



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias de la Salud

Trabajo Fin de Grado

**Efectividad del tratamiento
neuromuscular y propioceptivo
en el Ligamento cruzado
anterior.**

Alumno: Fernández - Hidalgo, Ana Isabel

Tutor: Prof. D. Cruz-Díaz, David
Dpto: Ciencias de la Salud

Junio, 2016

ÍNDICE

1. Resumen

2. Abstract

3. Introducción

4. Materiales y métodos

4.1. Estrategia de búsqueda

4.1.1. Bases de datos y fuentes de información

4.1.2. Criterios de inclusión

4.1.3. Criterios de exclusión

4.2. Evaluación de la calidad metodológica

5. Resultados

5.1. Diseño de los estudios

5.1.1. Efecto de las perturbaciones y el fortalecimiento muscular como método rehabilitador a lesión del LCA

5.1.2. Efecto de programas neuromusculares como prevención a la lesión del LCA

5.1.3. Efecto de un tratamiento de rehabilitación convencional y un tratamiento mediante Nintendo Wii

5.1.4. Efecto del uso de la radiofrecuencia en la recuperación del LCA

6. Discusión

7. Conclusión

8. Tablas y figuras

Tabla 1. Resultados de la búsqueda bibliográfica

Tabla 2. Calidad metodológica según escala PEDro y Validez Interna

Tabla 3. Descripción de los artículos incluidos

Figura 1. Diagrama de flujo

9. Bibliografía

1. RESUMEN

- **Objetivo:** el propósito de esta revisión sistemática fue analizar la efectividad del tratamiento neuromuscular y propioceptivo ante la recuperación de la lesión del LCA tras una intervención quirúrgica y los métodos preventivos para evitar la lesión.
- **Métodos:** se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Pubmed, Pedro y Cochrane. Fueron incluidos ensayos clínicos aleatorizados que utilizaban como técnica de intervención cualquier tipo de entrenamiento propioceptivo y neuromuscular en pacientes con o sin lesión del LCA. Se seleccionaron artículos publicados entre 2011 y el 2016 en lengua española e inglesa.
- **Resultados:** fueron hallados 658 artículos, de los cuales solo 8 cumplieron finalmente los criterios de inclusión. En ellos se analizaban la efectividad de dichos tratamientos y la reducción del número de lesiones.
- **Conclusión:** existe evidencia moderada que apoya la intervención mediante métodos neuromusculares y propioceptivos para la prevención y el tratamiento de la lesión del LCA, reduciendo recidivas y los periodos postquirúrgico además de reducir el riesgo de nuevas lesiones. Se necesitan más estudios de alta calidad para determinar claramente los efectos, las mejoras y los periodos óptimos de tratamiento.

Palabras claves: Propiocepción, Ligamento cruzado anterior (LCA), neuromuscular, prevención, rehabilitación.

2. ABSTRACT

- **Objective:** The purpose of this systematic review was to examine the effectiveness of proprioceptive neuromuscular and treatment to the recovery of ACL injury after surgery and preventive methods to avoid injury.
- **Methods:** We conducted a literature search in Pubmed, Pedro and Cochrane data. We included randomized clinical trials using as an intervention technique any kind of proprioceptive neuromuscular training and in patients with or without ACL injury. Articles published between 2011 and 2016 in Spanish and English were selected.
- **Results:** 658 articles were found, of which only 8 finally met all inclusion criteria. In them the effectiveness of such treatments and reducing the number of lesions analyzed.
- **Conclusion:** There is moderate evidence supporting intervention by proprioceptive neuromuscular and methods for the prevention and treatment of ACL injury, reducing recurrence and postoperative periods in addition to reducing the risk of further injury. Further studies of high methodological quality are necessary to clearly determine the effects, improvements and optimal treatment periods.

Keywords: Proprioception, Anterior cruciate ligament (ACL), neuromuscular, prevention, rehabilitation.

3. INTRODUCCIÓN

El ligamento cruzado anterior (LCA-ACL), es una estructura intraarticular, con una disposición postero anterior. Se origina en el cóndilo femoral externo y se inserta a nivel antero-medial en la espina ínter-tibial medial. Su función principal es limitar la traslación anterior de la tibia sobre el fémur, pero contribuye, además a la estabilización en varo o valgo excesivo y limita la hiperextensión¹. Las fibras anteromediales están tensas en flexión mientras que las fibras posterolaterales lo está en extensión². El LCA está innervado por una rama posterior del nervio tibial³.



Figura 1. Recorrido e inserciones del LCA.

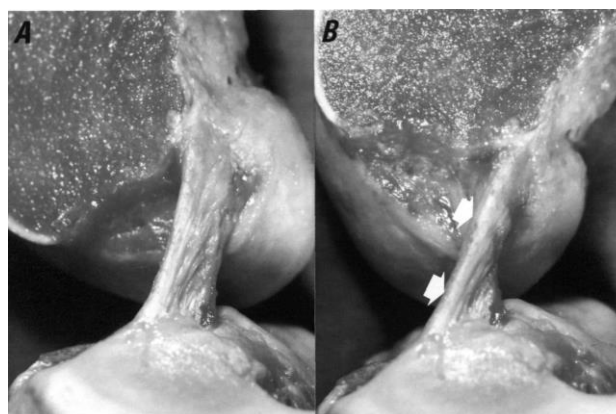


Figura 2. Visión medial de la rodilla eliminado el cóndilo femoral medial. LCA en extensión de rodilla (a) LCA en flexión de rodilla (b) con fascículo anteromedial tenso.

Sus músculos sobre la articulación tienen el potencial para generar fuerzas tensiles sobre el LCA, y a su vez, por el contrario, minimizar la carga mecánica sobre el mismo. Son cuatro los músculos cuya función es importante en el LCA. El cuádriceps, genera una fuerza cizallante anterior de la tibia sobre el fémur durante la extensión completa y una gran tensión sobre el LCA entre los 20°-60° de flexión. Los gastrocnemios producen un empuje anterior de la tibia durante la contracción activa del músculo o el estiramiento pasivo por la relación del tendón con el aspecto posterior de la tibia. Ambos se consideran antagonistas del LCA. Los isquiotibiales a su vez, durante la flexión, genera una fuerza cizallante posterior de la tibia sobre el fémur. A mayor flexión, mayor es la fuerza generada. Disminuye las fuerzas sobre el LCA entre 15°-60° de flexión de rodilla. El sóleo también durante la cadena cinética cerrada con el pie apoyado en el suelo, puede provocar una traslación posterior de la tibia. Son estos dos músculos los considerados agonistas del LCA⁴.

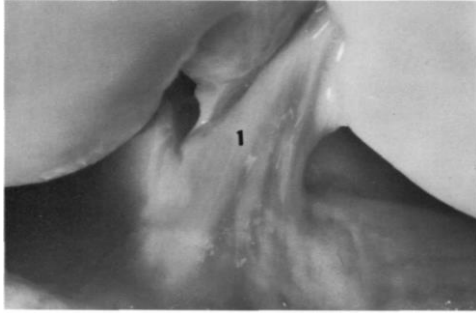


Figura 3. Fotografía macroscópica del LCA (1) mostrando su estructura espiral y multifascicular.

- **EPIDEMIOLOGÍA**

La rotura del LCA es una de las lesiones más frecuentes de rodilla, siendo mayor en la actividad deportiva en comparación con la vida normal, con una incidencia del 60-70% de las lesiones ligamentosas de rodilla⁵. Son las lesiones por no contacto las que mayor prevalencia tienen⁶. Prácticamente dos tercios de estas lesiones corresponden al origen deportivo, es decir, hasta un 75%⁷, afectando mayormente a la población más joven y activa con una prevalencia alta del 3/10,000 habitantes y año⁸. Esta incidencia es mayor en los deportes de contacto y en aquellos que suponen giros de rodilla, originándose en un 78%, como en el fútbol, baloncesto o esquí⁸. Las personas que ya presentan alguna deficiencia en el LCA están más predispuestos a sufrir lesiones e incluso la aparición de signos degenerativos tempranos⁹.

Esta lesión se define como la ruptura o estiramiento excesivo del ligamento cruzado anterior (LCA) de la rodilla. La ruptura puede ser total o parcial producida mediante contacto directo o indirecto. Las lesiones de LCA se consideran esguinces y se pueden clasificar según una escala de severidad¹⁰:

- Tiempo: se consideran lesiones agudas aquellas por debajo de las cuatro semanas y las crónicas son aquellas que presenta cuatro semanas o más¹¹.

- **Esguinces grado 1.** El ligamento es dañado levemente en un esguince grado 1. Se ha estirado ligeramente, pero aún es capaz de ayudar a mantener estable la articulación de la rodilla. Hay cierto desgarramiento de las fibras del ligamento con poca o ninguna inestabilidad articular y dolor leve o discreto, ligera tumefacción y rigidez articular

- **Esguinces grado 2.** Un esguince grado 2 estira el ligamento al punto donde queda suelto. Con frecuencia se lo llama un desgarramiento parcial del ligamento. Hay cierto desgarramiento o rotura parcial

con inestabilidad moderada de la articulación y dolor moderado-intenso, tumefacción y rigidez articular.

- Esguinces grado 3. A este tipo de esguince más comúnmente se lo llama un desgarro completo del ligamento. El ligamento ha sido dividido en dos pedazos y la articulación de la rodilla es inestable. Presenta también impotencia funcional absoluta a la movilización. Impide la carga e inicialmente dolor intenso, seguido de poco o ningún dolor, tumefacción y edema significativo.

Los desgarros parciales del ligamento cruzado anterior son raros; la mayoría de las lesiones del LCA son desgarros completos o casi completos.

Su ruptura supone una lesión articular que puede afectar significativamente el nivel de actividad del paciente y su calidad de vida. Las rupturas completas del LCA pueden inducir muchos problemas crónicos en la rodilla, incluyendo inestabilidad, lesiones meniscales y de la superficie cartilaginosa y osteoartritis¹². Dos tercios de los pacientes con ruptura completa del LCA tienen inestabilidad crónica de la rodilla y daño secundario de los meniscos y/o del cartílago articular¹².

La prevalencia de esta lesión es mucho mayor en las mujeres, siendo de 1,4 a 9,5 veces más probables^{13, 14}, y aquellas que son atletas tienen una mayor incidencia de lesiones de LCA sin contacto¹⁵. Con respecto al deporte, el riesgo de lesión es de tres a cinco veces mayor en los partidos respecto a los entrenamientos.

La decisión sobre el tratamiento quirúrgico o conservador depende de diferentes variables. Son fundamentales el grado de inestabilidad y limitación funcional de la rodilla. También son importantes, la presencia de lesiones asociadas, la edad y las circunstancias sociales, familiares y económicas del paciente. Para llevar a cabo un tratamiento quirúrgico se establecieron unas indicaciones: 1) atleta activo que desea continuar en alto nivel competitivo, 2) pacientes que presentan lesión de menisco reparable acompañado de lesión del LCA, 3) lesión completa con otro ligamento lesionado y 4) pacientes que experimenten gran inestabilidad en actividades de la vida diaria¹⁶. El éxito en el tratamiento quirúrgico depende de variables como las propiamente quirúrgicas (técnica quirúrgica, tipo de injerto seleccionado, tensión o fijación aplicada al injerto), y las que se derivan del proceso de rehabilitación¹⁷.

La vuelta a la actividad física debe ser segura, principalmente en pacientes con actividades deportivas extenuantes o del alto impacto. Para garantizar esta seguridad es importante tener en cuenta ciertos criterios mínimos^{18,19,20,21}: estabilidad funcional estática y dinámica de la rodilla, control de las lesiones asociadas si las hubiera, ausencia de dolor e inflamación, arco de

movilidad completo, suficiencia en la fuerza y desempeño muscular, equilibrio funcional y aspectos psicológicos y sociales.

La alta prevalencia de lesión, juntos con el coste que supone a la salud pública ha hecho que se realicen estudios para garantizar el mejor enfoque terapéutico²².

- **MECANISMO DE LESIÓN Y ETIOLOGÍA**

Son diversas las teorías que explican el mecanismo de acción por el que se rompe el ligamento cruzado anterior (LCA); sin embargo, la causa no está bien definida aún, por lo que el análisis biomecánico de la lesión ha comenzado a despertar interés²³.

Las lesiones del LCA se clasifican en indirectas o sin contacto y directas o por contacto. Los mecanismos más frecuentes son aquellos que se producen sin contacto sobre la rodilla donde un número de estudios han encontrado que son producidas en 70-75%^{24,25}; mediante la rotación del fémur sobre una tibia fija (pie apoyado) durante un movimiento de valgo excesivo o forzado (pivote). Son también acciones como desaceleraciones bruscas con la rodilla en hiperextensión, aislada o combinada con rotación interna de la tibia^{24,26}. Últimamente se han observado lesiones del LCA durante la flexión forzada de rodilla, por lo que puede considerarse como un tercer mecanismo lesional que cuando se produce en conjunto con el valgo forzado de rodilla y la rotación externa de tibia da lugar a la lesión de otras estructuras intraarticulares de forma habitual que son el Ligamento colateral interno, el Menisco interno y el Ligamento Cruzado Anterior, lo que se conoce como “Triada maligna de O’Donogue”²⁷.

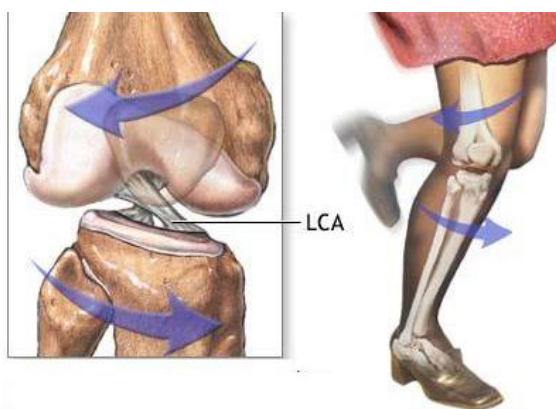


Figura 3. Mecanismo lesional LCA

Las lesiones por contacto se suelen producir en lesiones deportivas o accidentes de tráfico con fuerzas que actúan directamente en la extremidad afectada. Es importante saber que a la hora de evaluar el mecanismo de acción se establecen diferencias entre varones y mujeres. En un 35% adicional la lesión de LCA está asociada a lesión de otros ligamentos, con mayor frecuencia a la del ligamento colateral medial²⁸. Además, las rodillas con lesiones del LCA agudas deben ser evaluados siempre por desgarros de menisco ya que estos se identifican en aproximadamente el 50% de los casos²⁹. La

ruptura de meniscos laterales son más frecuentes en los casos agudos, mientras que los desgarros de menisco medial se asocian con deficiencias del LCA crónico³⁰.

Uno de los principales problemas en relación con el retorno a las actividades deportivas y el ejercicio físico tras la lesión del ligamento cruzado anterior, representa un 13% ³¹ en la incidencia de recaídas o re lesión del ligamento y/o estructuras adyacentes (menisco, cartílago u otros ligamentos)³².

Algunos autores sugieren que el grado de disfunción de la rodilla y la incapacidad funcional depende del nivel de bienestar físico, de la actividad y el grado de laxitud de la rodilla después de la lesión³³. Así mismo, la LCA implica un riesgo significativo de desarrollar osteoartritis, sin importar el tratamiento utilizado³⁴ y que los marcadores bioquímicos no vuelven a su nivel óptimo de normalidad hasta varios años después³⁵.

La Universidad de Delaware tiene identificados 2 subgrupos de pacientes lesionados que parecen responder de manera diferente a la lesión del LCA aguda y con diferentes capacidades funcionales tempranas después de la lesión. Un subgrupo más grande de sujetos lesionados, descritos como *non copers*, son aquellos que no pueden regresar a las actividades deportivas de alto nivel sin antes una modificación de la actividad o someterse a reconstrucción quirúrgica tras la lesión. A la inversa, un pequeño subgrupo conocido como *copers* potenciales son capaces de volver a los niveles de actividad previo a la lesión después de participar en un buen programa de rehabilitación³⁶.

- **FACTORES DE RIESGO**

Son muchos los factores que intervienen en la lesión del LCA y varios estudios los han podido clasificar en ambientales, anatómicos, hormonales y mecánicos. Conocerlos puede establecer estrategias de prevención²³. La importancia de conocer el mecanismo de acción se centra en buscar estrategias preventivas mediante entrenamiento propioceptivo o neuromuscular que eviten la lesión en personas con factores de riesgo para establecer las pautas de tratamiento y pronóstico adecuadas^{37, 38, 39,40}.

- Ambientales: Existe evidencia de una relación directa entre la fricción que genera la superficie en que se practica un deporte y las lesiones del LCA sin contacto. La elevada fricción entre los materiales, condiciones meteorológicas y el diseño de las suelas (calzado)⁴¹ incrementa el riesgo de lesión. Aún así sigue sin existir evidencia suficiente de que incrementen la incidencia de las lesiones sin contacto en mujeres⁴².

- Anatómicos: La diferencia anatómica entre los hombres y mujeres es muy relevante a la hora de la lesión del LCA.

- ❑ Surco intercondíleo: Se estudió el ancho de la escotadura intercondílea en mujeres, siendo diferente tanto en ancho como en forma, se encontró menores dimensiones que en hombres. Otros estudios también mostraron que hay diferencia en el ancho intercondileo en función si hay lesión bilateral o unilateral⁴³. Estudios previos nos indicaron que las estructuras de género y anatómicas, tales como la anchura de la muesca intercondilar estaban asociados con una lesión del LCA⁴⁴. Sin embargo, es imposible cambiar el género y es difícil modificar la estructura anatómica para la prevención de lesiones.
- ❑ Tamaño de LCA: Las dimensiones del LCA son las siguientes: 25-38 mm de longitud, 7-12 mm de anchura y 4-7 mm de grosor⁴⁵. Encontraron que el área transversal del LCA es significativamente mayor en hombres, lo que sugiere que un menor diámetro del LCA en mujeres puede ser un factor de riesgo para ruptura⁴⁶.
- ❑ Ángulo Q: El ángulo Q, cuyo valor normal es de 8 a 17°, es consistentemente mayor en las mujeres⁴⁷. El ángulo Q es una medida de alineamiento entre la cadera y la rodilla. Un mayor ángulo en la mujer debido a que su pelvis es más ancha y el fémur más corto hace que aumente el estrés medial sobre los ligamentos de la rodilla, siendo más vulnerable hacia adentro en los torques cuando pivotea, para o después de un salto. La población de atletas con lesión del LCA tiene un ángulo Q aumentado en relación con los atletas no lesionados¹⁵.
- ❑ Alineación de la extremidad inferior: El ángulo formado entre el tendón rotuliano y la diáfisis de la tibia afecta directamente la fuerza de cizallamiento aplicada en la tibia por el tendón de los cuádriceps. Se encontró diferencias significativas en el ángulo entre el tendón rotuliano y la diáfisis de la tibia en un grupo de mujeres y hombres que practicaban deporte a nivel colegial, identificándose como factor de riesgo para lesiones de LCA⁴⁸.
- ❑ Laxitud articular: La laxitud articular ha sido descrita como la combinación de la hipermovilidad de la articulación y la flexibilidad musculoesquelética⁴⁹. Realizando estudios de EMG se determinó que el orden de reclutamiento muscular para la estabilización de la rodilla varía entre los géneros. En el hombre este proceso se empieza desde los isquiotibiales⁵⁰ y termina en los cuádriceps y en la mujer es lo contrario, que se ha podido demostrar que la mujer presenta mayor laxitud que el hombre⁵¹ lo cual

indica una menor posibilidad de estabilización intraarticular que afecta más al LCA y a su lesión.

- ❑ **Fuerza muscular:** Se ha demostrado que las mujeres atletas tienen más débiles los cuádriceps y los isquiotibiales más que los hombres¹⁵, incluso con correcciones en el peso corporal. La traslación de la tibia hacia delante con respecto al fémur puede ser reducida considerablemente mediante contracciones máximas de los músculos de la rodilla⁴³ pero el hecho de que tengan mayor debilidad la musculatura como en el caso de las mujeres que además tienen menor capacidad de carga y son sometidos a mayores tensiones⁴³ hace que las mujeres sean las más afectadas. Las estrategias de reclutamiento muscular también pueden ser un indicador de por qué las mujeres sufren más lesiones de LCA sin contacto que los hombres^{52, 53, 54,55}, y apunta fuertemente a la importancia de las contribuciones músculo-tendón en el mantenimiento de la estabilidad de la articulación de la rodilla y su integridad. Por lo tanto, si por cualquier razón el disparo del patrón y la magnitud de la carga por la cual el músculo tira de los huesos de la rodilla no son adecuadas, entonces la LCA luego tendrá que tomar el peso de la carga y podrán romperse.

En estudios in vivo⁵⁶ han llegado a la conclusión de que las lesiones aumentan si hay un aumento en la actividad relativa de los cuádriceps con respecto a la actividad de los músculos isquiotibiales. McConkey⁵⁷ son los primeros en describir la fuerza intrínseca de la contracción excéntrica de los cuádriceps como la fuerza responsable de la lesión del LCA. Los cuádriceps tiran del sistema esquelético de la pierna hacia delante mientras que los isquiotibiales lo hacen hacia atrás. Cuando la potencia de empuje está fuera de balance las rodillas sufren y afectan a su estabilización en determinados rangos de flexión de rodilla.

- Hormonales: Se ha propuesto que las mujeres durante un cierto tiempo en el periodo menstrual son más vulnerables a sufrir lesiones del LCA⁵⁸. La evidencia de los efectos de las hormonas sexuales en el tejido conectivo es limitada y los resultados de algunos estudios son inconsistentes. Algunos estudios han mostrado que las hormonas sexuales pueden afectar al ligamento, tanto los estrógenos como la progesterona⁵⁹. Estas hormonas podrían alterar las propiedades mecánicas y la composición del LCA, disminuyendo o desorganizando la síntesis de fibras de colágeno que afectaría a su flexibilidad y haciéndolo más débil⁶⁰. La mujer experimenta cuatro veces más que el número esperado de lesiones en la rodilla durante la ovulación cuando los niveles de estrógeno están más altos. El estrógeno que surge dentro del ciclo menstrual reduce el proceso que estabiliza y fortalece las fibras del LCA en un 40%⁶⁰, incluso disminuye

habilidades motoras finas⁶¹, lo que hace que esta disminución de protección neuromuscular afecte a la articulación. Un 30% de las lesiones en mujeres ocurren durante los 5 días de ovulación mientras que más de un 50% se reduce por productos farmacológicos⁶².

- **Biomecánicos:** La fatiga muscular y realizar ejercicios de correr y detenerse de forma rápida se ha demostrado también que existe un retraso en la activación del cuádriceps y de los isquiotibiales, provocando mayores momentos de flexión y valgo en las rodillas (estudios mediante análisis observacionales de videos se pudo ver que la mayor parte de estas lesiones además de ser causadas por mecanismos sin contacto, es la dinámica de la rodilla en valgo, la que supone mayor riesgo de lesión⁶³, incrementando el estrés del LCA^{12,64}. Otros estudios biomecánicos también sugirieron que el hallux rodilla tiene un riesgo de lesión debido al par aplicado a la articulación de la rodilla⁶⁵. Además un control neuromuscular alterado, estrategias y patrones de movimiento y la coordinación y la habilidad en el juego son puntos importantes. En las mujeres existe una gran preocupación sobre el colapso hacia adentro significativo de la rodilla que ocurre comúnmente en el aterrizaje de un salto o al cambiar dirección⁶⁶. Esto a menudo se contribuyó a la falta de control del motor y un nivel general de fuerza menor con respecto al hombre.

• DIAGNÓSTICO

Es esencial realizar un diagnóstico específico para diseñar un buen programa de rehabilitación. La mayoría de las lesiones del LCA pueden ser diagnosticadas con la historia completa y un examen físico^{67, 68, 69}.

El diagnóstico de esta lesión se realiza primeramente por anamnesis, interrogando sobre el mecanismo lesional. Posteriormente, en la exploración clínica valoraremos la inestabilidad articular y junto al derrame articular, nos permitirá la sospecha clínica. Finalmente, utilizando los métodos de diagnóstico por imagen, principalmente la Resonancia Magnética (RM) siendo la más utilizada, confirmaremos el diagnóstico⁷⁰.

Los pacientes suelen referir que tiene dolor significativo, al oír un "chasquido", experimentando la inestabilidad con la actividad deportiva, y que tiene inflamación articular aguda después de una súbita desaceleración, hiperextensión, o torsión mediante un movimiento de la rodilla^{71,72,73}, siendo incapaz de continuar activo y describen lo que sintieron como que la rodilla "se salió de su lugar"^{74,75}. Es importante que en el momento de la consulta se pregunte por episodios previos similares de menor o igual sintomatología que pudieron ser diagnosticados como 'esguinces' de los cuales el paciente 'ya se había recuperado'. Esta deficiencia de LCA crónica de inestabilidad (pandeo o dando paso) e hinchazón intermitente o

una sensación de bloqueo que puede ser secundaria aun asociado lesión meniscal es importante⁷¹. Saber también si han sido intervenidos quirúrgicamente por lesiones de los meniscos, y en dicho procedimiento pasó inadvertida la lesión del LCA.

La maniobra exploratoria de Lachman, tiene una sensibilidad del 85% y una especificidad del 94%⁷⁶ que validó un negativo como la prueba más útil para descartar una lesión aguda del LCA, mientras que un desplazamiento del pivote positiva es útil para descartarlo. Con menor sensibilidad diagnóstica disponemos de las maniobras del cajón anterior con un 55% y el pivot shift de un 24% ⁷⁶. Su especificidad es para el cajón anterior de un 92% y un 98% para el pivot shift⁷⁶.

La Resonancia magnética de formación de imágenes es una prueba exacta no invasiva para el diagnóstico del desgarro del LCA, incluso para la presencia de edema grave⁷⁷. Su sensibilidad de 94% y especificidad del 98-100% diagnóstica (demostradas en una amplia variedad de estudios), se considera el método de elección para confirmar la lesión⁷⁸.

Otras herramientas clínicas que pueden ser utilizadas para evaluar a los individuos con lesión del LCA son la artrometría ligamentosa (mide objetivamente la traslación anterior de la tibia y permite compararla con la no lesionada). Las pruebas funcionales tales como el lúpulo a una sola pierna (es decir, para saltar a cierta distancia, sincronización de saltos, salto vertical...) son más indicativos para la función dinámica de la rodilla. Esta batería de pruebas ha demostrado buena fiabilidad y reproducibilidad y se utiliza con frecuencia como criterios para la vuelta deportiva después de una lesión o reconstrucción^{50, 79}.

• TRATAMIENTO

El tratamiento de rehabilitación del LCA se debe llevar a cabo en función de la elección del tratamiento utilizado, ya sea conservador o quirúrgico.

La rehabilitación pre y post quirúrgica o preventiva a la lesión del ligamento tiene como objetivo mejorar el nivel funcional de la persona y evitar en el caso de lesión las recaídas. Para ello es importante, eliminar la inestabilidad, recuperar la movilidad junto con la fuerza muscular y restaurar o superar la condición física previa.

Tratamiento quirúrgico

La mayoría de cirujanos recomiendan la reconstrucción en aquellos pacientes que presentan rotura completa del ligamento cruzado anterior asociados a inestabilidad de rodilla⁸⁰.

El indicador más importante para elegir el tratamiento quirúrgico del LCA es el nivel de práctica deportiva que lleva a cabo el paciente, siendo aquellos deportes con giros y cambios de dirección los más susceptibles a someterse a una reconstrucción y así recuperar el nivel de actividad adecuado⁸¹, mientras que aquellos pacientes que no practican deporte de estas características o no presentan un buen nivel físico se excluyen de un tratamiento quirúrgico. La edad también influye en determinados casos, siendo más recomendable la intervención en adultos que en niños, al menos hasta superar su periodo de crecimiento⁸².

Hay dos tipos de operaciones para reconstruir el LCA, el injerto hueso-tendón-hueso (H-T-H) y el auto-injerto del tendón de los isquiotibiales (ST-RI). Un estudio del 2011⁸³ mostró que no había diferencias propioceptivas significativas a los 3, 6 y 12 meses después de la cirugía entre ambos tipos de reconstrucción, sin embargo, otro estudio del mismo año⁸⁴ demostró que la artroscopia con tendón del isquiotibial da mejores resultados en satisfacción, síntomas, nivel de actividad, función y estabilidad.

Aun así sigue existiendo dudas ante la elección del tipo de cirugía, especialmente en el ST-RI, ya que el semitendinoso forma parte del grupo isquiotibial agonista del LCA por lo que su cirugía puede suponer mayor riesgo de lesión recurrente tras disminuir la fuerza de traslación hacia posterior de la tibia⁸⁵. También la elección entre aloinjerto y auto injerto, por las características de este primero (esterilización, costes, reacciones inmunes...) suele ser el menos utilizado⁸⁶.

Según Meuffels D et al.⁸², recomienda realizar la reconstrucción en un periodo post-lesional entre la 4-8 semana sin signos inflamatorios, sin dolor y con un balance articular completo. Sin embargo es importante no dejar demasiado tiempo entre la lesión y la cirugía ya que aumenta el daño del cartílago y el menisco.

Farshad M et al⁸⁰ afirma que el tratamiento quirúrgico de las rupturas del LCA es menos rentable que el tratamiento conservador debido al periodo de hospitalización que se requiere tras la cirugía.

Tratamiento conservador

Dentro del tratamiento conservador es muy importante trabajar la estabilidad y la propiocepción para así mejorar la posición, la función articular, la fuerza muscular y la reincorporación a la vida cotidiana, así como la actividad deportiva. Siempre que el tratamiento conservador falle, es decir, se mantenga el dolor y la inestabilidad de rodilla, se recomienda la reconstrucción⁸².

Actualmente hay evidencia científica sobre la prevención del LCA⁸⁷. Se sugiere que el efecto protector de los tratamientos preventivos, pueden ser el resultado de adaptaciones periféricas (fortalecimiento muscular), adaptaciones centrales (reprogramación motora) o ambas

(aprendizaje motor)⁸⁸. La evidencia más clara se obtiene cuando se aplica un tratamiento que incluya⁸⁹:

1. Entrenamiento neuromuscular con propiocepción y equilibrio, conciencia de los mecanismos biomecánicos implicados en la lesión y educación del gesto deportivo.
2. Estiramientos
3. Ejercicios de control de tronco
4. Fuerza, pliometría y acondicionamiento aeróbico

Todos estos factores están relacionados con la mejora del sistema músculo-esquelético y del SNC. El tratamiento pre y post quirúrgico cumple con los mismo objetivos anteriores mencionados⁸².

**Fase pre quirúrgica*

El objetivo principal de esta fase es controlar la inflamación, eliminar el dolor y conservar la amplitud y fuerza muscular. Para la inflamación y el dolor se utilizan los AINES y la crioterapia. Un estudio realizado por Koyonos et al. Se demostró que los pacientes que habían recibido crioterapia pre operatoria durante 30 a 90 minutos, padecían menos dolor y necesitaron de menos analgésicos a nivel post operatorio^{70, 90}.

Es importante posteriormente comenzar a movilizar la extremidad para conservar la amplitud. Debemos evitar la pérdida de masa muscular y fuerza trabajando los cuádriceps mediante isométricos para evitar la tensión excesiva y no producir así el cajón anterior.

En esta fase el paciente debe evitar las actividades de alto impacto o mecanismos de pivote⁷⁰.

** Fase post quirúrgica I*

Esta fase tiene lugar entre las 2-4 semanas posteriores a la reconstrucción. Su objetivo es completar la extensión de rodilla y recuperar el control muscular. Se debe de seguir manteniendo los ejercicios de la fase anterior. Para la recuperación de la amplitud articular se debe realizar movilizaciones tempranas siempre que no esté contraindicado mediante una combinación de ejercicios pasivos y activos progresivamente. Lo más importante es conseguir la extensión de la rodilla completa sin hiperextensión y conseguir 90º de flexión en los primeros 15 días. Según Thomson et al.⁹¹, el uso de muletas debe ser sólo durante la 1 semana, mientras que otros como Tyler et al.⁹², tras un estudio experimental con varias personas recién operadas,

llegó a la conclusión que el apoyo antes o después no influye. Se debe trabajar la propiocepción en descarga.

** Fase post quirúrgica II*

Fase durante la semana 6-10. Los objetivos además de los anteriores, se debe fortalecer la musculatura, recuperar la propiocepción y trabajar el patrón de marcha.

Se debe evitar los movimientos con traslación en el plano sagital en esta fase ya que puede afectar la remodelación del injerto⁹³.

En esta fase de fortalecimiento está indicado los ejercicios en CCC como en CCA ya que la cocontracción de la musculatura estabiliza la articulación produciéndose un trabajo sinérgico entre flexores y extensores, sin embargo, hemos de priorizar el trabajo en cadena cinética cerrada (CCC) sobre el de cadena cinética abierta (CCA), para disminuir las fuerzas de cizallamiento⁹³. Gerber JP et al.⁹⁴ han demostrado la importancia de introducir un entrenamiento excéntrico progresivo en la rehabilitación del LCA. Este autor demostró que el grupo tratado mediante ejercicios excéntricos aumentó el doble el volumen y el pico máximo de la sección transversal del cuádriceps y glúteo mayor, comparado con el grupo de rehabilitación estándar. El entrenamiento excéntrico indujo resultados superiores a corto plazo en la fuerza, la funcionalidad y el nivel de actividad después de la cirugía. Además, el trabajo excéntrico en CCC favorece la estabilidad dinámica de la rodilla⁹³. Nuevas investigaciones sugieren que el ejercicio excéntrico de isquiotibiales mejora la adaptación neuromuscular también⁹⁵.

El trabajo propioceptivo debe ser gradual y progresivo, adaptándose a las intensidades solicitadas según la cronología de evolución de la lesión.

** Fase post quirúrgica III*

Su objetivo es recuperar y mejorar las cualidades físicas básicas y conseguir mayor funcionalidad. Se debe seguir trabajando el fortalecimiento muscular junto con la flexibilidad. A nivel propioceptivo se progresará en dificultad siguiendo los parámetros de Henri Neigher y Scott Lephart⁹⁶:

- Cargas: descargas, a carga parcial, carga submáxima y carga supramáxima
- Ojos abiertos y ojos cerrados
- Trabajo en plano estable e inestable

- Variar la velocidad de las solicitudes que le pedimos al paciente

El entrenamiento dinámico neuromuscular (EDN) se realizará mediante plataformas móviles y dispositivos de perturbaciones. Debido a la carencia prolongada de receptores propioceptivos en la reconstrucción, la estabilidad mecánica de la rodilla debería ser reforzada por la estabilidad neuromuscular. El entrenamiento neuromuscular específico tiene un beneficio directo en la mejora del control neuromuscular⁹⁵. El tiempo de reacción muscular se ve incrementado mediante el EDN⁹⁵.

** Fase de entrenamiento funcional*

Esta fase se llevará a cabo 16 semanas después de la cirugía. Es importante para la vuelta a la actividad física. Se iniciará los ejercicios pliométricos y los ejercicios de cambios de dirección y giros.

La progresión irá desde saltos con dos pies a aterrizajes con un solo pie, para posteriormente realizar disequilibrios por parte del fisioterapeuta. Debemos enseñar una técnica correcta de aterrizaje después del salto donde las rodillas ligeramente flexionadas a 30º y la primera parte del pie en contactar con el suelo sea el antepie. La extremidad inferior debe permanecer alineada en el aterrizaje sin que aparezcan componentes de aducción de cadera, valgo y varo de rodilla. El tronco permanecerá en una posición neutra con ligera flexión^{97, 98, 99}. Ejercicios:

- Saltos en vertical sobre el sitio.
- Saltos hacia delante.
- Saltos laterales entre una cinta métrica situada en el suelo.
- Saltos en una cruz dibujada en el suelo: diagonal-lateral-diagonal hacia atrás-lateral.
- Saltos en diagonal con diferentes piernas.
- Saltos con rotaciones de 90º y 180º en sentido de las agujas del reloj y al contrario.

** Reincorporación al deporte*

Esta fase tiene como objetivo la incorporación del paciente a su nivel de competición o práctica deportiva. La mayoría de los estudios demuestran una vuelta a la actividad después de la lesión del LCA en un plazo medio de 6 meses¹⁰⁰. La fase se caracteriza por el entrenamiento de agilidad y los ejercicios específicos del deporte practicado. Este regreso debe estar autorizado

por el fisioterapeuta una vez que el paciente ha completado todas las fases de rehabilitación sin síntomas y cumple con los criterios de pruebas para volver al deporte. Entre estas pruebas está la prueba de fuerza del cuádriceps, la prueba de saltos y los cuestionarios para el paciente (Internacional knee Documentation Commite Store; IKDCS). Los deportistas deben obtener un resultado del 90% en todas las pruebas antes de volver a la competición¹⁰⁰.

- **JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

Actualmente es mucho el interés que se muestra en desarrollar programas de rehabilitación neuromuscular y propioceptivos adecuados para una recuperación del Ligamento Cruzado Anterior óptima después de una reconstrucción quirúrgica o como método preventivo para evitar la lesión. La disminución del control neuromuscular de la articulación a causa de la afectación de los mecanismos mecanorreceptores, el incremento del estrés sobre dicho LCA y la fuerza a la que se le somete puede dar lugar al deterioro progresivo de dicha articulación y el aumento del índice de lesiones del LCA.

El objetivo principal de esta revisión sistemática es comprobar la evidencia científica sobre la rehabilitación de lesiones aisladas del LCA tras una reconstrucción quirúrgica, que nos permitan volver al trabajo y al estado previo a la lesión. También, evidenciar los métodos preventivos de fisioterapia más adecuados y efectivos tanto en personas deportistas y no deportistas.

Como objetivos secundarios tendremos:

- Evitar la recaída de la lesión tras reconstrucción del LCA.
- Mejora de la estabilidad- seguridad de la rodilla de forma consciente.
- Recuperar la simetría de las extremidades (rodillas) y conseguir una biomecánica más eficiente.
- Eliminar patrones de movimiento anormales y recuperar la funcionalidad de la rodilla.
- Poder trabajar la musculatura periarticular mediante los ejercicios de fortalecimiento.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Estrategia de búsqueda

4.1.1. Bases de datos y fuentes de información

La búsqueda bibliográfica se realizó durante el mes de febrero del 2016. Con el objetivo de conocer la evidencia científica actual respecto a este tema se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Pubmed, PEDro y Cochrane.

Las palabras claves utilizadas fueron “Anterior cruciate ligament”, “Neuromuscular training” y “Proprioception”; combinándolo con el operador booleano AND y utilizando los descriptores del Medical Subject Headings (MeSH), utilizando las mismas palabras en todas las bases de datos. Por lo tanto, las estrategias de búsqueda que se utilizaron fueron: “Anterior cruciate ligament AND neuromuscular training” y “Anterior cruciate ligament AND proprioception”. Tras la búsqueda combinada de dichas palabras claves se obtuvieron un total de 658 artículos. Tabla 1.

4.1.2. Criterios de inclusión

Se reunieron ensayos que trataran sobre el efecto del ejercicio propioceptivo tanto para la rehabilitación de las lesiones aisladas del LCA, tratados mediante reconstrucción quirúrgica y como método preventivo en personas deportistas y no deportistas, para volver al trabajo y al nivel previo a la lesión. Los requisitos que debían cumplir eran los siguientes:

- Tipo de estudio: Ensayos clínicos aleatorizados (ECAs).
- Idioma: Se permitía la selección de artículos que fueran en español e inglés únicamente.
- Año de publicación: El límite utilizado en la búsqueda se ajustaba a un periodo de 5 años de antigüedad, desde el 2011 al 2016.
- Calidad metodológica: Se seleccionaron aquellos artículos que tenían una puntuación como mínimo de 5 en la Escala PEDro.

- Tipo de intervención: Se incluyeron ensayos que estudiaron el efecto de la rehabilitación o prevención de lesiones del Ligamento Cruzado Anterior mediante entrenamiento neuromuscular y propioceptivo.
- Tipo de pacientes: Debían ser pacientes; deportistas de nivel 1 y 2 como personas no deportistas con lesión de LCA.

4.1.3. Criterios de exclusión

No se incluyeron en la revisión sistemática aquellos estudios que no fueran ECAs, excluyendo así aquellos estudios que fueran revisiones, estudios de cohortes, estudios pilotos, opiniones de expertos y estudios sin tratamiento propioceptivo o neuromuscular. Además, aquellos estudios cuya antigüedad superaba los 5 años, estudios realizados en animales o laboratorio, que su idioma no fuera español o inglés, aquellos sin acceso libre a su texto completo y que no contuviese información útil para el estudio.

4.2. Evaluación de la calidad metodológica

Los artículos encontrados y seleccionados para realizar la revisión sistemática fueron evaluados mediante escalas de calidad metodológica. La más utilizada para los ensayos clínicos de intervención en fisioterapia es la Escala PEDro, lo que nos permite a su vez determinar su validez interna. Tabla 2.

La Escala PEDro es un medio para valorar los ensayos clínicos y las intervenciones de fisioterapia ayudando a su vez a clasificarlos en la base de datos Physiotherapy Evidence Database (fisioterapia basada en la evidencia) o PEDro. Se ha demostrado que tiene entre los calificadores fiabilidad aceptable¹⁰¹ para utilizarse en revisiones sistemáticas de ECAs.

La Escala PEDro está constituida por 11 ítems de los cuales se puntúan 10 para determinar y valorar los aspectos del ensayo que favorecen su calidad y validez, así como evaluar la inclusión correcta de la información estadística. El ítem 1 evalúa la validez externa del estudio, por lo tanto no se incluye. Los 10 ítems son aceptados si presentan o no los criterios necesarios en el estudio. El resultado es la sumatoria de las respuestas positivas que podrá dar un máximo de 10 puntos. Los estudios con una puntuación igual o superior a 5 tienen una alta calidad metodológica¹⁰² y bajo riesgo de sesgo.

Para la validez interna, su valoración se lleva a cabo mediante la suma de los ítems del 2 al 9 positivos de la Escala PEDro, que son los que determinan la validez interna del estudio (PVI). En los estudios, que presenten un $PVI \geq 6$ se considera de una calidad metodológica alta; un PVI entre 4-5, su calidad metodológica es moderada y un $PVI \leq 3$ se considera de una calidad metodológica limitada¹⁰³.

5. RESULTADOS

De la búsqueda realizada en las diferentes bases de datos fueron encontrados un total de 658 artículos: 61 en PEDro, 565 en Pubmed y 34 en Cochrane. Después de aplicarle los filtros por límites de búsqueda en cada base de datos, fueron excluidos un total de 591 artículos. De dichos artículos, fueron eliminados por repetición de artículos y exclusión de títulos 27 artículos. De 40 artículos, 11 se descartaron por no presentar texto completo, 17 por no ajustarse al tema sobre LCA o el método de tratamiento no resultaba ser neuromuscular y propioceptivo. Doce artículos son los incluidos por texto completo de los que 4 fueron excluidos por una puntuación <5 en la Escala PEDro, por lo tanto, el resultado final de artículos incluidos para su análisis en la revisión sistemática es de 8 artículos. Figura 2.

Los ensayos clínicos seleccionados en esta revisión puntuaron un máximo de 7 y un mínimo de 5 sobre los ítems puntuables en la Escala PEDro. De estos artículos, la mayoría (7 de ellos) tenían una puntuación de validez interna moderada^{104, 105, 106, 107, 108, 109, 110,111}.

Debido también a la diversidad de estudios, fue conveniente agrupar los artículos encontrados en 4 grupos en función a la intervención que se les realizó, ya que no todos los pacientes presentan lesión del ligamento cruzado anterior y no solo se tratan después de una reconstrucción del LCA. Los grupos son:

- Aquellos que analizaban el uso de las perturbaciones y el fortalecimiento muscular como método rehabilitador antes y después de la reconstrucción del LCA.
- Estudios basados en el efecto de entrenamientos neuromusculares de carácter preventivo mediante diferentes técnicas.
- Comparación entre tratamiento convencional y tratamiento mediante el uso de la Nintendo Wii.
- El efecto del uso de la radiofrecuencia en la recuperación de la lesión del LCA.

El enfoque principal de este estudio fue evaluar y determinar los ejercicios más beneficiosos y efectivos tanto para la rehabilitación de las lesiones de LCA, tratados mediante reconstrucción

quirúrgica, como método preventivo en personas deportistas y no deportistas para volver al trabajo y al nivel previo a la lesión.

5.1. Diseño de los estudios

La Tabla 3 nos muestra las características más importantes de cada uno de los artículos seleccionados para la revisión sistemática. Estos estudios se han agrupado en cuatro grupos diferentes en función del efecto que proporciona los tratamientos utilizados en cada uno de ellos:

En el grupo primero se analizan tres estudios que utilizaban como método rehabilitador de la lesión del LCA antes y después de la reconstrucción mediante el uso de perturbaciones y fortalecimiento muscular^{104, 105}.

En el segundo grupo, estos cuatro estudios utilizan programas neuromusculares como prevención a la lesión del LCA trabajando el control y estabilidad de rodilla^{106, 109} (tablas, balones, plataformas inestables...) en mujeres deportistas, el uso de ejercicios de pliometría¹⁰⁸ en jugadores de baloncesto y trabajo con isometría e isotónicos¹⁰⁷ en personas sanas.

El tercer grupo se basa en la comparación y determinar cuál de los tratamientos es más adecuado: tratamiento convencional frente al uso de ejercicios programados en la Nintendo Wii para trabajar la propiocepción, el equilibrio y el tiempo de respuesta. Todos eran hombres y con lesión unilateral¹¹⁰.

En el último se trata de determinar si el uso de la radiofrecuencia en la laxitud del LCA es un método eficaz para su recuperación¹¹¹.

5.1.1. Efecto de las perturbaciones y el fortalecimiento muscular como método rehabilitador a la lesión del LCA

Incluimos en este grupo 2 estudios:

En este estudio Stephanie, L et al.¹⁰⁴ en el que los participantes elegidos presentaban deficiencias del LCA y practicaban actividad física unas 50 horas al año. El objetivo de Stephanie, L et al.¹⁰⁴ fue determinar las diferencias entre las mujeres y hombres no cooperantes en el comportamiento de su marcha al someterlos a entrenamientos de perturbaciones y fortalecimiento muscular antes de ser intervenidos. Un ensayo clínico aleatorizado se llevó a cabo con 21 atletas, los cuales fueron asignados aleatoriamente. En el grupo experimental incluyó un entrenamiento progresivo de fortalecimiento muscular del cuádriceps junto con perturbaciones de 11 sujetos, realizado durante 10 sesiones con tres fases de formación (temprana, media y tardía). En el grupo control participaron 10 sujetos sanos (5 mujeres y 5 hombres) los cuales no recibieron tratamiento.

Los evaluadores no cegados realizaron las evaluaciones antes y después del tratamiento; midiendo la cinemática del ángulo de flexión de la rodilla y la cadera, momentos extensores de la rodilla y de la cadera y la cinética flexora de la rodilla y cadera. Se trataron de grupos homogéneos. Se encontró respuestas diferentes entre géneros. Las mujeres antes del entrenamiento presentaban asimetrías con respecto a su miembro sano y a los hombres con menor ángulo de flexión y momentos de extensión de cadera y rodilla además de alteración de su cinética. En el hombre solo se observó diferencias significativas en el momento extensor de la rodilla. Tras el tratamiento, la mujer recuperó dichas asimetrías y solo se mantuvo en ambos géneros asimetrías en el momento extensor de rodilla.

El entrenamiento neuromuscular mediante perturbaciones antes de las intervenciones puede ser eficaz en las mujeres no coopers para reducir las estrategias de su marcha. Sin embargo se puede determinar que existen diferencias entre los hombres y las mujeres no coopers teniendo éstas peor rendimiento justo después de la lesión del LCA.

En el estudio también de Stephanie, L et al.¹⁰⁵ tuvo como objetivo principal evaluar los cambios artrocinemáticos y osteocinemáticos en la rodilla de los no coopers tras intervención del LCA mediante formación de perturbaciones. Además también evaluó las estrategias unilaterales que llevan a cabo las mujeres y hombres. Fueron 55 atletas no coopers con deficiencia unilateral del LCA, un grupo experimental con 27 sujetos sometidos a entrenamientos de perturbación con fortalecimiento muscular antes de la intervención, después y 6 meses posteriores a la reconstrucción en 10 sesiones. El grupo control con 28 sujetos se sometieron únicamente a un entrenamiento de fuerza progresiva. Las variables de interés incluyeron la posición tibial con respecto al fémur y la rotación de la tibia en el plano sagital en los tres periodos de medición.

No hubo diferencias significativas en la posición de la tibia entre ambos sexos y entre ambas extremidades ($p>270$). Para ambos grupos el ángulo de flexión de la rodilla fue similar a los 6 meses de la reconstrucción mientras que tras la medición preoperatoria presentaban diferencias significativas. También en la medición primaria no había diferencias significativas en la posición de la tibia y la flexión de la rodilla ya que ambos tenían anteriorización de la tibia, sin embargo a los 6 meses de la intervención las mujeres presentaban asimetría clínicamente significativas hacia posterior.

Este estudio nos muestra que hay que tener en cuenta las diferencias en los comportamientos entre hombres y mujeres a la hora de someterlos a un entrenamiento neuromuscular ya que son grupos muy variables.

5.1.2. Efecto de programas neuromusculares como prevención a la lesión del LCA

Incluimos en este grupo 3 estudios los cuales:

En este estudio Markus W et al.¹⁰⁶, 2012 tuvo como propósito evaluar la eficacia de un programa de calentamiento neuromuscular para reducir la tasa de lesiones del LCA en mujeres futbolistas. Un total de 4564 jugadoras de ocho distritos diferentes fueron asignadas al azar en el grupo control (n: 2085) basado en la realización de entrenamientos habituales mientras que el grupo experimental (n: 2479) se sometieron a un calentamiento neuromuscular de veinte minutos dos veces por semana.

Se observó una reducción del 64% la tasa de lesiones del LCA en el grupo experimental, sin cambios significativos en los resultados secundarios. El análisis exploratorio que se llevó a cabo para determinar las lesiones del LCA por no contacto se encontró que cinco de las lesiones del LCA fueron realizadas sin contacto y pertenecían al grupo control. Esto sugiere que las lesiones sin contacto del ligamento cruzado anterior durante el entrenamiento pueden ser prevenibles con programas neuromusculares de calentamiento. Casi dos tercios de lesiones del ligamento cruzado anterior fueron evitados en el fútbol.

En el estudio J. Troy et al.¹⁰⁷, se llevó a cabo la asignación aleatoria de 36 voluntarios sanos, equilibrados en género, en grupo control que consistía en la realización de actividad física habitual por parte de los participantes del grupo mientras, el grupo experimental se dividió en dos subgrupos para diferenciar la realización del grupo que trabajaba isométricos y el grupo que trabajaba isotónicos con 12 participantes cada uno. El entrenamiento se realizaba durante 20 minutos dos veces a la semana durante 6 semanas.

El objetivo de J.Troy et al.¹⁰⁷ fue evaluar el efecto de entrenamientos de isométricos e isotónicos para la unión miotendinosa del bíceps femoral. Quiso también determinar si la carga a la que se le somete al LCA influía en la tasa de lesiones. Se evaluó antes y después de la intervención tanto la unión miotendinosa del bíceps femoral, la traslación tibial anterior y la biomecánica de aterrizaje de la rodilla derecha. Se utilizaron dispositivos de perturbación, sistemas de captura de movimiento y la técnica de oscilación amortiguada.

Fue el grupo de isometría el que aumento la rigidez del tendón del bíceps (p: 0,006) con respecto al resto de grupos. Además no hubo cambios significativos en los mecanismos de carga en el LCA, solo en el grupo de isometría con carga reducida. Los resultados obtenidos del estudio nos han podido demostrar que el aumento del tendón pero no su fortalecimiento puede reducir el riesgo de lesiones del LCA y su carga.

El tercer estudio Abbas A et al.¹⁰⁸ se centró en la evaluación de ejercicios pliométricos como método preventivo para reducir las lesiones del LCA sometidos a un programa de 6 semanas de duración. Estuvo orientado a jugadores de baloncesto masculino. Dieciséis jugadores se distribuyeron entre el grupo control, con su trabajo técnico y táctico de pretemporada estándar

y el grupo experimental sometido a un programa de entrenamiento pliométrico de 50 minutos durante doce sesiones a dos veces a la semana.

Se utilizó la Prueba de la estrella para evaluar el control postural (sebt) además de recoger medidas antropométricas antes y después del periodo de formación. El grupo experimental mostró mejoras significativas en todas las direcciones en la Prueba de la estrella, excepto en las direcciones de posteromedial y posterolaterales. El grupo control sin embargo no mostró diferencias significativas.

El estudio nos sugiere que un entrenamiento pliométrico adaptado de forma adecuada puede proporcionar beneficios ante la lesión del ligamento cruzado anterior. Además es una forma de trabajar el control postural.

El último estudio Mette K et al.¹⁰⁹ se centró en evaluar los efectos del entrenamiento neuromuscular para la prevención de la lesión del LCA. Un total de 40 jugadoras de fútbol y balonmano en conjunto se repartieron aleatoriamente en grupo control de 20 jugadoras que realizaban entrenamientos ordinarios habituales mientras que el grupo experimental de 20 jugadoras también, se realizó durante 12 semanas calentamientos neuromusculares con ejercicios de tableros, esteras de balance y trabajo con diferentes tipos de pelotas. Cada sesión duraba 15 minutos.

Se volvió a evaluar antes y después del programa el movimiento de corte sagital con electromiografía de superficie (EMG) y tridimensionalmente, la amplitud EMG del vasto lateral, semitendinoso y bíceps femoral mediante contracción máxima isométrica, el momento del ángulo de valgo de rodilla y la fuerza muscular del bíceps femoral mediante dinamometría.

El resultado determinó una diferencia entre los grupos en el seguimiento de corte sagital con EMG y su amplitud con respecto a las mediciones anteriores al programa. Sin embargo no hubo diferencias significativas entre los grupos en las variables de cinemática y de cinética. Se considera que dicho programa altera el patrón de músculo agonista y antagonista en el corte sagital como estrategia protectora.

5.1.3. Efecto de un tratamiento de rehabilitación convencional y un tratamiento mediante Nintendo Wii

En este estudio Gul B et al.¹¹⁰ se quiso determinar la aceptabilidad de la Nintendo Wii Fit como método rehabilitador con respecto al tratamiento convencional para lesiones del LCA. Un ensayo clínico aleatorizado se llevó a cabo con 30 hombres que habían sido sometidos a una reconstrucción del LCA unilateral. Se distribuyeron en el grupo experimental con 15 sujetos que participaron en un programa de entrenamiento mediante Nintendo Wii y el grupo control con

15 sujetos sometidos a un programa de rehabilitación convencional con ejercicios de cadena cinética cerrada en flexión , ejercicios de equilibrio y correr.

Se quiso evaluar la coordinación, la propiocepción, el tiempo de respuesta y el equilibrio en tres periodos: primera semana, octava semana y doceava semana. Se utilizaron pruebas de equilibrio en estrella, dinamómetro y pruebas de coordinación. Los hallazgos de este estudio determino que ambos tendrían los mismos resultados en fuerza de rodilla, equilibrio, propiocepción, coordinación y tiempo de respuesta en las semanas 8 y 12. Si existen diferencias significativas en el control postural dinámico que parece ser deficiencias características de la lesión del LCA. Aún no se puede determinar que tratamiento es más eficaz para restaurar el control neuromuscular de la rodilla y el aumento del rendimiento funcional.

5.1.4. Efecto del uso de la radiofrecuencia en la recuperación del LCA

En este último estudio Min W et al.¹¹¹ se evaluó los efectos del tratamiento mediante contracciones con radiofrecuencia para la laxitud del LCA y determinar los probables factores que influyen. Fueron 38 personas con aumento en la laxitud del ligamento cruzado anterior los cuales fueron divididos aleatoriamente en un grupo experimental con 16 sujetos que recibieron radiofrecuencia con un seguimiento de 12 semanas y un grupo control de 15 sujetos tratados con tratamiento convencional.

Utilizaron la Escala de Lysholm y la Escala de actividad de Tegner que evaluaban el LCA y la función de la rodilla. Además con el uso de la Prueba 30 y 60 se evaluó el ángulo de desviación. Todo ello fue medido antes y después del tratamiento. Se ha demostrado que la ductilidad del ligamento se incrementa entre las 6-12 semanas siguientes al tratamiento. También en la puntuación de Lysholm del grupo experimental fue significativamente mayor después del tratamiento lo que sugiere que la movilización y el entrenamiento neuromuscular después de la cirugía mejorarían la función. Sin embargo al propiocepción de la rodilla puede deteriorarse.

6. DISCUSIÓN

En esta revisión se propuso comprobar la evidencia científica sobre la recuperación de la lesión del LCA tras una intervención quirúrgica y los métodos preventivos para evitar la lesión. La evidencia sugiere que la lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las lesiones articulares más comunes tanto en deportistas como en la población que realiza deporte de forma recreativa. Ante esta lesión articular, se produce un déficit neuromuscular y propioceptiva que debemos restaurar ya que aumenta así el riesgo de una nueva lesión.

Son estudios como los de Stephanie L et al.¹⁰⁴ que nos pone de manifiesto que existe diferencias entre los hombres y las mujeres y la lesión del LCA. Ambos géneros presentan diferentes respuestas específicas tras la lesión del LCA en la marcha siendo las mujeres las que mostraron una reducción de los ángulos y los momentos de la cadera y la rodilla en flexión, excursiones de rodilla alterados, y el aumento de peso durante las excursiones de la cadera cuando se compara con su propio miembro no afectado y las extremidades de los hombres también lesionados. Estas reducciones se caracterizan por ser estrategias estabilizadoras de rodilla que las llevan a cabo debido a la deficiencia del LCA afectado. Se puede considerar como una rigidez de rodilla a modo de protección lo que le supone no realizar el patrón de la marcha de forma normal. Sin embargo, la respuesta que llevan a cabo tras un entrenamiento de perturbaciones preoperatoria supone una mejora en ambos sexos, consiguiendo simetrías en las estrategias de marcha, excepto en el momento extensor de rodilla, considerándose una asimetría incesante característica de los atletas no coopers. Por tanto, la formación de perturbaciones, específicamente, ha demostrado ser una herramienta de formación neuromuscular eficaz para sanar las mujeres cuando se implementa como un modelo preoperatorio aunque la gran variabilidad dentro del grupo no coopers entre géneros debe servir de futuras investigaciones aún.

Este mismo autor Stephanie L et al.¹⁰⁵ quiso seguir evaluando este grupo de no coopers, sus estrategias unilaterales posturales y los cambios artrocinéticos tras la intervención quirúrgica, volviendo a manifestar que no existe un claro patrón de adaptación mediante entrenamientos de perturbaciones. Las mujeres con resultados diferentes en la posición tibial entre el preoperatorio y los 6 meses tras cirugía con respecto al hombre es lo que demuestra que la diferencia entre géneros en este grupo de atletas con deficiencias del LCA es un factor importante a tener en cuenta a la hora del tratamiento y el uso de las perturbaciones como rehabilitación.

A nivel preventivo, la reducción de la incidencia de lesiones del LCA, fue demostrada en 3 artículos con diferentes entrenamientos neuromusculares^{106, 108, 109}. Según Markus W et al.¹⁰⁶, en deportes como el fútbol, el trabajo con ejercicios de equilibrio y ejercicios de salto y aterrizaje mostró una reducción del 64% en la tasa de lesiones de la rodilla. Es una manera de trabajar los aspectos biomecánicos estáticos y dinámicos de la articulación y así reforzarla, ya que el desplazamiento lateral del tronco y la dinámica que cursa la rodilla en valgo son factores importantes en este tipo de lesiones ya que la mayoría de mecanismos lesionales se producen sin contacto. Sin embargo, estos resultados positivos recogidos en el estudio no pueden

generalizarse con otras edades, deportes u sexo aunque ya otros estudios demostraron efectos preventivos también en otros deportes. Abbas A et al.¹⁰⁸ se centró como tratamiento preventivo a la lesión del LCA en trabajar con ejercicios de pliometría; una modalidad eficaz para mejorar la conciencia conjunta, el equilibrio y las propiedades neuromusculares, ya que la mejora del control postural tiene efectos positivos para evitar lesiones¹¹². Es una forma de trabajar la capacidad dinámica de mantener la base de apoyo estable durante el movimiento. Este tipo de ejercicios mostró resultados positivos en todas las direcciones, lo que supone un aumento del control neuromuscular debido a la mejora de ajustes posturales anticipatorios^{113, 114}. En este estudio no se trabajó ejercicios de aterrizaje y equilibrio específicos como en el de Markus W et al.¹⁰⁶, sin embargo la naturaleza dinámica de la pliometría afecta en el control postural igualmente, proporcionando así una gama de desafíos diferentes como forma de trabajo en los atletas y sus deportes que podemos llevar a cabo en la práctica como fisioterapeutas. Mette K et al.¹⁰⁹ trabajó con un calentamiento neuromuscular de 15 minutos mediante el uso tablas de inestabilidad, colchonetas de equilibrio y pelotas de diferentes deportes. A través de este trabajo se evidenció un aumento de la tensión de la unión miotendinosa del músculo isquiotibial con respecto a los cuádriceps, resultado importante y favorable para la reducción de lesiones del LCA debido a que esta tensión tracciona de la tibia hacia posterior evitando el cajón anterior. En un calentamiento estándar, sin embargo, el trabajo muscular se ve reflejado en los músculos cuádriceps, asociando este patrón como factor de riesgo a la lesión y considerándose así que este tipo de calentamiento no trabaja la fuerza muscular de forma suficiente en los flexores de rodilla. Con respecto a la cinemática de la rodilla en valgo, los resultados pusieron en manifiesto que no hay una alteración durante el aterrizaje en saltos por lo que podemos concluir del estudio que el efecto primario de este tipo de programas es más probablemente neuromuscular que cinético.

Una de las capacidades neuromusculares que no se tiene en cuenta en este tipo de lesión es lo referente al estado de la unión miotendinosa de los isquiotibiales, músculo agonista del LCA y encargado de evitar el desplazamiento anterior de la tibia, aspecto tenido en cuenta en el estudio anterior de Mette K et al.¹⁰⁹. La hipótesis de J. Troy et al.¹⁰⁷ se basada en cuanto mayor sea la tensión de dicha unión, menor será el desplazamiento tibial y menor el número de posibles lesiones. Para ello era importante diferenciar cual es el modelo de entrenamiento más adecuado para conseguir dicha tensión, isometría o isotónica. Para este estudio, el trabajo isométrico se trabajó al 70% de MVIC (contracción isométrica máxima voluntaria) en 15s mientras que el trabajo isotónico con fase concéntrica de 1s de duración y 3s de fase excéntrica. El trabajo con isometría aumentó la tensión de la unión miotendinosa, diferente al aumento de

la fuerza del músculo cuyos resultados no se correlacionan, redujo la carga al LCA. Por lo tanto, vuelve a quedar claro que un aumento de la tensión del tendón de los isquiotibiales reduce el desplazamiento de la tibia hacia anterior reduciendo así el riesgo de lesión. Es considerablemente positivo trabajar con isometría en programas de entrenamientos para cumplir su función preventiva. Aunque los cambios no fueron tan significativos, el trabajo isotónico también mejoró haciendo más hincapié en la fase de ejercicio excéntrico, por lo tanto, se puede tener en cuenta a la hora de trabajarlo ya que supone un aumento de la síntesis del colágeno en el tejido conectivo permitiendo un mejor funcionamiento del tendón. Sin embargo, las limitaciones del estudio están claras, ya que el número de participantes de cada grupo de trabajo era reducido (n: 12) y el tiempo de tratamiento (6 semanas), por lo que hay una falta significativa de hallazgos.

Actualmente son muchos los estudios realizados que buscan otros métodos de tratamiento fuera del convencional como es el caso de Gul B et al.¹¹⁰, que quiso comparar el efecto de un entrenamiento convencional tras la reconstrucción del LCA con el tratamiento mediante el uso de la Nintendo Wii, método que está siendo introducido como parte de procesos de rehabilitación pero aún muy limitados sus estudios. Se planteó la hipótesis que tendría un efecto más positivo con respecto a la propiocepción y el equilibrio, la coordinación, el tiempo de respuesta y la fuerza muscular de la rodilla. Juegos como esquí, bolos, boxeo, fútbol o tablas de equilibrio fueron los seleccionados por su potencial para influir en la funcionalidad y el físico, además de a nivel cognitivo, durante 15 minutos diarios en tres veces por semana. Sin embargo, se halló resultados similares entre ambos grupos de tratamiento, lo que reveló que la eficacia de este estudio mediante Nintendo Wii está limitado.

Sus resultados si demostraron que su uso rehabilitador da lugar a diferencias en el control postural en función del tiempo, sin embargo, entre grupos no existen esas diferencias, por lo que podemos derivar del estudio que ambos tratamientos pueden actuar de forma positiva como programa de entrenamiento neuromuscular sin distinción entre cual es más efectivo. Si es cierto que su utilización en el ámbito clínico para otro tipo de patologías (daño cerebral adquirido, personas mayores...) está más defendido¹¹⁵. Estos juegos y software presentan un coste bajo para su disponibilidad en el mercado y es alta su variedad, lo que podría ser un útil método rehabilitador si se adaptara su uso de forma correcta. En lugar de rehabilitación convencional, un programa de Wii apropiado de equilibrio se puede mantener su recomendación ya que es seguro, factible y barato y actuar como un método complementario.

La intención de Min W et al.¹¹¹ sobre el uso de la radiofrecuencia en el LCA para mejorar la configuración de las fibras de colágeno para su endurecimiento, retracción y la estabilización de la articulación ha demostrado que aumenta tras el tratamiento. Sin embargo, el factor necesario a tener en cuenta es la temperatura a la que se debe someter, en un rango de 65-75 Cº los más favorables y que exista continuidad del ligamento, es decir, no puede utilizarse la técnica si hay rotura completa. Puntuaciones de Lysholm (mide el grado de discapacidad del paciente por la lesión del LCA) después del tratamiento aumentaron en el grupo sometido a la contracción de radiofrecuencia. Es importante llevar a cabo un periodo de inmovilización y una rehabilitación funcional determinada después de la cirugía como pasos necesarios para que el tratamiento a corto plazo sea efectivo. Sin embargo, a nivel propioceptivo, es inevitable su afectación tras la reconstrucción, deteriorándola y reduciendo el movimiento de la articulación a corto plazo ya que se ha podido observar que las puntuaciones en la escala de Tegner (mide el nivel de actividad del paciente) se reducen, suponiendo que ésta, afecta en la confianza del paciente a volver al nivel inicial de actividad física y aumentando así los periodos de inmovilización por lo que la recuperación de la lesión se complica.

6.1. Limitaciones del estudio

Entre las limitaciones encontradas en esta revisión sistemática podemos destacar que la calidad de los estudios incluidos es moderada, por lo que son necesarios más ensayos aleatorizados de alta calidad para poder concluir la efectividad de la intervención de fisioterapia. Los resultados deben ser interpretados con cautela debido al tamaño muestral de algunos de los estudios analizados. No se ha podido tampoco realizar una comparación objetiva de los estudios seleccionados debido a la heterogeneidad de los sujetos y edades y los métodos de intervención utilizados.

7. CONCLUSIÓN

Esta revisión tenía como objetivo revisar la evidencia científica sobre la recuperación de la lesión del LCA tras una intervención quirúrgica y los métodos preventivos para evitar la lesión. La evidencia es moderada con respecto a su efectividad. Los protocolos y programas llevados a cabo muestran resultados positivos con respecto a los tratamientos evaluados, especialmente, los estudios destinados a determinar su validez como métodos preventivos, por lo que protocolos de calentamiento y entrenamiento neuromuscular y propioceptivo cumplen un papel fundamental en los programas de rehabilitación, tanto para evitar lesiones del ligamento cruzado anterior como tras una intervención quirúrgica haciendo hincapié en la educación

preoperatoria y así enfrentarse a la cirugía, física y psicológicamente en mejor estado además de reducir el periodo postquirúrgico. Queda claro que aún es necesario continuar realizando investigaciones en esta línea y así determinar más claramente que tratamientos son más efectivos.

Tabla 1. Resultados de la búsqueda bibliográfica

	PEDro	Pubmed	Cochrane
Anterior ligament cruciate AND neuromuscular training	43	206	20
Anterior ligament cruciate AND proprioception	18	359	14
Total	658		

Figura 2. Diagrama de flujo.

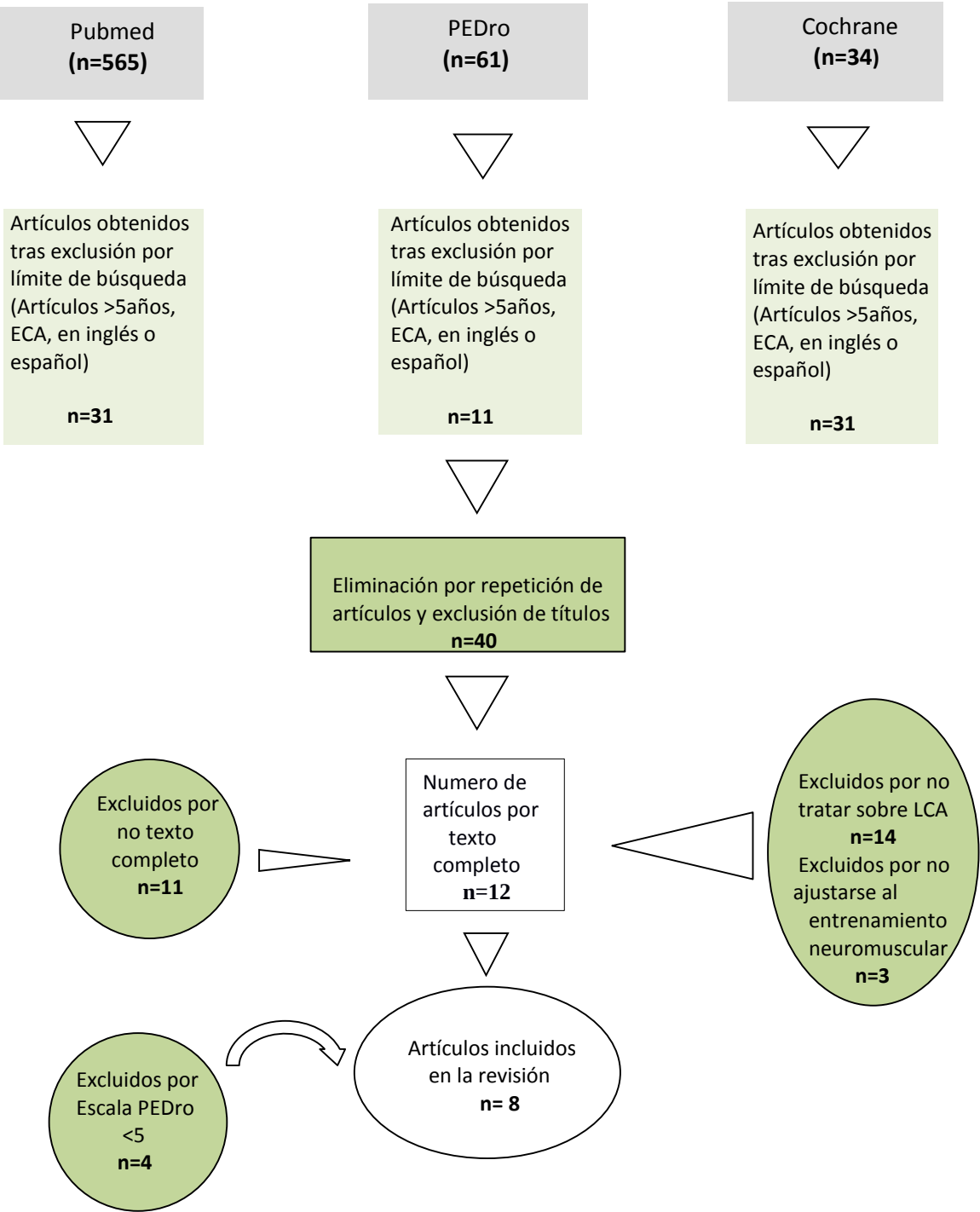


Tabla 2. Calidad metodológica según escala PEDro y Validez Interna.

Item	Markus, W. (2012)	Stephanie, L... (2012)	J.T. Blackburn. (2014)	Stephanie L... (2012)	Abbas, A. (2014)	Gul,B. (2012)	Min,W. (2013)	Mette K.(2015)
1. Criterios de inclusión	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí
2. Asignación aleatoria	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
3. Asignación oculta	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
4. Comparabilidad inicial	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No
5. Cegamiento participantes	No	No	No	Sí	No	No	No	No
6. Cegamiento terapeutas	No	No	No	No	No	No	No	Sí
7. Cegamiento evaluadores	No	No	No	No	No	Sí	No	No
8. Seguimiento adecuado	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No
9. Análisis por intención de tratar	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
10. Comparación entre grupos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
11. Medidas puntuales y de variabilidad	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Puntuación total obtenida en escala PEDro	<i>7/10</i>	<i>6/10</i>	<i>7/10</i>	<i>6/10</i>	<i>7/10</i>	<i>5/10</i>	<i>7/10</i>	<i>6/10</i>
Validez Interna (PVI)	5/7 Moderada	4/7 Moderada	5/10 Moderada	4/7 Moderada	5/7 Moderada	4/7 Moderada	5/7 Moderada	4/7 Moderada

Tabla 3. Descripción de los artículos incluidos.

EFECTOS DE LAS PERTURBACIONES EL FORTALECIMIENTO MUSCULAR EN LA REHABILITACIÓN DEL LCA					
AÑO Y AUTOR	OBJETIVOS	PARTICIPANTES E INTERVENCIÓN	VARIABLES DE ESTUDIOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<i>Stephanie L, 2012</i>	Análisis de la marcha en mujeres y hombres non coopers con LCA	N=21 (10 control sanos) (11 LCA perturbaciones y fortalecimiento muscular)	- Ángulo de flexión cadera y rodilla - Momento extensor cadera y rodilla	Mujeres asimetría (p: 0,009), momento extensor (ES: 0,69). Hombres ángulos y momentos cadera (p: 0,069), flexión cadera (p: 0,073) y momento extensor (ES: 0,40).	Diferencias entre géneros. Mujeres con LCA marcha anormal que con trabajo de perturbaciones preoperatorias consigue simetrías.
<i>Stephanie L, 2012</i>	Análisis de estrategias unilateral posturales y cambios artrocinéticos en non coopers con LCA	N=55 (28 control) (27 LCA perturbaciones y fortalecimiento muscular)	- Posición tibial - Rotación de tibia en plano sagital	Posición tibial (p>270). Mujeres asimetría tibial hacia posterior. Ángulo de rodilla (p>275)	Diferencias entre géneros. Non coopers grupo variable en sus capacidades de adaptación en trabajos neuromusculares.

EFECTO DEL ENTRENAMIENTO NEUROMUSCULAR COMO MÉTODO PREVENTIVO PARA EL LCA

AÑO Y AUTOR	OBJETIVOS	PARTICIPANTES E INTERVENCIÓN	VARIABLES DE ESTUDIOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Markus W, 2012	Evaluación programa de calentamiento neuromuscular en fútbol femenino	N=4564 (2085 control) (2479 calentamiento neuromuscular de equilibrio)		Reducción LCA 64%. Reducción 84% por análisis de reproducciones compatibles.	Medidas preventivas con efecto sustancial en el fútbol. Se debe estudiar si generalizarlo a otros deportes.
J. Troy, 2014	Evaluar entrenamiento isométrico e isotónico sobre unión miotendinosa de isquiotibiales con LCA.	N=36 sanos (12 control) (12 grupo isometría, 12 grupo isotónico)	- Traslación tibial anterior - Unión miotendinosa - Biomecánica de aterrizaje Se utilizó: Técnica de oscilación amortiguada, Sistemas de captura de movimiento electromagnética y dispositivos de perturbación.	Grupo isometría UMT (p: 0,006), grupo isotónico (p: 0,086), control (p: 0,942). Carga en LCA isometría (p> 0,05).	Aumento de la tensión en la UMT pero no su fortalecimiento reduce el riesgo de lesión y carga del LCA.
Abbas A, 2014	Analizar entrenamiento neuromuscular de pliometría en jugadores de baloncesto	N=16 sanos (8 control) (8 entrenamiento pliométrico)	- Control postural (sebt) (Prueba de la estrella) - Medidas antropométricas	Grupo experimental prueba de la estrella (p: 0,001). Grupo control (p> 0,05).	Entrenamientos pliométricos correctos proporcionan estímulos positivos para la reducción de lesiones del LCA.
Mette K, 2015	Evaluar entrenamientos neuromusculares para reducir LCA en fútbol y balonmano femenino.	N=40 (20 control) (20 calentamiento neuromuscular con tablas de inestabilidad y colchonetas).	- Movimiento en plano sagital con EMG - Contracción isométrica máxima (vasto lateral, semitendinoso, bíceps femoral) - Ángulo en valgo de la rodilla - Fuerza muscular bíceps	Vasto lateral y semitendinoso (p: 0,016). Grupo control EMG (p: 0,0001), movimiento sagital (p<0,01). Tendón bíceps (NMT p: 0,013 CON p: 0,0007)	Cambios en los patrones musculares de agonista y antagonista considerados como estrategias de protección.

EFECTO DEL TRATAMIENTO DE REHABILITACIÓN CONVENCIONAL Y TRATAMIENTO MEDIANTE NINTENDO WII					
AÑO Y AUTOR	OBJETIVOS	PARTICIPANTES E INTERVENCIÓN	VARIABLES DE ESTUDIOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<i>Gul B, 2012</i>	Analizar el tratamiento con Nintendo Wii en pacientes con reconstrucción de LCA	N=30 (15 control) (15 programa Nintendo Wii)	- Coordinación, propiocepción, tiempo de respuesta y equilibrio Se utilizó: Prueba en estrella, Sistema funcional de cuclillas, prueba de coordinación y Dinamómetro 2000 Isomed	No diferencias significativas. Sebt anterior (p: 0,0032), lateral (p: 0,005), posteromedial (p: 0,0024) medial (p: 0,001).	Ambos tratamientos efectivos para tratamiento del LCA.

EFECTO DE LA RADIOFRECUENCIA EN LA RECUPERACIÓN DEL LCA					
AÑO Y AUTOR	OBJETIVOS	PARTICIPANTES E INTERVENCIÓN	VARIABLES DE ESTUDIOS E INSTRUMENTOS DE MEDIDA	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<i>Min W, 2013</i>	Evaluar el tratamiento con radiofrecuencia para laxitud del LCA	N=38 (15 control) (16 tratamiento con radiofrecuencia)	- Escala Lysholm - Escala de Tegner - Prueba 30 y 60 (ángulo de desviación)	Lysholm (p<0,05). Tegner sin diferencias. Prueba 30 y 60 sin diferencias.	La radiofrecuencia podría mejorar puntuaciones de la rodilla. Su intervención afecta a la propiocepción.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. O'Connor FG, Sallis RE, Wilder RP, Patrick SP. *Sports Medicine (just the facts)*: McGraw Hill.2004.
2. Jaquot L, Selmi TAS, Servien E, Neyret P. *Lesiones recientes de los ligamentos de la rodilla*. Encyclopedie Medico Chirurgicae, 2003.
3. Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrey J. *Anatomy of the anterior cruciate ligament*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2006; 14(3):204-13. Epub 19 Oct 2005.
4. Panesso MC, Constanza M, Tolosa I. *"Biomecánica de la rodilla"*. Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano 2009; Documento de investigación. Número 39.
5. Noyes FR, Bassett RW, Grood ES, Butler DL. *Arthroscopy in acute traumatic hemarthrosis of the knee*. Incidence of anterior cruciate tears and other injuries. J Bone Joint Surg Am 1980; 62: 687-695.
6. Kirkendall DT, Garrett WE Jr. *The anterior cruciate ligament enigma*. Injury mechanisms and prevention. Clin Orthop Relat Res 2000; 372: 64-68.
7. Gotlin RS, Huie G. *Anterior cruciate ligament injuries*. Operative and rehabilitative options. Phys Med Rehabil Clin N Am 2000; 11(4), 895-928.
8. Griffin LY. *Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: prevention strategies*. Instr Course Lect 2002; 51: 311-314.
9. López HG, Fernández HL, Gutiérrez JL, Forriol F. *Protocolo cinético en la rotura del ligamento cruzado anterior*. Rev Ortp Traumatol 2011; 55(1):9-18.
10. Escalera E. *Fisioterapia en la reincorporación al deporte tras un esguince de grado II de LLI de la rodilla* (Trabajo Fin de Grado). Universidad de Zaragoza; 2012.
11. Gordon MD, Steiner ME. *Anterior Cruciate Ligament Injuries*. En: Garrick JG, OKU (eds.) Sport Medicine. Am Acad Orthop Surg; 2004. 169-81.
12. Yu B, Kirkendal T, Garret WE. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Anatomy, physiology and motor control. Sports Med Arthrosc Rev 2002; 10: 58-68.
13. Cimino F. *Anterior Cruciate Ligament Injury: Diagnosis, Management, and Prevention*. Am Fam Physician 2010;82 (8):917-22.
14. Dugan S. *Sports-related knee injuries in female athletes: What gives?*. Am J Phys Med Rehabil 2005; 84: 122-130.
15. Huston LJ, Greenfield ML, Wojtys EM. *Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete: potential risk factors*. Clin Ortho Rel Res 2000; 372: 50-63.
16. Fu FH, Schulte KR. *Anterior cruciate ligament surgery*. State of the art? Clin Orthop Relat Res 1996; (325), 19-24.
17. Menetrey J, Duthon VB, Laumonier T, Fritschy D. *"Biological failure" of the anterior cruciate ligament graft*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2008.

18. Bowen TR, Feldmann DD, Miller MD. *Return to play following surgical treatment of meniscal and chondral injuries to the knee*. Clin Sports Med 2004; 23(3): 381-393, VIII-IX.
19. Cascio BM, Culp L, Cosgarea AJ. *Return to play after anterior cruciate ligament reconstruction*. Clin Sports Med 2004; 23(3): 395-408, IX.
20. Gotlin RS, Huie G. *Anterior cruciate ligament injuries*. Operative and rehabilitative options. Phys Med Rehabil Clin N Am 2000; 11(4): 895-928.
21. Kvist J. *Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: current recommendations for sports participation*. Sports Med 2004; 34 (4): 269-280.
22. Farshad M, Gerber C, Meyer D, Schwab A, Blank P, Szucs T. *Reconstruction versus conservative treatment after rupture of the anterior cruciate ligament: cost effectiveness analysis*. BMC Health Serv Res 2011; 11: 317. Published online 2011 November 19.
23. Fu FH, Bennett CH, Lattermann C, Ma CB. *Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction*. Part 1: Biology and biomechanics of reconstruction. Am J Sports Med 1999; 27: 821-830. Medline
24. Boden BP, Dean GS, Feagin JA, Jr, Garrett WE Jr. *Mechanisms of anterior cruciate ligament injury*. Orthopedics 2000; 23: 573–578.
25. La Bella, Cynthia R. *“Anterior cruciate ligament injuries: diagnosis, treatment, and prevention”*. Pediatrics 2014; 1437-1450.
26. Markolf KL, Burchfield DM, Shapiro MM, Shepard MF, Finerman GA, Slauterbeck JL. *Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces*. J Orthop Res 1995; 13: 930-935. Medline
27. Unesco C. *Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA)*. REVISIÓN. 2008.
28. Resnick D, Kang HS, Pretterklieber ML. *Internal derangement of joints*. 2^o ed. Philadelphia: Elsevier Inc 2007; 1820-1825.
29. Busam ML, Provencher MT, Bach BR Jr. *Complications of anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar tendon-bone constructs: care and prevention*. Am J Sports Med 2008; 36: 379–94. [PubMed]
30. O'Connor DP, Laughlin MS, Woods GW. *Factors related to additional injuries after anterior cruciate ligament injury*. Arthroscopy 2005; 21: 431–8. [PubMed]
31. Myklebust G, Bahr R, Engebretsen L. Clinical, functional and radiological outcome 6–11 years after ACL injuries in team handball players: a follow-up study. Am J Sports Med 2003; 31:981–9.
32. Ramos JJ, FJ, LS, Segovia Martínez JC, Martínez MH, Legido JC. *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 el Deporte 2008; 8(28): 62-92.
33. Fithian DC, Paxton LW, Goltz DH. *Fate of the anterior cruciate ligament-injured knee*. Orthop Clin North Am 2002; 33: 621-636.
34. Eberhardt C, Wentz S, Leonhard T. *Effects of revisional ACL surgery in semi-professional athletes in “highrisk pivoting sports” with chronic anterior instability of the knee*. J Orthop Sci 2000; 5: 205–9.

35. Lohmander LS, Saxne T, Heinegard DK. *Release of cartilage oligomeric matrix protein (COMP) into joint fluid after knee injury and in osteoarthritis*. Ann Rheum Dis 1994; 53: 8–13.
36. Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L. *A decision-making scheme for returning patients to high-level activity with nonoperative treatment after anterior cruciate ligament rupture*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2000; 8: 76-82.
37. Kaeding CC, Pedroza AD, Parker RD, Spindler KP, McCarty EC, Andrish JT. *Intra-articular findings in the reconstructed multiligament-injured knee*. Arthroscopy 2005; 21: 424-430. Medline
38. Griffin LY, Armstrong A, DeMaio M. *The female athlete*. En: DeLee JC, Drez D Jr, Miller MD, eds. DeLee and Drez's Orthopaedic Sports Medicine. 3rd ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2009: 10.
39. Bahr R, Krosshaug T. *Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport*. Br J Sports Med 2005; 39: 324-329.
40. Fetto JF, Marshall JL. *The natural history and diagnosis of anterior cruciate ligament insufficiency*. Clin Orthop 1980; 147: 29-38. Medline
41. Lambson BS, Barnhill RB, Higgins RW. *Football cleat design and its effect on anterior cruciate ligament injuries: a three year prospective study*. The American Journal of Sports Medicine 1996; 24(2): 155-159.
42. Scranton PE Jr, Whitesel JP, Powell JW. *A review of selected noncontact anterior cruciate ligament injuries in the National Football League*. Foot Ankle Int 1997; 18: 772-776.
43. Anderson AF, Lipscomb AB, Liudahl KJ, Addlestone RB. *Analysis of intercondylar notch by computed tomography*. The American Journal of sport medicine 1987; 15 (6): 547-552.
44. Shelbourne KD, Davis TJ, Klootwyk T. *The relationship between intercondylar notch width of the femur and the incidence of anterior cruciate ligament tears*. Am J Sports Med 1986; 26: 402-408.
45. Odensten M, Gillquist J. *Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction*. J Bone Joint Surg Am 1985; 67: 257-262.
46. Muneta T, Takakuda K, Yamamoto H. *Intercondylar notch width and its relation to the configuration and cross-sectional area of the anterior cruciate ligament*. Am J Sports Med 1985; 25: 69-72.
47. Silver HJ, Br Mandelbaum. *Are ACL tears preventable in the female athlete?* Medscape Orthopaedics and Sport medicine 2002; (6) 2.
48. Nunley RM, Wright D, Renner JB, Yu B, Garrett WE. *Gender comparison of patellar tendon tibial shaft angle with weightbearing*. Res Sport Med 2003; 3: 173-185.
49. Toth AP, Cordasso FA. *Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete*. Journal of Gender-specific Medicine 2001; 4 (4): 25-34.
50. Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. *Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture*. Am J Sports Med 1991; 19: 513-518.
51. Wojtyś EM, Huston LJ, Taylor PD, Bastian SD. *Neuromuscular adaptations in isokinetic, isotonic, and agility training programs*. The American Journal of Sports Medicine 1996; 24(2): 187-192.

52. Lephart SM, Abt JP, Ferris CM. *"Neuromuscular contributions to anterior cruciate ligament injuries in females"*. Curr Opin Rheumatol 2002; 14: 168-173.
53. Griffin LY. *"Understanding and Preventing Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: A Review of the Hunt Valley II Meeting"*. Am. J. Sports Med 2006; 34: 1512-1532.
54. Arendt EA. *"Musculoskeletal injuries of the knee: are females at greater risk?"* Minnesota Med 2007; 90: 38-40.
55. Nagano Y, Ida H, Akai M, Fukubayashi T. *"Gender differences in knee kinematics and muscle activity during single limb drop landing"*. The Knee 2007; 14: 218-223.
56. Beynnon BD, Fleming BC. *"Anterior cruciate ligament strain in-vivo: A review of previous work"*. J. Biomech 1998; 31: 519-525.
57. McConkey JP. *"Anterior cruciate ligament rupture in skiing: A new mechanism of injury"*. Am. J. Sports Med 1986; 14: 160- 164.
58. Arendt EA, Bershadsky B, Agel J. *Periodicity of non-contact anterior cruciate ligament injuries during the menstrual cycle*. Journal of Gender-Specific Medicine 2002; 5 (2):19-26.
59. Hewett TE, Myer GD, Rord KR, Paterno MV. *The gender gap*. Rehab Management 2002; 6: 1-3.
60. Yu WD, Liu SH, Hatch JD. *Effect of estrogen on cellular metabolism of the human anterior cruciate ligament*. Clin Orthop Related Res 1999; 336: 229-238.
61. Posthuma BW, Bass MJ, Bull SB, Niskier JA. *Detecting changes in functional ability in women with premenstrual syndrome*. American journal of Obstetrics and Gynecology 1987; 156(2): 275-278.
62. Liu SH, Al-Shaikh R, Panossian V. *Estrogen affects the celular metabolism of the anterior cruciate ligament: a potential explanation for female athletic injury*. Am J Sports Med 1997; 25: 704-709.
63. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. *Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team 675 handball. A systematic video analysis*. American Journal of Sports Medicine 2004; 32(4): 1002-1012.
64. Pettineo S, Jests K, Lehr M. *Female ACL injury prevention with a functional integration exercise model*. J Stregth Cond 2004; 26: 28-33.
65. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG et al. *Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study*. American Journal of Sports Medicine 2005; 33(4): 492-501.
66. Malina RM, Beunen G. *Matching opponents in youth sports*, En: The Child and Adolescent Athlete. O Bar-Or, ed. Oxford, England: Blackwell Science, Ltd 1996; 202-213.
67. O'Shea KJ, Murphy KP, Heekin D. *The diagnostic accuracy of history, physical examination, and radiographs in the evaluation of traumatic knee disorders*. Am J Sports Med 1996; 24: 164-167.
68. Yoon YS, Rah JH, Park JH. *A prospective study of the accuracy of clinical examination valuated by arthroscopy of the knee*. Int Orthop 1997; 21: 223-227.

69. Kocher MS, DiCanzio J, Zurakowski D. *Diagnostic performance of clinical examination and selective magnetic resonance imaging in the evaluation of intraarticular knee disorders in children and adolescents.* Am J Sports Med 2001; 29: 292-296.
70. Ramos Álvarez JJ, López-Silvarrey FJ, Segovia Martínez JC, Martínez Melen H, Legido Arce JC. *Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA).* 2008.
71. Hernandez L, Micheo W, Amy E. *Rehabilitation update for the anterior cruciate ligament injured patient: Current concepts.* Bol Assoc Med PR 2006; 98: 62-72.
72. Guoan L, DeFrate LE, Hao S. *In vivo elongation of the anterior cruciate ligament and posterior cruciate ligament during knee flexion.* Am J Sports Med 2004; 32: 1415-1420.
73. Smith BA, Liversay GA, Woo SL. *Biology and biomechanics of the anterior cruciate ligament.* Clin Sports Med 1993; 12: 637-670.
74. O'Connor FG, Sallis RE, Wilder RP, Patrick SP. *Sports Medicine (just the facts):* McGraw Hill. 2004.
75. Torry MR, Decker MJ, Ellis HB, Shelburne KB, Sterett WI, Steadman JR. *Mechanisms of compensating for anterior cruciate ligament deficiency during gait.* Med Sci Sports Exerc 2004; 36(8): 1403-1412.
76. Modified from Benjaminse A, Gokeler A, van der Schans CO. *Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: A meta-analysis.* J Orthop Sports Phys Ther 2006; 36: 267-288.
77. Brown JR, Trojian TH. *Anterior and posterior cruciate ligament injuries.* Prim Care Office Pract 2004; 31: 925-956.
78. Mackenzie R, Palmer CR, Lomas DJ, Dixon AK. *Magnetic resonance imaging of the knee: diagnostic performance studies.* Clin Radiol 1996; 51(4): 251-257.
79. Björklund K, Sköld C, Andersson L. *Reliability of a criterion-based test of athletes with knee injuries; where the physiotherapist and the patient independently and simultaneously assess the patient's performance.* Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2006; 14: 165-175.
80. Farshad M, Gerber C, Meyer D, Schwab A, Blank P, Szucs T. *Reconstruction versus conservative treatment after rupture of the anterior cruciate ligament: cost effectiveness analysis.* BMC Health Serv Res 2011; 11: 317. Published online 2011 November 19.
81. Torres LU, Torrent PG. *Abordaje del ligamento cruzado anterior.* Canarias médica y quirúrgica. Enero – Abril 2009:32-5.
82. Meuffels D, Poldervaart M, Diercks R, Fievez A, Patt T, Van HC et al. *Guideline on anterior cruciate ligament injury.* Acta Orthop 2012 August; 83(4): 379–386. Published online 2012 August 25.
83. Angoules A, Mavrogenis A, Dimitriou R, Karzis K, Drakoulakis E, Michos J et al. *Knee proprioception following ACL reconstruction; a prospective trial comparing hamstrings with bone-patellar tendon-bone autograft.* Knee 2011 Mar; 18(2): 76-82.
84. Leys T, Salmon L, Waller A, Linklater J, Pinczewski L. *Clinical Results and Risk Factors for Reinjury 15 Years After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Study of Hamstring and Patellar Tendon Grafts.* Am J Sports Med 2012; 40(3): 595-605.

85. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lazaro-Haro C, et al. *Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players*. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy* 2009; 17(7): 705-29.
86. Marrale J, Morrissey MC, Haddad FS. *A literature review of autograft and allograft anterior cruciate ligament reconstruction*. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy* 2007; 15(6): 690-704.
87. Márquez JJ, Márquez WH. *Lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla*. IATREIA. 2009 Sep; 22(3): 256-71.
88. Powers C, Fisher B. *Mechanisms underlying ACL injury-prevention training: the brain-behavior relationship*. *Journal of Athletic Training* 2010; 45(5): 513-5.
89. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lazaro-Haro C, et al. *Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players*. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy* 2009; 17(8): 859-79.
90. Koyonos L, Owsley K, Vollmer E, Limpisvasti O, Gambardella R. *Preoperative Cryotherapy Use in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*. *J Knee Surg* 2014 Ene; 31.
91. Thomson LC, Handol HHG, Cunningham A. *Physiotherapist programmes and interventions for rehabilitation of anterior cruciate ligament, medial colateral ligament and meniscal injuries of the knee in adults (Review)*. The Cochrane database of sistematic review: The Cochrane library, 2005; 2. DOI: 10.1002/14651858.CD001354.
92. Tyler TF, McHugh MP, Gleim GW. *The effect of immediate weightbearing after anterior cruciate ligament reconstruction*. *Clin Orthop Relat Res* 1998; (357): 141- 148.
93. Morrissey MC et al. *Effects of Open Versus Closed Kinetic Chain Training on Knee Laxity in the Early Period After Anterior Cruciate Ligament Recosntruction*. *Knee Surgery, Sport Traumatology, Arthroscopy* 2000; 8: 343-348.
94. Gerber JP. *Safety, feasibility, and efficacy of negative work exercise via eccentric muscle activity following anterior cruciate ligament reconstruction*. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007 Jan; 37(1): 10-8.
95. Mandelbaum BR. *Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up*. *Am J Sports Med* 2005 Jul; 33(7): 1003-10.
96. Lephart SM, Fu FH. *Propioception and neuromuscular control in join stability*. USA: Human kinetics; 2000.
97. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lazaro-Haro C, et al. *Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players*. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. 2009; 17(8): 859-79.
98. Bien D. *Rationale and implementation of anterior cruciate ligament injury prevention warm-up programs in female athletes*. *J Strength Cond Res* 2011 Jan; 25(1): 271-85.

99. Yoo J, Lim B, Ha M, Lee S, Oh S, Lee Y, et al. *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 2010 Jun; 18(6): 824-30.
100. Cascio BM, Culp L, Cosgarea AJ. *Return to play after anterior cruciate ligament reconstruction*. Clin Sports Med 2004 jul; 23(3): 395-408.
101. Moseley AM, Maher C, Herbert RD, Sherrington C. *Reliability of a scale for measuring the methodological quality of clinical trials*. Proceedings of the VIth Cochrane Colloquium 1999; Rome.
102. Anne M, Moseley RD. *Evidence for physiotherapy practice: A survey of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro)*. Australian Journal of Physiotherapy 2002; 48:43-49.
103. Ellis RF, Hing WA.. *Neural mobilization. A systematic review of randomized controlled trials with an analysis of therapeutic efficacy*. Journal of Manual and Manipulative Therapy 2008; 16(1): 8-22.
104. Stephanie LD, Lynn SM. *The effects of neuromuscular training on the gait patterns os ACL-deficient men and women*. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2012 May; 27(4): 360–365.
105. Stephanie L, Erin HH, Lynn SM. *Unilateral Stance Strategies of Athletes With ACL Deficiency*. J Appl Biomech. 2012 August; 28(4): 374–386.
106. Markus W, Isam A, Henrik M, Philippe W, Martin H. *Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial*. BMJ 2012; 344: 3042.
107. J. Troy B, Marc FN. *The effects of isometric and isotonic training on hamstring stiffness and anterior cruciate ligament loading mechanisms*. Journal of Electromyography and Kinesiology 2014; 24: 98- 103.
108. Abbas A, Eduardo S, Hamid A. *The effects of plyometric type neuromuscular training on postural control performance of male team basketball players*. The journal of strength and conditioning research 2014.
109. Mette KZ, Lars LA, Mikkel B, Grethe M, Jesper B, Hanne BL et al. *Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: A randomised controlled trial*. Br J Sports Med 2015.
110. Gul B, Gulcan H, Bunyamin H, Burak U, Hamza O. *Comparison between Nintendo Wii Fit and conventional rehabilitation on functional performance outcomes after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: prospective, randomized, controlled, double-blind clinical trial*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2013; 21: 880–887.
111. Min W, Yujie L, Zhongli L, Zhigang W. *Short-term effects of radiofrequency shrinkage treatment for anterior cruciate ligament relaxation on proprioception*. Journal of International Medical Research 2013; 41(5): 1586–1593.
112. Arazi H, Asadi A. *The effect of aquatic and land plyometric training on strength, sprint, and balance in young basketball players*. J Hum Sport Exerc 2011; 6: 101-11.
113. Gribble PA, Hertel J. *Considerations for normalizing measures of the star excursion balance test*. Meas Phys Educ Exerc Sci 2003; 7: 89-100.

- 114.** Hertel J, Miller SJ, Denegar CR. *Intratester and intertester reliability during the star excursion balance tests*. J Sport Rehab 2000; 9: 104-116.
- 115.** Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. *Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance*. Gait Posture 2010; 31: 37–310.