



Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**FACTORES DE RIESGO Y PROGRAMAS DE
PREVENCIÓN DE LESIÓN DEL LIGAMENTO
CRUZADO ANTERIOR EN MUJERES
DEPORTISTAS. PROPUESTA DE
INTERVENCIÓN: “WaVeMent”**



TRABAJO FIN DE GRADO

Autor/a: Iranzu Olo Martínez

Director/a: Milagros Antón Olóriz

Primera convocatoria: 20 de mayo de 2021

Grado en Fisioterapia 2017-2021

**Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad
Pública de Navarra. Campus Tudela**

RESUMEN

Introducción: La lesión de ligamento cruzado anterior (LCA) es frecuente en el ámbito deportivo y resulta muy incapacitante para el deportista. Las mujeres presentan entre 4 y 6 veces mayor riesgo de sufrir dicha lesión, debido a factores anatómicos y biomecánicos. Se han diseñado programas de prevención para modificar los factores de riesgo y prevenir las lesiones del ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas.

Objetivos: Los objetivos principales han sido examinar los efectos de los programas de prevención de LCA en la modificación de factores de riesgo y reducción la incidencia en mujeres, y desarrollar una propuesta de programa de prevención para mujeres deportistas específico y multicomponente trasladable a la práctica clínica.

Metodología: Se ha realizado una revisión bibliográfica en relación a los programas de prevención de LCA en mujeres, utilizando las bases de datos Pubmed, Pedro, Web of Science y Clinical Trials.

Resultados: Se incluyeron 13 estudios. Se evaluaron cuatro categorías para analizar la efectividad de los programas: número de lesiones de LCA y extremidad inferior, cambios biomecánicos en maniobras de salto y cumplimiento. 11 mostraron efectividad en su aplicación y 2 no mostraron beneficios.

Conclusiones: Programas que incluyen varios componentes de ejercicios e incorporan instrucciones de feedback, parecen reducir la incidencia y modificar positivamente los factores de riesgo biomecánicos o neuromusculares.

PALABRAS CLAVE: Ligamento cruzado anterior, LCA, lesión, prevención, mujeres, factores de riesgo.

Número de palabras: 12409

ABSTRACT

Introduction: Anterior cruciate ligament injury (ACL) is common in sports and is very disabling for the athlete. Women are 2 to 6 times more likely than men to sustain an ACL injury, due to biomechanical and neuromuscular factors. Prevention programs have been designed to modify risk factors and prevent anterior cruciate ligament injuries in female athletes.

Objectives: The main objectives have been to examine the effects of ACL prevention programs in modifying risk factors and reducing incidence in women, and to develop a proposal for a specific and multi-component prevention program for female athletes transferable to clinical practice.

Methods: A bibliographic review has been carried out in relation to ACL prevention programs in women, using the Pubmed, Pedro, Web of Science and Clinical Trials databases.

Results: Thirteen studies were included. Four categories were evaluated to assess the effectiveness of the programs: number of ACL and lower extremity injuries, biomechanical changes in jumping maneuvers, and compliance. 11 showed effectiveness in its application and 2 showed no benefits.

Conclusion: Programs that include multiple exercise components and incorporate feedback instructions appear to reduce the incidence and positively modify biomechanical or neuromuscular risk factors.

KEYWORDS: Anterior cruciate ligament, ACL, injury, prevention, female, risk factors.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Incidencia	1
1.2 Anatomía, biomecánica y fisiología	2
1.3 Mecanismo lesional	3
1.4 Factores de riesgo	4
1.5 Justificación del Trabajo de Fin de Grado	10
2. OBJETIVOS.....	11
2.1. Objetivos principales.....	11
2.2. Objetivos secundarios.....	11
3. MATERIAL Y MÉTODOS	13
3.1. Fuentes de información utilizadas	13
3.2. Estrategia de búsqueda.....	13
3.3. Diagrama de flujo.....	14
3.4. Criterios de inclusión y exclusión	16
Criterios de inclusión.....	16
Criterios de exclusión	16
3.5. Evaluación de Calidad Metodológica	17
4. RESULTADOS	23
4.1 Número de lesiones de LCA	23
4.2 Número de lesiones del miembro inferior.....	25
4.3 Biomecánica	25
4.4 Cumplimiento.....	31
5. DISCUSIÓN.....	41
5.1 Número de lesiones	41
5.2 Biomecánica	42
5.3 Cumplimiento.....	44
6. LIMITACIONES	47
7. CONCLUSIONES	49
8. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	51
8.1 Introducción	51
8.2 Hipótesis.....	52

8.3 Objetivos	52
Objetivos principales.....	52
Objetivos secundarios.....	52
8.4 Criterios de selección	53
Criterios de inclusión.....	53
Criterios de exclusión.....	53
8.5 Valoraciones.....	54
8.6 Intervención	56
9. AGRADECIMIENTOS	71
10. BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS	79

1. INTRODUCCIÓN

La lesión de ligamento cruzado anterior (LCA) es frecuente, siendo mayor el riesgo en mujeres y resulta muy incapacitante en el ámbito deportivo (1). Los costes que genera son muy altos tanto desde el punto de vista económico como desde la salud y rendimiento de la carrera del deportista. La mayoría de los deportistas lesionados de LCA se ven obligados a limitar su actividad física y a restringir sus participaciones deportivas y el tiempo de recuperación es mayor que en otras lesiones (2).

Existe una fuerte asociación entre la lesión del ligamento cruzado anterior y la probabilidad de sufrir consecuencias a largo plazo como la osteoartritis a una edad relativamente joven. Se estima que aproximadamente el 50% de los pacientes tendrán signos de osteoartritis asociado a dolor y disfunción después de 10 y 20 años de la lesión, independientemente de que haya sido tratado con reparación quirúrgica o de manera conservadora (3). Además, según Gobbi et al.(4), solamente el 65% de las personas consiguen volver al mismo nivel competitivo, el 24% cambian de modalidad deportiva y el 11% abandonan la práctica deportiva.

La alta incidencia, junto con las consecuencias potencialmente devastadoras que puede ocasionar a largo plazo en la rodilla, ha promovido que en el ámbito de la investigación se hayan realizado estudios con el objetivo de examinar estrategias para la prevención o reducción del riesgo de lesión de ligamento cruzado anterior.

1.1 Incidencia

Actualmente, varios estudios que comparan la incidencia de lesión en hombres y mujeres (5,6), determinan que las deportistas femeninas tienen entre 4 y 6 veces mayor riesgo de sufrir dicha lesión que los hombres ante las mismas actividades. El elevado riesgo junto con el incremento de la participación femenina en el deporte ha llevado a un aumento de lesiones de ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas. Es por ello que diferentes estudios (7,8) tratan de comprender el mecanismo de lesión, así como los factores de riesgo responsables de la diferencia entre mujeres y hombres.

Se estima que en Estados Unidos ocurren entre 100.000 y 250.000 lesiones de LCA anualmente, suponiendo un coste económico superior a 650 millones de euros (9).

A nivel estatal, según un estudio realizado en 2001 por la Asociación Española de Artroscopia, en España se realizan 16.821 plastias de LCA al año, lo que muestra una prevalencia de 4 casos por cada 1000 habitantes al año. Informe sobre el perfil de la cirugía artroscópica en España (10).

Es evidente la alta incidencia de esta lesión, y más aún en mujeres deportistas. Por ello, estudios que tratan de analizar el mecanismo de lesión, identificar los factores de riesgo en función de la diferencia entre géneros, y desarrollar estrategias de prevención, proporcionan importante información para las futuras investigaciones en la prevención de ligamento cruzado anterior y la práctica clínica.

1.2 Anatomía, biomecánica y fisiología

Los ligamentos cruzados de la rodilla son responsables del control de la cinemática articular, que junto con la activación de la musculatura periarticular, contribuyen en la posición de las superficies articulares, dirección y magnitud de fuerzas y la distribución de las tensiones articulares, dando estabilidad a la rodilla. El ligamento cruzado anterior se inserta proximalmente en la porción posteromedial del cóndilo femoral externo y distalmente en la parte anterior de la eminencia tibial intercondílea/anteromedial del platillo tibial (11). Algunas fibras mandan expansiones y pueden combinarse con la inserción anterior del cuerno anterior del menisco lateral, así como con la inserción posterior del cuerno posterior del menisco lateral (12).

La descripción de dos fascículos de fibras ha sido aceptada por la literatura para comprender la función de este ligamento. Así, según la inserción tibial, se encuentra el paquete o fascículo posterolateral (PL) y el paquete anteromedial (AM). En el plano frontal, las fibras anteromediales adoptan una orientación más vertical, mientras que las posterolaterales se disponen más horizontalmente (Figura 1). Así, en los movimientos de extensión de rodilla, las fibras PL se tensan y las AM se relajan moderadamente. En la flexión de rodilla, las fibras AM se tensan porque asumen una orientación más horizontal y las PL pierden

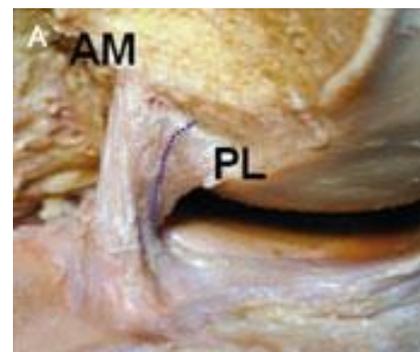


Figura 1. Fascículos LCA 1 (14)

tensión. Sin embargo, según la literatura, la función recíproca entre los dos fascículos no es concluyente (13).

La principal función del LCA es restringir el desplazamiento anterior de la tibia respecto al fémur. Además, impide la excesiva rotación de la tibia sobre el fémur y mantiene la estabilidad en varo-valgo junto con los ligamentos colaterales (14).

1.3 Mecanismo lesional

El mecanismo de lesión del ligamento cruzado anterior ha sido estudiado, clasificándolo en dos tipos: de contacto o no contacto. El primero es definido como aquél que sucede por un golpe directo en la rodilla, y el segundo se denomina cuando ocurre en ausencia de contacto cuerpo a cuerpo entre jugadores (15)

Un porcentaje superior a dos tercios (70%) de todas las lesiones de LCA registradas se producen por un mecanismo de no contacto. En situaciones de juego, ocurre durante una deceleración, cambio de dirección o aterrizaje tras un salto (16).

La articulación de la rodilla, con los movimientos de flexo-extensión, rotación y traslación anteroposterior interviene en los tres planos: sagital, frontal y transversal, respectivamente. Aquellos que se den más allá del rango fisiológico pueden resultar en una lesión ligamentosa. En la revisión de Quatman y Hewett (17), se demostró que es más probable que la lesión de ligamento cruzado anterior ocurra por un mecanismo multiplanar que en único plano, denominado “colapso en valgo” (Figura 2).

Numerosos estudios tratan de clarificar el mecanismo lesional con diferentes técnicas. Por un lado, mediante el análisis de vídeos de momentos de lesión, se ha visto que existía: un aumento de lateralización de tronco, mayor momento de abducción de rodilla, adducción o rotación interna de cadera, caída del arco plantar con un pie plano en el momento de contacto inicial en el suelo tras salto y traslación anterior de la tibia (aunque este último fue difícil de apreciar en video) (18). Por otro lado, en otra investigación donde se combinaban las técnicas en vivo (estudios observacionales, clínicos y en laboratorio), in vitro (estudios en cadáveres) e insilico (simulaciones con modelos informáticos), los resultados apoyaron un mecanismo de

colapso en valgo en los tres planos con momentos en abducción de tibia con traslación anterior de la misma junto con rotaciones internas o externas (18)..

El análisis de estos patrones biomecánicos y la educación en la técnica correcta de aterrizaje en saltos y posturas que estresen la rodilla según los movimientos descritos puede resultar de gran importancia de cara a las estrategias de prevención de la lesión de ligamento cruzado anterior.

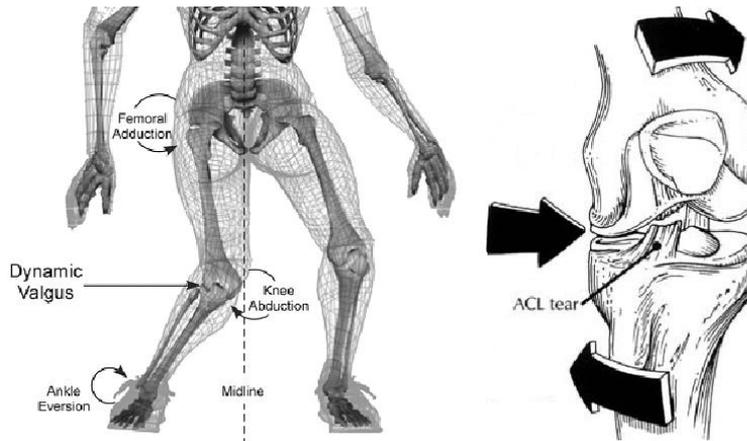


Figura 2. Mecanismo colapso en valgo(7)

1.4 Factores de riesgo

Para alcanzar el objetivo de reducir la incidencia de lesiones de ligamento cruzado anterior en poblaciones de mujeres deportistas, es importante identificar los factores de riesgo que predisponen a la deportista a sufrir la lesión. Se han realizado numerosos estudios tratando de establecer estos factores de riesgo y matizar su importancia. Se han catalogado como factores extrínsecos o ambientales e intrínsecos.

a. Factores extrínsecos

En cuanto a los factores ambientales, se incluyen el terreno de juego, el tipo de calzado y el uso de las rodilleras funcionales (16).

Existe una relación directa entre la fricción que produce la superficie de juego y la probabilidad de sufrir una lesión. Así, a mayor densidad del césped, la tracción o resistencia sobre los movimientos del deportista será mayor, aumentando el riesgo de lesión (16) Scranton et al. (19) identificaron 61 lesiones del LCA sin contacto en 22 Equipos de la Liga Nacional de Fútbol Americano (NFL) durante 4 temporadas.

Los factores asociados a estas lesiones fueron: 40 ocurrieron en zapatos con tacos convencionales en césped natural, y 21 en césped artificial. Además, el número de lesiones en partidos superaron a las producidas en los entrenamientos. De estas lesiones, el 95,2% ocurrieron en un campo seco. En cuanto al diseño de los zapatos, un mayor coeficiente de fricción puede mejorar el rendimiento, pero a su vez puede aumentar la probabilidad de lesión ligamentosa. Sin embargo, no hay evidencia clara que estos factores aumenten la incidencia de lesiones de LCA en mujeres. Igualmente, ningún estudio ha demostrado de manera concluyente la eficacia de las rodilleras funcionales para la prevención de lesiones de no contacto de LCA (20).

b. Factores intrínsecos

Anatómicos

Las medidas anatómicas son difíciles de modificar por naturaleza; por lo tanto, el impacto de la investigación en estos mecanismos es relativamente pequeño.

Las mujeres tienen una pelvis relativamente más ancha que los hombres, lo que conlleva un aumento del ángulo Q (línea que se traza desde la espina ilíaca antero superior hasta el centro de la rótula) que podría relacionarse con mayores tasas de lesiones. Sin embargo, las medidas estáticas del ángulo Q no parecen ser predictivas de lesión de LCA en el movimiento de valgo dinámico (16).

Otra hipótesis estructural es que el ancho de la escotadura intercondílea en relación al tamaño del ligamento cruzado anterior es más pequeño en mujeres que en hombres (16). El LCA está situado dentro de la escotadura, por lo que, si ésta es estrecha, en situaciones de alta tensión, podría causar mayor elongación del ligamento. Shelbourne et al. (21) encontraron que las dimensiones eran menores en mujeres que en hombres, sin embargo, no demostró diferencias de género en el riesgo de lesión.

Las deportistas femeninas tienen mayor laxitud articular general que los masculinos. Se ha visto que esta laxitud generalizada y la hiperextensión aumentan significativamente el riesgo de lesión de LCA en jugadoras de fútbol (22). Se ve implicado no solo el movimiento en el plano sagital de la rodilla (hiperextensión),

sino también en el plano frontal (valgo), que se relaciona con mayor riesgo de lesión de LCA.

El aumento del índice de masa corporal y/o la edad asociados al desarrollo puberal podrían influir en el aumento de riesgo de lesión de LCA en mujeres. En los hombres aumenta la fuerza, potencia y coordinación en esta etapa de maduración, lo que permite mayor control dinámico de las extremidades inferiores necesario para soportar las demandas neuromusculares producidas después de los cambios en la pubertad. Sin embargo, las adaptaciones que generan las mujeres son inferiores que las que se dan en hombres (16).

Hormonales

Durante los últimos años, se ha investigado si los cambios hormonales en las diferentes fases del ciclo menstrual podrían aumentar la susceptibilidad de lesiones ligamentosas en mujeres deportistas. La disminución de la resistencia del ligamento debido al cambio cíclico de las hormonas femeninas podría contribuir a las lesiones de LCA en mujeres. La relevancia clínica de los hallazgos encontrados en la revisión de Hewett et al. (23) fue que las atletas femeninas podrían tener mayor predisposición a sufrir una lesión de LCA durante la fase preovulatoria del ciclo menstrual. Actualmente, se ha visto que los efectos del ciclo menstrual pueden actuar sobre los estabilizadores activos de la rodilla, es decir, a nivel neuromuscular, en lugar de sobre estructuras pasivas (ligamentos) como se había descrito hasta el momento, debido a que el ciclo menstrual interviene en el control motor y la fuerza muscular (24). Los estrógenos tienen efectos directos sobre el músculo, así, la fluctuación de los niveles de estrógeno y otras hormonas femeninas pueden influir en el control muscular (24). Sarwar et al. (25) observaron un incremento en la fuerza del cuádriceps y una disminución significativa de la relajación muscular durante la fase ovulatoria del ciclo menstrual. Sin embargo, se desconocen los posibles efectos preventivos del entrenamiento neuromuscular en las fluctuaciones hormonales de las fases de la menstruación (26).

Neuromusculares y biomecánicos

En referencia a los factores mencionados anteriormente (ambientales, anatómicos y hormonales), no hay evidencia concluyente que relacionen directamente cada uno de ellos con un aumento de lesión de LCA en deportistas femeninas. Por lo tanto, se ha puesto énfasis en factores de riesgo modificables como son los biomecánicos y neuromusculares, y la aplicación de programas de prevención con el objetivo de abordar déficits potenciales hallados (27).

Los receptores sensoriales capsuloligamentosos del LCA intervienen en la estabilización dinámica de la rodilla. Las señales proyectadas por estos receptores a nivel cortical y vías reflejas, intervienen en la actividad muscular. Se habla de control neuromuscular haciendo referencia a la respuesta eferente (motora) transmitida por la médula espinal tras recibir información aferente (sensorial) de la posición articular consciente e inconsciente (20). Este control motor involucra a dos tipos de mecanismos: "Feed-forward" y "Feed-back". El primero, es un sistema de preactivación, o de anticipar fuerzas o cargas con el fin de estabilizar la articulación, protegiendo así las estructuras inherentes. El segundo es un sistema reflexivo y se asocia a la respuesta reactiva del tejido. El nivel de activación muscular del cuádriceps, isquiotibiales y gastrocnemios principalmente, determinará la característica "stiffness". "Stiffness", desde una perspectiva mecánica, es el ratio de cambio de fuerza respecto al cambio en longitud del tejido, esta característica permite resistir a periodos de elongamiento eficazmente, dando una estabilización dinámica a la rodilla (28).

La fuerza muscular y los patrones de reclutamiento son cruciales para la estabilidad de la rodilla. La relación de la fuerza del cuádriceps a isquiotibiales ha sido examinada extensiva en la literatura. Se requiere la contracción de los flexores de rodilla para equilibrar la contracción activa del cuádriceps, consiguiendo así la compresión de la articulación y control del momento de abducción y traslación tibial anterior. Los hombres demuestran momentos de fuerza (magnitud de fuerza aplicada y la distancia al eje de rotación de la articulación) flexores de rodilla que son 3 veces más elevados que los de las mujeres al desacelerar desde el aterrizaje del salto. Además, el ratio de fuerza de isquiotibiales-cuádriceps es menor en

mujeres que en hombres (27). En definitiva, en deportistas femeninas con menor capacidad de un adecuado reclutamiento muscular en posiciones de mayor estrés articular en acciones como los saltos, existe un mayor riesgo significativo para producirse una lesión de LCA.

En relación al tiempo de activación muscular, estudios electromiográficos demuestran diferencias entre hombres y mujeres en acciones deportivas. Zazulak et al. (29) observaron que las mujeres presentaban mayor actividad del recto femoral y menor del glúteo mayor durante la fase previa de contacto en el aterrizaje que los hombres. Este aumento de la actividad junto con una baja activación de los isquiotibiales, contribuye a una menor absorción de energía y mayor fuerza de reacción vertical del suelo, ambas asociadas a la lesión de LCA.

A pesar de que las lesiones de ligamento cruzado anterior ocurren demasiado rápido para la activación muscular refleja, los deportistas pueden adoptar o pre-programar patrones de movimiento más seguros que ayudan a reducir el riesgo de lesiones durante el aterrizaje en saltos, cambios de dirección o perturbaciones durante los movimientos deportivos. Las estrategias de activación muscular mostradas por las mujeres deportistas como son la disminución de la activación vasto medial del cuádriceps e isquiotibiales, limitan la eficacia del sistema de control muscular para trabajar sinérgicamente con las estructuras articulares pasivas para crear una estabilidad dinámica de la rodilla (16).

Hewett et al. (30) destacaron 4 patrones (Tabla 1) de desequilibrios neuromusculares que pueden estar asociados al mecanismo lesional de LCA, y se producen con mayor frecuencia en mujeres.

✓ LIGAMENTO DOMINANTE/ LIGAMENT DOMINANCE

Los músculos no son capaces de absorber la fuerza de reacción vertical del suelo, por lo que estas son transmitidas al cartílago articular y ligamentos, y la rodilla colapsa en valgo.

✓ QUÁDRICEPS DOMINANTE/QUADRICEPS DOMINANCE

Tendencia a estabilizar la articulación con poca flexión de rodilla utilizando principalmente el cuádriceps, en lugar de la musculatura posterior. Esto puede favorecer el estrés en desplazamiento anterior de la tibia.

✓ PIERNA DOMINANTE/LEG DOMINANCE

Está demostrado que aquellos que presentan asimetría en perfiles de fuerza tienen mayor riesgo de lesiones.

✓ TRONCO DOMINANTE/TRUNK DOMINANCE

La activación de la musculatura lumbopélvica es fundamental para controlar la fuerza de reacción vertical del suelo, ya que la posición del centro de masas en relación a la rodilla y pie es crucial para la protección frente a lesiones en la rodilla.

Tabla 1. Patrones neuromusculares (30)

MECANISMO (aterizaje)	PATRÓN NEUROMUSCULAR
Abducción rodilla	Ligamento Dominante
Poca flexión rodilla	Cuádriceps Dominante
Asimetría piernas	Pierna dominante
Pobre control tronco	Tronco Dominante

La identificación y análisis de estos patrones podría ser interesante de cara a implementar intervenciones específicas orientadas a la prevención de lesión.

Antecedentes

Una lesión previa es probablemente uno de los mejores predictores de riesgo de lesión en el futuro. Este concepto es aplicable tanto a lesiones de ligamento cruzado anterior como al resto de lesiones. Para el LCA, sin embargo, las lesiones en la rodilla contralateral son más comunes que en la afecta (16). Shelbourne et al. (21) publicaron un estudio donde examinaron la incidencia de lesión ipsilateral y contralateral después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. El ratio de segunda lesión fue de 9,6%, siendo 4,3% en la misma rodilla y 5,3% en la

contralateral. Además, observaron que las mujeres tenían más recidivas que los hombres.

1.5 Justificación del Trabajo de Fin de Grado

Durante mis prácticas universitarias del primer rotatorio de este último año, realizadas en el CEIMD (Centro de Estudios Investigación Medicina y Deporte), he podido observar la gran cantidad de lesiones que se producen en los deportistas de alto rendimiento. Cada lesión cursaba con su progreso, pero todas compartían el hecho de ser un momento crítico para el deportista. Gran parte de esas lesiones, cursaban con una resolución relativamente rápida, con una vuelta a la competición sin secuelas. Sin embargo, entre las lesiones, había una que me llamaba especialmente la atención, en efecto, me refiero a la lesión de Ligamento Cruzado Anterior (LCA).

He observado situaciones variadas en cuanto a esta lesión. Por un lado, deportistas que tras la reconstrucción de ligamento cruzado anterior comenzaban su proceso de recuperación. Por otro lado, aquellos que tras varios meses que les supuso la baja deportiva se sometían a las pruebas (tests) para valorar su vuelta a la competición, con resultados variados; satisfactorios como desfavorables. Además, realizamos sesiones de pretemporada donde se medían diversas variables de cara a generar ejercicios en función de los mayores déficits encontrados en la mayoría de jugadores del equipo. Me llamó la atención ver cómo especialmente mujeres de equipos de alto rendimiento, presentaban muchos déficits en tests de fuerza, así como patrones aberrantes en los tests de salto. También había muchas jugadoras con historial de lesiones previas de ligamento cruzado anterior.

Todo ello me generó interés acerca de la lesión y comencé a buscar papers sobre ello. Observé que es un tema ampliamente investigado en la literatura; se conoce el mecanismo lesional, así como los factores de riesgo. Esta inquietud y curiosidad unida al problema observado, me hizo querer informarme más en cómo tratar de minimizar el riesgo de tener una lesión de ligamento cruzado anterior

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos principales

Los objetivos principales de este Trabajo Fin de Grado son:

1. Determinar los factores de riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas.
2. Examinar los efectos de los programas de prevención para la lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas femeninas basados en la evidencia científica con el objetivo de prevenir el riesgo/incidencia lesional.

2.2. Objetivos secundarios

1. Evaluar y determinar los componentes de los programas que tienen mayor evidencia para prevenir la incidencia de lesiones.
2. Examinar los efectos de los programas de prevención en la modificación de los factores de riesgo de la lesión y en la reducción del número de lesiones de LCA.
3. Desarrollar un protocolo de “screening” o cribado y un programa de reducción de riesgo de lesiones de ligamento cruzado anterior individualizado y multifactorial para mujeres deportistas.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Fuentes de información utilizadas

Para elaborar la revisión sistemática se ha realizado una búsqueda a través de las bases de datos: Medline/PubMED, PEDro, Web of Science (WOS) y ClinicalTrials. También se han obtenido artículos a partir de las referencias bibliográficas presentes en los artículos.

Todos los artículos elegidos han sido publicados en los últimos 11 años (a partir del año 2010), y se han seleccionado en función de la relevancia de su contenido y de la calidad metodológica de sus procedimientos.

3.2. Estrategia de búsqueda

Las palabras clave utilizadas fueron las siguientes: “anterior cruciate ligament”, “ACL”, “prevention” y “female”; todas ellas combinadas con los operadores booleanos OR y AND. Con el objetivo de realizar una búsqueda más específica, se utilizaron diferentes filtros. Se restringió la búsqueda a artículos primarios en inglés publicados entre 2010 y 2021, cuyas investigaciones hayan sido realizadas con sujetos humanos.

La estrategia de búsqueda en cada base de datos fue la siguiente:

Búsqueda 1: PubMED

- Palabras clave: (((anterior cruciate ligament) OR (acl)) AND (prevention)) AND (female)
- Filtros: 2010-2021. Article type: clinical trial, randomized controlled trial
- Resultados: 181
- Relevantes: 3

Búsqueda 2: PEDro

- Palabras clave: anterior cruciate ligament prevention female
- Filtros: published since 2010, method clinical trial
- Resultados: 8
- Relevantes: 3

Búsqueda 3: Web of Science

- Palabras clave: anterior cruciate ligament prevention female

- Filtros: años de publicación 2010-2021, tipo de document: article
- Resultados: 407
- Relevantes: 4

Búsqueda 4: ClinicalTrials

- Palabras clave: anterior cruciate ligament prevention female
- Resultados: 5
- Relevantes: 1

3.3. Diagrama de flujo

En la Figura 3 se muestra los resultados obtenidos en las diferentes búsquedas, cribaje y la selección de los artículos.

Inicialmente, con la búsqueda de las palabras clave y aplicando los filtros (tiempo, idioma y tipo de texto) en las diferentes bases de datos, se obtuvieron 601 artículos. Se excluyeron aquellos que estaban duplicados (n = 51) y aquellos que después de leer el título y el resumen no resultaron interesantes para la revisión (n = 506). De esta manera, se obtuvieron un total de 44 artículos.

Después se descartaron aquellos que no cumplían los criterios de inclusión y exclusión (n = 24) o no se podía acceder al texto completo de manera gratuita (n= 1). A los 19 artículos restantes se les valoró su calidad metodológica y 4 de ellos se descartaron por no cumplir el requisito de tener una puntuación igual o mayor de 6 en la escala PEDro. Asimismo, dos artículos se eliminaron por no ser relevantes.

Finalmente, se seleccionaron 13 artículos para la revisión, de los cuales 11 son ensayos clínicos aleatorios (ECA) y 2 son estudios de cohorte.

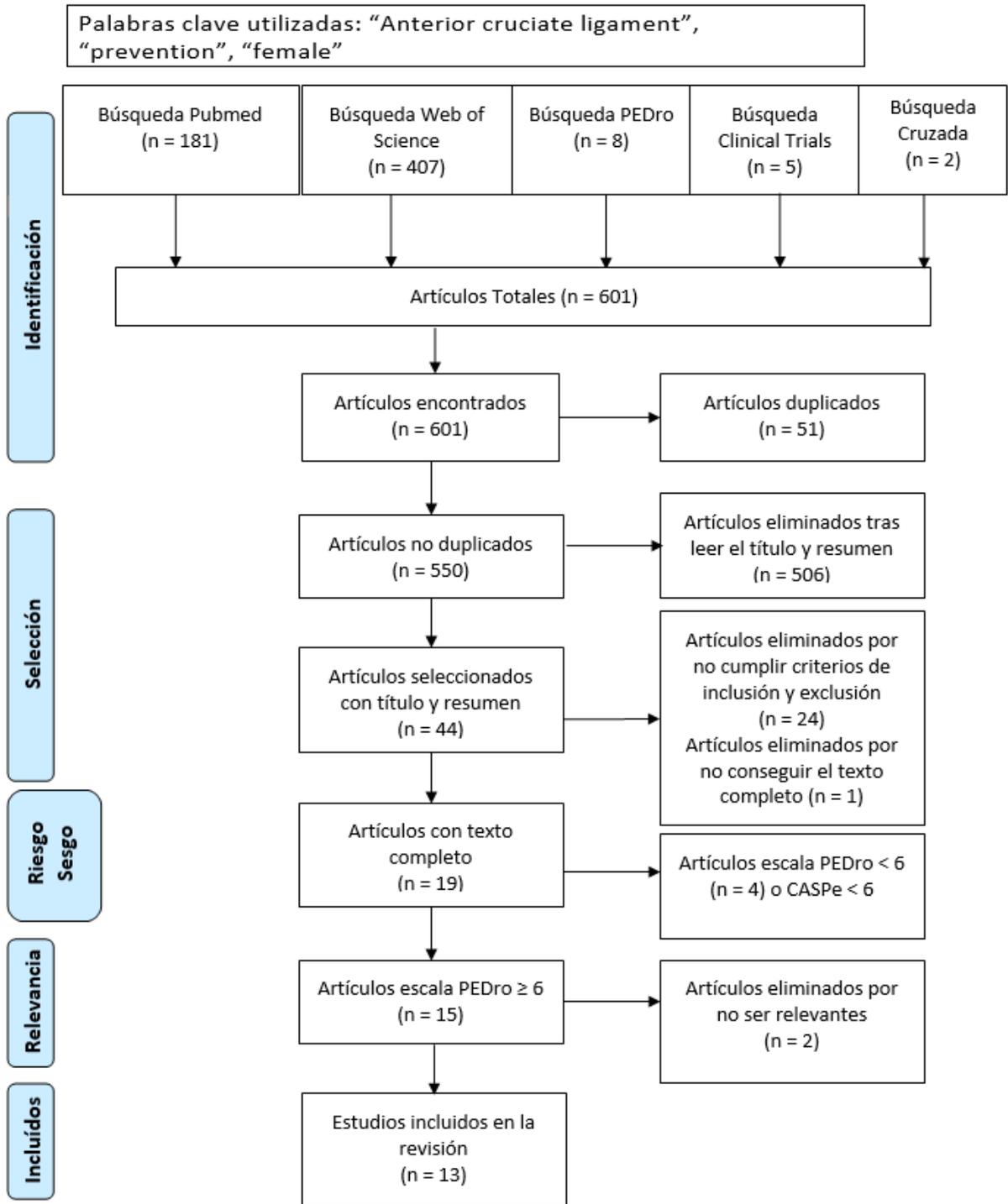


Figura 3. Diagrama de flujo búsqueda bibliográfica. Elaboración propia

3.4. Criterios de inclusión y exclusión

Para realizar el cribado de los artículos encontrados, se utilizaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión

- Publicado en los últimos 11 años (2010-2021).
- Estudios primarios: ensayos clínicos aleatorios (ECA).
- Artículos escritos en inglés.
- Calidad metodológica: los ensayos clínicos aleatorios (ECA) debían de tener una puntuación superior o igual a 6 en la escala PEDro (PEDro \geq 6).
- Los estudios de cohortes y casos y controles debían tener una puntuación superior o igual a 6 en la escala CASPe (CASPe \geq 6).
- Calidad de las revistas: el artículo debía haber sido publicado en una revista indexada en el JCR (Journal Citation Reports) o SJR (Scimago Journal Rank), y ésta tenía que estar posicionada en el primer (Q1) o segundo cuartil (Q2).
- Intervenciones realizadas en humanos vivos.
- Los participantes de los estudios debían ser únicamente deportistas femeninas de entre 10-30 años de edad.
- Intervenciones dirigidas a la prevención primaria.
- Debían aportar información específica sobre los efectos de los programas sobre tasas de lesiones de LCA (Ligamento Cruzado Anterior) o factores de riesgo.

Criterios de exclusión

- Publicado hace más de 11 años.
- Artículos que no eran ensayos clínicos aleatorios.
- Artículos que no eran estudios de cohortes.
- Artículos que no eran estudios de casos y controles.
- Artículos publicados en idiomas diferentes al inglés.
- Ensayos clínicos aleatorios con puntuaciones menores de 6 en la escala PEDro, o estudios de cohortes y estudios de casos y controles con puntuaciones menores de 6 en la escala CASPe.

- Artículos publicados en revistas no indexadas en JCR o SJR o estar posicionadas en el tercer o cuarto cuartil.
- Intervenciones realizadas en animales o cadáveres.
- Estudios realizados en hombres o mixto (hombres y mujeres) o participantes no deportistas.
- Intervenciones dirigidas a la prevención secundaria.

3.5. Evaluación de Calidad Metodológica

Para evaluar la calidad metodológica, se utilizó la escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro) (Anexo 1) (Tabla 2). para los estudios de ensayos clínicos aleatorizados que evalúa la credibilidad o validez interna de los artículos. La escala está compuesta de 11 criterios siendo válidos los 10 últimos, por cada criterio que se cumple se otorga un punto. En esta revisión, se excluyeron aquellos artículos que presentaron una puntuación menor a 6 puntos, porque se considera que la calidad del artículo no es buena.

Para los estudios de cohortes se realizó la lectura crítica utilizando el cuestionario Critical Appraisal Skills Programme (CASPe) (Anexo 2) (Tabla 3). La escala CASPe para los estudios de cohortes tiene 11 preguntas, y se considera que el artículo tiene buena calidad metodológica si la puntuación es superior a 6 puntos.

También se analizó el factor de impacto de las revistas donde estaban publicados los artículos incluidos mediante el Journal Citation Reports (JCR) o Scimago Journal & Country Rank (SJR) (Tabla 4), así como la posición que ocupa la revista y cuartil dentro de la categoría. Los artículos seleccionados se encuentran en revistas del primer y segundo cuartil (Q1 y Q2) indexadas en JCR o SJR, a excepción de un artículo que está en el tercer cuartil en JCR, pero dicho artículo se encuentra en Q2 en SJR.

Tabla 2. ESCALA PEDro. Elaboración propia.

Autor et al. (año)	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8	Criterio 9	Criterio 10	TOTAL
LaBella et al. (2011)	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	7/10
Walden et al. (2012)	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	7/10
Brown et al. (2014)	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	7/10
Parsons et al. (2014)	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	7/10
Zebis et al. (2016)	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	6/10
Hewett et al. (2017)	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	6/10
Hopper et al. (2017)	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	7/10
Sugimoto et al. (2017)	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	9/10

Bonato et al. (2018)	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	6/10
Taylor et al. (2018)	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	7/10
Rostami et al. (2020)	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	8/10

Tabla 3. ESCALA CASPE. Elaboración propia.

Autor et al. (año)	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8	Criterio 9	Criterio 10	Criterio 11	TOTAL
Omi et al. (2018)	SÍ	SÍ	11/11									
Pfile et al. (2013)	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	9/11

Tabla 4. Evaluación de la calidad de las revistas de los artículos seleccionados en la revisión bibliográfica. Elaboración propia.

Autor et al. (año)	REVISTA ABREV	Journal Citation Reports (JCR)			SCImago Journal & Country Rank (SJR)		
		Factor impacto	Categoría	Posición en categoría	Factor impacto	Categoría	Posición en categoría
LaBella et al. (2011)	ARCH PEDIAT ADOL MED	4,14	Pediatrics	3/115 (Q1)			
Waldén et al. (2012)	BMJ	2,394	Health Care Sciences & Services	19/83 (Q1)	1,841	Medicine	188/2943 (Q1)
Pfile et al. (2013)	J ATHL TRAINING	1,509	Sport Sciences	38/81 (Q2)	1,107	Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation	22/187 (Q1)
Brown et al. (2014)	J STRENGTH COND RES	2,075	Sport Sciences	23/81 (Q2)	1,34	Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation	14/192 (Q1)
Zebis et al. (2016)	BRIT J SPORT MED	6,557	Sport Sciences	3/81 (Q1)	3,518	Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation	1/195 (Q1)
Hewett et al. (2017)	AM J SPORT MED	6,057	Sport Sciences	4/81 (Q1)	3,949	Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation	1/201 (Q1)
Hopper et al. (2017)	FRONT PHYSIOL	3,394	Physiology	20/83 (Q1)	1,59	Physiology	23/107 (Q1)

Parsons et al. (2017)	CLIN J SPORT MED	2,224	Sport Sciences	33/81 (Q2)	0,999	Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation	30/201 (Q1)
Sugimoto et al. (2017)	J ATHL TRAINING	2,319	Sport Sciences	30/81 (Q2)	1,442	Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation	13/201 (Q1)
Bonato et al. (2018)	SCAND J MED SCI SPOR	3,631	Sport Sciences	11/83 (Q1)	1,627	Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation	11/209 (Q1)
Omi et al. (2018)	AM J SPORT MED	6,093	Sport Sciences	4/83 (Q1)	3,617	Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation	2/209 (Q1)
Taylor et al. (2018)	J SPORT SCI	2,811	Sport Sciences	20/83 (Q1)	1,227	Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation	23/209 (Q1)
Rostami et al. (2020)	J SPORT REHABIL	1,65	Rehabilitation	38/68 (Q3)	0,612	Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation	64/207 (Q2)

4. RESULTADOS

A continuación, se van a exponer los resultados obtenidos en la revisión bibliográfica (Tabla 5, Tabla 6). Las variables seleccionadas para poner en común son las siguientes: número de lesiones LCA (Ligamento Cruzado Anterior), número de lesiones en la extremidad inferior, biomecánica del salto (cinemática, cinética, fuerza y actividad neuromuscular) y cumplimiento. Estas han sido evaluadas para comprobar la efectividad de los programas de prevención de lesión de LCA en mujeres deportistas

4.1 Número de lesiones de LCA

El número de lesiones ha sido estudiado en cuatro estudios (31–34) para valorar directamente la efectividad de la intervención en cuanto a la lesión de LCA. Se ha definido como la rotura primera o recurrente y total o parcial del ligamento, que podía ocurrir de manera aislada o asociada a lesiones concomitantes del complejo articular de la rodilla.

En los estudios de Waldén et al. (35) y LaBella et al. (31) evaluaban a la deportista lesionada, en primer lugar el entrenador y posteriormente, el especialista (terapeuta o médico). En los otros dos estudios, sin embargo, desde el principio el médico o fisioterapeuta se hacía cargo del registro de las lesiones y valoración de las mismas (33,34). En todos los estudios, aquellas que podían ser susceptibles de generar duda, se confirmaban con el estudio de resonancia magnética nuclear.

Todos los estudios han observado una disminución significativa en el número de lesiones de LCA después de realizar un programa de prevención. El mecanismo de lesión fue valorado en un estudio (34), se vio que 8 de las 9 lesiones registradas en el periodo de intervención fueron por un mecanismo de no contacto. En los tres ensayos clínicos (31–33) se han implementado como calentamiento previo a los entrenamientos habituales a lo largo de una temporada deportiva, sin embargo, en el estudio de cohorte (34), la intervención se realizó durante 8 temporadas. La población de estudio practicaba fútbol y baloncesto y en cuanto a la edad, existe heterogeneidad entre ellos, abarcando a deportistas de edad comprendida entre 12 y 22 años.

En cuanto a los programas de intervención, Omi et al. (34) implementaron uno centrado en la cadera y los demás fueron catalogados como entrenamientos neuromusculares. Todos los entrenadores recibieron sesiones teóricas describiendo el programa y prácticas con instrucciones de la ejecución de los ejercicios. Solamente en un estudio (34) se incorporaron 3 sesiones educativas sobre el mecanismo lesional y el programa de intervención dirigidas a las deportistas.

La duración y frecuencia varía ligeramente correspondiéndose esta última con las sesiones de entrenamientos semanales, siendo Bonato et al. (33) el más largo con 30 minutos, 4 días/semana, seguido de Omi y LaBella et al. (33,34) con 20 minutos, 3 días semanales o los días de entrenamiento en este último, y Walden et al. (35) con 15 minutos, 2 días/semana. Los programas compartían como objetivo la mejora en la conciencia y control durante la ejecución de los movimientos, haciendo hincapié en la estabilidad lumbopélvica (denominada core en los estudios), cadera y alineación de la rodilla. Para ello, usaban feedback (comentarios) verbal y en ocasiones visual para animar y promover a las deportistas la realización de los ejercicios con buena técnica.

Los componentes del entrenamiento fueron: movilidad, fuerza del miembro inferior, estabilidad lumbopélvica, pliometría, equilibrio y agilidad. Los cuatro programas incluían fuerza y pliometría, dos de ellos (31,33) incorporaban también movilidad y agilidad, y solamente Omi et al. (34) propusieron ejercicios específicos de equilibrio y la modalidad deportiva en cuestión (baloncesto). La mayoría realizaban de 2 a 3 series, de 8-15 repeticiones, y algunos ejercicios se medían en tiempo, con una duración media de 15-30 segundos. Todos indican hacer una progresión en los ejercicios, sin embargo, los criterios son heterogéneos y en algunos casos no se especificaban. LaBella et al. (31) aumentaban la intensidad sumando 10 segundos por ejercicios cada semana hasta alcanzar 30 segundos. Walden et al. (35) progresaban aumentando el nivel de dificultad del ejercicio, capacitando de mayor control a la deportista. Para ello, los entrenadores decidían según la ejecución del ejercicio. En un estudio de cohorte (34) presenta 2 intervenciones de 4 años. Cada temporada se hacían tres progresiones aumentando la dificultad de control en cada ejercicio. Además, en la segunda intervención, se

incorporaron bandas elásticas de 3 resistencias (baja, moderada y alta) a la altura de las rodillas para las maniobras de saltos, para reducir la aducción de cadera y valgo de rodilla. Además, implementaron las abducciones, rotaciones externas de cadera y la mejora de la calidad de los ejercicios de equilibrio.

4.2 Número de lesiones del miembro inferior

Ha sido estudiada en 4 estudios (31,33,35,36) para valorar la efectividad de la intervención en las lesiones del miembro inferior diferentes a la lesión de LCA.

Todos los estudios han observado una disminución en el número de lesiones de extremidad inferior en el grupo de intervención respecto al control después de realizar el programa de entrenamiento, siendo la disminución significativa en el estudio de LaBella et al. (31) y en las deportistas que realizaron el programa al menos 1 día por semana (32).

4.3 Biomecánica

El estudio de patrones biomecánicos aberrantes en el tronco y miembro inferior en maniobras de cambios de dirección, salto y aterrizaje parece ser una forma de evaluar el riesgo de sufrir una lesión de LCA. Por ello, en 7 estudios (36–42) se han estudiado las variables cinemáticas y/o cinéticas. En 3 estudios (33,36,43) han evaluado las variables de activación fuerza, activación y control neuromuscular para valorar la mejora en el patrón de movimiento después de la intervención.

a. Cinemática

Los datos cinemáticos describen cuantitativamente el movimiento (ángulo o posición de las articulaciones). En 6 estudios (36–41) se recopilaron los datos utilizando un sistema de captura de movimiento de cámaras. A cada participante se le colocaron marcadores retro reflectantes, para realizar una prueba estática en una posición anatómica neutra. Se estudiaron ángulos en el contacto inicial del salto, ángulos máximos o excursiones angulares de la rodilla, cadera y tronco.

El ángulo de flexión de rodilla aumentó en 4 grupos de intervención de 3 estudios (38,40,41) de intervención después de aplicar el entrenamiento durante 6 semanas. En el estudio de Brown et al. (38), las participantes que realizaron un entrenamiento neuromuscular mejoraron la flexión de rodilla en el salto unilateral y

bilateral, y las que cumplieron un programa de pliometría solo mejoraron en el salto bilateral. Las mejoras fueron significativas en dos tipos de salto cuando las participantes realizaron un entrenamiento neuromuscular compuesto por calentamiento dinámico, pliometría y fuerza de miembro inferior (40). Pfile et al. (37), encontraron que la flexión de rodilla disminuyó después de aplicar un entrenamiento de estabilidad lumbopélvica o de pliometría durante 4 semanas.

La abducción de rodilla disminuyó en un estudio (40) durante el salto en el plano sagital en el grupo que realizó un entrenamiento neuromuscular. Sin embargo, en otro estudio (38) donde se comparó un entrenamiento específico (neuromuscular, estabilidad lumbopélvica o pliometría), ninguna modalidad disminuyó el ángulo de abducción de rodilla. Pfile et al. (37) tampoco encontraron mejoras en los grupos de estabilidad lumbopélvica o pliometría.

En la cadera, la flexión aumentó, aunque no de manera significativa tras realizar un entrenamiento multicomponente (40), los grupos que realizaron ejercicios específicos obtuvieron resultados dispares (37,38). Brown et al. (38) encontraron un aumento significativo en la flexión de cadera en el salto bilateral, pero no en el unilateral. La adducción de cadera disminuyó significativamente en las participantes que realizaron entrenamiento pliométrico (38). Igualmente, Hopper y Hewett (39,40) encontraron un aumento significativo de la abducción de cadera con un entrenamiento neuromuscular variado. Se observaron cambios en los ángulos máximos de flexión y extensión de tronco después de un entrenamiento neuromuscular con énfasis en el control de tronco. El grupo de intervención aumentó la flexión y disminuyó la extensión de tronco significativamente en comparación al grupo control (39).

b. Cinética

La cinética describe la relación entre el movimiento del cuerpo y sus causas, es decir, las fuerzas que actúan sobre él. Se explican los momentos de fuerza articulares o torque, como la suma de los momentos internos generados por las estructuras que conforman la articulación; músculos, ligamentos y hueso. Cada una de ellas genera una fuerza interna en la articulación, cuyo efecto viene dado por la multiplicación de esta fuerza con su brazo de palanca. Existe cierta confusión en la

literatura, ya que en muchas ocasiones no se explica si se refiere al momento interno o externo. Dado que los momentos que actúan sobre una articulación se estiman a partir de mediciones externas (fuerza de reacción vertical del suelo), ciertos autores encuentran más conveniente definirlos como momentos externos. Aunque el momento interno, debe ser de igual magnitud y opuesta dirección (44).

Siete estudios (36–42) han medido los siguientes momentos en la cadera y rodilla; flexión, aducción, abducción, rotación externa, rotación interna y flexión, así como la fuerza de reacción vertical del suelo (FRVS) durante maniobras de saltos, antes y después de implementar el programa de intervención.

Todos los estudios han empleado plataformas de fuerza dinamométricas, éstas, a partir de las fuerzas del movimiento, crean una señal y las plataformas estaban sincronizadas con el sistema de captura de movimiento. La relación entre el cuerpo (miembro inferior) y el suelo genera las fuerzas de reacción. Estas plataformas de fuerza posibilitan valorar las fuerzas producidas en los tres planos de movimiento (sagital, frontal y transversal). Para cuantificar los momentos articulares, se utilizó el método de dinámica inversa, que consiste en cálculos matemáticos con los datos de fuerza de reacción y el estudio cinemático tridimensional del movimiento.

Las participantes realizaron entre 2 y 5 saltos, que variaban en función del estudio. El salto más repetido fue el drop jump vertical que se analizó en 4 estudios donde las deportistas practicaban fútbol, lacrosse, netball (deporte similar al baloncesto), baloncesto o voleibol (37,39–41).

El momento de flexión de rodilla disminuyó significativamente en un estudio (37), donde el grupo de intervención realizó un programa de pliometría con variaciones de saltos enfocados a la calidad del salto y aterrizaje, de 20 minutos, 3 veces por semana durante 4 semanas. Los otros dos estudios (38,41) aplicando programas multicomponentes o específicos durante 6 semanas no encontraron diferencias. Brown et al. (38) que realizó 4 grupos de intervención (neuromuscular, estabilidad lumbopélvica, pliometría y control), observaron que el momento de flexión de rodilla aumentó en los grupos intervención y disminuyó en el grupo control.

En dos estudios (37,38), el momento de abducción rodilla disminuyó significativamente, en uno de ellos (37) realizaron un programa de pliometría de 20 minutos, 3 veces por semana, a lo largo de 4 semanas y en el otro (38) fueron las participantes del grupo control las que disminuyeron significativamente el momento de abducción de rodilla. En otro estudio (41), en el grupo de mujeres que practicaban fútbol, el grupo control y de intervención mejoraron el momento de abducción de rodilla en los tres saltos evaluados. No se encontraron diferencias en otros dos estudios (36,39) con un programa de entrenamiento neuromuscular aplicado 2-3 días a la semana, durante 10-12 semanas.

En los tres estudios (37,38,41) donde se midió el momento de rotación interna y externa de la rodilla, no encontraron diferencias significativas entre los grupos. Pfile et al. (37) observaron que la rotación externa disminuyó en el grupo control, siguió siendo alta en la fase de aterrizaje.

El momento de flexión de cadera disminuyó en un estudio (37) cuando se aplicó el programa de intervención específico de estabilidad lumbopélvica, 3 veces por semana, durante 4 semanas. Dicho programa consistía en 7 ejercicios cuyo objetivo era mejorar la coordinación y estabilidad lumbopélvica, así como activar extensores, rotadores externos y abductores de cadera. Realizaban 3 series de 10 repeticiones, que progresaban después de completar 2 semanas. Los otros dos estudios (38,41), con intervenciones de varios componentes o específicos durante 6 semanas no encontraron diferencias.

El momento de abducción-adducción de cadera no mejoró en los 3 estudios donde se midió (37,38,41).

En dos estudios (37,39) observaron una mejora en el momento de rotación de cadera. El grupo que realizó un programa con 7 ejercicios para mejorar la coordinación y estabilidad lumbopélvica, activar extensores, rotadores externos y abductores de cadera (37), 3 veces por semana, durante 4 semanas, disminuyó el momento de rotación interna. Hewett et al. (39) encontró diferencias significativas en el momento de rotación externa de cadera en el leg drop unilateral entre el grupo control e intervención. El grupo de intervención que realizó un entrenamiento neuromuscular centrado en la fuerza y control de tronco y cadera,

de 2 a 3 días por semana, durante 10 semanas, aumentó significativamente el momento de rotación externa de cadera. Además, el efecto de programa fue casi significativo ($P=0,08$) para esta variable en los perfiles de “alto riesgo” de sufrir una lesión de LCA en los grupos control e intervención.

Hopper et al. (40) y Rostami et al. (42) midieron la fuerza de reacción vertical del suelo en los saltos en jugadoras de entre 11 y 13 años de netaball y 18-24 años de voleibol, respectivamente. Ambos encontraron una disminución significativa de la FRVS tras la intervención del programa de entrenamiento aplicado 3 días por semana durante 6 semanas. El protocolo de uno de ellos (número) duraba 45 minutos e incluía ejercicios de fuerza de miembro inferior, con una progresión hacia ejercicios de equilibrio y pliometría, cada semana incluía 3-4 ejercicios. Un fisioterapeuta cualificado proporcionaba feedback verbal a las jugadoras con instrucciones estipuladas para cada ejercicio. Los componentes del programa de Hopper (40) fueron calentamiento dinámico, ejercicios de fuerza de miembro inferior y pliometría. La intensidad, volumen y complejidad del ejercicio aumentó a partir de la tercera semana, priorizando siempre la calidad del movimiento y competencia técnica.

c. Fuerza

Dos estudios (36,43) han medido esta variable para evaluar los efectos del programa en la biomecánica del salto. La medición es diversa; en uno de ellos se evaluó con la estimación de una repetición máxima (RM) mediante 10 RM, y en otro estudio se midió mediante la contracción isométrica voluntaria máxima de flexión de rodilla con un dinamómetro portátil manual.

Se observaron mejoras en la fuerza muscular después de la intervención durante 12 semanas. Parsons et al. (43) realizaron un programa específico de fuerza de miembro inferior en el grupo de intervención y miembro superior en el grupo control. Ambos grupos mejoraron el test 10RM, siendo mayor en el grupo de intervención. Zebis et al. (36), mejoraron significativamente la fuerza de los isquiotibiales tanto en el grupo control como en el de intervención. Las deportistas del grupo de intervención realizaron un programa compuesto por calentamiento dinámico, pliometría, equilibrio y fuerza, que incluían pelota y material específico

de equilibrio. Además, siempre recibían feedback verbal por parte de los entrenadores.

d. Activación y control neuromuscular

El control y activación neuromuscular han sido evaluados de diferentes maneras. Zebis et al. (36), registraron la actividad muscular mediante la electromiografía (EMG) de superficie durante la maniobra dinámica (side cutting), sincronizados los datos de EMG con los de la cámara y plataforma de fuerzas. Se calculó la amplitud media de EMG para el vasto lateral del cuádriceps, semitendinoso y bíceps femoral 10 ms antes del contacto inicial en la plataforma. Posteriormente, los valores se normalizaron a la amplitud máxima registrada de EMG durante una contracción isométrica máxima de flexión de rodilla.

La preactividad muscular del vasto lateral respecto al semitendinoso disminuyó significativamente en el grupo de intervención y aumentó significativamente en el control, habiendo una diferencia significativa entre grupos. La actividad muscular individual del vasto lateral disminuyó y del semitendinoso aumentó (no significativos) en el grupo de intervención. En el grupo control, la actividad del vasto lateral aumentó significativamente y la del semitendinoso y bíceps femoral disminuyeron significativamente. La diferencia entre grupos fue significativa para todos los músculos. Las deportistas del grupo de intervención realizaron un programa neuromuscular variado 3 veces por semana, durante 12 semanas.

Bonato et al. (33) evaluaron el control postural mediante el Y Balance test (YBT). El grupo de intervención, después de realizar un programa de entrenamiento neuromuscular con calentamiento dinámico, fuerza, pliometría y equilibrio, 4 días por semana a lo largo de la temporada, mejoró significativamente los valores en ambas extremidades, mientras que el grupo control no mostró mejoras en el test.

Mediante dos cámaras en el plano frontal y sagital, y con el Landing Error Scoring system (LESS), Parsons et al. (43) evaluaron la técnica de salto en las participantes. El LESS consiste en 17 items que evalúan la posición de las extremidades inferiores y tronco. Una puntuación menor significa mejor técnica de salto, calificando como técnica pobre a puntuaciones > 6. Se evaluó el efecto de un programa específico de fuerza del miembro inferior (grupo de intervención) o superior (grupo control)

durante 12 semanas en la técnica del salto. Ambos grupos mejoraron en LESS, pero no fue significativo. Las deportistas que inicialmente mostraron peor técnica (LESS >6), mejoraron significativamente.

4.4 Cumplimiento

El cumplimiento o adherencia son términos que a menudo se emplean para describir la ejecución o terminación de una tarea. Esta variable indica el número de deportistas que completaron la intervención asignada. Resulta importante para determinar la utilidad y éxito de un programa. No hay un método estándar de notificación de la tasa de cumplimiento. Algunos estudios registraban la asistencia, pero el dato de cumplimiento no se validó, por lo que solamente se seleccionaron cuatro estudios, donde se notificó de manera clara.

Omi y Taylor (34,41) calcularon el cumplimiento de las deportistas en base al registro de asistencia que cumplimentaban los entrenadores (sesiones asistidas/sesiones totales posibles). En el estudio de LaBella et al. (31) se informó del cumplimiento de los entrenadores. Para ello, los propios entrenadores realizaban un auto registro y los asistentes de la investigación observaron intervenciones de forma periódica. Sugimoto et al. (45) analizaron el cumplimiento de los entrenadores y deportistas tanto en el grupo intervención como control. Los encargados de implementar la intervención y el coordinador del estudio posteriormente registraban la asistencia y cumplimiento de cada sesión. El cálculo se definió de la siguiente forma: El cumplimiento del entrenador (%) = suma intervenciones dirigidas/máximas intervenciones posibles según el protocolo del estudio. El cumplimiento del deportista (%) = proporción de deportistas que atendieron y completaron más del 2/3 de las sesiones de intervención del protocolo del estudio.

En todos los estudios se ha observado un porcentaje de cumplimiento superior al 60% después de realizar un programa de prevención de lesiones de ligamento cruzado anterior. En el cumplimiento de los deportistas, Omi et al. y Sugimoto et al. (34,45) registraron los datos más altos, 89% y 88,4% respectivamente. Este último además no registró diferencias entre los grupos de estudio o deporte. En el estudio de Taylor et al. (41) el cumplimiento de las deportistas de intervención fue de 66,4 ±

17,6%. En lo que se refiere a los entrenadores, LaBella et al. (31) registraron un cumplimiento del 80,4% y Sugimoto et al. (45) $52,5 \pm 11,7\%$, siendo significativamente mayor en el grupo de intervención que en el control.

Todos ellos se han implementado como calentamiento previo a los entrenamientos habituales a lo largo de una temporada deportiva en el caso de Sugimoto y LaBella Omi et al. (31,34,45) lo realizaron durante 8 temporadas y Taylor et al. (41) en 6 semanas. Las participantes en los estudios practicaban voleibol, fútbol y baloncesto y en cuanto a la edad, existe heterogeneidad entre ellos, abarcando a deportistas de edad secundaria, bachillerato o universitaria. Todos los entrenadores recibieron sesiones teóricas describiendo el programa y prácticas con instrucciones de la ejecución de ejercicios.

En cuanto a los programas de intervención, Taylor et al. y LaBella et al. (31,41) implementaron un entrenamiento neuromuscular y Omi et al. (34) lo enfocaron en la cadera. Estos tres tuvieron una duración de entre 20-25 minutos y se aplicaron de 2-3 días por semana.

Sugimoto et al. (45) realizaron un programa de entrenamiento neuromuscular centrado en el tronco, de 15-30 minutos, 3 días por semana en pretemporada y 10-15 minutos, 2 días por semana en temporada.

Los cuatro programas incluían fuerza de miembro inferior, estabilidad lumbopélvica y pliometría. Labella et al y Taylor et al. (31,41) incorporaban movilidad y agilidad, y la progresión en los ejercicios se realizó aumentando el tiempo o repeticiones en función de las semanas de entrenamientos. Omi et al. y Sugimoto et al. (34,45) propusieron ejercicios específicos de equilibrio y los dos realizaron una progresión de los ejercicios aumentando la intensidad de la técnica. En el primero, por temporada se hacían tres progresiones aumentando la dificultad de control en cada ejercicio, no se menciona y se evaluaba específicamente a cada deportista. Sugimoto et al. (45) comenzaban con un volumen inicial bajo adecuado a cada deportista, que se incrementaba cuando lo realizaba fácilmente y el entrenador reconocía buena técnica de ejecución. Así, la progresión de realizaba en volumen (número de repeticiones) e intensidad con 5 fases de cada ejercicio. En todos los

estudios se usaba feedback verbal para animar y promover a las deportistas la realización de los ejercicios con buena técnica.

Tabla 5. Resultados de los estudios incluidos en la revisión. Elaboración propia.

Autor/año	Sujetos			Variables medidas	Intervención	Resultados
	Edad (años)	Deporte	Muestra			
LaBella et al. 2011	16	Fútbol Baloncesto	N: 1492 GI: 737 GC: 755	Cumplimiento: autoinforme Lesión LCA/EI: entrenadores	Días/semana: N.E. Duración: 1 temporada GI: neuromuscular GC: calentamiento	Cumplimiento: 80,4% Lesiones EI: <ul style="list-style-type: none"> • Inicio gradual: GI<GC* • Sin contacto: GI<GC* • Esguince tobillo sin contacto GI<GC* Lesión LCA: GI<GC*
Walden et al. 2012	12-17	Fútbol	N: 4564 GI: 2085 GC: 2479	T° juego individual: entrenador Lesiones rodilla: entrenador y terapeuta Lesiones LCA: entrenador y terapeuta	Días/semana: N.E. Duración: 1 temporada GI: neuromuscular GC: calentamiento habitual	Horas: GI>GC Lesiones rodilla: GI<GC Lesiones rodilla: GI<GC* (cumplidoras) LCA: GI<GC LCA: GI<GC* (cumplidoras)
Pfile et al. 2013	14-15	Lacrosse Fútbol	N: 23 GI 1: 9 GI 2: 8 GC: 6	Análisis biomecánico: DVJ Cinemática: ángulos: cadera, rodilla: cámaras, modelo 3D Cinética: momentos articulares cadera, rodilla: plataforma de fuerza. Dinámica inversa.	Duración: 4 semanas GI 1: core, 20', 3 d/sem GI 2: pliometría, 20', 3 d/sem GC: actividad habitual; 3/4 entrenamientos y 1/2 partidos por semana.	GI 1: <ul style="list-style-type: none"> • ↓Ángulo flexión rodilla • ↑Ángulo rotación interna rodilla* • ↓Momento flexión cadera • ↓Momento rotación interna cadera GI 2: <ul style="list-style-type: none"> • ↓Ángulo flexión rodilla • ↓Ángulo rotación interna rodilla • ↓Momento flexión rodilla* • ↓Momento abducción rodilla* GC: ↓Momento rotación externa rodilla*

Legenda: LCA, ligamento cruzado anterior; N.E., no específica; EI, extremidad inferior; T°, tiempo; DVJ, drop vertical jump (salto vertical); d, día; sem, semana; ', minutos; ↑, aumento; ↓, disminución; >, mayor que; <, menor que; *, GI, grupo intervención; GC, grupo control; *, significación estadística (P<0,05).

Tabla 5. Resultados de los estudios incluidos en la revisión (continuación). Elaboración propia.

Autor/año	Sujetos			Variables medidas	Intervención	Resultados
	Edad (años)	Deporte	Muestra			
Brown et al. 2014	13-18	Baloncesto Hockey Fútbol Voleibol	N: 43 GI 1: 10 GI 2: 7 GI 3: 13 GC: 13	Análisis biomecánico: salto unilateral y bilateral Cinemática: ángulos: cadera, rodilla: cámaras. Cinética: momentos articulares cadera, rodilla: plataforma fuerza. Dinámica inversa.	Duración: 6 semanas GI 1: neuromuscular, 20', 3 d/sem. GI 2: core, 20', 3 d/sem GI 3: pliometría, 20', 3 d/sem GC: actividad habitual	GI 1: <ul style="list-style-type: none"> • ↑ Ángulo flexión rodilla* salto • ↑ Ángulo flexión cadera • ↑ Momento flexión rodilla GI 2: <ul style="list-style-type: none"> • ↓ Ángulo flexión rodilla • ↑ Ángulo flexión cadera salto bil. GI 3: <ul style="list-style-type: none"> • ↑ Ángulo flexión rodilla salto bil. • ↑ Ángulo flexión cadera salto bil. • ↓ Ángulo add cadera* • ↓ Momento abd rodilla* GC: ↓ Ángulo flexión rodilla <ul style="list-style-type: none"> • ↓ Momento flexión rodilla
Zebis et al. 2015	15-16	Fútbol Balonmano	N: 40 GI: 20 GC: 20	Preactividad muscular: VL, C, ST, BF en cambio de dirección: EMG y plataforma fuerza. Ángulo y momento valgo de rodilla: 3D, dinámica inversa Fuerza isquiotibiales: contracción máxima isométrica: dinamómetro	Duración: 12 semanas GI: neuromuscular 15', 3 d/sem GC: calentamiento habitual	Preactividad VL-ST: <ul style="list-style-type: none"> • GI: ↓* • GC: ↑*, GI<GC: Diferencia: 43%* Preactividad muscular individual: <ul style="list-style-type: none"> • GI: VL ↓, ST ↑ • GC: VL ↑*, ST ↓*, BF ↓*. • VL: GI<GC 23%* • ST: GI>GC 18%* • BF: GI>GC 8%* Fuerza isquiotibiales: <ul style="list-style-type: none"> • GI: ↑* • GC: ↓*

Legenda: d, día; sem, semana; ', minutos; VL, vasto lateral; C, cuádriceps; ST, semitendinoso; BF, bíceps femoral; bil, bilateral; ↑, aumento; ↓, disminución; >, mayor que; <, menor que; GI, grupo intervención; GC, grupo control; *, significación estadística (P<0,05).

Tabla 5. Resultados de los estudios incluidos en la revisión (continuación). Elaboración propia.

Autor/año	Sujetos			Variables medidas	Intervención	Resultados
	Edad (años)	Deporte	Muestra			
Hewett et al. 2017	12-15	Baloncesto Voleibol Fútbol	N: 551 GI: 307 GC1: 217 GC2: 27	Análisis biomecánico: Drop vertical jump (DVJ), single-leg drop (SLD), single leg cross drop (SCD). Perfiles de riesgo. Cinemática: ángulos: tronco: cámaras, modelo 3D. Cinética: momentos articulares: plataforma fuerza.	Duración: 10 semanas GI: neuromuscular 30', 2-3 d/sem GC: técnica y velocidad	SCD Flexión tronco: • GI: ↑, GC: ↓, GI>GC*. Extensión tronco: • GI: ↓, GC: ↑, GI>GC* SLD momento rotación exter. cadera: • GI: ↑, GC: ↓, GI>GC* Según perfil de riesgo: • Alto riesgo: ↑ mejoras
Hopper et al. 2017	11-13	Netball	N: 23 GI: 13 GC: 10	Análisis biomecánico: Drop vertical jump (DVJ) y broad jump bilateral con aterrizaje unilateral. Cinemática: ángulos: cadera, rodilla: cámaras, modelo 3D. Valgo de rodilla bilateral. Cinética: fuerza de reacción vertical al suelo (FRVS): plataforma de fuerza.	Duración: 6 semanas GI: neuromuscular 60', 3 d/sem GC: calentamiento habitual	Drop vertical jump: salto vertical Flexión rodilla (contacto inicial, máximo): • GI: ↑*, ↑; GC: ↓, ↓ Rotación exter. rodilla: GI: ↑*, ↑, GC: ↓, ↓ Flexión cadera: GI: ↑, ↑, GC: ↑, ↑ Abducción cadera: GI: ↑*, ↑, GI: ↑, ↑ Rotación exter. rodilla: GI: ↑, ↑, GC: ↑, ↑ Single leg landing: Flexión rodilla: GI: ↑*, ↑, GC: ↓, ↓ Rotación exter. rodilla: GI: ↑*, ↑* GC: ↑, ↓. Flexión cadera: GI: ↑, ↑, GC: ↓, ↓ Distancia rodillas: Inicial: GI>GC*, Máx: GI>GC* FRVS: GI: ↓*, GC: ↓ Tras salto vertical: GI: ↓*, GC: ↓ Single leg landing: GI: ↓*, GC: ↓

Legenda: d, día; sem, semana; ', minuto; exter, externa; ↑, aumento; ↓, disminución; >, mayor que; <, menor que; GI, grupo intervención; GC, grupo control; *, significación estadística (P<0,05).

Tabla 5. Resultados de los estudios incluidos en la revisión (continuación). Elaboración propia.

Autor/año	Sujetos			Variables medidas	Intervención	Resultados
	Edad (años)	Deporte	Muestra			
Parsons et al. 2017	10-14	N.E.	N: 36 GI: 19 GC: 17	Drop vertical jump bipodal: Landing Error Scoring System (LESS). Fuerza: agarre mano, N° flexiones brazos (push-ups) 10RM: GI: sentadilla y zancada (lunges), GC: pectoral y bíceps	Duración: 12 semanas GI: fuerza tren inferior 1 h, 2 d/semana GC: fuerza tren superior 1h, 2 d/semana	LESS: deportistas con LESS>6: mejora* Fuerza de agarre mano: • Dcha: GI: ↑, GC: ↑ • Izda: GI: ↑*, GC↑ N° flexiones brazos (push-ups): • GI: ↑*, GC: ↑* • GI: ↑ sentadilla 78% y zancada 64% • GC: ↑ 31% en pectoral y 35% bíceps
Sugimoto et al. 2017	11-18	Baloncesto Fútbol Voleibol	N: 439 GI: 244 GC: 195	Cumplimiento deportista Cumplimiento entrenador	GI: neuromuscular, core. Pretemporada: 15-30', 3 d/sem. Temporada: 10-15, 2 d/sem. GC: velocidad y técnica Pretemporada: 15-30', 3 d/sem. Temporada: 10-15', 2d/sem.	Cumplimiento entrenador: 52,5% ± 11,7% Ratio 1,3 ± 1,1/ semana pretemporada Ratio 1,2 ± 0,5 /semana temporada Cumplimiento deportista: 88,4% >2/3 ses. GI vs. GC: entrenador: GI>GC* GI vs. GC: deportista: no diferencias.
Taylor et al. 2018		Baloncesto Fútbol	N: 87 GI: 43 GC: 44	Análisis biomecánico: DVJ, Double leg forward jump plano sagital (SAG-DL), Single leg forward hop plano sagital (SAG-SL), Double leg lateral jump plano frontal (FRONT-DL), Single leg lateral hop plano frontal (FRONT-SL) Cinemática: ángulos, excursiones cadera, rodilla. Cinética: momentos articulares.	Duración: 6 semanas GI: neuromuscular 20-25', 2-3 d/sem. GC: calentamiento habitual	Ángulos pico SAG-SL abducción rodilla Gibaloncesto>GCbaloncesto y GI fútbol* Excursión angular SAG-SL abducción rodilla Gibaloncesto > GCbaloncesto y GI fútbol* FRONT-SL flexión rodilla: Gibaloncesto> GCbaloncesto*

Legenda: d, día; sem, semana; ', minutos; DVJ, drop vertical jump (salto vertical); Dcha, derecha; Izda, izquierda; GI, grupo intervención; GC, grupo control; ↑, aumento; ↓, disminución; >, mayor que; <, menor que; *, significación estadística (P<0,05).

Tabla 5. Resultados de los estudios incluidos en la revisión (continuación). Elaboración propia.

Autor/año	Sujetos			Variables medidas	Intervención	Resultados
	Edad (años)	Deporte	Muestra			
Bonato et al. 2018	18-22	Baloncesto	N: 160 GI: 86 GC: 74	Salto contra movimiento CMJ Control postural: Lower Quarter Y Balance Test Registro lesiones	Duración: 1 temporada GI: entrenamiento neuromuscular 30', 4 d/sem. GC: ejercicios aeróbicos baja intensidad y técnica 30', 4 d/sem.	CMJ: GI ↑*, GC ↑. GI>GC* YBT: en EG ↑dcha *↑izda*. CG no mejora. Inter grupos GI>CG dcha izda* Lesiones totales: GI<GC* Lesiones LCA: GI<GC* Lesiones entrenamiento vs. partido: GI entrenamiento<partido*. GC entrenamiento>partido*
Omi et al. 2018	18-20	Baloncesto	N: 757 GO: 309 GI1: 268 GI2: 180	Lesiones y mecanismo lesional: registro, entrevistas, videos Cumplimiento: registro entrenadores	Duración: 4 años. Intervención 1: 4 años. Educación mecanismo lesional de LCA y entrenamiento de cadera. 3 /temporada antes de cada progresión Entrenamiento enfocado cadera. 20', 3 d/sem. Intervención 2: =Intervención 1, progresión en ejercicios	Ratio lesiones/exposición deportista en horas: Observación: LCA no contacto: 0,21/1000. LCA contacto: 0,08/1000. Intervención 1: LCA no contacto: 0,09/1000. LCA contacto 0 Intervención 2: LCA no contacto 0,08/1000. LCA contacto 0
Rostami et al. 2020	18-24	Voleibol	N: 32 GI: 16 GC: 16	Rendimiento: single triple hop test (distancia) Biomecánica: stick landing situación de bloqueo satisfactorio. Step back landing situación de bloqueo fallido Cinética: FRVS, tasa de fuerza de impacto (ROL): plataforma de fuerza. Control postural: DPSI	Duración: 6 semanas Educación entrenadores GI: programa de instrucciones external focus. 45', 3/sem. GC: entrenamiento habitual 60-90', 3 d/sem.	Rendimiento: GI: ↑*, GC: ↑ Cinética: stick landing. GI: ↓ FRVS1, FRVS2, ROL1, ROL2* GC: ↓ROL2 Todos GI<GC Cinética: step back landing. GI: ↓FRVS1, FRVS2, ROL1, ROL2, DPSI*. GC: ↑ GI<GC Control postural: stick y step back landing GI: ↓ DPSI*

Legenda: d, día; sem, semana; ', minutos; exter, externa; LCA, ligamento cruzado anterior; DPSI, índice control postural dinámico; ↑, aumento; ↓, disminución; >, mayor que; <, menor que; *, significación estadística (P<0,05).

Tabla 6. Intervenciones en los grupos de experimentación de los diferentes estudios. Elaboración propia.

	Intervención	Fuerza MMII	Core	Pliometría	Equilibrio	Movilidad	Agilidad	Feedback	Progresión
LaBella et al. 2011	Neuromuscular	✓	✓	✓		✓	✓	✓	↑ tiempo de cada ejercicio.
Walden et al. 2012	Neuromuscular	✓	✓	✓				✓	4 niveles dificultad del ejercicio.
Pfile et al. 2013	Core		✓						6 sesiones ↑ en dificultad del ejercicio.
	Pliometría			✓					3 fases, tras 6 sesiones ↑ intensidad en reps y cambiando la estabilidad del ejercicio.
Brown et al. 2014	Neuromuscular	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Core		✓		✓	✓			
	Pliometría			✓		✓			
Zebis et al. 2015	Neuromuscular	✓		✓	✓	✓		✓	Progresión en dificultad del ejercicio.
Hewett et al. 2017	Neuromuscular	✓	✓	✓	✓			N.E.	5 fases, progresión en dificultad.
Hopper et al. 2017	Neuromuscular	✓	✓	✓		✓		✓	↑ en intensidad, volumen y complejidad con escala percepción de esfuerzo.
Parsons et al. 2017	Fuerza	✓							Progresión en carga.
Sugimoto et al. 2017	Neuromuscular	✓	✓	✓	✓			✓	Progresión en intensidad y dificultad (> perturbaciones tronco).
Taylor et al. 2018	Neuromuscular	✓	✓	✓		✓	✓	✓	Aumento tiempo de cada ejercicio.
Bonato et al. 2018	Neuromuscular	✓		✓		✓	✓	✓	No.
Omi et al. 2018	Enfocado en cadera	✓		✓	✓			✓	3 niveles de dificultad.
Rostami et al. 2020	Enfocado en externo	✓		✓	✓			✓	Progresión en dificultad de los ejercicios después de 2 y 3 semanas.

Leyenda: N.E, no específica; ✓: sí.

5. DISCUSIÓN

Actualmente, existen numerosos programas de prevención de lesiones de LCA. La efectividad de estos programas ha sido investigada bien reduciendo la tasa de lesión o mejorando los factores de riesgo estudiados de la misma. Sin embargo, a día de hoy, la incidencia de lesión es alta en mujeres deportistas y no está claro cómo debe ser un programa de prevención efectivo.

El objetivo de esta revisión fue examinar los efectos de los programas en deportistas femeninas basados en la evidencia con el objetivo de desarrollar uno para prevenir la incidencia lesional.

La LCA es común en el ámbito deportivo y a menudo requiere cirugía, seguida de una extensa rehabilitación. El riesgo de lesión es multifactorial, y los factores biomecánicos y neuromusculares pueden ser modificables, por lo que proporcionan mayor potencial para la implementación de un programa de prevención.

5.1 Número de lesiones

En cuanto al número de lesiones, en este caso interesa saber los resultados de incidencia de LCA, si bien es cierto que en algunos estudios se registraron también las lesiones ocurridas en el miembro inferior. Todos los autores coinciden en que hubo una reducción del número de lesiones después de la intervención.

Sin embargo, en el estudio de LaBella et al. (31) se informa de la dificultad de obtener el consentimiento de los padres en esta población de estudio, por lo que la información personal estaba disponible solo para un subconjunto de deportistas, que puede no ser representativo de la muestra completa. Curiosamente, Walden et al. (35) informaron que cinco de las lesiones de ligamento cruzado anteriores ocurrieron durante el entrenamiento de fútbol, y todas fueron de naturaleza sin contacto y ocurrieron en el grupo de control. Esto sugiere que las lesiones del ligamento cruzado anterior sin contacto durante el entrenamiento pueden prevenirse con el programa de entrenamiento neuromuscular que se aplicó durante la temporada.

Todos los programas incluyeron ejercicios de fuerza del miembro inferior, core o estabilidad abdomino-lumbopélvica, pliometría con énfasis en una correcta técnica

de salto y lo realizaron como mínimo durante una temporada. Los programas compartían como objetivo la mejora en la conciencia y control durante la ejecución de los movimientos y ofrecían un feedback a las deportistas. Estos objetivos comunes podrían ser relevantes en la intervención, ya que todos demostraron una reducción significativa de lesiones de LCA. Lo cierto es que estos programas no fueron diseñados únicamente para movimientos específicos asociados con ciertos deportes. Omi et al. (34) fueron el único en incluir numerosos movimientos específicos del baloncesto, y Bonato et al. (33) introdujeron también en la última parte del entrenamiento ciertos movimientos más específicos. Las participantes de estos dos estudios competían en ligas nacionales a diferencia de los demás, por lo que quizás haya influido positivamente la inclusión de ejercicios enfocados al deporte que practican.

5.2 Biomecánica

En los programas de intervención cuyo objetivo era incidir en los factores de riesgo modificables de la lesión de LCA, se evaluó la biomecánica durante el salto (33,36,36–43). Generalmente, las valoraciones en cuanto a la cinética y cinemática fueron bastante similares de un estudio a otro, esto ayuda a encontrar datos homogéneos.

El cuanto a la cinemática de rodilla y cadera, en general, mejoró con los programas de entrenamiento neuromuscular multicomponentes que incluyeron ejercicios de fortalecimiento de la parte inferior del cuerpo y saltos con estabilización del aterrizaje (38,40,41). No se encontró una mejora relevante en los programas que incluían equilibrio, fortalecimiento core/lumbopélvico o agilidad en comparación con los programas de NMT (entrenamiento neuromuscular) que no incorporaron estos componentes. Por lo tanto, la inclusión de estos otros componentes puede no ser dañina, pero puede no ser tan eficaz en el periodo de tiempo que se aplicó.

Hopper et al. (40) fue el que mayores mejoras observaron. Si bien es cierto que la mayoría aplicaron una progresión en sus ejercicios en cuanto a intensidad, volumen o dificultad a nivel técnico; las participantes del estudio de Hopper fueron las únicas en registrar las cargas durante cada entrenamiento. Éstas, junto con el resultado en la escala de percepción de esfuerzo anotada por la deportista, servían para

determinar la carga de entrenamiento para la siguiente semana. Probablemente esto haya contribuido a las mejoras obtenidas, ya que, a diferencia del resto de estudios, conseguían individualizar más la intensidad y hacían partícipes a las deportistas cumplimentando la escala.

En el análisis cinético, los momentos de rodilla solo parecen mejorar en un estudio (37) cuando se aplica un programa específico de pliometría, esto podría deberse a que todos los ejercicios de estabilización de aterrizaje se enfocan directamente en optimizar la activación muscular para asegurar una técnica y alineación adecuadas (aterrizaje suave y posicionamiento de rodilla sobre los pies). Y en lo referente a la cadera, Pfile et al. (37) y Hewett et al. (39) encontraron las mejoras más relevantes aplicando un entrenamiento de estabilización lumbopélvica principalmente. Por lo que la activación de la dicha musculatura y cadera podría mejorar las fuerzas de la cadera y el desplazamiento del tronco en el aterrizaje de salto, aumentando el control neuromuscular y disminuyendo el riesgo de lesión. Del estudio de Hewett et al. (39), es importante recalcar que se observaron un mayor efecto del programa entre deportistas que presentaban un perfil de mayor riesgo de sufrir lesiones. Esto destaca la importancia de realizar una evaluación individual previa de los factores de riesgo de cada deportista, para incidir en aquellos déficits específicamente.

Cuando se aplicó un programa específico de fuerza del miembro inferior (Parsons), se vieron mejoras a nivel analítico, pero no se trasladaron en mejorar la biomecánica del salto. Por lo que el entrenamiento específico de fuerza de tren inferior únicamente, no parece ser lo más adecuado si el objetivo es la prevención de LCA. Por el contrario, Zebis et al. (36), con un programa compuesto por un calentamiento dinámico, pliometría, equilibrio y fuerza, con ejercicios en parejas y siempre recibiendo feedback verbal por parte de los entrenadores, mejoraron el patrón neuromuscular de activación de isquiotibiales respecto al cuádriceps. A priori, parece que esos componentes de entrenamiento aumentan la protección frente a la lesión según los factores de riesgo analizados. Sin embargo, no se observaron diferencias cinéticas o cinemáticas entre el momento pre y post intervención y respecto al grupo control, lo cual no concuerda con los resultados de otros estudios.

Otro aspecto relevante es los resultados cinéticos obtenidos en el estudio de Rostami et al. (42) después de implementar un programa diferente a los demás. Esto sugiere que el enfoque se ha empleado tradicionalmente con estrategias instruccionales con una atención interna (centrándose en el movimiento puramente) puede no ser óptimo para la adquisición del control de las habilidades motoras complejas necesarias para los deportes. Por el contrario, con las estrategias del enfoque externo (centrándose en el efecto del movimiento), podría mejorar la adquisición de habilidades de manera más eficiente y aumentar la transferencia hacia actividades deportivas.

5.3 Cumplimiento

Al analizar los posibles beneficios de un programa de prevención, el cumplimiento del mismo debería informarse claramente. Conocer el programa y saber cómo se adhirió la deportista o el entrenador a él es información importante. Algunos de los estudios incluidos no comentaron el cumplimiento, mientras que otros intentaron definir niveles mínimos aceptables de participación. Estos varían mucho según el autor, lo que hace difícil compararlos entre sí. Además, los índices de cumplimiento fueron registrados a menudo por los jugadores y/o entrenadores, por lo que pueden implicar un sesgo de información. Sería desafortunado desacreditar un programa cuando las participantes puede que no lo hayan cumplimentado suficientemente como para haber demostrado un efecto de protección de lesión. Por otro lado, según el cumplimiento que hayan realizado los entrenadores respecto al programa pautado originalmente, los resultados obtenidos no pueden asociarse directamente al plan. Por ello, no tener los datos de cumplimiento homogéneos entre los estudios y completos supone una limitación en la evaluación de las intervenciones y dificulta concluir la efectividad de los programas de prevención.

Taylor et al. (41) aseguraban buen cumplimiento del programa aplicado 2-3 días/semana, durante 6 semanas, sin embargo, puede que el volumen no fuera adecuado, o 6 semanas resultaran insuficientes, ya que no obtuvieron las mejoras previstas. Los mejores resultados fueron observados por Omi et al. (34), con un alto cumplimiento, dosis de intervención adecuada y resultados favorables, además, se

hizo hincapié en tener buen feedback entre deportistas y entrenadores. Por lo que la actitud a lo largo del estudio fue positiva e influyó probablemente en los resultados. Sugimoto et al. (45), informaron de un alto cumplimiento de las deportistas, no fue así en el caso de los entrenadores. Puede que influyera el ritmo y alto nivel de competición, que dificultaba aplicar el entrenamiento 2 días semanales durante la temporada. LaBella et al. (31) observaron un buen cumplimiento, que podría haber influido la participación voluntaria en el estudio.

6. LIMITACIONES

Durante la realización de este trabajo se han presentado ciertas limitaciones en referencia a la búsqueda bibliográfica y análisis de los resultados.

En primer lugar, ha resultado complicado seleccionar los filtros y criterios de inclusión y exclusión de los estudios, debido a que es un campo donde se ha investigado mucho. Por ello, al limitar los estudios a aquellos que han sido publicados en los últimos 10 años, puede que se haya perdido la opción de incluir estudios relevantes en el tema tratado.

En segundo lugar, los estudios seleccionados muestran cierta heterogeneidad entre sí, habiendo diferencias en el tamaño muestral, deportes analizados, tipo de ejercicios implementados, forma de registro de lesiones y variedad de modalidad de saltos en el análisis biomecánico, lo que ha dificultado la valoración de los resultados obtenidos.

Finalmente, ha sido difícil encontrar una homogeneidad en los programas descritos. Hubo una variabilidad significativa en los ejercicios específicos que fueron seleccionados. Esto sugiere que, siempre que se incluyan las categorías de ejercicio necesarias, existe flexibilidad a la hora de individualizarlos. Igualmente, las progresiones de los programas fueron variadas y no se detallaban en los estudios. A pesar de que en varios estudios destacaban la importancia del análisis del perfil de riesgo de cada deportista, ninguno prescribió los ejercicios en base a ello. Esta limitación se presenta como una fortaleza para el desarrollo de un programa de prevención de lesiones de ligamento cruzado anterior como propuesta de este trabajo.

7. CONCLUSIONES

1. La realización de un programa de prevención de lesión de ligamento cruzado anterior reduce el número de lesiones del ligamento cruzado anterior.
2. Los programas neuromusculares multicomponentes que incluyen: ejercicios de fuerza, pliometría y estabilización lumbopélvica, podrían ser más eficaces para la mejora de los factores de riesgo biomecánicos que aquellos que solo incluyen ejercicios de un componente.
3. Las variables cinemáticas mejoran con un entrenamiento neuromuscular. La gestión de fuerza de reacción vertical del suelo disminuye con un entrenamiento multicomponente, pero no está claro que los momentos de cadera y rodilla mejoren. La pliometría es la que mayor beneficio aporta en los momentos de rodilla y los ejercicios lumbopélvicos en los momentos de cadera.
4. Los programas de 15-30 minutos, realizados previo a la sesión de entrenamiento, 2-4 días por semana son los más implementados en la literatura. No están claras el número de semanas necesarias para obtener los mejores resultados.
5. El cumplimiento y la adherencia del programa parecen tener un efecto positivo en la reducción de las lesiones.
6. El análisis biomecánico del salto vertical (Drop Vertical Jump) es el más utilizado y, es efectivo para evaluar los factores de riesgo asociados a la cinética y cinemática.
7. La incorporación de la educación a los entrenadores y feedback o comentarios sobre la correcta ejecución de la técnica parecen ser componentes esenciales en los programas de prevención.

8. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

8.1 Introducción

Los programas de prevención de ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas son efectivos en reducir dicha lesión según la revisión realizada basándose en la evidencia científica. Sin embargo, la incidencia sigue siendo alta, generando largas bajas deportivas y un elevado coste económico.

La gran mayoría de estudios (36–42) realizan los análisis biomecánicos utilizando tecnologías de alto coste que no se encuentran en el ámbito clínico habitual, dificultando su accesibilidad y aplicabilidad.

De acuerdo al modelo de prevención de Van Mechelen (46) la evaluación e identificación de los factores de riesgo resulta muy importante, especialmente aquellos modificables sobre los cuales se puede actuar. A día de hoy, hasta donde se sabe, no existen programas de prevención que se implementen en función de los factores de riesgo de la deportista. Por ello, desde una perspectiva de manejo holístico, se propone un programa de reducción de riesgo de lesión de ligamento cruzado anterior multicomponente y específico en función de los factores de riesgo analizados (31,33,34,34,36–39,41) que se pueda aplicar en el ámbito clínico en mujeres deportistas.

8.2 Hipótesis

La realización de un programa multicomponente, multifactorial e individualizado denominado "WaVeMent" disminuye el número de lesiones de ligamento cruzado anterior y del miembro inferior en mujeres deportistas.

8.3 Objetivos

Objetivos principales

- Elaborar un protocolo de "screening" o cribado aplicable al ámbito clínico de los factores neuromusculares y biomecánicos, con material sencillo, para detectar los déficits o alteraciones que supongan un factor de riesgo de lesión.
- Desarrollar un programa de ejercicio específico, multifactorial e individualizado según el resultado del "screening" y basado en la revisión científica realizada para la prevención de la lesión. Dicho programa se denominará "WaVeMent" (W-well/bueno, W-woman/mujer, vement-de movement/movimiento, wave-ola, oscilación, movimiento periódico).

Objetivos secundarios

- Registrar y cuantificar el número de lesiones de LCA y del miembro inferior durante un pretemporada y temporada.
- Registrar y cuantificar el cumplimiento y la adherencia al programa de intervención.
- Educar y concienciar sobre la importancia de la lesión de LCA y su prevención.

8.4 Criterios de selección

Criterios de inclusión

- Mujeres entre 12 y 25 años.
- Las participantes tienen que practicar deportes en equipos de fútbol, baloncesto, baloncesto, balonmano, voleibol y hockey hierba.
- Deben de entrenar un mínimo de 3 días por semana durante toda la temporada deportiva.
- Los equipos a los que pertenecen pueden ser de cualquier categoría o división.
- Los equipos deben tener como mínimo un entrenador asignado.
- Firmar el consentimiento informado de participar en el programa.

Criterios de exclusión

- Deportistas que presenten lesiones musculoesqueléticas que les impidan entrenar con normalidad.
- Deportistas que hayan tenido lesiones de ligamento cruzado anterior y no se les haya dado el alta médica para la vuelta a la competición.

8.5 Valoraciones

a. Lesiones de ligamento cruzado anterior

Se valorará mediante la hoja de registro que cumplimentará el entrenador semanalmente. El diagnóstico será concluido por un médico o fisioterapeuta mediante la entrevista de la historia clínica, valoración y confirmación por resonancia magnética nuclear. Se incluirá la fecha de lesión, circunstancia (entrenamiento o competición) y mecanismo lesional (31,33–35).

b. Lesiones extremidad inferior

Se valorará mediante la hoja de registro que cumplimentará el entrenador semanalmente. El diagnóstico será concluido por un médico o fisioterapeuta mediante la entrevista de la historia clínica, valoración y cuando consideren pertinente se harán pruebas complementarias de imagen. Se incluirá la fecha de lesión, circunstancia (entrenamiento o competición), lugar, tipo, mecanismo lesional y fecha de vuelta a los entrenamientos (31,33–36).

c. Datos antropométricos y funcionales de la deportista

El nombre, edad, altura, peso, deporte que practica y la posición que juega se registrarán al comienzo de la temporada. Se anotarán también los resultados obtenidos de las variables en el screening, detallados en el apartado correspondiente (33,43).

d. Cumplimiento-adherencia deportista

El cumplimiento del programa se registrará de dos maneras. La primera será mediante la hoja de registro que rellenará el entrenador anotando: sesiones de intervención completadas, sesiones de entrenamiento y tiempo jugado en competición. La segunda forma será mediante un breve cuestionario accesible con el móvil (Figura 4) que realizará la deportista después cada entrenamiento. Para que sea un abordaje multifactorial y holístico, se preguntarán cuestiones acerca de: asistencia a los entrenamientos, cumplimiento del programa, estado físico, percepción de esfuerzo (Escala de percepción de esfuerzo de Borg de 0-10), estado emocional, fase del ciclo menstrual, descanso, en caso de haber jugado partido: minutos jugados, sensaciones y resultado (40).

e. Cumplimiento-adherencia entrenador/fisioterapeuta

Se valorará mediante la hoja de registro que cumplimentará el entrenador semanalmente, donde especificará cuántas intervenciones se han realizado respecto a las sesiones de entrenamientos (34,41,45).

The image shows a Google Forms questionnaire titled 'WaVeMent' (Women-Well-Wave-Movement). It is divided into four main sections:

- ENTRENAMIENTO (Training):**
 - Question: 'Del 0 al 10, ¿Cómo de intensa/exigente ha sido la sesión de entrenamiento?' (From 0 to 10, how intense/demanding was the training session?). Scale: 0 (Muy suave) to 10 (Muy exigente).
 - Question: 'Si usas reloj GPS, escribe: km, HR (pulsaciones), tiempo. Si no usas, solo tiempo.' (If you use a GPS watch, write: km, HR (beats), time. If not, just time.).
 - Question: 'Del 0 al 10 ¿Cómo de fatigada me he encontrado?' (From 0 to 10 how tired did I feel?). Scale: 0 (No fatiga) to 10 (Máxima fatiga).
- DESCANSO Y EMOCIONES (Rest and Emotions):**
 - Question: '¿Cómo es mi descanso nocturno/sueño?' (How is my nighttime rest/sleep?). Options:
 - Menos de 8h, buena calidad
 - Menos de 8h, mala calidad
 - 8h o más, buena calidad
 - 8h o más, mala calidad
 - Question: 'Emocionalmente, me encuentro (opción múltiple):' (Emotionally, I feel (multiple choice)). Options:
 - Motivada
 - Estresada
 - Desmotivada
 - Con ansiedad
 - Ajetreada
 - Tranquila
 - Con confianza
- CICLO MENSTRUAL (Menstrual Cycle):**
 - Question: '¿En qué fase del ciclo menstrual estoy?' (In which phase of the menstrual cycle am I?). Options:
 - 0-7 días, fase sangrado
 - 7-14 días, fase folicular
 - 14-28 días, fase lútea
 - No tengo el periodo
 - No lo sé, mi periodo es irregular
- Header Section:**
 - Title: 'WaVeMent' (Women-Well-Wave-Movement)
 - Field: 'Nombre y apellidos' (Name and surnames)
 - Field: '¿He acudido a la sesión de entrenamiento?' (Did I attend the training session?). Options: Sí, No.

Navigation buttons include 'Atrás', 'Siguiente', and 'Enviar'. A footer note states: 'Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google. Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. Notificar uso inadecuado - Términos del Servicio - Política de Privacidad'.

Figura 4. Cuestionario. Elaboración propia

8.6 Intervención

El programa multifactorial e individualizado de prevención o reducción de riesgo de ligamento cruzado anterior será implementado a lo largo de una temporada deportiva, incluyendo también el periodo de pretemporada si el equipo realiza entrenamientos habituales. La implementación del programa de entrenamiento estará a cargo del fisioterapeuta, o en caso de que no tengan esta figura, se encargará el entrenador del equipo después de haber recibido las instrucciones correspondientes. Está compuesto por un screening o cribado y un programa de ejercicios (Figura 5).

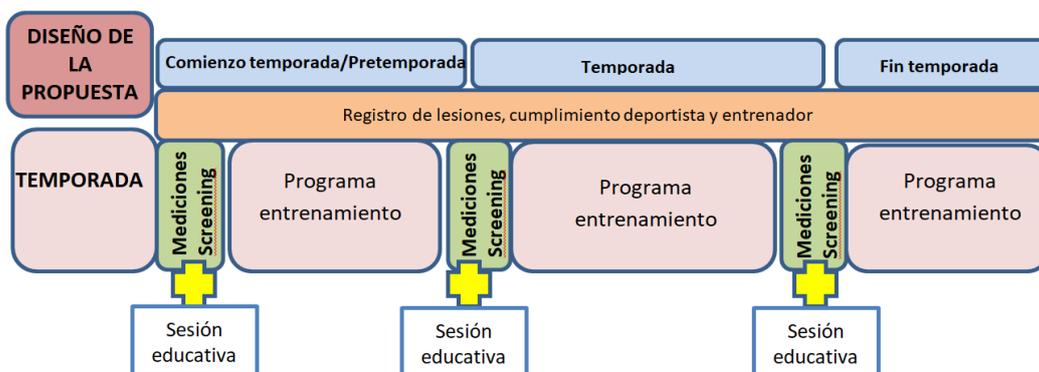


Figura 5. Diseño de la propuesta de intervención. Elaboración propia inspirada en (55).

a. SCREENING

Se realizarán tres valoraciones (screening) a lo largo de una temporada deportiva. La primera medición se hará al comienzo de la temporada, una segunda a mitad de temporada y una última al final de temporada (Figura 5, Figura 6).

El protocolo será dividido en 4 categorías consideradas relevantes en cuanto a los factores de riesgo modificables que se han estudiado en la lesión de ligamento cruzado anterior (47): fuerza de miembro inferior, estabilización y fuerza de los músculos lumbopélvicos, equilibrio dinámico y control neuromuscular en saltos.

Fuerza muscular miembro inferior

La fuerza isométrica para los extensores de cadera (glúteo), extensores (cuádriceps) y flexores de rodilla (isquiotibiales) se evaluará utilizando con un dinamómetro manual portátil en las posiciones descritas anteriormente (48–51). Para el glúteo mayor, se colocará de cúbito prono en la camilla con la pierna flexionada a 90°, con el dinamómetro en la parte distal del isquiotibial. Para el cuádriceps, se colocará semi tumbada en la camilla con 30° flexión de rodilla (con un rulo en el hueso poplíteo), con el dinamómetro en la articulación tibioastragalina. Para el isquiotibial, se colocará decúbito prono con 15° de flexión de rodilla y el dinamómetro se colocará en la tuberosidad del calcáneo. Se medirán ambas extremidades y se hará la media de dos mediciones que no difieran en más de 10%. Se calculará el ratio isquiotibiales/cuádriceps (36,48,51).

Estabilidad y fuerza de los músculos lumbopélvicos

La estabilidad y fuerza de los músculos lumbopélvicos se medirá con dos ejercicios con base estable e inestable. Se realizará la plancha lateral con apoyo del hemicuerpo inferior (estable) y apoyada sobre el antebrazo (inestable), haciendo una abducción y extensión de cadera. En segundo lugar, se hará una plancha frontal con apoyo completo de brazos (estable) y con apoyo de antebrazos (inestable), haciendo una abducción y extensión de cadera. El dinamómetro se colocará dos dedos por encima del maléolo peroneal. Se medirán ambas extremidades y se hará la media de dos mediciones que no difieran en más de 10% (52).

Equilibrio dinámico

Se evaluará con el Y-Balance-Test (YBT), que ha mostrado ser una herramienta válida y fiable (33,53,54). Se colocarán 4 tiras pegadas al suelo, deberán tener una cinta métrica solapada para las mediciones. Estarán separadas con 45°, formando una estrella. Las participantes de pie, colocarán su pie sin zapatilla ni calcetín (con la punta de la segunda falange) en el centro de la estrella. Se les recordará mantener las manos en la cintura. En la ejecución, se les pedirá que con la punta del dedo gordo del pie contralateral toquen el punto más lejano posible en cada una de las 5 direcciones indicadas (anterior, anterior lateral, lateral, posterior lateral y

posterior). Realizará 3 intentos con cada extremidad. La puntuación se calculará según Plisky et al. (54) dividiendo la suma de la máxima distancia alcanzada en las direcciones anterior, posteromedial y posterolateral en 3 veces la longitud de la extremidad del sujeto, luego multiplicado por 100.

Control neuromuscular: Saltos

Myer et al. (47) desarrollaron un algoritmo para identificar a las mujeres deportistas con mayor riesgo de sufrir lesión de LCA. Esta herramienta de evaluación permite administrarla en el ámbito clínico, está validada por un examen preciso en laboratorio. Mediante esta evaluación, concluye cinco perfiles de patrones biomecánicos que podrían determinarse en entornos clínicos. Para la categoría de evaluación del control neuromuscular en saltos del screening, se empleará esta herramienta pero con algunas modificaciones.

Las deportistas realizarán 2 tipos de salto: salto vertical con las dos piernas (double leg vertical jump) y salto vertical con una pierna (single leg drop vertical jump). Realizarán 3 saltos de familiarización con instrucciones previas de su ejecución. A continuación, 2 saltos para evaluar con cada pierna y con ambas piernas. Se ha visto que este tipo de salto proporciona información muy variada asociada a sufrir una lesión de LCA. Para su ejecución, la deportista tendrá las manos en las caderas en todo momento y se dejará caer desde un cajón con una altura establecida, tras aterrizar realizará de inmediato un salto vertical máximo para acabar en contacto con el suelo, decelerando su cuerpo para volver a la situación basal de reposo (39–41,43).

Se emplearán 2 cámaras estándar en los planos frontal y sagital para evaluar el patrón de salto. Se clasificarán en 4 de los 5 patrones de movimiento descritos por Myer y Hewett et al. (47). Como se expresa en la Tabla 7, se relacionarán los déficits analizados en la ejecución del salto con un perfil neuromuscular concreto y los componentes del programa de intervención que requiere para mejorarlos.

Tabla 7. Relación entre el déficit, perfil neuromuscular y componente del programa.

Elaboración propia basada en (30)

DÉFICITS POTENCIALES IDENTIFICADOS	PERFIL NEUROMUSCULAR	COMPONENTES PROGRAMA
<ul style="list-style-type: none"> • Pobre control de la extremidad inferior en el plano frontal. • Valgo de rodillas, visualmente las rodillas se doblan una hacia la otra. • Adducción de cadera. 	Ligamento dominante	<ul style="list-style-type: none"> • Técnica apropiada de salto → Pliometría • Activación glúteo → Fuerza miembro inferior glúteo.
<ul style="list-style-type: none"> • Desequilibrio de activación y coordinación entre extensores y flexores de rodilla. • Aterrizaje con ↓ flexión de rodilla y pie plano. • Excesivo ruido en el contacto con el suelo. 	Cuádriceps dominante	<ul style="list-style-type: none"> • Activación y fuerza cadena posterior → Fuerza miembro inferior.
<ul style="list-style-type: none"> • Desequilibrio en fuerza, coordinación y control entre las dos extremidades. • Muslos en posición desigual en la fase de vuelo. • Los pies no están paralelos. • El tiempo de contacto de los pies es asimétrico. 	Pierna dominante	<ul style="list-style-type: none"> • Simetría → equilibrio y pliometría
<ul style="list-style-type: none"> • Desequilibrio las demandas por inercia del tronco y el control para resistir su movimiento. • Pobre activación de la musculatura lumbopélvica y estabilizadores de cadera, conlleva lateralización del tronco. • Los muslos no están paralelos al aterrizar • Hay pausa entre el primer aterrizaje y despegue. 	Tronco dominante	<ul style="list-style-type: none"> • Activación y control lumbopélvico → Fuerza y estabilidad músculos lumbopélvicos.

Protocolo “screening” y selección de los componentes del programa de entrenamiento

Las tres primeras categorías descritas, se clasificarán como positivas o negativas en función de los siguientes criterios: 15% de diferencia en la asimetría entre extremidad izquierda y derecha. Si la asimetría es >15%, será positiva y la deportista hará una serie más de los ejercicios, con una frecuencia de 2 días/semana. Para comparar los datos con el resto de las deportistas del equipo, se elegirá el percentil 33%. Un resultado positivo (percentil ≤33%), corresponderá realizar esos ejercicios

un mínimo de 3 días/semana y máximo de 4 días/semana (si las deportistas entrenan > 3 días/semana) y un resultado negativo (percentil $\geq 33\%$) corresponderá a 2 días/semana (55).

Para la categoría del salto, directamente se relacionará con un patrón descrito (puede relacionarse con varios, pero se intentará elegir el que más destaque) para su correspondiente programa de ejercicios.

Cada programa individualizado de ejercicios incluirá los mismos ejercicios para todas las deportistas, pero el volumen de frecuencia semanal variará en función de los resultados y límites propuestos.

El calentamiento y los ejercicios de saltos/pliometría lo realizarán todas las deportistas con la misma frecuencia (3-4 días/semanales), ya que se considera que todas pueden beneficiarse de ello. Y cuando se mida un déficit en una categoría (resultado positivo), la jugadora trabajará más en ello.

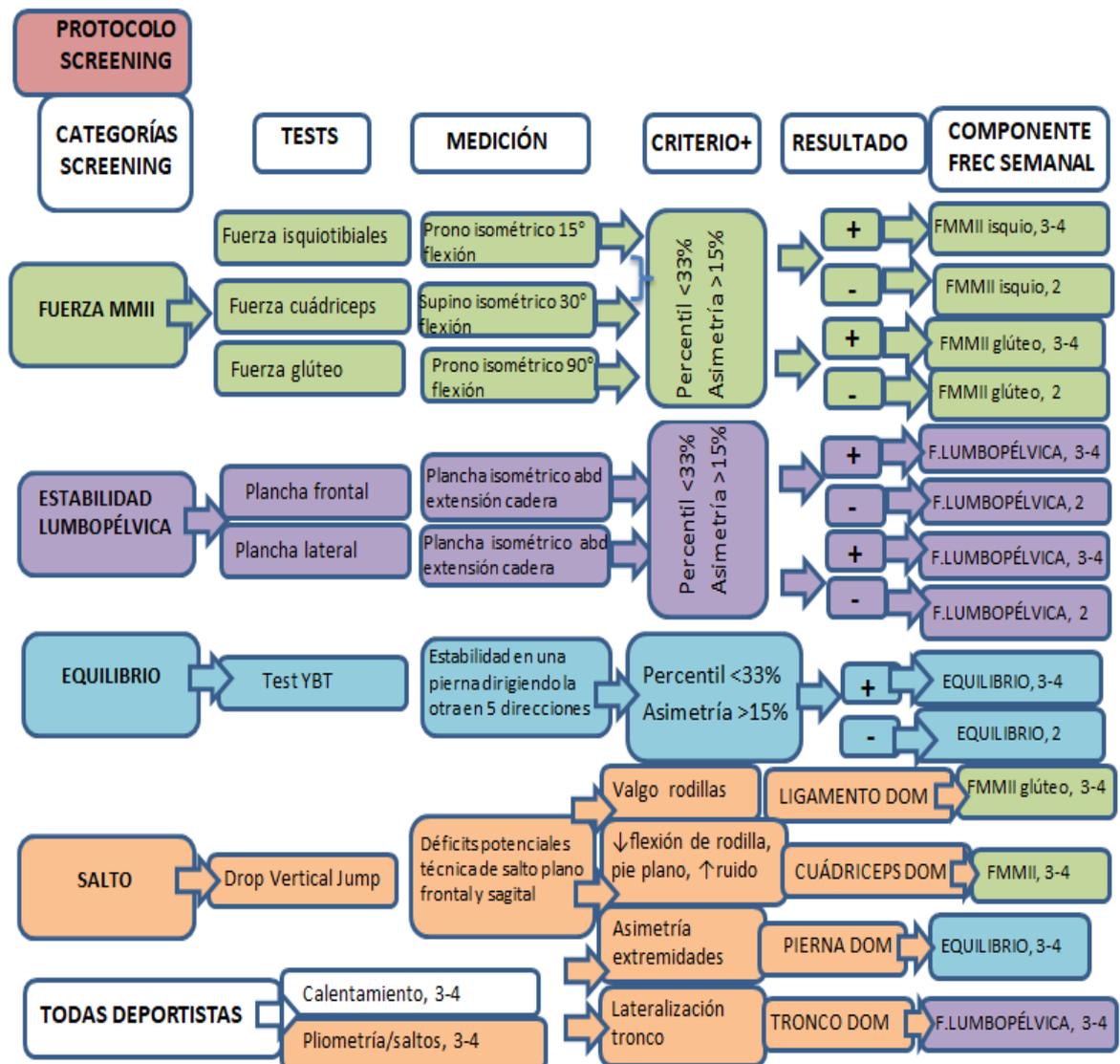


Figura 6. Protocolo del screening. Elaboración propia inspirada en (55) . DOM, dominante; F, fuerza; FMMI, fuerza miembro inferior; Abd, Abducción.

b. PROGRAMA

El programa "WaVeMent" constará de dos partes. En primer lugar, se realizarán sesiones educativas en las 3 fases de valoración mencionadas (inicio temporada, mitad y final), a las que acudirán tanto deportistas como entrenadores y fisioterapeutas. Las sesiones, teniendo como soporte la infografía elaborada, (Figura), tendrán como objetivo explicar en qué consiste la lesión de ligamento cruzado anterior, su incidencia, mecanismo lesional, factores de riesgo, la importancia y efectividad de los programas de prevención y el entrenamiento propuesto. Se comentará a las deportistas que, con el objetivo de monitorizar los factores de

riesgo explicados, deberán rellenar un breve cuestionario con el teléfono móvil después de cada entrenamiento (Figura 6). Posteriormente, el entrenador o la figura del equipo que vaya a encargarse de implementarlo recibirá instrucciones detalladas acerca del programa. La infografía con la información y programa de ejercicios (figura 12 y figura 13) se proporcionará a los deportistas y entrenadores y fisioterapeutas. Las instrucciones de los ejercicios las podrán ver escaneando los códigos QR, con una breve explicación para cada uno de ellos.

El programa consistirá en un programa de entrenamiento neuromuscular, este método evidenciado en la literatura, se basa en mejorar el control sensorimotor (capacidad para controlar el movimiento con una actividad muscular coordinada) y estabilidad dinámica (capacidad de la articulación para permanecer estable en determinados movimientos) de la rodilla, tratando de modificar los factores de riesgo neuromusculares o biomecánicos descritos (31,33,35,36,38–41).

El programa constará de cuatro componentes principales: fuerza de miembro inferior, fuerza y control lumbopélvico, equilibrio y pliometría. Además de un breve calentamiento al comienzo. El programa de ejercicios se implementará previo al entrenamiento habitual como calentamiento, y su duración será de aproximadamente 20 minutos.

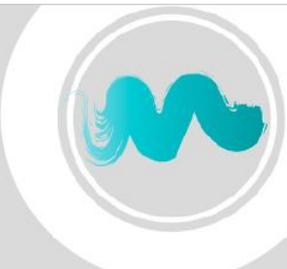
En la siguiente Tabla 8 y Figuras 7-11 se detallan los ejercicios diseñados en el programa, progresiones, frecuencia semanal, series, repeticiones, instrucciones con los códigos QR y otras consideraciones. Cada ejercicio consta de dos progresiones para aumentar la exigencia del ejercicio (Tabla 8 y Figuras 7-11). El entrenador o fisioterapeuta, en el tiempo que transcurre entre las fases las mediciones, valorará cuándo la deportista debe progresar atendiendo a la correcta ejecución, sensaciones que transmita la deportista y datos del cuestionario rellenado (fatiga, confianza, por ejemplo) en los días previos a la probable progresión.

Tabla 8. Diseño del programa en función del componente: calentamiento, fuerza miembro inferior, control fuerza-lumbopélvico, equilibrio-estabilidad y pliometría. Elaboración propia.

EJERCICIO	PROGRESIÓN 1	PROGRESIÓN 2	FRECUENCIA SEMANAL	SERIES/REPS
Correr suave Correr suave lateral, hacia atrás	-	-	Todos (3-4)	-
Puente de glúteo con goma	Puente glúteo con goma unilateral	Puente glúteo con goma unilateral sobre bosu	Negativo: 2 Positivo: 3-4	2x12 /2x6 cada lado
Zancadas hacia delante	Zancada andando con giro y pase pelota	Zancada lateral con pase compañera	Negativo: 2 Positivo: 3-4	2x6 cada lado
Split	Sentadilla búlgara	Sentadilla pistol con goma y disco	Negativo: 2 Positivo: 3-4	2x6 cada lado
Curl de piernas con balón (fitball)	Curl de piernas con tabla deslizamiento	Nordic Hamstring y excéntrico cuádriceps	Negativo: 2 Positivo: 3-4	2x12
Nordic hamstring asistido con balón (fitball)	Nordic hamstring asistido con goma compañera	Nordic hamstring, en bossu sujeción pies compañera y pase balón en posición neutra	Negativo: 2 Positivo: 3-4	2x12
Isométrico unilateral sobre banco	Isométrico unilateral brazos adelante sujetando pelota	Isométrico unilateral sobre pelota o bossu	Negativo: 2 Positivo: 3-4	2x6 cada lado
Plancha frontal	Plancha frontal abducción pierna con goma	Plancha frontal abducción pierna con goma, y elevar brazo contrario	Negativo: 2 Positivo: 3-4	30"/2x6 cada lado
Plancha lateral	Plancha lateral abducción pierna con goma	Plancha frontal abducción pierna con goma, y acercar brazo	Negativo: 2 Positivo: 3-4	2x6 cada lado
Lanzamiento lateral con giro semiarrollado	Lanzamiento lateral con giro bipedestación	Lanzamiento lateral con giro bipedestación dando un paso	Negativo: 2 Positivo: 3-4	2x6 cada lado
Monopodal sobre base inestable compañera desequilibra	Monopodal sobre base inestable pases balón mano/pie según deporte	Salto Monopodal sobre base inestable pases balón mano/pie según deporte	Negativo: 2 Positivo: 3-4	2x6 cada lado
Bipodal a base muy inestable	Bipodal a base muy inestable sentadilla	Bipodal a base muy inestable sentadilla y pase balón	Negativo: 2 Positivo: 3-4	2x12

De rodillas sobre el bossu pases de balón	De rodillas sobre el bossu una pierna	De rodillas sobre el bossu una pierna pases de balón	Negativo: 2 Positivo: 3-4	2x12/2x6 cada lado
Salto lateral con una pierna y clavar mismo pie	Salto lateral unilateral seguido	Salto lateral unilateral seguido con pase balón	Todos (3-4)	2x6 cada lado
Rotatorio unilateral: Hop 90º/180º y clavar	Rotatorio unilateral: Hop 90º/180º y clavar en base inestable	Rotatorio unilateral: Hop 90º/180º y clavar en base inestable y pase balón	Todos (3-4)	2x6 cada lado
Salto anterior con dos piernas y clavar en una	Salto anterior y posterior con una pierna	Salto anterior y posterior con una pierna con pase de balón	Todos (3-4)	2x6 cada lado

PROGRAMA EJERCICIOS



FUERZA MMII: GLÚTEO-CADERA

1







2







3







Figura 7. Programa de ejercicios.



Figura 8. Programa de ejercicios.



Figura 9. Programa de ejercicios.

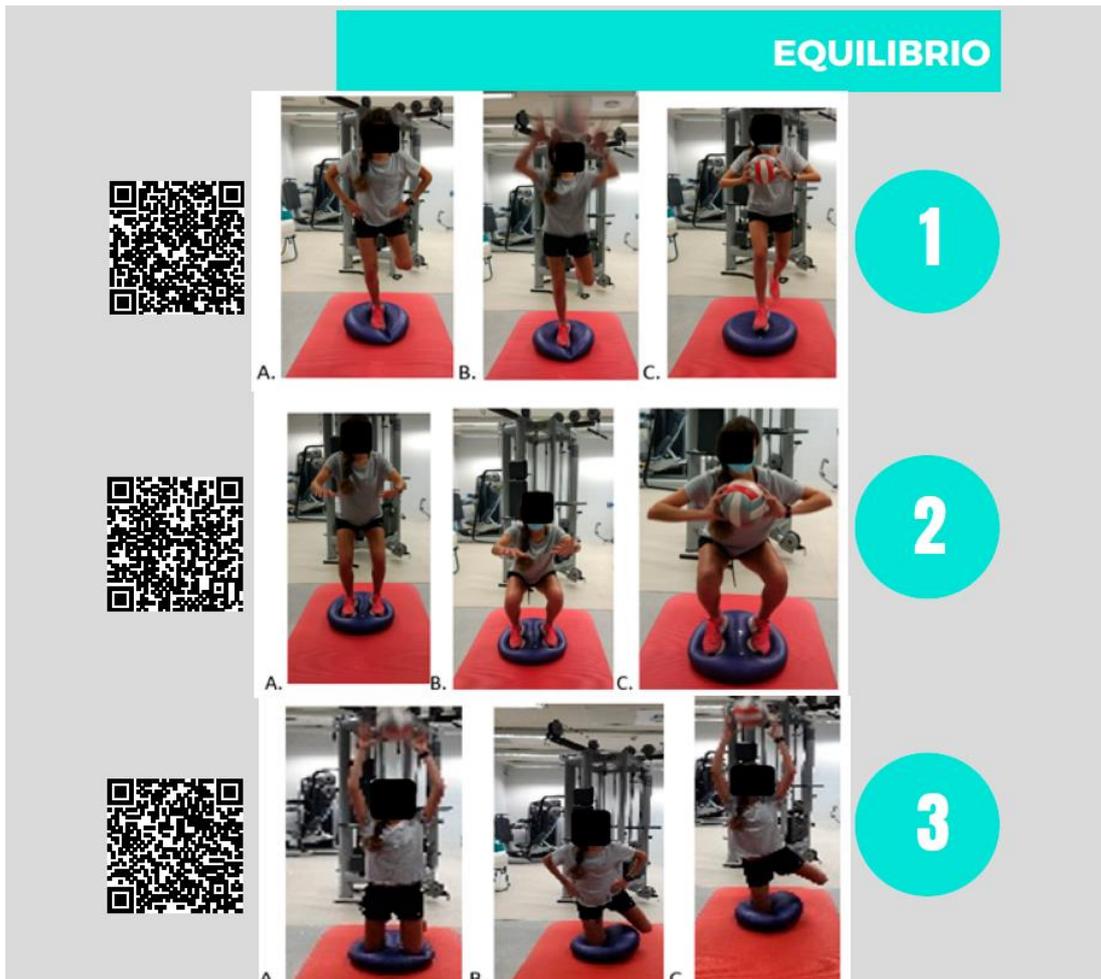


Figura 10. Programa de ejercicios.

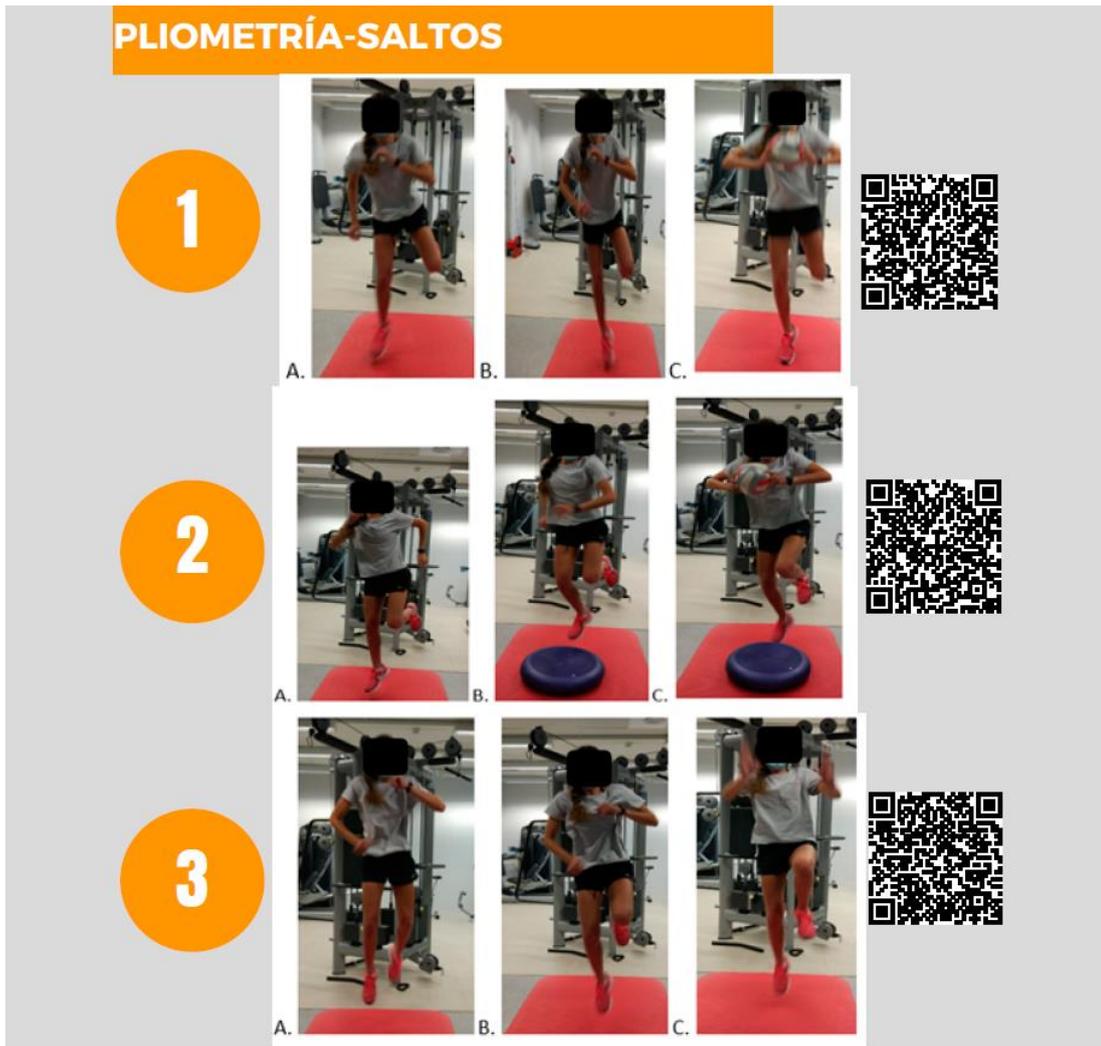


Figura 11. Programa de ejercicios.

PROGRAMA EJERCICIOS



FUERZA MMII: GLÚTEO-CADERA

1



2



3



FUERZA MMII: ISQUIO

1



2



3



FUERZA-CONTROL LUMBOPÉLVICO

1



2



3



Figura 13. Infografía. Programa de ejercicios



Figura 13. Infografía. Programa de ejercicios

9. AGRADECIMIENTOS

Por último, quería expresar mi más profundo agradecimiento a Alazne Antón, tutora de este trabajo, por su plena dedicación, disponibilidad, consejos y no frenarme en ningún momento en la elección del tema, a pesar de que ella es experta en otro ámbito de la fisioterapia. Durante el proceso, me ha transmitido su gran esfuerzo, exigencia y profesionalidad.

Además, no puedo encontrar palabras adecuadas para expresar mi agradecimiento a Unai Miqueleiz y los miembros de CEIMD (Centro de Estudios Investigación Medicina y Deporte) por inspirarme y abrirme el camino hacia una filosofía que me motiva mucho en la fisioterapia, y ha sido clave para el interés en el tema. Igualmente, quiero agradecer a Igor Setuain, por sus únicas e inigualables clases de fisioterapia deportiva, es un genio en el tema y admiro su placer por generar y compartir conocimiento.

A Mitxelko, por darle forma y tener muchísima paciencia.

Finalmente, no puedo olvidarme de mi alma gemela por estar tan cerca aun estando lejos y su apoyo en los momentos más críticos. También a Lur, por sentarse a mi vera en las infinitas horas dedicadas al trabajo.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Boden BP, Griffin LY, Garrett WE. Etiology and Prevention of Noncontact ACL Injury. *Phys Sportsmed.* abril de 2000;28(4):53-60.
2. Hootman JM, Dick R, Agel J. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J Athl Train.* junio de 2007;42(2):311-9.
3. Acevedo RJ, Rivera-Vega A, Miranda G, Micheo W. Anterior cruciate ligament injury: identification of risk factors and prevention strategies. *Curr Sports Med Rep.* junio de 2014;13(3):186-91.
4. Gobbi A, Francisco R. Factors affecting return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon and hamstring graft: a prospective clinical investigation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* octubre de 2006;14(10):1021-8.
5. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Reducing knee and anterior cruciate ligament injuries among female athletes: a systematic review of neuromuscular training interventions. *J Knee Surg.* enero de 2005;18(1):82-8.
6. Waldén M, Hägglund M, Werner J, Ekstrand J. The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* enero de 2011;19(1):3-10.
7. Ford KR, Myer GD, Toms HE, Hewett TE. Gender differences in the kinematics of unanticipated cutting in young athletes. *Med Sci Sports Exerc.* enero de 2005;37(1):124-9.
8. Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med Sci Sports Exerc.* octubre de 2003;35(10):1745-50.
9. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Quatman CE. Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *J Orthop Res.* noviembre de 2016;34(11):1843-55.
10. Revista Española de Artroscopia y Cirugía Articular (REACA) | AEA [Internet]. Disponible en: <https://www.aeartroscopia.com/revista-espanola-de-artroscopia-y-cirugia-articular>

11. Siegel L, Vandenakker-Albanese C, Siegel D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management. *Clin J Sport Med.* julio de 2012;22(4):349-55.
12. Dienst M, Burks RT, Greis PE. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am.* octubre de 2002;33(4):605-20, v.
13. Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop Relat Res.* febrero de 1975;(106):216-31.
14. Forriol F, Maestro A, Vaquero Martín J. El Ligamento cruzado anterior: morfología y función [Internet]. Disponible en:
[http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/trauma/v19s1/pdf/02_01.p df](http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/trauma/v19s1/pdf/02_01.pdf)
15. Myklebust G, Engebretsen L, Braekken IH, Skjølberg A, Olsen O-E, Bahr R. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med.* marzo de 2003;13(2):71-8.
16. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *Am J Sports Med.* febrero de 2006;34(2):299-311.
17. Quatman CE, Quatman-Yates CC, Hewett TE. A «plane» explanation of anterior cruciate ligament injury mechanisms: a systematic review. *Sports Med.* 1 de septiembre de 2010;40(9):729-46.
18. Quatman CE, Quatman CC, Hewett TE. Prediction and prevention of musculoskeletal injury: a paradigm shift in methodology. *Br J Sports Med.* diciembre de 2009;43(14):1100-7.
19. Scranton PE, Whitesel JP, Powell JW, Dormer SG, Heidt RS, Losse G, et al. A review of selected noncontact anterior cruciate ligament injuries in the National Football League. *Foot Ankle Int.* diciembre de 1997;18(12):772-6.
20. Silvers HJ, Mandelbaum BR. Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *Br J Sports Med.* agosto de 2007;41(Suppl 1):i52-9.
21. Shelbourne KD, Gray T, Haro M. Incidence of subsequent injury to either knee within 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *Am J Sports Med.* febrero de 2009;37(2):246-51.

22. Söderman K, Alfredson H, Pietilä T, Werner S. Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* septiembre de 2001;9(5):313-21.
23. Hewett TE, Zazulak BT, Myer GD. Effects of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. *Am J Sports Med.* abril de 2007;35(4):659-68.
24. Warden SJ, Saxon LK, Castillo AB, Turner CH. Knee ligament mechanical properties are not influenced by estrogen or its receptors. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* mayo de 2006;290(5):E1034-1040.
25. Sarwar R, Niclos BB, Rutherford OM. Changes in muscle strength, relaxation rate and fatiguability during the human menstrual cycle. *The Journal of Physiology.* 1996;493(1):267-72.
26. Hewett TE. Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. Strategies for intervention. *Sports Med.* mayo de 2000;29(5):313-27.
27. Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR. Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med.* diciembre de 1996;24(6):765-73.
28. Swanik CB, Lephart SM, Giannantonio FP, Fu FH. Reestablishing Proprioception and Neuromuscular Control in the ACL-Injured Athlete. *Journal of Sport Rehabilitation.* 1 de mayo de 1997;6(2):182-206.
29. Zazulak BT, Ponce PL, Straub SJ, Medvecky MJ, Avedisian L, Hewett TE. Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing. *J Orthop Sports Phys Ther.* mayo de 2005;35(5):292-9.
30. Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. UNDERSTANDING AND PREVENTING ACL INJURIES: CURRENT BIOMECHANICAL AND EPIDEMIOLOGIC CONSIDERATIONS - UPDATE 2010. *N Am J Sports Phys Ther.* diciembre de 2010;5(4):234-51.
31. LaBella CR, Huxford MR, Grissom J, Kim K-Y, Peng J, Christoffel KK. Effect of Neuromuscular Warm-up on Injuries in Female Soccer and Basketball Athletes in Urban Public High Schools Cluster Randomized Controlled Trial. *Arch Pediatr Adolesc Med.* noviembre de 2011;165(11):1033-40.

32. Waldén M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Hägglund M. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 3 de mayo de 2012;344:e3042.
33. Bonato M, Benis R, Torre AL. Neuromuscular training reduces lower limb injuries in elite female basketball players. A cluster randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2018;28(4):1451-60.
34. Omi Y, Sugimoto D, Kuriyama S, Kurihara T, Miyamoto K, Yun S, et al. Effect of Hip-Focused Injury Prevention Training for Anterior Cruciate Ligament Injury Reduction in Female Basketball Players A 12-Year Prospective Intervention Study. *Am J Sports Med*. marzo de 2018;46(4):852-61.
35. Walden M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Hagglund M. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 3 de mayo de 2012;344(may03 1):e3042-e3042.
36. Zebis MK, Andersen LL, Brandt M, Myklebust G, Bencke J, Lauridsen HB, et al. Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med*. mayo de 2016;50(9):552-7.
37. Pfile KR, Hart JM, Herman DC, Hertel J, Kerrigan DC, Ingersoll CD. Different Exercise Training Interventions and Drop-Landing Biomechanics in High School Female Athletes. *J Athl Train*. agosto de 2013;48(4):450-62.
38. Brown TN, Palmieri-Smith RM, Mclean SG. Comparative Adaptations of Lower Limb Biomechanics During Unilateral and Bilateral Landings After Different Neuromuscular-Based Acl Injury Prevention Protocols. *J Strength Cond Res*. octubre de 2014;28(10):2859-71.
39. Hewett TE, Ford KR, Xu YY, Khoury J, Myer GD. Effectiveness of Neuromuscular Training Based on the Neuromuscular Risk Profile. *Am J Sports Med*. julio de 2017;45(9):2142-7.
40. Hopper AJ, Haff EE, Joyce C, Lloyd RS, Haff GG. Neuromuscular Training Improves Lower Extremity Biomechanics Associated with Knee Injury during Landing in 11-13 Year Old Female Netball Athletes: A Randomized Control Study. *Front Physiol*. 7 de noviembre de 2017;8:883.

41. Taylor JB, Ford KR, Schmitz RJ, Ross SE, Ackerman TA, Shultz SJ. Sport-specific biomechanical responses to an ACL injury prevention programme: A randomised controlled trial. *J Sports Sci.* 2018;36(21):2492-501.
42. Rostami A, Letafatkar A, Gokeler A, Khaleghi Tazji M. The Effects of Instruction Exercises on Performance and Kinetic Factors Associated With Lower-Extremity Injury in Landing After Volleyball Blocks. *J Sport Rehabil.* 1 de enero de 2020;29(1):51-64.
43. Parsons JL, Sylvester R, Porter MM. The Effect of Strength Training on the Jump-Landing Biomechanics of Young Female Athletes: Results of a Randomized Controlled Trial. *Clin J Sport Med.* marzo de 2017;27(2):127-32.
44. Sloom LH, Krogt MMV der. Interpreting joint moments and powers in gait. *Handbook of Human Motion.* 4 de abril de 2018;625-43.
45. Sugimoto D, Mattacola CG, Bush HM, Thomas SM, Foss KDB, Myer GD, et al. Preventive Neuromuscular Training for Young Female Athletes: Comparison of Coach and Athlete Compliance Rates. *J Athl Train.* enero de 2017;52(1):58-64.
46. Cos F, Cos MÁ, Buenaventura L, Pruna R, Ekstrand J. Modelos de análisis para la prevención de lesiones en el deporte. Estudio epidemiológico de lesiones: el modelo Union of European Football Associations en el fútbol. *Apunts Medicina de l'Esport.* 1 de abril de 2010;45(166):95-102.
47. Myer GD, Brent JL, Ford KR, Hewett TE. Real-time assessment and neuromuscular training feedback techniques to prevent ACL injury in female athletes. *Strength Cond J.* 1 de junio de 2011;33(3):21-35.
48. Whiteley R, Jacobsen P, Prior S, Skazalski C, Otten R, Johnson A. Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee flexion and extension strength testing. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia.* 15 de marzo de 2012;15:444-50.
49. Herbst E, Hoser C, Hildebrandt C, Raschner C, Hepperger C, Pointner H, et al. Functional assessments for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction. Part II: clinical application of a new test battery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(5):1283-91.
50. Koblbauer IFH, Lambrecht Y, van der Hulst MLM, Neeter C, Engelbert RHH, Poolman RW, et al. Reliability of maximal isometric knee strength testing with modified hand-held dynamometry in patients awaiting total knee arthroplasty: useful in research and

individual patient settings? A reliability study. *BMC Musculoskelet Disord*. 31 de octubre de 2011;12:249.

51. Arnold CM, Warkentin KD, Chilibeck PD, Magnus CRA. The reliability and validity of handheld dynamometry for the measurement of lower-extremity muscle strength in older adults. *J Strength Cond Res*. marzo de 2010;24(3):815-24.
52. Etxaleku S, Izquierdo M, Bikandi E, García Arroyo J, Sarriegi I, Sesma I, et al. Validation and Application of Two New Core Stability Tests in Professional Football. *Applied Sciences*. enero de 2020;10(16):5495.
53. Falces M, Benítez-Jiménez A, Leiva A, Gil R, Salinas Palacios V, Baena Morales S, et al. Y-balance-test en jugadores de fútbol atendiendo al nivel de competición [Y-balance-test in soccer players according to the level of competition]. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. 8 de octubre de 2019;37:333-8.
54. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball Players. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1 de diciembre de 2006;36(12):911-9.
55. Lahti J, Mendiguchia J, Ahtiainen J, Anula L, Kononen T, Kujala M, et al. Multifactorial individualised programme for hamstring muscle injury risk reduction in professional football: protocol for a prospective cohort study. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 1 de agosto de 2020;6(1):e000758.

ANEXOS

Escala PEDro-Español

1. Los criterios de elección fueron especificados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
3. La asignación fue oculta	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:

La escala PEDro está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). En su mayor parte, la lista está basada en el consenso de expertos y no en datos empíricos. Dos ítems que no formaban parte de la lista Delphi han sido incluidos en la escala PEDro (ítems 8 y 10). Conforme se obtengan más datos empíricos, será posible “ponderar” los ítems de la escala, de modo que la puntuación en la escala PEDro refleje la importancia de cada ítem individual en la escala.

El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de la bases de datos PEDro a identificar con rapidez cuales de los ensayos clínicos aleatorios (ej. RCTs o CCTs) pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa (“generalizabilidad” o “aplicabilidad” del ensayo) ha sido retenido de forma que la lista Delphi esté completa, pero este criterio no se utilizará para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro reportada en el sitio web de PEDro.

La escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la “validez” de las conclusiones de un estudio. En especial, avisamos a los usuarios de la escala PEDro que los estudios que muestran efectos de tratamiento significativos y que puntúan alto en la escala PEDro, no necesariamente proporcionan evidencia de que el tratamiento es clínicamente útil. Otras consideraciones adicionales deben hacerse para decidir si el efecto del tratamiento fue lo suficientemente elevado como para ser considerado clínicamente relevante, si sus efectos positivos superan a los negativos y si el tratamiento es costo-efectivo. La escala no debería utilizarse para comparar la “calidad” de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, básicamente porque no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia.

Última modificación el 21 de junio de 1999. Traducción al español el 30 de diciembre de 2012

Notas sobre la administración de la escala PEDro:

- Todos los criterios Los puntos solo se otorgan cuando el criterio se cumple claramente. Si después de una lectura exhaustiva del estudio no se cumple algún criterio, no se debería otorgar la puntuación para ese criterio.
- Criterio 1 Este criterio se cumple si el artículo describe la fuente de obtención de los sujetos y un listado de los criterios que tienen que cumplir para que puedan ser incluidos en el estudio.
- Criterio 2 Se considera que un estudio ha usado una designación al azar si el artículo aporta que la asignación fue aleatoria. El método preciso de aleatorización no precisa ser especificado. Procedimientos tales como lanzar monedas y tirar los dados deberían ser considerados aleatorios. Procedimientos de asignación cuasi-aleatorios, tales como la asignación por el número de registro del hospital o la fecha de nacimiento, o la alternancia, no cumplen este criterio.
- Criterio 3 *La asignación oculta* (enmascaramiento) significa que la persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio, desconocía a que grupo iba a ser asignado cuando se tomó esta decisión. Se puntúa este criterio incluso si no se aporta que la asignación fue oculta, cuando el artículo aporta que la asignación fue por sobres opacos sellados o que la distribución fue realizada por el encargado de organizar la distribución, quien estaba fuera o aislado del resto del equipo de investigadores.
- Criterio 4 Como mínimo, en estudios de intervenciones terapéuticas, el artículo debe describir al menos una medida de la severidad de la condición tratada y al menos una medida (diferente) del resultado clave al inicio. El evaluador debe asegurarse de que los resultados de los grupos no difieran en la línea base, en una cantidad clínicamente significativa. El criterio se cumple incluso si solo se presentan los datos iniciales de los sujetos que finalizaron el estudio.
- Criterio 4, 7-11 *Los Resultados clave* son aquellos que proporcionan la medida primaria de la eficacia (o ausencia de eficacia) de la terapia. En la mayoría de los estudios, se usa más de una variable como una medida de resultado.
- Criterio 5-7 *Cegado* significa que la persona en cuestión (sujeto, terapeuta o evaluador) no conocía a que grupo había sido asignado el sujeto. Además, los sujetos o terapeutas solo se consideran "cegados" si se puede considerar que no han distinguido entre los tratamientos aplicados a diferentes grupos. En los estudios en los que los resultados clave sean auto administrados (ej. escala visual analógica, diario del dolor), el evaluador es considerado cegado si el sujeto fue cegado.
- Criterio 8 Este criterio solo se cumple si el artículo aporta explícitamente *tanto* el número de sujetos inicialmente asignados a los grupos *como* el número de sujetos de los que se obtuvieron las medidas de resultado clave. En los estudios en los que los resultados se han medido en diferentes momentos en el tiempo, un resultado clave debe haber sido medido en más del 85% de los sujetos en alguno de estos momentos.
- Criterio 9 El análisis por *intención de tratar* significa que, donde los sujetos no recibieron tratamiento (o la condición de control) según fueron asignados, y donde las medidas de los resultados estuvieron disponibles, el análisis se realizó como si los sujetos recibieran el tratamiento (o la condición de control) al que fueron asignados. Este criterio se cumple, incluso si no hay mención de análisis por intención de tratar, si el informe establece explícitamente que todos los sujetos recibieron el tratamiento o la condición de control según fueron asignados.
- Criterio 10 Una comparación estadística *entre grupos* implica la comparación estadística de un grupo con otro. Dependiendo del diseño del estudio, puede implicar la comparación de dos o más tratamientos, o la comparación de un tratamiento con una condición de control. El análisis puede ser una comparación simple de los resultados medidos después del tratamiento administrado, o una comparación del cambio experimentado por un grupo con el cambio del otro grupo (cuando se ha utilizado un análisis factorial de la varianza para analizar los datos, estos últimos son a menudo aportados como una interacción grupo x tiempo). La comparación puede realizarse mediante un contraste de hipótesis (que proporciona un valor "p", que describe la probabilidad de que los grupos difieran sólo por el azar) o como una estimación de un tamaño del efecto (por ejemplo, la diferencia en la media o mediana, o una diferencia en las proporciones, o en el número necesario para tratar, o un riesgo relativo o hazard ratio) y su intervalo de confianza.
- Criterio 11 Una *estimación puntual* es una medida del tamaño del efecto del tratamiento. El efecto del tratamiento debe ser descrito como la diferencia en los resultados de los grupos, o como el resultado en (cada uno) de todos los grupos. *Las medidas de la variabilidad* incluyen desviaciones estándar, errores estándar, intervalos de confianza, rango intercuartílicos (u otros rangos de cuantiles), y rangos. Las estimaciones puntuales y/o las medidas de variabilidad deben ser proporcionadas gráficamente (por ejemplo, se pueden presentar desviaciones estándar como barras de error en una figura) siempre que sea necesario para aclarar lo que se está mostrando (por ejemplo, mientras quede claro si las barras de error representan las desviaciones estándar o el error estándar). Cuando los resultados son categóricos, este criterio se cumple si se presenta el número de sujetos en cada categoría para cada grupo.



PROGRAMA DE LECTURA CRÍTICA CASPe

Leyendo críticamente la evidencia clínica

11 preguntas para ayudarte a entender un estudio de cohortes

Comentarios generales

- Hay tres aspectos generales a tener en cuenta cuando se hace lectura crítica de un estudio de Cohortes:

¿Son válidos los resultados del estudio?

¿Cuáles son los resultados?

¿Pueden aplicarse a tu medio?

Las 11 preguntas contenidas en las siguientes páginas están diseñadas para ayudarte a pensar sistemáticamente sobre estos temas.

- Las dos primeras preguntas son “de eliminación” y pueden contestarse rápidamente. Sólo si la respuesta a estas dos preguntas es afirmativa, merece la pena continuar con las restantes.
- Puede haber cierto grado de solapamiento entre algunas de las preguntas.
- En itálica y debajo de las preguntas encontrarás una serie de pistas para contestar a las mismas. Están pensadas para recordarte por qué la pregunta es importante. ¡En los pequeños grupos no suele haber tiempo para responder a todo con detalle!

El marco conceptual necesario para la interpretación y el uso de estos instrumentos puede encontrarse en la referencia de abajo o/y puede aprenderse en los talleres de CASPe:

Juan B Cabello por CASPe. Lectura crítica de la evidencia clínica. Barcelona: Elsevier; 2015.

Esta plantilla debería citarse como:

1

Cabello, J.B. por CASPe. Plantilla para ayudarte a entender Estudios de Cohortes. En: CASPe. Guías CASPe de Lectura Crítica de la Literatura Médica. Alicante: CASPe; 2005. Cuaderno II. p.23-27.

A/ ¿Son los resultados del estudio válidos?

Preguntas de eliminación

<p>1 ¿El estudio se centra en un tema claramente definido?</p> <p><i>PISTA: Una pregunta se puede definir en términos de</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - La población estudiada. - Los factores de riesgo estudiados. - Los resultados “outcomes” considerados. - ¿El estudio intentó detectar un efecto beneficioso o perjudicial? 	<p style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO </p>
<p>2 ¿La cohorte se reclutó de la manera más adecuada?</p> <p><i>PISTA: Se trata de buscar posibles sesgos de selección que puedan comprometer que los hallazgos se puedan generalizar.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿La cohorte es representativa de una población definida? - ¿Hay algo “especial” en la cohorte? - ¿Se incluyó a todos los que deberían haberse incluido en la cohorte? - ¿La exposición se midió de forma precisa con el fin de minimizar posibles sesgos? 	<p style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO </p>

¿Merece la pena continuar?

Preguntas de detalle

3 ¿El resultado se midió de forma precisa con el fin de minimizar posibles sesgos?

SÍ NO SÉ NO

PISTA: Se trata de buscar sesgos de medida o de clasificación:

- *¿Los autores utilizaron variables objetivas o subjetivas?*
- *¿Las medidas reflejan de forma adecuada aquello que se supone que tiene que medir?*
- *¿Se ha establecido un sistema fiable para detectar todos los casos (por ejemplo, para medir los casos de enfermedad)?*
- *¿Se clasificaron a todos los sujetos en el grupo exposición utilizando el mismo tratamiento?*
- *¿Los métodos de medida fueron similares en los diferentes grupos?*
- *¿Eran los sujetos y/o el evaluador de los resultados ciegos a la exposición (si esto no fue así, importa)?*

4 ¿Han tenido en cuenta los autores el potencial efecto de los factores de confusión en el diseño y/o análisis del estudio?

SÍ

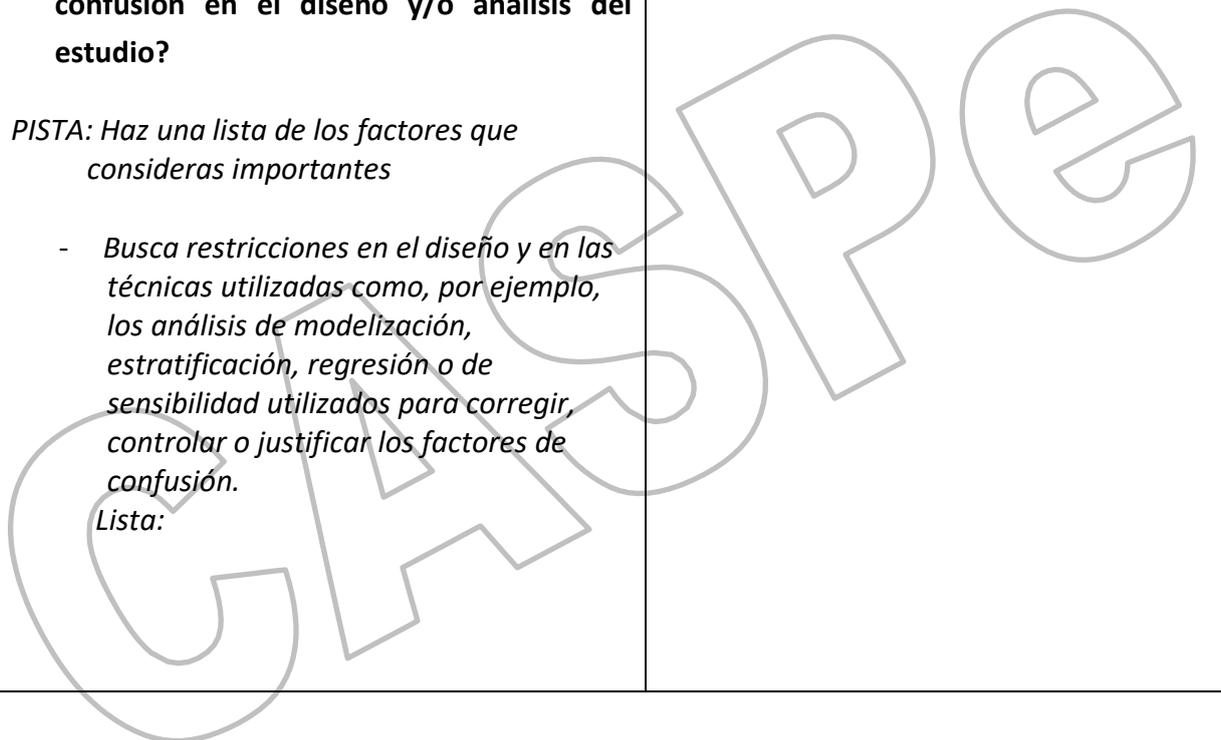
NO SÉ

NO

PISTA: Haz una lista de los factores que consideras importantes

- *Busca restricciones en el diseño y en las técnicas utilizadas como, por ejemplo, los análisis de modelización, estratificación, regresión o de sensibilidad utilizados para corregir, controlar o justificar los factores de confusión.*

Lista:



<p>5 ¿El seguimiento de los sujetos fue lo suficientemente largo y completo?</p> <p><i>PISTA:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Los efectos buenos o malos deberían aparecer por ellos mismos.</i> - <i>Los sujetos perdidos durante el seguimiento pueden haber tenido resultados distintos a los disponibles para la evaluación.</i> - <i>En una cohorte abierta o dinámica, ¿hubo algo especial que influyó en el resultado o en la exposición de los sujetos que entraron en la cohorte?</i> 	<p style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO </p>
--	---

B/ ¿Cuáles son los resultados?

<p>6 ¿Cuáles son los resultados de este estudio?</p> <p><i>PISTA:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>¿Cuáles son los resultados netos?</i> - <i>¿Los autores han dado la tasa o la proporción entre los expuestos/no expuestos?</i> - <i>¿Cómo de fuerte es la relación de asociación entre la exposición y el resultado (RR)?</i> 	
<p>7 ¿Cuál es la precisión de los resultados?</p>	

C/ ¿Son los resultados aplicables a tu medio?

<p>8 ¿Te parecen creíbles los resultados?</p> <p><i>PISTA: ¡Un efecto grande es difícil de ignorar!</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Puede deberse al azar, sesgo o confusión? - ¿El diseño y los métodos de este estudio son lo suficientemente defectuosos para hacer que los resultados sean poco creíbles? <p><i>Considera los criterios de Bradford Hill (por ejemplo, secuencia temporal, gradiente dosis-respuesta, fortaleza de asociación, verosimilitud biológica).</i></p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>9 ¿Los resultados de este estudio coinciden con otra evidencia disponible?</p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>10 ¿Se pueden aplicar los resultados en tu medio?</p> <p><i>PISTA: Considera si</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Los pacientes cubiertos por el estudio pueden ser suficientemente diferentes de los de tu área. - Tu medio parece ser muy diferente al del estudio. - ¿Puedes estimar los beneficios y perjuicios en tu medio? 	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>11 ¿Va a cambiar esto tu decisión clínica?</p>	

