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

Curso Académico 2017/2018

LA VALORACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL TRONCO EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA PREVENCIÓN DE LESIONES.

Evaluation of core stability in sports performance and injury prevention

Autor/a: David Yusta Arranz

Tutor/a: Jaime Fernández Fernández

Fecha: 02- 07- 2018

VºBº TUTOR/A VºBº AUTOR/A

ÍNDICE

1. RESUMEN 3
2. INTRODUCCIÓN 3
2.1. Musculatura implicada 4
2.2. Estabilidad de tronco y rendimiento motor 5
2.3. Estabilidad de tronco y prevención de lesiones 6
2.4. Entrenamiento de la estabilidad de tronco 7
3. OBJETIVOS 7
4. METODOLOGÍA 8
5. RESULTADOS 9
6. DISCUSIÓN 13
6.1. Estabilidad de tronco y rendimiento 13
6.1.1. Efecto del entrenamiento de ET en el gesto específico realizado con la extremidad superior 14
6.1.2. Efecto del entrenamiento de ET en el gesto específico realizado con la extremidad inferior 15
6.1.3. Efecto del entrenamiento de ET sobre el rendimiento en una prueba de sprint en natación. 17
6.1.4. Efecto del entrenamiento de ET sobre otras variables de rendimiento no específicas 18
6.2. Estabilidad de tronco y prevención de lesiones 20
6.3. Limitaciones 23
7. CONCLUSIONES 23
8. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN 24
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 26
10. ANEXOS 31

1. RESUMEN

La estabilidad del tronco o *"core stability"* es la capacidad de mantener o recuperar la posición del cuerpo ante diversas fuerzas que tratan de desestabilizarlo. En este trabajo se ha llevado a cabo un proceso de revisión bibliográfica con el objetivo de comprobar cómo afecta un programa de estabilidad de tronco al rendimiento y a la prevención de lesiones en diferentes deportistas y deportes. En base al análisis de los resultados obtenidos se propone una propuesta personal de trabajo de estabilidad del tronco con el objetivo de prevenir lesiones deportivas. Dicha propuesta dispone de varios niveles de dificultad (nivel 1 al 5) para adecuarse a las capacidades de todo aquel que lo quiera realizar.

Abstract: Trunk or core stability is the capacity of maintain or recover the position of the body before forces that try to destabilize it. This review is done with the main target to check the effects of a core stability training in sports performance or injury prevention in a wide range of sports. Based on the analysis of the results, a personal approach of core stability training program is proposed with an injury sports prevention goal. This personal approach has five difficult levels in order to individualize the functional capacity of each one.

Palabras clave: estabilidad de tronco, entrenamiento, rendimiento y prevención de lesiones.
Key words: core stability; training; performance; injury prevention.

2. INTRODUCCIÓN

La estabilidad mecánica del tronco, también conocida como "core stability", es uno de los términos más utilizados en los últimos años en el ámbito del entrenamiento deportivo, ya sea con objetivos de mejora de la salud o del rendimiento. Desde un punto de vista etimológico, "core" proviene del inglés y se traduce como el centro o el núcleo, es decir, la región central del cuerpo. Algunos autores (Akuthota y Nadler, 2004; Vera-García et al., 2015) lo definen como un complejo funcional formado por estructuras musculares y osteoarticulares, cuya forma se podría asemejar a la de una caja. En ésta, se encuentra por delante la pared abdominal, por detrás la musculatura paraespinal y la región glútea, el diafragma estaría situado en la parte superior y el suelo pélvico junto con la cadera, en la inferior. En este concepto también son incluidas las partes proximales de los miembros inferiores, como la región de la cadera (Kibler, Press y Sciascia, 2006).

La estabilidad de tronco, en adelante ET, es la capacidad de mantener o recuperar la posición del cuerpo ante diversas fuerzas que tratan de desestabilizarlo (McGill y

Cholewicki, 2001; Zazulak, Hewett, Reeves, Goldberg, y Cholewicki, 2007). La musculatura del “core” o tronco proporciona estabilidad corporal, sin la cual, la columna vertebral sería mecánicamente muy inestable y sólo podría soportar menos del peso de nuestra parte superior del cuerpo (Akuthota, Ferreiro, Moore y Fredericson, 2008). Por lo tanto, para lograr esta estabilidad, parece clave un buen control motor y capacidad muscular, la cual se puede conseguir por la rigidez creada al activarse la musculatura del tronco (Leetun, Ireland, Willson, Ballantyne y Davis, 2004; McGill y Cholewicki, 2001). Tan sólo la contracción de un 5% con respecto a la contracción voluntaria máxima de algunos músculos del tronco, como el multífido o el transverso abdominal, proporcionan la estabilidad necesaria para realizar tareas de la vida cotidiana (Kibler et al., 2006).

2.1. Musculatura implicada

La musculatura del tronco se puede dividir en función de su misión estabilizadora (Bergmark, 1989) y del tipo de fibra que forman los músculos (Akuthota et al., 2008) en dos grandes sistemas; el sistema estabilizador local y el global (ver tabla 1):

SISTEMA ESTABILIZADOR LOCAL	**SISTEMA ESTABILIZADOR GLOBAL**
Intertransverso	Longuísimos del torax (porción torácico)
Interespinal	Intercostal (porción torácica)
Multifidos	Cuadrado lumbar
Longuísimos del torax (porción lumbar)	Recto abdominal
Iliocostal lumbar	Oblicuo interno
Cuadrado lumbar (fibras mediales)	Oblicuo externo
Transverso abdominal	
Oblicuo interno (inserción en fascia toracolumbar)	

Tabla 1: Clasificación de los músculos lumbares y abdominales en relación a su función estabilizadora. Bergmark; A: Stability of the Lumbar Spine. A Study in Mechanical Engineering. Acta Ortopaedica Scandinavica, 230 (suppl), 1989.

La musculatura del sistema estabilizador local, formada por fibras lentas, se encuentra en la capa profunda del tronco, cercana a la columna vertebral y se encarga de coordinar y controlar el movimiento cuando las demandas de fuerza son pequeñas. Por otro lado, músculos más largos y formados en su mayoría de fibras rápidas están situados en la capa superficial del tronco y componen el sistema estabilizador global. Éstos reaccionan ante

fuerzas mayores aportando una estabilidad más general al tronco (Akuthota et al., 2008; Borghuis, Hof y Lemmink, 2008; Kibler et al., 2006).

Además, hay otra musculatura que no se engloba en estos sistemas de estabilización y que aporta estabilidad a la zona media. Kibler et al. (2006) destacan la importancia de la fascia toracolumbar, que forma una especie de "cinturón" natural de la espalda y está conectada a los miembros inferiores a través del glúteo mayor y a los superiores a través del dorsal ancho. Por otro lado, el diafragma aumenta la presión intra-abdominal mediante su contracción, proporcionando gran estabilidad al tronco. No menos importante es el suelo pélvico, relacionado por su coactivación con el transverso abdominal. Por esto, un entrenamiento de técnicas de respiración y de activación del suelo pélvico puede ser interesante en un programa de fortalecimiento de la estabilidad de tronco (Akuthota et al., 2008). Dependiendo de la contracción de esta musculatura, hay dos maniobras para estabilizar el tronco; la maniobra "*hollowing*", que consiste en empujar el ombligo en dirección a la columna lumbar, activando el transverso abdominal, uno de los mayores estabilizadores del tronco (Selkow, Eck y Rivas, 2017). Sin embargo, esta es criticada por McGill (2010) ya que sólo proporciona una estabilidad local y no global. Estudios biomecánicos (Grenier y McGill, 2007) han demostrado que la maniobra "*bracing*", la cual consiste en realizar una contracción conjunta de los músculos del tronco, reduce el desplazamiento lumbar y provoca un 32% más de estabilidad global respecto a la maniobra "*hollowing*" (Marshall y Murphy, 2005; Vera-García, Elvira, Brown y McGill, 2007). Por lo tanto, si lo que buscamos es el rendimiento en tareas dinámicas, el "*bracing*" es una buena solución respecto al "*hollowing*", más interesante para tareas estáticas (Faries y Greenwood, 2007).

2.2. Estabilidad de tronco y rendimiento motor

Una vez vista la musculatura que participa en la estabilidad de tronco, se ha sugerido que el rendimiento motor se ve optimizado por un tronco estable que consigue una buena transferencia de fuerzas de las extremidades superiores a las inferiores, y viceversa (Kibler et al., 2006). Por esto, diversos autores han demostrado que los músculos del tronco se activan antes de cualquier movimiento en las extremidades (Hodges y Richardson, 1997), en especial el transverso del abdomen (Selkow, et al., 2017). Sin embargo, los resultados encontrados son contradictorios, en cuanto a si un programa de ET mejora el rendimiento deportivo de los deportistas (Hibbs, Thompson, French, Wrigley y Spears, 2008; Lederman, 2010; Reed, Ford, Myer y Hewett, 2012). En un estudio realizado con remeros (Tse,

McManus y Masters, 2005) que hicieron un programa de ET durante ocho semanas, encontraron correlaciones bajas y poco significativas entre las mejoras provocadas por el ET y mejoras de variables de rendimiento de este deporte (potencia, velocidad/agilidad). En otro estudio (Sato y Mokha, 2009) sí se encontraron correlaciones positivas en el rendimiento de prueba en corredores de 5000 m, tras un programa de ET de 6 semanas, llegando a la conclusión de que el trabajo de ET afecta positivamente al rendimiento.

2.3. Estabilidad de tronco y prevención de lesiones

Diversos estudios realizados en los últimos años han asociado alteraciones en el control neuromuscular del tronco a lesiones en las extremidades inferiores (Leetun et al., 2004) y en la zona media (Segarra et al., 2014). En esta línea, estudios realizados con deportistas universitarios (Zazulak et al., 2007) mostraron correlaciones positivas entre una falta de control neuromuscular del tronco con la acentuación de la posición de valgo de rodilla. Esto deriva en un peligro para sus ligamentos, siendo un problema que se ve acentuado en mujeres (Zazulak et al., 2007). También, se ha observado la relación directa de la falta de movilidad de cadera con lesiones en la zona lumbar (McGill, 2010). Esta zona soportaría un exceso de cargas y movimiento, cuando en realidad está preparada para aportar estabilidad y presenta un rango de movimiento muy limitado (Cook, Burton y Hoogenboom, 2006).

En relación a las lesiones de la zona media, el dolor lumbar puede deberse entre otras causas, a la atrofia de músculos estabilizadores como el transverso abdominal y el multífido (McGill, 2010; Segarra et al., 2014;) o al retraso en la activación del transverso abdominal (Cholewicki et al., 2005). Por esto, diversos autores llegan a la conclusión de que alteraciones en la activación del transverso es un factor de riesgo de padecer dolor lumbar (Cholewicki et al., 2005). Así, muchos entrenadores se equivocan en el planteamiento de sesiones de entrenamiento con el objetivo de salud, proponiendo ejercicios donde los discos intervertebrales sufren cargas lesivas (McGill, 2010). Acciones como flexiones de tronco repetidas, “sit-ups, curl-ups” con giro o hiperextensiones lumbares, pueden ser responsables de futuras hernias discales (Mc Gill, 2001). Y es que, los músculos del tronco muy pocas veces son usados para generar movimiento, sino que trabajan como estabilizadores de columna, evitando el movimiento (McGill, 2010).

2.4. Entrenamiento de la estabilidad de tronco

Los programas de ejercicios de ET han sido considerados como un eje vertebrador en el entrenamiento de la prevención de lesiones y necesarios para lograr un buen rendimiento (McGill, 2010). Como la mayoría de habilidades deportivas son realizadas en un ambiente inestable, por ejemplo, un golpe de derecha tras carrera en tenis o un lanzamiento en hockey (Willardson, 2007), parece necesario un buen diseño de programas de mejora de la ET (Borghuis, 2008). En este sentido, realizar ejercicios en bipedestación, en vez de en sedestación, unilateralmente en lugar de bilateralmente y usar pesos libres sustituyendo a máquinas pueden ser buenos estímulos para empezar a lograrlo (Willardson, 2007). A la hora de diseñar estos ejercicios, debemos ser originales y procurar realizarlos lo más parecido al gesto específico de cada disciplina, con el objetivo de obtener un mayor rendimiento (Borghuis, 2008; Lederman, 2010).

3. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo fue realizar una revisión bibliográfica sobre aquellos estudios en los cuales se integre un programa de ejercicios para la mejora de la ET, y que comprueben su efecto en el rendimiento deportivo y la prevención de lesiones. En base a estos resultados, se propondrá un programa de entrenamiento de ET orientado a la prevención de lesiones. En él, se mostrarán diversos grados de dificultad con el objetivo de ajustarse a los distintos niveles de capacidad de los deportistas.

Las competencias adquiridas en este grado y que expongo en este Trabajo Fin de Grado son las siguientes:

- Planificar, desarrollar y controlar el proceso de entrenamiento en los distintos niveles y la realización de programas de actividades físico-deportivas.
- Desarrollar hábitos de excelencia y calidad en el ejercicio profesional, actuando con respeto a los principios éticos necesarios.
- Identificar y saber utilizar los principios mecánicos de las fuerzas (cinética), el movimiento (cinemática) y el equilibrio (estática), y aplicarlos tanto para maximizar el rendimiento físico como para minimizar la realización de actividades físicas inadecuadas desde un punto de vista biomecánico.
- Analizar las habilidades desde la perspectiva de las capacidades perceptivo cognitivas de ajuste postural y tónico, y de configuración espacio-temporal del movimiento, teniendo en cuenta su evolución.

- Identificar y evitar situaciones y maniobras potencialmente peligrosas, o con un nivel de riesgo que pueda superar la capacidad o dominios técnicos del ejecutante.

4. METODOLOGÍA

La revisión sistemática de la literatura disponible para este trabajo se ha llevado a cabo de acuerdo con las directrices de la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Sistematic Reviews and Meta-analyses) por la que se garantiza la eliminación de sesgos de cualquier tipo (Urrutia y Bonfill, 2010). Para la selección de artículos en esta revisión se utilizó las bases de datos Pubmed, Scopus, MEDLINE y SPORTDiscus. La búsqueda bibliográfica incluyó artículos desde el enero del 2010 hasta abril de 2018. Las combinaciones seleccionadas para la búsqueda fueron "*core (stability) training*" o "*trunk (stability) training*" y "*performance*" o "*injury prevention*". Estos términos fueron seleccionados con la intención de dar respuesta a los objetivos mostrados en el apartado anterior. Los criterios de inclusión para estos artículos fueron: que los estudios fueron realizados a población deportista, que analizaran los efectos de la ET únicamente, es decir, excluyendo aquellos combinados con entrenamiento pliométrico, excéntrico, etc., y que los sujetos fueran menores de cincuenta años.

La Figura 1, muestra como se ha llevado a cabo el proceso de selección mostrando el número de artículos que quedan después de cada cribado realizado.

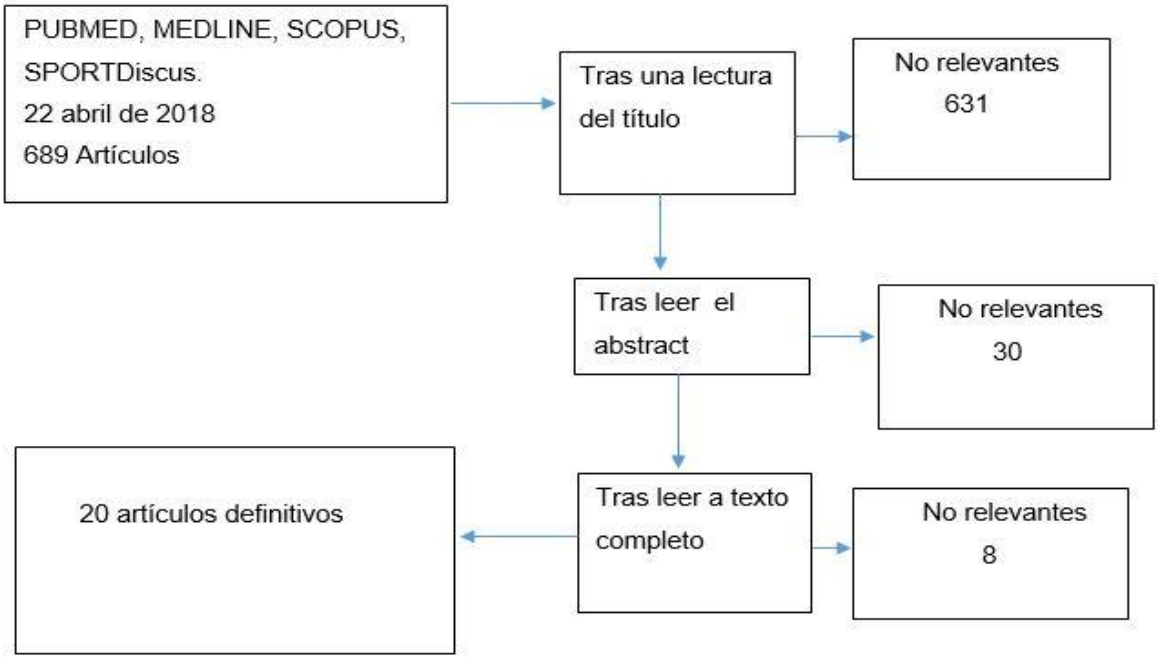


Figura 1: Proceso de selección de artículos

5. RESULTADOS

Los resultados de esta revisión bibliográfica se han agrupado en dos tablas (Tablas 2 y 3). En la Tabla 2 se analizan los estudios encontrados relacionados con el rendimiento y en la Tabla 3 aquellos que relacionan el entrenamiento de la musculatura del tronco con la prevención de lesiones.

Tabla 2: Artículos que analizan como afecta un entrenamiento de estabilidad de tronco en el rendimiento deportivo.

Autor	Muestra	Días*SEM	Procedimiento	Resultados
(Kim, 2010)	N= 17 golfistas femeninas	3* 12 SEM	3 ser de 12 ejs de et subiendo la carga y las rep cada 4 sem, realizados en la parte principal de la sesión.	↑ Velocidad del palo de golf y distancia de la pelota
(Saeterbakken et al., 2011)	N= 28 jugadoras de balonmano jóvenes (16-17 años)	2* 6 SEM	4 ser 4-6 rep máximas de ejs de et, aumentando la dificultad al añadir si o aumentar brazo de resistencia, se realizan en el calentamiento	↑ 5% Velocidad de tiro
(Basset et al., 2011)	N= 22 gimnastas jóvenes (9-13 años)	3 * 8 SEM	1-4 sem; ejs de et estáticos. 5-8 sem; dinámicos y en si.	Test Bunkie: Mantuvieron la posición de estabilidad durante más tiempo.
(Kline et al., 2013)	N= 3 bailarines de ballet	3 * 6 SEM	Ejs de et en 5 niveles progresivos de dificultad al meter si o aumentar brazo de resistencia manteniendo un min cada plancha o hasta fatiga, realizados en la parte principal.	↑ Fuerza ↓ Percepción de Dolor
(Weston et al., 2013)	N= 36 golfistas masculinos	3* 8 SEM	1-4 sem; ejs de et. 4-8 sem; se añaden movimientos de las extremidades y 10-15 seg a los ejs anteriores.	↑ Velocidad de la cabeza del palo No evidencias de mejora efecto de la bola
Afyon et al., (2014)	N= 30 jugadores de fútbol jóvenes (16 años)	2* 12 SEM	Ejs de et: 1-3 sem; 1 ser. 3-6 sem; 2 ser. 6-9 sem; 3 ser y 9-12 sem; 2 ser de ejs de et manteniendo de 15 a 35 seg y realizados en el calentamiento.	↑ Velocidad, salto vertical y salto de longitud
Imai et al., (2014)	N= 27 jugadores de fútbol jóvenes (16-17	3* 12 SEM	Grupo 1: (CT) Ejs convencionales de tronco: 1-2 sem; 3 ser de 40 seg. Se incrementa seg y ser hasta la sem doce.	Grupo CT: ↑ Sprint, salto vertical.

	años)		-	Grupo 2: (ET) Ejs de et: 1-2 sem; se incrementan ser y seg hasta sem doce. Ambos realizadas al final de la sesión.	Grupo ET: ↑ Sprint, salto vertical, test de Cooper y *"drop jump".*
(Weston et al., 2015)	N= 20 nadadores masculinos y femeninos jóvenes (15-17 años).	3* 12 SEM	-	Ejs de et durante un min y se aumenta progresivamente ser, rep y seg.	↓ Tiempo de prueba 50 metros
(Pankajbhai et al., 2015)	N= 20 jugadoras femeninas de cricket de 18-25 años	5* 2 SEM	-	Ejs de et durante dos sem realizados en una sesión de Core.	↑ Velocidad de carrera y agilidad
(Prieske et al., 2016)	N=39 jugadores de futbol jóvenes (16-18 años)	2-3* 9 SEM	-	Grupo 1: (SE)Ejs de et en banco o el suelo.	↑ Velocidad de chute y sprint 10-20 metros
			-	Grupo 2: (SI) Ejs de et en si.	CMJ y agilidad no hubo mejoras
			-	Ejs realizados durante 15-20 seg o 15-20 rep, la progresión se realiza cada 2-3 sem en tiempo, carga o si.	
(Clark et al., 2017)	N= 35 corredores de cross jóvenes (14-19 años)	3* 6 SEM	-	1-2 sem; 1 ó 2 ser de 5-20 rep. 2-4 sem; subieron ser y rep. 4-6 sem; se eliminan los ejs más sencillos y se sube rep o ser.	↓ Tiempo de carrera y ↑ fuerza muscular.
(Manchado et al., 2017)	N= 30 jugadores de balonmano jóvenes (15-21 años)	3* 10 SEM	-	1-3 sem; ejs de et 10-15 min. 4-7 sem; 15-20 min y ejs en si. 8-10 sem; 20-25 min. Realizados después del calentamiento general.	↑ Velocidad de tiro.
(Hassan, 2017)	N= 20 jugadores de bádminton, menores de 19 años	2* 8 SEM	-	Ejs de et estáticos y dinámicos subiendo cada sem, rep y seg, realizados después del calentamiento.	↑ Velocidad y precisión en el remate
(Watson et al., 2017)	N= 24 bailarinas universitarias de 18-20 años	3* 9 SEM	-	5-7 ejs de et. 1º nivel; contracciones estáticas y movimientos suaves. 2º nivel; movimientos dinámicos y contracciones estáticas en si. 3º nivel; movimientos dinámicos en si.	↑ Equilibrio en acciones específicas (passé-relevé) y ↑ rendimiento de la pirueta.

(Finatto et al., 2018)	N= 32 corredores de 5km, 18-28 años	3* 12 SEM	- Ejs de Pilates: 1 sem; familiarización y pre Pilates. 2-6 sem; Pilates básico y 6-12 sem; Pilates nivel intermedio.	↑ VO_2 MAX.

Ejs= ejercicios realizados en los protocolos de cada estudio; **sem**= semanas; **si=** superficies inestables; **rep**= repeticiones; **ser**= series; **et**= estabilidad de tronco; **ct**= ejercicios convencionales de tronco; **se**= superficies estables; **seg**= segundos; **min**= minutos; ↑**=** mejora; ↓= disminuye.

Tabla 3: Artículos que analizan como afecta un entrenamiento de estabilidad de tronco en la prevención de lesiones.

Autor	Muestra	Duración	Procedimiento	Resultados
(Pfile et al., 2013)	N= 23 Deportistas femeninas jóvenes (14-15 años)	3* 4 SEM	- 1 y 2 sem; 3 ser de 10 ej de et, 3 y 4 sem, se mantienen rep y ser pero se añade dificultad a los ejs.	↑ Adaptaciones Biomecánicas en la cinemática de cadera y rodilla para prevenir la lesión de ligamento cruzado anterior (LCA)
(Araujo et al., 2015)	N= 16 atletas de capoeira femeninas.	3 * 6 SEM	- 1-2 sem; 3 ser de 30 seg de ejs de et. 3-4 sem; se añaden 15 seg a los ejs. 5-6 sem; subieron dificultad y se mantienen seg.	↓ Pico de fuerza de reacción del suelo en la fase de aterrizaje del salto.
(Dello Iacono et al., 2015)	N= 20 jugadores de futbol de 18-19 años	5* 6 SEM	- 1-3 sem; 3 ser de 10 rep de ejs de et. 4-6 sem; se cierran los ojos y se añaden si a los ejs. Son realizados antes de la parte principal de la sesión.	↓ Los desequilibrios musculares de fuerza y asimetrías inter e intra extremidades inferiores.
(Viktória et al., 2016)	N= 62 bailarines de ballet e hip-hop jóvenes (9-18 años)	12 SEM	- 1º y 2º mes; educación postural, ejs para el control motor de la zona lumbar. 3º mes; ejs anteriores aplicados a la danza con materiales específicos.	↑ Postura habitual, ↓ dolor de espalda, ↑ control motor lumbar.
(Bagheria et al., 2018)	N= 100 deportistas universitarios de 18-22 años	3* 8 SEM	1-2 sem; ejs de et 3 ser de 30 seg. 3-4 sem; 3 ser de 40 seg por ejs. 5-6 sem; 3 ser de 50 seg por ejs. 7-8 sem; 3 ser de 60 seg por ejs.	↑ Control postural dinámico y ↑ patrones motores de movimiento.

Ejs= ejercicios realizados en los protocolos de cada estudio; **sem**= semanas; **si=** superficies inestables; **rep**= repeticiones; **ser**= series; **et**= estabilidad de tronco; **seg**= segundos; **cmj**= salto con contra movimiento; ↑**=** mejora; ↓= disminuye.

6. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión fue analizar en la literatura si un entrenamiento de ET mejoraba el rendimiento y cómo afectaba en la prevención de lesiones. Para su análisis hemos dividido los artículos en dos categorías: ET y rendimiento (n=15), y ET y prevención de lesiones (n=5).

En teoría se acepta que la ET y el rendimiento están interrelacionados (Sharrock, Cropper, Mostad, Johnson y Malone, 2011). Si es cierto que la literatura no apoya del todo este hecho (Hibbs et al., 2008; Lederman, 2010; Reed, et al., 2012), al haberse encontrado resultados en los estudios bastantes contradictorios (Sato y Mokha, 2009; Tse et al., 2005). También la gran diversidad de estudios, entrenamientos, poblaciones y finalidades no ayuda a establecer conclusiones claras en lo relacionado a ET y rendimiento (Reed et al., 2012). La prevención de lesiones también parece estar estrechamente relacionada con la ET. Son numerosos los estudios que relacionan deficiencias o alteraciones en el “core” con un mayor el riesgo de sufrir lesiones desde la espalda hasta el tobillo (Leetun et al., 2004; Segarra et al., 2014; Willson, Dougherty, Ireland, y Davis, 2005; Zazulak et al., 2007).

6.1. Estabilidad de tronco y rendimiento

En los artículos seleccionados, las medidas que determinaban si hubo mejora o no del rendimiento fueron; por un lado, variables relacionadas con el rendimiento específico de balonmano (Manchado, García, Cortell y Tortosa, 2017; Saeterbaken, Van Den Tillaar y Selier, 2011), bádminton (Hassan, 2017), natación (Weston, Hibbs, Thompson y Spears, 2014), golf (Kim, 2010; Weston, Coleman y Spears 2013) o carreras de atletismo (Clark et al., 2017; Finatto et al., 2018). Por otro lado, en el resto de artículos relacionados con el ET y el rendimiento (Afyon, 2014; Bassett y Leach, 2011; Imai, Kaneoka, Okubo y Shiraki, 2014; Kline, Krauss, Maher y Qu, 2013; Pankajbhai, Shantilal y Karamchandani, 2015) donde se analizan variables que, de una u otra forma, están relacionadas con el rendimiento, como la agilidad, velocidad, o fuerza.

6.1.1. Efecto del entrenamiento de ET en el gesto específico realizado con la extremidad superior

Cinco estudios con deportistas de golf, balonmano y bádminton analizaron el rendimiento del gesto específico con la extremidad superior tras un programa de entrenamiento de ET con el objetivo de comprobar si se producían mejoras en acciones específicas. En balonmano, Manchado et al. (2017), analizando 30 jugadores de balonmano de 15-21 años encontraron que, después de diez semanas de ejercicios específicos de ET imitando la cadena cinética del movimiento involucrado en la acción de lanzar, el grupo experimental mejoró en un 4.3% su velocidad de lanzamiento respecto al grupo control (Manchado et al., 2017). Saeterbakken et al. (2011) encontraron resultados muy similares en 28 jugadoras de balonmano de 16-17 años, tras seis semanas ejercicios específicos de ET cadena cinética cerrada (ej., rotación del "core" en superficies inestables, más un ejercicio en superficie inestable de sentadilla unipodal), con mejoras en torno a un 5% en la velocidad máxima de lanzamiento respecto al grupo control, que no varió (Saeterbakken et al., 2011).

Por lo tanto, la similitud de ambos estudios hace indicar que tras un programa de ET tratando de reproducir la cadena cinética implicada en el lanzamiento en balonmano, es decir, buscando una trasferencia al gesto técnico específico, mejoran en él. Sin embargo, en el estudio de Saeterbakken et al. (2011), la realización de sentadilla unipodal sobre superficie inestable hace difícil establecer que las mejoras son debidas exclusivamente a un programa de ET, al no considerarse ejercicio específico de "*core"* y haber sido incluido por ser utilizado en estudios anteriores con sujetos similares (Saeterbakken et al., 2011).

En golf, Kim (2010) propuso un programa de doce semanas de ejercicios de ET para 17 golfistas femeninas, añadiendo peso muerto y sentadilla como ejercicios de estabilidad global. El grupo experimental mejoró la distancia recorrida por la bola y la velocidad de la cabeza del palo en el swing de golf (Kim, 2010). Resultados parecidos fueron encontrados por Weston et al. (2013) con 36 golfistas masculinos que siguieron durante ocho semanas un programa de ejercicios de ET sumado a dos de estabilidad global como sentadilla y zancada. En este estudio se midió la velocidad de la cabeza del palo y el efecto hacia atrás (*backspin*) y lateral (*sidespin*) que producía la bola tras el swing. Como ocurría en el trabajo anterior, la velocidad de la cabeza del palo aumentó ligeramente, pero las mejoras en el efecto hacia atrás y lateral de la pelota son contradictorios al no haberse encontrado diferencias significativas entre ambos grupos (Weston et al., 2013).

Los golfistas utilizan los músculos del tronco durante los giros del mismo y al realizar el impacto a la pelota en el swing (Kim, 2010), por lo que un buen control neuromuscular del Core parece ser muy importante en la realización de dicho gesto. Por esto, un trabajo de ET en golfistas puede mejorar el swing de golf, debido a la gran importancia que éste adquiere durante el movimiento. No se puede afirmar que la mejora en la velocidad de la cabeza del palo de golf es producida por un entrenamiento aislado de ET debido a la incorporación ejercicios considerados de estabilidad global (Kim, 2010; Weston et al., 2013).

En un estudio de Hassan (2017) con veinte jugadores de bádminton, el grupo experimental realizó un trabajo de ET durante 8 semanas (ej., plancha frontal, lateral, puentes) al que se añadieron ejercicios dinámicos de estabilidad global como zancadas o *"hip trust"*. Este grupo mejoró un 28% la velocidad de remate y un 14% la precisión del mismo comparado con el grupo control (Hassan, 2017). Los resultados obtenidos en dicho estudio pueden deberse a la implicación de diversos ejercicios dinámicos de ET o estabilidad global con balones medicinales o superficies inestables muy similares a los patrones de movimiento específicos de bádminton (Hassan, 2017). En la misma línea que los trabajos anteriores, la aparición de ejercicios considerados de estabilidad global, no específicos del *"core"* hacen difícil demostrar que las mejoras son producidas exclusivamente por un programa de ET.

Por lo tanto, se puede concluir que en los estudios encontrados se produce una mejora del rendimiento en acciones específicas deportivas realizadas con la extremidad superior. También, si los ejercicios de ET tienen características similares al gesto técnico específico, los deportistas mejoran en éste (Hassan, 2017; Manchado et al., 2017; Saeterbakken et al., 2011). Sin embargo, en aquellos estudios en los que son añadidos ejercicios de estabilidad global, como zancada, peso muerto o sentadilla no se puede atribuir los beneficios obtenidos exclusivamente a la ET (Hassan, 2017; Kim, 2010; Saeterbakken et al., 2011; Weston et al., 2013).

6.1.2. Efecto del entrenamiento de ET en el gesto específico realizado con la extremidad inferior

Tras haber visto cómo afecta un programa de ET en el rendimiento de la extremidad superior, se va a analizar cuatro estudios en los que su gesto específico estaba relacionado con la extremidad inferior como el fútbol, la danza o atletismo. En el primero, Watson et al. (2017) analizaron con 24 bailarinas la eficacia de un programa de resistencia, fuerza y

propiocepción del tronco, realizando acciones dinámicas de danza, enfatizando en la activación del transverso del abdomen y añadiendo un ejercicio de extensores de tobillo durante nueve semanas. Este programa demostró un aumento del rendimiento en acciones específicas como las piruetas y en el equilibrio a una pierna del movimiento "*passé-releve"* (Watson et al., 2017). El aumento del equilibrio en acciones específicas puede ser debido a la gran importancia que daban los autores al trabajo y contracción durante los movimientos de danza del transverso abdominal (uno de los mayores estabilizadores de la zona media). Las bailarinas sólo mejoraron en aquellas acciones que formaban parte del programa de ET (piruetas y "*passé-releve"*) no ocurriendo lo mismo en los movimientos que no formaron parte del mismo como la elevación del talón a una sola pierna (Watson et al., 2017). El ejercicio de elevación de tobillo añadido, dificulta la posibilidad de asegurar que un programa aislado de ET provoca mejoras en el rendimiento en danza. La ausencia de grupo control es una limitación importante en este estudio.

Prieske et al. (2016), analizó 39 futbolistas jóvenes de élite divididos en dos grupos experimentales, uno realizó un programa de ET en superficies estables (ej., planchas laterales, frontales, supinas, etc.) y el otro sobre inestables durante nueve semanas. Ambos grupos mejoraron la velocidad del golpeo de balón y la velocidad de sprint en 10-20 metros, no encontrándose diferencias significativas entre ambos grupos. Por otro lado, no se encontraron mejoras en agilidad o en el salto con contra movimiento (CMJ) (Prieske et al., (2016). Parece ser que mejoras en la fuerza de los músculos del tronco (ej., fuerza máxima isométrica de los extensores de tronco) conlleva una mejora de la velocidad de sprint y de golpeo de balón en fútbol independientemente de la realización de los ejercicios de ET sobre superficie estable o inestable. La falta de un grupo control es una de las limitaciones de este estudio, la cual no favorece a la aclaración de si esta mejora es producida por el entrenamiento de ET o por el entrenamiento rutinario de fútbol. Los autores defienden que en jugadores de fútbol de élite es muy difícil que paren de entrenar durante nueve semanas o que no trabajen aspectos tan importantes como la ET (Prieske et al., 2016).

Finatto et al. (2018) por su parte, analizaron un programa de entrenamiento con 28 corredores masculinos con experiencia en 5000 m. El grupo experimental realizó durante doce semanas un entrenamiento progresivo en dificultad de Pilates. Los resultados encontrados fueron una mejora significativa del VO_{2max}. y tiempo de carrera de 5000 m junto con una pequeña reducción del gasto metabólico a 12 $km \cdot h^{-1}$ del grupo experimental en comparación con el control (Finatto et al., 2018). Por el contrario, Clark et al. (2017) obtiene resultados contradictorios en el tiempo de carrera con 35 corredores jóvenes de cross (14-

19 años) divididos por sexos. El grupo experimental de cada sexo realizó un programa de ET durante seis semanas y se midió el tiempo de prueba en 4000 metros por las chicas y 5000 por los chicos. Ambos sexos y grupos mejoraron el tiempo de carrera y aumentaron la fuerza muscular, aunque el porcentaje de mejora de carrera parece algo mejor en el grupo experimental que en el control, estos resultados no fueron significativos (Clark et al., 2017). Parece ser que una mejora en la resistencia de los músculos del tronco conlleva a una disminución de la activación de dicha musculatura (Finatto et al., 2018). Este mecanismo es responsable de minimizar el gasto energético aumentando la economía de carrera y el VO_{2max}, lo que conllevaría un descenso en el tiempo de prueba aumentando el rendimiento en 5000 m (Finatto et al., 2018). Por otro lado, en el estudio de Clark et al. (2017) no se pueden sacar conclusiones claras debido a varios motivos principales; los participantes procedían de dos colegios distintos, cada uno con una forma de entrenar distinta y tampoco se recogió información de lo que hacían los participantes fuera de temporada, pudiendo afectar a su rendimiento.

Por tanto, parece ser que un trabajo de ET orientado a la mejora del gesto específico de la extremidad inferior produce mejoras en acciones específicas en danza, en el golpeo de balón y el sprint en fútbol, independientemente de que el trabajo de ET fuera realizado sobre superficie estable o inestable (Prieske et al., 2016). En ambos estudios la ausencia de grupo control limita la aceptación de los resultados. También reduce el coste energético a 12 $km \cdot h^{-1}$ y aumenta el VO_{2max} en corredores de 5000 m (Finatto et al., 2018).

6.1.3. Efecto del entrenamiento de ET sobre el rendimiento en una prueba de sprint en natación

El artículo que engloba este apartado fue realizado por Weston et al. (2014) con veinte nadadores juniors de nivel nacional. El grupo experimental realizó durante doce semanas un entrenamiento de ejercicios de ET junto con la sentadilla *"overhead",* incluida al entrenamiento por su gran necesidad de estabilizar el tronco durante su ejecución y un *"press*" de hombro (Weston et al., 2015). En este estudio la medida de rendimiento fue la marca en 50 metros nadado a crol, donde el grupo experimental mejoró un 1,4% el tiempo en respecto al grupo control, que no experimentó cambios (Weston et al., 2015). Los participantes demostraron al acabar el estudio una mejor extensión del hombro en el plano sagital gracias a los ejercicios de ET realizados encaminados a lograrlo, una mejora en la prueba de puente prono y en la actividad máxima electromiográfica de la musculatura

central (Weston et al., 2015). Estas mejoras en la función del *"core"* y las adaptaciones neuromusculares de la musculatura específica de la brazada pueden explicar la mejora en el rendimiento de la prueba 50 metros crol. No se puede atribuir que la mejora se debe exclusivamente a ejercicios de ET al haber dos de ejercicios no considerados específicos del "core", pero incluidos por los autores por lograr una actividad electromiográfica mayor que los niveles requeridos para lograr mejoras en la ET (Weston et al., 2015).

6.1.4. Efecto del entrenamiento de ET sobre otras variables de rendimiento no específicas

Las medidas de rendimiento no relacionadas con el gesto específico en su deporte fueron agrupadas en este apartado. Dichas variables son la agilidad, velocidad, fuerza muscular, salto vertical, salto de longitud o medidas del test de Cooper o del test Bunkie. Los estudios fueron realizados por deportistas de fútbol, cricket, danza, lanzamientos, ballet o gimnasia.

En fútbol Afyon (2014) estudió con treinta adolescentes de 16 años como afectaba un programa de ET al que se le sumaba un ejercicio de sentadilla, durante doce semanas. El grupo experimental demostró mejoras significativas en el salto vertical, de longitud y velocidad, mientras que el grupo control obtuvo mejoras significativas en el salto vertical (Afyon, 2014). Imai et al. (2014) encuentran resultados parecidos con 19 jugadores de fútbol de 16 a 17 años. Nueve realizan ejercicios convencionales (ej.,"*sit ups"* y variaciones o extensiones lumbares) y el resto ejercicios de ET (ej., plancha frontal, lateral, puentes) durante doce semanas. Como en el estudio anterior, el salto vertical y la velocidad de sprint mejoraron en ambos grupos, mientras que en el test de Cooper o en el *"drop jump"* mejoraron solamente en el grupo de estabilidad (Imai et al., 2014). En el estudio de Afyon (2014) se demuestra que el fortalecimiento de la musculatura del tronco contribuye al control motor y desarrollo físico en jugadores de fútbol lo que conlleva diversas mejoras en velocidad o salto de longitud. Si es cierto, que estos resultados no se pueden atribuir directamente al trabajo de ET debido a la incorporación al programa a un ejercicio de sentadilla. En el trabajo de Imai et al. (2014), se puede comprobar como sólo el grupo que realizó ejercicios de ET mejoró en el "*drop jump*", debido a la mejora en el control de la posición y del movimiento del tronco tras impacto (Imai et al., 2014). También mejoró en el test de Cooper, donde factores como la economía de carrera o el VO_{2max} son muy importantes (Imai et al., 2014) y como vimos anteriormente un trabajo de ET parece que mejora dichos factores (Finatto et al., 2018). Sin embargo, la mejora de salto vertical y sprint

en ambos grupos puede deberse a otros factores como el entrenamiento de fútbol o el aumento de la fuerza en las extremidades inferiores, al no poder comparar con un grupo control los efectos debido a la ausencia de este (Imai et al., 2014).

En el tercer estudio, Pankajbhai et al. (2015) analizaron con veinte jugadoras de cricket como afectaba un programa de cuatro ejercicios de ET durante dos semanas en la agilidad (medida con el test "T") y la velocidad de carrera (medida con el "4x10 m *shuttle run*"). Estas jugadoras mejoraron significativamente la agilidad y la velocidad de carrera (Pankajbhai et al., 2015). El entrenamiento de la ET deriva en un mayor control motor de la zona media, pudiendo transmitir las fuerzas con mayor eficacia ante cambios de dirección (Kibler et al., 2006). Por esto, puede deberse las mejoras en los test propuestos anteriormente. Este estudio cuenta con una serie de limitaciones como la poca duración del mismo, el solamente realizado con población femenina o el pequeño tamaño de muestra (Pankajbhai et al., 2015).

En un estudio para comprobar la ET en 22 gimnastas de élite jóvenes de 9-13 años, Bassett y Leach (2011) formaron un grupo experimental que realizó durante ocho semanas un programa de ET. Este grupo aumentó el tiempo de mantenimiento de una posición isométrica durante más tiempo respecto al grupo control, medido a través del test Bunkie. (Bassett y Leach 2011). Kline et al. (2013) obtiene similares resultados con tres bailarinas pre-profesionales de ballet que aguantaron más tiempo en posiciones isométricas de trabajo de ET aumentando la fuerza del tronco y también disminuyeron la percepción de dolor. Las participantes realizaron un programa de ET que tuvo dos partes, una realizada individualmente en sus casas durante tres semanas y otra formada por ejercicios de ET supervisada sobre diversos elementos inestables para añadir dificultad en otras tres (Kline et al., 2013).

El trabajo de ET fue realizado con los mismos ejercicios de estabilidad que medía el test Bunkie, por lo tanto, la mejora de este seguramente es debida a la especificidad del entrenamiento. Estos autores (Bassett y Leach 2011) defienden que la fuerza del tronco es esencial para estabilizar la pelvis y la caja torácica durante el movimiento, por lo tanto, lo consideran su trabajo beneficioso para el rendimiento (Bassett y Leach, 2011). En el estudio de Kline et al. (2013) las mejoras de tiempo en posiciones isométricas, se deben a la realización específica de dichos ejercicios, con lo que se aumenta la fuerza del tronco. Las participantes disminuyeron la percepción de dolor debido al trabajo de ET, por lo que dicho trabajo tiene beneficios en la disminución de dolor de la espalda. Aunque la eficacia

neuromuscular se obtiene en prontas etapas del programa (Kline et al., 2013), sería recomendable más tiempo de programa, también la muestra de estudio fue muy pequeña y no hay grupo control, por lo que no se pueden extrapolar resultados a población similar.

En este apartado podemos concluir que un trabajo de ET puede conllevar mejoras en factores de rendimiento no específicos de los deportes comentados. En fútbol, se puede comprobar como variables como el salto vertical, de longitud, la velocidad el, test de Cooper o el *"drop jump"* son mejoradas tras un programa de ET (Afyon, 2014; Imai et al., 2014). Sin embargo, no podemos afirmar que estos resultados se deban exclusivamente a ejercicios de ET, ya que la inclusión de un ejercicio no específico de *"core"* (Afyon, 2014) o la ausencia de grupo control (Imai et al., 2014) nos impiden hacerlo. En cricket, sí parece ser que tras un entrenamiento de ET en mujeres se mejora en test de agilidad y de velocidad. También dicho entrenamiento tiene mejoras en la capacidad de mantener más tiempo en posiciones de trabajo isométricas de ET (Bassett y Leach, 2011; Kline et al., 2013), aunque la falta de grupo control o el pequeño tamaño de muestra (Kline et al., 2013) es una limitación de uno de los estudios.

6.2. Estabilidad de tronco y prevención de lesiones

Medidas relacionadas con la prevención de lesiones como la cinética de aterrizaje tras diferentes saltos, el control motor lumbar, patrones funcionales de movimiento o desequilibrios musculares han sido encontradas en los estudios que se muestran a continuación. Éstos comprueban el efecto de un entrenamiento de ET en la prevención de lesiones.

En el primer estudio, Araujo, Cohen y Hayes (2015) realizaron un entrenamiento de ET con 16 atletas femeninas de capoeira durante seis semanas. Las deportistas disminuyeron el pico de fuerza de reacción en la fase de aterrizaje tras el salto desde un cajón en un 16% y de un salto vertical máximo en un 41%, reduciendo la posibilidad de lesión de ligamento cruzado anterior (LCA) de rodilla en mujeres (Araujo et al., 2015). En otro estudio, Pfile et al. (2013) quisieron comprobar el efecto de un entrenamiento de ET en la cinemática de un salto vertical con el objetivo de prevenir lesiones de LCA. En él, 23 futbolistas femeninas fueron divididas en tres grupos; uno realizó entrenamiento de ET junto con dos más de estabilidad global como sentadilla o zancadas durante 4 semanas (n=8), otro que realizó ejercicios de pliometría durante el mismo tiempo (n=9) y uno control (n=6) (Pfile et al., 2013). El grupo que trabajó ET logró una reducción del ángulo de flexión de rodilla y del momento

de flexión y rotación interna de cadera reduciendo la posibilidad de lesión del ligamento cruzado anterior (Pfile et al., 2013).

El aterrizaje repetitivo con un impacto en el mismo alto puede provocar lesiones por estrés debido a la carga provocada, aumentando los momentos de abdución y aducción de rodilla, siendo un mecanismo lesivo del LCA de la rodilla (Araujo et al., 2015). Así, se sugiere que un trabajo de ET proporciona una mejora en el control neuromuscular del tronco disminuyendo el momento de abducción y de valgo de la rodilla (Araujo et al., 2015). A pesar de los resultados, la falta de grupo control es una gran limitación en este estudio. En el estudio de Pfile et al. (2013), la reducción de los momentos de flexión y rotación interna sobre la cadera son asociados al aumento de la habilidad de los extensores y rotadores externos de la misma, de controlar excéntricamente a los flexores y rotadores internos (Pfile et al., 2013). Los autores llegan a la conclusión que un programa de ET logra adaptaciones biomecánicas en la cinética de la cadera y la cinemática de la rodilla tras un salto vertical, por lo que se podrían añadir a un programa preventivo de LCA de rodilla (Pfile et al., 2013).

En otro estudio, Dello Iacono, Padulo y Ayalon (2015) realizaron un programa de entrenamiento con veinte futbolistas realizando un programa de ET de seis semanas al que se le añadieron dos ejercicios, el *"nordic curl"* de isquiotibiales, añadido por mejorar concéntricamente y excéntricamente la fuerza de los mismos en futbolistas y las zancadas (Dello Iacono et al., 2015). El grupo experimental, disminuyó significativamente los desequilibrios de fuerza y asimetrías entre ambas piernas y las diferencias de la ratio de fuerza de flexión/extensión de rodilla respecto al grupo control, medido mediante test isocinéticos y test de salto (Dello Iacono et al., 2015). Por lo que los autores concluyen que un entrenamiento de ET disminuye los desequilibrios de fuerza y asimetría en y entre los miembros inferiores (Dello Iacono et al., 2015). El fútbol es un deporte que obliga a usar los miembros inferiores de manera unilateral en acciones como el golpeo, diversos saltos o cortes de balón, alterando el equilibrio de fuerzas entre miembros e incluso entre músculos agonistas y antagonistas (Dello Iacono et al., 2015). Por lo que un programa de ET en futbolistas parece ser importante al mejorar el equilibrio de fuerzas en los miembros inferiores. La implicación de dos ejercicios no considerados específicos del tronco limita la posibilidad de atribuir las mejoras a un entrenamiento aislado de ET.

Viktória et al. (2016) realizó un estudio con 62 bailarines en el que se realizó un programa de ejercicios durante doce semanas destinados a mejorar el control motor lumbar, la ET o automatizar la postura. En las últimas cuatro semanas de trabajo se añadió materiales

específicos de danza. Se usaron diferentes escalas para comprobar el dolor lumbar, una cámara de fotos para comprobar la postura o diversos test para comprobar la ET o el control motor lumbar (Viktória et al., 2016). Los bailarines disminuyeron el dolor de espalda, mejoraron la postura (disminuyeron hiperlordosis lumbar) y el control motor lumbar. Según estos autores una deficiencia en estos parámetros derivaría en dolor de la espalda baja (Viktória et al., 2016). Los bailarines que padecen un mayor dolor de espalda tienen un control motor lumbar mucho más débil que aquellos que no lo sufren (Viktória et al., 2016). Por esto, un entrenamiento de ET mejora el control motor lumbar, disminuye el dolor de espalda y mejora la postura (Viktória et al., 2016). La falta de grupo control es una limitación importante de este estudio.

El último estudio de este apartado fue realizado por Bagheria et al. (2018) con cien atletas universitarios de voleibol, baloncesto, fútbol y artes marciales con el objetivo de estudiar los efectos de un programa de ET durante ocho semanas, en los patrones funcionales de movimiento. Los test que se realizaron fueron el *"Functional Movement Screen"* (FMS) considerado como un predictor de riesgo de lesiones (Bagheria et al., 2018), el *"lateral step down*" que consiste en dar un paso lateral a un *"step*" para comprobar la calidad del movimiento y el test "Y" de equilibrio dinámico (Bagheria et al., 2018). El grupo experimental realizó un entrenamiento de ET y mejoró la calidad de los patrones motores de movimiento (medido con el FMS) y el equilibrio dinámico respecto al grupo que no lo realizó. (Bagheria et al., 2018). Estas mejoras pueden ser debidas gracias a la mejora del control neuromuscular del tronco logrado durante su entrenamiento (Bagheria et al., 2018).

Parece ser que un programa de ET produce mejoras en la cinemática de la fase de aterrizaje tras un salto vertical en relación a la prevención de lesiones del LCA de la rodilla, coincidiendo con otros estudios anteriores (Araujo et al., 2015; Pfile et al., 2013).
Éste entrenamiento también mejora el control motor lumbar, la postura, los patrones motores de movimiento y disminuye las diferencias de fuerza en y entre miembros inferiores lo que conllevaría a una reducción de las lesiones (Bagheria et al., 2018; Dello Iacono et al., 2015; Viktória et al., 2016). No obstante, más estudios son necesarios para comprobar estos hallazgos debido a las limitaciones encontrados en los mismos y expuestas anteriormente.

6.3. Limitaciones

Gran parte de los estudios mostrados anteriormente tienen una serie de limitaciones que limitan la posibilidad de extrapolar los resultados de los mismos. Entre ellas se encuentran:

- La ausencia de un grupo control en algunos estudios.
- La muestra de algunos estudios es muy pequeña.
- La duración de algunos estudios es muy corta.
- La presencia de ejercicios considerados de estabilidad global (ej., sentadilla), no siendo específicos de ET.

7. CONCLUSIONES

El entrenamiento de la ET es añadido frecuentemente a los diferentes deportes para realizarlo como complemento de su entrenamiento rutinario. Algunos son realizados en el calentamiento, otros después de éste, algunos tienen su propia sesión y otros son realizados al final de la parte principal. Sin embargo, este tipo de entrenamiento es realizado sin un respaldo absoluto de la literatura para lograr efectos positivos en el rendimiento deportivo o en la prevención de lesiones.

La primera conclusión que se saca de esta revisión bibliográfica es que es difícil encontrar en la literatura estudios que aíslen por completo ejercicios de ET, y comprueben su efecto en el rendimiento, ya que gran parte de los estudios encontrados aportan algún ejercicio considerados de estabilidad global y no específicos del tronco (ej., sentadillas, zancadas, etc.) pudiendo causar una posible interferencia en el resultado. Este problema se ve aumentado en la relación de prevención de lesiones y ET, estando su gran mayoría integrado con otros entrenamientos preventivos como el excéntrico, la propiocepción, pliometría, agilidad o fuerza entre otros.

La segunda conclusión es la gran variedad de sujetos, duraciones, intensidades, entrenamientos, variables medidas y test realizados entre unos estudios y otros. Por esto, se echa en falta la unificación de entrenamientos para formar alguno estandarizado y poder analizar sus efectos con mayor precisión sobre distintos deportes. A pesar de esta diferencia, todos los estudios muestran progresiones de dificultad o intensidad a lo largo del programa. Los métodos que adoptaron para conseguirlo fueron; aumentando el brazo de

resistencia del ejercicio, añadiendo superficies inestables, pasando de estático a dinámico, quitando un apoyo en posiciones isométricas, aumentando las series, repeticiones o tiempo de realización y añadiendo ejercicios que suponían mayor dificultad.

Otra conclusión que se obtiene de este trabajo es que no siempre una mejora de la ET trae consigo una mejora del rendimiento, ya que muchos sujetos mejoraban en test de resistencia o fuerza del "core" pero no había efectos tan claros en el rendimiento.

Un entrenamiento de ET produce mejoras en la cinemática de la fase de aterrizaje tras un salto vertical en relación a la prevención de lesiones del LCA de la rodilla y mejoras en los patrones funcionales de movimiento del cuerpo.

Por último, las mejoras que resultan de algunos estudios ya sea en relación al rendimiento o prevención de lesiones no se pueden generalizar a la población no deportista, dado que la gran mayoría seguían realizando el entrenamiento de su especialidad deportiva junto con el entrenamiento de ET.

8. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

La propuesta de intervención de este trabajo consistirá en un protocolo de ejercicios de ET con el objetivo de prevenir lesiones deportivas. La falta de coordinación de la musculatura del tronco puede dar lugar a una deficiencia en el movimiento e incluso a realizar movimientos compensatorios causando lesiones por sobrecarga (Akuthota et al., 2008). Siguiendo la línea de McGill, 2010, los músculos del tronco están preparados y diseñados para detener o evitar el movimiento, no para generarlo. Algunos ejercicios tradicionales como los conocidos *"sit ups"* causarían excesivas cargas lesivas sobre los discos intervertebrales al tratar de generar movimiento con el tronco en lugar de detenerlo o frenarlo (Akuthota et al., 2008; Mc Gill, 2001). Por lo tanto, en esta propuesta de ejercicios para trabajar la ET realizaremos ejercicios de anti movimientos; anti-flexión, anti-extensión, anti-flexión lateral y anti-rotación del tronco. Los ejercicios deben ser realizados con una posición neutra de la columna vertebral (Akuthota et al., 2008). Dicho protocolo presentará cinco niveles progresivos de dificultad distintos para adecuarse al nivel de capacidad de cada persona, donde el nivel 5 supondrá el mayor desafío. La dificultad de los niveles se incrementará con algunas de las siguientes maneras; mediante la adición de superficies inestables como el *"fitball"* a ejercicios que previamente se realizaron sobre estables (ej., suelo). Se ha demostrado una mayor actividad electromiográfica de la musculatura

estabilizadora global en ejercicios realizados con superficies inestables respecto a aquellos mismos realizados en el suelo (Escamilla et al., 2010; Imai et al., 2010; Marshall y Murphy, 2005). También realizar ejercicios unilateralmente (ej., puente para la cadena posterior) o en bipedestación (ej., "*press pallof*") es el paso siguiente a realizarlos bilateralmente o en decúbito supino respectivamente (Willardson, 2007). Aumentar el brazo de resistencia (ej., plancha lateral de rodillas a plancha lateral), añadir movimientos de las extremidades (ej., plancha frontal con tres apoyos) o aumentar la carga (ej., paso del granjero con *"kettlebell"*) serán otras de las estrategias empleadas para aumentar la dificultad de la tarea (Kim, 2010; Saeterbakken et al., 2011; Weston et al., 2013). Una estrategia común a todos los ejercicios es el aumento mediante tiempo, repeticiones o series con el objetivo de aumentar la dificultad de los mismos (Afyon et al., 2014; Clark et al., 2017; Imai et al., 2014).

Los participantes podrán pasar de un nivel a otro cuando el anterior nivel no supere cierto umbral de estimulación, es decir, ya no les cueste apenas trabajo realizarlo. A continuación, se muestran los cinco niveles de dificultad que forman parte de la propuesta. La demostración de los ejercicios que componen estos niveles se encuentran en el apartado anexos.

Tabla 4: Propuesta de intervención nivel 1 de dificultad.

NIVEL 1: BAJO	*"CAT- CAMEL"* / PLANCHA LATERAL DE RODILLAS	*"BIRD DOG"* / PLANCHA FRONTAL DE RODILLAS	ANTEVERSIÓN-RETROVERSIÓN PÉLVICA	*"SIT UP MCGILL"* / PUENTE CON DOS PIERNAS
DURACIÓN	2 S X 20 SEG / 2 S X 20 SEG	2 S X 15 REP CADA LADO / 2 S X 20 SEG	2 S X 10 REP	2 S X 10 REP / 2 S X 20 SEG

Rep= repeticiones; **s**= series; **seg**= segundos.

Tabla 5: Propuesta de intervención nivel 2 de dificultad.

NIVEL 2: BAJO - MEDIO	PLANCHA DE RODILLAS SOBRE *"FITBALL"* / *"BRIDGE"* EN FITBALL	PLANCHA LATERAL UNA RODILLA APOYADA	DECUBITO SUPINO PIERNAS EN ALTO Y BAJARLAS SIN LLEGA A APOYAR EN EL SUELO	*"PRESS PALLOF"* EN DECÚBITO SUPINO
DURACIÓN	2 S X 25 SEG / 2 S X 25 SEG	2 S X 25 SEG	2 S X 15 REP	2 S X 20 SEG

Rep= repeticiones; **s**= series; **seg**= segundos.

Tabla 6: Propuesta de intervención nivel 3 de dificultad.

NIVEL 3: **MEDIO**	*"ROLL OUT"* CON *"FITBALL"* DE RODILLAS	PLANCHA FRONTAL / "*PRESS PALLOF*" DE RODILLAS	BICHO MUERTO	*"BRIDGE"* UNIPODAL / PLANCHA LATERAL
DURACIÓN	3 S X 20 SEG	3 S X 30 SEG / 3 S X 20 SEG	3 S X 10 REP CADA LADO	3 S X 30 SEG / 3 S X 30 SEG

Rep= repeticiones; **s**= series; **seg**= segundos.

Tabla 7: Propuesta de intervención nivel 4 de dificultad.

NIVEL 4: **MEDIO - ALTO**	PLANCHA FRONTAL 3 APOYOS/ PLANCHA EN *"FITBALL"*	ANTEVERSIÓN Y RETROVERSIÓN PÉLVICA CON FITBALL	*"PRESS PALLOF"* DE PIE / PLANCHA LATERAL	BICHO MUERTO EXTENDER MANOS Y BRAZOS A LA VEZ
DURACIÓN	3 S X 45 SEG / 3 S X 30 SEGS	3 S X 15 REP	3 S X 45 SEG / 3 X 45 SEG	3 S X 15 REP

Rep= repeticiones; **s**= series; **seg**= segundos.

Tabla 8: Propuesta de intervención nivel 5 de dificultad.

NIVEL 5: **ALTO**	EXTENSIÓN DE CADERA CON *"FITBALL"*	BRIDGE UNIPODAL CON FITBALL / "*ABWHEEL"*	PLANCHA LATERAL+ REMO CON BANDA ELASTICA / LEÑADOR ARRIBA ABAJO Y ABAJO ARRIBA	MOVER *"KETLEBELL"* EN DECUBITO PRONO TODAS DIRECCIONES / PASO DEL GRANJERO
DURACIÓN	3 S X 45 SEG	3 S X 45 SEGS / 3 X 10 REP	3 S X 60 SEG / 3 S X 45 SEG	3 S X 60 SEG / 3 S X 45 SEG

Rep= repeticiones; **s**= series; **seg**= segundos.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afyon, Y. A. (2014). Effect of core training on 16 year-old soccer players. *Educational Research and Reviews*, *9*(23), 1275-1279.
- Akuthota, V., y Nadler, S. F. (2004). Core strengthening. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *85*(1), 86-92.

- Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T., y Fredericson, M. (2008). Core stability exercise principles. *Current sports medicine reports*, *7*(1), 39-44.
- Araujo, S., Cohen, D., y Hayes, L. (2015). Six weeks of core stability training improves landing kinetics among female capoeira athletes: a pilot study. *Journal of human kinetics*, *45*(1), 27-37.
- Bagherian, S., Ghasempoor, K., Rahnama, N., y Wikstrom, E. A. (2018). The effect of core stability training on functional movement patterns in collegiate athletes. *Journal of sport rehabilitation*, 1-22.
- Bassett, S. H., y Leach, L. L. (2011). The effect of an eight-week training programme on core stability in junior female elite gymnasts, African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance, 17: supp1 (Supplement) pp. 9-19: erratum. *African Journal for Physical Health Education, Recreation and Dance*, suplemento*,* 9-19.
- Bermark, A. (1989). Stability of the Lumbar spine. *Acta Ortopaedica Scandinavica, 60(*sup230), 1-54.
- Borghuis, J., Hof, A. L., y Lemmink, K. A. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability. *Sports medicine*, *38*(11), 893-916.
- Cholewicki, J., Silfies, S. P., Shah, R. A., Greene, H. S., Reeves, N. P., Alvi, K., y Goldberg, B. (2005). Delayed trunk muscle reflex responses increase the risk of low back injuries. *Spine*, *30*(23), 2614-2620.
- Clark, A. W., Goedeke, M. K., Cunningham, S. R., Rockwell, D. E., Lehecka, B. J., Manske, R. C., y Smith, B. S. (2017). Effects of pelvic and core strength training on high school cross-country race times. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(8), 2289-2295.
- Cook, G., Burton, L., y Hoogenboom, B. (2006). Pre-participation screening: The use of fundamental movements as an assessment of function–Part 2. *North American journal of sports physical therapy*, *1*(3), 132-139.
- Dello Iacono, A., Padulo, J., y Ayalon, M. (2015). Core stability training on lower limb balance strength. *Journal of sports sciences*, *34*(7), 671-678.
- Escamilla, R. F., Lewis, C., Bell, D., Bramblet, G., Daffron, J., Lambert, S., ... y Andrews, J. R. (2010). Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, *40*(5), 265-276.
- Faries, M. D., y Greenwood, M. (2007). Core training: stabilizing the confusion. *Strength and Conditioning Journal*, *29*(2), 10-25.
- Finatto, P., Da Silva, E. S., Okamura, A. B., Almada, B. P., Storniolo, J. L., Oliveira, H. B., y Peyré-Tartaruga, L. A. (2018). Pilates training improves 5-km run

performance by changing metabolic cost and muscle activity in trained runners. *PloS one*, *13*(3), 1-19.

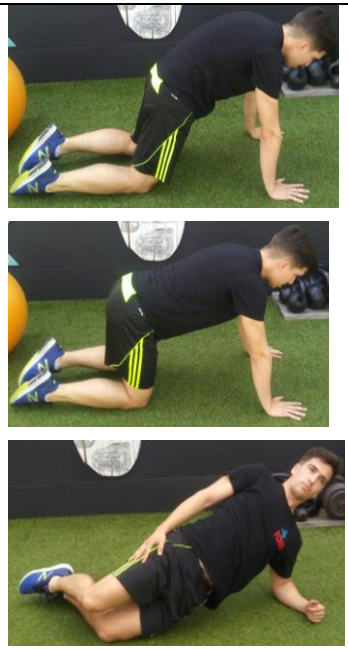
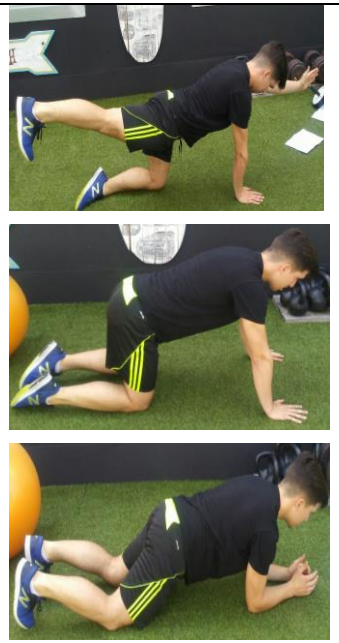
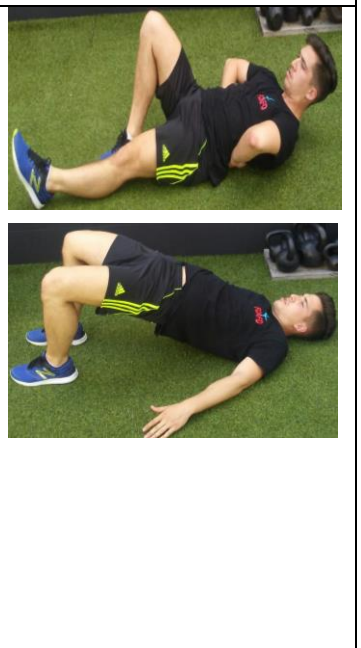
- Grenier, S. G., y McGill, S. (2007). Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *88*(1), 54-62.
- Hassan, I. H. I. (2017). The Effect of Core Stability Training on Dynamic Balance and Smash Stroke Performance in Badminton Players. *International Journal of Sports Science and Physical Education*, *2*(3), 44-52.
- Hibbs, A. E., Thompson, K. G., French, D., Wrigley, A., y Spears, I. (2008). Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports medicine*, *38*(12), 995-1008.
- Hodges, P. W., y Richardson, C. A. (1997). Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Physical therapy*, *77*(2), 132-142.
- Imai, A., Kaneoka, K., Okubo, Y., y Shiraki, H. (2014). Effects of two types of trunk exercises on balance and athletic performance in youth soccer players. *International journal of sports physical therapy*, *9*(1), 47-57.
- Imai, A., Kaneoka, K., Okubo, Y., Shiina, I., Tatsumura, M., Izumi, S., y Shiraki, H. (2010). Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, *40*(6), 369-375.
- Kline, J., Krauss, J. R., Maher, S. F., y Qu, X. (2013). Core strength training using a combination of home exercises and a dynamic sling system for the management of low back pain in pre-professional ballet dancers: a case series. *Journal of dance medicine and science*, *17*(1), 24-33.
- Kibler, W. B., Press, J., y Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports medicine*, *36*(3), 189-198.
- Kim, K. J. (2010). Effects of Core Muscle Strengthening Training on Flexibility, Muscular Strength and Driver Shot Performance in Female Professional Golfers. *International Journal of Applied Sports Sciences*, *22*(1), 111-127.
- Lederman, E. (2010). The myth of core stability. *Journal of bodywork and movement therapies*, *14*(1), 84-98.
- Leetun, D. T., Ireland, M., Willson, J. D., Ballantyne, B. T., y Davis, I. (2004). Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *36*(6), 926-934.
- Manchado, C., Ruiz, J., Tormo, J. M., y Martínez, J. (2017). Effect of Core Training on Male Handball Players' Throwing Velocity. *Journal of human kinetics*, *56*(1), 177-185.

- Marshall, P. W., y Murphy, B. A. (2005). Core stability exercises on and off a Swiss ball. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *86*(2), 242-249.
- McGill, S., y Cholewicki, J. (2001). Biomechanical basis for stability: an explanation to enhance clinical utility. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *31*(2), 96-100.
- McGill, S. (2010). Core training: Evidence translating to better performance and injury prevention. *Strength and Conditioning Journal*, *32*(3), 33-46.
- Pankajbhai, G. A., Shantilal, G. P., y Karamchandani, D. N. (2015). Effect of core stability training on speed of running in female cricket players (tesis doctoral). *Universidad de RK, Rajkot*, India.
- Pfile, K. R., Hart, J. M., Herman, D. C., Hertel, J., Kerrigan, D. C., y Ingersoll, C. D. (2013). Different exercise training interventions and drop-landing biomechanics in high school female athletes. *Journal of athletic training*, *48*(4), 450-462.
- Prieske, O., Muehlbauer, T., Borde, R., Gube, M., Bruhn, S., Behm, D. G., y Granacher, U. (2016). Neuromuscular and athletic performance following core strength training in elite youth soccer: Role of instability. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, *26*(1), 48-56.
- Reed, C. A., Ford, K. R., Myer, G. D., y Hewett, T. E. (2012). The effects of isolated and integrated ‘core stability’training on athletic performance measures. *Sports medicine*, *42*(8), 697-706.
- Saeterbakken, A. H., Van den Tillaar, R., y Seiler, S. (2011). Effect of core stability training on throwing velocity in female handball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(3), 712-718.
- Sato, K., y Mokha, M. (2009). Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners?. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(1), 133-140.
- Selkow, N. M., Eck, M. R., y Rivas, S. (2017). Transversus abdominis activation and timing improves following core stability training: a randomized trial. *International journal of sports physical therapy*, *12*(7), 1048-1056.
- Segarra, V., Heredia, J. R., Peña, G., Sampietro, M., Moyano, M., Mata, F., ... y Da Silva-Grigoletto, M. E. (2014). Core y sistema de control neuro-motor: mecanismos básicos para la estabilidad del raquis lumbar. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, *28*(3), 521-529.
- Sharrock, C., Cropper, J., Mostad, J., Johnson, M., y Malone, T. (2011). A pilot study of core stability and athletic performance: is there a relationship?. *International journal of sports physical therapy*, *6*(2), 63-74.

- Vera-Garcia, F. J., Elvira, J. L., Brown, S. H., y McGill, S. (2007). Effects of abdominal stabilization maneuvers on the control of spine motion and stability against sudden trunk perturbations. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *17*(5), 556-567.
- Vera-García, F. J., Barbado, D., Moreno, V., Hernández, S., Recio, J.C., y Elvira, J. L. (2015). Core stability. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, *8*(2), 79-85.
- Viktória, K., Brigitta, S., Gabriella, K., Eleonóra, L., Pongrác, Á., András, O., y Melinda, J. (2016). Application and examination of the efficiency of a core stability training program among dancers. *European Journal of Integrative Medicine*, *8*, 3-7.
- Watson, T., Graning, J., McPherson, S., Carter, E., Edwards, J., Melcher, I., y Burgess, T. (2017). Dance, balance and core muscle performance measures are improved following a 9-week core stabilization training program among competitive collegiate dancers. *International journal of sports physical therapy*, *12*(1), 25-41.
- Weston, M., Coleman, N. J., y Spears, I. R. (2013). The effect of isolated core training on selected measures of golf swing performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *45*(12), 2292-2297.
- Weston, M., Hibbs, A. E., Thompson, K. G., y Spears, I. R. (2015). Isolated core training improves sprint performance in national-level junior swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, *10*(2), 204-210.
- Willardson, J. M. (2007). Core stability training: applications to sports conditioning programs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(3), 979-985.
- Willson, J. D., Dougherty, C. P., Ireland, M. L., y Davis, I. M. (2005). Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, *13*(5), 316-325.
- Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N., Goldberg, B., y Cholewicki, J. (2007). Deficits in Neuromuscular Control of the Trunk Predict Knee Injury Risk: Prospective Biomechanical-Epidemiologic Study. *The American journal of sports medicine*, *35*(7), 1123-1130.

10. ANEXOS

Anexo 1: Propuesta de intervención nivel 1 de dificultad

NIVEL 1: BAJO	*"CAT- CAMEL"* / PLANCHA LATERAL DE RODILLAS	*"BIRD DOG"* / PLANCHA FRONTAL DE RODILLAS	ANTEVERSIÓN-RETROVERSIÓN PÉLVICA	*"SIT UP MCGILL"* / PUENTE CON DOS PIERNAS
POSICIÓN INICIAL / POSICIÓN FINAL				
DURACIÓN	2 S X 20 SEG / 2 S X 20 SEG	2 S X 15 REP CADA LADO / 2 S X 20 SEG	2 S X 10 REP	2 S X 10 REP / 2 S X 20 SEG

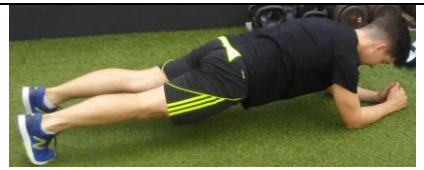
Rep= repeticiones; **s**= series; **seg**= segundos.

Anexo 2: Propuesta de intervención nivel 2 de dificultad

NIVEL 2: **BAJO - MEDIO**	PLANCHA DE RODILLAS SOBRE FITBALL / *"BRIDGE"* EN *"FITBALL"*	PLANCHA LATERAL UNA RODILLA APOYADA	DECUBITO SUPINO PIERNAS EN ALTO Y BAJARLAS SIN LLEGA A APOYAR EN EL SUELO	*"PRESS PALLOF"* EN DECÚBITO SUPINO
POSICIÓN INICIAL / POSICIÓN FINAL				
DURACIÓN	2 S X 25 SEG / 2 S X 25 SEG	2 S X 25 SEG	2 S X 15 REP	2 S X 20 SEG

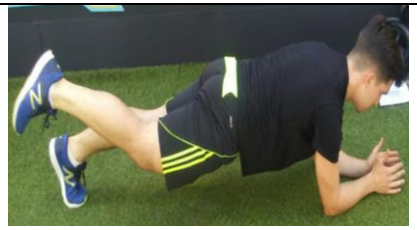
Rep= repeticiones; **s**= series; **seg**= segundos.

Anexo 3: Propuesta de intervención nivel 3 de dificultad

NIVEL 3: **MEDIO**	*"ROLL OUT"* CON *"FITBALL"* DE RODILLAS	PLANCHA FRONTAL / *"PRESS PALLOF"* DE RODILLAS	BICHO MUERTO	*"BRIDGE"* UNIPODAL / PLANCHA LATERAL
POSICIÓN INICIAL / POSICIÓN FINAL				
DURACIÓN	3 S X 20 SEG	3 S X 30 SEG / 3 S X 20 SEG	3 S X 10 REP CADA LADO	3 S X 30 SEG / 3 S X 30 SEG

Rep= repeticiones; **s**= series; **seg**= segundos.

Anexo 4: Propuesta de intervención nivel 4 de dificultad

NIVEL 4: MEDIO - ALTO	PLANCHA FRONTAL 3 APOYOS/ PLANCHA EN *"FITBALL"*	ANTEVERSIÓN Y RETROVERSIÓN PÉLVICA CON *"FITBALL"*	*"PRESS PALLOF"* DE PIE / PLANCHA LATERAL	BICHO MUERTO EXTENDER MANOS Y BRAZOS A LA VEZ
POSICIÓN INICIAL / POSICIÓN FINAL				
DURACIÓN	3 S X 45 SEG / 3 S X 30 SEG	3 S X 15 REP	3 S X 45 SEG / 3 S X 45 SEG	3 S X 15 REP

Rep= repeticiones; **s**= series; **seg**= segundos.

Anexo 5: Propuesta de intervención nivel 5 de dificultad

NIVEL 5: **ALTO**	EXTENSIÓN DE CADERA CON *"FITBALL"*	BRIDGE UNIPODAL CON *"FITBALL"* / *"ABWHEEL"*	PLANCHA LATERAL+ REMO CON BANDA ELASTICA / LEÑADOR DESCENDENTE Y ASCENDENTE	MOVER *"KETLEBELL"* EN DECUBITO PRONO TODAS DIRECCIONES / PASO DEL GRANJERO
POSICIÓN INICIAL / POSICIÓN FINAL				
DURACIÓN	3 S X 45 SEG	3 S X 45 SEG / 3 S X 8 REP	3 S X 60 SEG / 3 S X 45 SEG	3 S X 60 SEG / 3 S X 45 SEG

Rep= repeticiones; **s**= series; **seg**= segundos.