



ISSN 1577-4015

Apunts Educación Física y Deportes

ISSN: 1577-4015

ISSN: 2014-0983

pubinefc@gencat.cat

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya

España

Cadens, Maria; Planas, Antoni; Matas, Sergi; Peirau, Xavier
Entrenamiento deportivo de las lesiones del ligamento cruzado
anterior en jugadoras de balonmano: una revisión sistemática
Apunts Educación Física y Deportes, vol. 37, núm. 146, 2021, Octubre-Diciembre, pp. 67-77
Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya
Barcelona, España

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551669030009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto



Entrenamiento deportivo de las lesiones del ligamento cruzado anterior en jugadoras de balonmano: una revisión sistemática

Maria Cadens^{1*} , Antoni Planas¹ , Sergi Matas¹  y Xavier Peirau¹ 

¹ Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña



Citación

Cadens, M., Planas, A., Matas, S. & Peirau, X. (2021). Preventive Training of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Handball Players: a Systematic Review. *Apunts Educación Física y Deportes*, 146, 68-77. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/4\).146.08](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.08)

Editado por:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondencia:

Maria Cadens Roca*
mcadens@gencat.cat

Sección:

Preparación física

Idioma del original:

Catalán

Recibido:

12 de enero de 2021

Aceptado:

29 de abril de 2021

Publicado:

1 de octubre de 2021

Portada:

Juegos Olímpicos de Tokio
2020 – Taekwondo: Peso mosca
femenino 49 kg. Combate por la
medalla de oro. Adriana Cerezo
Iglesias (España) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailandia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japón) 24.07.2021. REUTERS /
Murad Sezer

Resumen

El balonmano es un deporte que requiere la repetición de movimientos y acciones de alta intensidad, como aterrizajes con una pierna y acciones de uno contra uno, que favorecen el mecanismo lesivo del ligamento cruzado anterior. El entrenamiento preventivo puede identificar los factores de riesgo neuromusculares asociados al riesgo de sufrir esta lesión en deportistas femeninas. Determinar sus características (duración, frecuencia, tipo de ejercicio...) y componentes (fuerza, pliometría, equilibrio...) es fundamental a la hora de diseñar un entrenamiento que sea específico e individualizado para la jugadora. Los objetivos de este trabajo fueron identificar y categorizar los componentes comunes de los programas de entrenamiento preventivo de la lesión del ligamento cruzado anterior en jugadoras de balonmano y describir y clasificar los ejercicios que conforman cada categoría. Se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices de la declaración PRISMA en las bases de datos Web of Science, Sport Discus, PubMed, Scopus, Cochrane y ScienceDirect. Los criterios de inclusión fueron: (a) las participantes eran jugadoras de balonmano de cualquier edad y sexo femenino, (b) había una intervención con un entrenamiento preventivo, y (c) se informaba de la incidencia lesiva con el número de lesiones de LCA. Se incluyeron seis estudios y se evaluó su calidad metodológica mediante la herramienta ROB 2.0. Los resultados indican que la mayoría de intervenciones incluían más de un componente de entrenamiento con una duración media de 15 minutos y que los ejercicios que más variaban entre los diferentes programas fueron los de pliometría.

Palabras clave: balonmano femenino, entrenamiento, ligamento cruzado anterior, prevención.

Introducción

El balonmano es uno de los deportes con más número de lesiones por no contacto del ligamento cruzado anterior (LCA) (De Loës et al., 2000; Myklebust et al., 1997). En el 90 % de los casos, la lesión está relacionada con un cambio de dirección o con un aterrizaje con una sola extremidad inferior después de un salto (Olsen et al., 2004; Takahashi et al., 2019). Este tipo de acciones favorecen la posición del valgo de la rodilla en flexión y rotación interna de la tibia respecto al fémur, que es el principal mecanismo lesivo del LCA (Koga, H., 2010). Es una de las lesiones de más gravedad, tanto por el tiempo prolongado para volver a la competición como por las consecuencias a largo plazo (Lai et al., 2018).

La tasa de lesiones del LCA en jugadoras de balonmano es de 0.7-2.8 lesiones por cada 1000 horas de exposición (Myklebust et al., 1998), con una incidencia de dos a cinco veces más grande que en sus homólogos masculinos (Montalvo et al., 2019). Esta diferencia también se observa entre los 12 y 16 años y es durante la adolescencia cuando la jugadora es más susceptible de sufrir esta lesión (LaBella et al., 2014; Reckling et al., 2003).

Los factores de riesgo anatómicos y hormonales que son intrínsecos y no modificables y, además, los factores de riesgo modificables asociados al control neuromuscular son las contribuciones etiológicas más importantes de la lesión del LCA en deportistas femeninas (Griffin et al., 2006; Shultz et al., 2015). Dado que el origen de la lesión es multifactorial, la primera estrategia en la prevención tiene que ser identificar los factores de riesgo modificables (Fort-Vanmeerhaeghe i Romero, 2013).

Las deportistas suelen mostrar menos flexión de la rodilla y cadera (Bencke et al., 2018) y un aumento del valgo de la rodilla (Hewett et al., 2005) en las acciones de aterrizaje y cambio de dirección. El déficit de fuerza relativa en extremidades inferiores, sobre todo en isquiosurales (DiStefano et al., 2015), y la menor activación de estos en relación con los cuádriceps en este tipo de acciones favorecen las fuerzas de tracción anterior en la tibia y, como consecuencia, generan más tensión en el LCA (Ahmad et al., 2006).

El entrenamiento preventivo aconseja tener en cuenta los factores de riesgo descritos (Gómez et al., 2019), incidiendo principalmente en los patrones de movimiento biomecánicos anormales y las alteraciones neuromusculares, adaptándose a los principios del entrenamiento (Fort-Vanmeerhaeghe y Romero, 2013; Taylor et al., 2015). En deportistas femeninas que siguen entrenamientos preventivos multifactoriales y de carácter general se demuestra una reducción del riesgo de lesión del LCA (Myer et al., 2013; Petushek et al., 2019; Soomro et al., 2016; Sugimoto et al., 2016).

Los objetivos de esta revisión fueron identificar y categorizar los componentes comunes de los programas de entrenamiento preventivo de la lesión del LCA en jugadoras

de balonmano y describir y clasificar los ejercicios que conforman cada categoría.

Metodología

El estudio siguió las directrices de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas con la finalidad de asegurar una estructura y desarrollo adecuados (Urrutia y Bonfill, 2010). Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Web of Science (WOS), Sport Discus, PubMed, Scopus, Cochrane y ScienceDirect combinando las siguientes palabras clave: “female” o “woman” o “girl”, “handball”, “exercise” o “training” o “prevention” o “intervention” y “ACL injury” o “anterior cruciate ligament injury” o “lower limb injury” o “knee injury” (Tabla 1). Se consideraron todos los artículos científicos publicados en catalán, castellano e inglés, aplicando los siguientes criterios de inclusión: (a) las participantes eran jugadoras de balonmano de cualquier edad y de sexo femenino, (b) había una intervención con un entrenamiento deportivo, y (c) se informaba de la incidencia lesiva con el número de lesiones de LCA. Se excluyeron los artículos de los que no se obtuviera el texto completo o fuesen revisiones.

Para llevar a cabo la extracción de datos se registró el país donde se realizó el estudio, la edad de las participantes, la muestra analizada, la frecuencia de sesiones semanales y la duración de las sesiones. También se registró la descripción de todos los ejercicios que se realizaban en cada uno de los entrenamientos preventivos de los estudios y se clasificaron en cinco categorías:

- 1) Agilidad: ejercicios que se destinaban a promover la capacidad de cambiar de dirección o velocidad del cuerpo entero en respuesta a un estímulo (Sheppard y Young, 2006).
- 2) Carrera: ejercicios que se destinaron al desarrollo del patrón motor locomotor basado en el movimiento y la técnica (Jeffreys, I., 2019).
- 3) Equilibrio: ejercicios que implicaban mantener una posición monopodal o bipodal específicamente diseñados para desafiar la estabilidad y mejorar la conciencia propioceptiva (Crossley et al., 2020).
- 4) Fuerza: ejercicios que se utilizaban para mejorar la capacidad muscular mediante el uso del propio peso corporal, peso libre, gomas elásticas o máquinas libres (Crossley et al., 2020).
- 5) Pliometría: ejercicios que incluían movimientos dinámicos potentes, como saltar, aterrizar o hacer rebotes (Crossley et al., 2020). Los ejercicios de pliometría se clasificaron en tres niveles, teniendo en cuenta la intensidad (aumento de la velocidad horizontal o de la altura vertical) y la complejidad del movimiento.

Cada ejercicio solo se podía clasificar en una categoría, pero un programa de entrenamiento podía estar formado por una o más categorías.

Tabla 1*Estrategia y clave de búsqueda.*

Base de datos	Ecuación
Web of Science (WOS)	#1 TS = (female* OR women OR girl*) #2 TS = (handball) #3 TS = (exercis* OR training OR prevent* OR intervention) #5 TS = (ACL injur* OR anterior cruciate ligament injur* OR lower limb injur* OR knee injur*) #1 AND #2 AND #3 AND #5
Sport Discus	(female* OR women OR girl*) AND handball AND (exercis* OR training OR prevent* OR intervention) AND (ACL injur* OR anterior cruciate ligament injur* OR lower limb injur* OR knee injur*)
PubMed	(((((female*[Title/Abstract] OR women[Title/Abstract] OR girl*[Title/Abstract]) AND (handball[Title/Abstract])) AND (exercis*[Title/Abstract] OR training[Title/Abstract] OR prevent*[Title/Abstract] OR intervention[Title/Abstract])) AND (ACL injur*[Title/Abstract] OR anterior cruciate ligament injur*[Title/Abstract] OR lower limb injur*[Title/Abstract] OR knee injur*[Title/Abstract]))
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (female* OR women OR girl*) AND TITLE-ABS-KEY (handball) AND TITLE-ABS-KEY (exercis* OR training OR prevent* OR intervention) AND TITLE-ABS-KEY (acl AND injur* OR anterior AND cruciate AND ligament AND injur* OR lower AND limb AND injur* OR knee AND injur*))
Cochrane	(female* OR women OR girl*) in Title Abstract Keyword AND handball in Title Abstract Keyword AND (exercis* OR training OR prevent* OR intervention) in Title Abstract Keyword AND (ACL injur* OR anterior cruciate ligament injur* OR lower limb injur* OR knee injur*) in Title Abstract Keyword
ScienceDirect	(females OR women OR girls) AND (ACL injury OR anterior cruciate ligament injury) AND (exercise OR training OR prevention) AND handball

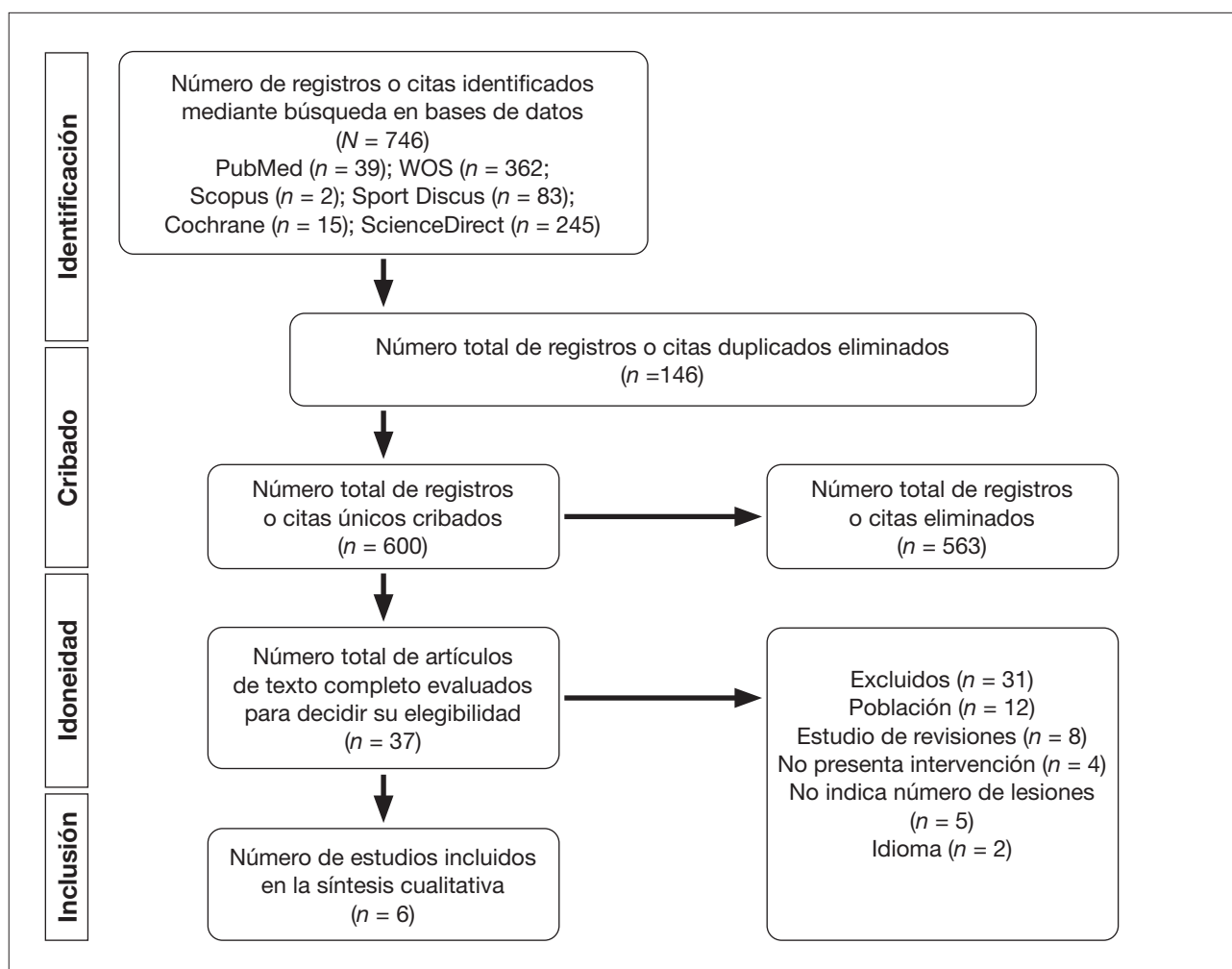
**Figura 1***Diagrama de flujo del proceso de selección bibliográfica.*

Tabla 2*Puntuaciones de los estudios revisados con la herramienta ROB 2.0.*

Estudio	D1	D2	D3	D4	D5	General
Achenbach et al. (2018)	+	+	+	+	+	+
Myklebust et al. (2003)	-	+	+	+	+	-
Olsen et al. (2005)	+	+	+	+	+	+
Petersen et al. (2005)	-	+	+	+	+	-
Wedderkopp et al. (1999)	+	+	+	+	+	+
Zebis et al. (2016)	+	+	+	+	+	+

Nota. D1 = proceso de aleatorización; D2 = desviaciones de las intervenciones previstas; D3 = datos de resultados; D4 = medida del resultado; D5 = notificación de los resultados.

Evaluación de riesgo de sesgo

Dos revisores (MC y SM) evaluaron independientemente la calidad metodológica de los artículos incluidos mediante la herramienta ROB 2.0, que consta de cinco dominios y un criterio general. Los cinco dominios son: (a) sesgo derivado del proceso de aleatorización, (b) sesgo debido a desviaciones de las intervenciones previstas, (c) sesgo por falta de datos en los resultados, (d) sesgo en la medida del resultado, y (e) sesgo en la notificación de los resultados (Sterne et al., 2019).

Resultados

Selección de los estudios

La recopilación inicial de artículos para esta revisión fue de 746 documentos originales. Después de descartar los duplicados ($n = 146$), hacer el cribado por título y resumen ($n = 563$) y aplicar los criterios de inclusión ($n = 31$) (Figura 1), se incluyeron tres estudios que no cumplían completamente con los criterios de inclusión (los participantes eran hombres y mujeres, y la muestra practicaba balonmano y fútbol), ya que se ajustaban al objetivo de la revisión. Finalmente, seis estudios fueron incluidos para hacer el análisis (Urrutia y Bonfill, 2010).

La calidad metodológica global de los seis estudios incluidos se resume en la Tabla 2.

Para facilitar la comprensión, se agruparon los resultados de los datos extraídos en función de las características de la población analizada (país, edad y muestra) y en función de los componentes, la duración y los ejercicios de los programas de entrenamiento.

Características de los estudios

En la mayoría de los estudios incluidos ($4/6 = 66\%$) las participantes fueron jugadoras de balonmano adolescentes (menores de 18 años). En el estudio de Zebis et al. (2016) las participantes podían practicar balonmano o fútbol y en los estudios de Achenbach et al. (2018) y Olsen et al. (2005) se incluyeron participantes tanto del sexo femenino como del masculino (Tabla 3).

En el estudio de Zebis et al. (2016) se utilizó el mismo programa de entrenamiento que en el de Olsen et al. (2005). En el estudio de Wedderkopp et al. (1999) no se indicaban los ejercicios que se utilizaron en el programa de entrenamiento.

Componentes de los programas de entrenamiento

El equilibrio estaba incluido en todos los programas de entrenamiento, seguido de la pliometría ($5/6 = 83\%$), mientras que la agilidad y la fuerza se trabajaban en la mitad de los estudios analizados ($3/6 = 50\%$). La combinación de diferentes componentes en el entrenamiento preventivo era lo más común en los estudios analizados ($5/6 = 83\%$). Solo Wedderkopp et al. (1999) utilizaban el equilibrio como único componente del programa (Tabla 3).

Duración de los programas de entrenamiento

La duración de los entrenamientos variaba entre 10 y 20 minutos (Tabla 3). Si un programa exponía un intervalo de tiempo, se registró el valor máximo del rango. La mayoría de los programas analizados tenían una duración de 15 minutos ($4/6 = 66\%$).

Tabla 3
Características del estudio.

Estudio	Población			Frecuencia ^a	Duración (min)	Número de ejercicios	Componentes				
	País	Edad (años)	Muestra analizada				C	E	F	A	P
Achenbach et al. (2018)	Alemania	Gl: 14,9 ± 0,9 ^b GC: 15,1 ± 1,0 ^b	N = 174 Gl: n = 98 GC: n = 76	PRE: 2/3 TEMP: 1	15	5	✗	✓	✓	✗	✓
Myklebust et al. (2003)	Noruega	21 - 22	Temporada 1: n = 855 (58 equipos) Temporada 2: n = 850 (52 equipos)	PRE: 3 TEMP: 1	15	3	✗	✓	✗	✓	✓
Olsen et al. (2005)	Noruega	Gl: 16,3 ± 0,6 ^b GC: 16,2 ± 0,6 ^b	N = 1586 Gl: n = 808 GC: n = 778	PRE: 3 TEMP: 1	15 - 20	4	✓	✓	✓	✓	✓
Petersen et al. (2005)	Alemania	Gl: 19,8 GC: 19,4	N = 276 Gl: n = 134 (10 equipos) GC: n = 142 (10 equipos)	PRE: 3 TEMP: 1	10	4	✗	✓	✗	✗	✓
Wedderkopp et al. (1999)	Dinamarca	16 - 18	N = 237 Gl: n = 111 GC: n = 126	TEMP: todas	10 - 15	3	✗	✓	✗	✗	✗
Zebis et al. (2016)	Dinamarca	Gl: 15,9 ± 0,4 ^c GC: 15,6 ± 0,5 ^c	N = 40 Gl: n = 20 GC: n = 20	PRE: 3 (12 semanas)	15	3	✓	✓	✓	✓	✓

Nota. C: carrera; E: equilibrio; F: fuerza; A: agilidad; P: pliometría; Gl: grupo intervención; GC: grupo control; PRE: pretemporada; TEMP: temporada.

^aExpresado en sesiones por semana. ^bEl estudio incluye hombres y mujeres. ^cEl estudio incluye fútbol y balonmano.

Tabla 4*Ejercicios de los programas de entrenamiento.*

Carrera		Agilidad		Fuerza
Correr adelante ^{c, f}		Movimientos de frenada y cambio de dirección (<i>plant and cut</i>) ^{c, f}	Tren inferior	Nordic Hamstring ^{a, c, f}
Correr de espaldas ^{c, f}		Correr y frenar (<i>run and plant</i>) ^b		Squat hasta 80° de flexión de rodilla ^{c, f}
Correr levantando las rodillas y patadas de talón ^{c, f}		Correr y frenar (<i>run and plant</i>) con pelota ^b	Tronco	Plancha ^a
De lado lateralmente cruzando las piernas (carioca) ^{c, f}				Plancha lateral ^a
De lado corriendo con los brazos arriba (desfilada) ^{c, f}				
Correr adelante con rotaciones de tronco ^{c, f}				
Correr adelante con paradas intermitentes ^{c, f}				
Velocidad de carrera ^{c, f}				
Equilibrio		Pliometría		
Superficie estable	Unipodal, ojos cerrados y perturbación ^a	Aterrizaje estático	Aterrizaje con dos piernas después de salto con una pierna ^b	
	Unipodal y uso de la pelota (lanzamiento, pasada-recepción o bote) ^d		Aterrizaje con dos piernas después de salto con una pierna y lanzamiento ^{c, f}	
	Bipodal ^b		Aterrizaje con dos piernas después de lanzamiento desde una caja de 30-40 cm ^b	
	Bipodal y squat ^{b, c, f}		Aterrizaje con una pierna desde una caja de 30-40 cm ^b	
Superficie inestable (esterilla, plato de Freeman, BOSU...)	Bipodal y perturbación ^{b, c, d, f}	Aterrizaje controlado encadenando una acción posterior	Encadenar saltos con dos piernas (adelante-atrás, de lado a lado, giro 180°) ^{b, d}	
	Bipodal y uso de la pelota (lanzamiento, pasada-recepción o bote) ^{b, c, d, f}		Encadenar saltos con dos piernas con perturbación ^b	
	Bipodal y uso de la pelota (recepción con salto) ^b		Encadenar saltos adelante de una caja a una esterilla y al revés ^d	
	Unipodal y squat ^{b, c, f}		Salto del suelo a una esterilla con lanzamiento y encadenar salto de lado a lado ^d	
	Unipodal y perturbación ^{b, c, f}	Disminuir el tiempo de contacto con el suelo	Salto de una caja a una esterilla con lanzamiento y encadenar salto de lado a lado ^d	
	Unipodal y uso de la pelota (lanzamiento, pasada-recepción o bote) ^{b, c, d, f}		Salto de una caja a una esterilla con ojos cerrados y encadenar salto de lado a lado ^d	
	Unipodal, uso de la pelota (lanzamiento, pasada-recepción o bote) y perturbación ^b		Saltos laterales (patinador) ^a	
	Unipodal, uso de la pelota (lanzamiento, pasada-recepción o bote) y ojos cerrados ^{b, d}		Zancadas frontales ^{a, c, f}	
	Unipodal, uso de la pelota (lanzamiento, pasada-recepción o bote), ojos cerrados y objetivo precisión ^d		Encadenar saltos multidireccionales con una pierna ^a	
			Encadenar saltos adelante con una pierna ^{c, f}	

^aAchenbach et al. (2018). ^bMyklebust et al. (2003). ^cOlsen et al. (2005). ^dPetersen et al. (2005). ^eWedderkopp et al. (1999).^fZebis et al. (2016).

Ejercicios de los programas de entrenamiento

Los programas de entrenamiento incorporaban entre tres y cinco ejercicios en cada sesión.

En los ejercicios de agilidad no se especificaba la ejecución, pero incorporaban movimientos de frenada y cambios de dirección combinados con acciones de lanzamiento.

Los ejercicios de carrera formaban parte del calentamiento y estaban enfocados en el desarrollo de la técnica de desplazamiento.

Los ejercicios de equilibrio más utilizados fueron sobre superficies inestables (plato de Freeman, esterilla, BOSU...) con apoyo unipodal o bipodal y con uso de la pelota, para hacer acciones de lanzamiento, pasada, recepción o bote (Tabla 4).

Todos los ejercicios de equilibrio seguían una progresión en la ejecución: se incorporaban diferentes perturbaciones internas (extremidades de la jugadora en movimiento) y externas (manipular una pelota para realizar diferentes acciones técnicas relacionadas con el lanzamiento o el desequilibrio de la pareja) y se reducían las aferencias sensitivas para limitar la visión.

El Nordic Hamstring fue el único ejercicio que coincidía con los programas de entrenamiento que incluían la fuerza como componente.

Finalmente, los ejercicios clasificados en pliometría eran los más variados, ya que incluían saltos en diferentes planos y ejes, con perturbaciones y aterrizajes, con una y dos piernas, y, además, desde diferentes alturas (Tabla 4).

El tiempo de trabajo más común para cada ejercicio fue de 30 segundos.

Discusión

Cinco de las seis intervenciones incluyeron más de un componente de entrenamiento (Achenbach et al., 2018; Myklebust et al., 2003; Olsen et al., 2005; Petersen et al., 2005; Zebis et al., 2016), mientras que un estudio tenía el equilibrio como único componente (Wedderkopp et al., 1999).

También se observó que la duración media de los entrenamientos era de 15 minutos, que incluían entre tres y cinco ejercicios por sesión y que los ejercicios que variaban más entre los diferentes programas fueron los de pliometría.

Componentes de los programas de entrenamiento

La combinación más frecuente fue la del entrenamiento de equilibrio con el de pliometría ($5/6 = 83\%$), lo cual no coincidía con las revisiones de Petushek et al. (2019), Yoo et al. (2010) o Taylor et al. (2015), que concluyen que el entrenamiento de fuerza combinado con el de pliometría

es la combinación más favorable para disminuir el riesgo de lesión del LCA en chicas adolescentes.

El entrenamiento de la fuerza ha estado poco representado en los estudios analizados ($3/6 = 50\%$). Myer et al. (2004) y Lloyd y Oliver (2012) remarcaron la prioridad de desarrollar esta capacidad en etapas de crecimiento, sobre todo en chicas, para compensar los cambios antropométricos y hormonales que ocurren durante el punto máximo de la velocidad de crecimiento (PHV). Según Fort-Vanmeerhaeghe et al. (2016), el objetivo es crear una estructura estable previa al trabajo pliométrico o más específico del deporte, para disminuir los factores de riesgo neuromusculares descritos anteriormente, ya que, al contrario que en los chicos, no se han demostrado correlaciones entre la altura, el peso y el rendimiento neuromuscular en la fase de maduración en las chicas (Hewett et al., 2016).

El trabajo de equilibrio se aplicaba en todos los estudios de la revisión (Tabla 3) y en la mayoría de los casos ($5/6 = 83\%$) era con la combinación de otro componente. Este hecho coincide con los resultados de las revisiones de Yoo et al. (2010) y Sugimoto et al. (2015) en deportistas femeninas, que demostraban que el trabajo de equilibrio por sí solo no tiene resultados pero en combinación con otros, sí.

Los ejercicios de estabilización en el aterrizaje que se centran en la optimización de la activación muscular para asegurar la técnica y la alineación adecuada de los saltos (aterrizaje suave y rodillas alineadas) se habían incluido por definición dentro del componente pliométrico. Otros estudios, como Brunner et al. (2019) y Petushek et al. (2019), los clasificaban como ejercicios técnicos. Brunner et al. (2019) les otorgaba menor importancia debido a que los deportes en que se centraba su revisión (fútbol y floorball) no contemplaban el salto como una acción usual. En cambio, en el balonmano, los saltos y las recepciones de saltos, sobre todo con una pierna, son unas de las acciones específicas, junto con la acción del uno contra uno, que más favorecen un conjunto de mecanismos que pueden provocar la lesión del LCA (Myklebust et al., 1997; Olsen et al., 2004; Takahashi et al., 2019). Por tanto, la progresión del trabajo pliométrico debe poner el foco en la técnica de aterrizaje, para poder ir aumentando la intensidad y la variabilidad, por ejemplo, implicando diferentes planos y ejes, incluir perturbaciones con estímulos externos o un móvil, combinar acciones esperadas e inesperadas para mejorar la capacidad de *feedforward* (preactivación), aumentar la intensidad del ciclo de estiramiento y acortamiento del músculo, combinar acciones elásticas y reactivas e introducir progresivamente el estado de fatiga (Bedoya et al., 2015; Ford et al., 2011; Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2016).

Duración de los programas de entrenamiento

La mayoría de los estudios coinciden en una duración aproximada de 15 minutos (Tabla 3). Los resultados de la revisión de Taylor et al. (2015) no rebelaron ninguna tendencia clara que permita recomendar parámetros de duración para los programas de entrenamiento. En cambio, Padua et al. (2018) demostraron que existía una disminución de los índices de lesión del LCA en programas de entrenamiento que duraron aproximadamente 15 minutos o más.

Ejercicios de los programas de entrenamiento

Solo en las revisiones de Padua et al. (2018) y Arundale et al. (2018) se hace una descripción detallada de los ejercicios que están incorporados en los diferentes programas de prevención de la lesión del LCA.

El Nordic Hamstring es el ejercicio propuesto por los tres estudios que incluyen la fuerza en el programa de entrenamiento. Es importante realizar un trabajo de fuerza y de activación de la musculatura isquiosural en posiciones próximas a la máxima extensión de la rodilla, ya que es la encargada de evitar la traslación anterior en la tibia y proteger el LCA (Sugimoto et al., 2015).

Las planchas que Achenbach et al. (2018) proponen en su programa de entrenamiento tienen el objetivo de mejorar el control neuromuscular de esta zona, ya que un déficit de fuerza y un control inadecuado del tronco en los ejercicios que implican cambios rápidos de posición durante los movimientos de cambio de dirección, frenada y aterrizaje comprometen la estabilidad dinámica y provocan un aumento de la carga de abducción de la rodilla (Zazulak et al., 2007). Se ha demostrado que el mecanismo de la lesión del LCA sin contacto en mujeres deportistas incluye la inclinación lateral del tronco con el cuerpo desplazado sobre una pierna; por lo tanto, será uno de los patrones que se deberán corregir a la hora de ejecutar tareas de agilidad (Hewett et al., 2009; Olsen et al., 2004).

Alterando el estado de equilibrio a través de las diferentes perturbaciones propuestas en los programas de entrenamiento, se busca una mejora de la conciencia de la posición, del movimiento y de la regulación muscular de la articulación de la rodilla frente a un estímulo, es decir, se pretende estimular los receptores propioceptivos para favorecer la coactivación muscular y mejorar el tiempo de activación (Padua et al., 2018).

Aun así, Fort-Vanmeerhaeghe et al. (2016) proponen que la ejecución de los ejercicios de equilibrio deberían buscar la especificidad y el dinamismo del gesto deportivo, ya que cuando la jugadora sufre la lesión del LCA acostumbra a estar en movimiento, por ejemplo, haciendo un cambio de dirección o un aterrizaje después de un salto.

Aprender a aterrizar es probablemente más importante que aprender a elevarse, ya que la carga que tiene que absorber la jugadora puede llegar a ser de entre 5.7 y 8.9 veces su peso corporal, dependiendo de la trayectoria y tiempo de vuelo y la velocidad del salto (Mothersole et al., 2014). Achenbach et al. (2018), Myklebust et al. (2003) y Petersen et al. (2005) incluyen ejercicios que combinan la habilidad de aterrizaje con otros movimientos. Los ejercicios enfocados a disminuir el tiempo de contacto con el suelo se deben realizar una vez alcanzados los niveles anteriores y garantizando la calidad del movimiento.

Las propuestas de ejercicios de pliometría son mayoritariamente generales. Por tanto, se considera necesaria una mayor especificidad para que la jugadora pueda reconocer los patrones de movimiento que favorecen el mecanismo lesivo del LCA (Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2016).

Según la evidencia disponible, se recomienda que los programas de entrenamiento multicomponente con la finalidad de disminuir el riesgo de lesión del LCA incluyan *feedback* sobre la técnica y la calidad del movimiento e incorporen ejercicios de las categorías de agilidad, equilibrio, fuerza y pliometría.

Conclusiones

Los programas de entrenamiento para la prevención de la lesión del LCA en jugadoras de balonmano se realizan entre dos y tres veces por semana durante aproximadamente 15 minutos. Se categorizan en cinco componentes: carrera, agilidad, fuerza, equilibrio y pliometría. Un mismo programa puede estar formado por uno o más componentes. La combinación más frecuente fue el entrenamiento pliométrico con el de equilibrio, con este último como componente común en todos los programas de entrenamiento.

Los ejercicios que conforman la categoría de carrera están enfocados en el desarrollo de la técnica de desplazamiento; los ejercicios de agilidad incorporan movimientos de frenada y cambios de dirección combinados con acciones de desplazamiento; los ejercicios de fuerza se centran en las extremidades inferiores y el tronco; los ejercicios de equilibrio son sobre superficie estable e inestable, con apoyo unipodal o bipodal, y con uso de la pelota, y finalmente, los ejercicios de pliometría son en diferentes planos y ejes, con perturbaciones y aterrizajes con una o dos piernas y, además, desde diferentes alturas.

Limitaciones

Uno de los principales problemas fue el escaso número de estudios, la elevada variabilidad en cuanto a componentes y la combinación de estos y la poca individualización de los contenidos de los programas de entrenamiento según las características de la jugadora.

En todos los artículos se analizan únicamente los resultados en participantes femeninas jugadoras de balonmano, excepto en los de Achenbach et al. (2018) y Olsen et al. (2005), que también incluían participantes masculinos. En el estudio de Zebis et al. (2016) las jugadoras que se analizaron podían practicar o bien fútbol o bien balonmano.

Referencias

- Achenbach, L., Krusch, V., Weber, J., Nerlich, M., Luig, P., Loose, O., Angele, P., & Krusch, W. (2018). Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(7), 1901-1908. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4758-5>
- Ahmad, C. S., Clark, A. M., Heilmann, N., Schoeb, J. S., Gardner, T. R., & Levine, W. N. (2006). Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity. *American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 370-374. <https://doi.org/10.1177/0363546505280426>
- Arundale, A. J. H., Bizzini, M., Giordano, A., Hewett, T. E., Logerstedt, D. S., Mandelbaum, B., Scalzitti, D. A., Silvers-Granelli, H., & Snyder-Mackler, L. (2018). Exercise-Based Knee and Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. <https://doi.org/10.2519/jospt.2018.0303>
- Bedoya, A. A., Miltenberger, M. R., & Lopez, R. M. (2015). Plyometric Training Effects On Athletic Performance In Youth Soccer Athletes: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2351-2360. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000877>
- Bencke, J., Aagaard, P., & Zebis, M. K. (2018). Muscle Activation During ACL Injury Risk Movements in Young Female Athletes: A Narrative Review. *Frontiers in Physiology*, 9, 445. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00445>
- Brunner, R., Friesenbichler, B., Casartelli, N. C., Bizzini, M., Maffiuletti, N. A., & Niedermann, K. (2019). Effectiveness of multicomponent lower extremity injury prevention programmes in team-sport athletes: An umbrella review. *British Journal of Sports Medicine*, 53(5), 282-288. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098944>
- Crossley, K. M., Patterson, B. E., Culvenor, A. G., Bruder, A. M., Mosler, A. B., & Mentiplay, B. F. (2020). Making football safer for women : a systematic review analysis of injury prevention programmes in 11 773 female football (soccer) players. *British Journal of Sports Medicine*, 0, 1-12. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101587>
- De Loës, M., Dahlstedt, L. J., & Thomée, R. (2000). A 7-year study on risks and costs of knee injuries in male and female youth participants in 12 sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10(2), 90-97. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2000.010002090.x>
- DiStefano, L. J., Martinez, J. C., Crowley, E., Matteau, E., Kerner, M. S., Boling, M. C., Nguyen, A.-D., & Trojan, T. H. (2015). Maturation and sex differences in neuromuscular characteristics of youth athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(September), 2465-2473. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000001052>
- Ford, P., de Ste Croix, M., Lloyd, R., Meyers, R., Moosavi, M., Oliver, J., Till, K., & Williams, C. (2011). The Long-Term Athlete Development model: Physiological evidence and application. *Journal of Sports Sciences*, 29(4), 389-402. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.536849>
- Fort-Vanmeerhaeghe, A., Romero-Rodriguez, D., Lloyd, R. S., Kushner, A., & Myer, G. D. (2016). Integrative Neuromuscular Training in Youth Athletes. Part II: Strategies to Prevent Injuries and Improve Performance. *Strength and Conditioning Journal*, 38(4), 9-27. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000234>
- Fort-Vanmeerhaeghe, A., & Romero, D. (2013). Análisis de los factores de riesgo neuromusculares de las lesiones deportivas. *Apunts Medicina de l'Esport*, 48(179).
- Gómez, A., Roqueta, E., Tarragó, J. R., Seirul-lo, F., & Cos, F. (2019). Training in Team Sports: Coadjuvant Training in the FCB. *Apunts Educación Física y Deportes*, 138, 13-25. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/4\).138.01](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/4).138.01)
- Griffin, L. Y., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Bahr, R., Beynon, B. D., DeMaio, M., Dick, R. W., Engebretsen, L., Garrett, W. E., Hannafin, J. A., Hewett, T. E., Huston, L. J., Ireland, M. L., Johnson, R. J., Lephart, S., Mandelbaum, B. R., Mann, B. J., Marks, P. H., Marshall, S. W., ... Myklebust, G. (2006). Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: A review of the Hunt Valley II Meeting, January 2005. *American Journal of Sports Medicine*, 34(9), 1512-1532. <https://doi.org/10.1177/0363546506286866>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., Van Den Bogert, A. J., Paterno, M. V., & Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492-501. <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Paterno, M. V., & Quatman, C. E. (2016). Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *Journal of Orthopaedic Research*, 34(11), 1843-1855. <https://doi.org/10.1002/jor.23414>
- Hewett, T. E., Torg, J. S., & Boden, B. P. (2009). Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: Lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *British Journal of Sports Medicine*, 43(6), 417-422. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.059162>
- Jeffreys, I. (2019). *El calentamiento. Maximizar el rendimiento y mejorar el desarrollo físico a largo plazo* (Madrid). Ediciones Tutor, S.A.
- Koga, H. (2010). Mechanisms for Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: Knee Joint Kinematics in 10 Injury Situations. *The American Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1177/0363546510373570>
- LaBella, C. R., Hennrikus, W., & Hewett, T. E. (2014). Anterior Cruciate Ligament Injuries: Diagnosis, Treatment, and Prevention. *Pediatrics*, 133(5), e1437-e1450. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-0623>
- Lai, C. C. H., Ardern, C. L., Feller, J. A., & Webster, K. E. (2018). Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes. *British Journal of Sports Medicine*, 52(2), 128-138. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096836>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength and Conditioning Journal*, 34(3), 61-72. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31825760ea>
- Montalvo, A. M., Schneider, D. K., Yut, L., Webster, K. E., Beynon, B., Kocher, M. S., & Myer, G. D. (2019). "What's my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?" A systematic review with meta-analysis. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 53, Issue 16). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096274>
- Mothersole, G., Cronin, J. B., & Harris, N. K. (2014). Jump-Landing Program for Females. *Strength and Conditioning Journal*, 36(4), 52-64. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000078>
- Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2007). Rationale and Clinical Techniques for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Among Female Athletes. *Journal of Athletic Training*, 39(4), 352-364. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC535528/>
- Myer, G. D., Sugimoto, D., Thomas, S., & Hewett, T. E. (2013). The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: A meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1177/0363546512460637>
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Brækken, I. H., Skjøelberg, A., Olsen, O.-E., & Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med*, 13(2), 71-78. <https://doi.org/10.1097/00042752-200303000-00002>

- Myklebust, G., Maehlum, S., Engebretsen, L., Strand, T., & Solheim, E. (1997). Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball. A prospective study covering two seasons. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 7(5), 289-292. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1997.tb00155.x>
- Myklebust, G., Maehlum, S., Holm, I., & Bahr, R. (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 8(3), 149-153. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00185.x>
- Olsen, O.-E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury Mechanisms for Anterior Cruciate Ligament Injuries in Team Handball. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(4), 1002-1012. <https://doi.org/10.1177/0363546503261724>
- Olsen, O.-E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., & Bahr, R. (2005). Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 330(7489), 449. <https://doi.org/10.1136/bmj.38330.632801.8F>
- Padua, D. A., DiStefano, L. J., Hewett, T. E., Garrett, W. E., Marshall, S. W., Golden, G. M., Shultz, S. J., & Sigward, S. M. (2018). National Athletic Trainers' Association Position Statement: Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Journal of Athletic Training*, 53(1), 1062-6050-99-16. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-99-16>
- Petersen, W., Braun, C., Bock, W., Schmidt, K., Weimann, A., Drescher, W., Eiling, E., Stange, R., Fuchs, T., Hedderich, J., & Zantop, T. (2005). A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 125(9), 614-621. <https://doi.org/10.1007/s00402-005-0793-7>
- Petushkek, E. J., Sugimoto, D., Stoolmiller, M., Smith, G., & Myer, G. D. (2019). Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 47(7), 1744-1753. <https://doi.org/10.1177/0363546518782460>
- Reckling, C., Zantop, T., & Petersen, W. (2003). Epidemiology of injuries in juvenile handball players [Article in German]. *Sportverletzung · Sportschaden*. <https://doi.org/10.1055/s-2003-42149>
- Sheppard, J., & Young, W. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919-932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Shultz, S. J., Schmitz, R. J., Benjaminse, A., Collins, M., Ford, K., & Kulas, A. S. (2015). ACL research retreat VII: An update on anterior cruciate ligament injury risk factor identification, screening, and prevention March 19-21, 2015; Greensboro, nc. *Journal of Athletic Training*, 50(10), 1076-1093. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.10.06>
- Soomro, N., Sanders, R., Hackett, D., Hubka, T., Ebrahimi, S., Freeston, J., & Copley, S. (2016). The efficacy of injury prevention programs in adolescent team sports: A meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 44(9), 2415-2424. <https://doi.org/10.1177/0363546515618372>
- Sterne, J. A. C., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., Blencowe, N. S., Boutron, I., Cates, C. J., Cheng, H. Y., Corbett, M. S., Eldridge, S. M., Emberson, J. R., Hernán, M. A., Hopewell, S., Hróbjartsson, A., Junqueira, D. R., Jüni, P., Kirkham, J. J., Lasserson, T., Li, T., ... Higgins, J. P. T. (2019). RoB 2: A revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*, 366, 1-8. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4898>
- Sugimoto, D., Myer, G. D., Barber Foss, K. D., Pepin, M. J., Micheli, L. J., & Hewett, T. E. (2016). Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: meta-regression analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(20), 1259-1266. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095596>
- Sugimoto, D., Myer, G. D., Foss, K. D. B., & Hewett, T. E. (2015). Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: Meta-analysis and subgroup analysis. In *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093461>
- Takahashi, S., Nagano, Y., Ito, W., Kido, Y., & Okuwaki, T. (2019). A retrospective study of mechanisms of anterior cruciate ligament injuries in high school basketball, handball, judo, soccer, and volleyball. *Medicine*, 98(26), e16030. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000016030>
- Taylor, J. B., Waxman, J. P., Richter, S. J., & Shultz, S. J. (2015). Evaluation of the effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention programme training components: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(2), 79-87. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092358>
- Urrutia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. In *Medicina Clínica* (Vol. 135, Issue 11, pp. 507-511). <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>
- Wedderkopp, N., Kaltoft, M., Lundgaard, B., Rosendahl, M., & Froberg, K. (1999). Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9(1), 41-47. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1999.tb00205.x>
- Yoo, J. H., Lim, B. O., Ha, M., Lee, S. W., Oh, S. J., Lee, Y. S., & Kim, J. G. (2010). A meta-analysis of the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 18(6), 824-830. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0901-2>
- Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). The effects of core proprioception on knee injury: A prospective biomechanical-epidemiological study. *American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 368-373. <https://doi.org/10.1177/0363546506297909>
- Zebis, M. K., Andersen, L. L., Brandt, M., Myklebust, G., Bencke, J., Lauridsen, H. B., Bandholm, T., Thorborg, K., Hölmich, P., & Aagaard, P. (2016). Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 50(9), 552-557. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094776>

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES