



Universidad de Valladolid



Facultad
de Fisioterapia
de Soria

FACULTAD DE FISIOTERAPIA UVA

Grado en Fisioterapia

TRABAJO FIN DE GRADO

EJERCICIOS DE *CORE* COMO PREVENCIÓN DE LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN SUJETOS DEPORTISTAS. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Realizado por: Eider Nebreda Medrano

Tutor: Diego Martínez Montejo

Soria, a 8 de Junio de 2017

ÍNDICE

GLORASIO DE SIGLAS	1
1. RESUMEN	2
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1. Anatomía y biomecánica de la rodilla	3
2.2. Ligamento cruzado anterior, mecanismos lesionales y factores de riesgo	8
2.3. Estabilidad del <i>core</i>	10
2.4. Relación de la estabilidad del <i>core</i> con la función y las lesiones de rodilla	14
2.5. Evaluación de la estabilidad del <i>core</i>	16
2.6. Ejercicios de <i>core</i>	21
3. JUSTIFICACIÓN	23
4. OBJETIVOS	24
5. MATERIAL Y METODOS	25
5.1. Estrategia de búsqueda	25
5.2. Criterios de inclusión y exclusión	26
5.3. Selección de artículos	27
6. RESULTADOS	29
7. DISCUSIÓN	32
8. CONCLUSIÓN	36
9. BIBLIOGRAFIA	37
10. ANEXOS	41
10.1. Anexo 1.....	41
10.2. Anexo 2	43

GLORASIO DE SIGLAS

LCA: Ligamento cruzado anterior

LCP: Ligamento cruzado posterior

LLI: Ligamento lateral interno

LLE: Ligamento lateral externo

EMG: Electromiografía

ECA: Ensayos clínicos aleatorizados

1. RESUMEN

Introducción: La rotura del ligamento cruzado anterior es una de las lesiones que se dan con mayor incidencia y gravedad a nivel de rodilla en el mundo deportivo. Es por esto que con el fin de reducir su aparición, es importante realizar programas de prevención. El trabajo de *core* es una de las modalidades de entrenamiento de prevención que más se utiliza actualmente por su popularidad, y por la relación que se está viendo que tiene el trabajo de dicha zona, con el cambio biomecánico de la extremidad inferior y su consecuente papel en la prevención de estas lesiones.

Objetivos: Mostrar la evidencia científica que existe a cerca del trabajo del *core* con la prevención de lesiones de LCA.

Metodología: Se realizó una revisión bibliográfica entre los meses de enero y abril de 2017, de ensayos clínicos aleatorizados acerca del uso de los ejercicios de *core* en la prevención de lesiones de LCA, en las bases de datos *Pubmed*, *PEdro*, *Science direct* y *Cochrane*. Tras la aplicación de filtros, criterios de inclusión y exclusión establecidos, y eliminación de los artículos duplicados y excluidos por no considerarse estar relacionados con el estudio, se analizaron 4 artículos de un total de 89 artículos localizados inicialmente.

Resultados y discusión: Se analizaron 4 estudios clínicos aleatorizados en los que se demostró la eficacia del trabajo del *core* como entrenamiento en la prevención de lesiones de LCA, a pesar de las limitaciones que muestran cada uno de los artículos. La efectividad de dicho entrenamiento se muestra en los artículos través de la reducción de la incidencia de lesiones y el cambio de variables biomecánicas favorables a la disminución de riesgo de lesión LCA.

Conclusión: A pesar de encontrar resultados positivos en cuanto a la prevención de lesiones de LCA, esta revisión bibliográfica pone en evidencia la necesidad de aumentar las investigaciones con el fin de corroborar dichos resultados, debido a las limitaciones encontradas en los artículos, a pesar de encontrar resultados positivos en ellos. En la mayoría de los estudios los ejercicios de *core* aplicados en el grupo de intervención son realizados junto con otro tipo de entrenamientos y durante un plazo de tiempo escaso, lo que no permite sacar resultados claros y reales con respecto al trabajo del *core* en la prevención de lesiones del LCA.

2. INTRODUCCIÓN

Las diversas campañas encargadas de la promoción de la salud, han incitado a que sea cada vez mayor el número de personas que se inicia en la práctica de actividades deportivas, ya sea de forma profesional o amateur, debido al efecto beneficioso que tiene sobre la salud y a pesar del aumento en la incidencia de lesiones que conlleva dicha práctica¹⁻³.

En varios artículos consultados, se hace referencia a que, de todas las lesiones derivadas de la práctica deportiva, la región corporal que con más frecuencia se ve afectada es la extremidad inferior, seguida de la de extremidad superior y del tronco^{1,2,4}. Centrándonos en el miembro inferior, por ser la localización con mayor número de afectaciones, nos encontramos una predominancia de lesiones, sobretodo de tipo ligamentoso, a nivel del tobillo y la rodilla¹⁻⁴. De las cuales, pese a ser más comunes los esguinces de tobillo, las lesiones de rodilla, y más concretamente la rotura de ligamento cruzado anterior (LCA), son las más devastadoras, debido tanto al elevado tiempo de recuperación que implican, lo cual lleva a los deportistas a largos periodos de inactividad, como a los costes médicos que generan^{2,3,5-8}.

Es por esto, por lo que sería interesante llevar a cabo la incorporación de programas de prevención a las rutinas de entrenamiento de los diferentes deportes, con el fin de disminuir la incidencia de estas lesiones.

2.1. Anatomía y biomecánica de la rodilla

La rodilla constituye una de las articulaciones más complejas del cuerpo humano, ya que debe poseer una gran movilidad articular, necesaria para la orientación del pie en relación con las irregularidades del terreno durante la marcha y la carrera, a la vez de proporcionar una gran estabilidad en extensión máxima, para soportar el peso corporal⁹.

Por una parte, en cuanto a la estabilidad, la morfología ósea de los tres huesos que componen la rodilla, fémur, tibia y rótula, no es suficiente para poder proporcionar esta premisa⁹⁻¹¹. Es por ello, que con el fin de aumentar la congruencia articular, y por tanto mejorar la estabilidad, la rodilla dispone de unas estructuras, que en conjunto forman lo que se denominan estabilizadores estáticos o pasivos, y son: la cápsula articular, los meniscos y los ligamentos¹⁰.

Los meniscos son dos estructuras fibrocartilaginosas con forma de semicírculo, interpuestos entre los cóndilos femorales y las mesetas tibiales, que tienen como finalidad

incrementar la superficie articular, para así facilitar la concordancia de las carillas articulares (Imagen 1). Existen dos, uno externo y otro interno, que difieren morfológicamente el uno del otro, ya que mientras el primero tiene una forma más circular, el segundo presenta aspecto de "C"⁹⁻¹¹. Ambos se encuentran unidos entre sí, además de a las mesetas tibiales, mediante una serie de ligamentos comunes; pero de forma individual, cada uno posee sus propias inserciones. Mientras el menisco interno, comparte unión con cuerno anterior del ligamento cruzado anterior (LCA), el cuerno posterior del ligamento cruzado posterior (LCP), el ligamento lateral interno (LLI) y el músculo semitendinoso; el menisco externo, solo lo hace con el cuerno posterior del LCP y con el músculo poplíteo¹⁰. En cuanto al movimiento de los meniscos, de forma general se puede decir que se desplazan en sentido contrario a los cóndilos femorales. De esta forma, durante los movimiento de flexo-extensión, los meniscos se mueven hacia posterior y anterior respectivamente; y durante las rotaciones, poniendo como ejemplo la rotación externa, el menisco interno se desplaza a posterior mientras que el externo lo hace hacia anterior⁹⁻¹¹.

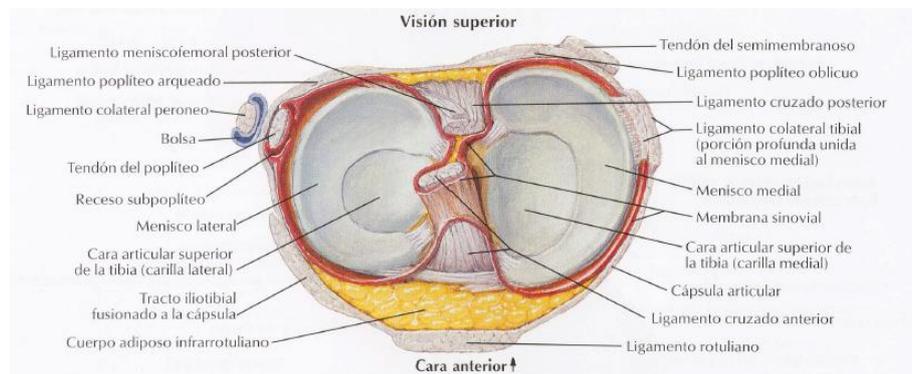


Imagen 1. Visión superior de la meseta tibial: meniscos y ligamentos de la rodilla¹².

Otro de los elementos mencionados, con un importante papel en la estabilización de la rodilla, además de la cápsula articular, común a todas las articulaciones sinoviales y cuya función es limitar los movimientos extremos de la articulación, son los ligamentos¹⁰. La rodilla posee un fuerte complejo ligamentoso (Imagen 2), entre los que encontramos: el LLI, el ligamento lateral externo (LLE), el LCA, el LCP, el ligamento rotuliano, el ligamento poplíteo oblicuo y el ligamento poplíteo arqueado⁹⁻¹¹.

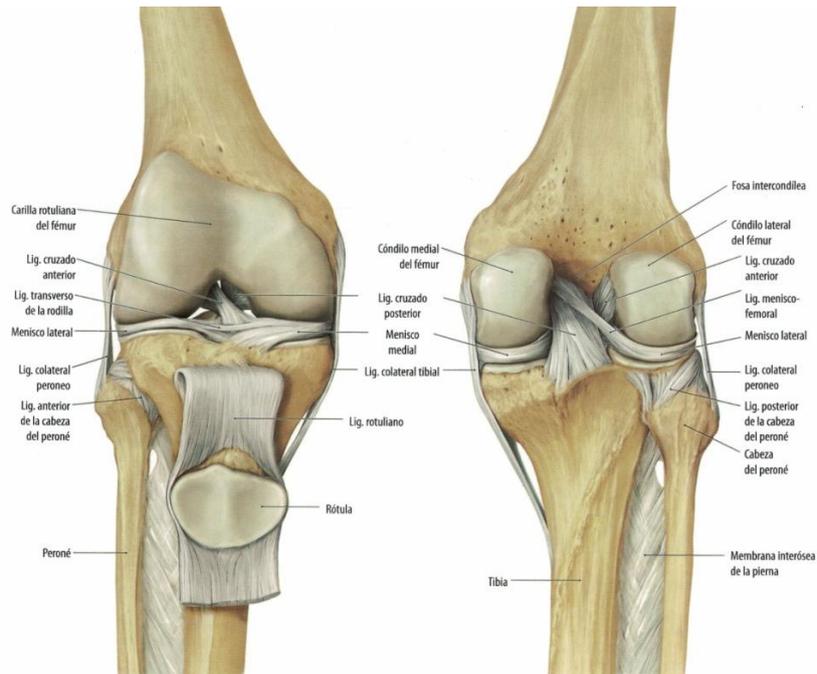


Imagen 2. Visión anterior y posterior de la articulación de la rodilla: ligamentos¹¹.

De todos ellos, son los cuatro primeros los que de forma principal garantizan la estabilidad de la rodilla. Durante los movimientos de flexión y extensión, los ligamentos laterales interno y externo, que tienen como función asegurar la estabilidad transversal de la rodilla, impidiendo la realización de los movimientos de valgo y varo respectivamente, van a presentar su momento de mayor tensión cuando la rodilla se encuentre en extensión y se irán distendiendo a medida que se avance en el movimiento de flexión. En cambio, ligamentos cruzados, encargados de limitar los desplazamientos antero-posteriores de la tibia con respecto al fémur, ofreciendo así estabilidad a la rodilla en el plano sagital, se podría decir, de forma general, que durante los movimientos de flexión y extensión, siempre presentan algunas de sus fibras en tensión; pero siendo más específicos, podemos detallar que mientras el LCA Se encuentra más tenso en la posición de máxima extensión, el LCP lo está en máxima flexión⁹⁻¹¹. Debido a la tensión de todos los ligamentos durante la extensión de rodilla, los movimientos de rotación solo son posibles llevarse a cabo en la posición de flexión; en estos movimientos, serán los ligamentos laterales quienes limiten la rotación externa, y los cruzados quienes limiten la rotación interna⁹.

Además de estos, tenemos también los estabilizadores dinámicos o activos, que comprenden aquellos músculos que se encuentran insertados en las proximidades del complejo articular, y que consecuentemente dan movilidad a la rodilla (Imagen 3 y 4)¹⁰. Como

músculo extensor de la rodilla, encontramos el cuádriceps femoral, compuesto por cuatro vientres: el crural o vasto intermedio, el vasto externo, el vasto interno y el recto anterior; siendo este último el único músculo biarticular, ya que además de la rodilla, atraviesa la articulación de la cadera. En el grupo de flexores, tenemos varios músculos: femorales posteriores (bíceps femoral, semitendinoso y semimembranoso), el sartorio, el gracilis, el poplíteo y los gastrocnemios; siendo todos ellos biarticulares, excepto la porción corta del bíceps femoral y el poplíteo, que son monoarticulares^{9,10,13}. Gran parte de estos músculos flexores, van a actuar también como músculos rotadores de la rodilla; de esta forma, tenemos que el bíceps femoral, junto con el tensor de la fascia lata, colaboran en la rotación externa de rodilla; mientras que el sartorio, semitendinoso y semimembranoso, el grácil y el poplíteo, se encargan de la rotación interna^{9,10}.

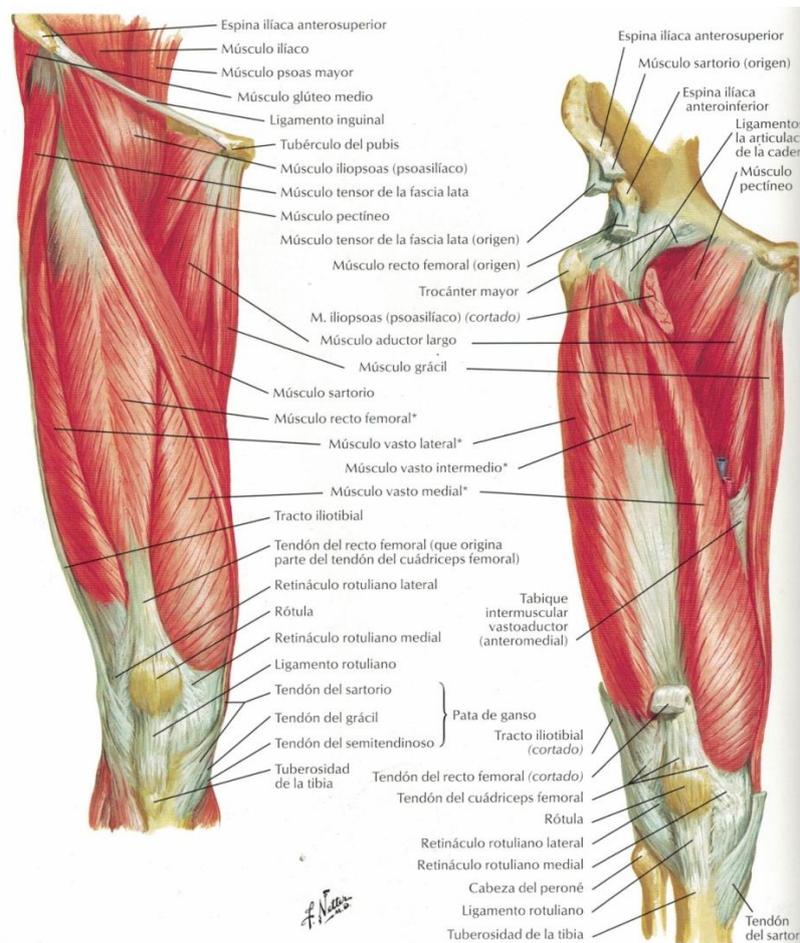


Figura 3. Músculos de la cara anterior del muslo¹².

el plano longitudinal; y la rotación que tiene lugar en el eje longitudinal y plano transversal, que como se describa anteriormente, solo puede producirse en una posición de flexión^{9,11}

2.2. LCA, mecanismos lesionales y factores de riesgo:

El LCA (figura 2) está formado por dos haces de colágeno enrollados sobre sí mismos, orientados de forma oblicua hacia arriba, hacia atrás y hacia fuera¹⁰. Tiene su origen a nivel del cuerno anterior del menisco interno y se inserta en la cara interna del cóndilo femoral externo⁹⁻¹¹.

Recordando lo mencionado en el apartado anterior, el LCA es uno de los encargados de ofrecer estabilidad en sentido medial a la rodilla. Sus funciones se pueden traducir en: evitar la hiperextensión de la rodilla, limitar el desplazamiento anterior y asegurar las rotaciones de la tibia con respecto al fémur¹⁰.

En la literatura encontrada, la mayoría de las lesiones de LCA ocurren en situaciones sin contacto, muy comunes en deportes tales como fútbol, baloncesto, tenis, voleibol o balonmano, cuando el deportista realiza un cambio brusco de dirección, acelera o desacelera, pivota sobre una rodilla cercana a la posición de extensión, o realiza un aterrizaje con una sola pierna en posición de extensión o hiperextensión^{5,6,14-17}. De todos estos posibles mecanismos lesionales, que implican situaciones de máxima tensión para el LCA, el más común es el cambio de dirección unido a una acción de desaceleración, que se traduce en la combinación de un movimiento en valgo, con una aducción de cadera y rotación interna de rodilla en los primeros grados de flexión, mientras el pie permanece fijado en el suelo^{16,17}.

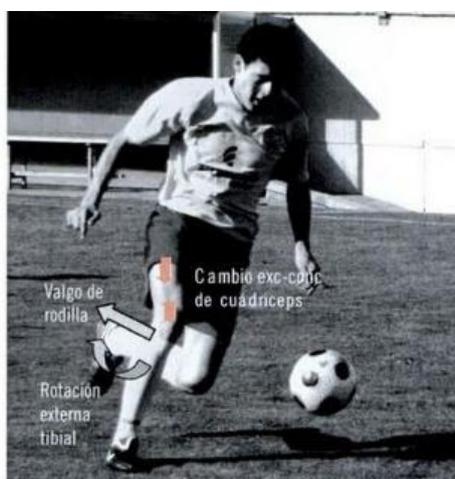


Imagen 5. Mecanismo lesional del LCA debido a un cambio de dirección¹⁶.

Dado que ambos factores, anatómicos y neuromusculares, son predictores potenciales de lesiones a este nivel debido al papel que juegan en su desarrollo, y puesto que las características antropométricas no son modificables, lo único que nos queda es incidir en el factor neuromuscular con el fin de disminuir la tasa de lesiones de rodilla¹⁹. Es por esto por lo que muchos de los entrenamientos de prevención de lesiones están basados en este principio^{7,8,17}.

2.3. Estabilidad del core:

Dentro de los programas de prevención podemos observar diversos componentes, tales como el entrenamiento del *core*, la realización de ejercicios pliométricos, trabajo de propiocepción, estabilización dinámica, fortalecimiento muscular de tipo excéntrico, estiramientos, etc³⁷. De todos los nombrados, a partir de ahora, es el primero de ellos, trabajo del *core*, el que vamos a analizar de forma más detallada, ya que el presente trabajo consiste en analizar su eficacia en la prevención de lesiones de LCA.

El concepto "*core*", viene del inglés y significa núcleo, centro o zona media del cuerpo^{21,22}. A pesar de ser un término ambiguo en la literatura, de forma general se puede hablar de un concepto con un significado más funcional que anatómico, que integra las estructuras musculares, osteo-ligamentosas y el control neural de la región situada entre el abdomen, la columna lumbar y la pelvis²¹⁻²⁴.

Estos tres elementos que constituyen el complejo abdomino-lumbo-pelvico, van a actuar de forma conjunta para dar lugar a lo que se conoce como estabilidad del *core*²¹⁻²⁴. Una definición bastante completa sobre la estabilidad del *core* relacionada con el deporte podría ser "la *capacidad para controlar la posición y el movimiento del tronco sobre la pelvis, permitiendo una óptima producción, transferencia y control de la fuerza y movimiento hacia los elementos distales o terminales de las cadenas cinéticas desarrolladas en actividades atléticas o deportivas*"²². Que dicho con otras palabras, es la acción conjunta de las estructuras musculares, osteo-ligamentosas y neurales de la región del *core*, con el fin de proporcionar una adecuada estabilidad a nivel del tronco, que permita la generación y transmisión de fuerzas hacia las extremidades, desde la zona central del cuerpo, para llevar a cabo diversas acciones deportivas²¹⁻²⁴.

Como se describe con anterioridad, y según el modelo de Panjabi, la estabilidad del *core* viene determinada por la interacción de 3 subsistemas: pasivo, neural y activo, que a

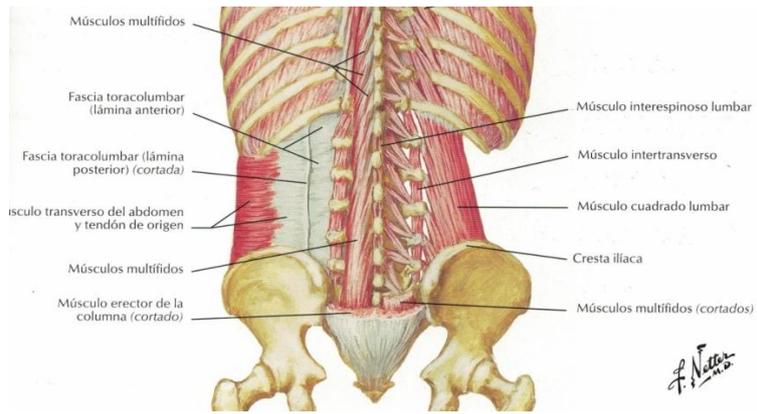


Imagen 8. Musculatura profunda de la región lumbar¹².

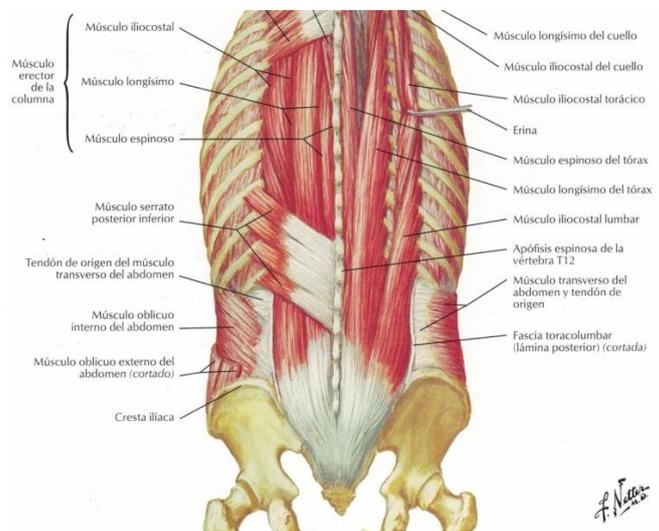


Imagen 9. Musculatura intermedia de la región lumbar¹².

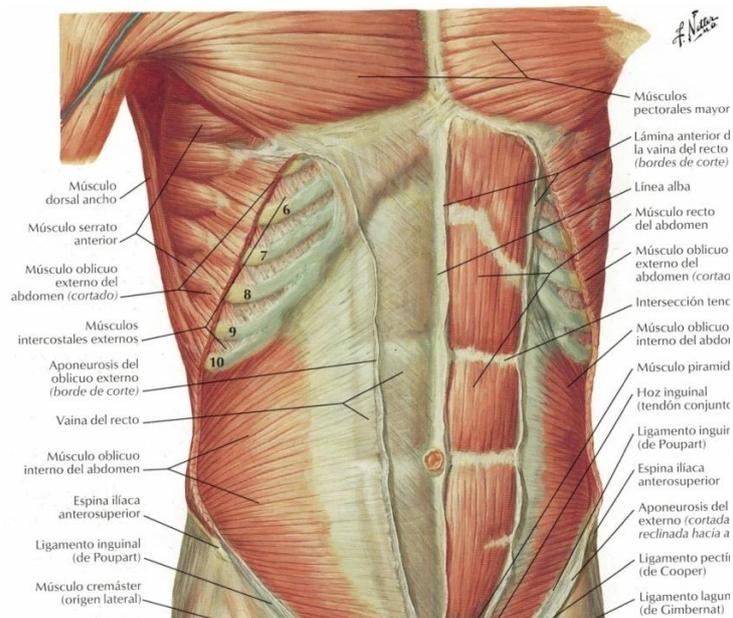


Imagen 10. Músculos de la pared abdominal¹².

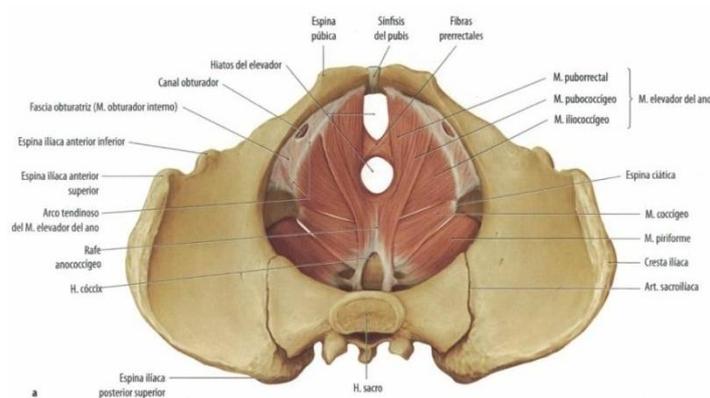


Imagen 11. Musculatura del suelo pélvico¹¹.

Los músculos estabilizadores globales, en cambio, van a ser grandes músculos superficiales, que actúan en más de una articulación, y son los principales encargados de producir movimiento; entre ellos tenemos: el recto del abdomen, el oblicuo externo, y el grupo erector de la columna (Imagen 9 y 10)²²⁻²⁵.

Sin embargo, este modelo propuesto por Bergmark fue modificado más tarde, ya que tanto Gibbons y Comerford, como Behm et al., propusieron otras agrupaciones con un punto de vista más funcional; ambos mantenían el grupo de estabilizadores locales, pero mientras Gibbons y Comerford, separaban los estabilizadores globales en estabilizadores y movilizadores, Behm et al. los dividía en movilizadores y transmisores de carga²³. Este nuevo subgrupo de músculos, transmisores de carga, conectan el tronco con la extremidad inferior a través de la pelvis, y a pesar de no ser siempre integrados dentro de la musculatura del *core*, toman un papel importante en su estabilización, ya que tienen relación con ellos a través de las uniones fasciales, lo cual les permite colaborar en la transmisión de fuerzas a través de la cadena cinética^{23,25}. Formando parte de este grupo tenemos el recto femoral, el sartorio, el psoasiliaco, el glúteo mayor, medio y menor, los músculos pelvitrocantéreos, el tensor de la fascia lata, el semimembranoso, el semitendinoso, la porción larga del bíceps femoral, el aductor mayor y menor, el aductor largo, el grácil y el pectíneo (Imagen 3 y 4)^{23,25}.

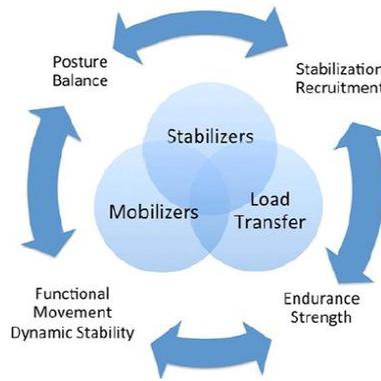


Imagen 12. Componentes del *core stability*²³.

2.4. Relación de la estabilidad del *core* con la función y las lesiones de rodilla:

El término "*core*" fue utilizado por primera vez en 1983 por R. Domínguez y R. Gajda en su libro "*Total body training*", pero ha sido de forma reciente cuando ha adquirido mayor popularidad, sobre todo en el ámbito deportivo, debido al papel que se ha visto que ejerce en la prevención y tratamiento de diversas lesiones, destacando sobre todo las de miembro inferior, a pesar de la poca evidencia que existe sobre ello²¹⁻²⁴.

A primera vista, quizá pueda resultar extraño, que la musculatura de una zona tan alejada de la rodilla, como es el *core*, pueda condicionar la aparición de lesiones a este nivel; sin embargo, se ha demostrado que la función de dicha musculatura influye en diversas estructuras, abarcando desde la columna lumbar a la zona más distal de la extremidad inferior²⁴. Dicho esto, es importante recalcar, que no todas las lesiones del miembro inferior se deben asociar a una deficiencia de la musculatura del *core*²⁴.

Podría decirse, que la estabilidad del *core*, en muchas de las actividades deportivas, es el componente principal del movimiento funcional de la extremidad inferior. Esta afirmación, puede ser argumentada mediante la existencia de diversos estudios que confirman la activación, mucho antes del movimiento voluntario de la extremidad inferior, de los músculos estabilizadores locales y movilizadores globales pertenecientes a la región del *core*. Estas contracciones son el resultado de un mecanismo de anticipación, proporcionado por el *feed-forward*, con el fin de crear una estabilidad proximal para un movimiento distal²³⁻²⁵.

Mediante diversos estudios electromiográficos (EMG) se ha visto que el orden de activación de la musculatura del *core*, antes del inicio del movimiento del miembro inferior, es primero el transversal del abdomen, después los multifidos, y a continuación los oblicuos y el

recto del abdomen; lo que concluye que estos músculos, y más concretamente el transverso del abdomen y los multífidos, crean una base estable para el movimiento de la extremidad inferior²³⁻²⁵. Los músculos abdominales tienen como principal función mantener la postura y sostener las vísceras abdominales, por lo que a menudo reciben la denominación de corsé abdominal; y los multífidos, se encargan de controlar los segmentos vertebrales lumbares, además, junto con el transverso del abdomen, de desarrollar un papel importante en la distribución de la fuerza hacia los miembros inferiores^{26,27}. La co-contracción de estos, junto con el diafragma y el suelo pélvico, aumentan la presión abdominal, la cual favorece al aumento de la rigidez del tronco y la estabilidad^{24,26}.

Además de estos músculos, también pertenecientes a la región del *core*, pero no incluidos en todos los estudios, tenemos los músculos de la cadera, también llamados transmisores de carga. Este grupo de músculos, citados ya previamente, se encargan de controlar y orientar el miembro inferior, motivo por el que frecuentemente se ven implicados en lesiones a este nivel^{23,25}. Dentro de los músculos transmisores de carga, existen multitud de ellos, pero los que toman un papel más relevante en cuanto a la prevención de lesiones del miembro inferior, son los abductores y rotadores externos de cadera. La debilidad de ambos grupos musculares, son predictores de lesiones a nivel de la extremidad inferior^{23,24}. Hay estudios, que relacionan esta debilidad con un mayor riesgo de lesión por no contacto del LCA, debido a que estos músculos pierden la capacidad de resistir el movimiento de valgo y la rotación externa de la tibia con respecto al fémur, los cuales están relacionados con el gesto lesional del cruzado anterior; sin embargo son necesarios más estudios para confirmar la contribución de estos músculos en la prevención del valgo dinámico²⁴. Otros estudios EMG, analizan la activación de esta musculatura durante la realización de saltos verticales, los cuales son otra forma típica de lesión del LCA; durante la ejecución de estos, más en mujeres que en hombres, en la fase de aterrizaje aparece un valgo dinámico, que varios autores lo relacionan con la disminución de la musculatura del *core*, más concretamente con la situada a nivel la cadera^{24,27}. La explicación de esto, es que la debilidad de esta musculatura, junto con las fuerzas de reacción del suelo dirigidas hacia el centro de masa del cuerpo, llevan a una inestabilidad dinámica de la rodilla que compromete a lesiones (Imagen 13)²⁴.

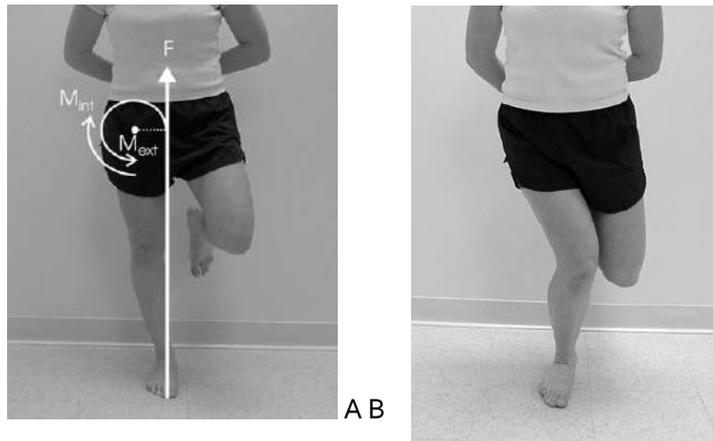


Imagen 13. (A) Mientras nos soportamos sobre una pierna, la fuerza de reacción vertical del suelo (F) atraviesa medialmente la cadera, creando un momento de abducción que debe ser opuesto por otro momento igual creado por la musculatura del *core* situada a nivel de cadera, para evitar el movimiento hacia la aducción y rotación interna femoral. (B) El incremento de la aducción y rotación interna del fémur, significa la ineficacia de la musculatura del *core*²⁴.

Todo esto, contribuye a evidenciar que una alteración en el reclutamiento de la musculatura del *core* o una disminución del tono de esta, puede estar en relación con la función y las lesiones que afectan a la extremidad inferior^{23,24}.

2.5. Evaluación de la estabilidad del *core*

Antes de llevar a cabo la implantación de un programa de prevención, lo primero que hay que hacer es identificar aquellos factores que supongan un riesgo de lesión²³. La valoración de la estabilidad del *core* es algo compleja, al igual que su propio concepto, ya que no existe una única prueba capaz de medir dicha condición; las diversas técnicas utilizadas evalúan el reclutamiento de los músculos del *core*, su fuerza y resistencia, el control postural, el equilibrio y los patrones de movimiento^{23,24}. Dentro de la gran batería de métodos que podemos encontrar para su valoración, tenemos dos grandes grupos.

Por una parte, existen métodos muy fiables, los cuales, debido a los altos costes y tiempo que suponen utilizarlos, son empleados expresamente por los investigadores^{24,28}. Algunos de estos pueden ser estudios EMG, o estudios de valoración biomecánica (Imagen 14, 15 y 16), cuyo principio es evaluar la estabilidad del tronco o la capacidad de retomar su posición, tras la aplicación de fuerzas sobre él^{24,28}.

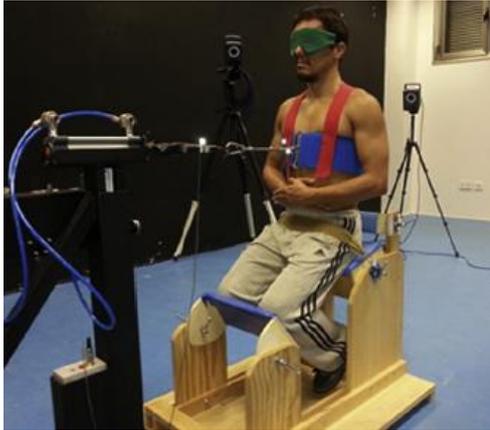


Imagen 14. Mecanismo de tracción neumática para la aplicación de cargas súbitas en diferentes direcciones y sentidos, en un sujeto semisentado con el raquis en posición neutra. Se aplican fuerzas y mediante un sistema de análisis de movimiento 3D se conoce la respuesta cinemática del tronco²⁸.

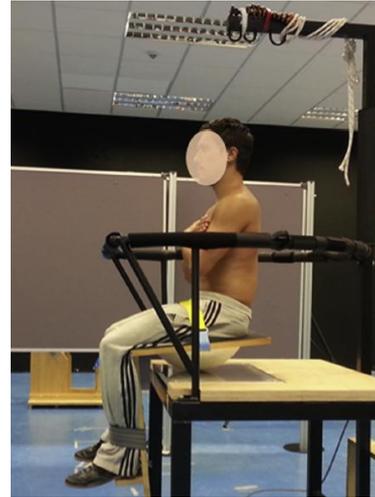


Imagen 15. Perturbaciones constantes aplicadas en un sujeto sentado sobre un asiento inestable colocado encima de una plataforma de fuerza que cuantifica el desplazamiento de presiones y valora el control postural²⁸.

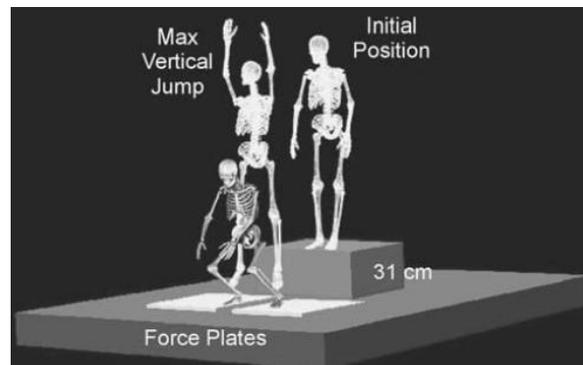


Imagen 16. Salto desde un cajón de 31 cm seguido de un salto vertical máximo. Gracias a plataformas de fuerza y cámaras de alta velocidad, se miden los ángulos y momentos de fuerza de flexión-extensión y aducción-abducción de rodilla y cadera²⁹.

Y por otra, tenemos aquellos tests, que por su bajo coste y rápida forma de llevarlos a cabo, son la opción elegida por muchos equipos deportivos o centros de rehabilitación^{24,28}. Dentro de éstos existen diversos tests que valoran diferentes aspectos como la condición muscular, es decir, la fuerza y resistencia, y el equilibrio o control postural.

Para evaluar la condición muscular, son utilizados ejercicios isométricos tales como^{23,24,28}:

- Test de puente lateral (*Side bridge test*). Consiste en mantenerse durante el máximo tiempo posible, en decúbito lateral mediante un apoyo sobre el antebrazo y los pies.



Imagen 17. Test del puente lateral (*Side bridge test*)²³.

- Test de resistencia flexora (*Flexor endurance test*). Sujeto deberá permanecer el máximo tiempo posible en una posición sentada con las rodillas y las caderas flexionadas 90°, y el tronco elevado a 60° de la base sobre la que esté apoyada.



Imagen 18. Test de resistencia flexora (*Flexor endurance test*)²³.

- Test de resistencia extensora o Biering-Sorensen test (*Extensor endurance test*). El sujeto desde una posición de tumbado boca abajo con la parte superior del tronco fuera de la camilla, debe mantener el tronco en la horizontal el mayor tiempo posible.



Imagen 19. Test de resistencia extensora o Biering-Sorensen test (*Extensor endurance test*)²³.

- Test isométrico de abductores y rotadores externos de cadera (*isometric femoral abduction and external rotation strength test*), mediante una fijación del cuerpo y un dinamómetro manual.



Imagen 20. Test isométrico de abductores (a) y rotadores externos (b)²⁴.

El equilibrio o control postural, puede ser evaluado mediante distintas pruebas en las que se analizan las descompensaciones producidas por la debilidad de la musculatura del complejo lumbo-pélvico; estas pruebas son^{23,24,28}:

- Test de equilibrio sobre una pierna (*Single leg standing balance test*).



Imagen 21. Test de apoyomonopodal (Single leg standing balance test) (Elaboración propia).

- Test de sentadilla sobre una pierna (*Single-leg squat test*).



Imagen 22. Test de sentadilla sobre una pierna (*Single-leg squat test*)²⁴.

- Test de equilibrio sobre una pierna en tres planos (*Single leg standing with 3 plane test*). En el que el paciente mediante un apoyo monopodal, ejecutará movimientos de tronco en los diferentes planos, manteniendo en todo momento la pelvis, la columna y la cabeza alineadas.



Imagen 23. Test de equilibrio sobre una pierna en tres planos (*Single leg standing with 3 plane test*)²³.

- Test de elevación de un brazo y pierna en cuadrupedia (*Cuadruped arm and leg raise test*).



Imagen 24. Test de elevación de un brazo y pierna en cuadrupedia (*Cuadruped arm and leg raise test*)²³.

- Test de descenso de las dos piernas (*Double-leg lowering test*), test de descenso de las piernas con las rodillas dobladas (*Bentknee lowering test*) y test de estabilidad del core Sahrman (*Sahrman core stability test*). Consisten en controlar la postura del complejo lumbo-pélvico (pelvis en retroversión y lordosis lumbar aplanada) durante el movimiento de las extremidades inferiores.



Imagen 25. Test de descenso de las dos piernas (*Double-leg lowering test*)²³.

2.6. Ejercicios de *core*:

Los programas de *core* consisten en ejercicios cuyo objetivo principal es el aprendizaje de la activación del transversal del abdomen y los multifidos lumbares, con el fin de mejorar el control motor y la estabilidad de la zona abdomino-lumbo-pélvica, manteniendo en todo momento el tronco en posición neutra^{23,24,28}.

Por lo general, a la mayoría de los pacientes, les resulta muy difícil generar la co-contracción de estos grupos musculares, dominando sobre ellos la activación del recto del abdomen, oblicuos externos e internos, y erector de la espalda, es decir, de los músculos estabilizadores globales y movilizadores^{23,24}.

El aprendizaje de esta contracción se puede empezar desde la posición de decúbito supino o prono, palpando profundamente los músculos abdominales o mediante el uso de aparatos de retroalimentación, para ayudar a los pacientes a aprender el patrón de activación correcto²⁴. Una vez aprendido éste, se puede progresar a diferentes posiciones en la que los pacientes tengan que mantener de base esa contracción, para que la columna quede en posición neutra, y después realizar los movimientos con las extremidades; el objetivo final es poder realizarlo en actividades funcionales y de la vida diaria²⁴.

Algunos de los ejercicios más conocidos son^{23,24,28}:

- Puente o plancha frontal (*Frontal and lateral plank*)



Imagen 26. Puente o plancha frontal (*Frontal plank*)²³.



Imagen 27. Puente o plancha lateral (*Lateral plank*)²³.

- Abdominales (*Curl-up*)



Imagen 28. Abdominales (*Curl-up*) (Elaboración propia).

- Puente dorsal (*Bridge or dorsal plank*)



Imagen 29. Puente dorsal (*Bridge or dorsal plank*)²³.

- Perro (*Bird dog*) (Imagen 24)

Estos, pueden sufrir progresiones mediante la supresión de zonas de apoyo del cuerpo, u otro tipo de materiales como superficies inestables (bosú, fitball, etc), barras oscilantes, correas de suspensión, sistemas de cables y poleas, etc²⁸.

3. JUSTIFICACIÓN

En el ámbito deportivo se producen un gran número de lesiones, entre las cuales encontramos las que afectan a la rodilla, siendo dentro de ellas, la rotura de LCA la más común. Este tipo de lesión, en el mundo deportivo, está catalogada como una de las más graves, debido tanto a los relevantes costes económicos que suponen, a causa de su elevada incidencia, como a la gran incapacidad que genera a los deportistas, ya que obliga a éstos a apartarse de los entrenamientos y competiciones, durante aproximadamente 6-8 meses, que es el tiempo promedio estimado para la recuperación de dicha lesión.

En la bibliografía se encuentran pocos estudios sobre la prevención de esta lesión, siendo en cambio muy abundantes aquellos que tratan sobre su rehabilitación. Es interesante enfocar el papel que tiene el fisioterapeuta en el tratamiento de dichas lesiones, pero también sería igual o más interesante poder reducir el número de éstas, realizando una labor de prevención, para evitar así las consecuencias anteriormente citadas que trae consigo la lesión de LCA.

Los ejercicios de *CORE* están ganando popularidad y se están convirtiendo en la práctica habitual dentro de las rutinas de entrenamiento de deportistas. Es un trabajo sencillo y que por su implicación de tronco y extremidades inferiores puede ser de utilidad como prevención frente a las lesiones de EEII. A pesar de la poca evidencia científica que existe con respecto a ello.

4. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es conocer, utilizando la evidencia científica disponible, si el trabajo del *core* puede tener influencia en la prevención de lesiones de rodilla y más concretamente en las que implican al LCA. Para ello se realizará una revisión bibliográfica de la literatura.

Como objetivo secundario buscamos analizar las pautas de entrenamiento del *core* que suponen mejores resultados para la prevención de lesiones.

5. MATERIAL Y METODOS

5.1 Estrategia de búsqueda:

La búsqueda de artículos científicos realizada en las bases de datos *Pubmed*, *PEDro*, *Science direct* y *Cochrane*, para elaborar esta revisión bibliográfica sobre el uso de ejercicios del *core* como prevención de lesiones de rodilla, concretamente del LCA, fue llevada a cabo entre los meses de enero a abril del 2017.

La estrategia de la búsqueda se ha realizado buscando obtener una respuesta sobre el objetivo establecido utilizando el sistema PICO. Con ello conseguimos información sobre el tipo de **Paciente**, la **Intervención** realizada, **Comparación** con otras técnicas y **Outcomes** (resultados) obtenidos en el estudio. En este trabajo no se partía de una comparativa frente a otro tipo de técnica si bien se observó que en algunos artículos si comparaban distintos tipos de intervención. Siguiendo esas premisas se describen las características del estudio:

- La población que se analizó fueron deportistas cuya práctica podría suponer un aumento de riesgo de lesión del LCA.
- La intervención objeto de análisis fue la terapia con ejercicios de CORE.
- Comparación con otro tipo de técnica no hubo en la búsqueda.
- Y como resultados se buscaba una disminución en el número de lesiones de esas estructuras anatómicas.

Las palabras claves utilizadas en la estrategia de búsqueda de todas las bases de datos fueron "*training program*", "*prevention programs*", "*core stability*", "*trunk stability*", "*core exercises*", "*stability trunk exercises*", "*back exercises*", "*ACL injury*", y "*knee injuries*", las cuales se combinaron mediante la utilización de los operadores lógicos o booleanos AND y OR.

Debido a los diferentes criterios específicos que presenta cada base de datos a la hora de realizar las búsquedas, la sintaxis utilizada varía de un buscador a otro; siempre intentado que guarden entre ellas la mayor similitud.

A continuación, se describen las estrategias de búsqueda utilizadas en cada base de datos:

→ Pubmed

("training program" OR "prevention programs" OR "prevention exercises") AND ("core stability" OR "trunk stability" OR "core exercises" OR "back exercises" OR "trunk stabilization") AND ("acl injury" OR "knee injury")

→ PEDro

"knee injuries" AND "core exercises "
"knee injuries" AND "core stability"
"acl" AND "core exercises"
"acl" AND "core stability"
"prevent" AND "coreexercises"

→ Cochrane

("training program" OR "prevention programs" OR "prevention exercises") AND ("core stability" OR "trunk stability" OR "core exercises" OR "back exercises" OR "trunk stabilization") AND ("acl injury" OR "knee injury")

→ Sciencedirect

("knee injury" OR acl injury") AND ("core stability" OR "trunk stability" OR "core exercises" OR "back exercises" OR "trunk stabilization")

5.2 Criterios de inclusión y exclusión:

Los criterios de inclusión aplicados en todas las bases de datos, para la obtención de artículos fueron:

- Ser ensayos clínicos aleatorizados (ECA).
- Estudios cuya población de estudio sean deportistas.
- Publicados en los últimos 10 años, escritos en inglés, francés o español.
- Puntuación en la escala PEDro igual o superior a 5/10.

En cuanto a los criterios de exclusión que empleados, tenemos:

- Estudios que como medida de investigación no sea la prevención de lesiones de rodilla (más concretamente la del LCA).
- Estudios duplicados, estudios que no se pudieron conseguir a texto completo.

5.3 Selección de artículos:

El procedimiento de selección de los artículos utilizados para elaborar esta revisión sistemática, se llevo a cabo después de realizar las pertinentes búsquedas en las diferentes bases de datos citadas anteriormente; tras lo cual se obtuvieron un total de 89 artículos, todos ellos realizados en humanos y con una antigüedad máxima de 10 años.

A partir de esto, se procedió a filtrar estos 89 artículos en función de los criterios de exclusión e inclusión establecidos anteriormente. Una sola persona, la autora, fue quien realizó el proceso de selección de los estudios.

En primer lugar, se comenzó revisando los artículos que estaban duplicados, encontrando 15; lo cual supone en realidad un total de 74 artículos.

Posteriormente se excluyeron de la búsqueda aquellos estudios que no eran ECA, quedándonos con un total de 20 artículos.

A continuación, se analizó el idioma en el que estaban redactados los estudios, pero al estar todos en español e inglés, no se tuvo que descartar ninguno.

Después, se realizó un cribado de estos 20 artículos restantes, mediante la lectura del título y el *abstract* de cada uno de ellos, descartando aquellos que no tenían relación con el tema. De esta forma, quedaron con 8 artículos, que después de ser leídos exhaustivamente, seleccionados 4 de ellos.

Y por último, se valoró la calidad metodológica de estos artículos mediante la escala de PEDro (Anexo 1), teniendo todos ellos una puntuación mayor a 5/10, considerándose por tanto validos para realizar esta revisión.

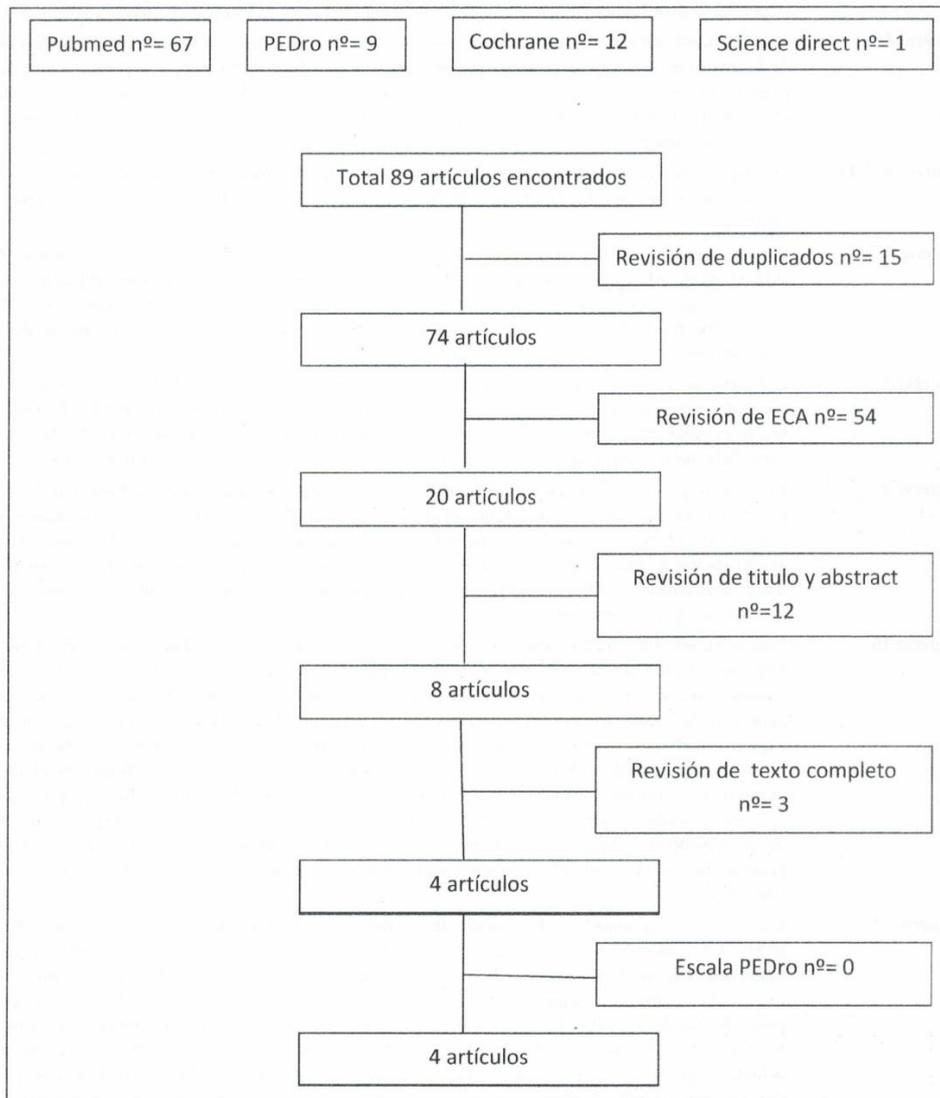


Figura 1: Diagrama de flujo esquematizando el proceso de selección de los artículos

6. RESULTADOS

Como se ha hecho referencia en el apartado anterior, solo han sido 4 los estudios que han pasado nuestros criterios de inclusión y exclusión. A continuación se analizan cuales son los resultados de cada uno de ellos, que se resumen de forma global en la tabla del Anexo 2.

Van Deijsterveldt AMC. *et al.*³⁰, realizaron un ensayo clínico controlado aleatorizado, cuyo objetivo era investigar los efectos del "The 11", el cual hace referencia a un programa de prevención de lesiones desarrollado con ayuda de la FIFA. Para este estudio participaron un total de 456 futbolistas, pertenecientes a dos equipos holandeses de alto nivel de fútbol amateur, cuya edad estaba comprendida entre los 18 y los 40 años. Fueron distribuidos de forma aleatoria en dos grupos, de intervención y control, que se dividieron en 11 y 12 subgrupos respectivamente. El grupo de intervención fue aquel que desarrollo durante el calentamiento de cada entrenamiento de la temporada 2009-2011, al menos 2 veces por semana, el programa de prevención de lesiones "The 11", que incluía 10 ejercicios que se centraban en el trabajo de la estabilidad del *core*, el entrenamiento excéntrico de los músculos del muslo, el entrenamiento propioceptivo, la estabilización dinámica y la pliometría; en cambio, el grupo control, se limitó a continuar su rutina de entrenamiento normal. Tras finalizar la temporada, se hizo un recuento del total de lesiones, resultando una suma de 427 lesiones, de las cuales 207 se produjeron en el grupo de intervención y 220 en el grupo control. A pesar de no encontrarse diferencias significativas entre ambos grupos en cuanto a la disminución de las lesiones, si se observó una diferencia en cuanto a la localización de las mismas, habiendo una disminución de las lesiones de rodilla en el grupo de intervención. Tras estos resultados, concluyeron que existían serías dudas sobre la eficacia del "The 11", siendo recomendable la realización de más investigaciones acerca de la etiología de las lesiones y los factores de riesgo en los jugadores de fútbol.

Walden M. *et al.*³¹, en su estudio, tenían como objetivo comprobar la efectividad de un programa de entrenamiento neuromuscular para reducir las lesiones de rodilla en futbolistas, analizando primariamente la lesión de LCA y secundariamente las lesiones graves y agudas de rodilla. Para ello realizaron un ensayo clínico controlado aleatorizado, en el que participaron 4564 jugadoras de equipos suecos, con características basales similares y cuya edad media estaba comprendida entre los 12-17 años. Las deportistas fueron divididas al azar en dos grupos, uno primero que realizó un programa de calentamiento neuromuscular durante dos veces a la semana a lo largo de toda la temporada, y un segundo grupo control, que prosiguió con su rutina habitual. El programa de calentamiento neuromuscular al que estaba sometido

el primer grupo, constaba de 6 ejercicios diferentes, los cuales se encontraban subdivididos en cuatro etapas de dificultad progresiva y un ejercicio de pareja; el objetivo de dicha intervención era lograr un buen control de la rodilla y estabilidad del *core*. Durante la temporada se registraron un total de 21 lesiones de LCA, de las cuales 7 pertenecían al grupo de intervención, correspondiendo las 14 restantes al grupo control. Por lo tanto, la conclusión de este estudio fue la eficacia de este programa para disminuir la tasa de lesiones de LCA por no contacto, ya que tras la temporada se mostró una reducción estadísticamente significativa del 64% en el grupo de intervención con respecto al grupo control; no encontrándose en cambio resultados significativos para los objetivos secundarios. Estos motivos demostraron que este programa parecía prometedor en el trabajo de prevención de lesiones de LCA.

Pfile KR. *et al.*³² llevaron a cabo un estudio de cohortes, en el que evaluaban la eficacia de diferentes programas de prevención, como son la estabilidad del *core* y la pliometría, con el fin de disminuir el riesgo de lesión de LCA por no contacto, al modificar los patrones biomecánicos asociados con dicha lesión. En el estudio, que tuvo una duración de 4 semanas, participaron un total de 23 atletas femeninas, con una edad media de 14,8 años, pertenecientes a equipos de lacross y fútbol. Fueron divididas de forma no homogénea en tres grupos diferentes, de los cuales uno de ellos era control y los otros dos de intervención. El grupo control, formado por 6 deportistas, continuó sus actividades normales; mientras que a los grupos de intervención, compuestos por 8 y 9 jugadoras, se les sometió respectivamente a un programa de estabilidad del *core* y de pliometría, que eran llevados a cabo tres veces a la semana. El grupo al que se le asignó el programa de pliometría realizaba de una serie de saltos bipodales y monopodales, además de ejercicios para trabajar la técnica de salto, estas actividades eran progresivas en dificultad. En cambio, el programa de estabilidad del *core* se centro en mejorar la coordinación de los estabilizadores lumbares y abdominales, además de en los extensores, abductores y rotadores externos de cadera, a través de ejercicios que iban cobrando mayor dificultad a lo largo del programa. Antes y 10 días después de la finalización del estudio, cada una de las participantes fue evaluada mediante la realización de un salto bipodal desde una cajón de 25 cm seguido de un salto vertical máximo, con el fin de recabar los datos cinéticos y cinemáticos, que posteriormente son utilizados en la investigación para valorar la eficacia de las intervenciones. Las variables cinemáticas recogidas son los ángulos de flexión, aducción y rotación interna de cadera, flexión, abducción y rotación interna de rodilla, y flexión lateral del tronco; además se midieron los momentos externos a las articulaciones, como son la flexión, aducción y rotación interna de cadera, y la flexión, abducción y rotación interna de rodilla. Tras la finalización del estudio se observó en el grupo

control una disminución del momento de rotación externa de rodilla; en el grupo de pliometría, una reducción de los ángulos de flexión y rotación interna de rodilla, además de los momentos de flexión y abducción de rodilla; y en el grupo de estabilidad del *core*, una disminución de los ángulos de flexión y rotación interna de rodilla, aparte de la disminución de los momentos de flexión y rotación interna de cadera; no encontrándose ninguna variación en cuanto a la flexión del tronco en ninguno de los 3 grupos. Con estos resultados, se concluye que ambos programas de intervención influyen en la mejora biomecánicas, por lo que son eficaces para la prevención de lesiones del LCA.

Jamison ST. *et al.*³³ tenían como objetivo valorar la efectividad de un programa de ejercicios de estabilización de tronco, frente a un programa que incorporaba únicamente entrenamientos de resistencia, que llevaran a un mejor rendimiento atlético y un menor riesgo de lesión. Para ello se lleva a cabo un ensayo clínico aleatorizado en el que participan 36 jugadores de fútbol americano que cumplían los criterios de selección especificados, y que posteriormente fueron distribuidos equitativamente en dos grupos, uno de resistencia (RT) y otro de estabilidad de tronco (TS); aunque fueron después sólo 22 personas las que terminaron el estudio. Las pruebas de agilidad, de carga biomecánica de rodilla, de control de tronco, y de fuerza y resistencia del core, fueron evaluados 14 días antes y 14 días después de la aplicación de los programas; dichos datos son utilizados para establecer los resultados del artículo. A ambos grupos se les sometió durante 10 minutos a la realización a lo largo de 6 semanas de un programa de resistencia, incluyendo adicionalmente en uno de los grupos (TS) la realización de ejercicios de estabilidad de tronco durante 15 minutos. Finalizado el estudio, no se mostraron diferencias significativas entre ambos grupos, ni dentro de ellos comparando los resultados de la evaluación inicial y de la final. Sin embargo se observó que ambos grupos consiguieron mejoras en cuanto a la fuerza de las piernas, siendo solo el programa de ejercicios de estabilización de tronco capaz de incrementar la fuerza y resistencia del core. En relación a esto, también se encontró una mejora significativa del control del tronco en el grupo TS, cuando se comparó con el grupo RT. Por el contrario, solo el grupo RT obtuvo mayores cambios en el rendimiento atlético, además de la carga de rodilla, no siendo tan importantes para el grupo de TS, pero no difiriendo mucho de ellos. Por estos resultados, sugieren la aplicación de este tipo de entrenamientos en deportes que impliquen la coordinación del movimiento del tren superior e inferior, con el fin de obtener mejoras en el control de tronco y biomecánica de las extremidades inferiores, que puedan disminuir el riesgo de lesión.

7. DISCUSIÓN

Como ya se ha hecho referencia en apartados anteriores del trabajo, la prevención de este tipo de lesiones supone un reto importante a nivel de los equipos deportivos, debido a las consecuencias que acarrea su alta incidencia. El entrenamiento del *core* es uno de los muchos tipos de modalidades existentes como prevención de lesiones del LCA, y debido a su reciente aparición, existen pocos artículos de investigación acerca de su eficacia.

Entre los artículos utilizados para llevar a cabo esta revisión bibliográfica podemos encontrar dos tipos diferentes de estudios, según la forma en la que se valora la eficacia de estos programas de prevención. Mientras que aquellos llevados a cabo por Van Deijsterveldt AMC. *et al.*³⁰ y Walden M. *et al.*³¹ basan la efectividad de dichos programas tras la cuantificación del número de lesiones a lo largo de una temporada, Pfile KR. *et al.*³² y Jamison ST. *et al.*³³ lo hacen a través del análisis de variables biomecánicas, cuantificación de fuerza y estabilidad del tronco y músculos de la pierna, que pueden ser factores de riesgo en la lesión del LCA.

Todos ellos parecen poder tener efectos positivos, tanto de forma directa como indirecta, en la reducción de lesiones del LCA por no contacto. Los artículos realizados por Walden M. *et al.*, Pfile KR. *et al.* y Jamison ST. *et al.* muestran resultados claramente favorables a la reducción de tales lesiones, no siendo igual de concisos en el de Van Deijsterveldt AMC. *et al.*, cuyos resultados ofrecen una reducción de las lesiones de rodilla en el grupo de intervención tras la aplicación del programa de prevención, sin especificar el tipo de lesión de la que se trata. Sin embargo, otro estudio realizado en jugadores de fútbol adolescentes, en el que se lleva a cabo la implantación del mismo programa de prevención, "The 11+", se observa una reducción de un 77% de las lesiones del LCA, por lo que se podría concluir su efectividad sobre estas lesiones³⁴. A raíz de estos resultados, se han desarrollado investigaciones acerca del uso del "The 11+" con el fin de reducir los costes médicos derivados de las lesiones de rodilla y LCA a causa de su disminución, ya que son las que mayores gastos suponen, debido a su necesidad de someter al jugador a una intervención quirúrgica y a la larga recuperación que conllevan³.

Los programas de prevención que se llevan a cabo en todos los artículos, son muy similares, incluyendo dentro de éstos, aunque con alguna variación, ejercicios de *core*, pliométricos, propiocepción, y trabajo de fortalecimiento de los músculos periarticulares de la rodilla. Hecho que supone una limitación a la hora de valorar la eficacia de los ejercicios de *core* como método para disminuir las lesiones del LCA, ya que la inespecificidad de dichos

programas dificulta el análisis de forma aislada de los beneficios de los ejercicios de *core*. Esto ocurre sobre todo en los artículos desarrollados por Van Deijsterveldt AMC. *et al.* y Walden M. *et al.*, en los que a los grupos de intervención se les somete a un programa de calentamiento neuromuscular que incluye una combinación de los ejercicios ya nombrados. Pfile KR. *et al.* Jamison ST. *et al.*, en cambio, se puede decir que analizan de forma más concisa la eficacia de los ejercicios de *core*, ya que realizan una aplicación aislada de éstos en alguno de los grupos que participan en el estudio.

Además de ésta, se ven presentes otro tipo de limitaciones, tal como es la variabilidad de los sujetos participantes en los estudios. En prácticamente todos los artículos, la muestra poblacional está constituida por deportistas adolescentes, cuya edad oscila entre los 12-18 años, exceptuando en el de Van Deijsterveldt AMC. *et al.* cuya población tiene una edad comprendida entre los 18 y 40 años. Este hecho, puede ser una explicación del pobre resultado que ofrece en este estudio el grupo de intervención con respecto al control, en lo que se refiere a la disminución de lesiones después de la aplicación del programa de prevención, ya que resulta más fácil realizar cambios en los patrones de movimiento cuando éstos aún no han sido establecidos, como pasa en la población adolescente del estudio de Silvers-Granelli HJ *et al.*, obteniendo de esta manera resultados más exitosos en cuanto a la reducción de lesiones³⁴. En lo que respecta al género de los participantes, se puede destacar los altos beneficios que se observan, aplicando un programa de prevención muy similar, en el estudio de Soligard *et al.*, llevado a cabo en población femenina, en contraste con el de Van Deijsterveldt. *et al.*, realizados con sujetos masculinos; a pesar de la mayor incidencia de este tipo de lesiones en mujeres se observa que tras la aplicación de un programa preventivo el número de nuevas afectaciones disminuye en esta población con respecto a los hombres^{8,18,20,35}. Además, el tamaño muestral de la población participante en el estudio no es igual en todos, siendo muy pequeño en los desarrollados por Pfile KR. *et al.* y Jamison ST. *et al.*, lo cual podría llevar a resultados erróneos o irreales, al no poder ser extrapolables a una población mayor. En cuanto a la distribución de la población en los grupos, todos los estudios lo realizan de forma aleatoria, excepto el realizado por Pfile KR. *et al.*, lo que hace que los grupos de dicho artículo no tengan las mismas características, y por tanto no sean homogéneos.

Otras limitaciones que encontramos, son por una parte, el corto periodo de tiempo durante el que se aplican los programas de prevención, como ocurre en los artículos de Pfile KR. *et al.* y Jamison ST. *et al.*, así como también el escaso número de veces que se desarrollan a lo largo de la semana, lo cual sucede en los estudios de Van Deijsterveldt AMC. *et al.* y

Walden M. *et al.*; esto hace que dichos programas de prevención resulten insuficientes para poder percibir cambios significativos en cuanto a la disminución de lesiones. Por otra parte, observamos que en ninguno de los estudios tanto los sujetos, como el terapeuta y los evaluadores no estaban cegados, lo que quita calidad a la investigación. Y por último, en gran parte de los estudios, las personas encargadas de llevar a cabo la implantación de los programas de prevención no estaban perfectamente cualificados, pudiéndose haber inducido erratas en la realización correcta de los ejercicios, y no reportando por tanto los beneficios esperados.

Todo esto afecta a la validez interna de dichos artículos, lo que posibilita la existencia de errores en los datos recogidos por los estudios. Por ello, es necesaria la realización de futuras investigaciones que tengan en cuenta tales limitaciones, para mejorar la calidad de éstos.

Como ya se ha comentado antes, todos los artículos utilizados para defender la hipótesis de éste trabajo muestran resultados positivos; Van Deijsterveldt AMC. *et al.* y Walden M. *et al.* lo hacen a través de porcentajes que indican la reducción de lesiones, y Pfile KR. *et al.* y Jamison ST. *et al.* lo hacen mediante el análisis de diferentes variables, las cuales se analizan a continuación.

Tras la aplicación del programa de prevención, Pfile KR. *et al.*, en su estudio, encuentran en el grupo de ejercicios de *core*, una disminución de la flexión y rotación interna de rodilla, así como de la flexión y rotación interna de cadera; no encontrando, en cambio, grandes diferencias en cuanto a la flexión lateral del tronco y abducción de rodilla, las cuales son factores importantes en el mecanismo lesional del LCA por no contacto^{29,36,37}.

La disminución de la flexión de rodilla, variable no esperada a ser encontrada en el estudio debido al incremento de riesgo de lesión que supone para el LCA, puede ser debida tanto a una inactivación de los isquiotibiales, los cuales limitan el desplazamiento anterior de la tibia que pone en tensión en LCA, como a una disminución de la activación cuádriceps a causa a la mayor eficacia de los músculos de la cadera e isquiotibiales para absorber el impacto durante el salto³⁸.

Por otro lado, la reducción de la rotación interna de rodilla, es un hecho positivo para la reducción del riesgo de lesión del LCA ya que éste lo pone en situación de estrés; esto puede ser debido a cambios de fuerza producidos a nivel de los músculos de la cadera, sobre todo de

los rotadores externos, los cuales van a crear adaptaciones a lo largo de toda la cadena cinética^{38,39}.

Y finalmente la reducción de la flexión y rotación interna de cadera, que puede ser debido al aumento de fuerza de los rotadores externos y extensores de cadera, los cuales limitan dichos movimientos, y contribuyen a disminuir el movimiento de valgo dinámico^{23,24,39}.

En su estudio, Jamison ST. *et al.* observan en el grupo de intervención una disminución de la abducción y rotación interna de la rodilla, un aumento de fuerza y resistencia del *core* y un mantenimiento del control de tronco.

La disminución de la abducción y la rotación interna de la rodilla, como ya se ha dicho, son situaciones que ponen al LCA en su mayor tensión, aumentando su riesgo de lesión; por tanto su disminución resulta positiva en cuanto a la prevención de dicha lesión^{37,39}.

El aumento de fuerza y resistencia del *core*, son el principal objetivo buscado con este tipo de programas para disminuir el riesgo de lesión de LCA; éstos van a tender a evitar los movimientos en valgo, el cual es un significativo factor de riesgo para el LCA³⁹.

Y por último, el mantenimiento del control de tronco, es un factor positivo para la prevención del LCA, ya que la perturbación del tronco es un importante mecanismo lesional del LCA por no contacto³⁶.

8. CONCLUSIÓN

Una vez realizada la presente revisión bibliográfica podemos concluir que el trabajo del *CORE* como medida preventiva en las lesiones de rodilla y más concretamente en las de LCA parece ser eficaz. A pesar de la escasa literatura al respecto, los artículos analizados muestran un descenso en el número de lesiones o unas modificaciones biomecánicas que reducen el riesgo lesional.

Sin embargo, debido a la inespecificidad de los programas de prevención llevados a cabo en los estudios, no se podría asegurar la eficacia de la aplicación de éstos de forma aislada, sino como parte importante de un programa de prevención compuesto además por otras modalidades de ejercicios.

Además, para que se puedan percibir cambios significativos, favorables a la disminución de estas lesiones, estos programas deberían ser aplicados a lo largo de la temporada, y ser repetidos al menos durante 3 días a la semana de forma alterna, como marcan algunos estudios.

Es por esto, por lo que en futuras investigaciones, deberían ser tenidas en cuenta las limitaciones encontradas en estos estudios, para de esta forma conseguir ensayos clínicos con una mayor validez científica.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Garrido R.P, Pérez J, González M, Diéguez S, Pastor R, Lopez-Andujar L, et al. Epidemiología de las lesiones atendidas en urgencias. *Emergencias*. 2009;21:5-11.
2. Moreno C, Rogríguez V, Seco J. Epidemiología de las lesiones deportivas. *Fisioterapia*. 2008;30(1):40-8.
3. Krist M.R, Van Deijsterveldt A.M, Backx F, Ardine de Wit G. Preventive exercises reduced injury-related costs among adult male amateur soccer players: a cluster-randomised trial. *J Physiother*. 2013; 59: 15-23.
4. Faude O, Róbler R, Junge A. Football injuries in children and adolescent players: are there clues for prevention?. *Sports Med*. 2013; 24:819-837.
5. Sayampanathan A.A, Howe B, Bin AbdRazak H, Chi C, Tan A. Epidemiology of surgically managed anterior cruciate ligament ruptures in a sports surgery practice. *J Orthop Surg*. 2017; 25(1):1-6.
6. Steffen K, Nilstad A, Kristianslund E, Myklebust G, Bahr R, KrosshaugT. Association between Lower Extremity Muscle Strength and Noncontact ACL Injuries. *Med Sci Sports Exerc*. 2016; 48(11):2082-2089.
7. Bisciotti G.N, Chamari K, Cena E, Carimati G, Volpi P. ALC injury in football: a literature overview of the prevention programs. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2016; 6(4):473-479.
8. Laible C, Sherman O.H. Risk Factors and Prevention Strategies of Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Bull Hosp Jt Dis*. 2014;72(1):70-5.
9. Kapanji IA. Fisiología articular. Tomo 2. 6ª ed. España: Panamericana; 2012.
10. Universidad del Rosario; Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano. Biomecánica clínica de la rodilla. Colombia: Panesso MC, Trillos MC, Guzmán IT; 2009.
11. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Prometheus: texto y atlas de anatomía. Tomo 1. 2 ed. Madrid: Panamericana; 2010.

12. Netter FH. Atlas de anatomía humana. 4 ed. Barcelona: Masson;2007.
13. F. Paulsen. Sobotta: atlas de anatomía humana. 23ª ed. España: Elsevier; 2012.
14. Barber-Westin S.D, Noyes F.R. Am J Sports Med. (2017). doi: 10.1177/0363546517693846.
15. Steffen K, Nilstad A, Krosshaug T, Pasanen K, Killingmo A, Bahr R. No association between static and dynamic postural control and ACL injury risk among female elite handball and football players: a prospective study of 838 players. Br J Sports Med. 2017;51:253-259.
16. Romero D. El mecanismo de lesión. En: Romero D, Fajardo J .Prevención de lesiones en el deporte: claves para un rendimiento deportivo optimo. 1 Edición. Madrid: Panamericana; 2010. 57-102.
17. Grassi A., Smiley S.P., Roberti di Sarsina T. et al. Eur J Orthop Surg Traumatol (2017). doi:10.1007/s00590-017-1905-0.
18. Robert H, Brophy MD, Silvers MPT, Mandelbaum MD. Anterior Cruciate Ligament Injuries: Etiology and Prevention. Sports Med Arthrosc. 2010;18;2-11.
19. Nilstad A, Andersen TE, Bahr R, Holme I, Steffen K. Risk Factors for Lower Extremity Injuries in Elite Female Soccer Players. Am J Sports Med. 2014;40:940-948.
20. Daggett M, Helito C, Cullen M, Ockuly A, Busch K, Granite J, et al. The Anterolateral Ligament: An Anatomic Study on Sex-Based Differences. Orthop J Sports Med. 2017; 5(2):1-5.
21. Segarra V, Heredia JR, Peña G, Sampietro M, Moyano M, Mata F, et al. Core y sistema de control neuro-motor: mecanismos básicos para la estabilidad del raquis lumbar. Rev Bras Educ Fis Esporte. 2014;29(3):1-8.
22. Vera-Garcia FJ, Barbado D, Moreno-Perez V, Hernandez-Sanchez S, Juan-Recio C, Elvira JLL. Core stability. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. Rev Andal Med Deporte. 2015;8(2);79-85.
23. Huxel Bliven K, Anderson B. Core Stability Training for Injury Prevention. Sports Health. 2013. 5(6): 514-522.

24. Wilson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *J Am Orthop Surg.* 2005;16:316-325
25. Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, Cowley PM. The use of instability to train the core musculature. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2010;31:91-108.
26. Rial T, Valverde E, Pincasch P. *Low pressure fitness: Manual práctico nivel 1.* 1 ed. Vigo: International hypopressive & physical therapy institute; 2016.
27. Hides J, Stanton W. Can motor control training lower the risk of injury for professional football players?. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(4):762-768.
28. Vera-Garcia FJ, Barbado D, Moreno-Perez V, Hernandez-Sanchez S, Juan-Recio, Elvira JLL. Core evaluación y criterios para su entrenamiento. *Rev Andal Med Deporte.* 2015; 8(3):130-137.
29. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo SJ, Mclean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. *Am J Sports Med.* 2005;33(4):492-501.
30. Van Beijsterveldt AM, Van de Port IG, Krist MR, Schmikli SL, Stubbe JH, Frederiks JE, et al. Effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players: a cluster-randomised controlled trial. *B J Sports Med.* 2012;46:1114-1118.
31. Walden M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Häggglund M. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *B J Sports Med.* 2012;344:1-11.
32. Pflie KR, Hart JM, Herman DC, Hertel J, Kerrigan C, Ingersoll C. Different exercise training interventions and drop-landing biomechanics in high school female athletes. *J Athl Train.* 2013;48(4):450-462.
33. Jamnson ST, Mcneilan RJ, Young GS, Givens DL, Best TH, Chaudhary AM. Randomized controlled trial of the effects of trunk stabilization program on trunk control and knee loading. *Med Sci Sport Exerc.* 2012;44(10):1924-1934.
34. Silvers-Granelli, H.J., Bizzini, M., Arundale, A. et al. *Clin Orthop Relat Res* (2017). doi:10.1007/s11999-017-5342-5

35. Soligard T, Myldebust G, Steffen K, Holme I, Silvers H, Bizzini M, et al. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 2008;337: 1-9.
36. Zazulak BT, Hewett T, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk. *Am J Sports Med*. 2007;35:1123-1130.
37. Hewett TE, Torg JS, Boden BP. Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *Br J Sports Med*. 2009;43(6):417-422.
38. Lawrence RK, Kernozek TW, Miller EJ, Torry MR, Reuteman P. Influences of hip external rotation strength on knee mechanics during single-leg drop landings in females. *Clin Biomech*. 2008;23(6):806-13.
39. McConel J. The physical therapists approach to patellofemoral disorders. *Clin Sports Med*. 2002;21(3):363-87.

10. ANEXOS:

10.1. Anexo 1: Escala de PEDro

Escala PEDro-Español

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

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

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

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

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

Notas sobre la administración de la escala PEDro:

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

10.2. Anexo 2: Tabla resumen de los artículos utilizados para realizar la revisión bibliográfica.

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	INTERVENCIÓN	RESULTADOS Y CONCLUSIÓN	ESCALA PEDro
Van Deijsterveldt AMC. <i>et al.</i> (2012)	Ensayo clínico aleatorio. 456 futbolistas amateur. 2 grupos.	Grupo 1: Realización del programa "The 11" (estabilidad de core, trabajo excéntrico, propioceptivo, estabilización dinámica y pliometría). Grupo 2: grupo control.	No diferencias significativas entre ambos grupos para la disminución de lesiones, pero sí cambios en el grupo 1 en cuanto a la disminución de lesiones a nivel de rodilla.	6/10
Walden M, <i>et al.</i> (2012)	Ensayo clínico aleatorio. 4564 futbolistas amateur. 2 grupos.	Grupo 1: Programa de calentamiento neuromuscular (control de rodilla y estabilidad de core). Grupo 2: grupo control.	Total de lesiones den temporada de LCA 21 (7 del grupo 1 y 14 del grupo 2). Reducción significativa del 64% que demostró la efectividad del programa en la prevención de rotura del LCA.	7/10

10.2. Anexo 2: Tabla resumen de los artículos utilizados para realizar la revisión bibliográfica. (Continuación)

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO	INTERVENCIÓN	RESULTADOS Y CONCLUSIÓN	ESCALA PEDro
Kate R. <i>et al.</i> (2013)	Estudio de cohortes. 23 futbolistas amateur. 3 grupos.	Grupo 1: Programa de estabilidad de <i>core</i> (ejercicios lumbares, abdominales, extensores de cadera, abductores y rotadores externos). Grupo 2: Programa de pliometría (serie de saltos). Grupo 3: Control.	Ambos programas producen una mejora biomecánica de las variables estudiadas en el estudio, lo cual sugiere su aplicación para la prevención de lesiones de LCA.	6/10
Jamison ST <i>et al.</i> (2012)	Ensayo clínico aleatorizado. 36 jugadores de futbol americano. 3 grupos.	Grupo 1: Programa de calentamiento de resistencia (RT). Grupo 2: Programa de calentamiento de resistencia, más ejercicios de estabilización de tronco (ST).	Tanto el grupo 1 como el 2 muestran mejoras en cuanto a las variables estudiadas, no difiriendo significativamente entre ellas. Si es destacable la mejora de fuerza y resistencia de core, y por tanto el control de tronco, en el grupo ST frente al RT. Esto sugiere su aplicación para la disminución de lesiones.	6/10