Article

Entrenamiento con Sobrecarga Excéntrica en Temporada de Competición en Futbolistas de Élite: Efectos en la Composición Corporal, la Fuerza y el Rendimiento de Sprint

In-Season Eccentric-Overload Training in Elite Soccer Players: Effects on Body Composition, Strength and Sprint Performance

Luis Suarez-Arrones, Eduardo Saez de Villarreal, Francisco Javier Núñez, Valter Di Salvo, Cristian Petri, Alessandro Buccolini, Rafael Angel Maldonado, Nacho Torreno y Alberto Mendez-Villanueva

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue describir los cambios en la composición corporal, la fuerza y el rendimiento de sprint en respuesta a toda una temporada competitiva de entrenamiento de fútbol complementada con 2 sesiones a la semana de entrenamiento con sobrecarga excéntrica inercial en jóvenes futbolistas profesionales masculinos. Se evaluó la composición regional y de cuerpo entero (evaluada mediante absorciometría de rayos X de doble energía), la potencia de salida en sentadilla media y el rendimiento de sprint de 40 m en catorce jugadores. El entrenamiento con sobrecarga excéntrica consistió en sesiones de entrenamiento de 1 a 2 series de 10 ejercicios de core y tren superior (Día 1) y tren inferior (Día 2), a la semana durante toda la temporada de competición (27 semanas). La masa grasa corporal total disminuyó (-6,3 ± 3,6%, ES = -0,99 ± 0,54) sustancialmente mientras que la masa magra aumentó (2,5 ± 0,8%, ES = 0,25 ± 0,09), con algunas diferencias regionales. Hubo un aumento sustancial en la potencia de salida de sentadilla media (del 3% al 14%, ES de 0,45 a 1,73) y en el rendimiento del sprint (de 1,1% a 1,8%, ES de -0,33 a -0,44), sin embargo, los cambios en el rendimiento no se correlacionaron con cambios en la composición corporal. Un programa combinado de entrenamiento de fútbol y de sobrecarga excéntrica fue capaz de promover cambios positivos en la composición corporal y los factores físicos relevantes tanto para el rendimiento en el campo como para la prevención de lesiones en futbolistas de élite.

Palabras Clave: composición corporal, fuerza, excéntrico, fútbol, esprint

ABSTRACT

The aim of this study was to describe the changes in body composition, strength and sprint performance in response to an entire competitive season of football training supplemented with 2 inertial eccentric-overload training sessions a week in

young male professional soccer players. Whole body and regional composition (assessed using dual-energy X-ray absorptiometry), power output in half-squat and 40-m sprinting performance were evaluated in fourteen players. The eccentric-overload training consisted of training sessions a week of 1–2 sets of 10 exercises of upper-body and core (Day 1) and lower-body (Day 2), during the entire competitive season (27 weeks). Whole body fat mass decreased (-6.3 ± 3.6%, ES = -0.99 ± 0.54) substantially while lean mass increased (2.5 ± 0.8%, ES = 0.25 ± 0.09), with some regional differences. There was a substantial increase in half-squat power output (from 3% to 14%, ES from 0.45 to 1.73) and sprint performance (from 1.1% to 1.8%, ES from -0.33 to -0.44), however performance changes were not correlated with changes in body composition. A combined soccer and eccentric-overload training program was able to promote positive changes in body composition and physical factors relevant to both on-field performance and injury prevention in elite soccer players.

Keywords: body composition, strength, eccentric, football, sprint

INTRODUCCIÓN

El fútbol se considera un deporte intermitente [1] en el que las acciones físicamente exigentes y de alta intensidad como correr, saltar y cambiar de dirección son factores importantes para el éxito competitivo tanto en jugadores adultos [2] como jóvenes [3]. La demanda de acciones de alta intensidad ha aumentado con el tiempo [4] y hoy en día este tipo de acciones son cruciales en el fútbol competitivo de alto nivel, por lo que la optimización de esas acciones y de los factores asociados es esencial [5]. En este sentido, el objetivo central del entrenamiento de fuerza es mejorar las actividades futbolísticas específicas y relevantes inherentes al juego [6]. Se han utilizado diferentes modos de entrenamiento de fuerza para mejorar el rendimiento físico en el fútbol, como programas basados en ejercicios tradicionales con cargas gravitatorias [7], entrenamiento pliométrico [8], ejercicios balísticos, levantamiento de pesas y una combinación de diferentes métodos [9, 10]. Además de estos métodos bien establecidos de entrenamiento de fuerza, los programas de entrenamiento con sobrecarga excéntrica inercial, incluyendo los dispositivos inerciales, han ganado muchos adeptos en los deportes de equipo [11] y en los jugadores de fútbol [12-14] en los últimos años. Los dispositivos inerciales proporcionan una fuente de resistencia lineal a partir de un disco o cono giratorio, que puede producir una mayor sobrecarga y activación en la fase excéntrica en comparación con los ejercicios tradicionales de pesas libres [15]. Como alternativa o adición a los métodos de entrenamiento más tradicionales, los beneficios potenciales de incluir el entrenamiento con sobrecarga excéntrica inercial están relacionados con la capacidad de moverse libremente en las tres dimensiones para un estímulo de entrenamiento "más específico" [16, 17], la mejora de la coordinación muscular, las adaptaciones hacia un músculo más fuerte y más rápido [18, 19], la reducción de la incidencia y gravedad de las lesiones musculares [13, 14] y las mejoras en la fuerza, la velocidad del sprint lineal y la capacidad de cambio de dirección [20-22].

Sin embargo, a pesar de la creciente popularidad de los métodos de entrenamiento con sobrecarga excéntrica inerciales en el fútbol y el apoyo de investigaciones recientes [12-14, 20, 21], la mayoría de las intervenciones publicadas hasta la fecha han investigado el impacto de este paradigma de entrenamiento durante períodos relativamente cortos (es decir, de 6 a 11 semanas). Además, hasta la fecha ningún estudio ha evaluado el impacto del entrenamiento sistemático con sobrecarga excéntrica inercial en la composición corporal (BC). En este sentido, la BC es un componente importante de la aptitud física, relevante para el estado fisiológico del futbolista así como para el rendimiento del mismo [23]. Por lo tanto, es muy común que los futbolistas profesionales evalúen los cambios en la BC varias veces a lo largo de la temporada para determinar la eficacia de las intervenciones nutricionales y de entrenamiento, ya que los cambios en la composición corporal pueden afectar negativamente al rendimiento futbolístico y a la prevención de lesiones [23-25]. Por ejemplo, un exceso de tejido adiposo cargará al jugador con un peso extra inútil [26]. Esto probablemente contribuiría a un mayor gasto de energía durante un partido y a un menor rendimiento en términos de potencia y aceleración [2, 27]. Además, la masa grasa (FM) está inversamente relacionada con la capacidad aeróbica, la relación potencia/peso del deportista y la termorregulación, y la masa muscular magra contribuye fuertemente a la fuerza y al rendimiento energético [28]. Por lo tanto, aunque no existen normas claras sobre cuál sería la BC "ideal" para un jugador de fútbol, es probable que los practicantes busquen niveles relativamente bajos de masa grasa [23] y el mantenimiento de la masa muscular esquelética adecuada compatible con las demandas locomotoras (por ejemplo, sprints, desaceleraciones, cambios de dirección, volumen total de carrera y alta intensidad) impuestas por el fútbol. En los últimos años, la absorciometría de rayos X de doble energía (DXA) se ha empleado para evaluar con precisión la BC en términos de contenido mineral óseo (BMC), densidad mineral ósea (BMD), masa muscular esquelética (SM), masa de tejido blando libre de grasa (FFSTM) y FM. Hasta la fecha, varios estudios [29-33] emplearon la DXA para evaluar la BC en jugadores de fútbol. Una característica interesante de la DXA es su capacidad de producir datos de la BC a nivel de todo el cuerpo así como a nivel regional [33].

Hasta donde sabemos, no hay investigaciones previas que hayan evaluado los efectos de un programa de entrenamiento con sobrecarga excéntrica inercial sobre la BC en jugadores de fútbol. Además, no hay información sobre el efecto de un

entrenamiento con sobrecarga excéntrica inercial prolongado (una temporada competitiva completa) sobre la fuerza y el rendimiento físico de los jugadores de fútbol. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue describir los cambios en la BC, la fuerza y el rendimiento de sprint en respuesta a toda una temporada competitiva de entrenamiento de fútbol complementada con 2 sesiones a la semana de entrenamiento con sobrecarga excéntrica inercial en jóvenes futbolistas profesionales de élite masculinos.

MÉTODOS

Sujetos

Este estudio involucró a un grupo de 14 futbolistas profesionales masculinos sanos pertenecientes al equipo de reserva de un club de la Serie A en Italia. Todos los jugadores reclutados tenían entre 16 y 19 años (17,5 ± 0,8 años; 180,0 ± 6,1 cm; 70,6 ± 5,3 kg; 21,8 ± 1,4 IMC), y algunos de ellos también jugaron durante la temporada con el equipo de primera (n = 3) y su equipo nacional (n = 8). Todos los jugadores entrenaban ~ 9 horas de entrenamiento de fútbol más 1 o 2 partidos competitivos por semana. Para poder participar en el estudio, los jugadores debían cumplir los siguientes requisitos: i) tener un contrato profesional vigente con el club, ii) estar libre de lesiones en el momento de la evaluación inicial, iii) haber completado más del 85% de las sesiones de entrenamiento de fuerza, y iv) no estar entrenando regularmente con el equipo de primera. Todos los jugadores (o el tutor de jugadores menores de 18 años) fueron cuidadosamente informados sobre los procedimientos del experimento y sobre los riesgos y beneficios potenciales asociados con la participación en el estudio, y firmaron un documento de consentimiento informado antes de ser incluidos en el estudio. El Comité de Ética de Investigación Institucional local (Qatar Antidoping Lab, Doha, Qatar) aprobó este estudio, de acuerdo con las leyes y reglamentos nacionales e internacionales vigentes que rigen el uso de sujetos humanos (Declaración de Helsinki II).

Diseño Experimental

El estudio presentado utilizó un diseño de investigación de medidas repetidas controladas para investigar la BC, la fuerza y los cambios de sprint lineal en respuesta a una temporada completa de entrenamiento de fútbol complementado con 2 sesiones a la semana de entrenamiento con sobrecarga excéntrica inercial en jóvenes futbolistas profesionales masculinos. A lo largo de la temporada, los jugadores tuvieron 5-6 sesiones de entrenamiento a la semana, con una duración media de 80 minutos (desde sesiones de 45 minutos, hasta sesiones de 100-120 minutos donde se incluyeron las sesiones de entrenamiento con sobrecarga excéntrica inercial antes del entrenamiento de campo). La composición regional y de todo el cuerpo fue evaluada por la DXA al inicio del período competitivo (septiembre) y al final de la temporada (mayo). Al principio y al final de la competición se realizó una prueba de sprint lineal y una prueba de potencia de los miembros inferiores en sentadilla media con dos pesos diferentes (30 y 40 kg). La prueba del sprint se realizó en un campo de césped artificial en el campo de entrenamiento (no en su campo habitual), mientras que la prueba de potencia se llevó a cabo en el gimnasio. Todos los jugadores estaban familiarizados con los procedimientos de ambas pruebas y se les pidió que no realizaran ningún ejercicio extenuante ~ 48 horas antes de las sesiones de prueba de dos días. Cada prueba de rendimiento se realizó en días separados. Las pruebas de rendimiento se realizaron al principio de la sesión de entrenamiento y después de un calentamiento estandarizado. Todas las pruebas se realizaron a la misma hora del día y en el mismo orden: el primer día de la semana (y después de un día de descanso) la prueba de sprint y el segundo día la prueba de potencia de los miembros inferiores. La DXA también se realizó 2-3 horas antes del inicio de la sesión de entrenamiento en esos 2 días de pruebas.

Análisis Antropométrico y de Composición Corporal

La masa corporal se tomó con una precisión de 0,1 kg con una balanza electrónica (OHAUS Corp., Florham Park, NJ). La estatura se midió con un estadiómetro (Seca 213, Hamburgo, Alemania) con una precisión de 0,5 cm. La composición corporal (FFSTM, FM, BMC y BMD) se midió a partir de un escaneo regional y de cuerpo entero por medio de DXA usando un escáner de cuerpo entero (Hologic QDR Series, modelo Delphi A, Bedford, MA, EEUU) con un análisis realizado usando la versión de software Hologic APEX 13.3:3, y de acuerdo con los procedimientos del fabricante. La DXA fue calibrada con espectros según las directrices de fabricación cada día antes de las mediciones. Los participantes tomaron una posición fija en decúbito supino sobre la mesa de escaneo, con las manos a la altura de las caderas y los pies ligeramente separados. Todos los escaneos y análisis fueron realizados por el mismo operador para asegurar la consistencia y de acuerdo con protocolos de prueba estandarizados que son reconocidos como las mejores prácticas [34-36]. Como en un estudio anterior, los datos de cuerpo entero se informan aquí como todo el cuerpo menos la cabeza (TBLH) [33]. Los escaneos se realizaron por la mañana antes del entrenamiento. Las sesiones de medición se realizaron en septiembre (al inicio del periodo competitivo) y en mayo (al final de la temporada competitiva). La fórmula de predicción de DXA SM [37, 38] también se evaluó en los jugadores.

Prueba de Sprint Lineal de 40 m

Los sujetos fueron evaluados en una prueba de sprint lineal de 40 m con tiempos intermedios en 10 m (T10 m), 30 m (T30 m) y 40 m (T40 m). La prueba de sprint de 40 m se llevó a cabo al aire libre con condiciones climáticas adecuadas (es decir, con sol y sin viento) en un campo de césped artificial. El tiempo de sprint se registró con células fotoeléctricas (Racetime2, Microgate, Bolzano, Italia). El pie delantero se colocó 0,5 m antes de la primera barrera de cronometraje, y los jugadores comenzaron cuando estaban listos, eliminando el tiempo de reacción. A los sujetos se les dieron dos ensayos prácticos realizados a media velocidad después de un calentamiento completo para familiarizarlos con el dispositivo de cronometraje. Se completaron dos pruebas, y la prueba de mejor rendimiento se utilizó para el análisis estadístico posterior. Se permitieron dos minutos de descanso pasivo entre las pruebas de 40 m. La aceleración de los jugadores se definió como su primer tiempo de sprint de 10 metros (T10-m), y la velocidad máxima de sprint como la velocidad de carrera alcanzada durante el tiempo intermedio de 30-40 m [39].

Prueba de Potencia de los Miembros Inferiores

El rendimiento de la potencia de los miembros inferiores se determinó como la mayor potencia propulsiva media que se podía levantar a través de todo el rango de movimiento de un ejercicio de sentadilla media (HS) (unilateral y bilateral), con la técnica correcta en dos pesos diferentes (30 y 40 kg). Los participantes realizaron la HS desde una posición completamente extendida comenzando con los hombros en contacto con la barra. A la orden, los participantes realizaron una sentadilla excéntrica controlada con un ángulo de rodilla de 90° (utilizando un goniómetro), seguida, sin pausa, por una extensión de piernas concéntrica que volvía a la extensión total. Los jugadores debían ejecutar la fase concéntrica de manera explosiva a la máxima velocidad posible. Se realizaron tres repeticiones con cada carga y se consideró la mejor de ellas de acuerdo con los criterios de velocidad media más rápida para el análisis posterior. Los participantes primero realizaron la HS bilateral con 30 kg, y luego la HS unilateral con ambas piernas (izquierda y derecha). Después de esto, lo mismo se hizo con la segunda carga (40 kg). Se permitieron dos minutos de descanso entre las cargas, y 30 segundos entre la HS bilateral y la unilateral. En todas las pruebas, el tronco se mantuvo lo más recto posible y un Especialista Certificado en Fuerza y Acondicionamiento llevó a cabo esta prueba y verificó la técnica correcta. Para todas las pruebas se utilizó una máquina Smith (Technogym, Cesena, Italia). También se empleó un sistema de medición dinámico (SmartCoach Power Encoder SPE-35, SmartCoach Europe AB, Estocolmo, Suecia), que a partir de la velocidad de la barra calculaba automáticamente varios parámetros cinemáticos (por ejemplo, desplazamiento vertical, velocidad vertical y potencia de salida, entre otras variables) de cada repetición. Este dispositivo ha sido ampliamente utilizado para evaluar el trabajo muscular dinámico y se han informado buenas puntuaciones de fiabilidad y una precisión certificada de 0,52 ± 0,17% en las mediciones de velocidad [40]. Los datos fueron registrados con el software SmartCoach V5.0.0.0.20 (SmartCoach Europe AB, Estocolmo, Suecia) para calcular la potencia propulsiva media para cada repetición realizada durante la prueba de HS. Como en estudios anteriores, esta potencia calculada a partir de la velocidad de la barra puede ser sobreestimada en comparación con el uso de una plataforma de fuerza [41, 42]. El calentamiento consistió en una serie bilateral y unilateral de 10 repeticiones con cargas de 10-15 kg.

Entrenamiento con Sobrecarga Excéntrica

Los jugadores se inscribieron en un programa de entrenamiento de fútbol de 5-6 veces a la semana, con una sesión media de ~ 80 minutos y un día de descanso (normalmente el domingo). Además, el equipo participó en un partido oficial una vez a la semana (normalmente el sábado), y tuvo 5 semanas con 2 partidos (miércoles y sábado). El entrenamiento de fútbol en el equipo se centró primero en el desarrollo de habilidades técnicas y tácticas y luego en la mejora de las capacidades físicas. Al final de la sesión de entrenamiento se jugaba dos veces por semana un partido de medio campo o un partido condicionado de 20-30 minutos de duración. Todo el equipo complementó el entrenamiento de fútbol con un programa de entrenamiento con sobrecarga excéntrica inercial progresiva durante toda la temporada competitiva (27 semanas). El entrenamiento de fuerza se dividió en tres fases: fase de familiarización (3 semanas), fase de progresión 1 (1 serie por ejercicio, 5 semanas) y fase de progresión 2 (2 series por ejercicio, 19 semanas). El programa de entrenamiento tuvo lugar 2 días a la semana. Durante la fase de progresión 2, el volumen no cambió, pero hubo una progresión en la intensidad (cargas – pesos libres – e inercias). Para determinar la carga individual (es decir, la inercia) a emplear durante la intervención, se realizó una evaluación con 2 inercias diferentes en K Box (0,10 kg/m2 y 0,05 kg/m2) y 2 diferentes en Versa Pulley (0,19 kg/m2 y 0,26 kg/m2). La inercia con la que el jugador alcanzó una velocidad media más alta fue utilizada durante el entrenamiento (SmartCoach Power Encoder SPE-35, SmartCoach Europe AB, Estocolmo, Suecia). La inercia se reajustó individualmente durante la fase de progresión 2 en las semanas 7 y 14 de 19. Durante las semanas con 2 juegos, sólo se ejecutó una serie por ejercicio. Normalmente, el entrenamiento del tren superior y del core (10 ejercicios) se realizó el lunes (después del día libre), y el entrenamiento del tren inferior (10 ejercicios) se realizó el martes. Cada sesión de entrenamiento de fuerza duró ~30 min. Los ejercicios de la parte superior del cuerpo fueron los siguientes: diferentes ejercicios de flexión de brazos utilizando entrenamiento de suspensión (Kine Dynamics, Tenerife, España (Kine)), varios ejercicios de empuje de brazos utilizando Kine, flexión de brazos + puente lateral, puente lateral + ejercicios de rotación del tronco, diferentes ejercicios de puentes, puente lateral + ejercicios de patadas, ejercicios de puente prono utilizando

pelota suiza o entrenamiento en suspensión, diferentes ejercicios inestables sentados en pelota suiza, varios ejercicios de empuje funcionales unilaterales utilizando Versa-pulley (dispositivo de polea inercial no dependiente de la gravedad, VP), y diversos ejercicios de tracción funcional unilateral con VP). Los ejercicios para la parte inferior del cuerpo fueron los siguientes: Curl de una pierna con Yo-Yo (dispositivo inercial no dependiente de la gravedad), varios ejercicios de extensión de cadera de una pierna en VP, varias estocadas con VP, diferentes variaciones de HS en KBox (dispositivo inercial no dependiente de la gravedad), HS lateral en Kbox, peso muerto con cinturón ruso, peso muerto con cinturón ruso + ejercicios de rotación de cadera (5 kg), sentadilla con cinturón ruso + rotación de cadera (5 kg), y extensión de tobillo con pesos libres o dispositivos inerciales usando un step. El período de descanso entre cada serie fue de ~1 min. El entrenamiento se realizó en el gimnasio, y todos los jugadores fueron cuidadosamente instruidos antes del entrenamiento, recibieron una demostración práctica y realizaron pruebas de familiarización con todos los ejercicios. El tratamiento se realizó antes del inicio de la sesión regular de entrenamiento de fútbol en el campo. Todas las sesiones de entrenamiento fueron supervisadas completamente y se mantuvieron diarios de entrenamiento para el grupo. No se permitió ningún entrenamiento adicional. En las Tablas 1 y 2 se muestra un ejemplo del programa de entrenamiento seguido por el equipo.

Tabla 1. *Un ejemplo del programa de entrenamiento típico para una semana con un partido (fase de progresión 2).*

	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Team	Warm-up (15min) Articular mobility and active stretching Proprioceptive and balance training **Strength training** *Upper-body + Core, 10 exercises (~ 30 min)*: Push-up KINE 2x12, pull-up KINE 2x12 rep, push-up + side-plank-leg 2x10 rep (5 R+5L), side bridge + trunk rotation 2x10 rep (5R+5L), plank-leg-lift 2x20 s (10 s+10 s), side bridge + kicking 2x10 rep, prone bridge in fit ball 2x20 s, seated in fit ball 2x30 s, VP unilateral push 2x16 rep (8R+8L), VP unilateral pull 2x16 (8R+8L) **Field training** Ball possession games, in *numerical inferiority for players who didn't play* (10 vs 5, 8x2 min), technical work (10 min), conditioned game 10 vs 8 in half pitch (*in numerical inferiority for players who didn't play)* (20 min), high-intensity running interval training *only for players who didn`t play (6+6 min)*	Warm-up (10min) Articular mobility and active stretching Proprioceptive and balance training **Strength training** *Lower-body, 10 exercises (~ 30 min)*: 1 leg leg-curl 2x12 rep (6R+6L), 1-leg hip-extension VP 2x16 rep (8R+8L), lunge in VP 2x16 rep (8R+8L), HS in Kbox 2x8 rep, 1-leg lateral-HS in Kbox 2x12 rep (6R+6L), deadlift in RB 2x8 rep, deadlift in RB + rotation 2x 8 (5kg), HS in RB + rotation 2x10 (5kg), HS in RB + hip-extension 2x10, ankle-extension in VP 2x12 rep **Field training** COD training (10 min), ball possession games (2x4 min), small-side-games with GK (4x4 min), game 10 vs 10 in half pitch (20 min), defensive tactical actions (12 min)	Warm-up (20 min) Articular mobility and active stretching Pass exercises **Field Training** Ball possession game in numerical inferiority (2x4 min) Ball possession game with 2 jockers (10 min) Ball possession game in half pitch (3x10 min) Tactical exercises (12 min)	Warm-up (20 min) Articular mobility and active stretching Rondos Games with short sprints **Field training** 11 vs 0 exercises (8 min) Defensive and attack tactical exercises (15 min) Ball possession game in half pitch (15 min) Conditioned game 10 vs 10 in half pitch (30 min)	Warm-up (15 min) - Active stretching and articular mobility - Reaction games **Field training** Tactical training and set pieces (50 min)	Match	Off

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332.t001

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332.t001

Tabla 2. *Un ejemplo del programa de entrenamiento típico para una semana con 2 partidos durante el estudio (fase de progresión 2).*

Saturday	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
Match	Warm-up (15 min) Articular mobility and active stretching Aerobic training in bicycle or elliptic, foam roller **Strength training** *Lower-body, 10 exercises (~ 20 min)*: 1 leg leg-curl 1x12 rep (6R +6L), 1-leg hip-extension VP 1x16 rep (8R+8L), lunge in VP 1x16 rep (8R+8L), HS in Kbox 1x8 rep, 1-leg lateral-HS in Kbox 1x12 rep (6R+6L), deadlift in RB 1x8 rep, deadlift in RB + rotation 1x 8 (5kg), HS in RB + rotation 1x10 (5kg), HS in RB + hip-extension 1x10, ankle-extension in VP 1x12 rep Foam roller and posture Contrast water therapy *(only the players who played)* **Field training** Small-side-games with GK (4x4 min), high-intensity running interval training only for *players who didn`t play (6+6 min)*	Warm-up (20 min) Articular mobility and active stretching Rondos **Field training** 11 vs 0 exercises (8 min) Defensive and attack tactical exercises (10 min) Recovery session for *players who played* (Foam roller, posture, massage & contrast water therapy) Small-side-games with GK (3x4 min), high-intensity running interval training only for *players who didn`t play (6 min)*	Warm-up (15 min) - Active stretching and articular mobility - Reaction games **Field training** Tactical training and set pieces (50 min)	Match	Warm-up (15min) Articular mobility and active stretching Aerobic training in bicycle or elliptic, foam roller **Strength training** *Upper-body + Core, 10 exercises (~ 20 min)*: Push-up KINE 1x12, pull-up KINE 1x12 rep, push-up + side-plank-leg 1x10 rep (5 R +5L), side bridge + trunk rotation 1x10 rep (5R+5L), plank-leg-lift 1x20 s (10 s+10 s), side bridge + kicking 1x10 rep, prone bridge in fit ball 1x20 s, seated in fit ball 1x30 s, VP unilateral push 1x16 rep (8R +8L), VP unilateral pull 1x16 (8R+8L) Foam roller and posture Contrast water therapy *(only the players who played)* **Field training** Small-side-games with GK (3x4 min), high-intensity running interval training only for *players who didn`t play (6 min)*	Warm-up (10 min) Active stretching and articular mobility **Field training** Tactical training and set pieces (30 min)	Match

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332.t002

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332.t002

Análisis Estadístico

Los datos se presentan como media ± desviación estándar (SD). Todos los datos fueron primero transformados en logaritmo para reducir el sesgo que surge del error de no uniformidad. Las posibles diferencias o cambios dentro del jugador en las variables medidas por la DXA y los valores de las pruebas de rendimiento se analizaron para determinar la significación práctica utilizando inferencias basadas en la magnitud mediante la pre-selección de 0,2 SDs entre-sujetos como el efecto más pequeño que valía la pena [43]. Se calculó la diferencia estandarizada o tamaño del efecto (ES, 90% límite de confianza [90%CL]) en las variables seleccionadas. Los valores umbral para evaluar las magnitudes del ES (cambios como fracción o múltiplo de la desviación estándar del comienzo) fueron >0,20, 0,20, 0,60, 1,2 y 2,0 para valores triviales, pequeños, moderados, grandes y muy grandes, respectivamente [43]. Las probabilidades cuantitativas de cambios mayores o menores se evaluaron cualitativamente de la siguiente manera: <1%, casi seguro que no; 1-5%, muy improbable; 5-25%, improbable; 25-75%, posible; 75-95%, probable; 95-99%, muy probable; >99%, casi seguro [43]. Un efecto sustancial se fijó en >75% [44, 45]. El análisis de correlación producto-momento de Pearson también se utilizó para investigar la asociación entre todas las variables. Para interpretar la magnitud de la correlación (r) entre las diferentes medidas se adoptaron los siguientes criterios: ≤ 0,1, trivial; 0,1-0,3, pequeño; > 0,3-0,5, moderado; > 0,5-0,7, grande; > 0,7-0,9, muy grande; y > 0,9-1,0, casi perfecto. Si los límites de confianza del 90% se superponen a los valores positivos y negativos, la magnitud se considera poco clara; de lo contrario, se considera que esa magnitud es la magnitud observada.

RESULTADOS

Cambios en la Composición Corporal

Los cambios en la BC después del periodo competitivo se muestran en la Fig. 1. La FM y el porcentaje de grasa se redujeron sustancialmente al final de la temporada (ES = -0,42 ± 0,38 y ES = -0,99 ± 0,54, respectivamente) en comparación con el comienzo del período competitivo. La SM y la FFSTM fueron sustancialmente más altas después del período competitivo (ES = 0,25 ± 0,10 y ES = 0,25 ± 0,09, respectivamente). El análisis estadístico no mostró cambios en la BM.

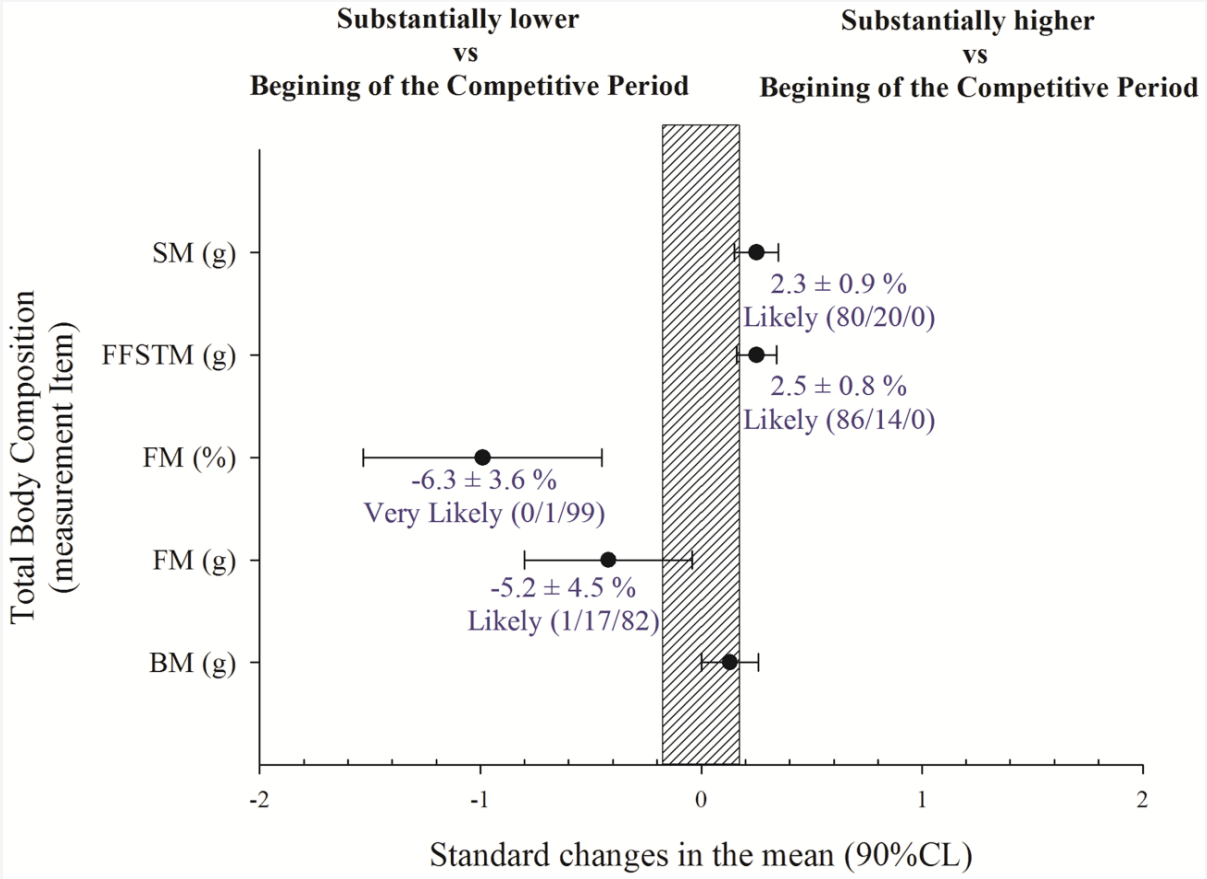


Figura 1. *Cambios después de un período de entrenamiento durante la temporada en la masa muscular esquelética (SM), la masa de tejido blando libre de grasa (FFSTM), la masa grasa (FM) y la masa corporal (BM).*

Las áreas triviales fueron el cambio más pequeño que valió la pena (ver Métodos).

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332.g001

Cambios en los Brazos

Los cambios en los brazos izquierdo y derecho después del periodo competitivo se muestran en la Tabla 3. Arms-Mass, arms-FFSTM y arms-BMC se incrementaron sustancialmente al final de la temporada. La BMD sólo aumentó en el brazo derecho después del período competitivo, mientras que sólo se observó una reducción sustancial en la arm-FM (%) en el brazo izquierdo.

Tabla 3. *Cambios en el brazo izquierdo y derecho después del periodo de competición.*

Variables	Beginning of the Competitive Period	End of the Season	Change in Mean (%)	Standardized differences (90% CL)	Qualitative assessment	
Left Arm Mass (g)	4513.5 ± 646.3	4806.1 ± 517.2	6.9 ± 5.0	0.42 ± 0.31	*Likely*	89/11/0
Left Arm Fat Mass (g)	695.5 ± 158.6	673.6 ± 140.0	-2.8 ± 10.1	-0.13 ± 0.41	Unclear	9/53/38
Left Arm Fat Mass (%)	15.3 ± 2.2	14.0 ± 2.3	-9.1 ± 8.0	-0.58 ± 0.48	*Likely*	1/8/91
Left Arm FFSTM (g)	3817.9 ± 530.4	4132.5 ± 436.7	8.6 ± 4.9	0.55 ± 0.31	*Very Likely*	97/3/0
Left Arm BMC (g)	200.4 ± 27.9	216.0 ± 17.7	7.9 ± 4.4	0.52 ± 0.28	*Very Likely*	97/3/0
Left Arm BMD ($g \cdot cm^{-2}$)	0.83 ± 0.06	0.83 ± 0.06	1.2 ± 1.7	0.16 ± 0.23	Unclear	39/60/1
Right Arm Mass (g)	4653.3 ± 439.3	4972.6 ± 504.1	6.7 ± 5.7	0.68 ± 0.54	*Likely*	93/6/1
Right Arm Fat Mass (g)	790.4 ± 119.7	852.1 ± 120.0	8.0 ± 9.7	0.48 ± 0.57	*Likely*	80/17/3
Right Arm Fat Mass (%)	17.0 ± 2.6	17.1 ± 1.7	1.2 ± 7.8	0.04 ± 0.48	Unclear	28/52/20
Right Arm FFSTM (g)	3862.9 ± 408.9	4120.6 ± 427.4	6.6 ± 6.0	0.59 ± 0.51	*Likely*	90/9/1
Right Arm BMC (g)	203.2 ± 27.3	215.1 ± 28.6	5.9 ± 3.4	0.41 ± 0.23	*Likely*	93/7/0
Right Arm BMD ($g \cdot cm^{-2}$)	0.83 ± 0.05	0.85 ± 0.06	2.0 ± 1.3	0.32 ± 0.20	*Likely*	85/15/0

NOTE: FFSTM = Fat Free Soft Tissue Mass; BMC = Bone Mineral Content; BMD = Bone Mineral Density; CL = Confidence Limits.

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332.t003

Los datos son media ± SD.

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332.t003

Cambios en las Piernas

Los cambios en las piernas izquierda y derecha después del periodo competitivo se muestran en la Tabla 4. La legs-FM (%) se redujo sustancialmente al final de la temporada, mientras que no hubo cambios en legs-Mass y legs-FFSTM. El leg-BMC y la leg-BMD de pierna se incrementaron sustancialmente en la pierna derecha, mientras que se observó un posible aumento en la pierna izquierda.

Tabla 4. *Cambios en las piernas izquierda y derecha después del periodo de competición.*

Variables	Beginning of the Competitive Period	End of the Season	Change in Mean (%)	Standardized differences (90% CL)	Qualitative assessment	
Left Leg Mass (g)	13154.6 ± 1267.1	13126.7 ± 1464.7	-0.4 ± 1.9	-0.02 ± 0.18	Unclear	2/93/5
Left Leg Fat Mass (g)	2219.1 ± 395.5	2104.8 ± 460.3	-5.9 ± 8.0	-0.27 ± 0.40	*Possibly*	3/35/62
Left Leg Fat Mass (%)	16.8 ± 2.0	15.9 ± 2.2	-5.5 ± 7.3	-0.41 ± 0.49	*Likely*	2/20/77
Left Leg FFSTM (g)	10935.9 ± 1010.2	11018.9 ± 1093.7	0.7 ± 1.9	0.08 ± 0.19	Unclear	13/85/1
Left Leg BMC (g)	609.5 ± 69.4	627.0 ± 77.9	2.7 ± 2.1	0.23 ± 0.17	*Possibly*	63/37/0
Left Leg BMD ($g \cdot cm^{-2}$)	1.38 ± 0.08	1.41 ± 0.08	1.5 ± 1.7	0.24 ± 0.27	*Possibly*	60/39/1
Right Leg Mass (g)	13784.1 ± 1343.0	13681.9 ± 1477.2	-0.8 ± 2.5	-0.07 ± 0.24	Unclear	3/79/17
Right Leg Fat Mass (g)	2533.2 ± 399.4	2392.6 ± 453.6	-6.0 ± 8.6	-0.33 ± 0.49	*Possibly*	4/29/68
Right Leg Fat Mass (%)	18.3 ± 1.8	17.4 ± 2.0	-5.2 ± 6.4	-0.48 ± 0.58	*Likely*	3/17/80
Right Leg FFSTM (g)	11250.9 ± 1043.0	11289.3 ± 1119.7	0.3 ± 1.7	0.03 ± 0.17	Unclear	5/93/1
Right Leg BMC (g)	598.5 ± 74.6	622.5 ± 76.0	4.0 ± 2.3	0.30 ± 0.18	*Likely*	83/17/0
Right Leg BMD ($g \cdot cm^{-2}$)	1.36 ± 0.08	1.40 ± 0.09	3.0 ± 1.5	0.47 ± 0.24	*Very Likely*	97/3/0

NOTE: FFSTM = Fat Free Soft Tissue Mass; BMC = Bone Mineral Content; BMD = Bone Mineral Density; CL = Confidence Limits.

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332.t004

Los datos son media ± SD.

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332.t004

Cambios en el tronco, la pelvis, la columna vertebral y las costillas

Los cambios en el tronco, la pelvis, la columna vertebral y las costillas después del período competitivo se muestran en la Tabla 5. La trunk-FM (%) se redujo sustancialmente al final de la temporada, mientras que se observó un aumento sustancial en la trunk-FFSTM, el trunk-BMC y la trunk-BMD. El BMC y la BMD se incrementaron en la pelvis y en la columna torácica, mientras que en la columna lumbar y las costillas no hubo cambios.

Tabla 5. *Cambios en el tronco, pelvis, columna torácica, columna lumbar y costillas después de los períodos de competición.*

Variables	Beginning of the Competitive Period	End of the Season	Change in Mean (%)	Standardized differences (90% CL)	Qualitative assessment	
Trunk Mass (g)	31168.9 ± 3110.3	31695.9 ± 3397.5	1.6 ± 2.3	0.16 ± 0.21	Unclear	36/63/1
Trunk Fat Mass (g)	4798.5 ± 451.7	4447.2 ± 579.2	-7.7 ± 5.1	-0.72 ± 0.48	*Very Likely*	0/3/96
Trunk Fat Mass (%)	15.4 ± 1.0	14.0 ± 1.0	-9.1 ± 3.8	-0.48 ± 0.58	*Almost Certainly*	0/0/100
Trunk FFSTM (g)	26370.4 ± 2744.0	27247.8 ± 2920.7	3.3 ± 2.1	0.30 ± 0.19	*Likely*	81/19/0
Pelvis BMC (g)	435.7 ± 81.7	463.6 ± 95.9	6.1 ± 2.5	0.32 ± 0.15	*Likely*	91/9/0
Pelvis BMD ($g \cdot cm^{-2}$)	1.54 ± 0.21	1.60 ± 0.21	3.8 ± 1.4	0.27 ± 0.11	*Likely*	87/13/0
Thoracic Spine BMC (g)	97.5 ± 18.0	106.6 ± 20.7	9.1 ± 11.5	0.47 ± 0.57	*Likely*	79/18/3
Thoracic Spine BMD (g)	0.83 ± 0.11	0.88 ± 0.14	5.7 ± 3.9	0.42 ± 0.31	*Likely*	88/12/0
Lumbar Spine BMC (g)	82.9 ± 25.7	80.9 ± 13.8	0.0 ± 8.8	-0.07 ± 0.32	Unclear	8/68/25
Lumbar Spine BMD ($g \cdot cm^{-2}$)	1.22 ± 0.19	1.23 ± 0.22	1.0 ± 3.6	0.07 ± 0.24	Unclear	18/78/3
Left Rib BMC (g)	91.5 ± 23.2	88.0 ± 10.6	-1.9 ± 12.5	-0.14 ± 0.46	Unclear	11/48/42
Left Rib BMD (g)	0.69 ± 0.07	0.67 ± 0.05	-1.6 ± 3.1	-0.16 ± 0.26	Unclear	2/58/40
Right Rib BMC (g)	90.2 ± 19.3	86.2 ± 16.7	-3.9 ± 12.7	-0.19 ± 0.53	Unclear	11/40/49
Right Rib BMD ($g \cdot cm^{-2}$)	0.67 ± 0.07	0.67 ± 0.08	0.1 ± 6.0	0.02 ± 0.53	Unclear	28/49/24

NOTE: FFSTM = Fat Free Soft Tissue Mass; BMC = Bone Mineral Content; BMD = Bone Mineral Density; CL = Confidence Limits.

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332.t005

Los datos son media ± SD.

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332.t005

Cambios en las pruebas de rendimiento

Los resultados de las pruebas de rendimiento se muestran en la Fig. 2. Los tiempos de sprint se redujeron sustancialmente después de la temporada (ES de -0,33 a -0,44). La potencia bilateral y unilateral fue sustancialmente superior con 30 y 40 kg al final de la temporada en comparación con la prueba inicial (ES de 0,45 a 1,73).

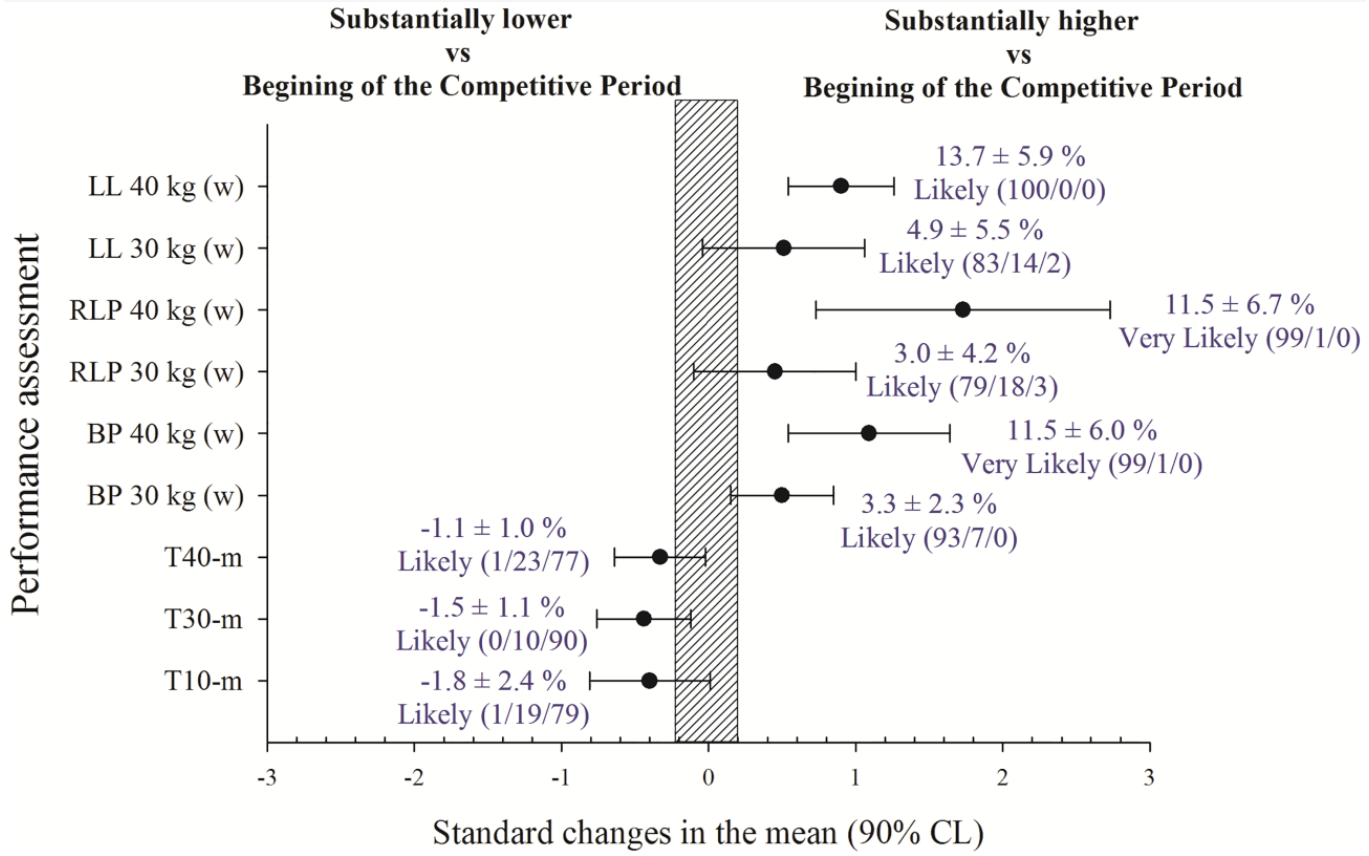


Figura 2. *Cambios después de un período de entrenamiento en la potencia propulsiva media con pierna izquierda 40 kg (LL 40 kg), la potencia propulsiva media con pierna izquierda 30 kg (LL 30 kg), la potencia propulsiva media con pierna derecha 40 kg (RLP 40 kg), la potencia propulsiva media con pierna derecha 30 kg (RLP 30 kg), la potencia propulsiva media con ambas piernas 40 kg (BP 40 kg), la potencia propulsiva media con ambas piernas 30 kg (BP 30 kg), tiempo de sprint de 40 m (T40 m), tiempo de sprint de 30 m (T30 m) y tiempo de sprint de 10 m (T10 m).*

Las áreas triviales fueron el cambio más pequeño que valió la pena (ver Métodos).

https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332.g002

Relaciones entre los diferentes parámetros evaluados

Cuando se combinaron los datos, la potencia de salida relativa bilateral con 30 kg de los jugadores se correlacionó en gran medida con los tiempos de sprint (de r = -0,50 en T10-m a r = -0,58 en T40 m), mientras que con 40 kg se correlacionó moderadamente (de r = -0,32 en T10-m a r = -0,45 en T40-m) con los tiempos de sprint. La potencia relativa unilateral izquierda fue grande y muy grande y se correlacionó con los tiempos de sprint (de r = -0,68 en T10-m a r = -0,76 en T40-m con 30 kg, y de r = -0,61 en T10-m a r = -0,67 en T40-m con 40 kg, respectivamente). La potencia relativa unilateral derecha fue moderada y grande y se correlacionó con los tiempos de sprint (de r = -0,55 en T10-m a r = -0,57 en T40-m con 30 kg, y de r = -0,42 en T40-m a r = -0,55 en T10-m con 40 kg, respectivamente). No hubo relaciones claras entre las variables medidas por la DXA y las pruebas de rendimiento.

Relaciones individuales entre los cambios en la composición corporal y el rendimiento

No hubo relaciones claras entre los cambios medidos con la DXA en la BC y los cambios en la potencia de la HS o en el sprint lineal. Los cambios de potencia relativa unilateral izquierda fueron grandes y muy grandes y se correlacionaron con mejoras en T10-m (r = -0,66 (-0,87; -0,23)), T20-m (r = -0,85 (-0,95; -0,61)), T30-m (r = -0,92 (-0,97; -0,78)) y T40-m (r = -0,88 (-0,96; -0,68)).

Discusión

El presente estudio analizó los efectos del entrenamiento combinado de fútbol y sobrecarga excéntrica sobre la BC, la potencia y el rendimiento de sprint en jugadores de fútbol masculino de élite. Los principales hallazgos del estudio fueron:

a) la masa grasa de todo el cuerpo (total y %) disminuyó sustancialmente mientras que la masa magra aumentó durante la temporada de competición; b) la masa grasa de brazos, tronco y piernas disminuyó, la masa muscular magra de brazos y tronco aumentó mientras que la masa magra de piernas se mantuvo durante la temporada de competición; c) el rendimiento de sprint y la potencia de salida de la HS mejoraron sustancialmente, especialmente con la carga más alta (40 kg); d) los cambios de la BC no se relacionaron con los cambios en el rendimiento (ni con la potencia de salida de la HS ni con los cambios de sprint).

La BC en los jugadores de fútbol es probable que cambie durante el curso de la temporada de competición como resultado del entrenamiento, la competición y/o la dieta [46]. En el grupo de futbolistas investigados en el presente estudio, las mediciones derivadas de la DXA mostraron una reducción de %FM de todo el cuerpo en términos absolutos (-5,2%) y relativos (-6,3%) durante el periodo competitivo. La FM relativa (%) a nivel regional (brazos, piernas y tronco) también disminuyó sustancialmente al final de la temporada, y las reducciones de la FM se distribuyeron de manera similar en el tronco, la parte superior y la parte inferior del cuerpo. Las reducciones en la FM, evaluadas por la DXA, también fueron encontradas por Milanese et al. [33] en jugadores profesionales de élite (Calcio Serie A) entre la pre-temporada versus la temporada, mientras que dentro de la temporada se informó un aumento en la FM de las extremidades inferiores y del tronco. Carling & Orhant [47] encontraron resultados similares en un estudio con jugadores de fútbol profesionales de élite de la Liga 1 de Francia, aunque en este caso utilizando mediciones de pliegues cutáneos. Los resultados de ese estudio [47] mostraron que la FM de todo el cuerpo (%) disminuyó después del entrenamiento de pre-temporada, pero no cambió entre el final de la pre-temporada y la mitad de la temporada, mientras que se encontró un aumento significativo de la FM (%) al final de la temporada, siendo el valor final similar al valor de pre-temporada. Estos autores sugieren que este hallazgo puede explicarse por la disminución de la intensidad del entrenamiento hacia el final de la temporada [33]. Esto fue contrario a nuestras conclusiones en el presente estudio. Aunque especulativo, el programa de sobrecarga excéntrica propuesto para complementar el entrenamiento de fútbol podría haber influido en los resultados del presente estudio, junto con la alta intensidad de los entrenamientos hasta el final de la temporada de competiciones [48-50], ya que el equipo estuvo luchando hasta los últimos partidos para ganar la liga nacional.

Los datos de cuerpo entero mostraron aumentos sustanciales en la SM (2,3%) y la FFSTM (2,5%) durante el período competitivo. Contrariamente a nuestros resultados, usando también la DXA, se han informado aumentos en la FFSTM con jugadores de fútbol profesional de élite tanto a mediados como al final de la temporada en comparación con la pre-temporada, mientras que no se encontraron cambios dentro del período competitivo [33]. De manera similar, Carling & Orhant [47], utilizando mediciones de pliegues cutáneos, no informaron cambios en la FFSTM durante el período de la temporada. Estas diferencias entre los estudios anteriores [33, 47] y los hallazgos actuales podrían estar relacionadas con los diferentes estímulos globales de entrenamiento (fútbol + contenidos adicionales) y/o la edad de los jugadores. Cuando la FFSTM se evaluó por segmentos corporales, se detectaron aumentos en las regiones de los brazos y del tronco, mientras que la FFSTM de los miembros inferiores permaneció sin cambios. Resultados similares fueron mostrados por Milanese et al. [33] tanto a mediados como al final de la temporada, pero en comparación con la pre-temporada. El aumento sustancial de la FFSTM en la parte superior del cuerpo (brazos + tronco) encontrado en el presente trabajo causado por el entrenamiento neuromuscular de CORE y de la parte superior del cuerpo es un hallazgo interesante, ya que los programas de entrenamiento neuromuscular preventivo con entrenamiento de control proximal y de fuerza demostraron los mayores efectos profilácticos sobre la reducción del riesgo de lesión del LCA [51], y estudios recientes identificaron una relación entre el control del segmento proximal y la lesión de la articulación de la rodilla [52, 53]. Además, los jugadores que sufrieron lesiones ligamentosas graves de rodilla demostraron mayores déficits en el control neuromuscular del tronco [52]. Por lo tanto, la fuerza y el control de la parte superior del cuerpo y del core pueden considerarse una cualidad importante en el fútbol profesional, ya que forman parte integrante de un programa eficaz de prevención de lesiones [54, 55]. Además, la fuerza y el control de la parte superior del cuerpo y del core pueden afectar al rendimiento al facilitar habilidades como la velocidad, el salto, la agilidad o el cambio de dirección, teniendo un gran impacto en todo tipo de enfrentamientos y acciones de contacto durante el partido. El hecho de que la FFSTM de las extremidades inferiores permaneciera invariable durante el periodo competitivo parece sugerir una posible incompatibilidad entre la pesada carga metabólica y muscular casi diaria impuesta por el entrenamiento y la competición de fútbol y el entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica propuesto. Sin embargo, el mantenimiento de la masa magra de las extremidades inferiores y la mejora simultánea de la potencia de salida del tren inferior y del rendimiento del sprint observados sugiere la idoneidad de la combinación actual de métodos de entrenamiento de fútbol y de fuerza, lo que promueve las adaptaciones de los músculos esqueléticos en términos de fuerza y potencia, como en estudios anteriores [56], pero sin cambios de tamaño en nuestro caso. Los estudios futuros deben investigar la compatibilidad de los diferentes paradigmas de entrenamiento de fuerza con el entrenamiento de fútbol.

Los cambios en el BMC y/o la BMD durante una temporada de competición han sido mostrados en diferentes deportes [57, 58]. Varias investigaciones han demostrado que la práctica de fútbol está asociada con un aumento del BMC y/o la BMD en comparación con los controles físicamente activos [29, 32], pero sólo Milanese et al. [33] investigaron cambios en las características óseas a lo largo de la temporada de competición en jugadores de fútbol profesionales. Demostraron que el BMC y la BMD regionales generalmente disminuyen de la pre-temporada a la mitad de la temporada, y aumentan por

encima del punto de partida al final de la temporada (excepto las extremidades inferiores). En contraste, nuestros resultados mostraron que en todos los niveles regionales (brazos, piernas, pelvis y columna torácica), el BMC y la BMD aumentaron al final de la temporada en comparación con el inicio del período competitivo. Estos datos sugieren que la exposición a nuestro actual entrenamiento de fuerza, entrenamiento de fútbol y actividad competitiva fue beneficiosa para la fuerza y remodelación ósea durante una temporada competitiva. En general, a pesar del impacto positivo que los estímulos globales de entrenamiento propuestos en el presente estudio tuvieron en la BC, no se encontraron asociaciones significativas entre los cambios en la BC y en la potencia de salida en la HS y el rendimiento del sprint. Estos resultados sugieren que la BC y el rendimiento físico deben ser considerados como diferentes factores de "fitness" en el fútbol.

La potencia de salida durante los ejercicios probados en el estudio actual (es decir, sentadilla media bilateral y unilateral) mejoró sustancialmente durante el período competitivo. La magnitud de los cambios (ES = 0,45-0,50) en la potencia de salida con la carga más baja (es decir, 30 kg) fue similar al tamaño del efecto (ES = 0,42) previamente informado en un meta-análisis [59]. Sin embargo, los cambios observados con la carga más alta (es decir, 40 kg) (ES = 0,90 a 1,73) fueron sustancialmente mayores. Estos resultados están dentro del rango de las mejoras en la 1RM de media sentadilla (ES = 1,34) y potencia media concéntrica en media sentadilla (ES = 1,41) informadas recientemente en jugadores de handball después de sólo 7 semanas de entrenamiento con sobrecarga excéntrica [60]. Por lo tanto, parece que el entrenamiento con sobrecarga excéntrica tiene la capacidad de mejorar la fuerza y la potencia de salida de cargas elevadas. Aunque no se puede hacer una comparación directa de la 1RM con los datos actuales, considerando la linealidad entre las mejoras en la potencia media concéntrica y la 1RM [61, 62], se puede especular que el entrenamiento con sobrecarga excéntrica podría tener la capacidad de mejorar la fuerza y la potencia de salida de cargas elevadas. Además de la potencia de salida de la HS, también se mejoró el rendimiento del sprint lineal (ES = 0,30 a 0,42). Colectivamente, estos resultados están dentro del rango de los encontrados después de diferentes programas de entrenamiento con sobrecarga excéntrica a corto plazo en diferentes jugadores de deportes de equipo (ES = 0,10 a 0,95) [11-14, 21, 60]. Por lo tanto, parece que el entrenamiento con sobrecarga excéntrica, independientemente de la combinación de ejercicios, puede utilizarse para optimizar el sprint lineal con los jugadores de fútbol.

Este trabajo tiene algunas limitaciones que deben ser reconocidas. En primer lugar, hemos evaluado a jugadores profesionales de un club profesional de élite durante una temporada competitiva completa, y esta muestra representativa no nos ha permitido tener un grupo de control. Segundo, la influencia determinante de la dieta en la BC no fue controlada exhaustivamente durante toda la temporada. Sería interesante que las próximas investigaciones tuvieran un control total sobre estas variables.

En conclusión, un programa de entrenamiento de fuerza de 2 días por semana complementario a las sesiones de entrenamiento de fútbol en futbolistas profesionales de élite puede inducir una reducción de la FM, un aumento de la FFSTM, el BMC y la BMD tanto a nivel absoluto como regional de todo el cuerpo a lo largo de la temporada de competición. Además, el programa de entrenamiento de fuerza dos veces por semana también ayudará a mejorar la potencia y el rendimiento de sprint de los jugadores de fútbol de élite. Aunque estos resultados deben ser considerados aún no concluyentes, podrían ser información importante para los entrenadores, especialmente durante la prescripción del entrenamiento y el control del rendimiento físico en futbolistas de élite.

REFERENCIAS

1. Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Calderon Montero FJ, Bachl N, Pigozzi F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med. 2007;28(3):222–7. Epub 2006/10/07. pmid:17024626.*
2. Reilly T, Bangsbo J, Franks A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci. 2000;18(9):669–83. Epub 2000/10/24. pmid:11043893.*
3. Castagna C, D'Ottavio S, Abt G. (2003). Activity profile of young soccer players during actual match play. *J Strength Cond Res. 2003;17(4):775–80. pmid:14636107.*
4. Bush M, Barnes C, Archer DT, Hogg B, Bradley PS. (2015). Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Hum Mov Sci. 2015;39:1–11. pmid:25461429.*
5. Hoff J, Helgerud J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med. 2004;34(3):165–80. pmid:14987126.*
6. Silva JR, Nassis GP, Rebelo A. (2015). Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports medicine—open. 2015;1(1):17. pmid:26284158*
7. Kotzamanidis C, Chatzopoulos D, Michailidis C, Papaiakovou G, Patikas D. (2005). The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *J Strength Cond Res. 2005;19(2):369–75. Epub 2005/05/21. pmid:15903377.*
8. Saez de Villarreal E, Suarez-Arrones L, Requena B, Haff GG, Ferrete C. (2015). Effects of Plyometric and Sprint Training on

Physical and Technical Skill Performance in Adolescent Soccer Players. *J Strength Cond Res. 2015. Epub 2015/01/31. pmid:25635606.*
9. Brito J, Vasconcellos F, Oliveira J, Krustrup P, Rebelo A. (2014). Short-term performance effects of three different low-volume strength-training programmes in college male soccer players. *J Hum Kinet. 2014;40:121–8. pmid:25031680*
10. Faude O, Roth R, Di Giovine D, Zahner L, Donath L. (2013). Combined strength and power training in high-level amateur football during the competitive season: a randomised-controlled trial. *J Sports Sci. 2013;31(13):1460–7. pmid:23768214.*
11. Gonzalo-Skok O, Tous-Fajardo J, Valero-Campo C, Berzosa C, Bataller AV, Arjol-Serrano JL, et al. (2017). Eccentric-Overload Training in Team-Sport Functional Performance: Constant Bilateral Vertical Versus Variable Unilateral Multidirectional Movements. *Int J Sports Physiol Perform. 2017;12(7):951–8. pmid:27967273.*
12. de Hoyo M, Sanudo B, Carrasco L, Mateo-Cortes J, Dominguez-Cobo S, Fernandes O, et al. (2016). Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *J Sports Sci. 2016;34(14):1380–7. pmid:26963941.*
13. de Hoyo M, Pozzo M, Sanudo B, Carrasco L, Gonzalo-Skok O, Dominguez-Cobo S, et al. (2014). Effects of a 10-week In-Season Eccentric Overload Training Program on Muscle Injury Prevention and Performance in Junior Elite Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform. 2014. Epub 2014/06/10. pmid:24910951.*
14. Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports. 2003;13(4):244–50. Epub 2003/07/16. pmid:12859607.*
15. Norrbrand L, Pozzo M, Tesch PA. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *Eur J Appl Physiol. 2010;110(5):997–1005. pmid:20676897.*
16. Young WB. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *Int J Sports Physiol Perform. 2006;1(2):74–83. pmid:19114741.*
17. Nunez FJ, Suarez-Arrones LJ, Cater P, Mendez-Villanueva A. (2016). The High Pull Exercise: A Comparison Between a Versapulley Flywheel Device and the Free Weight. *Int J Sports Physiol Perform. 2016:1–21. pmid:27705034.*
18. Friedmann B, Kinscherf R, Vorwald S, Muller H, Kucera K, Borisch S, et al. (2004). Muscular adaptations to computer-guided strength training with eccentric overload. *Acta Physiol Scand. 2004;182(1):77–88. Epub 2004/08/27. pmid:15329060.*
19. Friedmann-Bette B, Bauer T, Kinscherf R, Vorwald S, Klute K, Bischoff D, et al. (2010). Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. *Eur J Appl Physiol. 2010;108(4):821–36. Epub 2009/11/26. pmid:19937450.*
20. de Hoyo M, de la Torre A, Pradas F, Sanudo B, Carrasco L, Mateo-Cortes J, et al. (2015). Effects of eccentric overload bout on change of direction and performance in soccer players. *Int J Sports Med. 2015;36(4):308–14. pmid:25525954.*
21. Tous-Fajardo J, Gonzalo-Skok O, Arjol-Serrano JL, Tesch P. (2016). Enhancing Change-of-Direction Speed in Soccer Players by Functional Inertial Eccentric Overload and Vibration Training. *Int J Sports Physiol Perform. 2016;11(1):66–73. pmid:25942419.*
22. Nunez FJ, Santalla A, Carrasquila I, Asian JA, Reina JI, Suarez-Arrones LJ. (2018). The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLoS One. 2018;13(3):e0193841. pmid:29590139.*
23. Suarez-Arrones L, Petri C, Maldonado RA, Torreno N, Munguía-Izquierdo D, Di Salvo V, et al. (2018). Body fat assessment in elite soccer players: cross-validation of different field methods. *Science and Medicine in Football. 2018:1–6.*
24. Bilsborough JC, Greenway K, Opar D, Livingstone S, Cordy J, Coutts AJ. (2014). The accuracy and precision of DXA for assessing body composition in team sport athletes. *J Sports Sci. 2014;32(19):1821–8. pmid:24914773.*
25. Bilsborough JC, Kempton T, Greenway K, Cordy J, Coutts AJ. (2016). Longitudinal Changes and Seasonal Variation in Body Composition in Professional Australian Football Players. *Int J Sports Physiol Perform. 2016:1–21. pmid:27002304.*
26. Kraemer WJ, French DN, Paxton NJ, Hakkinen K, Volek JS, Sebastianelli WJ, et al. (2004). Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a big ten soccer season in starters and nonstarters. *J Strength Cond Res. 2004;18(1):121–8. pmid:14971972.*
27. Rico-Sanz J. (1998). Body composition and nutritional assessments in soccer. *Int J Sport Nutr. 1998;8(2):113–23. pmid:9637191.*
28. Gabbett TJ. (2005). Science of rugby league football: a review. *J Sports Sci. 2005;23(9):961–76. Epub 2005/10/01. pmid:16195048.*
29. Fredericson M, Chew K, Ngo J, Cleek T, Kiratli J, Cobb K. (2007). Regional bone mineral density in male athletes: a comparison of soccer players, runners and controls. *Br J Sports Med. 2007;41(10):664–8; discussion 8. pmid:17473003*
30. Silvestre R, Kraemer WJ, West C, Judelson DA, Spiering BA, Vingren JL, et al. (2006). Body composition and physical performance during a National Collegiate Athletic Association Division I men's soccer season. *J Strength Cond Res. 2006;20(4):962–70. pmid:17149986.*
31. Sutton L, Scott M, Wallace J, Reilly T. (2009). Body composition of English Premier League soccer players: influence of playing position, international status, and ethnicity. *J Sports Sci. 2009;27(10):1019–26. pmid:19847685.*
32. Wittich A, Oliveri MB, Rotemberg E, Mautalen C. (2001). Body composition of professional football (soccer) players determined by dual X-ray absorptiometry. *Journal of clinical densitometry: the official journal of the International Society for Clinical Densitometry. 2001;4(1):51–5. pmid:11393146.*
33. Milanese C, Cavedon V, Corradini G, De Vita F, Zancanaro C. (2015). Seasonal DXA-measured body composition changes in professional male soccer players. *J Sports Sci. 2015;33(12):1219–28. Epub 2015/03/17. pmid:25773172.*
34. Milsom J, Naughton R, O'Boyle A, Iqbal Z, Morgans R, Drust B, et al. (2015). Body composition assessment of English Premier League soccer players: a comparative DXA analysis of first team, U21 and U18 squads. *J Sports Sci. 2015;33(17):1799–806. pmid:25686107.*
35. Nana A, Slater GJ, Hopkins WG, Halson SL, Martin DT, West NP, et al. (2016). Importance of Standardized DXA Protocol for Assessing Physique Changes in Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2016;26(3):259–67. pmid:24458265.*
36. Rodriguez-Sanchez N, Galloway SD. (2015). Errors in dual energy x-ray absorptiometry estimation of body composition induced by hypohydration. *Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2015;25(1):60–8. pmid:25029477.*

37. Kim J, Heshka S, Gallagher D, Kotler DP, Mayer L, Albu J, et al. Intermuscular adipose tissue-free skeletal muscle mass: estimation by dual-energy X-ray absorptiometry in adults. J Appl Physiol (1985). 2004;97(2):655–60. *pmid:15090482.*
38. Kim J, Shen W, Gallagher D, Jones A Jr., Wang Z, Wang J, et al. (2006). Total-body skeletal muscle mass: estimation by dual-energy X-ray absorptiometry in children and adolescents. *Am J Clin Nutr. 2006;84(5):1014–20. pmid:17093152*
39. Buchheit M, Simpson BM, Peltola E, Mendez-Villanueva A. (2012). Assessing maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *Int J Sports Physiol Perform. 2012;7(1):76–8. Epub 2011/10/18. pmid:22001861.*
40. Bardella P, Carrasquilla Garcia I, Pozzo M, Tous-Fajardo J, Saez de Villareal E, Suarez-Arrones L. (2016). Optimal sampling frequency in recording of resistance training exercises. *Sports Biomech. 2016:1–13. pmid:27414395.*
41. Cormie P, McBride JM, McCaulley GO. (2007). Validation of power measurement techniques in dynamic lower body resistance exercises. *J Appl Biomech. 2007;23(2):103–18. Epub 2007/07/03. pmid:17603130.*
42. Suarez-Arrones L, Tous-Fajardo J, Nunez J, Gonzalo-Skok O, Galvez J, Mendez-Villanueva A. (2014). Concurrent repeated-sprint and resistance training with superimposed vibrations in rugby players. *Int J Sports Physiol Perform. 2014;9(4):667–73. pmid:24231555.*
43. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise. 2009;41(1):3–13. Epub 2008/12/19. pmid:19092709.*
44. Suarez-Arrones L, Arenas C, Lopez G, Requena B, Terrill O, Mendez-Villanueva A. (2014). Positional differences in match running performance and physical collisions in men rugby sevens. *Int J Sports Physiol Perform. 2014;9(2):316–23. pmid:23881362.*
45. Suarez-Arrones L, Nunez J, Saez de Villareal E, Galvez J, Suarez-Sanchez G, Munguia-Izquierdo D. (2015). Repeated-High Intensity Running Activity and Internal Training Load of Elite Rugby Sevens Players During International Matches: A Comparison Between Halves. *Int J Sports Physiol Perform. 2015. pmid:26360293.*
46. Iga J, Scott M, George K, Drust B. (2014). Seasonal changes in multiple indices of body composition in professional football players. *Int J Sports Med. 2014;35(12):994–8. pmid:24816888.*
47. Carling C, Orhant E. (2010). Variation in body composition in professional soccer players: interseasonal and intraseasonal changes and the effects of exposure time and player position. *J Strength Cond Res. 2010;24(5):1332–9. pmid:20393356.*
48. Iaia FM, Rampinini E, Bangsbo J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform. 2009;4(3):291–306. pmid:19953818.*
49. Cvetkovic N, Stojanovic E, Stojiljkovic N, Nikolic D, Scanlan AT, Milanovic Z. (2018). Exercise training in overweight and obese children: Recreational football and high-intensity interval training provide similar benefits to physical fitness. *Scand J Med Sci Sports. 2018. pmid:29979479.*
50. Lee MG, Park KS, Kim DU, Choi SM, Kim HJ. (2012). Effects of high-intensity exercise training on body composition, abdominal fat loss, and cardiorespiratory fitness in middle-aged Korean females. *Appl Physiol Nutr Metab. 2012;37(6):1019–27. pmid:22891799.*
51. Sugimoto D, Myer GD, Foss KD, Hewett TE. (2015). Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: meta-analysis and subgroup analysis. *Br J Sports Med. 2015;49(5):282–9. Epub 2014/12/03. pmid:25452612.*
52. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. (2007). Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiologic study. *Am J Sports Med. 2007;35(7):1123–30. pmid:17468378.*
53. Hewett TE, Torg JS, Boden BP. (2009). Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *Br J Sports Med. 2009;43(6):417–22. pmid:19372088*
54. Owen AL, Wong del P, Dellal A, Paul DJ, Orhant E, Collie S. (2013). Effect of an injury prevention program on muscle injuries in elite professional soccer. *J Strength Cond Res. 2013;27(12):3275–85. Epub 2013/03/26. pmid:23524368.*
55. Melegati G, Tornese D, Gevi M, Trabattoni A, Pozzi G, Schonhuber H, et al. (2013). Reducing muscle injuries and reinjuries in one italian professional male soccer team. *Muscles Ligaments Tendons J. 2013;3(4):324–30. Epub 2014/03/07. pmid:24596697*
56. Maroto-Izquierdo S, Garcia-Lopez D, Fernandez-Gonzalo R, Moreira OC, Gonzalez-Gallego J, de Paz JA. (2017). Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport. 2017;20(10):943–51. pmid:28385560.*
57. Barry DW, Kohrt WM. (2008). BMD decreases over the course of a year in competitive male cyclists. *J Bone Miner Res. 2008;23(4):484–91. pmid:18072875.*
58. Harley JA, Hind K, O'Hara J P. (2011). Three-compartment body composition changes in elite rugby league players during a super league season, measured by dual-energy X-ray absorptiometry. *J Strength Cond Res. 2011;25(4):1024–9. pmid:20651606.*
59. McMaster DT, Gill N, Cronin J, McGuigan M. (2013). The development, retention and decay rates of strength and power in elite rugby union, rugby league and American football: a systematic review. *Sports Med. 2013;43(5):367–84. pmid:23529287.*
60. Sabido R, Hernandez-Davo JL, Botella J, Navarro A, Tous-Fajardo J. (2017). Effects of adding a weekly eccentric-overload training session on strength and athletic performance in team-handball players. *Eur J Sport Sci. 2017;17(5):530–8. pmid:28152673.*
61. Gonzalez-Badillo JJ, Sanchez-Medina L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine. 2010;31(5):347–52. Epub 2010/02/25. pmid:20180176.*
62. Sanchez-Medina L, Gonzalez-Badillo JJ, Perez CE, Pallares JG. (2014). Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs. *bench press exercises. Int J Sports Med. 2014;35(3):209–16. pmid:23900903.*

Cita Original

Suarez-Arrones L , Saez de Villarreal E , Núñez FJ , Di Salvo V , Petri C , Buccolini A , Maldonado RA , Torreno N , Mendez-Villanueva A (2018) In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. PLoS ONE 13(10): e0205332. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332