

Monograph

Efectos del Entrenamiento de Sobrecarga sobre las Capacidades Físicas de Futbolistas Adolescentes

I. Smilios¹, Savva P Tokmakidis¹, Marios Christou^{1,2}, Konstantinos Sotiropoulos¹, Konstantinos Volaklis¹ y Theofilos Piliandis¹

¹*Department of Physical Education and Sports Science, Democritus University of Thrace, Komotini, 69100 Grecia.*

RESUMEN

Este estudio examinó los efectos de un programa de entrenamiento progresivo de sobrecarga en adición a un programa de entrenamiento de fútbol sobre las capacidades físicas de adolescentes varones. Dieciocho jugadores de fútbol (edad: 12-15 años) fueron separados en dos grupos, el grupo entrenamiento de fútbol (SOC; n=9) y el grupo entrenamiento de fuerza y fútbol (STR; n=9) y 8 sujetos de edad similar constituyeron el grupo control. Todos los jugadores realizaron un programa de entrenamiento de fútbol de 5 sesiones semanales para el desarrollo de las destrezas técnicas y tácticas. Además, el grupo STR realizó un programa de entrenamiento de la fuerza de dos sesiones semanales durante 16 semanas. El programa incluyó 10 ejercicios, y en cada ejercicio se realizaron 2-3 series de 8-15 repeticiones con una carga del 55-80% de 1 repetición máxima (1RM). Al comienzo, luego de 8 semanas y al final del período de entrenamiento se llevaron a cabo mediciones de fuerza máxima ([1RM] prensa de piernas, press de banca), capacidad de salto (salto desde sentadilla [SJ], salto con contramovimiento [CMJ], saltos repetidos durante 30 segundos) velocidad de carrera (30 m, 10 × 5 ir y volver), flexibilidad (*sit and reach*) y técnica deportiva. Luego de 16 semanas de entrenamiento, la fuerza en 1RM en el ejercicio de prensa de piernas, la velocidad de carrera en el test de 10 × 5 ir y volver y el rendimiento en las técnicas de fútbol fueron mayores ($p<0.05$) en el grupo STR y SOC que en el grupo control. La fuerza en 1 repetición máxima en los ejercicios de prensa de piernas y press de banca, la altura en el SJ y en el CMJ y la velocidad de carrera en 30 m fueron mayores ($p<0.05$) en el grupo STR que en los grupos SOC y control. Los datos previos muestran que el entrenamiento de fútbol por sí solo provoca mayores mejoras en la fuerza máxima de las extremidades inferiores y en la agilidad de lo que lo hace el crecimiento normal. Sin embargo, la adición del entrenamiento de sobrecarga, mejora en mayor medida la fuerza máxima de las extremidades superiores e inferiores, la altura del salto vertical y la velocidad de carrera en 30 m. Por lo tanto, la combinación de entrenamiento de fútbol y entrenamiento de sobrecarga puede ser utilizada para el desarrollo global de las capacidades físicas en jóvenes varones.

Palabras Clave: agilidad, flexibilidad, crecimiento, velocidad de carrera, fuerza, salto vertical

INTRODUCCION

Se ha probado que el entrenamiento de sobrecarga es seguro y efectivo para los adolescentes cuando este es diseñado y supervisado de manera apropiada. Las organizaciones científicas recomiendan el entrenamiento de sobrecarga para poblaciones de jóvenes como una forma de mejorar la fuerza muscular, evitar las lesiones deportivas, mejorar el rendimiento en actividades deportivas y recreacionales y para afectar la salud y el estilo de vida en forma positiva (1, 3,

26).

Varios estudios han mostrado que en adolescentes, el entrenamiento de sobrecarga incrementa la fuerza muscular en mayor medida que el crecimiento natural (14, 20, 21, 25). Sin embargo, en lo que se refiere al efecto del entrenamiento de sobrecarga sobre el rendimiento motor, algunos estudios han mostrado un efecto positivo sobre algunas capacidades físicas, mientras que otros estudios no han mostrado un efecto similar. Por ejemplo, luego de un programa de entrenamiento de sobrecarga, se ha hallado que el rendimiento durante la realización de saltos verticales se ha incrementado (21) como también no ha mostrado cambios (20). Cuando se examinó el efecto del entrenamiento de sobrecarga sobre la velocidad de carrera, el entrenamiento de sobrecarga falló en influenciar el rendimiento en la carrera (20). Similarmente, el entrenamiento de sobrecarga no parece afectar la capacidad aeróbica (15, 21). Para nuestro conocimiento, ningún estudio ha examinado los efectos del entrenamiento de sobrecarga sobre la flexibilidad y la agilidad en jóvenes varones. Por lo tanto, los hallazgos de la investigación relacionados con los efectos del entrenamiento de sobrecarga sobre el rendimiento motor son o limitados o inconcluyentes y se requieren estudios adicionales acerca del potencial rol del entrenamiento de sobrecarga en el desarrollo de las capacidades físicas de adolescentes para proveer de información útil a los entrenadores.

Luego de participar en programas de entrenamiento de sobrecarga, se esperaría que el rendimiento deportivo de jóvenes deportistas se incremente. Comentarios anecdóticos sobre entrenamiento de la fuerza sugieren que esto es así (18). En definitiva, el rendimiento deportivo es el resultado de múltiples factores, y podría ser difícil controlar y valorar el impacto neto del entrenamiento de sobrecarga. Sin embargo, Gorstiaga et al (20) hallaron que, en jugadores adolescentes, la velocidad del lanzamiento de handbol se incrementó luego del entrenamiento de sobrecarga. Por lo tanto, sería interesante examinar si el entrenamiento de la fuerza podría tener un impacto positivo sobre las destrezas específicas del fútbol tales como correr y manejar el balón de forma efectiva al mismo tiempo.

Por otro lado, no se sabe si un programa de entrenamiento de sobrecarga incorporado al entrenamiento regular de fútbol podría mejorar la capacidad física de los jugadores adolescentes en comparación con el entrenamiento de fútbol por sí solo. El fútbol es un deporte que requiere de aceleración, cambios rápidos de dirección, y muchos movimientos potentes. Por lo tanto, el entrenamiento del deporte en sí mismo podría tener un efecto sobre el rendimiento muscular, especialmente durante el período de desarrollo. Sería interesante para los profesores de educación física y para los entrenadores reconocer si el entrenamiento de fútbol provoca algún efecto sobre el rendimiento motor y si el entrenamiento de sobrecarga combinado con el entrenamiento de fútbol provocaría algún efecto extra sobre el rendimiento motor. El propósito de este estudio fue investigar los efectos del entrenamiento de fútbol combinado con el entrenamiento de sobrecarga así como también los efectos del entrenamiento regular de fútbol por sí solo sobre diversas capacidades físicas tales como la fuerza muscular, el rendimiento en saltos verticales, la velocidad de carrera, la agilidad y la flexibilidad y sobre la técnica de fútbol en adolescentes varones jugadores de fútbol.

METODOS

Enfoque Experimental al Problema

Los objetivos de este estudio fueron (a) examinar los efectos del entrenamiento de fútbol sobre las características antropométricas, la fuerza muscular, la habilidad de salto, la velocidad de carrera, la agilidad, la flexibilidad y las destrezas técnicas específicas de jugadores varones adolescentes, y (b) los efectos de un programa de entrenamiento combinado de fútbol y sobrecarga de 16 semanas de duración sobre las capacidades previamente mencionadas. Para esto, un equipo de jugadores de fútbol de nivel regional fue dividido en dos grupos, entrenamiento de fuerza y fútbol (STR) y entrenamiento de fútbol (SOC). El entrenamiento de fútbol (5 veces por semana) para el desarrollo de las habilidades técnicas y tácticas fue el mismo para ambos grupos. El grupo STR no solo realizó el entrenamiento de fútbol, sino que realizó también un programa de entrenamiento de sobrecarga, utilizando pesos libres y máquinas dos veces por semana (Tabla 1). Ninguno de los jóvenes había participado previamente en algún tipo de entrenamiento de sobrecarga antes de este estudio. Para valorar el efecto del crecimiento natural sobre las capacidades físicas, se utilizó un grupo control (CON) con jóvenes de edad y características físicas similares. Los sujetos de este grupo no participaron en ningún programa estructurado de entrenamiento. Las características antropométricas, la fuerza máxima, el rendimiento en saltos verticales, la velocidad de carrera, la agilidad, la flexibilidad y las técnicas específicas del fútbol fueron medidas al comienzo del programa de entrenamiento, luego de transcurridas 8 semanas y a las 16 semanas de entrenamiento.

Semana	Sesión	Serie × Repeticiones	Intensidad (% 1RM)
1	1	2 × 15	55 - 60
	2	2 × 15	55 - 60
2	3	3 × 15	55 - 60
	4	2 × 15	55 - 60
3	5	3 × 15	55 - 60
	6	3 × 15	55 - 60
4	7	2 × 15	55 - 60
	8	2 × 15	55 - 60
5	9	2 × 12	65 - 70
	10	2 × 12	65 - 70
6	11	3 × 12	65 - 70
	12	2 × 12	65 - 70
7	13	3 × 12	65 - 70
	14	3 × 12	65 - 70
8	15	2 × 12	65 - 70
	16	2 × 12	65 - 70
9	17	2 × 10	70 - 75
	18	2 × 10	70 - 75
10	19	3 × 10	70 - 75
	20	2 × 10	70 - 75
11	21	3 × 10	70 - 75
	22	3 × 10	70 - 75
12	23	2 × 10	70 - 75
	24	2 × 10	70 - 75
13	25	2 × 8	75 - 80
	26	2 × 8	75 - 80
14	27	3 × 8	75 - 80
	28	2 × 8	75 - 80
15	29	3 × 8	75 - 80
	30	3 × 8	75 - 80
16	31	2 × 8	75 - 80
	32	2 × 8	75 - 80

Tabla 1. Programa de entrenamiento de la fuerza durante el período de entrenamiento de 16 semanas. 1RM = 1 repetición máxima.

Sujetos

Dieciocho jugadores de fútbol con una experiencia de entrenamiento de 4.3 ± 1.9 años y con edades en el rango de los 12 a los 15 años fueron voluntarios para participar en el presente estudio. Los jóvenes fueron divididos en dos grupos: STR (11.8 ± 0.4 años; $n=9$) y SOC (13.5 ± 0.9 ; $n=9$). Además, 8 jóvenes fueron reclutados como grupo CON (13.3 ± 0.7 ; $n=8$). El estatus de maduración de los jóvenes fue determinado de acuerdo con el desarrollo del bello púbico y en base a la escala de 5 puntos de Tanner (23), al comienzo, a las 8 semanas y a las 16 semanas de entrenamiento de la fuerza lo cual fue llevado a cabo por el mismo investigador. No se observaron diferencias significativas entre los grupos respecto de la edad o estadio de Tanner. Las características físicas de los sujetos se presentan en la Tabla 2.

Grupo	Pre Entrenamiento	8 Semanas	Medias Ajustadas	16 Semanas	Medias Ajustadas
Masa Corporal (kg)					
Fuerza – Fútbol (n = 9)	52.0 ± 3.3	54.3 ± 3.4†	56.3 ± 0.4	55.6 ± 3.5†	57.5 ± 0.7
Fútbol (n = 9)	54.1 ± 2	54.3 ± 2.0	54.2 ± 0.4	55.3 ± 2.0††	55.1
Control (n = 8=)	55.8 ± 4.5	57.4 ± 4.4	55.6 ± 0.4	57.5 ± 4.1	55.8 ± 0.7
Preentrenamiento (covarianza)	54.0				
Talla (cm)					
Fuerza – Fútbol (n = 9)	162.0 ± 3.8	164 ± 3.9†	164.7 ± 0.3	165.2 ± 3.9††	165.9 ± 0.4
Fútbol (n = 9)	163.0 ± 2.5	164 ± 2.5†	163.7 ± 0.3	165.3 ± 2.5††	165.0 ± 0.4
Control (n = 8=)	163.2 ± 4.5	164.9 ± 4.2†	164.5 ± 0.4	165.6 ± 4.0†	165.2 ± 0.5
Preentrenamiento (covarianza)	162.8				
Estadio de Maduración (Escala de Tanner de 5 Puntos)					
Fuerza – Fútbol (n = 9)	4.0 ± 0.2	4.2 ± 0.2	4.1 ± 0.1	4.3 ± 0.2	4.3 ± 0.1
Fútbol (n = 9)	3.9 ± 0.3	4.0 ± 0.2	4.0 ± 0.1	4.2 ± 0.1	4.2 ± 0.1
Control (n = 8=)	3.8 ± 0.3	4.0 ± 0.3	4.1 ± 0.1	4.1 ± 0.2	4.2 ± 0.2
Preentrenamiento (covarianza)	3.9				
Sumatoria de 4 Pliegues Cutáneos (mm)					
Fuerza – Fútbol (n = 9)	30.0 ± 1.9	28.3 ± 1.6	38.9 ± 1.4	28.1 ± 1.6	37.6 ± 1.8
Fútbol (n = 9)	40.0 ± 3.5	38.4 ± 3.5	40.4 ± 1.2	37.5 ± 3.3†	39.2 ± 1.6
Control (n = 8=)	58.7 ± 6.6	55.4 ± 5.7	41.2 ± 1.6	47.2 ± 5.5††	34.4 ± 2.1
Preentrenamiento (covarianza)	42.3				
Grasa Corporal (%)					
Fuerza – Fútbol (n = 9)	12.2 ± 0.9	11.9 ± 0.7	16.9 ± 0.7	12.0 ± 0.7	16.8 ± 0.8
Fútbol (n = 9)	16.6 ± 1.5	15.8 ± 1.6	16.9 ± 0.6	15.8 ± 1.5	16.9 ± 0.6
Control (n = 8=)	24.8 ± 2.9	23.5 ± 2.6	17.4 ± 0.8	20.3 ± 2.5††	14.6 ± 0.8
Preentrenamiento (covarianza)	17.8				
Circunferencia, Muslo Medio (cm)					
Fuerza – Fútbol (n = 9)	45.4 ± 1.1	46.4 ± 1.4†	48.0 ± 0.3	48.1 ± 1.4††	49.4 ± 0.6
Fútbol (n = 9)	47.7 ± 0.9	48.3 ± 0.8	47.6 ± 0.3	48.9 ± 1.5	48.3 ± 0.6
Control (n = 8=)	47.9 ± 1.9	49.3 ± 1.8	48.5 ± 0.4	48.3 ± 1.5	47.5 ± 0.6§
Preentrenamiento (covarianza)	47.0				
Circunferencia, Brazo (cm)					
Fuerza – Fútbol (n = 9)	23.8 ± 1.0	23.7 ± 0.9	24.1 ± 0.2	24.0 ± 0.9	24.4 ± 0.2
Fútbol (n = 9)	23.4 ± 0.4	23.0 ± 0.4†	23.7 ± 0.2	23.4 ± 0.4†	24.1 ± 0.2
Control (n = 8=)	25.2 ± 1.1	25.4 ± 1.3	24.3 ± 0.2	24.8 ± 1.0	23.8 ± 0.2
Preentrenamiento (covarianza)	24.1				
Circunferencia, Biceps Medial (en Flexión) (cm)					
Fuerza – Fútbol (n = 9)	25.7 ± 1	26 ± 1	26.7 ± 0.3	6.4 ± 1	26.9 ± 0.3
Fútbol (n = 9)	26.0 ± 0.5	25.4 ± 0.5	25.7 ± 0.3	25.6 ± 0.5	25.9 ± 0.3
Control (n = 8=)	27.0 ± 1.2	26.9 ± 1.3	26.1 ± 0.3	26.2 ± 1	25.5 ± 0.3
Preentrenamiento (covarianza)	26.2				

Tabla 2. Características antropométricas de los tres grupos en las 16 semanas de entrenamiento (medias±EE). † p<0.05 respecto del valor preentrenamiento, ‡ p<0.05 respecto del valor en la semana 8, § p<0.05 entre el grupo de entrenamiento fuerza-fútbol y el grupo control.

Todos los jóvenes realizaron una evaluación médica antes de comenzar el estudio, y para su selección se utilizaron los siguientes criterios de exclusión: (a) jóvenes con enfermedad pediátrica crónica; (b) jóvenes con alguna limitación ortopédica; (c) jóvenes que no se encontraran en el estadio 3-5 de Tanner al comienzo del estudio. Tanto los jóvenes como sus padres fueron informados acerca de los alcances y objetivos del estudio así como también acerca de los riesgos

asociados con el entrenamiento de la fuerza. Se obtuvo el consentimiento por escrito por parte de los padres. El protocolo experimental fue aprobado por el Comité de Revisión Institucional.

Programa de Entrenamiento

Programa de Entrenamiento con Pesas

El estudio fue llevado a cabo al comienzo de la temporada competitiva. El grupo STR realizó un programa de entrenamiento introductorio de 4 semanas (2 veces por semana), que estaba enfocado en la adquisición de las técnicas apropiadas de levantamiento y por lo tanto se llevó a cabo utilizando un volumen bajo y una intensidad baja (2 series de 15 repeticiones al ~ 30-50% de 1 repetición máxima [1RM]). Luego de este período, los jugadores comenzaron con el programa de entrenamiento de la fuerza, 2 veces por semana durante 16 semanas con un total de 32 sesiones de entrenamiento. Las sesiones de entrenamiento de la fuerza estuvieron separadas por al menos 48 horas de descanso. Cada jugador realizó los ejercicios en el siguiente orden: prensa de piernas, press de banca, extensiones de rodilla, apertura, flexiones de rodilla, press de hombros, tirones en polea, extensiones de tobillos, abdominales, y lumbares. La configuración específica de las variables agudas del programa durante el curso de las 16 semanas de entrenamiento se presenta en detalle en la Tabla 1. En forma resumida, la intensidad fue del 55% de 1RM al comienzo del programa y progresivamente se incrementó hasta alcanzar el 80% de 1RM. En cada ejercicio se realizaron 2-3 series de 8-15 repeticiones con 2-3 minutos de pausa entre las series y 3-5 minutos de pausa entre los ejercicios. Cuando uno de los jóvenes era capaz de completar el número predeterminado de repeticiones en forma apropiada y sin ayuda, la carga se incrementaba en un 5%. Los sujetos realizaron hasta 2-3 series de 20-30 repeticiones de ejercicios con el peso corporal.

El entrenamiento de la fuerza se llevó a cabo antes del entrenamiento de fútbol, y la duración de cada sesión fue de aproximadamente 45 minutos. Previamente al entrenamiento de fuerza los sujetos realizaron una entrada en calor de 10 minutos que incluyó ejercicios aeróbicos de baja y moderada intensidad y estiramientos. Además, los sujetos realizaron ejercicios de estiramiento por aproximadamente 1 minuto luego de cada serie de ejercicios y durante 5 minutos al final de cada sesión. Un instructor calificado, que monitoreó que los sujetos realizaran los levantamientos con la técnica apropiada y que realizó los ajustes en las cargas y repeticiones, supervisó las sesiones de entrenamiento de la fuerza. No se produjeron lesiones durante las sesiones de entrenamiento o de evaluación.

Programa de Entrenamiento de Fútbol

Ambos grupos de entrenamiento llevaron a cabo un programa de entrenamiento de fútbol 5 veces por semana, con una duración de ~90 minutos por sesión. Además, ambos grupos participaron en un juego oficial de 70 min una vez por semana (dos mitades de 35 minutos). El entrenamiento de fútbol estuvo enfocado al desarrollo de las destrezas técnicas y tácticas primero y luego en el desarrollo de las capacidades físicas. Las destrezas técnicas tales como conducción, los pases, las recepciones, los tiros al arco y los cabeceos fueron realizadas durante 40-50 minutos en las últimas 3 sesiones de la semana. Además, se realizaron ejercitaciones y partidos en áreas reducidas y utilizando equipos con número reducido de jugadores (1 vs. 1, 3 vs. 3, 4 vs. 4) para trabajar en estrategias ofensivas y defensivas y en táctica individual. El entrenamiento de alta intensidad para el desarrollo de la velocidad de carrera y de la agilidad (con y sin pelota) se llevó a cabo dos veces por semana, y 1 sesión semanal incluyó partidos o entrenamiento fraccionado para el desarrollo de la capacidad aeróbica. Al final de cada sesión de entrenamiento se realizó un partido de 20-30 minutos utilizando para esto solo media cancha. En los períodos de entrada en calor y de vuelta a la calma se utilizaron ejercicios de estiramiento para todos los grupos musculares principales.

Procedimientos de Evaluación

ada test fue precedido de una entrada en calor estandarizada de 15 a 20 min de duración y que consistió de ejercicios aeróbicos y ejercicios de estiramiento.

Mediciones Antropométricas

En todos los sujetos se realizaron mediciones de la talla, peso, grasa corporal y de circunferencias seleccionadas. La grasa corporal fue medida utilizando los pliegues cutáneos del tríceps y la pantorrilla tal como lo describieran Slaughter et al (33). Las mediciones de las circunferencias del brazo, bíceps medial (en flexión), muslo medio y pantorrilla (circunferencia máxima de la pantorrilla) fueron llevadas a cabo utilizando una cinta métrica para antropometría tal como lo describieran Callaway et al (11). Todas las medidas antropométricas y de la composición corporal fueron realizadas en el lado derecho del cuerpo y fueron llevadas a cabo por el mismo investigador.

Fuerza Máxima

Todos los sujetos realizaron evaluaciones de 1RM en los ejercicios de prensa de piernas y press de banca. La fuerza en

1RM fue determinada casi siempre dentro de los 6 intentos y utilizando el protocolo propuesto por Ramsey et al (29). Todos los procedimientos de evaluación fueron supervisados cuidadosamente (una relación instructor-sujeto de 1:1) y todos los sujetos fueron estimulados verbalmente. Todas las mediciones fueron realizadas con una posición del cuerpo constante, utilizando el mismo equipamiento y controladas por el mismo administrador del test. El coeficiente de correlación interclase (ICC) y el coeficiente de variación (CV) del SEM para la medición de la fuerza máxima fueron de $r=0.975$ y 2.81% respectivamente.

Rendimiento durante los Saltos Verticales

El rendimiento en saltos verticales fue evaluado con tres tipos diferentes de saltos: un salto desde media sentadilla (SJ; iniciado con una flexión de rodillas de 90°), un salto con contramovimiento (CMJ), y saltos repetidos (RJ) durante 30 segundos (9, 10). Durante la realización de los saltos, los sujetos mantuvieron sus manos sobre su cintura. Los saltos fueron ejecutados en una plataforma conectada a un cronómetro digital (Ergojump, Psion CM; MAGICA, Roma, Italia) con el cual se midió el tiempo de vuelo durante el salto y con este dato se calculó la altura del salto. Para el SJ y el CMJ, luego de 2-3 pruebas de práctica, se realizaron 3 pruebas por tipo de salto (se permitió 1-2 minutos de recuperación entre los saltos), y se utilizó la mejor prueba para los análisis. Para el test de RJ, los sujetos fueron instruidos para que saltaran continuamente dando su máximo esfuerzo en cada salto. En cada salto, la posición de despegue y de contacto fue la misma. Para estandarizar el desplazamiento angular de la rodilla durante la fase de contacto, los sujetos fueron instruidos para que flexionaran las rodillas hasta aproximadamente los 90° . Una prueba piloto reveló un ICC y un CV de SEM de $r=0.971$ y 2.47% para el SJ, $r=0.957$ y 3.42% para el CMJ y $r=0.932$ y 3.44% para el RJ, respectivamente.

Tiempo de Carrera en Distancias de 10 m y 30 m

El tiempo de carrera fue medido utilizando 3 células fotoeléctricas conectadas a un cronómetro Lafayette 63501 (Lafayette Instrument Co. Systems, Lafayette, IN). Una fotocélula fue colocada en la partida, otra a los 10 m y la última a los 30 m. La primera fotocélula fue posicionada a una altura de 50 cm desde el suelo y las fotocélulas de los 10 y 30 m fueron colocadas a la altura de la cabeza de los sujetos, en un intento por estandarizar la parte del cuerpo que rompería el haz de luz (5). La partida se realizó mediante una señal visual con los sujetos en posición de pie, luego de lo cual estos recorrieron los 30 m lo más rápido que les fuera posible en una pista de atletismo techada. Luego de una prueba de práctica, se realizaron dos pruebas separadas por un período de recuperación de 5 minutos, y el mejor tiempo de las dos fue utilizado en los análisis. Todos los tiempos fueron registrados con una precisión de 0.001 segundos, y se registró el tiempo entre los 0 y los 10 m y el tiempo total de carrera entre los 0 y los 30 m. Estas distancias de carrera fueron seleccionadas debido a que son las más comunes durante un partido de fútbol (6). El ICC y el CV del SEM para la carrera de 10m fue de $r=0.958$ y 1.46% y para la carrera de 30m fue de $r=0.979$ y 0.83% , respectivamente.

Agilidad (10 × 5)

La agilidad fue evaluada utilizando el test de carrera máxima de ir y volver de 10×5 m llevado a cabo en una pista de atletismo cubierta y siguiendo el protocolo de Eurofit (16). Luego de una prueba de práctica y de al menos 5 minutos de recuperación, se realizó el test máximo. Se registró el tiempo total con una precisión de 0.01 segundos. El ICC y el CV del SEM para el test de ir y volver de 10×5 fueron de $r=0.935$ y 1.01% , respectivamente.

Flexibilidad

La flexibilidad lumbar y de los isquiotibiales fue medida utilizando el test de *sit and reach* tal como lo sugieren la American Alliance of Health, Physical Education, Recreation and Dance (2). Se realizaron dos intentos, y se registró el mejor de los dos para los análisis. El ICC y el CV del SEM para el test de *sit and reach* fueron de $r=0.979$ y 2.71% , respectivamente.

Test de Técnicas de Fútbol

Las destrezas técnicas del fútbol fueron evaluadas utilizando el test de conducción en eslabon (35). Los sujetos realizaron la conducción del balón en zigzag con su pierna preferida sorteando una serie de 9 conos colocados a 1.5 m de distancia entre sí (distancia total, 14 m). Luego de 2 pruebas de práctica, se realizaron dos pruebas de conducción en zigzag a la máxima velocidad posible las cuales estuvieron separadas por un período de recuperación de 2 minutos. Para los análisis se registró el mejor tiempo de la mejor prueba (sin pérdida de la posesión del balón). Todos los tiempos fueron registrados con una precisión de 0.001 segundos, utilizando un cronómetro electrónico (Lafayette Instrument Co. Systems). Una prueba piloto arrojó un ICC y un CV del SEM de $r=0.982$ y 1.88% respectivamente.

Análisis Estadísticos

Los efectos del entrenamiento en cada grupo fueron evaluados utilizando el análisis de varianza para medidas repetidas y se determinó la magnitud del efecto de los tratamientos utilizando el tamaño del efecto (*effect size*) ([media post-test -

media pre-test]/DE) (12, 30). Para determinar las diferencias entre los grupos en la 8va y 16ta semana de entrenamiento, se utilizó el análisis de covarianza de dos vías (ANCOVA), utilizando los valores iniciales como covarianza y η^2 para el tamaño del efecto. La fortaleza estadística (P) para el ANCOVA fue determinada tal como lo sugiriera Keppel (22). Las diferencias significativas entre las medias fueron ubicadas mediante el test de Tukey de la diferencia honesta significativa. El nivel de significancia estadística fue establecido a $p < 0.05$.

RESULTADOS

Mediciones Antropométricas

Se observaron efectos principales significativos ($p < 0.05$) para la talla y el peso, pero no se observaron diferencias ($p > 0.05$) entre los grupos. No se observaron cambios entre los grupos respecto del porcentaje de grasa y de la suma de 4 pliegues cutáneos. El análisis de covarianza reveló que las circunferencias del muslo medio y de la pantorrilla fueron mayores ($p < 0.05$) en el grupo STR que en el grupo CON luego de las 16 semanas de entrenamiento (Tabla 2).

Fuerza Máxima

Prensa de Piernas (1RM)

El entrenamiento resultó en incrementos significativos ($p < 0.01$) en la fuerza del tren superior de los grupos STR (58.8%) y SOC (33.8%). También se observó un incremento significativo (17.3%, $p < 0.05$), indicativo de crecimiento, en el grupo control (Tabla 3). Para todos los grupos, el mayor incremento fue observado luego de las primeras 8 semanas de entrenamiento (37.7, 20.7, y 9% respectivamente). Los análisis adicionales (ANCOVA) revelaron diferencias significativas en la fuerza máxima entre los grupos respecto ($p < 0.01$, $\eta^2 = 0.551$, $P = 1$). La fuerza en 1RM en el ejercicio de prensa de piernas para el grupo STR fue mayor que la alcanzada por los grupos SOC y CON luego de las 8 y 16 semanas de entrenamiento. La fuerza máxima en el grupo SOC fue mayor que la del grupo CON solo al final de las 16 semanas de entrenamiento (Figura 1).

Grupo	Pre-entrenamiento	8 semanas			8 semanas		
	Media ± EE	Media ± EE	Tamaño del Efecto	Media Ajustada	Media ± EE	Tamaño del Efecto	Media Ajustada
Flexibilidad (cm)							
Fuerza - Fútbol (n = 9)	26.7 ± 1.8	23.7 ± 2.2†	- 0.5	20.1 ± 1.2	24.6 ± 1.9	- 0.37	21.2 ± 1.1
Fútbol (n = 9)	22.1 ± 3.8	23.2 ± 3.3	0.11	23.5 ± 1.2	24.7 ± 2.8	0.26	24.9 ± 1.1
Control (n = 8)	18.3 ± 2.9	18.7 ± 1.2	0.05	22.1 ± 1.2	18.4 ± 2.8	0.01	21.5 ± 1.2
Preentrenamiento (covarianza)	22.5						
Tiempo de Carrera en 10 m (s)							
Fuerza - Fútbol (n = 9)	2.16 ± 0.06	2.18 ± 0.07	0.14	2.14 ± 0.04	2.09 ± 0.04	- 0.41	2.06 ± 0.03
Fútbol (n = 9)	2.00 ± 0.04	2.04 ± 0.04	0.4	2.13 ± 0.04	1.98 ± 0.04	- 0.15	2.05 ± 0.03
Control (n = 8)	2.18 ± 0.05	2.20 ± 0.06	0.12	2.15 ± 0.04	2.11 ± 0.04	- 0.48	2.07 ± 0.3
Preentrenamiento (covarianza)	2.11						
Tiempo de Carrera en 30 m (s)							
Fuerza - Fútbol (n = 9)	5.07 ± 0.16	5.16 ± 0.16	0.19	5.13 ± 0.05	4.94 ± 0.12††	- 0.3	4.91 ± 0.04
Fútbol (n = 9)	4.85 ± 0.09	4.88 ± 0.10	0.1	5.04 ± 0.05	4.85 ± 0.10	0	5.00 ± 0.04
Control (n = 8)	5.20 ± 0.11	5.26 ± 0.06	0.22	5.12 ± 0.05	5.22 ± 0.10	0.06	5.09 ± 0.04†
Preentrenamiento (covarianza)	5.04						
Agilidad 10 × 5 (s)							
Fuerza - Fútbol (n = 9)	19.92 ± 0.24	19.25 ± 0.29†	- 0.83	19.43 ± 0.16	18.84 ± 0.16†	- 1.74	18.97 ± 0.19
Fútbol (n = 9)	19.78 ± 0.21	19.07 ± 0.22†	- 1.08	19.34 ± 0.16	18.99 ± 0.24†	- 1.13	19.19 ± 0.20
Control (n = 8)	20.86 ± 0.63	20.89 ± 0.41	0.02	20.43 ± 0.18†§	21.12 ± 0.40	0.17	20.78 ± 0.22†§
Preentrenamiento (covarianza)	20.18						
Altura Media en los Saltos Repetidos en 30s (cm)							
Fuerza - Fútbol (n = 9)	21.6 ± 1.4	22.4 ± 1.3	0.2	21.4 ± 0.5	24.8 ± 1.4††	0.76	23.7 ± 0.19
Fútbol (n = 9)	22.2 ± 1.3	23.0 ± 1.2	0.21	21.4 ± 0.5	23.7 ± 1.2†	0.41	22.0 ± 0.8
Control (n = 8)	16.9 ± 1.4	16.9 ± 1.1	0	19.5 ± 0.6	18.3 ± 1.4	0.36	21.0 ± 0.9
Preentrenamiento (covarianza)	20.21						
Test de Técnica de Fútbol (s)							
Fuerza - Fútbol (n = 9)	7.91 ± 0.20	7.51 ± 0.18	- 0.69	7.95 ± 0.18	7.32 ± 0.10	- 1.22	7.72 ± 0.19
Fútbol (n = 9)	7.40 ± 0.24	7.21 ± 0.24	- 0.25	8.08 ± 0.20	7.10 ± 0.26	- 0.39	7.90 ± 0.22
Control (n = 8)	10.27 ± 0.55	10.32 ± 0.52	0.03	8.85 ± 0.26§	10.30 ± 0.51	0.02	8.95 ± 0.28†§
Preentrenamiento (covarianza)	8.52						
Salto desde Media Sentadilla (cm)							
Fuerza - Fútbol (n = 9)	24.9 ± 1.4	28.1 ± 1.4†	0.76	27.9 ± 1	32.4 ± 1.6†	1.65	32.1 ± 1
Fútbol (n = 9)	23.8 ± 1.2	25.2 ± 1.2	0.4	25.7 ± 1	25.9 ± 1.1	0.62	26.6 ± 1
Control (n = 8)	25 ± 2	26.5 ± 1.8	0.28	26.2 ± 1.1	27 ± 2.1	0.35	26.6 ± 1
Preentrenamiento (covarianza)	24.5						
Salto con Contramovimiento (cm)							
Fuerza - Fútbol (n = 9)	29 ± 1.6	32.9 ± 1.4†	0.86	33.1 ± 0.6	35.7 ± 1.4†	1.49	35.9 ± 1
Fútbol (n = 9)	29.7 ± 1.7	30.3 ± 1.5	0.12	30 ± 0.6	31.1 ± 1.3	0.3	30.8 ± 0.8
Control (n = 8)	29 ± 2	30.6 ± 1.4	0.33	30.7 ± 0.7	31.2 ± 1.5	0.44	31.3 ± 0.9
Preentrenamiento (covarianza)	29.2						

Prensa de Piernas (kg)							
Fuerza - Fútbol (n = 9)	102.8 ± 2.5	142.8 ± 8.5†	1.73	148.7 ± 4.7	163.9 ± 7.4†	2.77	170.1 ± 4.4
Fútbol (n = 9)	106.1 ± 7	126.7 ± 6.7†	1	118.9 ± 4.8	139.4 ± 6†	1.7	132.5 ± 4.6
Control (n = 8)	93.8 ± 5.2	102.5 ± 6.7†	0.52	108.3 ± 5§	110 ± 6.8†	0.95	115.2 ± 4.8§
Preentrenamiento (covarianza)	100.9						
Press de Banca (kg)							
Fuerza - Fútbol (n = 9)	36 ± 1.6	45.9 ± 2.5†	1.57	50.6 ± 1.1	55 ± 3.1†	2.54	60.6 ± 1.5
Fútbol (n = 9)	48.3 ± 3.2	47.8 ± 2.6	- 0.01	41.4 ± 1.2	45.8 ± 3.4	- 0.25	38.2 ± 1.5
Control (n = 8)	39.4 ± 2.7	41 ± 2.4	0.22	42.7 ± 1.1§	40.5 ± 2.5	0.15	42.5 ± 1.5§
Preentrenamiento (covarianza)	41.2						

Tabla 3. Valores obtenidos por los tres grupos en los test de rendimiento físico y técnica de fútbol a lo largo de las 16 semanas de entrenamiento. † $p < 0.05$ respecto del valor preentrenamiento; ‡ $p < 0.05$ respecto del valor a las 8 semanas; § $p < 0.05$ entre los grupos fuerza - fútbol y control; || $p < 0.05$ entre los grupos fútbol y control; ¶ $p < 0.05$ entre los grupos fuerza - fútbol y fútbol.

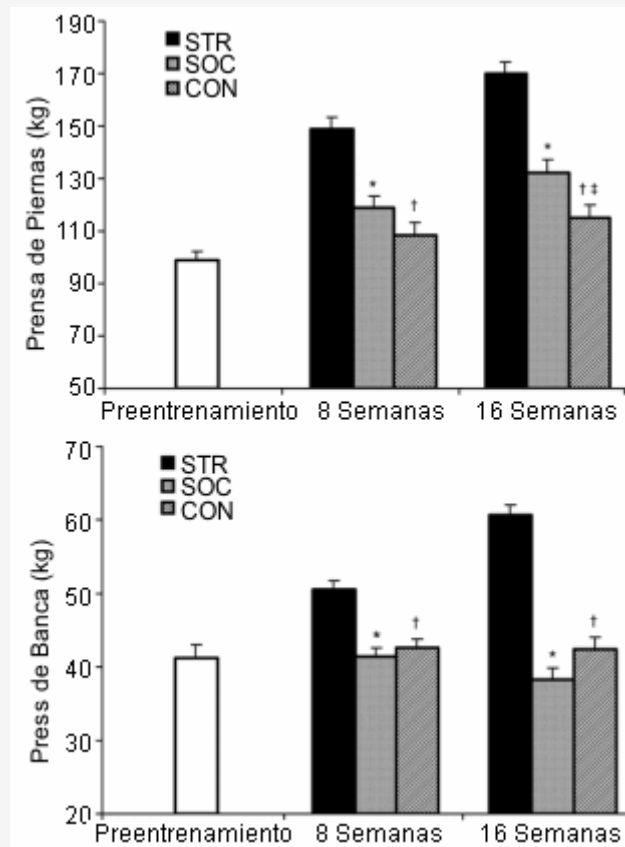


Figura 1. Diferencias entre los grupos fuerza - fútbol (STR), fútbol (SOC) y control (CON) respecto de la fuerza en 1RM en los ejercicios de prensa de piernas y press de banca. * $p < 0.01$ entre los grupos STR y SOC, † $p < 0.01$ entre los grupos STR y CON; ‡ $p < 0.05$ entre los grupos SOC y CON.

Press de Banca (1RM)

Luego de 8 y de 16 semanas de entrenamiento, la fuerza en 1RM en el ejercicio de press de banca fue significativamente mayor ($p < 0.01$) en el grupo STR que en los grupos SOC y CON ($p < 0.01$, $\eta^2 = 0.79$, $P = 1$; Figura 1). En particular, la fuerza del tren superior solo se incrementó en el grupo STR (52.3%; $p < 0.01$), mientras que no se observaron diferencias ($p > 0.05$) en los grupos SOC y CON (-5.4 y 3.3% respectivamente; Tabla 3).

Rendimiento en Saltos Verticales

Salto desde Media Sentadilla

Luego de 16 semanas de entrenamiento, la altura del SJ fue mayor ($p < 0.05$, $\eta^2 = 0.33$, $P = 0.83$) en el grupo STR que en los grupos SOC y CON (Figura 2). En el grupo STR la altura del SJ se incrementó significativamente en un 13.5 y 31% luego de transcurridas 8 y 16 semanas de entrenamiento, respectivamente ($p < 0.05$). Los incrementos observados en los grupos SOC (9.8%) y CON (9.6%) no fueron significativos ($p > 0.05$; Tabla 3).

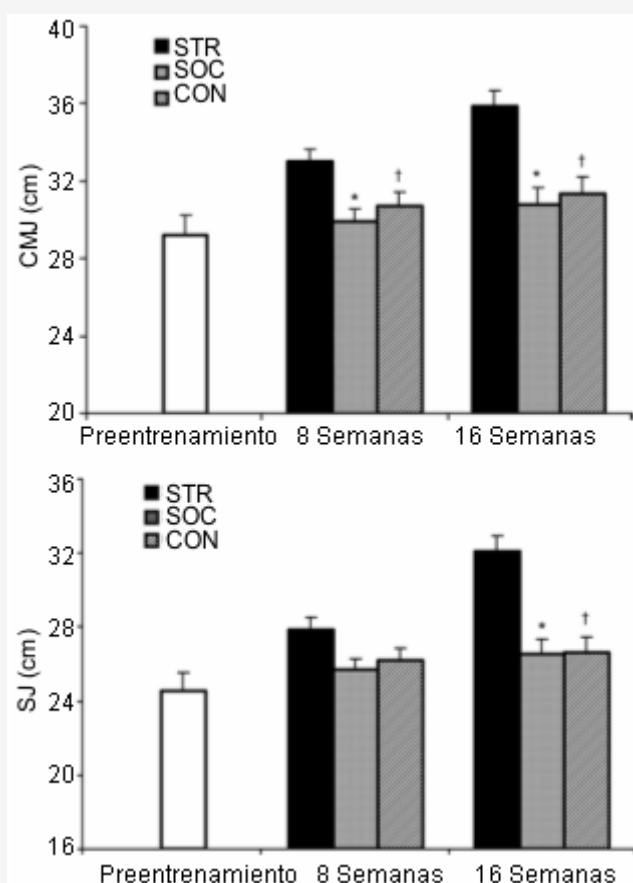


Figura 2. Diferencias entre los grupos fuerza-fútbol (STR), fútbol (SOC) y control (CON) respecto de la altura en el salto con contra movimiento (CMJ) y en el salto desde media sentadillas (SJ). * $p < 0.05$ entre los grupos STR y SOC, † $p < 0.05$ entre los grupos STR y CON.

Salto con Contramovimiento

Luego de 8 y 16 semanas de entrenamiento, la altura del CMJ fue mayor ($p < 0.01$, $\eta^2 = 0.49$, $P = 1$) en el grupo STR que en los grupos SOC y CON (Figura 2). En el grupo STR la altura del CMJ se incrementó en un 14.4 y 24.6% luego de transcurridas 8 y 16 semanas de entrenamiento, respectivamente ($p < 0.05$). No se observaron cambios significativos para los grupos SOC (6.3%) y CON (9.5%) (Tabla 3).

Salto Repetidos durante 30 Segundos

Luego de 16 semanas de entrenamiento, los grupos STR y SOC mejoraron significativamente la altura promedio durante los saltos repetidos en 30 segundos (15.8% y 7.2%, respectivamente; $p < 0.05$), mientras que el grupo CON no mostró una mejora significativa (9.8%; $p > 0.05$). No se observaron diferencias significativas entre los grupos luego del finalizar el período de entrenamiento ($p = 0.07$, $\eta^2 = 0.21$, $P = 0.57$; Tabla 3).

Tiempos en los Test de Carrera y Agilidad

Velocidad de Carrera

No se observaron mejoras significativas en la velocidad de carrera en 10 m en ninguno de los grupos durante el estudio, aunque el grupo STR mostró una mayor velocidad (3.1%) que los grupos SOC (0.7%) y CON (2.7%). No se observaron diferencias entre los grupos ($p=0.99$, $\eta^2=0.01$, $P=0.07$). Luego de 16 semanas de entrenamiento se observaron mejoras significativas en el tiempo de carrera en 30 m ($p<0.05$) solo en el grupo STR (2.5%), mientras que no se hallaron diferencias significativas para los grupos SOC (0.04%) y CON (-0.5%). Al finalizar el período de entrenamiento velocidad de carrera fue mayor en el grupo STR que en los grupos SOC y CON ($p=0.049$, $\eta^2=0.24$, $P=0.65$; Tabla 3).

Tiempo en el Test de Agilidad

Se observaron mejoras en el test de ir y volver de 10 × 5 m en los grupos STR y SOC tanto después de 8 semanas (3.4 y 3.5 %, respectivamente; $p<0.05$) como después de las 16 semanas (5.4 y 4 %, respectivamente) de entrenamiento, mientras que no se observaron cambios en el grupo control (-1.6%). El análisis ANCOVA reveló diferencias significativas entre los grupos respecto del tiempo en el test de agilidad ($p<0.01$, $\eta^2=0.65$, $P=1$) siendo los grupos STR y SOC más rápidos que el grupo CON (Tabla 3).

Flexibilidad

Los valores del test de *sit and reach* se redujeron significativamente en un 8.2% en el grupo STR ($p<0.05$), mientras que se incrementaron, aunque no significativamente, en los grupos SOC y CON. Los tres grupos no exhibieron diferencias entre sí en los valores de flexibilidad durante el curso del estudio ($p=0.07$, $\eta^2=0.22$, $P=0.62$; Tabla 3).

Test de Técnicas de Fútbol

Luego del entrenamiento, los grupos STR y SOC mejoraron su rendimiento (6.8 y 4.0%, respectivamente) en el test de técnicas de fútbol, pero esta mejora no fue significativa ($p>0.05$). No se observaron cambios en el grupo CON (-0.4%; $p>0.05$). Los valores en el test de técnica, al final del período de entrenamiento, fueron mejores tanto para el grupo STR como para el grupo SOC respecto del grupo CON, mientras que no se observaron diferencias entre los dos primeros grupos ($p>0.05$, $\eta^2=0.34$, $P=0.83$; Tabla 3).

DISCUSION

El entrenamiento de fútbol aplicado en este estudio mejoró la agilidad, la flexibilidad y la fuerza de las extremidades inferiores. El entrenamiento de la fuerza llevado a cabo dos veces por semana en adición al entrenamiento de fútbol (5 veces por semana) provocó mayores incrementos en la fuerza de las extremidades inferiores y superiores y provocó mejoras en el rendimiento durante la realización de saltos verticales que el entrenamiento de fútbol por sí solo. Además, el entrenamiento de fútbol-fuerza mejoró el tiempo en el test de agilidad y la velocidad en carreras de 30 m en comparación con los sujetos que no realizaron ningún tipo de entrenamiento estructurado. La flexibilidad se redujo (8%), y el tiempo de aceleración en 10 m no fue afectado por el entrenamiento de la fuerza.

Los 3 grupos incrementaron la fuerza del tren inferior (prensa de piernas). Sin embargo, la fuerza del tren superior (press de banca) se incrementó solo en el grupo STR, mientras que en los grupos SOC y CON se observaron incrementos menores. Estos resultados, basados en el principio de especificidad, confirman los hallazgos de otros estudios llevados a cabo con niños (29) y adolescentes (20, 21). Los músculos del tren inferior son utilizados más frecuentemente en las actividades físicas diarias y son fortalecidos más rápidamente que los músculos del tren superior, los cuales son utilizados con menos frecuencia (29). Por lo tanto, el entrenamiento de la fuerza para los músculos del tren superior en adolescentes parece ser un medio necesario para el óptimo crecimiento corporal total y específicamente para participantes de deportes tales como el fútbol, en donde los estímulos de fuerza para el tren superior son poco frecuentes.

Las grandes aceleraciones en los sprints, los movimientos de detención luego de un sprint, y los cambios de dirección, son acciones que ocurren frecuentemente en el fútbol. Estas actividades requieren del desarrollo y aplicación de grandes tensiones por parte de los músculos de las piernas, causando un mayor fortalecimiento de las piernas en el grupo que solo entrenó fútbol que el crecimiento natural. El efecto específico que tiene el fútbol sobre la fuerza de las piernas queda respaldado por el hecho de que estas adaptaciones estuvieron limitadas solo a la musculatura de las piernas, ya que la fuerza de los brazos, que no son utilizados en el fútbol, no se incrementó.

Diversos estudios han reportado adaptaciones neurales específicas, tales como el incremento del reclutamiento y la coordinación de unidades motoras, y la mejora de la coordinación de los músculos involucrados luego del entrenamiento de

sobrecarga en niños y adolescentes (28, 29). El grupo STR mostró una mejora significativa en la fuerza en 1RM en el ejercicio de press de banca sin un incremento concomitante en la circunferencia del bíceps en flexión, lo cual indica que el incremento en la fuerza fue causado principalmente por las adaptaciones neurales. Sin embargo, la posibilidad de que el entrenamiento de la fuerza cause hipertrofia muscular en adolescentes no puede ser pasada por alto (8, 21, 25). Las mejoras en la fuerza de los músculos del tren inferior (1RM en prensa de piernas) en el grupo STR estuvieron acompañadas por un incremento en las circunferencias del muslo medio y la pantorrilla, con cambios menores en los pliegues cutáneos del muslo y la pantorrilla. Aunque el incremento en las circunferencias pudo haber seguido el crecimiento y desarrollo natural (24), nuestros datos sugieren la posibilidad de que el entrenamiento de la fuerza haya causado hipertrofia muscular. La utilización de técnicas avanzadas, tal como la imaginería de resonancia magnética, podrían proveer mejores resultados acerca de la hipertrofia muscular en adolescentes luego del entrenamiento de la fuerza.

El rendimiento en el salto vertical (SJ y CMJ) se incrementó significativamente solo en el grupo STR. Nuestros resultados confirman los resultados de estudios previos llevados a cabo con varones prepúbers activos (31, 36) y con atletas prepúberes (21). Al parecer el incremento en la fuerza máxima de los músculos, como resultado del entrenamiento de la fuerza, también provoca mejoras en la potencia muscular, a pesar de la ausencia de ejercicios específicos para la mejora del rendimiento en los saltos. Para nuestro conocimiento este es el primer estudio que muestra mejoras significativas en la habilidad de salto como resultado del entrenamiento de la fuerza en jugadores de fútbol adolescentes.

El entrenamiento de la fuerza combinado con el entrenamiento de fútbol o el entrenamiento de fútbol por si solo no tuvieron efectos sobre la capacidad anaeróbica, evaluada mediante la altura promedio en el test de saltos repetidos durante 30 segundos. Similarmente, en otros estudios en los cuales se utilizó el test de Wingate con sujetos preadolescentes y adolescentes, no se hallaron cambios en la capacidad anaeróbica luego del entrenamiento de la fuerza (15, 21). En el grupo STR, el rendimiento en el SJ y en el CMJ se incrementó a una mayor tasa que en los grupos SOC y CON. Aunque no se observaron diferencias significativas entre los grupos respecto del rendimiento en los saltos repetidos, el grupo STR mostró un mayor rendimiento que los grupos SOC y CON. Las causas de estos resultados pueden ser los diferentes componentes neuromusculares y metabólicos del rendimiento anaeróbico. La producción de potencia a corto plazo (SJ y CMJ) depende más del grado de activación neuromuscular que de la provisión de energía a partir del metabolismo anaeróbico (27). Además, la necesidad de una alta activación neuromuscular, el test máximo de 30 segundos (rendimiento anaeróbico intermedio) activa la glucólisis anaeróbica y provoca el incremento en la producción de lactato, debido a la duración del protocolo. Por lo tanto, mediante el incremento en la fuerza máxima, los niños y adolescentes pueden beneficiarse en mayor medida de la potencia anaeróbica máxima.

Se ha hallado que la velocidad de carrera está correlacionada con la fuerza máxima y con el rendimiento en VJ (4, 21). Sin embargo, una mejora en la fuerza máxima no asegura una mejora en la velocidad de esprint (13, 37). En un estudio llevado a cabo con sujetos de edades similares a los de nuestro estudio, Hetzler et al. (21) no hallaron mejoras en la velocidad de carrera en 40 yardas luego del entrenamiento de la fuerza. En este estudio, sin embargo, cuando el grupo STR realizó entrenamientos de la fuerza y de esprint, se observó un incremento significativo en el tiempo de carrera en 30 metros, conjuntamente con un incremento en la fuerza máxima y en el rendimiento en saltos verticales. El entrenamiento de fútbol no provocó incrementos en la velocidad de esprint a pesar del hecho de que se realizaron entrenamientos específicos de esprint dos veces a la semana. Al parecer la combinación de entrenamiento de la fuerza y de velocidad puede ser más beneficiosa para el desarrollo de la velocidad. Sin embargo, se debería señalar que en base a los datos de nuestro estudio, la transferencia de las ganancias de fuerza a la velocidad fue bastante poca (58.8% de incremento en la fuerza vs 2.5 en la velocidad de carrera en 30 metros) y además se observó una baja correlación entre el porcentaje de incremento en la fuerza y la velocidad en 30 m ($r=0.24$).

La agilidad fue afectada de manera similar tanto en el grupo STR como en el grupo SOC, indicando la especificidad del entrenamiento de fútbol. Las ejercitaciones de entrenamiento y los juegos implican la realización de continuos cambios de dirección. De esta manera. El rendimiento en las pruebas de agilidad se incrementó con este tipo de entrenamiento, sin una contribución adicional del entrenamiento de la fuerza. Además, es interesante señalar que el grupo que entrenó solo fútbol mostró mejoras solo en el test de agilidad, el cual involucra carreras rápidas con cambios de dirección, y no en el test de carrera de 30 m que implica correr rápidamente hacia adelante. Esto probablemente refleja la especificidad del entrenamiento de fútbol y la necesidad de realizar entrenamientos específicos de velocidad para la mejora global del rendimiento en el fútbol. Para nuestro conocimiento, el único estudio que ha examinado los efectos de 12 semanas de entrenamiento de la fuerza sobre la agilidad en varones pre adolescentes fue el de Falk y Mor (19) y sus resultados concuerdan con los nuestros. A pesar de los datos limitados, parece que el entrenamiento de la fuerza tiene poco efecto sobre la agilidad en poblaciones jóvenes. Hay una transferencia menor de las ganancias de fuerza a la agilidad, lo cual probablemente implica algún patrón de control motor que no es fuertemente influenciado por las adaptaciones neurales que ocurren con el entrenamiento de la fuerza.

La flexibilidad se incrementó en el grupo que entrenó fútbol. Aunque no fue significativamente diferente del grupo control,

parece que la participación en el entrenamiento de fútbol no desmejora el desarrollo de la flexibilidad cuando se toma la precaución de incluir ejercicios de estiramiento en el programa de entrenamiento. Los estudios llevados a cabo con adultos han mostrado que si se incluyen ejercicios de estiramiento en el programa de entrenamiento, la flexibilidad no se verá desmejorada e incluso hasta puede incrementarse (34). En el presente estudio, se realizaron ejercicios de estiramiento antes, durante y después de las sesiones de entrenamiento de la fuerza. Sin embargo, el grupo STR mostró una reducción en la flexibilidad de los isquiotibiales y de los músculos de la espalda baja (8%). Estudios previos llevados a cabo con niños y prepúberes han reportado tanto que no se produjeron cambios como que se produjeron incrementos en la flexibilidad luego del entrenamiento de la fuerza utilizando programas con volumen e intensidad bajos a moderados (17-19, 32, 36). El alto volumen e intensidad del entrenamiento de sobrecarga o la combinación del entrenamiento de fútbol y fuerza en nuestro estudio probablemente interfirieron con el desarrollo de la flexibilidad. Probablemente se requiera un mayor énfasis en ejercicios específicos de estiramiento. Además, nuestros sujetos eran adolescentes y la fase de su desarrollo físico pudo interferir con los niveles de flexibilidad. Se debería señalar que, incluso en el grupo control, se observó una ligera reducción en la flexibilidad. Varios estudios han reportado que un inadecuado nivel de flexibilidad podría limitar la movilidad articular y predisponer a los músculos o al tejido conectivo a lesiones y a la reducción del rendimiento (7, 34). Sin embargo, en el grupo STR no se observaron lesiones durante el curso del estudio y en este grupo los otros componentes del rendimiento físico mejoraron. Cualquiera sea el caso, parece que evitar la rigidez muscular durante el entrenamiento de la fuerza podrían ser necesarios ejercicios o sesiones adicionales de estiramiento para la mejora o mantenimiento de la flexibilidad. Se requieren investigaciones adicionales para determinar que factores podrían o no dificultar el desarrollo de la flexibilidad en jugadores de fútbol adolescentes que realizan entrenamientos de pesas.

El entrenamiento de sobrecarga no tuvo efectos sobre el test de técnicas de fútbol utilizado en el presente estudio. La naturaleza del test (conducción del balón entre conos) es tal que el entrenamiento de sobrecarga podría tener poco efecto en comparación con un entrenamiento más enfocado al desarrollo del rendimiento motor. Esto no significa que el entrenamiento de sobrecarga no tiene efecto alguno sobre las acciones del fútbol. Si hubiéramos utilizado otro test específico del fútbol (e.g., la velocidad del balón luego de un remate), podríamos haber observado algún tipo de efecto a través del incremento en la fuerza de las piernas luego del entrenamiento de la fuerza. Por ejemplo, Gorostiaga et al. (20) hallaron un incremento en la velocidad de lanzamiento en jugadores de handbol adolescentes luego del entrenamiento de la fuerza. Además, el entrenamiento de sobrecarga podría incrementar el rendimiento durante un partido de fútbol a través del incremento de la velocidad y la capacidad de salto, lo cual ayuda a que se incremente el control que el jugador tiene sobre el balón. En cualquier caso, se debería señalar que en el presente estudio hemos utilizado un programa de entrenamiento de sobrecarga de baja frecuencia con una intensidad moderada a submáxima, utilizando ejercicios básicos y no ejercicios específicos del deporte, durante el período de competición. El propósito no fue maximizar el rendimiento en el fútbol sino desarrollar el sistema neuromuscular de los atletas y ayudarlos a tolerar el estrés mecánico de las diferentes acciones del fútbol y protegerlos de posibles lesiones. Estos podría ser incluso más importante que mejorar el rendimiento deportivo.

Aplicaciones Prácticas

El fútbol es un deporte popular en todo el mundo, y muchos jóvenes participan en programas de entrenamiento para dicho deporte. El entrenamiento de fútbol en adolescentes es un pasatiempo placentero y parece incrementar los parámetros de las capacidades físicas y de las destrezas relacionadas con el fútbol. El entrenamiento de fútbol por si solo mejora la fuerza máxima de los músculos del tren inferior y la agilidad, y cuando se incluyen ejercicios de estiramiento en el programa de entrenamiento, la flexibilidad también se incrementa. La aplicación del entrenamiento de fútbol combinado con un entrenamiento de sobrecarga de baja frecuencia e intensidad moderada a submáxima ofrece un desarrollo global de las capacidades físicas mejorando en un mayor grado las habilidades relacionadas con el fútbol, tales como la fuerza máxima de los músculos del tren superior e inferior, el rendimiento en VJ y la velocidad en carreras de 30 m, en comparación con el entrenamiento regular del fútbol. Sin embargo, se debería hacer más énfasis en la realización de ejercicios de estiramiento cuando se combinan programas de entrenamiento de fútbol y fuerza. Esto podría evitar cualquier posible inconveniencia causada por el entrenamiento de sobrecarga sobre la flexibilidad durante el período de desarrollo.

Dirección para Envío de Correspondencia

Savvas P. Tokmakidis, correo electrónico: stokmaki@phyed.duth.gr

REFERENCIAS

1. American Academy of Pediatrics (2001). Committee on Sports Medicine and Fitness. Strength Training by Children and

2. American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance (1980). Health Related Physical Fitness Test Manual. Reston, VA: AAHPERD
3. American College of Sports Medicine (1995). ACSM S Guidelines for Exercise Testing and Prescription (5th ed). Baltimore: Lippincott, Williams and Wilkins
4. Baker, D., and S. Nance (1999). The relation between running speed and measures of strength and power in professional rugby league players. *J. Strength Cond. Res.* 13:230-235
5. Balsom, P.D., J.Y. Seger, B. Sjodin, and B. Ekblom (1992). Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 65:144-149
6. Bangsbo, J., L. Nooregard, and F. Thorsoe (1991). Activity profile of competition soccer. *Can. J. Sport Sci.* 16:110-116
7. Beedle, B., C. Jesse, and M.H. Stone (1991). Flexibility characteristics among athletes who weight train. *J. Appl. Sport Sci. Res.* 5:150-154
8. Blimkie, C.J.R (1993). Resistance training during preadolescence. *Sports Med.* 15:389-407
9. Bosco, C., P.V. Komi, J. Tihanyi, G. Fekete, and P. Apor (1983). Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles. *Eur. J. Appl. Physiol.* S1:129-135
10. Bosco, C., P. Luhtanan, and P.V. Komi (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. J. Appl. Physiol.* 50:273-282
11. Callaway, C.W., W.P. Chumlea, C. Bouchard, J.H. Himes, T.G. Lohman, A.D. Martin, C.D. Mitchell, W.H. Mueller, A.F. Roche, and V.D. Seefeldt (1988). Circumferences. In: Anthropometric Standardization Reference Manual. T.G. Lohman, A.F. Roche, and R. Martorell, eds. Champaign, IL: Human Kinetics. pp. 41-53
12. Cohen, J (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed). Hillside, NJ: L. Erlbaum Associates. pp. 51-52
13. Delecluse, C., H. van Coppenolle, E. Willems, M. van Leemputte, R. Diels, and M. Goris (1995). Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:1203-1209
14. DeRenne, C., R.K. Hetzler, B.P. Buxton, and K.W. Ho (1996). Effects of training frequency on strength maintenance in pubescent baseball players. *J. Strength Cond. Res.* 10:8-14
15. Doherty, D., H.A. Wenger, and M.L. Collins (1987). The effects of resistance training on aerobic and anaerobic power of young boys. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19:389-392
16. Eurofit (1988). European Tests of Physical Fitness. Rome: Council of Europe, Committee for the Development of Sport
17. Faigenbaum, A., L. Zaichkowsky, W. Westcott, L. Micheli, and A. Fehlandt (1993). The effects of a twice per week strength training program on children. *Pediatr. Exerc. Sci.* 5:339-346
18. Faigenbaum, A.D., W.L. Westcott, A.R. Micheli, C.J. Outerbridge, C.J. Long, R. LaRosa-Loud, and L.D. Zaichkowsky (1996). The effects of strength training and detraining on children. *J. Strength Cond. Res.* 10:109-114
19. Falk, B., and G. Mor (1996). The effects of resistance and martial arts training in 6- to 8-year old boys. *Pediatr. Exerc. Sci.* 8:48-56
20. Gorostiaga, E.M., M. Izquierdo, P. Iturralde, M. Ruesta, and J. Ibanez (1999). Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur. J. Appl. Physiol.* 80:485-493
21. Hetzler, R., C. DeRenne, B.P. Buxton, K.W. Ho, D.X. Chai, and G. Seichi (1997). Effects of 12 weeks of strength training on anaerobic power in prepubescent male athletes. *J. Strength Cond. Res.* 11:174-181
22. Keppel, G (1991). Design and Analysis: A Researchers Handbook (3rd ed). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall. pp. 63-91, 221-224
23. Malina, R.M., and C. Bouchard (1991). Growth, Maturation, and Physical Activity. Champaign, IL: Human Kinetics. pp. 229-249
24. Malina, R.M., and C. Bouchard (1991). Growth, Maturation, and Physical Activity. Champaign, IL: Human Kinetics. pp. 371-390
25. National Strength and Conditioning Association (1996). Youth resistance training: Position statement paper and literature review. *Strength Cond. J.* 18:62-75
26. Nindl, B.C., M.T. Mahar, E.A. Harman, and J.F. Patton (1995). Lower and upper body anaerobic performance in male and female adolescent athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:235-241
27. Ozmun, J.C., A.E. Mikesky, and P.R. Surburg (1994). Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26:510-514
28. Ramsey, J., C.J. Blimkie, K. Smith, S. Gernrer, J.D. MacDougall, and D.G. Sale (1990). Strength training effects in prepubescent boys. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22:605-614
29. Rhea, M.R (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J. Strength Cond. Res.* 18:918-920
30. Rians, C.B., A. Weltman, B.R. Cahill, C.A. Janney, S.R. Tippet, and F.I. Katch (1987). Strength training for prepubescent males: Is it safe?. *Med. Sci. Sports Exerc.* 15:483-489
31. Servedio, F.J., R.L. Bartels, R.L. Hamlin, D. Teske, T. Shaffer, and A. Servedio (1985). The effects of weight training, using Olympic style lifts, on various physiological variables in pre-pubescent boys. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17:288
32. Slaughter, M.H., T.G. Lohman, R.A. Boileau, C.A. Horswell, R.J. Stillman, M.D. Van Loan, and D.A. Bembien (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biol.* 60:709-723
33. Thrash, K., and B. Kelly (1987). Flexibility and strength training. *J. Appl. Sport Sci. Res.* 1:74-75
34. VanRossum, J.H.A., and D. Wijbena (1991). Soccer skills technique tests for youth players: Construction and implications. In: Science and Football II. T. Reilly, J. Clarys, and A. Stibbe, eds. London: Taylor and Francis. pp. 313-318
35. Weltman, A., C. Janney, C. Rians, K. Strand, B. Berg, S. Tippet, J. Wise, B. Cahill, and F. Katch (1986). The effects of hydraulic resistance strength training in prepubertal males. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18:629-638
36. Wilson, G.J., R.U. Newton, A.J. Murphy, and B.J. Humphries (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21:1279-1286

Cita Original

Christou, M., I. Smilios, K. Sotiropoulos, K. Volaklis, T. Piliandis, and S.P. Tokmakidis. Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *J. Strength Cond. Res.*; 20 (4): 783-791, 2006.