2017, *Retos, 31,* 114-117
© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (www.retos.org)

Efecto del entrenamiento combinado de fuerza y pliometría en variables biomecánicas del salto vertical en jugadoras de baloncesto

Effects of combined plyometric and resistance training in biomechanical variables of the vertical jump in basketball players

Alberto Sánchez-Sixto*, Pablo Floría**
* CEU Cardenal Spínola, **Universidad Pablo de Olavide

Resumen. *Objetivo.* El propósito de la presente investigación fue determinar y comparar el efecto de un entrenamiento combinado de fuerza y pliometría en el rendimiento del salto vertical y en los parámetros de aplicación de fuerza, velocidad y desplazamiento del centro de gravedad durante el salto vertical. *Material y método.* Veinticinco jugadoras de baloncesto participaron en éste estudio y fueron asignadas de forma aleatoria a dos grupos: grupo entrenamiento y grupo control. El grupo de entrenamiento añadió a sus sesiones en pista 2 sesiones por semana de entrenamiento combinado: sentadilla profunda (50-65% de 1 repetición máxima de 3-6 repeticiones) y saltos repetidos (5-7 series de 5 saltos repetidos). El salto con contramovimiento fue medido antes y después de las 6 semanas de entrenamiento. *Resultados.* Mejoras substanciales y probables fueron encontradas en la altura del salto vertical (12.2%). También se hallaron incrementos en la velocidad máxima durante el contramovimiento (14.0%), en la posición de máxima profundidad del centro de gravedad en la fase de bajada (10.9%). Sin embargo, no se encontraron diferencias en la fuerza máxima durante la fase de subida. *Conclusión.* Los resultados de este estudio muestran que el entrenamiento combinado mejora el rendimiento en el salto vertical en jugadoras de baloncesto y modifica el desplazamiento y las velocidades del centro de gravedad.
Palabras claves: biomecánica, entrenamiento pliométrico, cinética, cinemática, entrenamiento de fuerza.

Abstract. *Purpose.* The purpose of this investigation was determine and compare de effects of a combined plyometric and resistance training in the jump performance and the variables of force applied, velocity and displacement of the center of mass during the countermovement jump. *Material and Method.* Twenty five woman basketball players participated in this study and they were randomized assigned in two groups: a training group (n = 13) and a control group (n = 12). The training group performed 2 sessions per week of a combined plyometric and resistance training: deep squat (55-65% of 1RM of 3-6 repetitions) and jumps (5-7 series of 5 jumps). The countermovement jump was measured before and after 6 weeks of training. *Results.* The jump height showed a substantial increase after the training intervention (12.2%). In addition, the maximum velocity of the center of mass during the downward movement phase showed an increase (14.0). The crouch position was a 10.9% deeper after the training intervention. No differences were found in the force application variables of the countermovement when the training intervention ended. *Conclusion.* The outcomes of this investigation show that the combined training improve the jumping performance in women basketball players and modify the velocity and displacement of the center of mas during the countermovement jump.
Keywords: biomechanics, plyometric training, kinetic, kinematic, resistance training.

Introducción

La mejora en el salto vertical es un objetivo común, tanto para los investigadores como para los entrenadores y preparadores físicos de distintas modalidades deportivas. La posibilidad de saltar más que el oponente puede ser motivo de éxito en competiciones atléticas, así como, una ventaja sobre un oponente en deportes de equipo. Varios métodos de entrenamiento han sido propuestos evaluándose la eficacia que éstos tienen en la mejora del salto vertical (Perez-Gomez & Calbet, 2013). Distintos tipos de entrenamientos: pliométricos, con pesas, con electro-estimulación, han mostrado un efecto positivo en el rendimiento del salto vertical (Fagnani, Giombini, Di Cesare, Pigozzi & Di Salvo, 2006; Kotzamanidis, 2006; Matavulj, Kukolj, Ugarkovic, Tihanyi & Jaric, 2001; Pareja Blanco, et al., 2016; Rodriguez-Rosell et al., 2015; Wilson, Newton, Murphy & Humphries, 1993). La mayoría de estos estudios han evaluado el efecto del entrenamiento analizando exclusivamente las modificaciones en la altura saltada tras el entrenamiento. Debido a ello, existe un importante desconocimiento sobre los factores que provocan esa modificación tras el entrenamiento (Perez-Gomez & Calbet, 2013).

Algunos trabajos han examinado las variables biomecánicas relacionadas con el salto vertical en estudios transversales (González-Badillo & Marques, 2010; McBride, Kirby, Haines & Skinner, 2010). Otros estudios han evaluado cómo los cambios en variables relacionadas con la aplicación de fuerza, velocidad y desplazamiento del centro de gravedad modifican el rendimiento del salto vertical (Kirby, McBride, Haines & Dayne, 2011; Salles, Baltzopoulos & Rittweger, 2011). Sin embargo, la mayoría de los trabajos que han evaluado las mejoras en el salto vertical tras el entrenamiento solamente han utilizado la altura saltada para comprobar el efecto en el rendimiento, dejando sin evaluar aquellas variables biomecánicas que determinan el rendimiento en el salto vertical (Perez-Gomez & Calbet, 2013).

Son escasos los estudios que han analizado los efectos de distintos métodos de entrenamiento en variables biomecánicas de aplicación de fuerza, velocidad y desplazamiento del centro de gravedad durante el salto vertical. Los resultados de estos estudios han sido contradictorios (Arabatzi, Kellis & De Villarreal, 2010; Cormie, McGuigan & Newton, 2010a, 2010b, 2010c; Markovic, Mirkov, Knezevic & Jaric, 2013). Mejoras en el salto vertical tras el entrenamiento han ido acompañadas en ocasiones con incrementos y, en otras ocasiones, manteniéndose sin cambios en: la fuerza máxima (Cormie, McGuigan & Newton, 2010a, 2010b, 2010c; Markovic, Mirkov, Knezevic & Jaric, 2013), la fuerza en el inicio de la fase de subida del salto (Cormie, McGuigan & Newton, 2010b; Markovic, Mirkov, Knezevic, & Jaric, 2013) o en el desplazamiento del centro de gravedad (Arabatzi, Kellis & De Villarreal, 2010; Cormie, McGuigan & Newton, 2010a, 2010b, 2010c; Markovic, Mirkov, Knezevic & Jaric, 2013). Además, variables como la velocidad de bajada del centro de gravedad durante el contramovimiento del salto vertical, han mostrado una relación inversa con el rendimiento en el salto vertical (González-Badillo & Marques, 2010) y, sin embargo, esta variable no ha sido analizada en la mayoría de los trabajos publicados. Por tanto, nuevas investigaciones parecen necesarias para asegurar que estamos realizando una correcta interpretación de los efectos que tienen los distintos entrenamientos en las variables biomecánicas que influyen en el rendimiento del salto vertical.

La evaluación de distintos métodos de entrenamiento podría explicar las discrepancias encontradas en los parámetros biomecánicos que han sido analizados. La mayoría de estudios que han incorporado un análisis más completo de variables biomecánicas, que explican las modificaciones alcanzadas en el salto vertical, han sido realizados con entrenamiento que incorporaban pesas exclusivamente (Cormie, McGuigan & Newton, 2010a, 2010b, 2010c). Sin embargo, un análisis profundo de las variables biomecánicas que determinan el salto, en entrenamientos que combinen pesas y pliometría han recibido una menor atención en la literatura (Arabatzi, Kellis & De Villarreal, 2010), a pesar de que este

Fecha recepción: 17-03-16. Fecha de aceptación: 03-11-16
Alberto Sánchez Sixto
asanchezsixto@ceuandalucia.es

método de entrenamiento podría ser con el que mayores mejoras se consiguen en el salto vertical (Perez-Gomez & Calbet, 2013). Por este motivo, se necesitan más estudios a la hora de avanzar en la comprensión del efecto que tiene este tipo de entrenamiento en las variables biomecánicas que determinan el salto vertical. Por tanto, el propósito de la presente investigación fue determinar y comparar el efecto de un entrenamiento combinado de fuerza y pliometría en el rendimiento del salto vertical y en los parámetros de aplicación de fuerza, velocidad y desplazamiento del centro de gravedad durante el salto vertical.

Metodología

Participantes

Veinticinco jugadoras de baloncesto participaron en la presente investigación (Tabla 1). Todas las participantes tenían una experiencia mínima de 5 años como jugadoras de baloncesto y teniendo experiencia en entrenamiento del salto vertical, tanto las propias del deporte como en entrenamientos para su mejora. Ninguna de las jugadoras había presentado lesión musculo-esquelética, al menos, en los 6 meses previos a la participación del estudio. El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética de la Universidad Pablo de Olavide y todos los participantes dieron el consentimiento informado antes de participar en el estudio.

Diseño

La presente investigación fue diseñada para comparar el rendimiento en el salto vertical y las adaptaciones cinéticas y cinemáticas tras un programa de entrenamiento combinado de fuerza y pliometría. Para investigar esto, 25 jugadoras de baloncesto fueron aleatorizadas de acuerdo con la altura alcanzada en el test de salto con contramovimiento (descrito en el procedimiento) y asignados en los siguientes grupos: Grupo de entrenamiento (n= 13) y control (n = 12). No se dividieron entre titulares o suplentes debido a que en ocasiones las suplentes podían llegar a jugar durante más tiempo que las titulares. El grupo de entrenamiento realizó dos sesiones semanales, además de las sesiones de entrenamiento en pista, y el grupo control continuó con las sesiones de baloncesto en pista. Las sesiones de entrenamiento en pista eran un total de tres sesiones semanales a las que se le sumaba un partido semanal. La duración de cada sesión de entrenamiento era de 90 minutos y los entrenadores decidían el tipo y la intensidad de los ejercicios que se desarrollaban.

Se midieron la altura saltada, aplicación de fuerza, velocidad y desplazamiento del centro de gravedad durante el salto con contramovimiento fueron evaluadas antes y después del entrenamiento.

Procedimiento

Las participantes desarrollaron sesiones de familiarización que finalizaban en el momento en el que demostraban que eran capaces de ejecutar de forma correcta y consistente el salto con contramovimiento y los ejercicios de entrenamiento propuestos (en el caso del grupo de entrenamiento), bajo la supervisión de los investigadores. Debido a la experiencia previa con la que partían las jugadoras, dos sesiones de familiarización fueron suficientes para garantizar la correcta ejecución de los saltos y ejercicios. El test de salto con contramovimiento fue llevado a cabo 72 horas antes y después de las 6 semanas de entrenamiento. Todas las sesiones de evaluación y entrenamiento fueron llevadas a cabo en el mismo laboratorio y a la misma hora del día por cada participante. Las condiciones medioambientales fueron similares durante las sesiones de evaluación y entrenamiento.

Antes de la realización del test de salto vertical, todos los participantes realizaron 10 minutos de calentamiento general incluyendo: 2 minutos de carrera continua, ejercicios de estiramientos dinámicos y una serie de 6 saltos submáximos (Vetter, 2007). Tras el calentamiento, las participantes realizaron 5 saltos máximos con contramovimiento y la importancia de saltar lo más alto posible en cada salto fue puesta de manifiesto. Las participantes mantuvieron los brazos en jarra desde el inicio hasta la caída en todos los saltos ejecutados. El test de salto con contramovimiento fue ejecutado sobre una plataforma de fuerza (Quattro Jump, Kistler 100 Instrument AG, Winterthur, Switzerland) registrando a una frecuencia de 500 Hz.

Tabla 1.
Características iniciales de los grupos (Media ± DE)

Grupo	Edad (años)	Estatura (m)	Peso (kg)
Entrenamiento	23,00 ± 2.94	1,68 ± 0.10	60,14 ± 12.44
Control	22,58 ± 7.28	1,69 ± 0.06	65,77 ± 8.29

Tabla 2.
Programa de entrenamiento.

Ejercicios	Semanas					
	1	2	3	4	5	6
Sentadilla profunda	3 x 6 (1 m/s)	3 x 6 (1 m/s)	3 x 6 (0,9 m/s)	3 x 4 (0,8 m/s)	4 x 4 (0,8 m/s)	3 x 3 (0,8 m/s)
Saltos repetidos	5x5	5x5	6x5	6x5	7x5	4x5

Antes de la sesión de evaluación de sentadilla profunda, las participantes realizaron movilidad articular, 5 repeticiones de sentadilla profunda sin resistencia y 2 series de 5 repeticiones con 10 kg de peso. La medición consistió en un test isoinercial de sentadilla profunda, ejecutado en una máquina Smith (Multipower Fitness Line, Peroga, Murcia, España), en el que se iban incrementando los pesos. Gonzalez-Badillo et al. (2015) ofrecen una descripción completa del procedimiento del test que fue utilizado en este estudio (González-Badillo et al., 2015). Un transductor lineal de velocidad (T-Force System, Ergotech, Murcia, España) ofrecía la velocidad media propulsiva de la barra en cada repetición. Las participantes realizaron la fase de subida de la sentadilla profunda a la mayor velocidad posible y la fase de baja a una velocidad controlada. La carga inicial fue de 17 kg y fue incrementada progresivamente, el test finalizaba cuando las participantes alcanzaban una velocidad de 1 m/s (0.96-1.04 m/s) de velocidad media propulsiva en la fase de subida (González-Badillo et al., 2015). Las participantes ejecutaron tres repeticiones por cada carga y tuvieron un descanso de tres minutos entre serie.

Programa de entrenamiento

El calentamiento, de siete minutos de duración, consistía en carrera, ejercicios de movilidad articular y dos series de sentadilla completa. En la tabla 2 se puede observar una descripción completa del entrenamiento que se llevó a cabo. El entrenamiento tuvo una duración total de 12 sesiones, en días no consecutivos, durante las seis semanas que duró la intervención. Cada sesión tenía una duración aproximada de 35 minutos y era realizada antes del entrenamiento en pista de las jugadoras. Se realizaban sentadilla profunda en la máquina Smith, con una carga relativa, y saltos repetidos, sin carga, con la instrucción de saltar lo más alto posible en cada salto y conseguir que el tiempo de contacto fuera corto. La resistencia relativa de la sentadilla profundad de cada jugadora fue asignada de acuerdo la velocidad media propulsiva de la barra durante el test progresivo de sentadilla. La carga de la sentadilla profunda fue recalculada en cada sesión. Entre cada serie de sentadilla, las jugadoras contaron con 3 minutos de descanso y, entre cada serie de salto repetido, contaron con 1 minuto y 30 segundos de descanso. Todas las sesiones de entrenamiento fueron supervisadas por los investigadores.

Análisis de los datos

Las medidas de fuerza y tiempo de los saltos con contramovimiento de la plataforma de fuerzas fueron analizadas a través de la relación impulso-momento (Linthorne, 2001). El impulso neto fue obtenido integrando la fuerza neta vertical con respecto al tiempo, a partir de los dos segundos previos a la detección del primer movimiento del participante (Street, McMillan, Board, Rasmussen & Heneghan, 2001). Tanto el inicio del movimiento como el instante de batida fueron determinado a partir del análisis de las fuerzas residuales según la propuesta de Street et al. (2001). Posteriormente, la velocidad vertical del centro de gravedad fue calculada dividiendo el impulso neto de cada participante por su masa corporal. El desplazamiento vertical del centro de gravedad fue obtenido a través de la integración de la velocidad vertical del centro de gravedad. Todas las variables de fuerza fueron normalizadas en fun-

ción del peso corporal para excluir la influencia del peso en los resultados. Varios parámetros de rendimiento fueron determinados durante el salto con contramovimiento: la fuerza mínima durante el contramovimiento, la fuerza en el inicio de la fase ascendente del movimiento y el pico de fuerza. Se calculó la máxima velocidad vertical del centro de gravedad en la fase de bajada y de subida, así como la profundidad del contramovimiento (punto más bajo alcanzado por el centro de gravedad durante el contramovimiento).

Análisis estadístico

Las medias y desviaciones estándar fueron calculadas para todas las variables. El cambio relativo en las variables fue expresado con un intervalo de confianza fijado al 90%. El tamaño del efecto para las comparaciones intra-grupo e inter-grupo fue calculado y se establecieron los siguientes umbrales: >0,2 (pequeño), >0,6 (moderado) y >1.2 (largo) (Hopkins, Marshall, Batterham & Hanin, 2009). Los cambios en las variables analizadas fueron expresados en función del menor cambio significativo, basado en el principio del tamaño del efecto de Cohen: 0,2 x la desviación estándar entre-atletas (Hopkins, Marshall, Batterham & Hanin, 2009). El cambio cuantitativo del efecto positivo o negativo fue evaluado cualitativamente del siguiente modo: 25 – 75%, posible; 75 – 95%, probable, 95 – 99%, muy probable; > 99%, prácticamente seguro. Si la probabilidad del efecto era positivo o negativo en ambos casos superior al 5%, el efecto era considerado confuso (Buchheit & Mendez-Villanueva, 2014). Para que el efecto fuera considerado substancial, la probabilidad debía ser superior al 75% (Suarez-Arrones, Núñez, Munguía-Izquierdo, Portillo & Mendez-Villanueva, 2013; Suarez-Arrones et al., 2015).

Tabla 3.
Cambios en las variables biomecánicas entre el Pre-test y el Post-test para cada grupo.

Variables	Grupo de entrenamiento			Grupo control		
	Pre-test	Post-test	ES ± DE	Pre-test	Post-test	ES ± DE
Hmax (m)	0,34 ± 0,03	0,38 ± 0,05	1,08 ± 0,30***	0,33 ± 0,03	0,34 ± 0,03	0,10 ± 0,23
Fmin (BW)	0,43 ± 0,20	0,37 ± 0,18	-0,50 ± 0,52*	0,59 ± 0,12	0,60 ± 0,10	0,05 ± 0,31
F_{crouch} (BW)	2,13 ± 0,27	2,16 ± 0,20	0,12 ± 0,29	2,07 ± 0,23	1,97 ± 0,21	-0,42 ± 0,23*
Fmax (BW)	2,21 ± 0,24	2,23 ± 0,19	0,10 ± 0,30	2,21 ± 0,23	2,12 ± 0,20	-0,35 ± 0,26*
Vmin ($m \cdot s^{-1}$)	-1,01 ± 0,14	-1,15 ± 0,19	-0,81± 0,48**	-0,88 ± 0,14	-0,86 ± 0,13	0,13 ± 0,27
Vmax ($m \cdot s^{-1}$)	2,26 ± 0,14	2,41 ± 0,20	0,95 ± 0,26***	2,25 ± 0,10	2,24 ± 0,11	-0,15 ± 0,21
Crouch (m)	-0,26 ± 0,03	-0,28 ± 0,06	-0,63 ± 0,63*	-0,25 ± 0,04	-0,25 ± 0,05	0,04 ± 0,29

Abreviaturas: ES, effect-size, Hmax, altura máxima; Fmin, fuerza mínima; Fcrouch, fuerza en la posición más profunda del contramovimiento; Fmax, pico de fuerza; Vmin, velocidad mínima; Vmax, velocidad máxima; Crouch: posición más profunda del contramovimiento. Cambio *probablemente substancial, ** muy probablemente substancial, ***prácticamente seguro substancial.

Resultados

Las medias y la desviación estándar del pre-test y el post-test del grupo de entrenamiento y del grupo control se presentan en la Tabla 3. Se encontraron cambios substanciales en la altura del salto vertical tras el entrenamiento, siendo la probabilidad de que las modificaciones fueran ciertas de 100/0/0 (positiva/no clara/negativa). El incremento fue del 12,2% mostrando un tamaño del efecto moderado.

No se encontraron diferencias substanciales en ninguno de los parámetros de aplicación de fuerza tras la intervención en el grupo de entrenamiento, excepto en la fuerza mínima, donde se encontró un tamaño del efecto pequeño, pero substancialmente menor. Por otro lado, las diferencias fueron substanciales en las velocidades del centro de gravedad. La velocidad máxima negativa alcanzada durante la fase de bajada fue un 14,0% superior (0/2/98) a la del pre-test y la velocidad máxima positiva alcanzada durante la fase de subida fue un 6,4% mayor (100/0/0) tras el entrenamiento. Del mismo modo, tras la intervención, se encontró un incremento en la profundidad del contramovimiento de un 10,9%, que fue substancial (2/10/88) y mostró un tamaño del efecto moderado. Los resultados entre el grupo de entrenamiento y el grupo control se encuentran en la Figura 1. Tras el entrenamiento combinado de fuerza y pliometría, se encontraron cambios moderados en el tamaño

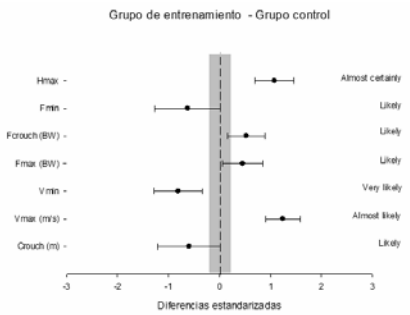

Figura 1. Cambios relativos entre el grupo entrenamiento y el grupo control para las variables biomecánicas analizadas. Hmax: altura máxima, Fmin: fuerza mínima, Fcrouch: fuerza en la posición más profunda del contramovimiento, Fmax: pico de fuerza, Vmin: velocidad mínima, Vmax: velocidad máxima y Crouch: posición más profunda del contramovimiento. Las barras indican la desviación estándar de la media verdadera a un intervalo del 90% de confianza. El área trivial está indicada en gris y fue calculada a partir del mínimo cambio significativo (ver en el método).

del efecto y substancialmente probables en todas las variables analizadas del grupo de entrenamiento en comparación con el grupo control (variables de aplicación de fuerza, velocidad y desplazamiento del centro de gravedad).

Discusión

El principal hallazgo de la presente investigación fue que el rendimiento en el salto vertical se incrementó tras la intervención en comparación con el grupo control y se produjeron modificaciones en las variables biomecánicas analizadas.

Los resultados mostraron que, durante la temporada, un grupo de jugadoras que entrenaba y competía de forma frecuente, fue capaz de mejorar el rendimiento de manera substancial con tan solo dos sesiones de 35 minutos de entrenamiento combinado de fuerza y pliometría. Investigaciones previas ya habían mostrado que el entrenamiento combinado de fuerza y pliometría era efectivo para conseguir mejorar en el salto (Perez-Gomez & Calbet, 2013), aunque existía una falta de información en cuanto a las modificaciones que podrían existir en las variables biomecánicas que explican la mejora del rendimiento. Investigaciones previas habían encontrado incrementos en variables relacionadas con la aplicación de fuerza en intervenciones que incorporaban sentadillas y saltos con carga, tanto en fuerza máxima como en la fuerza en la posición más profunda del contramovimiento (Cormie, McGuigan & Newton, 2010a, 2010b, 2010c). Por el contrario, nuestro estudio no muestra modificaciones en éstos parámetros, tras la intervención en el grupo de entrenamiento. Estas discrepancias en los resultados pueden ser debidas al incremento en la profundidad del contramovimiento que se encontró en nuestro estudio tras el entrenamiento. Es sabido que un contramovimiento más profundo da lugar a menores valores en las variables de aplicación de fuerza (Kirby, McBride, Haines & Dayne, 2011; Salles, Baltzopoulos & Rittweger, 2011). La posibilidad de mantener un mismo nivel de fuerza desde una profundidad mayor podría permitir estar aplicando la misma cantidad de fuerza durante un mayor recorrido, lo que podría conseguir incrementar el impulso realizado durante la fase de subida e incrementar la altura conseguida en el salto. Por este motivo, la capacidad de una jugadora de mantener el mismo nivel de fuerza cuando realiza un contramovimiento más profundo podría verse como una adaptación positiva tras el entrenamiento. En cuanto a la fuerza mínima, se obtuvieron valores inferiores tras el entrenamiento. Puede ser considerado una adaptación positiva, ya que, permitiría conseguir una mayor velocidad negativa durante la fase de contramovimiento y, ésta velocidad, ha sido relacionada con incrementos en la altura saltada (González-Badillo & Marques, 2010). De acuerdo con otras investigaciones, la velocidad vertical del centro de gravedad durante la fase de bajada y de subida se incrementaron tras la intervención (Cormie, McGuigan & Newton, 2010a, 2010b, 2010c). Debido a la relación establecida entre la velocidad máxima negativa durante el contramovimiento y la altura del salto (González-Badillo & Marques, 2010), los incrementos en la velocidad máxima durante el

contramovimiento podrían ser considerados un factor importante a la hora de explicar las mejoras alcanzas en el rendimiento del salto vertical. En base a las modificaciones producidas con el entrenamiento, podríamos decir que el entrenamiento combinado de fuerza y pliometría no solo aumenta los valores de fuerza, sino que provoca modificaciones en la forma de ejecutar el salto, dando lugar a una mayor profundidad y velocidad del centro de gravedad durante el contramovimiento. Son necesarias más investigaciones para corroborar estos resultados y para valorar el efecto de otros métodos de entrenamiento sobre las variables biomecánicas que determinan el salto vertical, ya que a tenor de lo visto, en función del tipo de entrenamiento, el efecto en las variables biomecánicas del salto vertical puede ser modificado.

La mejora producida por el entrenamiento combinado de fuerza y pliometría fue capaz de incrementar tanto el rendimiento en salto vertical como todas las variables biomecánicas que son relevantes en el salto vertical, en comparación con el grupo control. Al igual que en otras investigaciones, cuando se comparó el efecto en el salto vertical y en las variables biomecánicas que lo determinan entre el grupo de entrenamiento y el grupo control, las variables mostraron un efecto positivo tras la intervención (Arabatzi, Kellis & De Villarreal, 2010; Cormie, McGuigan & Newton, 2010a, 2010b, 2010c). Aunque pudieran parecer contradictorios estos resultados con lo descrito en el párrafo anterior referente a las variables de fuerza (no hubo diferencia entre el pre-test y el post-test del grupo de entrenamiento), podemos hallar una explicación. El grupo control disminuyó su fuerza y, por ello, existió una diferencia substancial en cuanto a la comparación de la ganancia de ambos grupos. Esto podría significar que, durante la temporada, si las jugadoras no realizan un trabajo de fuerza y tan solo desarrollan sesiones en pista, las sesiones de campo pueden no ser suficientes para mantener niveles elevados de fuerza, dando lugar, como mínimo, a pérdidas en el rendimiento del salto vertical. Por este motivo, parece recomendable la inclusión de un entrenamiento combinado de fuerza y pliometría durante la temporada ya que parece ser un método efectivo para incrementar o mantener los niveles de fuerza y el salto vertical.

Conclusión

Un entrenamiento combinado de fuerza y pliometría de 6 semanas, durante la temporada, con un volumen e intensidad bajo, fue efectivo para mejorar el rendimiento del salto vertical en jugadoras de baloncesto a nivel competitivo. Los efectos del entrenamiento combinado de fuerza y pliometría provocaron modificaciones en las variables biomecánicas del salto vertical, aumentando la profundidad y velocidad del centro de gravedad en la ejecución de los mismos y consiguiendo mantener los valores de aplicación de fuerza. Futuras investigaciones deberían evaluar el efecto de intervenciones de mayor duración y con diferentes intensidades, para valorar el efecto tanto en el rendimiento del salto vertical como en las variables biomecánicas que lo determinan.

Referencias

Arabatzi, F., Kellis, E., & De Villarreal, E. (2010). Vertical jump biomechanics after plyometric, weight lifting, and combined (weight lifting+ plyometric) training. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 24*(9), 2440-2448.

Buchheit, M., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Effects of age, maturity and body dimensions on match running performance in highly trained under-15 soccer players. *Journal of Sports Sciences, 32*(13), 1271-1278.

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010a). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 42*(8), 1582-1598.

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010b). Changes in the eccentric phase contribute to improved stretch-shorten cycle performance after training. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 42*(9), 1731-1744.

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010c). Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 42*(8), 1566-1581.

Fagnani, F., Giombini, A., Di Cesare, A., Pigozzi, F., & Di Salvo, V. (2006). The effects of a whole-body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, 85*(12), 956-962.

González-Badillo, J. J., & Marques, M. C. (2010). Relationship between kinematic factors and countermovement jump height in trained track and field athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24*(12), 3443-3447.

González-Badillo, J. J., Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Abad-Herencia, J. L., del Ojo-López, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2015). Effects of velocity-based resistance training on young soccer players of different ages. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 29*(5), 1329-1338.

Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 41*(1), 3.

Kirby, T. J., McBride, J. M., Haines, T. L., & Dayne, A. M. (2011). Relative net vertical impulse determines jumping performance. *Journal of Applied Biomechanics, 27*(3), 207-214.

Kotzamanidis, C. (2006). Effect of plyometric training on running performance and vertical jumping in prepubertal boys. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 20*(2), 441-445.

Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics, 69*(11), 1198-1204.

Markovic, S., Mirkov, D. M., Knezevic, O. M., & Jaric, S. (2013). Jump training with different loads: effects on jumping performance and power output. *European Journal of Applied Physiology, 113*(10), 2511-2521.

Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J., & Jaric, S. (2001). Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 41*(2), 159.

McBride, J. M., Kirby, T. J., Haines, T. L., & Skinner, J. (2010). Relationship between relative net vertical impulse and jump height in jump squats performed to various squat depths and with various loads. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 5*(4), 484-496.

Pareja Blanco, F., Rodríguez Rosell, D., Sánchez Medina, L., Sanchis Moysi, J., Dorado, C., Mora Custodio, R., . . . Calbet, J. (2016). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. (Ahead of print)

Perez-Gomez, J., & Calbet, J. (2013). Training methods to improve vertical jump performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 53*(4), 339-357.

Rodriguez-Rosell, D., Franco-Marquez, F., Pareja-Blanco, F., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J., González-Suárez, J., & González-Badillo, J. (2015). Effects of 6-Weeks Resistance Training Combined With Plyometric and Speed Exercises on Physical Performance of Pre-Peak Height Velocity Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance 11*(2), 240-246.

Salles, A. S., Baltzopoulos, V., & Rittweger, J. (2011). Differential effects of countermovement magnitude and volitional effort on vertical jumping. *European Journal of Applied Physiology, 111*(3), 441-448.

Street, G., McMillan, S., Board, W., Rasmussen, M., & Heneghan, J. M. (2001). Sources of error in determining countermovement jump height with the impulse method. *Journal of Applied Biomechanics, 17*(1), 43-54.

Suarez-Arrones, L., Núñez, J., Munguía-Izquierdo, D., Portillo, J., & Mendez-Villanueva, A. (2013). Impact of several matches in a day on physical performance in rugby sevens referees. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 8*(5), 496-501.

Suarez-Arrones, L., Núñez, J., Sáez, d. V. E., Gálvez, J., Suarez-Sanchez, G., & Munguía-Izquierdo, D. (2015). Repeated-High Intensity Running Activity and Internal Training Load of Elite Rugby Sevens Players During International Matches: A Comparison Between Halves. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 11*(4), 495-499.

Vetter, R. E. (2007). Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 21*(3), 819-823.

Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A. J., & Humphries, B. J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 25*(11), 1279-1286.