados los intentos se valoran con un sistema descrito en la Tabla 3. Una puntuación menor de 3 puntos se considera de bajo riesgo lesional, mientras que mayor de 7 puntos como alto riesgo.

2.2. Orden de ejecución de la batería de pruebas

El IP mandará a cada futbolista el cuestionario online inicial de información estadística para ser contestado a través del móvil una semana antes de la sesión de pruebas físicas presenciales (ver anexo). Se asignará a cada futbolista un centro de evaluación y una cita para las pruebas de evaluación. Será obligatorio vestir pantalón corto, camiseta de manga corta, y zapatillas deportivas.

La sesión de pruebas físicas presenciales se iniciará con las pruebas pasivas: peso y altura, laxitud articular, medición del ángulo-Q, balance articular y balance muscular. Una vez finalizadas se hará un calentamiento de 15 minutos (min) antes de las pruebas activas de fuerza y control neuromuscular. Este consistirá en 5 min de bicicleta estática a un ritmo moderado, 2 min de ejercicios de movilidad articular, sentadillas bilaterales 10 repeticiones (rep), puente unilateral sobre un cajón de 30 cm unas 4-6 rep/pierna, y estiramientos balísticos de isquiotibiales-cuádriceps y abductores-aductores.

Se empezarán las pruebas activas con la batería de Hop tests de Gustavsson dejando probar previamente 1 intento/pierna y un descanso previo al inicio de la prueba de 1 min. Terminadas las pruebas de saltos se dejará descansar 1 min.

Seguidamente se registrarán las pruebas de FMI de pierna derecha e izquierda en el siguiente orden: abductores, isquiotibiales y, finalmente, cuádriceps.

Por último, se registrará la prueba CMAS, dejando probar un intento de COD derecho e izquierdo fuera de registro. Antes del inicio de la prueba la futbolista descansará durante 1 min.

Ver la plantilla de pruebas físicas para el registro individual en la Tabla 4, y la Base de datos para el registro estadístico de los factores de riesgo analizados en la Tabla 5 para crear un perfil de riesgo de lesión. Se estima un tiempo total de valoración de aproximadamente 45-60 min por futbolista.

BIBLIOGRAFIA

1. Silvers-Graneli H. Why female athletes injure their ACL's more frequently? What can we do to mitigate their risk? Vol. 16, International Journal of Sports Physical Therapy. North American Sports Medicine Institute; 2021. p. 971–7.
2. Bram JT, Magee LC, Mehta NN, Patel NM, Ganley TJ. Anterior Cruciate Ligament Injury Incidence in Adolescent Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. Vol. 49, American Journal of Sports Medicine. SAGE Publications Inc.; 2021. p. 1962–72.
3. Watson A, Mjaanes JM. Soccer injuries in children and adolescents. Vol. 144, Pediatrics. American Academy of Pediatrics; 2019.
4. Montalvo AM, Schneider DK, Silva PL, Yut L, Webster KE, Riley MA, et al. "What's my risk of sustaining an ACL injury while playing football (soccer)?" A systematic review with meta-analysis. Vol. 53, British Journal of Sports Medicine. BMJ Publishing Group; 2019. p. 1333–40.
5. Montalvo AM, Schneider DK, Yut L, Webster KE, Beynnon B, Kocher MS, et al. "what's my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?" A systematic review with meta-analysis. Vol. 53, British Journal of Sports Medicine. BMJ Publishing Group; 2019. p. 1003–12.
6. Ardern CL, Ekås G, Grindem H, Moksnes H, Anderson A, Chotel F, et al. 2018 International Olympic Committee consensus statement on prevention, diagnosis and management of paediatric anterior cruciate ligament (ACL) injuries. Vol. 26, Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. Springer Verlag; 2018. p. 989–1010.
7. Boden BP, Sheehan FT, Torg JS, Hewett TE. Non-contact ACL Injuries: Mechanisms and Risk Factors. J Am Acad Orthop Surg. 2010 Sep;18(9):520-7.
8. Beck NA, Lawrence JTR, Nordin JD, DeFor TA, Tompkins M. ACL tears in school-aged children and adolescents over 20 years. Pediatrics. 2017 Mar 1;139(3).
9. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. Vol. 34, American Journal of Sports Medicine. 2006. p. 299–311.
10. Van Melick N (2019). Return to play after anterior cruciate ligament reconstruction in pivoting athletes [Doctoral Thesis, Radboud University Medical Center (Nijmegen, The Netherlands)] Heesch, The Netherlands: Van Melick N, 2019. [Internet]. 2019 [cited 2023 Mar 13]. Available from: <https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/201196/201196.pdf>
11. Lai CCH, Ardern CL, Feller JA, Webster KE. Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes. In: British Journal of Sports Medicine. BMJ Publishing Group; 2018. p. 128–38.
12. Olivares-Jabalera J, Fíler-Ruger A, Dos'Santos T, Afonso J, Villa F della, Morente-Sánchez J, et al. Exercise-based training strategies to reduce the incidence or mitigate the risk factors of anterior cruciate ligament injury in adult football (Soccer) players: A systematic review. Vol. 18, International Journal of Environmental Research and Public Health. MDPI; 2021.
13. Collings TJ, Bourne MN, Barrett RS, du Moulin W, Hickey JT, Diamond LE. Risk Factors for Lower Limb Injury in Female Team Field and Court Sports: A Systematic Review, Meta-analysis, and Best Evidence Synthesis. Vol. 51,

- Sports Medicine. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2021. p. 759–76.
14. Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: An updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sports Med.* 2014 Nov 1;48(21):1543–52.
 15. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of Secondary Injury in Younger Athletes after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Vol. 44, *American Journal of Sports Medicine.* SAGE Publications Inc.; 2016. p. 1861–76.
 16. Lang PJ, Sugimoto D, Micheli LJ. Prevention, treatment, and rehabilitation of anterior cruciate ligament injuries in children. *Open Access J Sports Med.* 2017 Jun;Volume 8:133–41.
 17. Collings TJ, Diamond LE, Barrett RODS, Timmins RG, Hickey JT, Du Moulin WS, et al. Strength and Biomechanical Risk Factors for Noncontact ACL Injury in Elite Female Footballers: A Prospective Study. *Med Sci Sports Exerc.* 2022 Aug 1;54(8):1242–51.
 18. Bisciotti GN CKCEBABACAVP. Anterior cruciate ligament injury risk factors in football. *J Sports Med Phys Fitness.* 2019 Oct;59(10):1724-1738. 2019.
 19. Thompson R, Watson T. Is a professional soccer player’s dominant lower limb at higher risk of injury than their non-dominant lower limb? A systematic review. *Physical Therapy Reviews.* 2019 Nov 2;24(6):314–29.
 20. DeLang MD, Salamh PA, Farooq A, Tabben M, Whiteley R, van Dyk N, et al. The dominant leg is more likely to get injured in soccer players: Systematic review and meta-analysis. Vol. 38, *Biology of Sport.* Institute of Sport; 2021. p. 397–435.
 21. Lucarno S, Zago M, Buckthorpe M, Grassi A, Tosarelli F, Smith R, et al. Systematic Video Analysis of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Professional Female Soccer Players. *American Journal of Sports Medicine.* 2021 Jun 1;49(7):1794–802.
 22. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2009 Jul;17(7):705–29.
 23. Zago M, David S, Bertozzi F, Brunetti C, Gatti A, Salaorni F, et al. Fatigue Induced by Repeated Changes of Direction in Élite Female Football (Soccer) Players: Impact on Lower Limb Biomechanics and Implications for ACL Injury Prevention. *Front Bioeng Biotechnol.* 2021 Jul 5;9.
 24. Orchard JW, Powell JW. Risk of knee and ankle sprains under various weather conditions in American football. *Med Sci Sports Exerc.* 2003 Jul 1;35(7):1118–23.
 25. Fujitaka K, Taniguchi A, Kumai T, Otuki S, Okubo M, Tanaka Y. Effect of changes in artificial turf on sports injuries in male university soccer players. *Orthop J Sports Med.* 2017 Jan 1;5(8).
 26. Realturf systems SL. Realturf [Internet]. Alicante. 2019 [cited 2023 Mar 13]. Available from: <https://realturf.com/evolucion-cesped-artificial-deportivo/>
 27. Silva DCF, Santos R, Vilas-Boas JP, Macedo R, Montes AM, Sousa ASP. Influence of Cleats-Surface Interaction on the Performance and Risk of Injury

- in Soccer: A Systematic Review. Vol. 2017, Applied Bionics and Biomechanics. Hindawi Limited; 2017.
28. Weingart A, Rynecki N, Pereira D, Health Jewett Institute O, Nicole Rynecki U, Health Jewett O. A Review of Neuromuscular Training and Biomechanical Risk Factor Screening for ACL Injury Prevention Among Female Soccer Players. Vol. 80, Bulletin of the Hospital for Joint Diseases. 2022.
 29. Diekfuss JA, Grooms DR, Yuan W, Dudley J, Barber Foss KD, Thomas S, et al. Does brain functional connectivity contribute to musculoskeletal injury? A preliminary prospective analysis of a neural biomarker of ACL injury risk. *J Sci Med Sport*. 2019 Feb 1;22(2):169–74.
 30. Crossley KM, Patterson BE, Culvenor AG, Bruder AM, Mosler AB, Mentiplay BF. Making football safer for women: A systematic review and meta-Analysis of injury prevention programmes in 11 773 female football (soccer) players. Vol. 54, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2020. p. 1089–98.
 31. Thorborg K, Krommes KK, Esteve E, Clausen MB, Bartels EM, Rathleff MS. Effect of specific exercise-based football injury prevention programmes on the overall injury rate in football: A systematic review and meta-analysis of the FIFA 11 and 11+ programmes. Vol. 51, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2017. p. 562–71.
 32. Dos'Santos T, McBurnie A, Donelon T, Thomas C, Comfort P, Jones PA. A qualitative screening tool to identify athletes with 'high-risk' movement mechanics during cutting: The cutting movement assessment score (CMAS). *Physical Therapy in Sport*. 2019 Jul 1;38:152–61.
 33. Myer GD, Ford KR, Khoury J, Succop P, Hewett TE. Development and validation of a clinic-based prediction tool to identify female athletes at high risk for anterior cruciate ligament injury. *American Journal of Sports Medicine*. 2010 Oct;38(10):2025–33.
 34. Smits-Engelsman B, Klerks M, Kirby A. Beighton score: A valid measure for generalized hypermobility in children. *Journal of Pediatrics*. 2011;158(1):119-23, 123.e4.
 35. Mohamed EE, Useh U, Mtshali BF. Q-angle, pelvic width, and intercondylar notch width as predictors of knee injuries in women soccer players in South Africa. *Afr Health Sci*. 2012;12(2):174–80.
 36. Powden CJ, Hoch JM, Hoch MC. Reliability and minimal detectable change of the weight-bearing lunge test: A systematic review. Vol. 20, *Manual Therapy*. Churchill Livingstone; 2015. p. 524–32.
 37. Serge Tixa. Atlas de anatomía palpatoria de la extremidad inferior: investigación manual de superficie. Barcelona: Masson; 1999.
 38. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. International Standards for Anthropometric Assessment. 2006th ed. South Africa: The International Society for The Advancement of Kineanthropometry (ISAK); 2006.
 39. Hannah R, Folland JP, Smith SL, Minshull C. Explosive hamstrings-to-quadriceps force ratio of males versus females. *Eur J Appl Physiol*. 2015 Apr 1;115(4):837–47.
 40. Balsalobre-Fernández C, Glaister M, Lockey RA. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *J Sports Sci*. 2015;33(15):1574–9.

FIGURAS



Figura 1. Imágenes de los componentes de la Escala de Beighton: 1. Hiperextensión del codo mayor de 10° (derecho e izquierdo), 2. Hiperextensión del 5^o dedo de la mano mayor de 90° (derecha e izquierda), 3. Aducción del pulgar hasta el punto de contactar con el antebrazo (derecho e izquierdo) 4. Hiperextensión de rodilla mayor de 10° (derecha e izquierda), 5. Habilidad de flexionar la columna vertebral y poner las manos planas en el suelo con las rodillas estiradas.

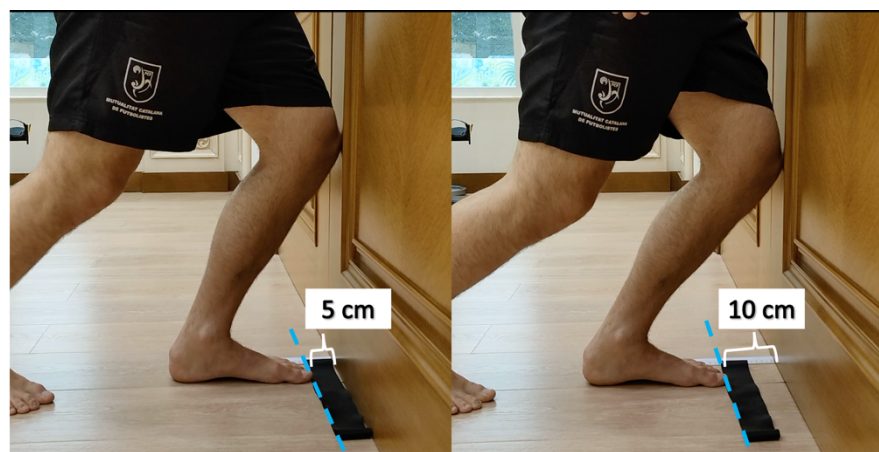


Figura 2. Test de lunge o de Weight-bearing lunge (WBLT): a 5 cm y a 10 cm de la pared.



Figura 3. Imágenes de la valoración de fuerza máxima isométrica para: cuádriceps, abductores e isquiotibiales.

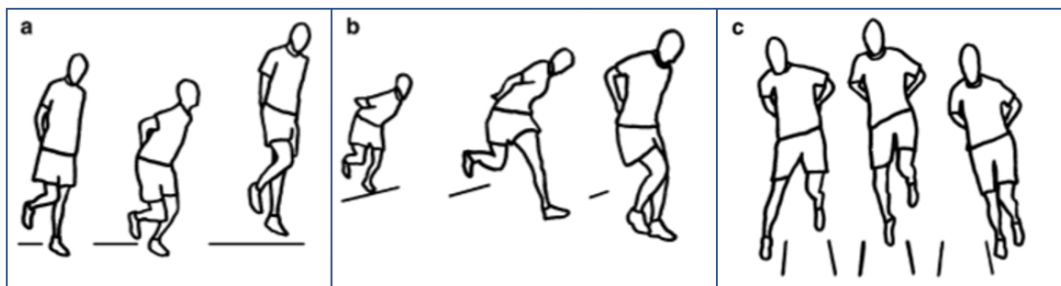


Figura 4. Batería de saltos unipodales Hop Test de Gustavsson et al: **a.** Salto vertical, **b.** Distancia de un único salto, **c.** Saltos laterales

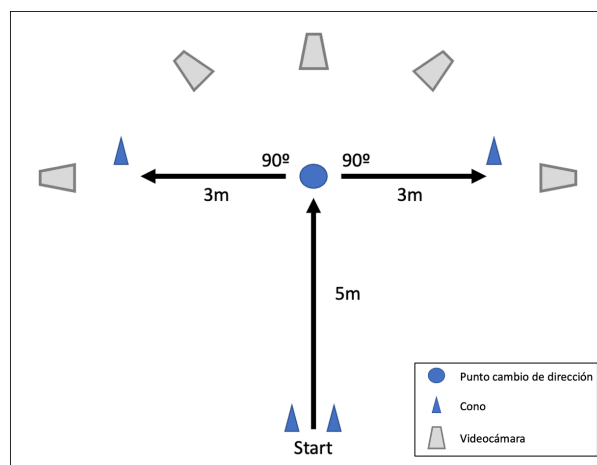


Figura 5. Estructura de la prueba Cutting Movement Assessment Score (CMAS)

TABLAS

Tipos de Suelas de Bota		Tipo de Campo indicado	Material de la Suela y Tacos	Número de tacos	Mida de los Tacos	Geometría de los Tacos
	Turf (TF) i Multi-Ground (MG)	Césped Artificial o Sintético	Tacos de Goma y Suela de Poliuretano o Compliant	>55	6-7 mm	
				22	8-10 mm	
	Hard Ground (HG)	Campos de Tierra / Arena	Tacos de Plástico y Suela de plástico rígido	14	10-12 mm	Cilíndrica, Cónica (redondos), Prismática, y combinados
	Firm Ground (FG)	Césped Natural en buenas condiciones		11	10-12 mm	
	Soft Ground (SG)	Césped Natural húmedo y/o embarrado	Tacs d'Alumini i Sola de plàstic rígid	6	13-16 mm	

Tabla 1. Tipo de suelas de bota: campo indicado, características, materiales y tipos de tacos (27)

	TOTAL EQUIPOS	TOTAL LICENCIAS JUGADORAS	PARTICIPACIÓN ESTUDIO	menos CRITERIOS EXCLUSIÓN	6 EVALUADORES	TOTAL EVALUACIONES/EVALUADOR
			50%	60% (30% del total)	Jugadoras/ evaluador	
Comarca Barcelona	67	1418	709	425,4	70,90	9 jugadoras/sem por evaluador: 72 jug./8 sem.
						10 jugadoras/sem por evaluador: 80 jug./8 sem.

Opción de combinaciones horarios evaluadores: horas/día	9 jugadoras/sem por evaluador: 72 jug./8 sem.		10 jugadoras/sem por evaluador: 80 jug./8 sem.	
	2 días/semana	3 días/semana	2 días/semana	3 días/semana
	6 y 3	3, 3, 3	5 y 5	3, 3, 4
	4 y 5	2, 3, 4	6 y 4	2, 4, 4
			2 y 8	

Tabla 2. Jugadoras y evaluaciones. En la comarca de Barcelona hay 67 equipos de fútbol femenino con un total de 1418 jugadoras de fútbol entre 14-40 años según los últimos datos estadísticos durante la temporada 2022-23 de la FCF. Creemos que, según la captación y los criterios de exclusión, sería posible obtener una muestra alrededor del 30% de estas jugadoras que equivaldría a 426 futbolistas: 50% de participación menos los criterios de exclusión podrían quedar un 60% de voluntarias (30% del total). Según la muestra estimada, el número total de evaluaciones individuales ascendería a 71 jugadoras/evaluador durante 2 meses (8 semanas), realizando entre 9-10 evaluaciones/semana. En la tabla se muestran las posibles combinaciones de horarios para cada evaluador según su disponibilidad en 2 o 3 días/semana. Se estima un tiempo total de valoración de aproximadamente 45-60 min por futbolista.

VALORACIÓN DEL CAMBIO DE DIRECCIÓN -CMAS: cutting movement assessment score tool- (Dos'Santos et al 2019)				
MOMENTO	CÁMARA VALORACIÓN	FOCO ANATÓMICO	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN
PENÚLTIMO CONTACTO	Camara lado 45º	Estrategia clara de frenada (al contacto inicial)	Inclinación posterior del tronco	SÍ= 0
			Largo/alto centro de masas para/y centro de presiones en el antepié	NO= 1
			Desaceleración efectiva: contacto del talón	
CONTACTO FINAL	Frontal y lado 45º	PIE	Amplio apoyo lateral (aprox. >0,35m dependiendo de antropometría sujeto) (contacto inicial)	SÍ= 2 NO= 0
		CADERA	Rotación Interna inicial (contacto inicial)	SÍ= 1 NO= 0
			RODILLA	Posición en valgo de rodilla (contacto inicial)
	Todas: frontal, 45º y 90º	PIE	Sin posición Neutra (rotado interna-/externamente) relativa a la orientación inicial (contacto inicial)	SÍ= 1 NO= 0
	Frontal y lado 45º	TRONCO: plano frontal (contacto inicial y sobre el peso "weight acceptance")	Inclinado relativo a la nueva dirección (contacto inicial y MPFR)	SÍ= 0
			Inclinado o rotado dirección a la pierna de apoyo (externa al COD)	SÍ= 2
			Vertical	SÍ= 1
			Medial	SÍ= 0
	45º y 90º	TRONCO	Vertical o con tendencia posterior durante el contacto (no adecuado desplazamiento en flexión de tronco)(contacto inicial y MPFR)	SÍ= 1 NO= 0
		RODILLA	Limitada Flexión de rodilla < 30º durante el Contacto final (rígida)(MPFR)	SÍ= 1 NO= 0
	Frontal y lado 45º	RODILLA	Valgo de rodilla excesivo durante el contacto (MPFR)	SÍ= 1 NO= 0
	PUNTUACIÓN FINAL CMAS:			

Alto riesgo ≥ 7 puntos; Bajo Riesgo ≤ 3 puntos.
MPFR: momento de Máximo apoyo del Peso corporal con Flexión de Rodilla

Tabla 3. Pruebas de cribaje: plantilla específica para el test Cutting movement assessment score (CMAS)

EVALUACIÓN ESTUDIO LCA PROSPECTIVO												
Fecha:		Nombre Evaluador:										
		Nº Identificador de la jugadora:										
FACTORES DE RIESGO		PRUEBA/TEST		EVALUACIÓN								
ANATÓMICOS	Índice de Masa Corporal (IMC)		Peso (kg)		IMC resultante:							
			Altura (m)									
	Ángulo-Q											
	Valoración de la Laxitud - Beighton		Valoración: -1-3 puntos: Normalidad -4-8 puntos: Laxitud -9 puntos: Hiperlaxitud		Escala de Beighton (1 punto: si se da la situación)I			Izquierda	Derecha			
					1. Hiperextensión del 5º dedo de la mano mayor de 90º							
					2. Hiperextensión del codo mayor de 10º							
					3. Hiperextensión de rodilla mayor de 10º							
					4. Aducción del pulgar hasta el punto de contactar con el antebrazo							
					5. Habilidad de flexionar la columna vertebral y poner las manos planas en el suelo con las rodillas estiradas							
					TOTAL:							
BALANCE ARTICULAR		ANTROPOMETRIA		MOVILIDAD ARTICULAR	IZQ.	D.	MOVILIDAD ARTICULAR	IZQ.	D.			
		CADERA:		FLEXIÓN			ADUCCIÓN					
				EXTENSIÓN			ROT. INTERNA					
				ABDUCCIÓN			ROT. EXTERNA					
		RODILLA:		FLEXIÓN			ROT. INTERNA					
				EXTENSIÓN			ROT. EXTERNA					
				MOVILIDAD RÓTULA								
		TOBILLO: Test de lunge o Weight-bearing lunge (WBLT)		5 cm	Muy Limitado IZQ.			Muy Limitado D.				
				10 cm	Limitado IZQ.			Limitado D.				
BALANCE MUSCULAR		ANTROPOMETRIA		NIVEL	IZQ.	D.	Dif.					
				Punto medio Interlínea-Trocanter mayor								
CONTROL NEUROMUSCULAR (CNM)		HOP TEST		TEST	INTENTO	1º	2º	3º	MEDIA	Índice Simetría (M/Mx100)	Índice Simetría funcional total:	
				DISTANCIA ÚNICO SALTO (m)	IZQ.				0,00			
					D				0,00			
				SALTO VERTICAL	IZQ.							
					D							
				SIDE HOP TEST (40cm: 30º el máx de saltos posibles)	IZQ.			Nulos				
					D			Nulos				
FUERZA MUSCULAR		Fuerza máxima Isométrica (FMI):		TEST	INTENTO	1º	2º	3º	MEDIA	Índice Simetría (M/Mx100)	Ratio ISQUIOTIBIALES: CUÁDRICEPS (RIC)	
				ABDUCTORES: 10º	IZQ.				0,00			
					D				0,00			
				ISQUIOTIBIALES: 30º	IZQ.	3			1,00			
					D	4			1,33			
				CUÁDRICEPS: 60º	IZQ.	4			1,33			
					D	4			1,33			
CONTROL NEUROMUSCULAR (CNM)		Valoración de los cambios de Dirección: cutting movement assessment score tool CMAS)		Puntuación COD 90º IZQUIERDO:				Valoración cualitativa:				
				Puntuación COD 90º DERECHO:								

Tabla 4. Pruebas de cribaje: plantilla de pruebas físicas para el registro individual

Registro estadístico (%) de los factores analizados para creación Perfil Riesgo lesional						
Edades	14-18a		Tipo de Terreno	C. Artificial 1ª Generación		
	19-23a			C. Artificial 2ª Generación		
	24-28a			C. Artificial 3ª Generación		
	29-33a			C. Natural buenas condiciones		
	34-40a			C. Natural húmedo/embarrado		
Categoría	Primera división		Tipo de botas	TF: Truf		
	Segunda división (>16a)			MG: Multigrass		
	Liga nacional juvenil (14-18)			AG: Artificial grass		
	Liga catalana juvenil (14-18)			HG: Hard Ground		
	Liga catalana sub-16 (14-16)			FG: Firm Ground		
	Otras			SG: Soft Ground		
Posición en el campo	Delantera Centro		Índice masa corporal	Normal		
	Extremo			Sobrepeso		
	Centrocampista			Obesa		
	Lateral			Superior 17ª		
	Defensa Central			Normal 13ª-16ª		
Momento temporada	Portera		Ángulo-Q	Inferior 12ª		
	Noviembre			Cadera pierna rodilla Lesionada	Flexión	
	Diciembre				Extensión	
	Enero				Abducción	
	Febrero				Adducción	
	Marzo				Rotación Interna	
Rodilla lesionada	Abril		Cadera pierna rodilla NO-lesionada		Rotación Externa	
	Mayo			Flexión		
Momento práctica	Junio		Rodilla pierna rodilla Lesionada	Extensión		
	Partido			Abducción		
Momento práctica	Entrenamiento		Rodilla pierna rodilla NO-lesionada	Adducción		
	Inicio 1/4			Rotación Interna		
	Medio 2/4			Rotación Externa		
	Medio 3/4			Flexión		
Mecanismo lesional	Contacto directo	Final 4/4	Balance Articular limitado	Rodilla pierna rodilla Lesionada	Extensión	
		Entrada			Rotación Interna	
		Choque			Rotación Externa	
	Contacto indirecto	Otros:		Rodilla pierna rodilla NO-lesionada	Flexión	
		Entrada			Extensión	
		Choque			Rotación Interna	
		Contacto y desequilibrio salto			Rotación Externa	
		Contacto y desequilibrio salto			Rótula	
		Otros:			Flexión	
	Contacto indirecto	COD o giro		Flexión Dorsal del Pie pierna Lesionada	Normal	
		Aterrizaje salto			Limitada (10 cm)	
		Zancada			Muy limitada (5 cm)	
Desaceleración		Normal				
Recepción post-golpeo		Limitada (10 cm)				
		Muy limitada (5 cm)				
Posición de la rodilla en la lesión	Hiperextensión rodilla	Balance muscular	Simetría Balance Muscular	Interlínea-Trocánter Mayor		
	Hiperflexión rodilla			Hop Test		
	Otros:			Índice simetría funcional total		
Estado menstrual: ciclo menstrual activo	Valgo de rodilla	Control Neuromuscular	Cambios Dirección	Riesgo Bajo 1-3puntos		
	Hiperextensión rodilla			Riesgo Medio 4-7 puntos		
	Hiperflexión rodilla			Riesgo Alto >7puntos		
Regularidad de la Regla	Otros:	Fuerza Muscular: fuerza máxima isométrica	Abductores (IS)	70-85%		
	Sí			86-95%		
Anticonceptivos	NO	Ratio ISQ:C		70-85%		
	DIU			86-95%		
Fase del ciclo menstrual momento de la lesión (si regla regular) según fecha última regla	Otros:			96-100%		
	Menstruación (días 1-5)					
	Prevovulatoria (días 1-14)					
	Ovulatoria (días 12-16)					
	Postovulatoria (días 14-28)					

Tabla 5. Base de datos para el registro estadístico de los factores de riesgo analizados

ANEXOS

CUESTIONARIO INICIAL DE LAS FUTBOLISTAS PARTICIPANTES

También se puede consultar en el formato on-line: <https://forms.gle/ZzkeJRnDqw1BXSX8>

Nº identificador de la jugadora por el IP:

Nombre y apellidos:

D.N.I.:

Teléfono:

Correo electrónico:

Criterios de inclusión/exclusión:

1. ¿Qué edad tienes?
2. ¿Estás en activo (alta deportiva)?
3. ¿Has sufrido alguna lesión en los últimos 6 meses?
4. ¿Has sufrido alguna lesión del Ligamento Cruzado Anterior (LCA)?
5. ¿Has tenido alguna cirugía previa de rodilla o extremidades inferiores?
6. ¿Has sufrido alguna lesión hasta ahora? Descríbelas:
7. ¿Estás en edad menstrual (has tenido la regla en algún momento)?
8. ¿Tienes amenorrea o ausencia de regla (anteriormente la has tenido)?
9. ¿Estas embarazada o en periodo de lactancia?

Datos estadísticos:

10. ¿En qué Categoría juegas?
11. ¿En qué posición juegas en el campo?
 - Delantera centro / Extremo / Centrocampista / Lateral / Central / Portera
12. Lateralidad de la mano: ¿con qué mano escribes?
 - Derecha / Izquierda / Ambas
13. Lateralidad del pie: ¿con qué pie golpeas el balón?
 - Derecho / Izquierdo / Ambas
14. ¿Tienes familiares directos que hayan sufrido una lesión del LCA? ¿Quién?
 - Padre / madre / hermano / hermana / abuelo / abuela / hijo / hija / definir otros:
15. ¿Qué tipo de botas usas?
 - TURF (TF): para césped artificial de 1ª-2ª generación
 - MULTI-GROUND (MG): para césped artificial de 1ª-2ª generación
 - ARTIFICIAL GRASS (AG): para césped artificial de 3ª generación
 - HARD GROUND (HG): para campos de tierra/arena y césped artificial de 1ª-3ª generación
 - FIRM GROUND (FG): césped natural en buenas condiciones
 - SOFT GROUND (SG): césped natural húmedo y/o embarrado
16. ¿Actualmente tienes reglas regulares?
17. ¿Actualmente tomas anticonceptivos?
18. Si tomas anticonceptivos, ¿qué tipo?
 - Orales / DIU / definir otros:
19. ¿En qué fecha tuviste la última regla antes de la lesión?

CUESTIONARIO DE INCIDENCIA DE LESIÓN DEL LCA

También se puede consultar en el formato on-line: <https://forms.gle/YGaovpe2h3g9ptHB9>

Nº identificador de la jugadora por el IP:

Momento de la lesión

1. Fecha de la lesión:
2. ¿Qué rodilla te has lesionado?
 - Derecha / Izquierda
3. ¿Ha sido durante un partido o entrenamiento?
4. En caso de partido: ¿En qué minuto?
5. En caso de entrenamiento: ¿En qué minuto?

Mecanismo lesional

6. ¿Cómo ha sido la lesión?
 - Contacto directo / Contacto Indirecto / No-contacto
7. Contestar sólo si fue por Contacto directo: ¿Cómo fue ese contacto directo?
 - Entrada / Choque / definir otros:
8. Contestar sólo si fue por Contacto indirecto: ¿Cómo fue ese contacto indirecto?
 - Entrada / Choque / Contacto y desequilibrio en la recepción de un salto / Contacto y desequilibrio en la recepción de un golpeo / definir otros:
9. Contestar sólo si fue por No-contacto: ¿Por qué motivo te lesionaste sola?
 - Cambio de dirección o giro / aterrizaje de un salto / zancada / desaceleración o frenando / recepción del pie post-golpeo / hiperextensión de rodilla / definir otros:
10. ¿Cuál era la posición de la rodilla lesionada?
 - Valgo de rodilla: rodilla caída hacia dentro respecto cadera y pie / hiperextensión de rodilla / hiperflexión de rodilla

Ciclo menstrual

11. ¿Actualmente estabas teniendo la regla?
 - Sí / No
12. ¿Actualmente tienes reglas regulares?
13. ¿Actualmente tomas anticonceptivos?
14. Si tomas anticonceptivos, ¿qué tipo?
 - Orales / DIU / definir otros:
15. ¿En qué fecha tuviste la última regla antes de la lesión?

Condicionantes externos

16. ¿En qué terreno estabas cuándo ocurrió la lesión?
 - Césped artificial de 1ª Generación / 2ª Generación / 3ª Generación
 - Césped natural en buenas condiciones / húmedo y/o embarrado
 - Campo de tierra/arena
17. ¿Qué tipo de botas estabas usando?
 - TURF (TF): para césped artificial de 1ª-2ª generación
 - MULTI-GROUND (MG): para césped artificial de 1ª-2ª generación
 - ARTIFICIAL GRASS (AG): para césped artificial de 3ª generación
 - HARD GROUND (HG): para campos de tierra/arena y césped artificial de 1ª-3ª generación
 - FIRM GROUND (FG): césped natural en buenas condiciones
 - SOFT GROUND (SG): césped natural húmedo y/o embarrado

HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE

Título del estudio: factores de riesgo de la lesión del LCA en el fútbol 11 femenino

Objetivos:

El presente estudio por el cuál solicitamos su participación tiene por objetivos:

1. Conocer los factores de riesgo epidemiológicos, ambientales, antropométricos, anatómicos, hormonales, neuromusculares y biomecánicos de las lesiones del LCA en jugadoras que practiquen el fútbol 11 femenino.
2. De acuerdo con la incidencia lesional encontrada y la manifestación de los factores de riesgo analizados obtener un perfil de riesgo lesional estadístico que permita crear una futura herramienta de valoración clínica con características físicas y biomecánicas.

Metodología utilizada / Diseño general del estudio:

Maiol Martí -fisioterapeuta-, y Eduard Alentorn -médico traumatólogo- pertenecemos a la Mutualidad de Futbolistas Españoles dentro su Delegación Catalana. Estamos realizando un estudio sobre los factores de riesgo de la lesión del Ligamento cruzado anterior (LCA) de la rodilla.

Investigación:

Con el propósito de conocer mejor estos factores, queremos realizar un cribaje masivo a jugadoras de fútbol 11 y un posterior seguimiento de incidencia lesional durante 8 meses dentro de la temporada 2023-24. Las participantes del estudio serán evaluadas durante los meses de septiembre y octubre de 2023.

Criterios de inclusión:

Jugadoras de fútbol 11 federadas, que estén en activo jugando dentro de la provincia de Barcelona, con edades entre los 14 a 40 años.

Criterios de exclusión:

- Baja médica y deportiva
- Sin lesiones los últimos 6 meses previos a la evaluación
- Sin lesiones del LCA
- Sin cirugías previas de rodilla o extremidades inferiores
- Sin edad menstrual
- Amenorrea
- Embarazadas o en periodo de lactancia
- Lesión entre la evaluación y el inicio del seguimiento lesional

Evaluaciones:

Estas evaluaciones constan de cuestionarios y pruebas físicas de cribaje para determinar si tienen factores de riesgo de lesión del LCA:

- Cuestionario online: el nombre y apellidos, edad actual, categoría deportiva, historial de lesiones, antecedentes familiares de lesión LCA, regularidad del ciclo menstrual, problemas hormonales, administración de anticonceptivos, lateralidad de piernas y manos, posición en el campo, y tipo de botas que utiliza

actualmente. Este cuestionario se enviará 1 semana antes de las pruebas físicas para ser contestado.

- Sesión de pruebas físicas en un centro de evaluación asignado: se harán pruebas físicas pasivas como medición de peso y altura, laxitud articular, medición del ángulo-Q, balance articular de las EEII y balance muscular. Y pruebas activas de fuerza y control neuromuscular. La sesión de pruebas físicas será individual y de una duración entre 45-60 minutos.

Se citará a cada futbolista en uno de los centros dónde un evaluador le realizará la batería de pruebas físicas. Estos centros de evaluación dentro de la provincia de Barcelona son:

- Servicio de Rehabilitación sede Mutualidad de Futbolistas delegación catalana. Ronda de Sant Pere, 19, 08010 Barcelona
- Servicio de Rehabilitación Hospital Quirónsalud de Barcelona. Plaça d'Alfonso Comín, 5, 08023 Barcelona
- Maiol Fisioteràpia C/Moixeró 5, 08227 Terrassa

Para la realización de estas pruebas será obligatorio vestir pantalón corto, camiseta de manga corta, y zapatillas deportivas propias.

Seguimiento lesional:

Hechas las evaluaciones, se hará un seguimiento de incidencia de la lesión del LCA durante 8 meses dentro de la temporada iniciándose en noviembre de 2023. En caso de que la futbolista se lesione el LCA de la rodilla, el club informará al equipo investigador y este se pondrá en contacto con la jugadora para realizar un cuestionario de incidencia lesional.

Análisis resultados y conclusiones:

Una vez terminada la fase de seguimiento se analizarán los resultados y se sacarán conclusiones. El objeto final de este estudio es poder tener una imagen más clara de los factores de riesgo de la lesión del LCA en el fútbol femenino para, en un futuro, poder ejecutar estrategias preventivas de la lesión del LCA con mayor eficacia y eficiencia.

Participación en el estudio: su participación en este estudio es totalmente voluntaria y si durante el transcurso del estudio decide retirarse, puede hacerlo libremente en el momento en el que considere oportuno, sin necesidad de dar explicaciones y sin que por este motivo se vea alterada su la relación con los investigadores.

Confidencialidad de los datos: los datos de los cuestionarios y los resultados de las diferentes pruebas, así como toda la documentación otorgada son absolutamente confidenciales y únicamente estarán a disposición de los investigadores. Todas las medidas de seguridad necesarias por las cuales las participantes del estudio no puedan ser identificadas y las medidas de confidencialidad en todos los casos serán completas, de acuerdo con el reglamento general de protección de datos (RGPD, Reglamento (UE) 2016/679).

Publicación de los resultados: el promotor del estudio reconoce la importancia y trascendencia del estudio y, por lo tanto, está dispuesto a publicar los resultados en una revista, publicación o reunión científica a determinar en el momento oportuno y de común acuerdo con los investigadores. Si usted lo desea, los investigadores

responsables del estudio podrán informar de los resultados, así como de cualquier otro dato relevante que se conozca del estudio.

Investigadores responsables del estudio: el Sr. Maiol Martí y el Sr. Eduard Alentorn son las personas que le han informado sobre los diferentes aspectos del estudio. Si usted desea formular cualquier pregunta sobre el contenido expuesto o si desea alguna aclaración de cualquier duda sobre el estudio, puede manifestárselo en cualquier momento.

Si usted decide participar en el estudio, tiene que hacerlo otorgando su consentimiento en total libertad. Los investigadores del estudio agradecen su estimable colaboración.

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del estudio: factores de riesgo de la lesión del LCA en el fútbol 11 femenino

Declaro haber sido informada de manera amplia y satisfactoria, de forma oral y he leído el documento titulado “Hoja de información al participante”, he entendido y estoy de acuerdo con las explicaciones del procedimiento, y que esta información ha sido realizada.

- ✓ *He hablado con los investigadores del estudio Maiol Martí y Eduard Alentorn*
- ✓ *He tenido la oportunidad de hacer todas las preguntas que he deseado sobre el presente estudio.*
- ✓ *Comprendo que la participación en el estudio es en todo momento voluntaria*
- ✓ *Comprendo que me puedo retirar en cualquier momento del estudio:*
 1. *En el momento que así lo desee, y*
 2. *Sin tener que dar ninguna explicación*

Por consiguiente, doy libremente la conformidad para participar en el estudio.

Firmado:

Nombre y apellidos:

D.N.I.:

Edad:años

Teléfono de contacto: +34.....

E-mail:

Firma del investigador principal:

Investigador principal: Maiol Martí

Fecha:de 2023

HOJA DE RENÚNCIA

Título del estudio: factores de riesgo de la lesión del LCA en el fútbol 11 femenino

Declaro mi deseo de abandonar el estudio en el que estoy participando.

- ✓ *Declaro que no ha habido ninguna presión e insistencia a dar razones personales para abandonar, de acuerdo con las normas y procedimientos de inclusión en el estudio.*
- ✓ *Lo he hablado con:*
- ✓ *Comprendo que la participación en el estudio era en todo momento voluntaria y es mi deseo abandonar el estudio.*
- ✓ *Comprendo que me puedo retirar en cualquier momento del estudio:*
 3. *En el momento que así lo desee, y*
 4. *Sin tener que dar ninguna explicación*

Por consiguiente, renuncio a seguir participando en el estudio.

Firmado:

Nombre y apellidos:

D.N.I.:

Edad:años

Teléfono de contacto: +34.....

E-mail:

Firma del investigador principal:

Investigador principal: Maiol Martí

Fecha:de 2023

HOJA DE COMPROMISO DE LOS INVESTIGADORES PARA UNA BUENA PRACTICA CLÍNICA

Recomendaciones de buena práctica clínica: este estudio se acoge a las recomendaciones de buena práctica clínica, según la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (15 de enero de 2011) y a la normativa legal aplicable. Por lo tanto, todos los investigadores implicados firmarán un certificado conforme han leído y entendido esta declaración. Es necesario mantener un control riguroso y continuo de la calidad, que pueda garantizar la exactitud y el rigor científico de los datos obtenidos, manteniendo las condiciones de homogeneidad durante el proceso de recogida de la información. En caso necesario, la creación de un comité logístico permitirá la coordinación adecuada de todos los grupos de estudio y trabajo para contrastar la coordinación científica, asesoramiento estadístico y la calidad de la información obtenida.

Información que será proporcionada a las participantes y tipo de consentimiento que será solicitado en el estudio: el modelo de información que será proporcionada a las participantes y el tipo de consentimiento informado que se solicitará serán especificados en los anexos a su efecto. Así mismo, en los anexos constará, en caso necesario, una hoja de renuncia para permitir a las participantes abandonar el estudio en cualquier momento. Todas las participantes serán verbalmente informadas durante el proceso de inclusión en el estudio por parte de uno de los investigadores y les será solicitado el consentimiento informado.

Confidencialidad de los datos: los datos de los cuestionarios y los resultados de las diferentes pruebas, así como toda la documentación otorgada son absolutamente confidenciales y únicamente estarán a disposición de los investigadores. Todas las medidas de seguridad necesarias por las cuales las participantes del estudio no puedan ser identificadas y las medidas de confidencialidad en todos los casos serán completas, de acuerdo con el reglamento general de protección de datos (RGPD, Reglamento (UE) 2016/679).

Firma de los investigadores

Investigador:
D.N.I:
Firma:

Investigador:
D.N.I:
Firma:

Investigador:
D.N.I:
Firma:

Investigador:
D.N.I:
Firma:

Investigador:
D.N.I:
Firma:

Investigador:
D.N.I:
Firma:

Investigador:
D.N.I:
Firma:

Investigador:
D.N.I:
Firma:

DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES DEL EQUIPO INVESTIGADOR

- Investigador principal (IP): se encargará de la coordinación del equipo investigador, charlas de captación, realización de evaluaciones, seguimiento y registro de incidencia lesional, análisis de resultados, discusión y conclusiones.
- Traumatólogo investigador (TI): charlas de captación, análisis de resultados, discusión y conclusiones.
- Estadística investigadora (EI): análisis de resultados
- Equipo de evaluadores: realización de evaluaciones