



universidad  
de león



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL  
DEPORTE.

Curso académico 2014/15.

PREVENCIÓN Y READAPTACIÓN DE LESIONES DE RODILLA (LCA).  
UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.

Prevention and readjustment of knee injury (ACL).  
A sistematic review.

Autora: Leyre Rodríguez Sánchez.

Tutores: Jesús Ángel Seco Calvo y Eduardo Álvarez del Palacio.

Fecha: 30/06/2015.

VºBº TUTOR/A.

VºBº AUTOR/A.

# ÍNDICE.

<b>1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
2.1 Prevención de lesiones.....	4
2.2 Tipos de lesiones.....	5
2.3 Cómo evitar lesiones.....	5
2.4 Epidemiología.....	6
2.5 Mecanismo de lesión.....	8
2.6 Factores de riesgo.....	8
2.7 Diagnóstico.....	9
2.8 Prevención.....	9
2.9 Tratamiento.....	11
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
<b>4. METODOLOGÍA.....</b>	<b>12</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>13</b>
<b>6. DISCUSIÓN.....</b>	<b>20</b>
6.1 Cómo afecta la fuerza, flexibilidad o resistencia a la lesión.....	21
6.2 Programas multifacéticos de entrenamiento neuromuscular.....	22
6.3 Entrenamiento pliométrico y de agilidad.....	23
6.4 Trabajo propioceptivo.....	24
6.5 Propuesta de programa de ejercicios.....	24
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>25</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>26</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>31</b>

## 1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.

El presente trabajo consiste en realizar una completa y extensa revisión bibliográfica a cerca de la literatura existente relacionada con las lesiones de rodilla, en concreto la lesión del ligamento cruzado anterior (LCA). Explicaremos además cuales son los principales factores de riesgo, cómo se puede prevenir esta lesión o como se puede tratar. Todos estos son aspectos meramente teóricos. Pese a todos estos contenidos introductorios a esta lesión, el contenido del trabajo se centrará en conocer cuáles son los hábitos y actividades físicas que pueden ayudar a los deportistas a evitar o reducir este tipo de lesiones. Además enfocaremos el trabajo hacia la readaptación del deportista a su práctica física habitual. Por último compararemos los resultados obtenidos en la literatura con una aportación personal en la que expondremos un programa de prevención de lesiones para el LCA basado en gran cantidad de ejercicios que abarcarán la propiocepción, el core, el trabajo de fuerza, etc.

Palabras clave: Prevención, lesión, LCA, propiocepción.

### **Summary.**

*This present work consist on perform a complete and extensive bibliographic review about the existing literature related with knee injuries, specifically to the anterior cruciate ligament (ACL). Also we explain what are the main risk factors, how to prevent this injury or treatable. All these are merely theoretical aspects. Despite these introductory contents of this injury, the content of work will focus on knowing what are the habits and physical activities that can help athletes to avoid or reduce these types of injuries. Also we will focus this work towards the rehabilitation of the athlete to his usual physical practice. Finally we compare the results obtained in the literature with a personal contribution which will describe a prevention of injury to the ACL based on many exercises that will range proprioception, core, strength work, etc.*

*Key words: Prevention, injury, ACL, proprioception.*

## 2. INTRODUCCIÓN.

Este trabajo aborda la lesión del LCA desde distintas perspectivas, pero enfocado fundamentalmente desde la prevención de lesiones. Además trataremos la readaptación de esta lesión, es decir desde el momento en el que el deportista sufre dicha lesión hasta el día

en que tras haber superado un proceso de recuperación y rehabilitación funcional es capaz de regresar a la competición en su modalidad deportiva.

Mi motivación personal hacia la realización de este trabajo ha sido mi afinidad hacia este tema. Debo señalar que hace 3 años, al comenzar esta carrera sufrí una lesión total del LCA y de ambos meniscos. Desde entonces he mostrado gran interés por este tipo de lesiones y sobre todo por la prevención de la misma que podemos llevar a cabo mediante programas de entrenamiento.

Por otro lado, considero que la readaptación deportiva es una de las salidas profesionales más interesantes a las que podremos recurrir los graduados y antiguos licenciados en CAFD.

Por último, debo destacar que el haber cursado la asignatura de “Prevención de lesiones” en tercero de carrera ha hecho que aumente aún más mi interés hacia este.

## 2.1 PREVENCIÓN DE LESIONES.

La prevención de lesiones es una herramienta clave y fundamental para el deportista, ya que son estas la principal causa de modificación de un programa de entrenamiento, suponiendo una interrupción ya sea temporal o total durante un periodo de entrenamiento deportivo. Pese a la cantidad de programas de prevención existentes, es imposible erradicar del todo las lesiones deportivas, ya que es un riesgo intrínseco que presenta la práctica de actividad física, tal y como apunta Casáis (2008). La prevención de lesiones se encarga de reducir al mínimo el riesgo de padecer lesiones. Paralelamente se buscará acelerar el proceso de recuperación una vez que un deportista haya sufrido un contratiempo, así podremos lograr que este tenga una recuperación funcional lo más breve posible.

Años atrás el proceso de prevención deportiva prestaba especial atención al área terapéutico, con el fin de conseguir mejorar la lesión una vez que esta había sido padecida. Actualmente la prevención de lesiones es entendida desde una perspectiva mucho más holística, abarcando diversas áreas. Este modelo actual de prevención de lesiones pretende ir más allá, comenzando por realizar un completo análisis del contexto deportivo en el que el jugador o atleta se “mueve”. Por otro lado estudia al deportista en profundidad así como los factores de riesgo de dicho deporte. Con todo este proceso y de acuerdo con la afirmación de Casáis (2008) se busca prevenir la lesión, pero en caso de que no sea posible y esta aparezca, se lleva a cabo un proceso de recuperación funcional cuyo objetivo es que el deportista sea capaz de volver a su modalidad deportiva en el menor tiempo posible.

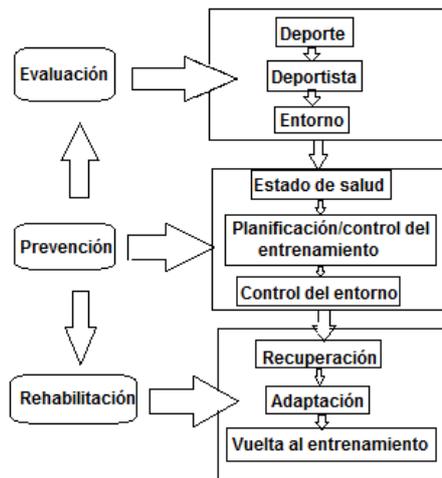


Figura 1. Modelo general de actuación en la prevención de lesiones (Adaptado de Casáis 2008).

## 2.2 TIPOS DE LESIONES.

En función de cual haya sido la causa originaria de la lesión, podemos hablar de acuerdo con Fernández & Busto. (2009) de lesiones por contacto, autoagresiones (lesiones en las que es el propio deportista quien se lesiona) y de lesiones por sobrecarga. Las dos primeras ocurren tras un episodio agudo dando lugar a una lesión aguda, mientras que la última de ellas ocurre tras un largo periodo de entrenamiento y en algunas ocasiones puede dar lugar a lesiones crónicas.

## 2.3 CÓMO EVITAR LESIONES.

Para evitar lesiones es fundamental realizar un análisis multidisciplinar de diversos aspectos relacionados con el deportista, comenzando con una valoración funcional del atleta. Otro aspecto imprescindible es preparar al músculo y a los tejidos para el ejercicio que va a ser realizado a continuación; para ello es fundamental realizar un calentamiento acorde a la práctica física posterior. Después del calentamiento hay estudios tales como los de Small y cols. (2008) que demuestran la eficacia de los estiramientos, ya que estos incrementan un 20% el rango de movilidad articular del segmento que estamos estirando, logrando así disminuir el riesgo de lesión. En relación a la importancia de realizar estiramientos después del entrenamiento hay diversidad de opiniones. En una revisión llevada a cabo en 2007 por Woods y cols., se concluyó que los estiramientos post entrenamiento no contribuyen a disminuir las lesiones deportivas.

Otro de los aspectos imprescindibles, afirman Peterson y cols. (2000) es que para evitar lesiones es clave realizar una buena preparación física, un buen entrenamiento, ya que se ha demostrado que hasta el 60% de las lesiones pueden ser debidas a un mal entrenamiento. Por el contrario, Brooks y cols. (2008) consideran que si hay una idónea relación entre entrenamiento y competición, el número de lesiones se ve disminuido.

Por otro lado tanto una correcta alimentación como hidratación pueden ayudarnos a prevenir lesiones. La hidratación es fundamental para el deportista y el agua es el mejor líquido para llevar a cabo esta acción, ya que es fácilmente absorbible.

Además debe de tenerse en cuenta la fatiga del deportista, ya que tal y como apuntan Fredericson & Misra. (2007) determinados gestos o acciones en condiciones de cansancio elevan el riesgo de sufrir una lesión.

Otro aspecto interesante para la prevención de lesiones es el uso de implementos apropiados para la práctica deportiva. Obvio es que tanto los playeros como el casco etc., deben ser de la talla de los usuarios, ya que de lo contrario perderán eficacia. En otros deportes es habitual el uso de otros materiales como es el caso de las rodilleras por ejemplo en voleibol o patinaje. Todas estas son medidas llevadas a cabo con el fin de evitar lesiones o daños.

## 2.4 EPIDEMIOLOGÍA.

Señala Navas (2005) que un estilo de vida basado cada vez más en la práctica de actividad física así como el aumento exponencial de práctica de actividad física y deportes por parte del género femenino que venimos experimentando desde hace ya años hacen que hayamos sufrido un aumento del número de lesiones deportivas. De todas las lesiones ligamentosas de rodilla, la lesión del LCA es sin duda la que presenta mayor repercusión en la biomecánica de la rodilla.

Las lesiones que afectan al LCA son las más frecuentes en la articulación de la rodilla según apunta Álvarez (2008), suponiendo el 50 % de las lesiones ligamentosas en esta articulación. Normalmente la lesión se produce durante la práctica de una actividad física y es más común en las mujeres que en los hombres. Esta mayor probabilidad de sufrir las lesiones en el género femenino que en el masculino ha sido un tema de debate y conflicto entre los investigadores, sin embargo autores como Gehring y cols. (2009) creen que es debido a que estas están expuestas a más factores de riesgo, los cuales van desde factores ambientales, hasta anatómicos, hormonales, neuromuscular o biomecánicos.

Según Ladenhauf y cols. (2013) aproximadamente 100000-200000 lesiones del LCA son estimadas cada año en los Estados Unidos, con un rango en atletas femeninas de 1 lesión de LCA por cada 60-100 atletas. La incidencia en la población general de Estados Unidos es del 1/3000 afirman Darrow y cols. (2009).

En España la incidencia es algo más baja, aproximadamente 3/10.000 habitantes y año, siguiendo las afirmaciones de Hernández y cols. (2011) además prácticamente dos tercios de estas lesiones del LCA tienen origen deportivo, afectando a una población activa y joven.

Por otro lado, Hewett y cols. (2010) afirman que más del 50% de los pacientes muestran pronto signos de osteoartritis irreversible antes incluso de los 10 años siguientes a una reconstrucción de LCA.

En cuanto al tipo de deporte, el fútbol parece ser el deporte en el que más casos de lesión del LCA se registran, aunque también hay que tener en cuenta que este deporte tienen muchas más horas de exposición que otros deportes como por ejemplo el voleibol.

En un estudio llevado a cabo por Joseph y cols., en el año 2013, se observó que la probabilidad de padecer una lesión de LCA era 4 veces mayor practicando fútbol que cualquier otro deporte. En el caso de las chicas, estos mismos autores Joseph y cols. (2013) afirmaron que esta probabilidad de lesión era también 4 veces mayor al practicar fútbol o baloncesto que voleibol y béisbol.

Por otro lado, la tasa de lesiones de LCA es 7 veces mayor en la competición que en los entrenamientos. Además, de todas las lesiones que se producen, el 76,6 % derivan en cirugía; sin embargo, el 29.2 % de las lesiones que son evaluadas por un entrenador y el 12.8 % de las evaluadas por un preparador físico y un ortopedista no derivan en intervención quirúrgica. En cuanto a las tasas de lesiones del LCA, Joseph y cols. (2013) concluyeron que estas variaron en función del deporte y del sexo, lo que indica que los programas de prevención realizados están siendo más eficaces en algunos casos que en otros.

La lesión de LCA supone un gasto anual de 1 billón de dólares en EE.UU. Estos gastos proceden de la hospitalización del paciente, la cirugía, el periodo que estos pacientes pasan hospitalizados y el posterior tratamiento que dichas personas realizan en otros centros.

El entrenamiento neuromuscular durante el calentamiento puede prevenir las lesiones de LCA, lo que sería fundamental para reducir la prevalencia de este tipo de lesiones. Los programas de prevención aseguran Ladenhauf y cols. (2013) que requieren un trabajo multifacético, centrándose fundamentalmente en el entrenamiento de fuerza, el

pliométrico, el de agilidad, la propiocepción y el entrenamiento de equilibrio y el entrenamiento neuromuscular con especial atención en el *feedback* que le aportamos al atleta, para que si fuera necesario, modifique su técnica.

## 2.5 MECANISMO DE LESIÓN.

Los mecanismos de lesión de esta estructura son en posición de valgo, varo, hiperextensión, aceleración o deceleración. Además pueden producirse con o sin contacto.

En relación con las conclusiones de Ladenhauf y cols. (2013) el 70% de las lesiones de LCA ocurren sin contacto externo alguno, es decir, el deportista sufre la lesión él solo, sin recibir ningún tipo de golpe externo.

En recientes investigaciones Shimokochi & Shultz (2008) han afirmado que la forma más común de lesionarse el LCA es cuando la rodilla se encuentra en posición de valgo, junto con una rotación interna de la rodilla, precedido de una aceleración o deceleración, cuando además la rodilla se encuentra muy cerca de la completa extensión. Lo más común es que estando la pierna apoyada, se produzca una rotación externa de la tibia sobre el fémur y valgo forzado. Todo esto ocurre según Bien (2011) cuando se producen bruscas deceleraciones, aterrizajes de un salto o cambios de direcciones.

## 2.6 FACTORES DE RIESGO.

Ford y cols. (2003) han confirmado que los déficits tanto neuromusculares como biomecánicos del tronco y de las extremidades inferiores durante diversas actividades deportivas son el principal factor de riesgo para sufrir lesiones en el LCA.

Existe conformidad de opiniones en la literatura, tales como las de Hewett y cols. (2012) que afirman que los desequilibrios neuromusculares entre el cuádriceps, el ligamento, la pierna y la dominancia del tronco suponen un gran factor de riesgo para sufrir la lesión.

Si el ligamento estuviera lo suficientemente fortalecido sería capaz de absorber las fuerzas de reacción a las que las extremidades inferiores se ven sometidas. Por otro lado, Hewett y cols. (2010) concluyen que si es el cuádriceps el músculo que está fuerte en esa extremidad inferior serán fundamentalmente los músculos extensores de la rodilla los que se activarán en detrimento de los músculos flexores.

Por otro lado, concluimos siguiendo las afirmaciones de Hewett y cols. (2012) que el excesivo movimiento del tronco en el plano frontal y las elevadas fuerzas de reacción del suelo junto con el ligamento de la rodilla en posición de abducción suponen una situación de riesgo y vulnerabilidad para la rodilla si esta sufre una carga, pudiendo suponer una lesión.

Por consiguiente es muy importante el trabajo de propiocepción para mejorar el control neuromuscular de las extremidades inferiores, fundamentalmente en momentos en los que el cuerpo sufre perturbaciones o por ejemplo al caer de un salto, etc.

Por otro lado, Hewett y cols. (2004) refieren que las diferencias existentes entre sexos al comienzo de la pubertad y durante la etapa madurativa, exponen a las féminas a mayores factores de riesgo si no son llevadas a cabo medidas preventivas. Por consiguiente es fundamental llevar a cabo programas de prevención en estas edades, ya sea tanto en chicos como en chicas, pero con mayor hincapié en estas últimas, ya que como hemos visto presentan mayor predisposición a sufrir lesiones del LCA. Sin embargo, antes de la pubertad Hewett y cols. (2012) aseguran que no se han encontrado diferencias entre géneros.

Hewett y cols. (2012) refieren que las causas de esta mayor predisposición a sufrir lesiones por parte de los deportistas jóvenes vienen marcadas por un menor desarrollo de las habilidades físicas, así como de una menor maduración física o carencia de una idónea condición física durante la etapa previa a la adolescencia.

## 2.7 DIAGNÓSTICO.

No abordaremos este asunto puesto que no es el objetivo del presente trabajo.

## 2.8 PREVENCIÓN.

Cantidad de estudios demuestran la eficacia de los programas de entrenamiento neuromuscular para reducir el riesgo de padecer lesiones de LCA. Sin embargo, esta reducción es mayor en chicas que en chicos. Por otro lado si el entrenamiento se comienza antes del periodo de adolescencia los resultados son aún mejores. Esto se ha observado en un metaanálisis realizado por Myer y cols. (2013). Estos autores encontraron una reducción del 72 % de las lesiones de LCA cuando el entrenamiento neuromuscular se comenzaba a realizar a los 18 años o incluso antes. Sin embargo, cuando el entrenamiento neuromuscular era realizado a partir de los 18 años de edad, la reducción de las lesiones era de tan solo el 17 %. Estos autores concluyeron que el entrenamiento neuromuscular es una fantástica

opción para la prevención de lesiones de rodilla y que su eficacia será mucho mayor si esta práctica se realizaba en la adolescencia temprana, cuando los cambios mecánicos que sufren las niñas aún no se han producido.

Con entrenamiento neuromuscular nos referimos también a la propiocepción, a ejercicios de fuerza, equilibrio, salto, entrenamiento en diferentes superficies, trabajo con planos inestables, etc.

En la literatura encontramos diversos programas de prevención; algunos de ellos, como el de Cimino y cols. (2010) están basados en la realización de diversos tipos de ejercicio: calentamiento, estiramientos, fuerza, pliometría y agilidad. Otro estudio realizado por Olsen y cols., en el año 2005 examinó el uso de un programa de calentamiento en más de 1800 atletas de 15 a 17 años. Dicho programa incluía técnicas para mejorar los movimientos y los saltos, además de ejercicios en la tabla de equilibrios para hacer hincapié en la posición de la rodilla durante movimientos inestables y ejercicios de fortalecimiento. De los 1800 atletas que participaron en el programa tan solo 48 tuvieron que ser tratados por posibles lesiones de rodilla.

Otro estudio llevado a cabo por Mandelbaum y cols., en el año 2005, trabajó con más de 5000 jugadoras de fútbol de 14 a 18 años de edad durante dos temporadas. Con este grupo se usó un programa de prevención y de mejora del entrenamiento el cual es muy eficaz en la reducción de lesiones de LCA. Los resultados después de las dos temporadas fueron que durante el primer año el grupo intervenido con el programa sufrió 2 lesiones de LCA, frente a 32 que padeció el grupo control (esto supuso una reducción del 88 %). Durante la segunda temporada del estudio, los resultados fueron similares, el grupo intervenido tuvo un 75 % menos de lesiones de LCA que el grupo control.

Uno de los objetivos primordiales de los programas de prevención de la lesión del LCA es disminuir el efecto que produce la fatiga sobre el control neuromuscular, lo que puede provocar a una mala alineación de la rodilla en relación con la cadera.

Los programas consistentes en el trabajo neuromuscular y propioceptivo tratan de mejorar la respuesta de la propia articulación, debido a que la respuesta muscular voluntaria de la rodilla no suele llegar a tiempo para contrarrestar las fuerzas que actúan sobre ella.

En una revisión sistemática realizada por Sadoghi y cols. (2012) se concluyó que todas las intervenciones que reducen las lesiones del LCA incluían programas de prevención con ejercicios neuromusculares, realizados un mínimo de 3 veces a la semana con una duración de 10 minutos. Por otro lado, este estudio aporta enormes evidencias

sobre la eficacia que nos puede brindar un programa para prevenir lesiones de LCA, como en el estudio realizado por Wright y cols. (2012) en el que observaron que gracias a un programa de prevención se alcanzaba el 52 % de reducción de lesiones en mujeres atletas y el 85 % en hombres.

Estudios como el de Yoo y cols. (2010) demuestran que tanto el entrenamiento pliométrico, como el de fortalecimiento o el trabajo de equilibrio son esenciales para alcanzar un programa de prevención con éxito y conseguir así mejorar el rendimiento del deportista.

## 2.9 TRATAMIENTO.

Dependiendo de la gravedad de la lesión, el tratamiento puede ser conservador (reposo, hielo, compresión con vendaje elástico y elevación), tratamiento fisioterapéutico para paliar el dolor y mejorar aspectos como la inflamación y la rigidez, además de ejercicios de potenciación de la musculatura, fundamentalmente el cuádriceps.

En el caso de que se produzca rotura se procederá a la cirugía, esto sucede cuando el paciente presenta incapacidad, inestabilidad en la articulación que afecta a su vida diaria, además de un probable desgarro de meniscos y hasta una posible lesión de rodilla en la que haya diferentes ligamentos afectados. Esta otra alternativa de tratamiento supone un tiempo de inactividad que ronda los 6 meses (ya que este es el tiempo necesario para que el ligamento insertado se fije bien al hueso y ofrezca de nuevo estabilidad a la articulación).

Pese a la mayor dificultad que la segunda opción de tratamiento supone, el éxito de la restauración del ligamento así como la satisfacción por parte del paciente, aseguran Freedman y cols. (2003) que es del 90 %.

## 3. OBJETIVOS.

Los objetivos de la presente revisión sistemática son:

- Conocer diversos aspectos de los distintos tipos de lesiones de rodilla, tales como su prevalencia o su mecanismo lesional.

- Conocer los métodos de entrenamiento y los ejercicios que puedan contribuir a prevenir las lesiones de rodilla.
- Profundizar en ámbitos tales como la prevención y la readaptación de lesiones, ámbitos que pueden ser una opción laboral muy válida para los graduados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
- Seleccionar y saber utilizar el material y equipamiento deportivo adecuado para cada tipo de actividad físico-deportiva.
- Comprender la bibliografía científica del ámbito de la actividad física y el deporte relacionada con la prevención de lesiones

#### 4. METODOLOGÍA.

Se ha realizado una revisión bibliográfica en diferentes bases de datos durante los meses de Enero y Febrero de 2015, además de una búsqueda adicional en Mayo del mismo año para cumplimentar con algún posible estudio que hubiera sido publicado posteriormente a nuestra primera búsqueda. La estrategia de búsqueda se fundamentó en el objetivo principal planteado en nuestro trabajo: conocer el papel de la prevención de lesiones y su influencia en el LCA.

La búsqueda bibliográfica fue realizada a través de PubMed, SPORTDiscus, Cochrane, Dialnet y Google Académico. Para realizar la búsqueda se acotó un periodo temporal que abarcó desde el año 2005 hasta el 2015 (ambos inclusive); sin embargo hay 4 artículos adicionales que hemos empleado a pesar de superar este margen temporal (el más antiguo de ellos es del año 2000), porque aportaban información relevante para el trabajo.

Las palabras clave o secuencias de palabras empleadas fueron “*anterior cruciate ligament*” (ligamento cruzado anterior), “*ACL prevention*” (prevención LCA) “*neuromuscular training*” (entrenamiento neuromuscular), “*proprioception*” (propiocepción), “*strenght*” (fuerza), y “*training*” (entrenamiento).

La búsqueda fue realizada en dos lenguas: inglés y español.

Otro aspecto que acotamos en la búsqueda fue el “full test” en fuentes bibliográficas como por ejemplo PubMed.

Un total de 104 artículos fueron analizados y tenidos en cuenta para la realización del TFG, de los cuales 46 eran repetidos; por consiguiente la bibliografía empleada consta de un total de 58 artículos.

La estrategia de búsqueda (relación entre las distintas palabras y sus correspondientes límites), queda reflejada en el apartado de anexos (Ver tabla 1).

## 5. RESULTADOS.

MÉTODO	PARTICIPANTES	INTERVENCIÓN	MEDIOS	RESULTADOS
<b>Estudio:</b> Mandelbaum y cols. (2005).				
<b>Diseño:</b> Prueba prospectiva no aleatoria. <b>Sponsor:</b> Ortopédica Santa Mónica y Fundación de investigación de medicina deportiva, California. <b>Seguimiento:</b> 2 años <b>Abandono:</b> ---	Jugadoras de fútbol de entre 14 – 18 años. Año 1: 1041 jóvenes en el grupo control y 1905 en el grupo intervenido. Año 2: 1913 grupo control y 844 grupo intervenido	Programa de estiramientos, ejercicios de fuerza, pliometría, agilidad específica del deporte practicado para sustituir al calentamiento tradicional.	SAS system, version 8.2 (SAS Institute Inc, Cary, NC).	Reducción del 88 % de las lesiones de LCA durante el primer año en el grupo intervenido. En el segundo año reducción del 74 %.
<b>Estudio:</b> Myer y cols. (2007).				
<b>Diseño:</b> Prueba controlada aleatoria <b>Sponsor:</b> Centro Biodinámico de Medicina del Deporte y Laboratorio de Rendimiento Humano. Centro Médico del hospital infantil de Cincinnati. <b>Seguimiento:</b> --- <b>Abandono:</b> ---	18 chicas atletas estudiantes de secundaria.	Entrenamiento neuromuscular 3 días por semana durante 7 semanas.	Diseño mixto ANOVA de medidas repetidas	Las atletas con alto riesgo de lesión de LCA redujeron los momentos de abducción de rodilla un 13%.
<b>Estudio:</b> Cooper y cols. (2005).				
<b>Diseño:</b> Prueba controlada aleatoria. <b>Sponsor:</b> Centro de Investigación musculo esquelético, de la Universidad de La Trobe, Victoria, Australia. <b>Seguimiento:</b> --- <b>Abandono:</b> ---	29 personas de 16 a 50 años, que habían sido sometidas a la operación de LCA.	Dos sesiones semanales de fisioterapia durante 6 semanas, más: Grupo A: trabajo de propiocepción y equilibrio. Grupo B: ejercicio de fuerza y resistencia muscular.	Cincinnati Knee Rating System.  Escala Funcional específica de pacientes.	Diferencias significativas en los resultados del Cincinnati Knee Rating System mayores para el grupo B que el A.  Mejora del grupo B mayores en la actividad 2 y 3.  Diferencias no significativas en el rango de movimiento de la rodilla.
<b>Estudio:</b> Souissi y cols. (2011).				
<b>Diseño:</b> Prueba controlada aleatoria <b>Sponsor:</b> Laboratorio	24 hombres que habían practicado deporte a nivel	8 semanas de programa con dos o	Multivariat e analysis of variance	Mayor mejora en el salto a una pierna (la lesionada) del grupo de trabajo funcional al grupo control,

de investigación tunecino, FC Olimpico de Lyon, Instituto de Educación de Hong Kong... y otros. <b>Seguimiento:</b> No especificado <b>Abandono:</b> 8 hombres lo dejaron después de que fueran aplicados los criterios de exclusión.	nacional o regional y que habían sido sometidos a intervención de LCA; fueron divididos en dos grupos: 8 en el grupo control y 8 en el grupo de trabajo funcional.	tres sesiones semanales de trabajo de fuerza muscular y funcionalidad de la rodilla.	(MANOVA)  Microsoft Excell  Versión SPSS	34.64% vs 10.92%.  Progreso de 17.26% vs 13.03 % en el test de agilidad del grupo de trabajo funcional frente al control.  12.28% vs 6.50 % de mejora en el squat mayor en el grupo de trabajo funcional.  Mejora en el CMJI de 27.54 % vs 6.54 en el grupo de trabajo funcional.
<b>Estudio:</b> Otsuki y cols. (2014).				
<b>Diseño:</b> No especificado <b>Sponsor:</b> Oficina de investigación de ética de la Universidad de Waseda. <b>Seguimiento:</b> --- <b>Abandono:</b> 11 chicas abandonaron el programa por motivos personales.	71 chicas jugadoras de baloncesto con edades correspondientes a la enseñanza secundaria.	Programa de prevención de lesiones (6 meses) de: Sentadillas, saltos, agilidad, etc.  El grupo control siguió con la rutina habitual de entrenamiento.	VirtualDub software (Avery Lee).  ImageJ software (National Institute of Health, USA).  3 cámaras de vídeo 30 Hz; CASIO EXILIM, Japan).	El pico máx. de fuerza incrementó significativamente en el grupo control de 41.36 a 61.43, pero no en el grupo de entrenamiento.  El rango de flexión de la rodilla descendió significativamente en el grupo control de 59.52 a 53.15.
<b>Estudio:</b> Ford y cols. (2014).				
<b>Diseño:</b> Estudio cruzado <b>Sponsor:</b> Colegio de medicina de la universidad de Cincinnati (departamento de pediatría); Universidad del estado de Ohio y otros. <b>Seguimiento:</b> No especificado. <b>Abandono:</b> No hay evidencias.	Jugadoras de fútbol de 14.8 +/- 1 año, de la enseñanza secundaria.	El programa consistió en aportar biofeedback s a tiempo real sobre la cinética o cinemática de la ejecución de repetitivas sentadillas con ambas piernas.	Cámara 10 de sistema de captura de movimientos (RaptorE, Motion Analysis Corp., Santa Rosa, CA).  Plataformas de fuerza (AMTI, Watertown, MA).  Visual 3D (C-Motion, Inc. Germantown, MD).	Reducción del máximo momento de abducción durante el DVJ tras el biofeedback (p=0.04)  Mejora del 32.8 % del momento de abducción de la rodilla tras el biofeedback cinético.  Mejora del 31.5 % del ángulo de abducción de la rodilla tras el biofeedback cinético frente al 16.3 % de mejora con el biofeedback cinemático.
<b>Estudio:</b> Risberg y cols. (2007).				
<b>Diseño:</b> Prueba controlada aleatoria a ciegas. <b>Sponsor:</b> Centro noruego de investigación, Hospital Universitario de Ullevaal y otros. <b>Seguimiento:</b> 6 meses <b>Abandono:</b> 7 sujetos dejaron el estudio porque no cumplían los criterios de inclusión.	74 sujetos (27 chicas y 47 chicos) con edades comprendidas entre los 16 y 40 años.	Dos tipos de programas: uno tradicional de fuerza y otro neuromuscular (pliometría, ejercicios de estabilidad, equilibrio, específicos del deporte y de habilidades deportivas).	Cincinnati Knee Score.  Visual analog scales (VASs).  36-Item Short-Form Health Survey (SF-36).  Cybex 6000* isokinetic dynamometer.	Mejoras significativas del Cincinnati Knee Score y del VAS en el programa neuromuscular (PN) frente al programa de fuerza (PF):  <u>VAS:</u> PF 59.3, PN 72.4  <u>Cincinnati Knee Score:</u> PF: 73.4 PN: 80.5
<b>Estudio:</b> Imwalle y cols. (2009).				
<b>Diseño:</b> Prueba prospectiva.	19 atletas jugadoras de	Distintos saltos con diferentes	Programa informático personalizado.	Los ángulos de rotación interna de rodilla y de cadera

<p><b>Sponsor:</b> Colegio de medicina de la Universidad de Cincinnati, Fundación de investigación hospital de niños de Cincinnati y otros.</p> <p><b>Seguimiento:</b> periodo fuera de la temporada competitiva</p> <p><b>Abandono:</b> ---</p>	<p>fútbol de la zona y con edades correspondientes a la enseñanza secundaria.</p>	<p>ángulos de flexión (45 o 90°) , mientras se comparaban diferentes medidas: pico de fuerza, rotación interna de la rodilla y de la cadera, etc.</p>	<p>Cámara 8 de alta velocidad, sistema de análisis de movimiento.</p> <p>Plataforma de fuerza (AMTI).</p> <p>Mocap Solver (Motion Analysis Corp.)</p> <p>Análisis de varianza multivariado de medidas repetidas (MANOVA).</p>	<p>en el pico de fuerza de reacción vertical fueron mayores a 90° que a 45° de flexión (<math>F(1,37) = 87.0, p &lt; 0.001</math> y <math>F(1,37) = 8.0, p = 0.008</math>, respectivamente).</p> <p>La flexión de cadera fue significativamente mayor a los 90° de flexión que a los 45° (<math>F(1,37) = 52.34, p &lt; 0.001</math>)</p> <p>La aducción de cadera predice el 25 % de las maniobras de corte a los 45 ° y también el 25 % en las maniobras a 90°.</p>
<p><b>Estudio:</b> Dauty y cols. (2010).</p>				
<p><b>Diseño:</b> Prueba aleatoria controlada.</p> <p><b>Sponsor:</b> Hospital Saint Jacques (Francia).</p> <p><b>Seguimiento:</b> No especificado.</p> <p><b>Abandono:</b> 32 atletas fueron excluidos (por presentar dolores, problemas cardiovasculares u otros inconvenientes para el estudio).</p>	<p>117 atletas con edades de entre 18-50 años; que hayan sufrido la ruptura de LCA y que practicaran antes de esto deportes de contacto y pivote 3 veces por semana.</p>	<p>Programa de entrenamiento basado en correr con intervalos y en ejercicios de velocidad.</p>	<p>VAPS (Escala análoga visual para el dolor).</p> <p>Dinamómetro o Isocinético Cybex Norm.</p>	<p>Los programas de running no redujeron los déficits de fuerza.</p> <p>El programa de running no tuvo impacto en el progreso isocinético de la rodilla.</p>
<p><b>Estudio:</b> Kinikli y cols. (2014).</p>				
<p><b>Diseño:</b> Estudio controlado aleatorio</p> <p><b>Sponsor:</b> Departamento de Fisioterapia y rehabilitación Universidad de Hacettepe (Ankara) y Departamento de ortopedia y traumatología de la Facultad de Medicina de Ankara</p> <p><b>Seguimiento:</b> ---</p> <p><b>Abandono:</b> 13 sujetos fueron excluidos por padecer lesiones o por algún aspecto de su historial médico.</p>	<p>52 pacientes con reconstrucciones de LCA con edades de 33 +/- 8 años. De ellos solo 39 participaron finalmente en el estudio.</p>	<p>Programa de rehabilitación.</p> <p>Más un programa progresivo de trabajo excéntrico y concéntrico de 12 semanas para el grupo intervenido.</p>	<p>MFSS (Sistema de Monitorización funcional de squat).</p> <p>Escala Lysholm de rodilla.</p> <p>(ACL-QOL) (Cuestionario de calidad de vida del LCA).</p>	<p>El ACL-COL mejoró en el grupo intervenido de 24.28 a 56.79 mientras que en el grupo control solo mejoró de 36.19 a 51.95.</p> <p>La puntuación de la escala de Lysholm mejoró de 58.25 a 88.31 en el grupo intervenido mientras que en el grupo control de 63.29 a 80.76.</p> <p>Otras medidas como la extensión o flexión de rodilla también mejoraron en el grupo intervenido.</p>
<p><b>Estudio:</b> Bieler y cols. (2014).</p>				
<p><b>Diseño:</b> Estudio clínico aleatorio a ciegas.</p> <p><b>Sponsor:</b> Unidad de Investigación de rehabilitación musculoesquelética de la Universidad de Copenhague, Instituto de Ciencias del Deporte y biomecánica de la Universidad del sur de</p>	<p>93 Hombres y mujeres con edades comprendidas entre los 18 y 45 años que tuvieran ruptura aislada de LCA. Finalmente fueron incluidos 50 pacientes.</p>	<p>Programa de entrenamiento de resistencia muscular de los extenso</p>	<p>VAS.</p> <p>Artrómetro KT-2000 (MEDmetric Corporation, San Diego, CA).</p> <p>Leg Extensor Power Rig (Queen's Medical Centre, Nottingham University, UK).</p>	<p>Las puntuaciones en la funcionalidad de la rodilla al final de las 20 semanas fueron 69.1% y 75.3% para los saltos a una pierna y el triple salto en el grupo a alta intensidad. Para el grupo de baja intensidad los</p>

Dinamarca; y otros. <b>Seguimiento:</b> 20 semanas <b>Abandono:</b> 43 sujetos, por padecer algún tipo de dolor en su articulación, cartílago, menisco, etc.		res de la pierna (a baja y alta intensidad).	KOOS (resultados de puntuación por la osteoartritis de rodilla).  Escala de Lysholm.  ANOVA (Proc Mixed of SAS version 9.3)	resultados fueron de 65.1% y 68.1% respectivamente.
<b>Estudio:</b> Blackburn y cols. (2013).				
<b>Diseño:</b> Estudio transversal <b>Sponsor:</b> Laboratorio de investigación Neuromuscular de la universidad de Carolina del Norte, Departamento de Nutrición y Ciencias del Ejercicio de la Universidad del Estado de Oregón y otros. <b>Seguimiento:</b> --- <b>Abandono:</b> ---	36 personas voluntarias, sanas y activas físicamente. (18 chicos y 18 chicas). Edades de +/- 23 años.	Saltos desde una superficie elevada al suelo con ambas piernas. Un grupo saltaba con gran rigidez de los músculos (AI) isquiotibiales y el otro con baja intensidad (BI). Así se comparaban las características biomecánicas para saber cual tenía mayor predisposición a sufrir una lesión de LCA.	Acelerómetro (modelo 356A32; PCB Piezotronics, Inc, Depew, NY)  Plataformas de fuerza (modelo 4060; Bertec Corporation, Columbus, OH).  Sensores electromagnéticos de captura del movimiento (mini-BIRD 800; Ascension Technology Corporation, Burlington, VT).  SPSS (version 19; IBM Corporation, Armonk, NY).	La rigidez en los isquios fue mayor en el grupo con AI que en el de BI. (25.81 6 4.61 N/m kg) vs (14.52 6 1.51 N/m kg) respectivamente.  El pico de flexión de la rodilla y el valgo no obtuvieron diferencias significativas.  El ángulo de flexión de la rodilla fue mayor en el grupo de AI en los momentos de rodilla en valgo, en el momento de extensión interna y durante el momento de fuerza del tibial anterior.
<b>Estudio:</b> Lee y cols. (2013).				
<b>Diseño:</b> No especificado. <b>Sponsor:</b> Departamento de Preinscripción de Ejercicio de la Universidad de Dongsin (República de Korea) y Departamento de Deporte de Ocio de la Universidad Nacional de Kyungpook (República de Korea) <b>Seguimiento:</b> --- <b>Abandono:</b> ---	10 sujetos (5 mujeres de aproximadamente 28 años y 5 hombres de alrededor de 26 años) que habían sido sometidos a una intervención de LCA.	Programa sistemático y gradual de 12 semanas consistente en ejercicios de rehabilitación: fuerza del tren inferior, trabajo en bici, propiocepción, ejercicios de equilibrio, ejercicios isocinéticos, etc.	Biodex Multi-joint system 3pro (USA).	La potencia media de extensión es significativamente mayor en la extremidad lesionada. (p<0.05)  En flexión, tanto la potencia media como el pico máximo de fuerza incrementaron en la extremidad involucrada. (P<0.01).
<b>Estudio:</b> Gerber y cols. (2009).				
<b>Diseño:</b> Ensayo clínico aleatorio <b>Sponsor:</b> Diferentes departamentos de la Universidad de Utah <b>Seguimiento:</b> 1 año <b>Abandono:</b> 8 no terminaron el programa. Motivos de exclusión: lesión o fractura en las extremidades inferiores, radiografías anormales o carencia de tiempo para	40 participantes con edades de entre 18 – 50 años, que antes de lesionarse llevaran a cabo una actividad física moderada.	Grupo 1: trabajo progresivo de carácter excéntrico Grupo 2: rehabilitación estándar y habitual.	Escala de Borg del esfuerzo percibido.  Resonancia magnética 1.5-T Signa LX  Software de análisis de imágenes de MATLAB.	Mayor fuerza del el glúteo y cuádriceps, en el grupo que trabajo excéntrico.  <u>Grupo excéntrico:</u> F glúteo: 20.6% F cuádriceps: 23.3 %  <u>Grupo rehabilitación estándar:</u> F glúteo: 11.6 % F cuádriceps: 13.4 %

llevar a cabo el programa.				Software SPSS (versión 13.0).	
<b>Estudio:</b> Della Villa y cols. (2012).					
<b>Diseño:</b> Serie de casos <b>Sponsor:</b> Departamento de investigación de educación, Grupo Médico Isocinético Bolonia (Italia) y Departamento de Terapia Física de la Universidad de Delaware (Newark) <b>Seguimiento:</b> Durante la recuperación de su lesión previa a la vuelta a competición. <b>Abandono:</b> ---	50 jugadores de fútbol (6 profesionales y 44 amateurs) que seguían un programa específico de recuperación y que antes de la lesión entrenaron un mínimo de 3 días por semana. Estos jugadores tenían edades de 23 años +/- 6.	Programa de rehabilitación con 5 fases. En todas ellas trabajo con/sin balón, más entrenamiento cardiovascular (excepto en la primera fase donde todavía no se trabajó con balón). Las fases iban aumentando la especificidad, la intensidad y la dificultad progresivamente.	(KOS-SAS) Escala de actividad deportiva en el estudio de resultados de rodilla).  Dinamómetro isocinético (Genu3 Easytech, Florence, Italy).  Analizador de lactato YSI 1500 Sport, Yellow Spring Corporation, Yellow Spring, Ohio).  SPSS 10.0	La mejoría de la rodilla en la escala pasó de 79 +/-15 a 96+/- 7.  Mejora en la fuerza muscular del 55 % en los extensores de rodilla, del 86% en los flexores y del 23 % en el umbral aeróbico.	
<b>Estudio:</b> Von Porat y cols. (2007).					
<b>Diseño:</b> Estudio de cohorte <b>Sponsor:</b> Departamento de Ciencias de la Salud, división de fisioterapia de la Universidad de Lund (Suecia), Departamento de Neurobiología del Instituto Karolinska de Estocolmo, entre otros. <b>Seguimiento:</b> Identificación de los sujetos en 1989 y se les hizo seguimiento en diferentes ocasiones. <b>Abandono:</b> 2 de los 12 participantes tan solo completaron 4 semanas a causa de incompatibilidades laborales.	12 hombres de alrededor de 40 años, que años atrás habían sufrido una lesión de LCA.	Trabajo específico de rodilla durante 12 semanas. Trabajo neuromuscular: saltos, core, control de la rodilla, equilibrios, así como ejercicios estabilizadores por medio de core.	Sistema 3 dimensional de análisis del movimiento (VICON)  Plataforma de fuerza (AMTI)  SPSS Versión 12.0.1	Incremento del pico de flexión de rodilla durante los aterrizajes de 44 a 48°.  Incremento del momento de extensión interna de la rodilla de 1.28 a 1.55 Nm/Kg.  La puntuación en el KOOS pasó de 70 a 77 lo que estuvo significativamente relacionado con los cambios en la flexión de rodilla durante el aterrizaje de los saltos.	
<b>Estudio:</b> Hägglund y cols. (2009).					
<b>Diseño:</b> Ensayo aleatorio controlado por grupos <b>Sponsor:</b> Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad de Linköping (Suecia), Departamento de Ciencias Clínicas (Universidad de Lund, Suecia) y otros. <b>Seguimiento:</b> --- <b>Abandono:</b> De los 743 equipos seleccionados, 227 no realizaron el programa porque ya realizaban un programa preventivo, porque desestimaron participar o porque simplemente no respondieron.	516 equipos de fútbol de 8 distritos regionales de fútbol en Suecia. La muestra estaba formada por jugadoras de entre 13 y 17 años.	El estudio consistió en dos programas: uno para el grupo intervenido que consistía en realizar calentamientos estructurados en dos de las sesiones semanales de entrenamiento y otro programa para el grupo control, consistente en entrenar y jugar como de costumbre.	Imagen de Resonancia Magnética.	---	
<b>Estudio:</b> White y cols. (2013).					
<b>Diseño:</b> Ensayo controlado	80 atletas (40 hombres y 40	Programa de entrenamiento de	Sistema 3D de captura del movimiento (VICON).	---	

aleatorio <b>Sponsor:</b> Clínica de terapia Física de la Universidad de Delaware y el Nucleo de Investigación de la Universidad de Delaware (USA). <b>Seguimiento:</b> 2 años <b>Abandono:</b> No especificado.	mujeres) con edades comprendidas entre los 13 y 55 años y que habían padecido una reconstrucción unilateral del LCA.	10 sesiones,. Ejercicios de prevención (equilibrio, fuerza y pliometría), fortalecimiento del cuádriceps, ejercicios de habilidad o de control. 2 grupos, el grupo con perturbación" añadía a esto trabajos perturbadores para la articulación de la rodilla.	Plataforma de fuerza (Bertec, Worthington, OH).  Software propios (Visual3D, C-Motion, Inc., Germantown, MD, USA; LabVIEW 8.2, National Instruments Corp., Austin, TX, USA)  Dinamómetro electromecánico (KIN-COM, Chattanooga Corp., Chattanooga, TN).  (KOS-ADLS)  GRS (Escala global de percepción de la funcionalidad de la rodilla.  EMG  KOOS  ANCOVA (Análisis de covarianza) ANOVA (Análisis de varianza)	
<b>Estudio:</b> Myer y cols. (2009).				
<b>Diseño:</b> Caso clínico <b>Sponsor:</b> Centro Médico del hospital de niños de Cincinnati. Profesionales de la salud de La Universidad Rocky Mountain (Provo) y otros. <b>Seguimiento:</b> --- <b>Abandono:</b> Se trata de un único sujeto.	Jugadora de baloncesto que se lesionó del LCA cuando tenía 14 años.	Se observó a la joven durante 5 años, sin aplicarle ningún programa de prevención de lesiones. Durante este periodo se fueron observando los cambios corporales que la deportista padecía.	Artrómetro CompuKT de rodilla.  Escala de maduración observacional de la pubertad.  Sistema de análisis del movimiento (EVaRT version 4) con 8 cámaras y plataformas de fuerza.  Visual 3D  MATLAB  Dinamómetro.	Incremento de la altura un 4%, del índice de masa corporal un 29 % y de la laxitud de antero-posterior tibiofemoral un 14 %.  Reducción limitada del incremento de la fuerza en el cuádriceps, lo que disminuyó la abducción de la cadera y la fuerza relativa de flexión a extensión durante la maduración.  La atleta terminó rompiéndose completamente el LCA.
<b>Estudio:</b> Joseph y cols. (2013).				
<b>Diseño:</b> Estudio epidemiológico descriptivo <b>Sponsor:</b> Centro de Investigación de Lesiones y Política, Instituto de Investigación del Hospital de Niños de Nationwide (Columbus) y otros. <b>Seguimiento:</b> Desde la temporada 2007/8 hasta la 2011/12. <b>Abandono:</b> No especificado.	Deportistas de 9 tipos de deportes. 5 de ellos deportes masculinos (fútbol, baloncesto, balonmano y lucha) y 4 de ellos femeninos (fútbol, voleibol, baloncesto y softbol).  La muestra se llevó a cabo con atletas que habían sufrido alguna lesión de LCA.	Se anotó el número de lesiones de LCA sufridas por sexo, por deporte y por el tiempo de exposición, de práctica deportiva.	SPSS (version 19.0; SPSS Inc, Chicago, IL).  Epi Info (version 6.0; Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA).  Herramienta de base de datos de internet.	Las lesiones de LCA son de las más habituales para los atletas de la ESO.  Las chicas futbolistas tienen el mayor ratio de lesión (12.2) seguidas de los hombres en este mismo deporte (11.1)  Casi el 43 % de las lesiones de LCA eran producidas por el contacto entre jugadores.  La probabilidad de lesionarse es 7 veces mayor compitiendo que entrenando.

<b>Estudio:</b> Swart y cols. (2014).				
<b>Diseño:</b> Estudio de rentabilidad  <b>Sponsor:</b> Centro Médico de la Universidad de Columbia (Nueva York),  <b>Seguimiento:</b> No especificado.  <b>Abandono:</b> No especificado.	Atletas de entre 14 y 22 años que participaban en deportes organizados (fútbol, baloncesto, balonmano y voleibol).	Se estudiaron diversos casos de programas de prevención: programas neuromusculares generales para la población, programas para colectivos concretos con mayor probabilidad de sufrir esta lesión y en tercer lugar la ausencia de cualquier tipo de programa.	International Knee Documentation Committee (IKDC).	La estrategia de prevención de lesiones de LCA más empleada es la consistente en un programa neuromuscular dirigida a la población en general. Esta estrategia ahorraría 100\$ por atleta y temporada.  Además reduciría la probabilidad de lesión de LCA del 3% al 1.1% por temporada.
<b>Estudio:</b> Lephart y cols. (2005).				
<b>Diseño:</b> Prueba controlada aleatoria.  <b>Sponsor:</b> Laboratorio de Investigación Neuromuscular, Centro de Medicina del Deporte de, South Water Street, Pittsburgh  <b>Seguimiento:</b> No especificado  <b>Abandono:</b> Serían excluidas las deportistas que en los 6 meses previos hubieran sufrido alguna lesión grave de rodilla.	27 deportistas sanas de la zona con edades de 14-15 años.	Dos grupos: uno realizaba un trabajo de pliometría mientras que el otro realizaba un trabajo básico de resistencia.	Biodes System 3 Multi-Joint Testing and Rehabilitation System (Biodes Medical, Shirley, NY).  Biodes Advantage Software version 3.0 (Biodes Medical).  EMG (Noraxon Telemetry System).  Sistema de análisis del pico de movimiento (software version 6.03).  6 cámaras ópticas de alta velocidad.  Plataforma de fuerza (Bertec, Worthington, OH).	Los dos grupos mejoraron la fuerza isocinética de los isquiotibiales.  El pico de fuerza de la flexión de rodilla y cadera también aumentó con los dos programas, igual que la fuerza del glúteo.
<b>Estudio:</b> van Beijsterveldt y cols. (2012).				
<b>Diseño:</b> Ensayo aleatorio controlado por grupos  <b>Sponsor:</b> Organización de los Países Bajos para la Investigación y Desarrollo de la Salud y Real Asociación de Fútbol Holandesa.  <b>Seguimiento:</b> ---  <b>Abandono:</b> Un equipo	Equipos de competiciones de fútbol amateurs de alto nivel. Grupo intervención: 11 equipos y 223 jugadores. Grupo control: 12 equipos y 233 jugadores.  Los jugadores tenían entre 18 y 40 años.	2 programas: -Grupo control: entrenamiento habitual -Grupo intervenido: Estabilidad del core, trabajo excéntrico de músculos del muslo, propiocepción, estabilidad dinámica y pliometría con alineación de la pierna.	Sistema de lesiones a través de internets (BIS).  SPSS 17 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA).  ANCOVA.	El número de lesiones fue similar en ambos grupos: 9,6 por 1000h de práctica en el grupo intervenido frente a 9,7 en el grupo control.  No hubo diferencias en la gravedad de la lesión.  El grupo intervenido sufrió menos lesiones de rodilla.
<b>Estudio:</b> Vescovi y col. (2010).				
<b>Diseño:</b> Prueba controlada aleatoria.  <b>Sponsor:</b> Instituto de Ciencias del Deporte de Gatorade y Ortopedia y Grupo de Medicina del Deporte Holly Silvers de Santa Mónica.	58 jugadoras adolescentes de fútbol de 4 equipos diferentes con edades comprendidas entre los	2 grupos: - Grupo PEP: intervenido. - Grupo CON (control).  Programa 3 días por semana durante	ANOVA.  SPSS versión 11.0.1 (Chicago, Illinois, USA).	-El tiempo de los sprints era menor en el grupo PEP que en el CON (Siendo esta diferencia mayor cuanto más distancia). -Mayor altura de salto en el CMJ para el grupo

<b>Seguimiento:</b> 12 semanas. <b>Abandono:</b> De los 31 jugadores de PEP, 16 fueron excluidas del análisis final por perderse sesiones.	13 y 18 años.	12 semanas para PEP, basado en sprints, CMJ y agilidad.		PEP que CON. -No hubo diferencias entre grupos en el test de agilidad.
<b>Estudio:</b> Chmielewski y cols. (2005).				
<b>Diseño:---</b> <b>Sponsor:</b> Departamento de Terapia Física de la Universidad de Florida y Departamento de Terapia Física de la Universidad de Delaware. <b>Seguimiento: ---</b> <b>Abandono: ---</b>	34 personas. 17 de ellas sin lesiones y otras 17 con ellas.	10 sesiones de entrenamiento "perturbador".	6-camera passive, 3-dimensional analysis system (VICON).  EMG.  Software a medida (LabVIEW).  ANOVA.	Durante el programa los sujetos con lesiones consiguieron reducir los índices de co-contracción y aumentar los ángulos de flexión durante la flexión de rodilla.

La evaluación del riesgo de sesgo de los estudios incluidos en la revisión para determinar la calidad de los mismos, la podemos observar en los anexos. (Ver tabla 2).

## 6. DISCUSIÓN.

La prevención de lesiones es un método fundamental para contribuir a reducir el número de casos nuevos en una población concreta. Actualmente consideramos que con un programa de prevención basado en diferentes ejercicios de gran variedad y orientación, será suficiente para reducir la prevalencia de lesiones de LCA; sin embargo estamos de acuerdo con Otsuky y cols. (2012) al afirmar que es necesario llevar a cabo más estudios que pongan de manifiesto cuáles son los mecanismos subyacentes de este fenómeno. Así mismo, estos autores consideran que es de gran relevancia conocer la relación existente entre los cambios mecánicos que padece la articulación de la rodilla durante la etapa puberal y las lesiones de LCA; gracias a esto podremos diseñar programas de prevención centrados fundamentalmente en aquellos aspectos que incidan directamente sobre dichos cambios biomecánicos. En relación con esto, existe gran cantidad de literatura como la de Silvers & Mandelbaum (2007) que consideran que para diseñar un programa de prevención de lesiones de LCA deben tenerse en cuenta aspectos como la edad, el género o la formación previa de un sujeto en determinado deporte. En un meta-análisis realizado por Myer y cols. (2013), se ha llegado a la conclusión de que existe una edad idónea para realizar un programa de prevención basado en el entrenamiento neuromuscular. Estos autores aseguran que la etapa óptima para llevar a cabo dicho programa es la primera adolescencia, antes de que se produzcan las alteraciones mecánicas que expondrán al

atleta a mayor riesgo de padecer esta lesión; la finalidad de esto es reducir el riesgo de lesiones antes de que se produzcan déficits neuromusculares, ya que es probable que entonces sea tarde para evitar esta lesión. Así han concluido estos autores que cuando el programa de prevención se realizaba en féminas menores a los 18 años de edad la eficacia del programa en la reducción de riesgos era del 72% frente al 16 % que se alcanzaba cuando las deportistas eran mayores de 18 años. Por otro lado Hagglünd y cols. (2012) afirman que las lesiones de LCA en el fútbol son independientes de la edad, el nivel del juego o el género, sin embargo, sí que consideran estos autores que la adolescencia es la etapa con mayor riesgo para lesionarse. Por su parte, Grindstaff y cols. (2006) han asegurado que el programa óptimo de prevención debe ser llevado a cabo de manera progresiva, e incluyendo los siguientes aspectos: estiramientos, ejercicios de fortalecimiento muscular, pliometría y ejercicios de agilidad. Estos autores consideran que con la realización de este entrenamiento neuromuscular de carácter preventivo se abordan los factores de riesgo que pueden desencadenar en la lesión de LCA.

En un estudio epidemiológico realizado por Joseph y cols. (2013), se ha conocido que las lesiones de LCA son de las más habituales para los atletas de la ESO; que el deporte que más lesiones de LCA presenta es el fútbol y que el número de lesiones es también importante en los hombres; por ello los programas de prevención no deben ir enfocados únicamente al colectivo femenino, sino que deben centrarse en los pacientes que presentan más factores de riesgo.

### 6.1 ¿Cómo afecta la fuerza, flexibilidad o resistencia a la lesión?

Sabemos que el entrenamiento de la fuerza desempeña un papel fundamental en el control neural necesario para la realización de un movimiento. Por ejemplo, gracias a la fuerza de flexo- extensión de la extremidad inferior conseguimos reducir la contracción de los músculos isquiotibiales y del cuádriceps, lo que va a dar lugar a una optimización de los músculos sinergistas durante este movimiento de flexo-extensión. ¿Sin embargo, cuál de estas 3 capacidades físicas contribuye en mayor grado a reducir el riesgo de lesión de LCA?

La fuerza muscular junto con la coordinación parecen tener un efecto directo tal y como afirman LaBella y cols. (2014) sobre la carga mecánica del LCA durante la ejecución de diversos movimientos. Así, un control neuromuscular deficitario de la cadera y de la rodilla, así como un déficit postural han sido considerados como factores claves de riesgo de esta lesión. Por consiguiente, el trabajo de fuerza es fundamental. Así mismo, la fuerza adquiere un papel de gran relevancia en la rehabilitación posterior a la rotura de LCA.

En un revisión sistemática realizada por Sadoghi y cols. (2012) llegaron a la conclusión de que los programas de prevención de LCA suponían un efecto beneficioso en la reducción de lesiones de LCA, mejorando el número de casos en un 52% en mujeres y en un 85 % en los hombres; sin embargo, estos autores no fueron capaces de concretar cuáles eran los programas que aportaban mayores beneficios.

Risberg y cols. (2007) llevaron a cabo un estudio comparando las mejoras que sufría un grupo al trabajar la fuerza de manera tradicional con otro que llevaba a cabo un programa neuromuscular. Afirmaron que no hubo diferencias significativas entre ambos grupos en aspectos como el equilibrio, la propiocepción o la fuerza muscular. Sin embargo, estos autores concluyeron que la combinación de ejercicios tradicionales de fuerza (como las sentadillas) con otros de distinto carácter (como por ejemplo la pliometría) contribuiría al aumento de la fuerza muscular en comparación con la realización aislada y única de ejercicios de fuerza. Por lo tanto, podemos afirmar que para mejorar la fuerza muscular es conveniente incluir otro tipo de programas, no simplemente el trabajo de fortalecimiento.

En otro estudio realizado por Kinikli y cols. (2014) pudieron comprobar que el trabajo de fuerza mediante ejercicios de carácter tanto excéntrico como concéntrico unido al trabajo habitual de rehabilitación, ayuda a recuperar la lesión de LCA.

Otro estudio realizado por Bieler y cols. (2014) aboga que el entrenamiento de fuerza mejora la fuerza y potencia muscular sin causar efectos adversos en la laxitud de la articulación. Por lo tanto, este tipo de programas pueden ser convenientes a la hora de llevar a cabo programas de prevención (ayudando a mantener la potencia muscular).

Blackburn y cols. (2013) también destacan la importancia del trabajo de fuerza, ya que consideran que la rigidez de los músculos isquiotibiales influye en los aterrizajes (al caer de un salto por ejemplo), determinando el grado de sobrecarga del LCA. Estos autores aseguran que si se aumenta la rigidez de los isquiotibiales el riesgo de lesión es menor. Por lo tanto mejorar los isquiotibiales es clave para la prevención de la lesión de LCA.

## 6.2 Programas multifacéticos de entrenamiento neuromuscular.

Existe cantidad de bibliografía que pone en evidencia los beneficios de un programa neuromuscular multifacético. Cantidad de autores han estudiado la eficacia de estos programas. Entre ellos podemos encontrar multitud de evidencias como la obtenida por Mandelbaum y cols. (2005) en la que afirman que un programa preventivo basado en: calentamiento, estiramientos (30 segundos de duración, dos repeticiones de cada), trabajo de fuerza, pliometría (20 repeticiones de cada), así como ejercicios de agilidad contribuyen en buen grado a mejorar el rendimiento del programa preventivo. Este estudio demuestra la

eficacia del programa de entrenamiento neuromuscular, ya que pone de manifiesto una reducción del 88 % de las lesiones de LCA durante el primer año en el grupo intervenido en relación con el grupo control. En el segundo año la reducción fue del 74 %.

Souissi y cols. (2011) aseguran gracias a la realización de su estudio que el entrenamiento funcional basado en: trabajo pliométrico, agilidad, trabajo neuromuscular y propioceptivo es más efectivo que el entrenamiento convencional de rehabilitación. Es decir de nuevo estos autores ponen en evidencia la eficacia de un programa de prevención de lesiones multifacético.

Otros autores, en este caso Risberg y cols. (2007) concluyen que el entrenamiento neuromuscular debe estar presente después de una operación de LCA ya que ayuda a mejorar la articulación; además, puede ayudar a prevenir lesiones de LCA. Esto aporta indicios de que además de ayudar a recuperar al atleta una vez que ya haya sufrido la lesión, el entrenamiento neuromuscular multifacético debe ser realizado ya que ayudará a reducir el número de lesiones de LCA.

Von Porat y cols. (2007) aseguran que el entrenamiento neuromuscular mejora los aspectos cinéticos y cinemáticos de la extremidad inferior.

Por otro lado, además de la cantidad de evidencias que sostienen que el entrenamiento neuromuscular aporta múltiples beneficios para reducir el número de lesiones de LCA, en un estudio de rentabilidad realizado por Swart y cols. (2014) se ha demostrado que la estrategia de prevención de lesiones de LCA más empleada es la consistente en un programa neuromuscular dirigida a la población en general. Esta estrategia preventiva es más eficaz y rentable que las estrategias enfocadas únicamente a los atletas que tienen mayor riesgo de lesión.

### 6.3 Entrenamiento pliométrico y de agilidad.

A pesar de que han sido desarrollados multitud de programas de prevención de LCA y que sabemos que muchos de ellos actúan con éxito en la reducción de lesiones de esta articulación y en concreto del LCA, son muchos menos los estudios que se conocen sobre los cambios neuromusculares y biomecánicos que desencadenan estos programas de prevención. Por otro lado, tampoco está confirmado cuál es el protocolo de prevención más eficaz en la reducción de este tipo de lesiones y en la reducción de los mecanismos de aterrizaje de un salto (que es en lo que incide la pliometría).

En relación con esto, Lephart y cols. (2005) afirman en su artículo que las características neuromusculares de la extremidad inferior en mujeres atletas, mejorarían con la realización de un simple programa de ejercicios enfocados a la caída de los aterrizajes, reduciendo así el riesgo de lesiones. Sin embargo, si a este programa se le añaden

ejercicios de pliometría y agilidad, aseguran estos autores que se mejorarían los patrones de activación muscular.

Por el contrario en un estudio realizado por Pfeiffer y cols. (2006) se comprobó que con la realización de un programa de pliometría de 20 minutos de duración que realizaban dos veces por semana durante toda una temporada no se consigue reducir el número de lesiones del LCA producidas sin contacto en chicas con edad correspondiente a la ESO.

Por otro lado, en un metaanálisis publicado por Yoo y cols. (2010) se ha concluido que la realización de programas neuromusculares son eficaces en la reducción de la lesión que ocupa este TFG. En esta investigación, los autores aseguran que la pliometría es junto con el trabajo de fuerza y de equilibrios fundamental para lograr el éxito en un programa preventivo.

#### 6.4 Trabajo propioceptivo.

En diferentes estudios se ha demostrado la eficacia de la propiocepción y del trabajo de equilibrio como herramienta para mejorar el LCA.

En un estudio realizado por Cooper y cols. (2005) se realizó una intervención en la que proponían en trabajo con diferente material (pelotas, discos propioceptivos, etc) y en el que realizaban equilibrios a una pierna, ejercicios con los ojos cerrados, etc. Estos ejercicios eran realizados por un mínimo de 20 segundos y perseguían la finalidad de mejorar la estabilidad de la articulación.

En una investigación realizada por Mandelbaum y cols. (2005) se ha afirmado que la propiocepción juega un papel fundamental en la prevención de lesiones. Estos autores aseguran además que el trabajo propioceptivo ayudará a alcanzar el funcionamiento motor óptimo. En este estudio se sostiene que un programa de entrenamiento propioceptivo puede tener un efecto beneficioso directo en la disminución del número de lesiones del LCA

Otros autores como Ladenhauf y cols. (2013), Campbell y cols. (2014) o Michaelidis & Koumantakis (2014) hacen referencia a la necesidad de incluir un programa de propiocepción en el trabajo multifacético de prevención de lesiones de LCA.

#### 6.5 Propuesta de programa de ejercicios.

Después de haber llevado a cabo esta revisión bibliográfica podemos afirmar que existen cantidad de programas de prevención e infinidad de métodos enfocados a la reducción de lesiones de LCA. Muchos de ellos como el llevado a cabo en el estudio realizado por White y cols. (2013), Porat y cols. (2007) o el de Lee y cols. (2007) entre

muchos otros, se decantan por realizar un programa multifacético de prevención, basado en la práctica de equilibrios, pliometría, propiocepción, trabajo del *core*, etc. Esto es al fin y al cabo lo que constituye un entrenamiento neuromuscular para la prevención de esta lesión y es este, el entrenamiento al que habitualmente se recurre a la hora de llevar a cabo una propuesta de programa, ya que como hemos dicho anteriormente aborda el ligamento y por consiguiente la extremidad inferior desde múltiples perspectivas; por lo tanto, podemos afirmar que el entrenamiento neuromuscular supone una útil herramienta de trabajo para tratar de prevenir esta lesión tan habitual en la actualidad de las personas que practican deporte.

Además desde hace unos años están muy en boga, ciertos tipos de ejercicio como herramienta para la prevención de lesiones en general, como son el entrenamiento del “centro” del cuerpo humano, (el conocido *core - training*), la propiocepción o la pliometría.

Teniendo en cuenta todas las posibilidades de trabajo y la gran variedad de métodos existentes que nos ofrece la bibliografía, hemos llevado a cabo una propuesta de diferentes ejercicios que siendo realizados de manera alterna 2-3 veces por semana (más en pretemporada que durante la temporada) contribuirían a mejorar diversos aspectos musculares, mecánicos y funcionales del ser humano logrando reducir el riesgo de lesiones de los sujetos y en este caso, las lesiones del LCA. Este programa de ejercicios (cuya fuente de obtención es propia, ya que las imágenes han sido realizadas y obtenidas por nosotros mismos), puede ser observado en el apartado de anexos. (Ver tablas 3 y 4).

## **7. CONCLUSIONES.**

A la vista de la revisión sistemática realizada en este trabajo queda confirmado que la prevención es una herramienta excelente para reducir el número de lesiones de LCA. Cantidad de autores sostienen que diversos programas (neuromusculares, fuerza, propiocepción, etc.) aportan grandes beneficios a la articulación de la rodilla.

Algunos de los estudios revisados afirman que un trabajo de prevención disminuye la incidencia de lesiones de LCA; sin embargo, no podemos afirmar qué tipo de programas son mejores, ya que existe heterogeneidad de opiniones en la bibliografía.

No hemos encontrado ningún estudio que hable de las contraindicaciones de realizar un programa de prevención, ni ninguna evidencia de que existan efectos adversos en el trabajo enfocado al LCA.

El programa de ejercicios que proponemos en el trabajo podría ser de gran ayuda para personas con alto riesgo lesional o incluso para la población en general.

## 8. BIBLIOGRAFÍA.

- (1) Álvarez, J. R., Silvarrey, F. J. L., Martínez, J. S., Melen, H. M., & Arce, J. C. L. (2008). Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). Revisión. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 8(29), 62-92.
- (2) Bieler, T., Aue Sobol, N., Andersen, L. L., Kiel, P., Løfholm, P., Aagaard, P., & Beyer, N. (2014). The effects of high-intensity versus low-intensity resistance training on leg extensor power and recovery of knee function after ACL-reconstruction. *BioMed Research International*, 1-11.
- (3) Bien, D. P. (2011). Rationale and implementation of anterior cruciate ligament injury prevention warm-up programs in female athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 271-285.
- (4) Blackburn, J. T., Norcross, M. F., Cannon, L. N., & Zinder, S. M. (2013). Hamstrings stiffness and landing biomechanics linked to anterior cruciate ligament loading. *Journal of Athletic Training*, 48(6), 764-772.
- (5) Brooks, J. H., Fuller, C. W., Kemp, S. P., & Reddin, D. B. (2008). An assessment of training volume in professional rugby union and its impact on the incidence, severity, and nature of match and training injuries. *Journal of Sports Sciences*, 26(8), 863-873.
- (6) Campbell, C. J., Carson, J. D., Diaconescu, E. D., Celebrini, R., Rizzardo, M. R., Godbout, V., ... & Cote, M. (2014). Canadian Academy of Sport and Exercise Medicine Position Statement: neuromuscular training programs can decrease anterior cruciate ligament injuries in youth soccer players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 24(3), 263-267.
- (7) Casáis, M. L., (2008). Revisió de les estratègies per a la prevenció de lesions des de l'activitat física. *Apunts Med Esport*, 57, 30-40.
- (8) Chmielewski, T. L., Hurd, W. J., Rudolph, K. S., Axe, M. J., & Snyder-Mackler, L. (2005). Perturbation training improves knee kinematics and reduces muscle co-contraction after complete unilateral anterior cruciate ligament rupture. *Physical Therapy*, 85(8), 740-749.
- (9) Cimino, F., Volk, B. S., & Setter, D. (2010). Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management, and prevention. *American Family Physician*, 82(8), 917-922.
- (10) Cooper, R. L., Taylor, N. F., & Feller, J. A. (2005). A randomised controlled trial of proprioceptive and balance training after surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Research in Sports Medicine*, 13(3), 217-230.
- (11) Darrow, C. J., Collins, C. L., Yard, E. E., & Comstock, R. D. (2009). Epidemiology of severe injuries among United States high school athletes 2005–2007. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(9), 1798-1805.

- (12) Dauty, M., Menu, P., & Dubois, C. (2010). Effects of running retraining after knee anterior cruciate ligament reconstruction. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 53(3), 150-161.
- (13) Della Villa, S., Boldrini, L., Ricci, M., Danelon, F., Snyder-Mackler, L., Nanni, G., & Roi, G. S. (2012). Clinical outcomes and return-to-sports participation of 50 soccer players after anterior cruciate ligament reconstruction through a sport-specific rehabilitation protocol. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 4(1), 17-24.
- (14) Fernández, F. M & Busto V, J.M., (2009).Prevención de lesiones deportivas. *Orthotips*.5(1), 93-105.
- (15) Ford, K. R., DiCesare, C. A., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2014). Real-Time Biofeedback to Target Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury: A Technical Report for Injury Prevention and Rehabilitation. *Journal of Sport Rehabilitation*, doi: <http://dx.doi.org/10.1123/jsr.2013-0138>
- (16) Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2003). Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(10), 1745-1750.
- (17) Fredericson, M., & Misra, A. K. (2007). Epidemiology and aetiology of marathon running injuries. *Sports Medicine*, 37(4-5), 437-439.
- (18) Freedman, K. B., D'Amato, M. J., Nedeff, D. D., Kaz, A., & Bach, B. R. (2003). Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction A Metaanalysis Comparing Patellar Tendon and Hamstring Tendon Autografts. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(1), 2-11.
- (19) Gehring, D., Melnyk, M., & Gollhofer, A. (2009). Gender and fatigue have influence on knee joint control strategies during landing. *Clinical Biomechanics*,24(1), 82-87.
- (20) Gerber, J. P., Marcus, R. L., Dibble, L. E., Greis, P. E., Burks, R. T., & LaStayo, P. C. (2009). Effects of early progressive eccentric exercise on muscle size and function after anterior cruciate ligament reconstruction: a 1-year follow-up study of a randomized clinical trial. *Physical Therapy*, 89(1), 51-59.
- (21) Grindstaff, T. L., Hammill, R. R., Tuzson, A. E., & Hertel, J. (2006). Neuromuscular control training programs and noncontact anterior cruciate ligament injury rates in female athletes: a numbers-needed-to-treat analysis. *Journal of athletic training*, 41(4): 450–456.
- (22) Hägglund, M., Waldén, M., Atroshi, I., Magnusson, H.&, Wagner, P., (2012). Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 344, e3042.
- (23) Hägglund, M., Waldén, M., & Atroshi, I. (2009). Preventing knee injuries in adolescent female football players—design of a cluster randomized controlled trial [NCT00894595]. *BioMed Central Musculoskeletal Disorders*, 10(1), 75.

- (24) Hernández, G. L., Hortigüela, L. F., Gutiérrez, J. L., & Forriol, F. (2011). Protocolo cinético en la rotura del ligamento cruzado anterior. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 55(1), 9-18.
- (25) Hewett, T. E., & Johnson, D. L. (2010). ACL prevention programs: fact or fiction. *Orthopedics*, 33(1), 36-39
- (26) Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2004). Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 86(8), 1601-1608.
- (27) Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Paterno, M. V., & Quatman, C. E. (2012). The 2012 ABJS Nicolas Andry Award: The sequence of prevention: a systematic approach to prevent anterior cruciate ligament injury. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 470(10), 2930-2940.
- (28) Imwalle, L. E., Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2009). Relationship between hip and knee kinematics in athletic women during cutting maneuvers: a possible link to noncontact anterior cruciate ligament injury and prevention. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*, 23(8), 2223-2230.
- (29) Joseph, A. M., Collins, C. L., Henke, N. M., Yard, E. E., Fields, S. K., & Comstock, R. D. (2013). A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. *Journal of Athletic Training*, 48(6), 810-817.
- (30) Kinikli, G. I., Yuksel, I., Baltaci, G., & Atay, O. A. (2014). The effect of progressive eccentric and concentric training on functional performance after autogenous hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled study. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 48(3), 283-289.
- (31) LaBella, C. R., Hennrikus, W., Hewett, T. E., Brenner, J. S., Brookes, M. A., Demorest, R. A., ... & Wells, L. (2014). Anterior cruciate ligament injuries: diagnosis, treatment, and prevention. *Pediatrics*, 133(5), e1437-e1450.
- (32) Ladenhauf, H. N., Graziano, J., & Marx, R. G. (2013). Anterior cruciate ligament prevention strategies: are they effective in young athletes—current concepts and review of literature. *Current Opinion in Pediatrics*, 25(1), 64-71.
- (33) Lee, J. C., Kim, J. Y., & Park, G. D. (2013). Effect of 12 Weeks of Accelerated Rehabilitation Exercise on Muscle Function of Patients with ACL Reconstruction of the Knee Joint. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(12), 1595-1599.
- (34) Lephart, S. M., Abt, J. P., Ferris, C. M., Sell, T. C., Nagai, T., Myers, J. B., & Irrgang, J. J. (2005). Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. *British Journal of Sports Medicine*, 39(12), 932-938.

- (35) Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., Garrett, W. (2005). Effectiveness of a Neuromuscular and Proprioceptive Training Program in Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes 2-Year Follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(7), 1003-1010.
- (36) Michaelidis, M., & Koumantakis, G. A. (2014). Effects of knee injury primary prevention programs on anterior cruciate ligament injury rates in female athletes in different sports: A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 15(3), 200-210.
- (37) Myer, G. D., Ford, K. R., Brent, J. L., & Hewett, T. E. (2007). Differential neuromuscular training effects on ACL injury risk factors in. *BioMed Central musculoskeletal disorders*, 8(1), 39-45.
- (38) Myer, G. D., Ford, K. R., Divine, J. G., Wall, E. J., Kahanov, L., & Hewett, T. E. (2009). Longitudinal assessment of noncontact anterior cruciate ligament injury risk factors during maturation in a female athlete: a case report. *Journal of Athletic Training*, 44(1), 101-109.
- (39) 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. *The American Journal of Sports Medicine*. 41(1), 203–215.
- (40) Navas, P. Z. (2005). Evaluación de la evidencia del tratamiento de las lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla. *Revista española de Cirugía Osteoarticular*, 40(222), 59-66.
- (41) 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), 449-455.
- (42) Otsuki, R., Kuramochi, R., & Fukubayashi, T. (2014). Effect of injury prevention training on knee mechanics in female adolescents during puberty. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(2), 149-156.
- (43) Peterson, L., Junge, A., Chomiak, J., Graf-Baumann, T., & Dvorak, J. (2000). Incidence of football injuries and complaints in different age groups and skill-level groups. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(suppl 5), 51-57.
- (44) Pfeiffer, R. P., Shea, K. G., Roberts, D., Grandstrand, S., & Bond, L. (2006). Lack of effect of a knee ligament injury prevention program on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 88(8), 1769-1774.
- (45) Risberg, M. A., Holm, I., Myklebust, G., & Engebretsen, L. (2007). Neuromuscular training versus strength training during first 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial. *Physical therapy*, 87(6), 737-750.

- (46) Sadoghi, P., von Keudell, A., & Vavken, P. (2012). Effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention training programs. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 94(9), 769-776.
- (47) Shimokochi, Y., & Shultz, S. J. (2008). Mechanisms of noncontact anterior cruciate ligament injury. *Journal of Athletic Training*, 43(4), 396-408.
- (48) Silvers, H. J., & Mandelbaum, B. R. (2007). Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 41(suppl 1), 52-59.
- (49) Small, K., Mc Naughton, L., & Matthews, M. (2008). A systematic review into the efficacy of static stretching as part of a warm-up for the prevention of exercise-related injury. *Research in Sports Medicine*, 16(3), 213-231.
- (50) Souissi, S., Wong, D. P., Dellal, A., Croisier, J. L., Ellouze, Z., & Chamari, K. (2011). Improving functional performance and muscle power 4-to-6 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(4), 655-664.
- (51) Swart, E., Redler, L., Fabricant, P. D., Mandelbaum, B. R., Ahmad, C. S., & Wang, Y. C. (2014). Prevention and Screening Programs for Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Athletes. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 96(9), 705-711.
- (52) Van Beijsterveldt, A. M., van de Port, I. G., Krist, M. R., Schmikli, S. L., Stubbe, J. H., Frederiks, J. E., & Backx, F. J. (2012). Effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players: a cluster-randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, doi:10.1136/bjsports-2012-091277.
- (53) Vescovi, J. D., & VanHeest, J. L. (2010). Effects of an anterior cruciate ligament injury prevention program on performance in adolescent female soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(3), 394-402.
- (54) Von Porat, A., Henriksson, M., Holmström, E., & Roos, E. M. (2007). Knee kinematics and kinetics in former soccer players with a 16-year-old ACL injury—the effects of twelve weeks of knee-specific training. *BioMed Central Musculoskeletal Disorders*, 8(1), 35-44.
- (55) White, K., Di Stasi, S. L., Smith, A. H., & Snyder-Mackler, L. (2013). Anterior cruciate ligament-specialized post-operative return-to-sports (ACL-SPORTS) training: a randomized control trial. *BioMed Central Musculoskeletal Disorders*, 14(1), 108-117.
- (56) Woods, K., Bishop, P., & Jones, E. (2007). Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Medicine*, 37(12), 1089-1099.
- (57) Wright, R. W. (2012). An Ounce of Prevention Beats a Pound of Reconstruction. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 94(9), 60.
- (58) 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.

## 9. ANEXOS

BASE DE DATOS	CAJA DE BÚSQUEDA	RESULTADOS OBTENIDOS	RESULTADOS VÁLIDOS
<b>PUBMED</b>	("anterior cruciate ligament"[MeSH Terms] AND (neuromuscular training Terms] AND ("loattrfree full text"[sb] AND ("last 10 years"[PDat]	53	13
	(("anterior cruciate ligament"[MeSH Terms] OR ("anterior"[All Fields] AND "cruciate"[All Fields] AND "ligament"[All Fields]) OR "anterior cruciate ligament"[All Fields]) AND ("proprioception"[MeSH Terms] OR "proprioception"[All Fields])) AND ("loattrfree full text"[sb] AND("last 10 years"[PDat] AND "humans"[MeSH Terms])	22	4
	("anterior cruciate ligament"[MeSH Terms] OR ("anterior"[All Fields] AND "cruciate"[All Fields] AND "ligament"[All Fields]) OR "anterior cruciate ligament"[All Fields]) AND strength[All Fields] AND ("loattrfree full text"[sb] AND ("last 10 years"[PDat] AND "humans"[MeSH Terms])	122	11
	("anterior cruciate ligament"[MeSH Terms] OR ("anterior"[All Fields] AND "cruciate"[All Fields] AND "ligament"[All Fields]) OR "anterior cruciate training"[All Fields] AND ("loattrfree full text"[sb] ("last 10 years"[PDat] AND "humans"[MeSH Terms])	108	13
	("prevention"[ AND ("anterior cruciate ligament"[MeSH Terms] OR All Fields]) All Fields] OR "acl"[All Fields])) AND ("last 10 years"[PDat] AND "humans"[MeSH Terms])	126	8

	(("Epidemiology"[Subheading] AND "acl"[All Fields])) AND ("loattrfree full text"[sb] AND ("last 10 years"[PDat] AND "humans"[MeSH Terms]))	139	5
	("plyometric exercise"[MeSH Terms] OR ("plyometric"[All Fields] AND "training"[All Fields]) OR "plyometric training"[All Fields]) AND ("anterior cruciate ligament" OR "acl"[All Fields]) AND (full text"[sb] AND ("last 10 years"[PDat]	5	2
<b>COCHRANE PLUS</b>	(Anterior cruciate ligament) and (prevention) periodo búsqueda 2005-2015	121	13
<b>SPORTDISCUS</b>	ACL prevention. Periodo de búsqueda 2010 - 2015	96	18
	Training programme AND ACL AND prevention.	36	9
<b>DIALNET</b>	Prevención de lesiones LCA.	9	1
<b>GOOGLE ACADÉMICO</b>	Programa de prevencion LCA propiocepción.	173	2
	Programa de prevencion LCA fuerza.	515	5

**Tabla 1.** Estrategia de búsqueda.

<b>FUENTES DE RIESGO DE SESGO</b>		<b>Bieler (2014)</b>	<b>Blackburn (2013)</b>	<b>Lee (2013)</b>	<b>Chmielewski (2005)</b>	<b>Cooper (2005)</b>	<b>Dauty (2009)</b>	<b>Della Villa (2012)</b>	<b>Ford (2014)</b>	<b>Gerber (2009)</b>	<b>Hägglund (2009)</b>	<b>Imwalle (2009)</b>	<b>Joseph (2007)</b>	<b>Kinikli (2014)</b>
A	¿Fue la aleatorización del estudio adecuada?	Si	No	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	No	Si	Si
B	¿Fue ocultada la asignación de la intervención del estudio a los sujetos?	No	No	No	No	Si	SI	No	Si	Si	Si	Si	No	Si
C	¿Fue la intervención asignada adecuadamente durante el estudio?													
	3. Durante la intervención, ¿estaba cegado el paciente?	Si	No	No	Si	Si	No	No	No	No	No	No	No	Si
	4. Durante la intervención, ¿estaba cegado el proveedor de información?	Si	No	No	--	Si	No	No	No	No	SI	No	No	No
	5. Durante la intervención, ¿estaba cegado el asesor de resultados?	Si	No	No	Si	Si	No	No	No	No	No	No	No	No
D	Los datos de los resultados fueron abordados adecuadamente?													
	6. ¿Fue la tasa de abandono descrita y aceptable?	Si	No	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	No	No	Si

	7. ¿Fueron los participantes analizados en el grupo en el que habían sido asignados?	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	--	Si
F	Otras fuentes de sesgo potencial:													
	8. ¿Los grupos iniciales se asemejan a los indicadores pronósticos más importantes?	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	--	Si
	9. ¿Fueron comparadas o evitadas las co- intervenciones?	Si	Si	Si	Si	Si	Si	SI	No	SI	No	Si	Si	Si
	10. ¿Fue la conformidad aceptable en todos los grupos?	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	SI	Si
	11. ¿Fue similar la temporalización de la evaluación de resultados en todos los grupos?	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Total.	10/11	5/11	5/11	8/11	10/11	8/11	5/11	6/11	8/11	8/11	6/11	4/11	9/11

**Tabla 2.** Riesgo de sesgo de los estudios incluidos.

**Tabla 2.1.** Primeros 13 estudios.

<b>FUENTES DE RIESGO DE SESGO</b>		<b>Lephart (2005)</b>	<b>Mandelbaum (2005)</b>	<b>Myer (2009)</b>	<b>Myer (2007)</b>	<b>Otsuky (2014)</b>	<b>Risberg (2015)</b>	<b>Souissi (2011)</b>	<b>Swart (2014)</b>	<b>Van Beijsterveldt (2012)</b>	<b>Vescovi (2009)</b>	<b>Porat (2007)</b>	<b>White (2013)</b>
A	1. Los criterios de elección fueron especificados	Si	Si	--	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si
B	2. La asignación fue oculta	Si	--	--	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si
C	¿Fue la intervención asignada adecuadamente durante el estudio?												
	3. Durante la intervención, ¿estaba cegado el paciente?	No	No	No	No	No	Si	No	No	No	No	Si	No
	4. Durante la intervención, ¿estaba cegado el proveedor de información?	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	No	Si	No
	5. Durante la intervención, ¿estaba cegado el asesor de resultados?	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Si
D	Los datos de los resultados fueron abordados adecuadamente:												
	6. ¿Fue la tasa de abandono descrita y aceptable?	Si	No	No	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	No

	7. ¿Fueron los participantes analizados en el grupo en el que habían sido asignados?	Si	Si										
F	Otras fuentes de sesgo potencial:												
	8. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	Si	Si	--	Si	Si							
	9. ¿Fueron comparadas o evitadas las co- intervenciones?	Si	Si	S	Si	Si	Si	SI	Si	SI	--	Si	Si
	10. ¿Fue la conformidad aceptable en todos los grupos?	Si	SI										
	11. ¿Fue similar la temporalización de la evaluación de resultados en todos los grupos?	Si	Si										
	Total.	8/11	6/11	4/11	7/11	6/11	9/11	9/11	5/11	8/11	7/11	10/11	8/11

Tabla 2.2. Segundos 12 estudios.

Realizarlos 3 veces por semana en pretemporada y 2 veces por semana durante la temporada. Los equilibrios a una pierna realizarlos primero con una pierna y luego con la otra. 3 repeticiones de cada ejercicio.

EJERCICIO	DESCRIPCIÓN
1	Equilibrio a una pierna (semiflexión de rodilla de la pierna apoyada). La pierna contraria en flexión de cadera.
2	Equilibrio a una pierna sobre un disco propioceptivo (semiflexión de rodilla de la pierna apoyada). La pierna contraria en flexión de cadera.
3	Equilibrio a una pierna (semiflexión de rodilla de la pierna apoyada). La pierna contraria en flexión de cadera y lo más elevada posible.
4	Guardando el equilibrio en el disco propioceptivo un compañero nos lanza un balón a ambos lados. Pierna libre en flexión y abducción de cadera.
5	Guardando el equilibrio en el disco propioceptivo un compañero nos lanza un balón a ambos lados. Pierna libre en abducción de cadera.
6	Equilibrio con las dos piernas sobre el disco propioceptivo.
7	Equilibrio a una pierna sobre el disco propioceptivo. Pierna libre en flexión de cadera y flexión de rodilla (90°).
8	Equilibrio con ambas piernas sobre el disco propioceptivo. Flexión de rodillas. Espalda apoyada en el <i>fitball</i> contra la pared.
9	Equilibrio a una pierna en el disco propioceptivo. Espalda apoyada en el <i>fitball</i> contra la pared. Pierna libre en flexión de cadera y flexión de rodilla.
10	<i>Lunge</i> frontal con las manos en la cadera.
11	<i>Lunge</i> frontal con las manos en la cadera. La pierna delantera apoyada sobre el disco propioceptivo.
12	<i>Lunge</i> frontal con las manos en la cadera. Pierna trasera apoyada sobre un banco sueco.
13	<i>Lunge</i> frontal con mancuernas a cada lado. Pierna trasera sobre un banco sueco.
14	<i>Lunge</i> frontal con mancuernas a cada lado. Pierna trasera sobre un banco sueco. Pierna delantera sobre el disco propioceptivo.
15	<i>Lunge</i> frontal con las manos en la cadera. Pierna atrasada apoyada sobre un pelota.
16	Equilibrio a una pierna sentados sobre un <i>fitball</i> . Pierna libre en flexión de cadera y ligera flexión de rodilla.
17	Equilibrio a una pierna sentados sobre un <i>fitball</i> . Pierna libre en flexión de cadera y ligera flexión de rodilla. El compañero nos lanza un balón a un lado y al otro.
18	Equilibrio con ambas piernas sobre el <i>fitball</i> apoyado contra la pared. Flexión de rodillas de 90°.
19	Equilibrio a una pierna sobre el <i>fitball</i> apoyado contra la pared. Flexión de rodillas de 90°. Pierna libre en flexión de cadera
20	Equilibrio a una pierna (semiflexionada). Pierna libre en extensión de cadera y flexión de rodilla. Brazos equilibrando al frente sujetando una pelota.
21	Equilibrio a una pierna con flexión de rodilla. Pierna libre con flexión de rodilla.
22	Equilibrio a una pierna con flexión de rodilla (en rotación externa). Pierna libre con flexión de rodilla.
23	Equilibrio a una pierna con flexión de rodilla (en rotación interna). Pierna libre con flexión de rodilla.

**Tabla 3.** Propuesta de programa de ejercicios: descripción.

**Tabla 3.1.** Ejercicios de propiocepción.

Realizarlos 3 veces por semana en pretemporada y 2 durante la temporada. Realizar los ejercicios con las dos extremidades. 3 repeticiones de cada ejercicio.

EJERCICIO	DESCRIPCIÓN
1	Sentados sobre una pelota equilibrio del cuerpo con flexión de rodillas.
2	En posición decúbito prono apoyo en el suelo con los antebrazos y las rodillas.
3	En decúbito prono apoyo en el suelo con los antebrazos y las punteras de los pies. Resto del cuerpo alineado.
4	En decúbito prono apoyo en el suelo con los antebrazos y la puntera de un pie. Pierna libre en extensión de cadera.
5	En decúbito prono apoyo en el suelo con los antebrazos y la puntera de un pie. Las manos sujetan una pelota. Pierna libre en extensión de cadera.
6	En decúbito prono. Apoyo en el suelo con una mano y el pie contrario. Brazo y piernas libres en flexión de hombro y extensión de cadera respectivamente.
7	En decúbito prono apoyo en el suelo con ambas manos sobre un balón y con una pierna. Pierna libre en extensión de cadera.
8	Apoyo lateral sobre el suelo apoyando el antebrazo de dicho lado y las rodillas (en semiflexión)
9	Apoyo lateral sobre el suelo con el antebrazo de dicho lado y los pies. Cuerpo alineado.
10	Apoyo lateral sobre el suelo con el antebrazo y la pierna de dicho lado. La pierna libre en abducción de cadera.
11	Apoyo lateral sobre el suelo con el antebrazo y la pierna de dicho lado. La pierna libre realiza movimientos de flexo-extensión de cadera.

**Tabla 3.2.** Ejercicios de *core training*.

Realizarlos 2 veces por semana. 3 repeticiones por ejercicio.

EJERCICIO	DESCRIPCIÓN
1	Saltos a una pierna adelante y atrás con ligera flexión de rodilla
2	Saltos a un lado y al otro con ligera flexión de rodilla.
3	Saltos a un lado y al otro superando un obstáculo (una valla pequeña).
4	Subida a plinto.
5	Subidos en el plinto, flexión de cadera con una pierna para dejarnos caer al suelo y saltar tras haber entrado en contacto con el mismo.
6	Subidos en el plinto, flexión de cadera con una pierna para dejarnos caer al suelo y saltar (superando una valla). tras haber entrado en contacto con el mismo.
7	Subidos en un banco sueco, flexión de cadera de una pierna para dejarnos caer con una sola pierna y a continuación salta.

**Tabla 3.3.** Ejercicios de *pliometría*.

Realizarlos 3 veces por semana. 3 repeticiones por ejercicio.

EJERCICIO	DESCRIPCIÓN
1	Sentados en el suelo contracción isométrica de la pierna contra una pelota colocada debajo de la rodilla.
2	Mantener la posición en decúbito supino y flexión de cadera de una pierna. Tobillera lastrada en la pierna libre.
3	Mantener la posición en decúbito supino. Flexión y abducción de cadera con una pierna. Tobillera lastrada en la pierna libre.
4	Mantener la posición en decúbito supino. Flexión y aducción de cadera con una pierna. Tobillera lastrada en la pierna libre.
5	En decúbito prono flexión de rodilla (una goma elástica sujeta a una espaldera dificultará el movimiento).
6	En decúbito supino con una pierna en flexión de cadera y ligera semiflexión de rodilla tratar de lograr la extensión de la pierna (una goma elástica que sujetaremos con nuestras mano dificultará el movimiento).
7	En decúbito supino con una pierna en flexión y aducción de cadera y ligera semiflexión de rodilla tratar de lograr la extensión de la pierna (una goma elástica que sujetaremos con nuestras mano dificultará el movimiento).
8	En la máquina de cuádriceps, extensión de rodilla con ambas piernas.
9	En la máquina de cuádriceps extensión de rodilla a una pierna. (Trabajar también a la vuelta del movimiento en excéntrico.).
10	En la máquina de isquiotibiales, flexión de rodilla con ambas piernas.
11	En la máquina de isquiotibiales, flexión de rodilla a una pierna. (Trabajar también en excéntrico).
12	Sentadillas con peso en la barra olímpica.
13	En la prensa de piernas, partiendo de flexión de rodilla, lograr la extensión con ambas piernas.
14	En la prensa de piernas, partiendo de flexión de rodilla, lograr la extensión con una pierna (trabajar también en excéntrico).

**Tabla 3.4.** Ejercicios de fuerza.

EJERCICIO	IMAGEN	EJERCICIO	IMAGEN
1		8	
2		9	
3		10	
4		11	
5		12	
6		13	
7		14	

15		20	
16		21	
17		22	
18		23	
19			

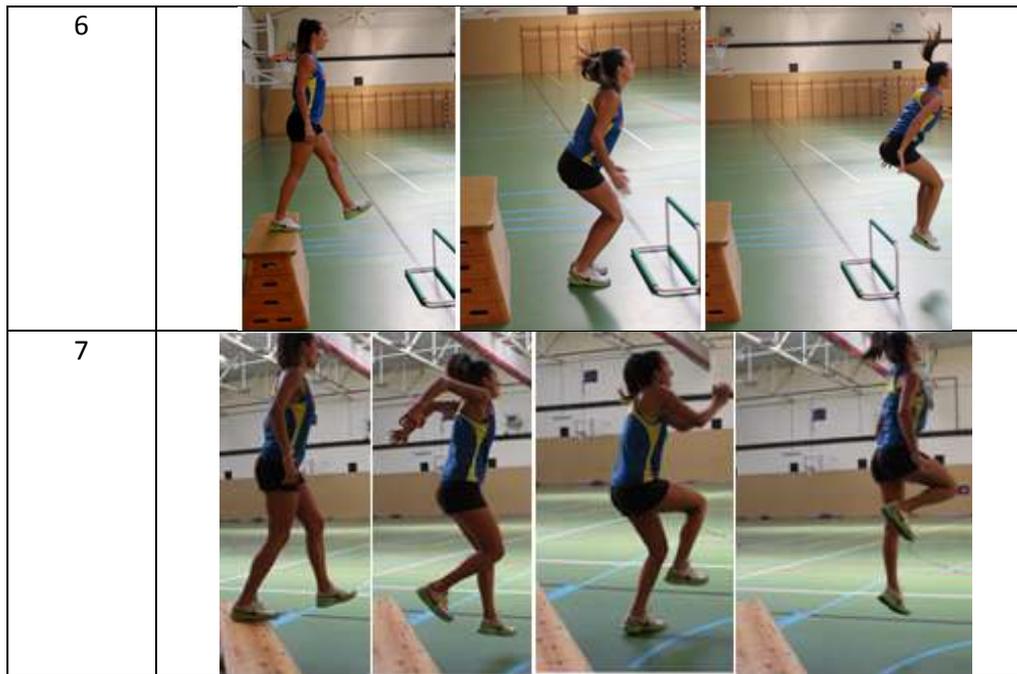
**Tabla 4.** Propuesta de programa de ejercicios: imágenes.

**Tabla 4.1.** Ejercicios de propiocepción.

EJERCICIO	IMAGEN	EJERCICIO	IMAGEN
1		7	
2		8	
3		9	
4		10	
5		11	
6		12	

Tabla 4.2. Ejercicios de core training.

EJERCICIO	IMAGEN
1	
2	
3	
4	
5	



**Tabla 4.3.** Ejercicios de pliometría.

EJERCICIO	IMAGEN	EJERCICIO	IMAGEN
1		8	
2		9	
3		10	
4		11	
5		12	
6		13	
7		14	

Tabla 4.4. Ejercicios de fuerza.