



# Trabajo Fin de Grado

Revisión bibliográfica

## Efectos del fortalecimiento del tronco sobre la prevención de lesiones

**Alumno:** Antonio Hernández Pardo

**Tutor académico:** Francisco David Barbado Murillo

**Titulación:** Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

**Curso académico:** 2014-2015



## Índice

1. Introducción	1-2
2. Método	2
3. Resultados	3-5
4. Discusión	6-11
5. Conclusiones	11
6. Bibliografía	12
7. Anexos	13-36





## 1. Introducción

Hoy en día el término “core stability” se ha convertido en un tema popular en la literatura actual, ya que entrenadores personales y rehabilitadores entre otros, lo integran en sus programas de entrenamiento para la mejora del rendimiento deportivo, así como en el tratamiento y prevención de lesiones (Jamison, et al., 2013). En cuantos a las lesiones, se cree que un deficiente control neuromuscular del tronco puede comprometer la estabilidad dinámica de las extremidades inferiores (Zazulak, Hewett, Reeves, Goldberg & Cholewicki, 2007; Willson, Dougherty, Ireland & Davis, 2005). Pero nos hacemos una pregunta, ¿qué es el core? ¿y el core stability?. Son términos diferentes que a continuación van a ser definidos. El core está compuesto por el raquis lumbar, la pelvis, las articulaciones de cadera y las estructuras pasivas y activas que o bien producen o restringen movimientos de esos segmentos (Willson, et al., 2005). También lo encontramos como “la región del cuerpo unida por la pelvis y el diafragma, los cuales incluyen los músculos del abdomen y la parte baja de la espalda” (Jamison, McNally, Schmitt & Chaudhari, et al., 2013; Jamison, et al., 2012). En consecuencia, encontramos que core stability ha sido definido como “la habilidad del cuerpo para mantener o continuar una posición de equilibrio del tronco después de una perturbación esperada o inesperada” (Willson, et al., 2005; Zazulak, et al., 2007 ; Borghuis, Hof & Lemmink, 2008).

En relación a las lesiones del tren inferior, se ha indicado que para evitar una elevada carga en la articulación de la rodilla, tener una buena estabilidad de tronco permitirá mejorar el rendimiento y reducir el riesgo de lesión de las extremidades inferiores. Se ha demostrado que los músculos abdominales se activan antes que la fuerza motriz de la extremidades (Jamison, et al., 2013; Zazulak, et al., 2007; Willson, et al., 2005), lo cual es una base para la frase “estabilidad proximal para la movilidad distal” (Jamison, et al., 2013). La premisa de la frase anterior es que un “core” más estable es mejor para adaptarnos o anticiparnos a condiciones cambiantes que nos permitirá mejorar los movimientos de las extremidades inferiores y reducir su riesgo de lesión.

Respecto a los mecanismos de lesión se ha observado que las lesiones del tren inferior, especialmente las lesiones de rodilla (LCA, etc) se producen durante acciones que implican un apoyo unipodal (Brown, et al., 2014) tales como apoyo unipodal tras un salto, fintas, etc. El riesgo de lesión durante este tipo de acciones se ven incrementados por factores de riesgo tales como:

El sexo, donde el ratio de lesión de LCA entre chicos y chicas es 2-3 veces más alto en chicas (Pfile, et al., 2014; Walden, Atroshi, Magnusson, Wagner & Hagglund, 2012; Zazulak, et al., 2007), los factores de riesgo en chicas parecen estar relacionados principalmente por el valgo y flexión de rodilla, mientras que en chicos parece estar relacionado por disminuir la flexión de rodilla (Pfile, et al., 2014), el desplazamiento lateral del tronco y un excesivo valgo de rodilla (Walden, et al., 2012; Zazulak, et al., 2007; Willson, et al., 2005), un disminuido ángulo en la flexión de rodilla, un aumento en la rotación interna de la rodilla (Pfile, et al., 2013), apoyo tras un salto o cambio de dirección (Pfile, et al., 2014; Jamison, et al., 2013; Van Beijsterveldt, et al., 2012), grandes picos en la abducción de rodilla (Jamison, et al., 2013; Zazulak, et al., 2007), un elevado momento de fuerza de rotación interna tibial (Jamison, et al., 2012), una distribución de peso desequilibrada (Zazulak, et al., 2007), deficiente control neuromuscular del tronco (Zazulak, et al., 2007), fatiga de los músculos abdominales (Willson, et al., 2005; Zazulak, et al., 2007), un déficit de fuerza de rotación externa de la cadera (Jamison, et al., 2013) y un retraso en la activación del glúteo medio (Zazulak, et al., 2007 y Pfile, et al., 2013).

En relación al control del tronco, se cree que es crucial desarrollar una adecuada estabilidad del mismo con objeto tanto de reducir la carga que sufre el tren inferior, en

especial la rodilla, como de proporcionar una base correcta para la producción de fuerza de las extremidades inferiores durante movimientos dinámicos. Mecánicamente, un inadecuado control neuromuscular del core puede conducir a un desplazamiento del tronco incontrolado durante el movimiento deportivo, puede comprometer la estabilidad dinámica de las extremidades inferiores y resultar en un incremento del momento de fuerza en el movimiento de abducción de rodilla, lo cual puede incrementar una lesión en los ligamentos de la rodilla (Zazulak, et al., 2007)

Se piensa que tener un buen fortalecimiento de los músculos del tronco puede reducir el número de lesiones respecto a las extremidades inferiores.

El objetivo de esta revisión bibliográfica fue analizar aquellos estudios experimentales que evalúen el efecto de programas de entrenamiento de estabilidad del core sobre la prevención de lesiones en las extremidades inferiores.

## **2. Método**

Un enfoque sistemático fue usado para identificar estudios para esta revisión, a fecha 27-03-2015. Se utilizó una base de datos electrónica como PUBMED para la búsqueda de artículos con palabras clave como "trunk stabilization" or "core stability" or "core training" or "trunk stability" and knee injury.

Los criterios llevados a cabo para incluir los artículos encontrados en esta revisión bibliográfica fueron los siguientes: sujetos físicamente activos, asignación de grupos aleatorizados y que realizaban un estudio experimental.

Por otro lado, se rechazaron artículos que no cumplían con nuestros criterios de búsqueda como por ejemplo: la población reclutada no era deportista, población mayor de 50 años y menor de 10 años.

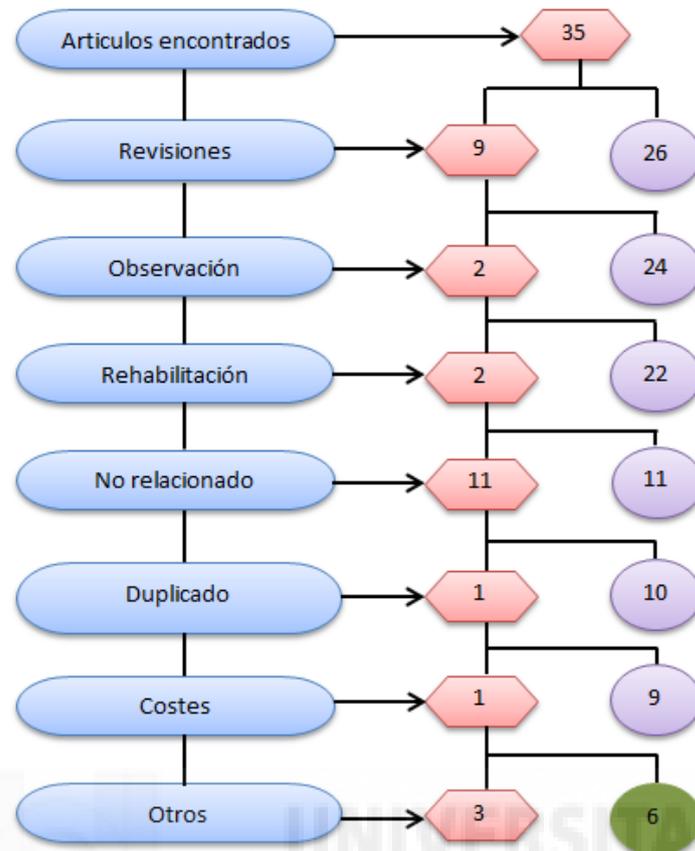


Figura 1: observamos 4 colores: color azul, categorías en las que hemos dividido los distintos artículos encontrados; color rosa, número de artículos que hemos encontrado de cada categoría; color lila, número de artículos que quedan tras cada categoría; color verde, número de artículos analizados.

### 3. Resultados:

Tal como se observa en la figura 1, un total de 35 artículos fueron identificados desde la base de datos de Pub Med. Estudios en los que las personas que intervienen en todos los artículos revisados no superan los 40 años y son físicamente activos. De esos 35 artículos encontrados, según nuestros criterios de búsqueda, 6 artículos nos permiten extraer las diferentes conclusiones y resultados de las intervenciones realizadas. Los 29 artículos restantes no cumplen con nuestros criterios de selección. 9 de los 29 artículos son revisiones, en 2 artículos no realizan ninguna intervención, 2 artículos nos hablan de rehabilitación de lesiones a través del core stability, 11 artículos no están relacionados con el tema a tratar (género, mecánica de la bicicleta, lesión infectada, factores de lesión, etc), 1 artículo está duplicado, es decir, nos habla del mismo programa, con los mismos participantes pero el autor principal es diferente, 1 artículo nos habla del coste del tratamiento de lesiones y los últimos 3 están clasificados en la categoría de "otros", haciendo referencia por ejemplo a que eran bailarines, solo nos mostraba el resumen, etc.

La media de la escala de PEDro de todos los artículos fue de 6,8. La valoración obtenida en cada artículo respecto a los ítems correspondientes de cada artículo podemos observarla más adelante (véase anexo 7).

**Tabla 1: Datos generales de los 6 artículos analizados**

Estudio (año)	Demografía	Nº sujetos	Intervención	Medidas	Resultados	PED ro
Brown et al. (2014)	Chicas deportistas	43	3 sesiones /semana durante 6 semanas.  4 grupos (3 experimentales y 1 control): (Neuromuscular, core-equilibrio, pliometria y control)	Para evaluar los efectos de cada entrenamiento neuromuscular se cuantificó en 3D la cinemática y cinética de cadera, rodilla y tobillo durante las series de aterrizaje unilateral y bilateral. Medidas sobre la pierna dominante. Se observan patrones biomecánicos relacionados con las lesiones (rotación interna de rodilla, flexión de rodilla)	En el grupo neuromuscular, se muestra un mayor pico del ángulo de flexión de rodilla. Generalmente, no habían diferencias significativas entre los grupos (core y pliometria) ni en el aterrizaje unilateral ni bilateral del pre-entrenamiento respecto al post-entrenamiento.	6
Pfile et al. (2013)	Chicas junior Lacross	23	3 veces/semana durante 4 semanas.  3 grupos: (pliométrico, core y control)	Dimensiones cinéticas y cinemáticas de cadera, rodilla y tronco	En el programa de pliometria se produjeron cambios cinéticos y cinemáticos a nivel de la rodilla, mientras que en el programa de core se produjeron cambios en cadera y rodilla. Nuestros resultados sugieren que ambos programas son garantizados en la prevención de lesión de LCA.	6
Leaporace et al. (2012)	Chicos, voleybol	15	3 veces/semana durante 6 semanas.  3 grupos (pliometría, equilibrio- core). 45-60 min/sesión. No hay grupo control. Los 15 chicos hacen todos los ejercicios de pliometria y equilibrio-core.  Saltaban 2 veces de forma bilateral, pero una de ellas la caída era de forma unilateral	Altura del salto vertical; posición angular de la cadera y rodilla en contacto con el terreno después de la fase de vuelo; posición angular de la cadera y rodilla medidos cuando el CG del cuerpo alcanzó la posición más baja del desplazamiento vertical; rango de movimiento de rodilla y cadera desde el contacto inicial a el máximo ángulo de cada articulación; y el tiempo en segundos desde el contacto inicial a la posición más del desplazamiento vertical. (variables relacionadas con el riesgo de lesión)	No se encontraron diferencias significativas en el comportamiento cinemático cuando comparamos el pre- y el post- entrenamiento, ni con aterrizaje unilateral ni bilateral	5

			con pierna dominante (esto lo hacen los 15 chicos, antes y después del programa)			
Van Beijsterveldt et al. (2012)	Chicos, futbol, nivel alto amateur RCT	456	FIFA 11. 10 ejercicios (core, excéntricos, propiocepción, estabilización dinámica y pliometria). 10-15 min al menos 2 veces/semana.  2 grupos: control e intervención	El entrenador deportivo o el equipo médico fueron quienes registraban las lesiones a ambos grupos cada sesión, a través del BIS (Based Injury System)	Los resultados nos dicen que la incidencia de lesión fue igual en ambos grupos, no habían diferencias significativas en la severidad de la lesión y en ningún otro resultado respecto al otro grupo. Por lo tanto, no se encuentra un efecto preventivo en la incidencia de lesión o severidad la lesión en jugadores amateur de fútbol durante una temporada	7
Walden et al. (2012)	Chicas, jugadoras de fútbol. RCT	4564	Programa neuromuscular focalizado en control de rodilla y core. 15 min 2 veces/semana. 2 grupos: control e intervención (control de rodilla y core)	Los entrenadores recopilaban datos y registraban las lesiones en ambos grupos. El entrenador registró ausencias en el juego debido a lesiones de rodilla u otras razones. Se hacía un seguimiento de lesiones incluido un cuestionario con el número de jugadores atendidos tras una lesión y hacían un registro de la lesión.	Los resultados demostraron una estadística significativa reducción del 64% en el ratio de lesión de LCA en el grupo de intervención comparado con el grupo control	9
Jamison et al. (2012)	Jugadores de fútbol. RCT	22	2 grupos: grupo control (programa de fuerza) y grupo de intervención (programa de estabilización del tronco).  3 sesiones de 1h por semana durante 6semanas.	Se registraban datos acerca de la carga biomecánica, control del tronco y fuerza del core, resistencia del core y fuerza en las piernas.	Ejercicios de estabilización de tronco mejoró significativamente solo la resistencia del tronco, ayuda a mantener pero no reducir la carga de rodilla y mejoró la fuerza y resistencia del core. Los ejercicios de fuerza, están asociados a un aumento en la carga de rodilla durante acciones inesperadas El grupo de fuerza demostró disminuir el control del tronco lateral.	8

#### 4. Discusión

El término “core” es una palabra popular y conocida cada vez más presente en el mundo del deporte y que está cobrando importancia con el paso de los días por su relación con la prevención de lesiones. Los estudios revisados representan una diversidad respecto a la población que interviene en los artículos encontrados, las edades oscilan entre los 12 y 40 años, jugadores de fútbol voleibol, lacrosse, etc, es decir, tienen un estilo de vida activo.

De los 6 artículos analizados, 4 artículos observan variables biomecánicas asociadas al riesgo de lesión tales como un aumento en la rotación interna de rodilla, un aumento en la abducción de rodilla y un ángulo menor de rodilla entre otros. Los 2 artículos restantes hacen un seguimiento del número de lesiones a lo largo de un periodo de tiempo como por ejemplo Walden et al. (2012) que tras su intervención encontraron una reducción del 64% en lesiones de LCA en el grupo de intervención respecto al grupo control. Así como Van Beijstervedt et al. (2012) en el que vieron una reducción en el número de lesiones de las extremidades inferiores pero las diferencias no fueron significativas. Respecto a los 4 artículos que hablan de variables biomecánicas relacionadas con el riesgo de lesión, Brown et al. (2014) no encontraron diferencias significativas entre el grupo de pliometría y el grupo de core respecto al ángulo de flexión de rodilla, ya que un ángulo menor de rodilla predispone a una lesión de LCA. Pfile et al. (2013) encontraron cambios cinemáticos en la rodilla en el grupo de pliometría y cambios cinemáticos en rodilla y cadera en el grupo de core. Leporace et al. 2012 no encontraron diferencias en las variables cinemáticas en el apoyo unilateral ni bilateral. Por último, Jamison et al. (2012) decían que la inclusión de ejercicios de estabilización de tronco pueden ser necesarios para obtener mejoras en aspectos biomecánicos del tronco y de las extremidades inferiores.

Walden et al. (2012) realizaron un estudio en jugadoras de fútbol entre 12-17 años de distintos equipos regionales de Suecia. Un trabajo neuromuscular focalizado en el control de la rodilla y estabilización del tronco durante 15 minutos 2 veces a la semana durante una temporada. Existían 2 grupos, grupo control, que realizaban una rutina normal de entrenamiento que no especifica en el artículo y un grupo de intervención, el cual focalizaban sus ejercicios globales en el control de la rodilla y el core (véase en anexo 1) aumentando su nivel de dificultad con el paso del programa.

Los resultados principales de este estudio mostraron que no hubo diferencias significativas en el número de lesiones totales (96), 49 en el grupo de intervención (GI) y 47 en grupo control (GC). Sin embargo, sí en la tipología, en las que destacamos lesiones de LCA, un total de 21, 7 en GI y 14 en GC. Se registraron 57 lesiones de rodilla severas, 26 lesiones ocurrieron en el GI y 31 en el GC. Ninguna lesión se produjo en el calentamiento.

Los resultados demostraron una reducción estadística significativa del 64% en el ratio de lesión de LCA en el grupo de intervención comparado con el grupo control.

Sin embargo hay una limitación que puede repercutir en los resultados mostrados. En este estudio, no fue controlado el programa de entrenamiento de los clubs asignados en el grupo control, no podía saberse si alguno de ellos realizaba ejercicios similares al programa de intervención, lo cual, podía sesgar los resultados obtenidos.

Tras analizar los ejercicios utilizados en este estudio, podemos observar como solo un ejercicio parece estar relacionado con el core, como es el levantamiento pélvico. Existe cierta controversia porque en la intervención se dice que se centra en el control de la rodilla y core, y después se aprecia como solo un ejercicio está focalizado exclusivamente hacia la zona central. El resto de ejercicios, si bien pueden plantear un trabajo de la musculatura del tronco y de la pelvis, son ejercicios globales, lo cual dificulta extraer conclusiones acerca de la efectividad del trabajo de estabilización del tronco. Es decir, no sabemos en qué medida la reducción ha sido

bien por una mejora de la coordinación de la articulación de la rodilla global o bien por una mejora en el core de forma aislada. Por ello como veremos en el resto de estudios, en los resultados no especifica en qué medida el trabajo de core nos ha ayudado a prevenir lesiones de las extremidades inferiores.

Otro de los programas llevados a cabo en los estudios revisados es el The11 realizado por la FIFA, en el que Van Beijsterveldt et al. (2012) realizaron un estudio para jugadores de fútbol amateur nivel alto entre 18-40 años, los cuales realizaban 2-3 sesiones prácticas a la semana de 15 minutos cada sesión, desde Septiembre de 2009 a Mayo de 2010. Este programa que consistía en 10 ejercicios focalizados en core, excéntricos de los músculos del muslo, propiocepción, estabilización dinámica y pliometría (véase en anexo 2). No especifica la carga de cada ejercicio. Habían 2 grupos, el GI hacia esos 10 ejercicios mencionados anteriormente mientras que el GC realizaba un entrenamiento normal.

En total, 427 lesiones fueron anotadas, 207 en GI y 220 en GC, afectando al 60% de los jugadores.

Los resultados nos dicen que la incidencia de lesión fue igual en ambos grupos, no habían diferencias significativas en la severidad de la lesión y en ningún otro resultado respecto al otro grupo. Por lo tanto, no se encuentra un efecto preventivo en la incidencia de lesión o severidad la lesión en jugadores amateur de fútbol durante una temporada.

Hay serias dudas sobre este programa de entrenamiento para que sea efectivo en esta población en particular, jugadores de fútbol amateur, donde aparecen múltiples componentes de entrenamiento. El contenido no específico del programa, una inefectiva intensidad y posiblemente el limitado número de 2 entrenamientos disponibles por semana puede haber causado que el programa llegue a ser inefectivo.

La conclusión que puedo extraer respecto al efecto del core es mínima, porque de los ejercicios que aparecen en este programa "The11" hay muy pocos ejercicios en los que intervenga el core de forma directa, como en el estudio anterior, ya que hay una mezcla de ejercicios de varios componentes de entrenamiento. Por este motivo, no sabemos en que magnitud ayuda el core a reducir el riesgo de lesión, sobre todo en este estudio cuando no hay diferencias significativas entre grupos.

En el estudio de Leaporace et al. (2012) realizaron un estudio con 15 jugadores de voleibol de un equipo regional, edad de 12-14 años, sin historial de lesiones en las extremidades inferiores y con una experiencia de 3 años en el voleibol participaron en el estudio. La frecuencia de entrenamiento era 3 veces por semana durante 6 semanas con 45-60 minutos por sesión. Durante la intervención del programa ellos hacían 8-9 ejercicios pliométricos, 4-5 de equilibrio y 4-5 de core (véase en anexo 3). El programa fue modificado cada 2 semanas para aumentar la dificultad de los ejercicios. En la semana de antes al comienzo y en la semana de después del programa, los sujetos realizaron los tests para examinar la cinemática durante el aterrizaje después de realizar un salto vertical. Un apoyo con ambas piernas y otro apoyo con una pierna.

No se encontraron diferencias significativas en el comportamiento cinemático cuando comparamos el pre- y el post- entrenamiento, ni con aterrizaje unilateral ni bilateral.

Sin embargo, encontramos varias limitaciones que dificultan la extracción de conclusiones en este estudio. La primera, el tiempo de entrenamiento usado, 6 semanas, podrían ser insuficientes para producir adaptaciones, aunque varios estudios destinan el mismo tiempo a cambiar el patrón biomecánico y así reducir el riesgo de lesión de LCA. La segunda limitación, está relacionado con la ausencia del grupo control, ya que no está claro si las mejoras observadas son debido a los resultados de aplicar el entrenamiento o a factores

incontrolados. Por lo tanto, si comparamos a los mismos sujetos que hacen el mismo programa de entrenamiento, hacen los mismos ejercicios y durante el mismo tiempo resulta complicado extraer diferencias entre el pre- y el post-, ya que todos los sujetos hacen lo mismo.

En otro estudio de Pfile et al. (2013) llevaron a cabo un estudio con 23 chicas activas, jugadoras de Lacrosse o de fútbol y tenían entre 14-15 años. Realizaron el programa 3 veces por semana durante 4 semanas. Cada sesión duraba menos de 20 minutos. Las variables cinemáticas evaluadas fueron el ángulo de la flexión lateral del tronco, ángulos de flexión, de adducción y rotación interna de cadera, y ángulos de flexión, abducción y rotación interna de rodilla. Habían 3 grupos, grupo control, grupo de core stability (intervenían jugadoras de Lacrosse y fútbol) y grupo de pliometría (intervenían solo jugadoras de Lacrosse). El grupo control continuaba su actividad normal mientras que el grupo de pliometría y el de core stability realizaban 7 ejercicios (véase en anexo 4).

La tarea para extraer resultados consistía en un salto desde una caja de 25cm (DJ), en el cual había que caer con los 2 pies a la vez. Cada participante practicaba la tarea hasta sentirse cómodo y 5 saltos fueron recogidos para el análisis. Se repitió el test 10 días después de la última sesión de intervención.

En el grupo de pliometría se encontró un ángulo menor de flexión de rodilla, un ángulo menor de la rotación interna de rodilla, el momento de flexión de rodilla fue menor y el momento de abducción de rodilla decreció. Respecto al grupo de core se pudo observar que el ángulo de flexión de rodilla también decreció pero el ángulo de rotación interna aumentó, el momento de flexión de rodilla decreció y la rotación interna de cadera decreció. Un ángulo más pequeño de la flexión de rodilla aumenta el riesgo de sufrir lesión de LCA.

Resumiendo, en el programa de pliometría se produjeron cambios cinéticos y cinemáticos a nivel de la rodilla, mientras que en el programa de core se produjeron cambios en cadera y rodilla. Nuestros resultados sugieren que ambos programas son garantizados en la prevención de lesión de LCA porque aparecen diferentes adaptaciones biomecánicas nombradas anteriormente que aparentemente reducen el riesgo de lesión de las extremidades inferiores.

Brown et al. (2014) realizaron un estudio en el que participaron 43 chicas, entre 13-18 años, las cuales actualmente participaban en equipos deportivos que requieren apoyos/recepciones dinámicas. Los sujetos fueron asignados aleatoriamente en cada uno de los 4 grupos que intervienen aquí, como son el grupo neuromuscular, core stability-equilibrio, pliometría y control. El entrenamiento consistió en un programa neuromuscular standard, en el cual variaban ejercicios de core-equilibrio y pliometría el mismo día con una duración de 60 minutos o bien 20 minutos de un componente aislado (pliometría o core-equilibrio), es decir, hacían 60 minutos del programa neuromuscular standard o hacían 20 minutos de pliometría o core-equilibrio solo (véase anexo 5). Se realizaba 3 veces por semana durante 6 semanas.

Completaron 2 sesiones de test biomecánicos antes y después del programa de entrenamiento neuromuscular. La segunda sesión de tests biomecánicos se registró 2 días después de la finalización del programa. Para evaluar los efectos de cada entrenamiento neuromuscular se cuantificó el plano frontal y sagital de cadera y parámetros biomecánicos de rodilla ligados a la lesión de LCA durante ambos saltos unilateral y bilateral.

Los resultados se extraen de la cinemática y cinética de la articulación de la rodilla, cadera y tobillo durante una serie de saltos con apoyos unilateral y bilateral.

Respecto a los resultados, solo había una variable que resaltaba por encima de todas, en el grupo neuromuscular, se muestra un mayor pico en el ángulo de flexión de rodilla

durante el post-entrenamiento en el apoyo bilateral pero no de forma unilateral comparado con el pre-entrenamiento.

En el grupo de pliometría, no habían diferencias significativas del pico de la flexión de rodilla (stance) durante el apoyo unilateral y bilateral. Tampoco habían diferencias significativas en el ángulo de la flexión de rodilla entre el pre- y el post- para el grupo de core-equilibrio o grupo control. Generalmente, no habían diferencias significativas entre los grupos ni en el apoyo unilateral ni bilateral del pre-entrenamiento respecto al post-entrenamiento. Hubo una pequeña diferencia en los resultados encontrados, en el grupo de pliometría se observó un pico menor en el ángulo de adducción de cadera.

Una limitación del estudio fue la complejidad de realizar un aterrizaje unilateral o bilateral. Otra posible limitación puede ser la falta de expertos del staff asistente para dar el feedback oportuno en las ejecuciones de los saltos. Otra gran limitación del estudio fue no considerar el nivel previo de los participantes (no especifica a qué nivel se refiere) antes de la prueba y los resultados deben considerarse con este posible problema.

Los resultados demostraron que un entrenamiento aislado de pliometría puede producir modificaciones en ambos planos, sagital de rodilla y frontal de cadera en el apoyo biomecánico, sugiriendo que puede ser un esencial componente de entrenamiento para reducir el riesgo de lesión en chicas deportistas. A primera vista, pienso que se declinan por un entrenamiento aislado de pliometría por la reducción en el ángulo de adducción de cadera nombrada anteriormente.

Según este artículo, el trabajo de la zona central no aporta ningún beneficio en la prevención de lesiones si se trabaja de forma aislada, pero sí que nos dice que integrar 2 o más componentes de entrenamiento mejora la postura de flexión de rodilla durante ambos apoyos, tanto unilateral como bilateral. Esto sugiere que trabajar de forma conjunta 2 componentes del entrenamiento como el core-equilibrio y pliometría puede ser lo más efectivo para la prevención de lesión del LCA, pero no nos indica en que magnitud el entrenamiento de core conlleva efectos positivos.

Jamison et al. 2012 realizaron un estudio formado por 22 jugadores de fútbol durante 6 semanas, 3 sesiones por semana de 1 hora cada una. Habían 2 grupos, un grupo que entrenaba fuerza (GF) que era el grupo control y otro grupo que entrenaba la estabilización de tronco (GET) que era el grupo de intervención. Las sesiones de ambos grupos comenzaban con 10 minutos de calentamiento de movilidad articular. El grupo de fuerza completó 4 series de 8 ejercicios (véase anexo 6), sin embargo, el grupo de estabilización del tronco realizó 8 ejercicios (véase anexo 6) durante 15 minutos de la zona central, con una progresión de dificultad a lo largo de las 6 semanas. Analizaron 5 variables como son, carga biomecánica, fortalecimiento del core y control del tronco, resistencia del core, fuerza de piernas y rendimiento deportivo.

Respecto a la carga biomecánica, GF demostró aumentos en la carga de la rodilla durante una maniobra inesperada. También, este grupo aumentó el momento de abducción de rodilla. Tampoco cambió significativamente el momento rotacional interno tibial. GET no cambió significativamente el momento de abducción de rodilla o momento rotacional interno tibial.

Respecto al fortalecimiento del core, solo GET aumentó el fortalecimiento del core. No obstante, diferencias significativas en el fortalecimiento del core no fueron observadas entre los grupos de entrenamiento en alguna dirección.

Respecto al control del tronco, no hubieron diferencias significativas en el control del tronco entre grupos en cualquier dirección.

Respecto a la resistencia del core, solo GET demostró una tendencia a aumentar la resistencia del core. El tiempo de la resistencia del core aumentó durante los test de plancha frontal y abdominales dinámicos frontales. Solo el test de plancha lateral demostró una diferencia significativa entre los 2 grupos con el GET aumentando los tiempos de resistencia mientras que GF disminuyó los tiempos.

Respecto a la fuerza de piernas, ambos grupos aumentaron significativamente el levantamiento de peso muerto, aunque esos incrementos no fueron diferencias significativas entre grupos.

Los resultados nos muestran diferentes conclusiones, un programa de entrenamiento que incorpora ejercicios de estabilización de tronco mejoró significativamente solo la resistencia del tronco. Por otro lado, un programa que solo incluye ejercicios de fuerza, está asociado a un aumento en la carga de rodilla durante acciones inesperadas, al contrario que un programa de entrenamiento de estabilización de tronco que ayuda a mantener pero no reducir la carga de rodilla. Otros de los resultados observados fue el control lateral del tronco, en el que GF demuestra disminuir el control lateral del tronco, mientras que GET no demostró cambios significativos en el control del tronco. Ambos grupos mejoraron la fuerza en las piernas a través de la realización de 1RM de peso muerto, mientras que solo el programa de estabilización de tronco fue capaz de mejorar la fuerza y resistencia del core. Estos resultados sugieren que la inclusión de ejercicios de estabilización de tronco pueden ser necesarios para obtener mejoras en aspectos biomecánicos del tronco y de las extremidades inferiores.

Una de las limitaciones a la hora de extraer resultados fue el número de participantes en el estudio, tan solo 22 formaron parte del estudio.

Una de las críticas acerca del artículo es la ausencia de la edad de los participantes, por lo que puede influir de manera positiva o negativa en los resultados.

A pesar de que existen ciertas evidencias de la efectividad de estos programas de entrenamiento, son muchas las cuestiones que los investigadores se plantean. Futuras investigaciones son necesarias para reducir el riesgo de lesión de LCA, por ejemplo planteándose la posibilidad de si un modelo aislado de entrenamiento sería efectivo para reducir el riesgo de lesión, ya que en estos estudios, integran distintos programas de entrenamiento. Solo 2 estudios nos habla de los posibles efectos aislados que tiene el core, en concreto (Brown, et al., 2014) pero no encontraron efectos positivos y (Pfile, et al., 2013) que encontraron un menor ángulo de flexión de rodilla, un aumento en el ángulo de rotación interna de la rodilla, el momento de flexión de rodilla decreció y la rotación interna de cadera decreció, los cuales alguno de ellos están relacionados con un menor riesgo de lesión.

Echando un vistazo a los resultados obtenidos, el hecho de que unos artículos encuentren diferencias y otros no encuentren diferencias significativas podría estar en el género, ya que las mujeres tienden a ser más estudiadas, probablemente porque ellas son más susceptibles de lesionarse de LCA, aunque la prevalencia es más alta en la población masculina porque los hombres participan más en deportes, por lo que implementar programas de prevención con esta población puede resultar más efectivo que si lo realizamos con hombres (Leporace, et al., 2012)

Otra de las causas por las que creo que el programa desarrollado por la FIFA no tuvo efectos positivos, como indica Van Beijsterveldt, et al., (2012) puede verse debido a una intensidad insuficiente por parte de los sujetos y también a la duración de los programas preventivos, ya que no hay evidencias acerca de la duración que debe tener un programa preventivo para obtener efectos positivos.

Unos de los grandes problemas a la hora de extraer resultados acerca de esta revisión, es que ningún estudio te dice de trabajar aisladamente core para obtener un beneficio respecto a la prevención de lesión de las extremidades inferiores.

De los 6 artículos analizados, solo hay 2 artículos (Walden, et al., 2012) y (Van Beijsterveldt, et al., 2012) que tienen una duración alrededor de 9 meses, de los cuales solo 1 encuentra una reducción en el ratio de lesiones pero con un número de ejercicios de core muy reducido, en concreto, uno. Los 4 artículos restantes (Leoporace, et al., 2012), (Pfile, et al., 2013), (Brown, et al., 2014) y (Jamison, et al., 2012) tienen una duración entre 4 y 6 semanas, de los cuales ninguno encuentra diferencias significativas entre grupos. Con esto quiero decir que la duración del programa puede ser determinante a la hora de encontrar efectos preventivos pero solo hemos encontrado 1 artículo de larga duración, el cual demuestra resultados positivos.

También de los artículos analizados, unas de las limitaciones a la hora de encontrar resultados positivos puede ser la categoría o experiencia de la población, es decir, si tienen un buen nivel deportivo o no, si pertenecen a clubes profesionales o no. De los 6 artículos, 3 nos especifican con qué tipo de jugadores realizan la intervención, estos son (Walden, et al., 2012) jugadoras de categoría regional, (Van Beijsterveldt, et al., 2012) jugadores amateur y (Leoporace, et al., 2012) jugadores de categoría regional. Los otros 3 artículos (Pfile, et al., 2013; Brown, et al., 2014 y Jamison, et al., 2012) no especifican nada. Esto puede indicarnos que la experiencia de los jugadores/as deportivamente puede ser un hándicap para extraer resultados. Ningún estudio está realizado con jugadores profesionales.

## 5. Conclusión

De los 5 artículos analizados, todos engloban varios modelos de entrenamiento (pliometría, core, equilibrio, etc), por lo que es difícil demostrar que un entrenamiento aislado de core es efectivo en este caso. Lo que podemos decir según los estudios, es que incluyendo el core en nuestro programa de entrenamiento puede ayudar a reducir el ratio de lesión, pero no sabemos en qué proporción, ya que no existe ninguna información que lo demuestre.

Programas que implican coordinación del tronco de forma global junto a otros segmentos, sí que muestran mejoras, pero no queda tan claro cuánto es debido a la mejora de la estabilización del core o simplemente a la mejora global de la coordinación.

Como hemos visto, la inclusión como mínimo de 2 modalidades de entrenamiento integradas parece ser lo más efectivo para reducir el riesgo de lesión. Un programa en el que solo exista una modalidad de entrenamiento como puede ser core stability queda en entredicho porque no hay estudios que nos permitan sacar datos concluyentes acerca de esa cuestión.

## 6. Bibliografía.

- Borghuis, J., Hof, A.L. & Lemmink, A.P. M. (2008). The importance of Sensory-Motor Control in providing Core Stability. *Sports Med*, 38(11), 893-916.
- Jamison, S.T., McNally, M.P., Schmitt, L. C. & Chaudhari, A. M. W. (2013). The effects of core muscle activation on dynamic trunk position and knee abduction moments: implications for ACL injury. *Journal of Biomechanics*, 46, 2236-2241.
- Jamison, S.T., Mcneilan, R.J., Young, G.S., Givens, D.L., Best, T.M. & Chaudhari, A.M.W. (2012). Randomized Controlled Trial of the effects of a Trunk Stabilization Program on Trunk Control and Knee Loading. *The American College of Sports Medicine*, 44 (10), 1924-34.
- Kate, R.P., Joseph, M.H., Daniel, C.H., Jay, H., Casey, K. & Christopher, D. (2013). Different Exercise training Interventions And Drop-Landing Biomechanics In High School Female Athletes. *Journal of Athletic Training*, 48(4), 450-462.
- Leoprace, G., Praxedes, J., Pereira, G.R., Pinto, S.M., Chagas, D., Metsavaht, L., Chame, F. & Batista, L. A. (2012). Influence of a preventive training program on lower limb kinematics and vertical jump height of male volleyball athletes. *Physical Therapy in Sport*. 35-43.
- Reed, C.A., Ford, K.R., Myer, G.D. & Hewett, T.E. (2012). The effects of Isolated and Integrated 'Core Stability' Training on Athletic Performance Measures. *Sports Med*, 42(8), 697-706.
- Tyler, N.B., Riann, M.P., & Scott, G.M. (2014). Comparative Adaptations of lower Limb Biomechanics During Unilateral And Bilateral Landings After Different Neuromuscular-Based ACL Injury Prevention Protocols. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2859-2871.
- Van Beijsterveldt, A.M., Van de Port, Ingrid. G., Krist, M.R., Schmikli, S.L., Stubbe, J.H., Frederiks, J.E. & Backx, F.J. (2012). Effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players: a cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med*, 46, 1114-1118.
- Walden, M., Atroshi, I., Magnusson, H., Wagner P. & Hagglund, M. (2012). Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ*.
- Wilson, D.J., Dougherty, C.P., Ireland, M.L. & Davis, I.M. (2005). Core Stability and Its Relationship to lower Extremity Function and Injury. *Journal of the American Academy Orthopaedic Surgeons*, 13, 316-325.
- Zazulak, B.T., Hewett, T.E., Reves, P.N., Goldberg, B. & Cholewicki, J. (2007). Deficits in Neuromuscular Control of the Trunk Predict Knee Injury Risk. *The American Journal of Sports Medicine*.

7. Anexos:

Anexo 1

Tabla 2. Programas de entrenamiento desarrollados en el estudio de Walden, et al., (2012).

Jugadoras de fútbol 12-17 años 15 minutos 2 veces/ semana durante 1 temporada

control	Intervención (control de la rodilla y core)		
	ejercicios	Series	reps
Llevaron a cabo una rutina normal de entrenamiento	One legged knee squat	3	8-15
	Two legged knee squat	3	8-15
	Pelvic lift	3	8-15
	The bench	30s	
	Lunge	3	8-15
	Jump/landing technique	3	8-15

One legged knee squat



A pelvic fit



Two legged knee squat



The lunge



Jump/landing technique



The bench



## Anexo 2

Tabla 3. Programas de entrenamiento desarrollados en el estudio de Van Beijsterveldt, et al., (2012) FIFA 11

Jugadores de fútbol 18-40 años 2-3 veces/semana 15min/sesión durante 9 meses			
Control	Intervención (no dice la carga)		
	Ejercicios	Series	Reps
Llevó a cabo su rutina diaria de entrenamiento	The bench	Este estudio no muestra el número de series y repeticiones de cada ejercicio	
	Sideways bench		
	Hamstrings		
	Cross country skiing		
	Chest passing in single-leg stance		
	Forward bend in single-leg stance		
	Figures-of-eight in single-leg stance		
	Jumps over a line		
	Zig-zag shuffle		
	Bounding		

Sideways bench



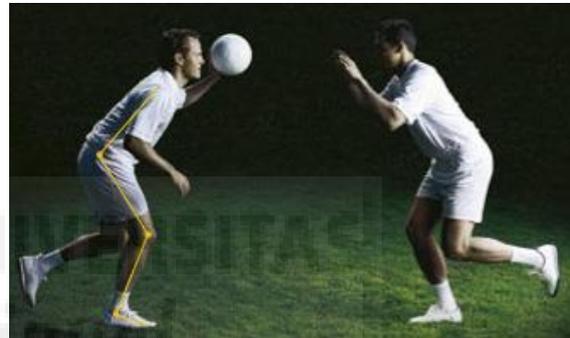
Hamstrings



Cross-country skiing



Chest passing in single leg stance



Forward bend in single-leg stance



Figures-of-eight in single leg stance



Jumps over a line



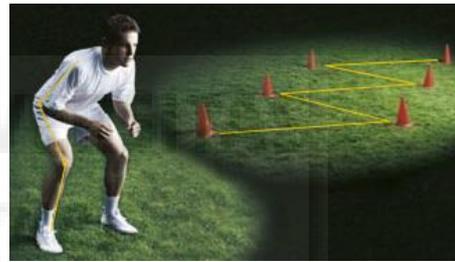
Bounding



The Bench



Zigzag shuffle



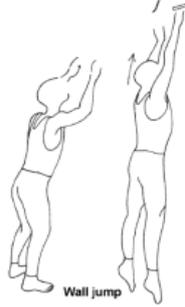
### Anexo 3

**Tabla 4. Programas de entrenamiento desarrollados en el estudio de Leoporace et al. (2012)**

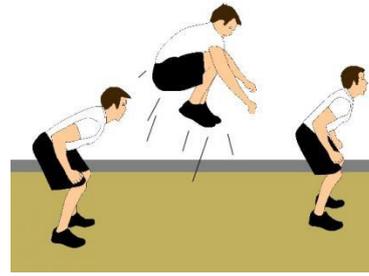
15 jugadores de voleibol			12-14 años			3 veces/semana durante 6 semanas			45-60 min/sesión		
Control	Pliometria			Core stability-equilibrio							
	Ejercicios	Series	Reps	Ejercicios	Series	Reps					
No existe	Wall jumps		20s	Bird dog	1	8					
	Tuck jumps		20s	Frontal bridge		15s					
	Broad jumps stick land	1	5	Side bridge		15s					
	Squat jumps	1	10	Crunch	1	12					
	Double leg cone jumps (antero-posterior)		30s	Diagonal crunch	1	10					
	Double leg cone jumps (medial-laateral)		30s	Single-leg balance with multi-planar movements	2	30s					
	180º jumps		20s	Double leg balance (anterior-posterior)	2	25s					
				Double leg balance (medial-lateral)	2	25s					
	Bounding in place		20s	Double leg balance	2	25s					

## Pliometria

Wall jumps



Tuck jumps



Broad jumps stick land



Squat jumps



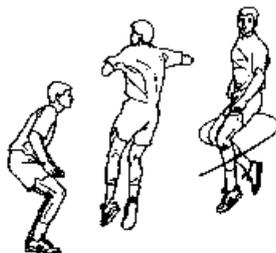
Double leg cone jumps (antero-posterior)



Double leg cone jumps (medial-lateral)



180° jumps

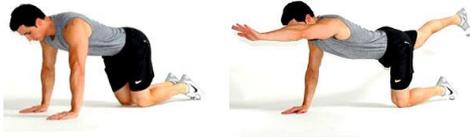


Bounding in place



## Balance and core-stability

Bird dog



Frontal bridge



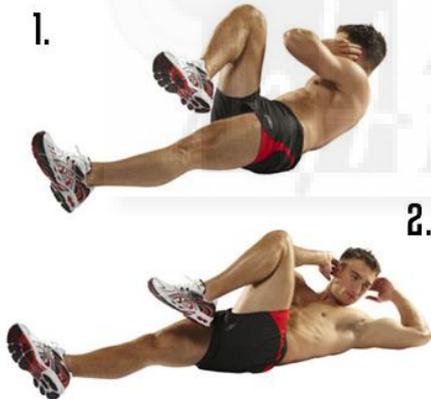
Side bridge



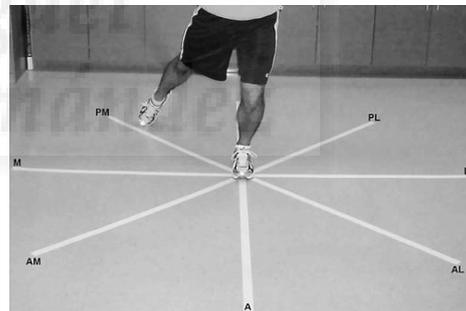
Crunch



Diagonal crunch



Single-leg balance with multi-planar movements



Double leg balance (anterior-posterior)



Double leg balance (medial-lateral)



Double leg balance



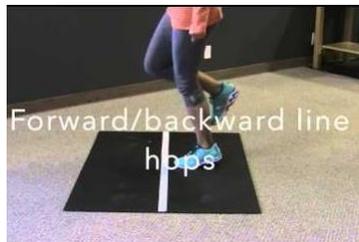
## Anexo 4

**Tabla 5. Programas de entrenamiento desarrollados en el estudio de Pfile et al. (2013)**

Jugadoras de fútbol o Lacrosse 14-15 años 3 veces por semana durante 4 semanas 20 min/sesión							
Control	Pliometria			Core			
	Ejercicios	Series	Reps	Ejercicios	Series	Reps	
Realizaron su rutina normal de entrenamiento	Forward/backward single legged line jumps	1	30	Abdominal draw in	10	5s	
	Side-to-side single-legged line jumps	1	30	Side plank knee bent	2	20s	
	High skip	1 x long de campo			Side-lying hip abduction	3	10
	Distance skips	1 x long de campo			Side-lying hip external rotation	3	10
	Broad jumps	2	10	Crunches	3	15	
	Tuck jumps	2	10	Lumbar extensión, hands on head	3	10	
	Alternating single-legged lateral jumps	2	10	Walking lunges, hands on hips	A lo largo del campo		

## Pliometria

Forward/backward single-legged line jumps



Side to side single-legged line jumps



High skips



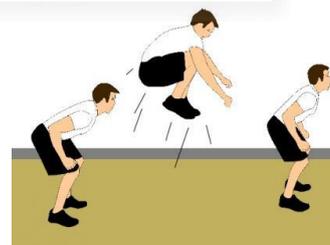
Distance skips



Broad jumps



Tuck jumps



Alternating single legged lateral jumps



## Core stability

Abdominal draw in



Side plank knee bent



Side-lying hip abduction



Side-lying hip external rotation



Crunches



Lumbar extensión, hands on head



Walking lunges, hands on hips



## Anexo 5

**Tabla 6. Programas de entrenamiento desarrollados en el estudio de Brown et al. (2014)**

**43 chicas (practican deportes de equipo) 13-18 años 3 veces/semana durante 6 semanas**

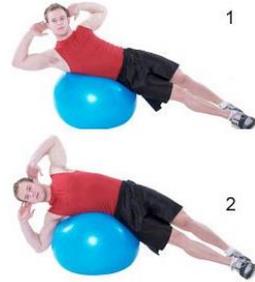
		Standard neuromuscular											
Control		Core-equilibrio			Pliometria			Fuerza			Velocidad		
		Ejercicios	Series	Reps	Ejercicios	Series	Reps	Ejercicios	Series	Reps	Ejercicios	Series	Reps
Realizaron una práctica deportiva normal		Swiss crunches	1	30	Wall jumps	1	15s	Swiss back Wall squat	2	8	Jog to sprint	1	10s
		Swiss lateral crunches	1	20	Squat jumps	1	15s	Swiss push-up	2	8	March – light	1	6s
		Swiss ball lift	1	10	180 saltos	1	30s	Lunge-ball twist	2	12	Skipping – Medium	1	6s
		Swiss side ball lift	1	10	Bounding	1	15s	Band stand pull	2	8	Run	1	10s
		BOSU step up squat	1	10	Front/back jumps	1	15s	Calf raise	1	15	Run – light	2	6s
		BOSU squat	1	5	Side/side jumps	1	15s	Band stand press	1	8	Run – Medium	2	6s
		BOSU balance single	1	15s				Figure 8-ball	1	15s	Run-100%	1	10s

## Core strength

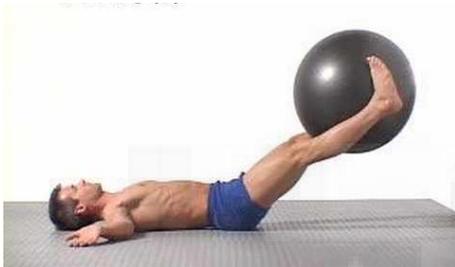
Swiss crunches



Swiss lateral crunch



Swiss ball lift



Swiss Superman



BOSU lateral step up-squat

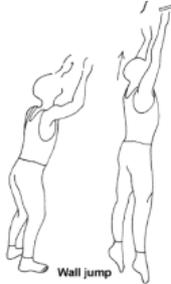


BOSU squat



## Pliometria

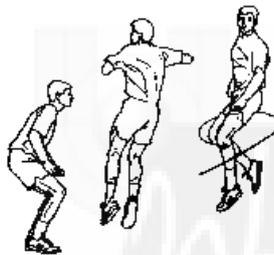
Wall jumps



Squat jumps



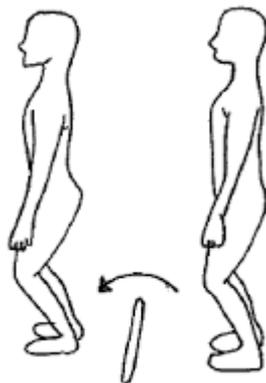
180° jumps



Bounding



Front/back jumps



Side/side jumps



## Fuerza

Swiss back Wall squat



Swiss push-up



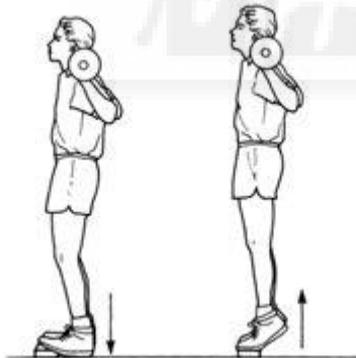
Lunge-ball twist



Band stand pull



Calf raise



Band stand press



Figure 8-ball



## Anexo 6

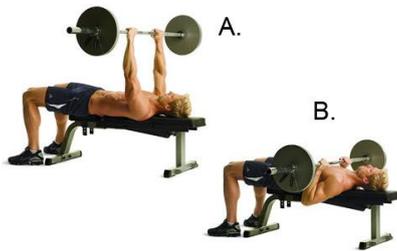
**Tabla 7. Programas de entrenamiento desarrollados en el estudio de Jamison et al. (2012)**

**22 jugadores de fútbol 3 veces/semana durante 6 semanas 1h/sesión**

Control (fuerza)			Intervención (estabilización de tronco)		
Ejercicios	Series	Reps	Ejercicios	Series	Reps
Bench Press	4	No me dice cuántas repeticiones se hacen para cada ejercicio	Prone plaks	15 minutos para todos los ejercicios, no me dice cuántas series y repeticiones de cada ejercicio	
Deadlift	4		Side planks		
Pull-ups	4		Front, back, and side lunges		
Double-leg hamstring curl	4		Sagittal abdominal curls		
Overhead press	4		Diagonal abdominal curls		
Lat pulldown	4		Hip abduction		
Bicep curls	4		Quadruped exercises		
			Supine bridge		

## Fuerza

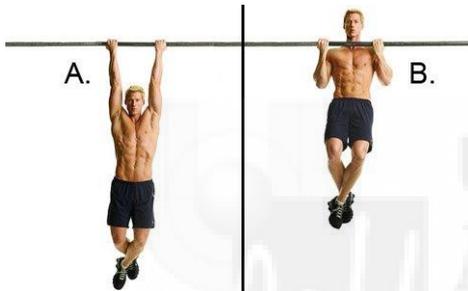
Bench press



Deadfit



Pull-ups



Double-leg hamstring curls



Overhead press



Lat pulldown



Bicep curls



## Estabilización de tronco

Prone planks



Side planks



Front, back and side lunges



Sagittal abdominal curls



Diagonal abdominal curls



Hip abduction



Quadruped exercises



Supine bridge



## Anexo 7

### Escala PEDro-Español

	1	2	3	4	5	6
1. Los criterios de elección fueron especificados	x	x	x	x	x	X
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)				X	x	x
3. La asignación fue oculta					X	
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	x	x	x	x	x	x
5. Todos los sujetos fueron cegados						X
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados					X	x
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados						
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	X	x	x	x	x	
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"	x	x	x	x	x	X
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	X	x		x	x	x
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	x	x	x	x	x	X
	6	6	5	7	9	8

Tabla 8. De color verde encontramos una numeración del 1 al 6 que corresponden a los autores de los artículos como son: 1) Brown et al. (2014), 2) Pfile et al. (2013), 3) Leoporce (2012), 4) Van Beijsterveldt et al. (2012), 5) Walden et al. (2012) y 6) Jamison et al. (2012). Por otro lado, de color azul podemos ver el número total de los ítems de cada artículo encontrado respecto a la escala PEDro.