

## Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol de élite U-16

### Short-term effects of an eccentric-overload training program on the physical performance on U-16 elite soccer players

\*Javier Raya-González\*\*, \*Luis Suárez-Arrones, \*\*Antonio Rísquez Bretones, \*Eduardo Sáez de Villarreal

\*Universidad Pablo de Olavide (España), \*\* Córdoba C.F., Departamento de Preparación Física (España)

**Resumen.** El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica (squat lateral ejecutado en un dispositivo inercial) sobre el rendimiento en futbolistas junior de élite. Dieciséis futbolistas de  $14.7 \pm .2$  años de edad fueron asignados aleatoriamente en dos grupos: grupo control (n=8, GC) y grupo de fuerza (n=8, GF). El GF complementó su entrenamiento habitual de fútbol con el programa específico de fuerza con sobrecarga excéntrica propuesto dos días a la semana durante 6 semanas. Antes y después del periodo de intervención se midió la altura de salto vertical, el tiempo de sprint lineal y con cambio de dirección (COD) y la potencia del tren inferior. Se obtuvieron mejoras sustanciales (probables a muy probables) en GF en el salto con contramovimiento (CMJ) (TE: .46), en el porcentaje de pérdida de COD-Izquierda (TE: 1.39) y en la potencia media (TE: .73) y potencia máxima (TE: .65). El análisis inter-grupos mostró mejoras sustanciales mayores en GF respecto a GC en CMJ (TE: .79), en el porcentaje de pérdida de COD-Derecha (TE: 1.14), en la potencia media (TE: 1.04) y en la potencia máxima (TE: .88). Los resultados obtenidos sugieren que incluir un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica en la programación del entrenamiento de fútbol permite optimizar la condición física específica del futbolista.

**Palabras clave.** Salto vertical, potencia máxima, capacidad de sprintar, cambio de dirección, fútbol.

**Abstract.** To analyse the effect of an eccentric-overload training program (i.e., lateral squat exercise using a flywheel device) on performance in junior elite soccer players. Sixteen soccer players ( $14.7 \pm .2$  years) were randomly assigned to 2 groups: control group (n=8, CG) and strength group (n=8, SG). The SG complemented soccer training with a proposed eccentric-overload training program 2 days per weeks during 6 weeks. Before and after the training period jumping ability, linear and non-linear sprint and lower-limb power were measured. Substantial improvements (likely to very likely) were found in the SG in CMJ (ES: .46), percent decrement of COD-L (ES: 1.39) and Mean Power (ES: .73) and Peak Power (ES: .65). Between-groups analysis showed greater substantial improvements in SG in relation to CG in CMJ (ES: .79), percent decrement of COD-R (ES: 1.14) and Mean Power (ES: 1.04) and Peak Power (ES: .88). These results suggest that the inclusion of an eccentric-overload training program in soccer training periodization allow the optimization of the specific physical condition of soccer players.

**Keywords.** Countermovement jump, maximal power output, sprint ability, change-of-direction, soccer.

#### Introducción

Los científicos del deporte han examinado los requerimientos físicos y fisiológicos del fútbol moderno (Sáez de Villarreal, Suárez-Arrones, Requena, Haff & Ferrete, 2015) y han demostrado que se trata de un deporte de carácter intermitente (Di Salvo, Baron, Tschan, Calderon-Montero, Bachl, & Pigozzi, 2007) caracterizado por la presencia de gran cantidad de acciones de alta intensidad (Hoff, Wisløff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002) tales como saltos, aceleraciones, cambios de dirección y sprints repetidos. (Hoff & Helgerud, 2004). Estas acciones de alta intensidad son factores determinantes para conseguir el éxito deportivo por lo que deben tenerse en cuenta a la hora de programar el entrenamiento de fútbol (Hoff et al., 2004). En esta sentido hay que prestar gran atención a los programas de entrenamiento de fuerza, debido a la estrecha relación existente entre el tiempo de sprint lineal y con cambio de dirección (COD) y la capacidad de salto vertical con altos niveles de fuerza, potencia y ratio de producción de fuerza (Swinton, Lloyd, Keogh, Agouris, & Stewart, 2014).

Con el fin mejorar estas acciones de alta intensidad y optimizar el rendimiento de los jugadores de fútbol se han utilizado diferentes programas de entrenamiento de fuerza constituidos por una gran cantidad de ejercicios diferentes, tales como ejercicios tradicionales (Gorostiaga, Izquierdo, Ruesta, Iribarren, González-Badillo, & Ibáñez, 2004), ejercicios balísticos (Loturco et al., 2015), ejercicios olímpicos (Hoffman, Cooper, Wendell, & Kang, 2004), ejercicios pliométricos (Michailidis, 2015), ejercicios con sobrecarga excéntrica (Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2003, Romero, Fera, Sañudo, De Hoyo & Del Ojo, 2014) o la combinación de algunos de ellos en el método de contrastes (Brito, Vasconcellos, Oliveira, Krustup, & Rebelo, 2014). Estos programas han mostrado efectos positivos en futbolistas sobre la capacidad de salto vertical (Chelly, Fathloun, Cherif, Ben Amar, Tabka, & Van Praagh, 2009), la reducción del tiempo de sprint en diferentes distancias

(Chelly et al., 2009; Wong, Chamari & Wisloff, 2010) y el aumento de fuerza y/o potencia del tren inferior (Sander, Keiner, Wirth, & Schmidtbleicher, 2013).

Debido a los efectos positivos del entrenamiento excéntrico, tales como la consecución de una óptima longitud muscular o la mejora de la coordinación del músculo (Vogt & Hoppeler, 2013), los programas de fuerza con sobrecarga excéntrica están teniendo cada día más presencia en las periodizaciones del entrenamiento en fútbol. Gracias a los dispositivos inerciales, podemos conseguir valores más elevados de carga durante la fase excéntrica en comparación con el peso libre (Nunez, Suarez-Arrones, Cater, & Mendez-Villanueva, 2016), y en función de la experiencia previa y variable registrada, incluso más elevados que en la fase concéntrica (Tous-Fajardo, Maldonado, Quintana, Pozzo, & Tesch, 2006). Esta tecnología ha sido diseñada para el evitar el desentrenamiento y la atrofia muscular de los astronautas durante su estancia en el espacio (Berg & Tesch, 1994) que depende de un volante de inercia el cual produce una mayor activación en la fase excéntrica en comparación con los ejercicios tradicionales (Norbrand, Fluckey, Pozzo, & Tesch, 2008). En esta línea, Norbrand, Tous-Fajardo, Vargas, & Tesch. (2011) compararon la activación de la musculatura de los cuádriceps durante la ejecución de una sentadilla usando pesos libres y un dispositivo inercial. Los resultados obtenidos demostraron que la sentadilla realizada en el dispositivo inercial producía una mayor actividad electromiográfica (EMG) en ambas fases del movimiento, concéntrica y excéntrica, en comparación con la sentadilla tradicional ejecutada con una barra olímpica.

Gracias a estudios previos conocemos que los programas de entrenamiento con sobrecarga excéntrica parecen producir una hipertrofia musculoesquelética temprana (Keiner, Sander, Wirth, & Schmidtbleicher, 2014; Seynnes, De Boer, & Narici, 2007), mejoras en el salto vertical después de 90 días en cama (Rittweger, Felsenberg, Maganaris, & Ferretti, 2007), una reducción de la incidencia de lesiones musculares (Tous-Fajardo et al., 2006), mejoras en diferentes variables relacionadas con el rendimiento en el fútbol, tales como el salto vertical y el tiempo de sprint lineal y COD (De Hoyo, Pozzo, Sañudo, Carrasco, Gonzalo-Skok, Domínguez-Cobo, & Morán-Camacho, 2015a; Tous-Fajardo,

Gonzalo-Skok, Arjol-Serrano, & Tesch, 2016; González-Millán, Del Coso, Abián-Vicén, López del Campo, Gutiérrez & Salinero, 2014), así como efecto positivos en el proceso de readaptación de lesiones (Núñez, Lancho & Ramírez, 2016). Respecto a la prevención de lesiones musculares y el rendimiento en fútbol, Askling et al. (2003) llevaron a cabo un programa de fuerza en dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica (yoyo leg-curl) con jugadores suecos profesionales durante 10 semanas, obteniendo mejoras en el tiempo de sprint, además de reducir la incidencia lesional de la musculatura isquiotibial. En la misma línea, De Hoyos et al. (2015a) administraron un programa de entrenamiento con sobrecarga excéntrica en futbolistas jóvenes. Tras las diez semanas que duró la intervención, se mostraron como resultados más destacados la reducción de la severidad de las lesiones musculares así como diferentes mejoras en la capacidad de salto y el tiempo de sprint lineal. Además, se ha demostrado que la aplicación del entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica de manera unilateral produce mayores mejoras en las capacidades determinantes del rendimiento respecto al entrenamiento bilateral (Gonzalo-Skok, Tous, Suárez-Arrones, Arjol-Serrano, Casajús & Méndez-Villanueva, 2016). Esto podría deberse a que las acciones de alta intensidad en fútbol requieren aplicar la fuerza de manera unilateral (Ade, Fitzpatrick, & Bradley, 2016).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar los efectos de un programa de fuerza realizado en un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico en futbolistas de élite junior.

## Metodología

### Participantes

Dieciséis futbolistas junior de élite, aceptaron voluntariamente participar en este estudio. Los jugadores de fútbol pertenecían al mismo equipo de la cantera de un club de fútbol profesional de 2ª División de España, y fueron divididos de forma aleatoria en dos grupos: grupo control [GC; n=8, (14.7 ± .2 años de edad, 168.8 ± 6.8 cm de altura, 54.5 ± 7.8 kg de masa corporal, y 20.9 ± 1.8 kg/m<sup>2</sup> de índice de masa corporal)] y grupo de fuerza [GF; n=8, (14.7 ± .3 años de edad, 166.5 ± 9.4 cm de altura, 53.9 ± 10.4 kg de masa corporal, y 19.2 ± 1.9 kg/m<sup>2</sup> de índice de masa corporal)]. Ninguno de los participantes había usado previamente ningún dispositivo inercial de sobrecarga excéntrica. Antes de su participación en el estudio se completó un cuestionario sobre la historia médica e historial de lesiones. Los porteros fueron excluidos de la muestra de estudio, y los jugadores que no completaron al menos el 80% de las sesiones de entrenamiento fueron omitidos en el análisis estadístico posterior (uno por grupo debido a lesión). Antes de iniciar el estudio, los participantes fueron completamente informados sobre el protocolo a seguir, y el consentimiento escrito e informado fue rellenado por los padres al ser los participantes menores de edad. Todos los participantes eran libres de abandonar el estudio en cualquier momento sin ninguna penalización. Los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad Pablo de Olavide (Sevilla, España) y de acuerdo con la Declaración de Helsinki II.

### Procedimiento

El estudio fue diseñado para conocer el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza realizado en un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica. Durante el periodo de intervención, los jugadores siguieron participando en su entrenamiento habitual de fútbol. La rutina semanal consistía en 3 sesiones por semana (martes, jueves y viernes) con los siguientes contenidos: desarrollo técnico-táctico, entrenamiento de resistencia, entrenamiento de fuerza, prevención de lesiones y trabajo de flexibilidad (70%, 10%, 8%, 5% y 7% del tiempo total de entrenamiento, respectivamente). Además, durante el tiempo que duró el diseño experimental, los jugadores disputaron nueve partidos de competición (domingo). La investigación duró nueve semanas (entre los meses de enero y febrero, correspondientes al periodo competitivo). La primera semana se destinó a la familiarización de los jugadores con el dispositivo inercial y los test a realizar, en la segunda semana los participantes llevaron a cabo las sesiones del pre-test y en la última semana

las sesiones del post-test, destinándose las 6 semanas restantes para la ejecución de la intervención. En ambas jornadas los futbolistas fueron instruidos para realizar su última comida tres horas antes del comienzo de las pruebas, no tomar bebidas con cafeína, ni realizar ejercicio físico intenso el día de la toma de datos (Sánchez-Sánchez, Hernández, Marcos, Rodríguez & Carretero, 2016). Todos los test se realizaron a la misma hora, en el campo de hierba artificial (tests de sprint) y en la zona de cemento anexa al mismo (tests de salto y potencia) donde el equipo realizaba su entrenamiento, con la indumentaria habitual y el calzado que normalmente usaba el jugador (botas de fútbol dentro del terreno de juego y zapatillas de deporte fuera del mismo). Los tests fueron supervisados por los mismos técnicos especialistas en dos días diferentes, con 48 horas de separación entre cada sesión. El primer día de evaluación, además de realizar el registro de las medidas antropométricas de todos los jugadores, se realizaron los tests de salto vertical y el test de potencia del tren inferior. En el segundo día se llevó a cabo el test de sprint lineal y sprint con COD. Antes de cada sesión se realizó un calentamiento estandarizado, que consistió en tres minutos de carrera continua a baja intensidad, ejercicios de movilidad articular y acciones de salto y sprint sobre distancias de 10 a 30 metros. El programa de entrenamiento adicional de fuerza tuvo una duración de seis semanas, durante las cuales se llevaron a cabo dos sesiones semanales del mismo (martes y jueves). El entrenamiento del GF se realizó previamente a la sesión de entrenamiento de fútbol, y consistió en cuatro series de ocho repeticiones (4x8; las dos primeras se utilizaron para la aceleración del volante de inercia) del ejercicio squat lateral en un dispositivo inercial (*K-Box 3, Exxentric®, Stockholm, Suecia*) utilizando un volante de inercia de .025 kg/m<sup>2</sup>. Durante la ejecución del squat lateral, los participantes tenían que flexionar la rodilla de la pierna que estaba realizando el ejercicio hasta los 90° en la fase excéntrica, para posteriormente realizar la fase concéntrica lo más rápido posible. La recuperación entre series fue de 180 segundos. Todas las sesiones del entrenamiento de fuerza comenzaron de manera similar, con un calentamiento estandarizado que consistió en una parte general, basada en ejercicios aeróbicos y de movilidad, y una parte específica, en la que se incluyeron cinco repeticiones del ejercicio de ½ sentadilla ejecutado de manera bilateral, tres repeticiones del ejercicio de ½ sentadilla ejecutado de manera unilateral con cada pierna y cinco repeticiones del ejercicio de ½ sentadilla con salto.

### Test de salto vertical

Tras un calentamiento estandarizado, los futbolistas ejecutaron tres saltos con contramovimiento (CMJ) y 3 Abalakov (ABK), utilizando para valorar la altura de cada uno de los saltos una plataforma de rayos infrarrojos (*Optojump Next, Microgate®, Bolzano, Italia*). Durante toda la ejecución del CMJ las manos de los participantes debían estar colocadas en sus caderas, aunque durante la ejecución del ABK se permitió el movimiento de los brazos de manera coordinada y sincronizada con la acción de flexo-extensión de las piernas. Se recomendó a los participantes que realizaran la recepción de cada salto en una posición vertical y que flexionaran las rodillas después del aterrizaje (Sáez de Villarreal et al., 2015). El mejor valor de cada test fue seleccionado para el posterior análisis estadístico y el tiempo de recuperación propuesto entre cada salto fue de 2 minutos. Además se consideraron no válidas las repeticiones con más de 2 cm de diferencia.

### Test de potencia del tren inferior

La potencia del tren inferior fue estimada a través de un encoder rotatorio (*SmartCoach™ Power Encoder, SmartCoach Europe AB, Stockholm, Suecia*) durante el ejercicio de ½ sentadilla ejecutado en un dispositivo inercial (*K-Box 3, Exxentric®, Stockholm, Suecia*). Todos los jugadores ejecutaron 2 series de 6 repeticiones del ejercicio ½ sentadilla de manera bilateral (inercia .050 kg/m<sup>2</sup>) y 2 series de 6 repeticiones del ejercicio squat lateral con cada pierna (inercia .025 kg/m<sup>2</sup>), con un descanso de 4 minutos entre cada intento. Se midió la potencia total (concéntrica + excéntrica) y la potencia media y potencia pico (bilateral y unilateral), las cuales fueron usadas para el posterior análisis estadístico, usando el mejor resultado obtenido en cada test.

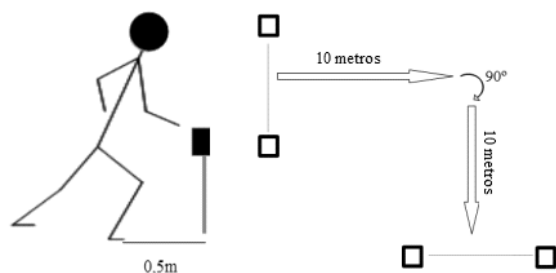


Figura 1. Representación esquemática de la posición de salida y de los cambios de dirección de 90°

### Test de Sprint lineal

Para valorar los tiempos de sprint se emplearon fotocélulas eléctricas (*Polifermo Light Radio, Microgate®, Bolzano, Italia*). Todos los participantes realizaron dos sprints lineales midiendo el tiempo en las distancias de 20 y 30m (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, Brughelli & Ahmaidi, 2010). En el inicio de cada test el pie delantero se colocó 0,5 m antes de la primera fotocélula. Se eligió el mejor valor de cada test para el consiguiente análisis estadístico. El tiempo de descanso entre cada repetición fue de 3 minutos.

### Test de sprint con Cambio de Dirección

Todos los participantes realizaron dos sprints de 20m (10+10m) con un COD de 90° (Figura 1) hacia la derecha (COD-D) y dos sprints con un COD de 90° hacia la izquierda (COD-I) (Hader, Palazzi y Buchheit, 2015). En el inicio de cada test el pie delantero se colocó 0,5 m antes de la primera fotocélula (*Polifermo Light Radio, Microgate®, Bolzano, Italia*). Para el posterior análisis estadístico se eligió el mejor valor de cada test. Se estableció un tiempo de recuperación de 2 minutos entre repeticiones. El tiempo obtenido en el sprint lineal de 20m fue usado junto con el tiempo en el sprint con cambio de dirección de 20m para el cálculo del porcentaje de pérdida de COD (Yanci, Azcarate y Los Arcos, 2016).

### Análisis estadístico

Los datos se presentan como media  $\pm$  desviación estándar (DE). Todas las variables objeto de estudio presentaron una distribución normal (test Shapiro-Wilk). El tamaño del efecto [TE, límite de confianza (LC) 90%] según la propuesta de Cohen (1988) y adaptada por Hopkins, Marshall, Batterham, y Hanin. (2009) fue calculado para comparar la magnitud de las diferencias entre el pre-test y el post-test dentro de cada grupo, al igual que para la comparación entre grupos. Los valores umbrales para calcular las magnitudes del TE fueron  $> .2$  (pequeño),  $> .6$  (moderado), y  $> 1,2$  (grande) (Hopkins et al., 2009). Las diferencias cuantitativas fueron valoradas de manera cualitativa (VC) (Hopkins et al., 2009) estableciendo las siguientes probabilidades:  $< 1\%$ , casi seguro que no;  $1\%$  a  $5\%$ , muy poco probable;  $5\%$  a  $25\%$ , poco probable;  $25\%$  a  $75\%$ , posible;  $75\%$  a  $95\%$ , probable;  $95\%$  a  $99\%$ , muy probable; y  $> 99\%$ , casi seguro. Se determinó un efecto sustancial a diferencias con una probabilidad  $> 75\%$  al igual que en previos estudios (Suárez-Arrones, Tous-Fajardo, Núñez, Gonzalo-Skok, Gálvez, y

Méndez-Villanueva, 2014). Se calculó el coeficiente de correlación entre los cambios de las distintas variables dependientes y se adoptaron los siguientes criterios para interpretar la magnitud de la correlación (r) entre las diferentes medidas:  $> .1$  (trivial), de  $.1$  a  $.3$  (pequeña), de  $.3$  a  $.5$  (moderada), de  $.5$  a  $.7$  (grande), de  $.7$  a  $.9$  (muy grande) y de  $.9$  a  $1$  (casi perfecta).

## Resultados

El análisis estadístico intra-grupo mostró en el GC mejoras sustanciales (Tabla 1) solo en ABK-D (TE moderado), y en la potencia media en pierna derecha e izquierda y potencia pico en la pierna derecha. En el GF se encontraron mejoras sustanciales (Tabla 2) en el CMJ (TE moderado), en el porcentaje de pérdida en el cambio de dirección de 90° hacia la izquierda (%Pérdida-COD-I) (TE grande) y en todas las variables evaluadas relacionadas con la potencia.

La comparación inter-grupos reflejó diferencias sustanciales en di-

Tabla 1. Cambios en el rendimiento después del entrenamiento en el grupo control, Media  $\pm$  SD

Variable	Pre-test	Post-test	% cambio	TE (90% CL)	Probabilidad	VC
CMJ (cm)	32.60 $\pm$ 3.40	30.40 $\pm$ 4.30	-5.91	-.63 $\pm$ 0.40	0/4/96%	Muy probable
Abalakov Bilateral (cm)	38.10 $\pm$ 3.70	37.70 $\pm$ 5.20	-.92	-.14 $\pm$ 0.54	14/45/41%	Poco probable
Abalakov-D (cm)	24.30 $\pm$ 3.80	25.50 $\pm$ 2.50	4.94	.31 $\pm$ 0.28	76/23/0%	Probable
Abalakov-I (cm)	24.30 $\pm$ 2.10	25 $\pm$ 1.30	2.91	.29 $\pm$ 0.43	65/31/4%	Poco probable
20m sprint (s)	3.10 $\pm$ 0.10	3.10 $\pm$ 0.10	0	0 $\pm$ 0.53	25/50/25%	Poco probable
30m sprint (s)	4.30 $\pm$ 0.20	4.30 $\pm$ 0.20	0	.13 $\pm$ 0.41	38/53/8%	Poco probable
COD-D (s)	4.10 $\pm$ 0.10	3.70 $\pm$ 0.10	-9.75	2.24 $\pm$ 0.56	100/0/0%	Casi seguro
COD-I (s)	4.04 $\pm$ 0.13	3.76 $\pm$ 0.13	-6.93	1.91 $\pm$ 0.61	100/0/0%	Casi seguro
%Pérdida-COD-D (s)	.31 $\pm$ 0.04	.20 $\pm$ 0.03	-35.5	3.16 $\pm$ 0.99	100/0/0%	Casi seguro
%Pérdida-COD-I (s)	.30 $\pm$ 0.10	.20 $\pm$ 0.05	-33.3	1.75 $\pm$ 0.78	100/0/0%	Casi seguro
Potencia Media (W)	492.80 $\pm$ 117.20	490.70 $\pm$ 143.50	-.40	-.03 $\pm$ 0.71	28/39/33%	Posible
Potencia Media-D (W)	212.10 $\pm$ 106.10	224.30 $\pm$ 80	26	.56 $\pm$ 0.55	87/11/2%	Probable
Potencia Media-I (W)	257.40 $\pm$ 102.40	296.80 $\pm$ 117.50	15.31	.49 $\pm$ 0.50	84/14/2%	Probable
Potencia Pico (W)	790.50 $\pm$ 257.70	724.10 $\pm$ 199.10	-8.42	-.19 $\pm$ 0.50	9/42/49%	Posible
Potencia Pico-D (W)	383.50 $\pm$ 158.40	491.70 $\pm$ 146	28.21	.57 $\pm$ 0.54	88/10/2%	Probable
Potencia Pico-I (W)	472.80 $\pm$ 172.30	506.80 $\pm$ 132.80	7.20	.25 $\pm$ 0.57	57/35/9%	Posible

Nota: CL: límites de confianza; TE: tamaño del efecto; VC: evaluación cualitativa; CMJ: salto con contramovimiento; PM: potencia media; PP: potencia pico; Probabilidad: Porcentaje de cambios teniendo mejores/similares/peores valores.

Tabla 2. Cambios en el rendimiento después del entrenamiento con sobrecarga excéntrica, Media  $\pm$  SD

Variable	Pre-test	Post-test	% cambio	TE (90% CL)	Probabilidad	VC
CMJ (cm)	31.90 $\pm$ 3	33.60 $\pm$ 4.80	5.33	.46 $\pm$ 0.58	79/17/4%	Probable
Abalakov Bilateral (cm)	37.50 $\pm$ 4	38.50 $\pm$ 5.40	2.67	.19 $\pm$ 0.53	48/41/11%	Poco probable
Abalakov-D (cm)	22.40 $\pm$ 3.80	21.70 $\pm$ 4.60	-3.12	-.20 $\pm$ 0.5	9/42/50%	Poco probable
Abalakov-I (cm)	20.70 $\pm$ 4	22 $\pm$ 3.90	6.28	.27 $\pm$ 0.25	70/29/1%	Poco probable
20m sprint (s)	3.10 $\pm$ 0.10	3.20 $\pm$ 0.10	3.22	-.36 $\pm$ 0.86	13/24/64%	Poco probable
30m sprint (s)	4.40 $\pm$ 0.10	4.50 $\pm$ 0.10	2.27	-.31 $\pm$ 0.73	11/28/61%	Poco probable
COD-D (s)	4.20 $\pm$ 0.10	3.80 $\pm$ 0.20	-9.52	3.21 $\pm$ 1.14	100/0/0%	Casi seguro
COD-I (s)	4.11 $\pm$ 0.17	3.85 $\pm$ 0.11	-6.33	1.37 $\pm$ 0.55	100/0/0%	Casi seguro
%Pérdida-COD-D (s)	.31 $\pm$ 0.05	.17 $\pm$ 0.05	-45.16	3.76 $\pm$ 1.45	100/0/0%	Casi seguro
%Pérdida-COD-I (s)	.30 $\pm$ 0.10	.20 $\pm$ 0.05	-33.31	1.39 $\pm$ 0.78	99/1/0%	Muy probable
Potencia Media (W)	321.90 $\pm$ 116.30	461.90 $\pm$ 113.60	43.51	.73 $\pm$ 0.43	97/2/1%	Muy probable
Potencia Media-D (W)	189.90 $\pm$ 94.40	413.60 $\pm$ 119.20	117.75	1.46 $\pm$ 0.58	100/0/0%	Casi seguro
Potencia Media-I (W)	225.30 $\pm$ 111.30	430.70 $\pm$ 148.10	91.26	1.19 $\pm$ 0.80	97/2/1%	Muy probable
Potencia Pico (W)	601.90 $\pm$ 264.90	800.10 $\pm$ 219.80	32.92	.65 $\pm$ 0.51	93/6/1%	Probable
Potencia Pico-D (W)	331.30 $\pm$ 167.90	685.60 $\pm$ 221.10	106.91	1.31 $\pm$ 0.63	99/1/0%	Casi seguro
Potencia Pico-I (W)	431.80 $\pm$ 234.50	684.30 $\pm$ 219.30	58.5	.85 $\pm$ 0.73	93/6/1%	Probable

Nota: CL: límites de confianza; TE: tamaño del efecto; VC: evaluación cualitativa; CMJ: salto con contramovimiento; PM: potencia media; PP: potencia pico; Probabilidad: Porcentaje de cambios teniendo mejores/similares/peores valores.

Tabla 3. Comparación inter-grupos, Media  $\pm$  SD

Variable	GC %	GF %	TE (90% CL)	Probabilidad	VC
CMJ (cm)	-5.91	5.33	.79 $\pm$ 0.49	97/3/0%	Muy probable
Abalakov Bilateral (cm)	-.92	2.67	.29 $\pm$ 0.62	60/31/9%	Posible
Abalakov-D (cm)	4.94	-3.12	-.54 $\pm$ 0.6	84/14/2%	Probable
Abalakov-I (cm)	2.90	6.28	.19 $\pm$ 0.37	48/48/4%	Posible
20m sprint (s)	0	3.22	.33 $\pm$ 0.94	60/24/16%	Posible
30m sprint (s)	0	2.27	.15 $\pm$ 0.76	46/33/21%	Posible
COD-D (s)	-9.75	9.52	.35 $\pm$ 1.02	60/22/17%	Posible
COD-I (s)	-6.93	6.33	.15 $\pm$ 0.82	45/31/23%	Posible
%Pérdida-COD-D (s)	-35.50	45.16	1.14 $\pm$ 1.89	81/8/11%	Probable
%Pérdida-COD-I (s)	-33.30	33.30	.25 $\pm$ 1.16	53/22/25%	Posible
Potencia Media (W)	-.40	43.50	.93 $\pm$ 0.60	97/2/0%	Muy probable
Potencia Media-D (W)	26.01	117.70	1.04 $\pm$ 0.72	97/3/0%	Muy probable
Potencia Media-I (W)	15.30	91.20	1.03 $\pm$ 1.04	91/6/3%	Probable
Potencia Pico (W)	-8.42	32.90	.88 $\pm$ 0.64	97/2/0%	Muy probable
Potencia Pico-D (W)	28.20	106.90	.79 $\pm$ 0.77	90/8/3%	Probable
Potencia Pico-I (W)	7.20	58.50	.91 $\pm$ 0.95	93/6/1%	Probable

Nota: CL, intervalos de confianza; TE, tamaño del efecto; VC, evaluación cualitativa; CMJ, salto con contramovimiento; Valores positivos de TE son diferencias en la dirección del grupo de fuerza; Valores negativos de TE son diferencias en la dirección del grupo control.

%GC, diferencias pre-post test en GC; %GF, diferencias pre-post test en GF

\*Diferencias sustanciales ( $> 75\%$ ) entre los dos grupos experimentales con mayores mejoras en ese grupo

Probabilidad: Porcentaje de posibilidad de tener mejores/similares/peores valores

versas variables del rendimiento (Tabla 3). El GF manifestó mejoras sustancialmente mayores en el CMJ (TE moderado) y en el porcentaje de pérdida en el cambio de dirección de 90° hacia la derecha (%Pérdida-COD-D) (TE moderado) en comparación con el GC. En todas las variables estudiadas relacionadas con las potencia (potencia media y pico de potencia, bilateral y unilateral y relativas al peso) se encontraron mejoras sustancialmente mayores en GF respecto al GC en el post-test. El GC obtuvo mayores mejoras sustanciales en ABK-D (TE moderado) en comparación con el GF.

El análisis de correlación mostró que no existieron correlaciones significativas entre los cambios en CMJ y la potencia así como entre el porcentaje de pérdida en COD-I y la potencia, en ninguna de sus variables.

## Discusión

El objetivo del presente estudio fue analizar el efecto de un programa de fuerza inercial con sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico de un grupo de futbolista de élite junior. Los resultados obtenidos muestran que, tras el periodo de intervención, los jugadores del GF incrementaron la altura de salto vertical medida a través del CMJ, así como la potencia media y pico (bilateral y unilateral) del tren inferior, además de reducir el porcentaje de pérdida en el COD-D.

Aunque las investigaciones cuyo objeto es conocer los efectos de los programas de entrenamiento basados en el uso de dispositivos inerciales con sobrecarga excéntrica se han incrementado de forma evidente en los últimos años, los estudios que se han ocupado de analizar las mejoras que producen estos dispositivos sobre el rendimiento en fútbol no son tan abundantes (De Hoyo, Gonzalo-Skok, Sañudo, Carrascal, Plaza-Armas, Camacho-Candil, & Otero-Esquina, 2016). Que los autores tengan conocimiento, no son muchos los trabajos que hayan utilizado un programa de fuerza con sobrecarga excéntrica realizado en un dispositivo inercial de manera unilateral para estudiar su incidencia sobre la condición física del futbolista.

En el presente estudio, los jugadores del GF mejoraron de manera sustancial sus resultados en el test de salto vertical CMJ (5.33%, TE = .46) tras la ejecución del programa de entrenamiento. Estos resultados parecen coincidir con los obtenidos previamente en trabajo similares, como el realizado por De Hoyo et al. (2015a), en el que tras la aplicación de un entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica utilizando diferentes dispositivos inerciales (yoyo squat y yoyo leg-curl) durante 10 semanas, los participantes consiguieron mejoras sustanciales (7.6%, TE = .58) en CMJ. Sin embargo, existe otro estudio que también utilizó dentro de su programa de entrenamiento un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica (Romero-Rodríguez, Gual, & Tesch, 2011) cuyos resultados son contrarios a los encontrados en nuestro trabajo respecto al CMJ. Esta diferencia se puede deber a los diferentes objetivos perseguidos en cada uno de los trabajos (tratamiento de tendinopatía rotuliana vs rendimiento). El análisis inter-grupos mostró mejoras sustanciales mayores en el GF (TE = .79) en CMJ debido a que el GC no obtuvo mejoras sustanciales en este test.

Otro test de salto para valorar la fuerza explosiva del tren inferior es el test ABK, para el que no se encontraron mejoras sustanciales, ni en los saltos bilaterales ni unilaterales. Esta diferencia entre los resultados de ambos tests de salto puede deberse a que el ABK requiere de una mayor coordinación de salto al emplear un contramovimiento de los brazos, a diferencia del CMJ, el cual está influenciado principalmente por la fuerza explosiva del tren inferior. Al contrario que en nuestro estudio, Jastrzebski, Wnorowski, Mikolajewski, Jaskulska, & Radziminski. (2014) presentaron un incremento del rendimiento en ABK (TE = 1.1) después de la aplicación de un programa de entrenamiento pliométrico orientado a la mejora de la potencia. Este resultado podría deberse a la muestra utilizada (jugadores de voleibol), y a la orientación prioritariamente vertical del entrenamiento aplicado; ya que se sabe que esta orientación de la fuerza tiene un efecto positivo sobre la componente vertical en ABK (Los Arcos, Yanci, Mendiguchia, Salinero, Brughelli, y Castagna, 2014). Se encontraron mejoras sustanciales en el

test de ABK-D en CG, aunque este resultado podría ser simplemente una observación espuria.

Los resultados obtenidos tras el proceso de intervención no mostraron cambios sustanciales en los jugadores del GF en el tiempo de sprint en 20 y 30m (TE = .36 y TE = .31 respectivamente). Estos resultados son similares a los encontrados en el trabajo de De Hoyo, Sañudo, Carrasco, Domínguez-Cobo, Mateo-Cortes, Cadenas-Sánchez, & Nimphius. (2015b), los cuales no obtuvieron mejoras significativas en la reducción del tiempo de sprint en 20m (p = .23) tras administrar, durante seis semanas, un programa de fuerza con sobrecarga excéntrica en dispositivo inercial a futbolistas jóvenes de alto nivel. Apesar de esto, existen diversos estudios presentes en la literatura científica que han sugerido que el entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica ejecutado en un dispositivo inercial puede reducir el tiempo de sprint en jugadores de fútbol (Askling et al., 2003; De Hoyo et al., 2015a; Tous-Fajardo et al., 2016). En esta línea, Askling et al. (2003) obtuvieron mejoras sustanciales (TE = .80) en el tiempo de sprint de 30m después de un entrenamiento con sobrecarga excéntrica de la musculatura isquiotibial de 10 semanas de duración. Mientras que De Hoyo et al. (2015a) redujeron el tiempo de sprint de 20m (TE = .32) en el grupo experimental el cual llevó a cabo un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica por medio de dispositivos inerciales durante 10 semanas. Esta diferencia de nuestro estudio respecto a otras investigaciones similares podría deberse a la duración del estímulo de entrenamiento (solamente 6 semanas y 12 sesiones de entrenamiento durante la temporada).

Al igual que en el test de sprint lineal y en base a nuestros resultados, el entrenamiento del GF no produjo mejoras sustanciales en el test de sprint con COD, únicamente en el porcentaje de pérdida en COD-I (33.3 %, TE = 1.39). Los resultados obtenidos tras el periodo de intervención parecen contradecir a diferentes trabajos previos recogidos en la literatura científica sobre programas de entrenamiento de fuerza ejecutados en dispositivos inerciales por jugadores de fútbol (Tesch, Ekberg, Lindquist, & Trieschmann, 2004; Tous-Fajardo et al., 2016). Como ejemplo encontramos la investigación de Tous-Fajardo et al. (2016), en la que se combinaron ejercicios de sobrecarga excéntrica con diferentes ejercicios realizados sobre una plataforma vibratoria, obteniendo, tras 11 semanas de entrenamiento, mejoras sustanciales en COD (5.7%, TE = 1.42). Las diferencias respecto a las mejoras en el tiempo de sprint con COD pueden deberse tanto a la duración del programa de entrenamiento como al número y a la variedad de ejercicios utilizados en el trabajo de Tous-Fajardo et al. (2016), así como a la ausencia de ejercicios de orientación horizontal en nuestro programa de entrenamiento, los cuales parecen ser fundamentales para la mejora del tiempo de sprint con COD (Sáez de Villarreal et al., 2015).

Tras la aplicación del programa de fuerza inercial con sobrecarga excéntrica el GF mejoró de manera sustancial sus valores del test de potencia bilateral, tanto en la potencia media como en la potencia pico, resultados que coinciden con trabajos similares previos (De Hoyo et al., 2015b; Tous-Fajardo et al., 2016). Respecto al test de potencia unilateral, el GF mejoró sustancialmente la potencia (media y pico) en ambas piernas. Las mejoras obtenidas en la potencia pueden ser atribuidas al hecho de utilizar ejercicios ejecutados en un dispositivo inercial con sobrecarga excéntrica, los cuales se caracterizan por una ejecución más fuerte y rápida del ciclo estiramiento-acortamiento, lo que produce mejoras en la potencia y la fuerza máxima (Sáez de Villarreal, Suarez-Arrones, Requena, Haff, y Ramos-Veliz, 2014). Por otro lado, el GC presentó mejoras sustanciales en la potencia media (derecha e izquierda) y potencia pico (derecha), resultados que parecen deberse a la exposición de los futbolistas a los diferentes estímulos neuromusculares propios del entrenamiento de fútbol (CODs, aceleraciones, desaceleraciones...), los cuales parecen haber ayudado a obtener dichas mejoras. Respecto al análisis inter-grupos, el GF obtuvo mejoras sustancialmente mayores que el GC en todas las variables estudiadas relacionadas con la potencia (Tabla 18), debido principalmente a la variedad de estímulos neuromusculares administrados en dicho grupo gracias al programa de entrenamiento de fuerza inercial adicional.

## Conclusiones

Un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica ejecutado en un dispositivo inercial es efectivo en la mejora de la potencia muscular en jugadores de fútbol jóvenes de alto nivel. Además, las adaptaciones provocadas por el programa de entrenamiento produjeron mejoras sustanciales en la capacidad de salto y en el porcentaje de pérdida de COD, las cuales son variables determinantes del rendimiento en el fútbol. A pesar de esto, debemos tener en cuenta que en este estudio se ha utilizado una muestra relativamente pequeña, debido a que los equipos de cantera estaban compuestos solamente por 18 jugadores de campo y dos porteros. Además, una posible limitación de este estudio podría ser las diferencias existentes entre GC y GF al inicio del estudio en las variables de potencia estudiadas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a los jugadores participantes en el estudio su esfuerzo e implicación durante el mismo. También agradecen a Iberian Sportech® por el préstamo de la Kbox utilizada en el estudio. Los autores no tienen relaciones profesionales con empresas o compañías que puedan beneficiarse de los resultados de este trabajo. No existió financiación alguna para el desarrollo de este proyecto.

## Referencias

- Ade, J.; Fitzpatrick, J., & Bradley, P.S. (2016). High-intensity efforts in elite soccer matches and associated movement patterns, technical skills and tactical actions. Information for position-specific training drills. *Journal of Sports Sciences*, 34(24):2205-2214. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1217343>
- Asking, C.; Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine in Science and Sports*, 13(4):244-250.
- Berg, H.E., & Tesch. (1994). A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviation Space Environmental Medicine*, 65(8):752-756.
- Brito, J., Vasconcellos, F., Oliveira, J., Krstrup, P., & Rebelo, A. (2014). Short-term performance effects of three different low-volume strength-training programmes in college male soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 40:121-128. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0014>
- Buchheit, M.; Mendez-Villanueva, A.; Delhomel, G.; Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprint vs explosive strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24:2715-2722. <https://doi.org/10.1519/JSC>
- Chelly, M.S.; Fathloun, M.; Cherif, N.; Ben Amar, M.; Tabka, Z., & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8):2241-2249. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b86c40>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates.
- De Hoyo, M.; Gonzalo-Skok, O.; Sañudo, B.; Carrascal, C., Plaza-Armas, J.R.; Camacho-Candil, F., & Otero-Esquina, C. (2016). Comparative Effects of In-Season Full-Back Squat, Resisted Sprint Training, and Plyometric Training on Explosive Performance in U-19 Elite Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 0(2):368-377. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001094>
- De Hoyo, M.; Pozzo, M.; Sañudo, B.; Carrasco, L.; Gonzalo-Skok, O.; Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2015a). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1):46-52. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0547>
- De Hoyo, M.; Sañudo, B.; Carrasco, L.; Domínguez-Cobo, S.; Mateo-Cortes, J.; Cadenas-Sánchez, M.M., & Nimphius, S. (2015b). Effects of Traditional Versus Horizontal Inertial Flywheel Power Training on Common Sport-Related Tasks. *Journal of Human Kinetics*, 47:155-167. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0071>
- Di Salvo, V.; Baron, R.; Tschan, H.; Calderon-Montero, F.J.; Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3): 222-227.
- González-Millán, C.; Del Coso, J.; Abián-Vicén, J.; López del Campo, R.; Gutiérrez, J., & Salinero, J. (2014). Cambios en la fuerza de miembros inferiores tras un mesociclo de pretemporada en futbolistas semiprofesionales. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 26:52-55.
- Gonzalo-Skok, O.; Tous-Fajardo, J.; Suarez-Arrones, L.; Arjol-Serrano, J.L.; Casajús, J.A., & Mendez-Villanueva, A. Single-Leg Power Output and Between-Limbs Imbalances in Team-Sport Players: Unilateral Versus Bilateral Combined Resistance Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1):106-114. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0743>
- Gorostiaga, E.; Izquierdo, M.; Ruesta, M.; Iribarren, J.; González-Badillo, J.J., & Ibáñez, J. (2004). Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 91:698-707.
- Hader, K.; Palazzi, D., & Buchheit, M. (2015). Change of direction speed in soccer: How much braking is enough? *Kinesiology*, 47(1):67-47.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Medicine*, 34:165-180.
- Hoff, J.; Wisløff, U.; Engen, L.C.; Kemi, O.J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, 36(3):218-221.
- Hoffman, J.R.; Cooper, J.; Wendell, M., & Kang, J. (2004). Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1):129-135.
- Hopkins, W.G.; Marshall, S.W.; Batterham, A.M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41:3-13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Jastrzebski, Z.; Wnorowski, K.; Mikolajewski, R.; Jaskulska, E., & Radziminski, L. (2014). The effect of a 6-week plyometric training on explosive power in volleyball players. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 6(2):79-89.
- Loturco, I.; Nakamura, F.Y.; Kobal, R.; Gil, S.; Abad, C.C.; Cuniyochi, R.; Pereira, L.A., & Roschel, H. (2015). Training for Power and Speed: Effects of Increasing or Decreasing Jump Squat Velocity in Elite Young Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(10):2771-2779. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000951>
- Michailidis, Y. (2015). Effect of plyometric training on athletic performance in preadolescent soccer players. *Journal of Human Sport & Exercise*, 10(1):15-23. <https://doi.org/10.14198/jhse.2015.101.02>
- Norrbrand, L.; Fluckey, J.D.; Pozzo, M., & Tesch, P.A. (2008). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *European Journal of Applied Physiology*, 102(3):271-81.
- Norrbrand, L.; Tous-Fajardo, J.; Vargas, R., & Tesch, P.A. (2011). Quadriceps muscle use in the flywheel and barbell squat. *Aviation Space Environmental Medicine*, 82:13-19.
- Núñez, F.J.; Suarez-Arrones, L.J.; Cater, P., & Mendez-Villanueva, A. (2016). The High Pull Exercise: A Comparison Between a Versapully Flywheel Device and the Free Weight. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-21.
- Núñez, V.; Lancho, C., & Ramírez, J.M. (2016). Entrenamiento muscu-

- lar a través de tecnología isoinercial en un jugador de fútbol profesional intervenido de rotura total de LCA. Estudio de caso. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 29:166-170.
- Rittweger, J., Felsenberg, D., Maganaris, C., & Ferretti, J.L. (2007). Vertical jump performance after 90 days bed rest with and without flywheel resistive exercise, including a 180 days follow-up. *European Journal of Applied Physiology*, 100(4):427-436.
- Romero, S.; Feria, A.; Sañudo, B.; De Hoyo, M., & Del Ojo, J.J. (2014). Efectos de entrenamiento de fuerza en sistema isoinercial sobre la mejora del CMJ en jóvenes futbolistas de elite. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 26:180-182.
- Romero-Rodriguez, D.; Gual, G., & Tesch, P.A. (2011). Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Physical Therapy in Sport*, 12(1):43-48. <https://doi.org/10.1016/j.ptspp.2010.10.003>
- Sáez de Villarreal, E.; Suarez-Arrones, L.; Requena, B.; Haff, G.G. & Ramos-Veliz, R. (2014). Effects of dry-land vs. in-water specific strength training on professional male water polo players' performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28:3179-3188. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000514>
- Sáez de Villarreal, E.; Suarez-Arrones, L.; Requena, B.; Haff, G.G. & Ferrete, C. (2015). Effects of Plyometric and Sprint Training on Physical and Technical Skill Performance in Adolescent Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7):1894-1903. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000838>
- Sánchez-Sánchez, J.; Hernández, C.; Marcos, V.; González, A.; Rodríguez, A., & Carretero, M. (2016). Efecto de un entrenamiento intermitente con y sin cambios de dirección, sobre el rendimiento físico de jóvenes futbolistas. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 30:70-75.
- Sander, A.; Keiner, M.; Wirth, K., & Schmidtbleicher, D. (2013). Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *European Journal of Sport Sciences*, 13(5):445-451. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.742572>
- Seynnes, O.R.; De Boer, M., & Narici, M.V. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 102(1):368-373.
- Suarez-Arrones, L.; Tous-Fajardo, J.; Núñez, J.; Gonzalo-Skok, O.; Gálvez, J., & Méndez-Villanueva, A. (2014). Concurrent repeated-sprint and resistance training with superimposed vibrations in rugby players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(4): 667-673. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0238>
- Swinton, P.; Lloyd, R.; Keogh, R.; Agouris, I., & Stewart, A.D. (2014). Regression models of sprint, vertical jump, and change of direction performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(7):1839-1848. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000348>
- Tesch, P.A.; Ekberg, A.; Lindquist, D.M., & Trieschmann, J.T. (2004). Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a nongravity-dependent exercise system. *Acta Physiologica Scandinavica*, 180(1):89-98.
- Tous-Fajardo, J.; Maldonado, R.; Quintana, J.M.; Pozzo, M., & Tesch, P.A. (2006). The Flywheel Leg-Curl Machine: Offering Eccentric Overload for Hamstring Development. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(3):293-299.
- Tous-Fajardo, J.; Gonzalo-Skok, O.; Arjol-Serrano, J.L., & Tesch, P. (2016). Enhancing Change-of-Direction Speed in Soccer Players by Functional Inertial Eccentric Overload and Vibration Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(1):66-73. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0010>
- Vogt, M., & Hoppeler, H. (2014). Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *Journal of Applied Physiology*, 116(11):1446-1454. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00146.2013>
- Wong, P.L.; Chamari, K., & Wisløff, U. (2010). Effects of 12-week on-field combined strength and power training on physical performance among U-14 young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24:644-652. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ad3349>
- Yanci, J.; Azcarate, U., & Los Arcos, A. Analysis of the repeated sprints ability with and without change of direction in professional soccer players. *SPORT TK- Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte. (In Press)*.

