

Article

# Efectos de un Entrenamiento de Fuerza de 6 Semanas Sobre la Velocidad Crítica, la Distancia de Carrera Anaeróbica, Sprint de 30 m y Rendimientos del Yo-Yo Test de Carrera Intermitente en Jugadores de Fútbol Varones

Bettina Karsten, Eneko Larumbe-Zabala, Gokhan Kandemir, Tahir Hazir, Andreas Klose y Fernando Naclerio

**Cita:** Karsten B, Larumbe-Zabala E, Kandemir G, Hazir T, Klose A, Naclerio F (2016) The Effects of a 6-Week Strength Training on Critical Velocity, Anaerobic Running Distance, 30-M Sprint and Yo-Yo Intermittent Running Test Performances in Male Soccer Players. PLoS ONE 11(3): e0151448. doi:10.1371/journal.pone.0151448

**Editor:** Emanuel Christ, University Hospital of Berne, SWITZERLAND

**Recibido:** Diciembre 15, 2015; **Aceptada:** Febrero 29, 2016; **Publicado:** Marzo 25, 2016

**Copyright:** © 2016

## RESUMEN

Los objetivos de este estudio fueron examinar los efectos de un entrenamiento de la fuerza de intensidad moderada sobre los cambios en la velocidad crítica (VC), la distancia de carrera anaeróbica (DCA), rendimiento del sprint y rendimientos del Yo-Yo test de carrera intermitente (Yo-Yo IR1). Métodos: dos equipos de fútbol recreativos fueron divididos en un grupo de entrenamiento de fútbol solamente (FS; n = 13) y un grupo de entrenamiento de fuerza y fútbol (FF; n = 13). Se evaluaron ambos grupos para los valores de VC, DCA, distancia del Yo-Yo IR1 y el tiempo de sprint de 30-m en dos ocasiones separadas (pre y post intervención). El grupo de FF realizó un entrenamiento concurrente de 6 semanas de fuerza de tren superior y de tren inferior y de entrenamiento de fútbol, aunque el grupo de SF realizó un entrenamiento de fútbol sólo. Resultados: después del re-test de todas las variables, el FF mostró mejoras significativas para ambos, distancia del Yo-Yo IR1 (p = 0.002) y de la VC (p <0.001), sin cambios significativos en el grupo FS. El rendimiento del sprint de 30-m se mejoró ligeramente en el grupo de FS con tiempos de rendimientos significativamente menores identificados en el grupo FS (p <0.001). Los valores para la DCA fueron ligeramente reducidos en ambos grupos (FF -44.5 m, 95% CI = -90.6 a 1.6; FS -42.6 m, 95% CI = -88.7 a 3.5). Conclusiones: combinando un entrenamiento de la fuerza

moderado de 6 semanas con un entrenamiento de fútbol mejoró significativamente la VC, el Yo-Yo IR1, mientras que los rendimientos de sprint de 30-m mejoraron moderadamente en los jugadores de fútbol varones que no estaban entrenados en fuerza previamente. La Velocidad crítica puede ser recomendada a los entrenadores como una herramienta de evaluación válida adicional en el fútbol.

## INTRODUCCIÓN

---

Una de las variables más importantes para medir el rendimiento en el fútbol es el acondicionamiento físico [1]. Una relación significativa entre el acondicionamiento aeróbico máximo de un jugador y tanto el número de sprints alcanzados como la distancia cubierta durante un juego, ha sido establecida [2].

Críticas al éxito en el fútbol son las acciones de la fuerza y de la potencia [3,4]. Esto se ha demostrado de desarrollarse a través del entrenamiento específico y se han enlazado intrínsecamente a los mejores rendimientos del partido total [5-7]. El nivel de rendimiento de tales acciones expresadas como la fuerza máxima puede distinguirse entre los niveles competitivos de los jugadores de fútbol y una fuerte relación entre la fuerza máxima y los tiempos de sprint, ha sido señalada [8].

Otro factor importante de las habilidades específicas del fútbol son la potencia con los dos elementos principales de velocidad y fuerza y recientes investigadores demostraron efectos positivos de un entrenamiento de la fuerza (F) sobre los índices de rendimiento [9-11]. Sin embargo, a la fecha, hay sólo evidencia limitada que hace pensar en resultados similares para el fútbol. Helgerud y cols. [12] demostraron un 51.7% de mejora de la fuerza máxima (1 MR) después de 8 semanas de entrenar con medio-sentadilla, que también se tradujo en mejoras del rendimiento de sprint. En el rugby, Barr y cols. [13] recalcaron una fuerte relación entre la fuerza del tren inferior y la velocidad de sprint. Es más, un entrenamiento de fuerza máxima de 3 semana se ha recomendado como un método eficaz para mejorar los rendimientos de sprint y aeróbicos en el fútbol [14].

Los entrenadores de fútbol normalmente usan el Yo-Yo test de recuperación intermitente (Yo-Yo IR1) para medir el rendimiento aeróbico. Aunque la evaluación de la velocidad crítica (VC) típicamente no se realiza, se ha indicado como una herramienta útil y fácil de hacer como una evaluación adicional [15]. Para un deporte intermitente como el rugby, los mismos investigadores [15] demostraron que la VC es un test apropiado que refleja la tasa más alta del metabolismo aeróbico sin una pérdida progresiva en el estado estable metabólico. La VC excedió los resultados una vez en la utilización de la distancia de carrera anaeróbica (DCA; expresado en metros). La VC además traza un límite entre la intensidad de ejercicio pesada y severa [16]. Es más, un entrenamiento que mejora la DCA y la VC es beneficioso para jugadores aunque los valores de la VC y de la DCA se utilicen como una fácil herramienta para supervisar los cambios en las capacidades de rendimiento así como una ayuda en la prescripción del entrenamiento [17] Aunque los tests de VC/DCA y de Yo-Yo IR1 podrían diferir en la variación de la energética usada y en el carácter de la locomoción, es decir continuo vs intermitente, la relación entre éstos sólo se ha investigado en el rugby de mujeres [15]. El estudio identificó una correlación alta ( $r = 0.86$ ) entre los resultados de la VC y el Yo-Yo IR1.

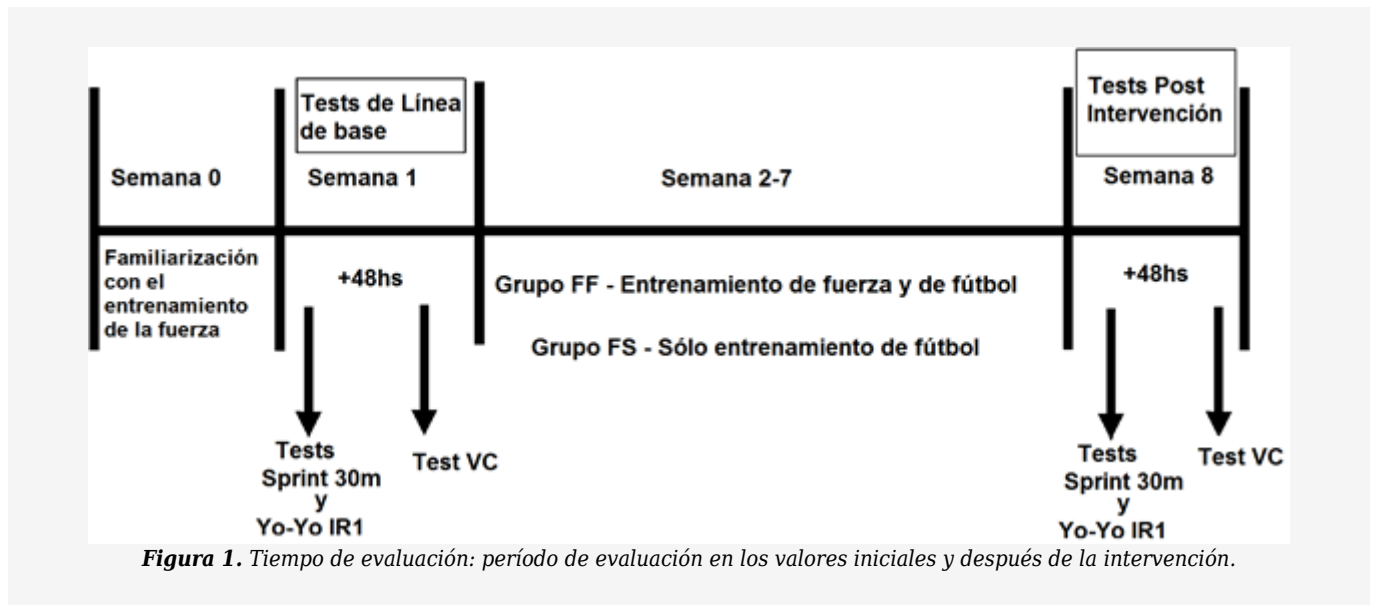
Hasta la fecha, la evidencia limitada en los efectos del entrenamiento de la fuerza sobre la VC sólo se ha analizado en deportes continuo-cíclicos. En ciclismo, Bishop y Jenkins [18] demostraron un impacto positivo, aunque no significativo, de tal intervención en la potencia crítica (el análogo de la VC) y un aumento significativo en la W (el análogo de DCA). Apoyando esto, Sawyer y cols. [19] también demostraron un cambio no significativo en la potencia crítica aunque la carga en W y las duraciones del tiempo hasta el agotamiento, mejoraron después de un intervención de fuerza de 8 semanas. Más recientemente, Karsten y cols. [20] encontraron una mejora del 3% no significativa pero significativa para la VC con una disminución significativa en la DCA en corredores recreativos. Sin embargo, la investigación que se han dirigido sobre el impacto del entrenamiento de la fuerza en los deportes intermitentes, medido en los cambios de la VC y la DCA tiene que ser aprendida.

El objetivo del estudio, por lo tanto, fue investigar la efectividad de una intervención de entrenamiento de la fuerza sobre resultados del Yo-Yo IR1, rendimiento del sprint de 30-m y la VC y la DCA en jugadores de fútbol. Adicionalmente, fueron investigadas las relaciones entre los resultados del test para el Yo-Yo IR1 y rendimientos de la VC y del sprint de 30-m y la DCA. En base a los resultados previos, una mejora en todas las variables pero de la DCA y una relación fuerte entre los resultados de la VC y del Yo-Yo IR1 fueron formuladas como hipótesis.

# MÉTODOS

## Sujetos

Veintiséis jugadores recreativos de fútbol de campo de dos equipos de la tercer liga de la Federación Turca de Fútbol participaron en el presente estudio que tuvo lugar durante el período preparatorio de la temporada de fútbol (Fig. 1). Los jugadores Todo estaban regularmente envueltos en los partidos de fútbol competitivos y habían entrenado por un mínimo de dos años. En el momento de la investigación, los jugadores estaban realizando 3 sesiones de entrenamiento semanales que contenían entrenamiento aeróbico de baja intensidad (es decir, 70-85 % FC<sub>máx</sub>), pliométrico, driles de agilidad y de fútbol específicos sin entrenamiento de la fuerza tan integrado como parte de un programa de acondicionamiento físico. Los jugadores no estaban familiarizados con un entrenamiento de la fuerza máxima.



FF = grupo experimental (realizando el entrenamiento de la fuerza + entrenamiento de fútbol de las semanas 2-7; FS= grupo de sólo entrenamiento de fútbol (entrenamiento de fútbol de las semanas 2-7).

Los equipos fueron divididos en un entrenamiento experimental de fuerza y un entrenamiento de fútbol (FF, n = 13: 18±1 años., altura 174.8±5.4 cm, masa corporal 72.4±6.6 kg) y un grupo de entrenamiento de fútbol solamente (FS, n = 13: 19±1 años., altura 177.3±5.2 cm, masa corporal 73.2±7 kg).

Los sujetos estuvieron de acuerdo en abstenerse de ejercicio intenso y consumo de alcohol en el día anterior a cualquier test y no consumir una comida especial o cafeína 3 horas antes de la evaluación. Además, a los sujetos no se les permitió realizar ningún otro ejercicio más que los que requería la investigación. Todos los sujetos fueron totalmente informados sobre el procedimiento del estudio, protocolos, beneficios y riesgos. Un cuestionario de la historia de salud fue usado para asegurar que los sujetos sean sanos y libres de cualquier lesión musculoesquelética o enfermedad cardiovascular. El estudio se llevó a cabo de acuerdo con las pautas contenidas en la Declaración de Helsinki y fue aceptado por el comité de ética de la facultad de ciencia deportiva de la Universidad de Hacettepe, Turquía. Los participantes tuvieron que dar un consentimiento por escrito completo antes de la evaluación.

## Procedimientos

Este estudio utilizó un diseño controlado paralelo con 2 grupos, donde dos condiciones entre los participantes de FF y FS fueron evaluadas. Se les dijo a los sujetos que mantengan un entrenamiento de fútbol similar a lo largo del período experimental. Antes del inicio del estudio, el grupo de entrenamiento de la fuerza completó un período de familiarización para todos los ejercicios del entrenamiento de la fuerza. Esto fue seguido por dos sesiones de evaluación donde la VC y la DCA (test 1) y el test de sprint de 30-m seguido por el Yo-Yo IR1 (test 2), fueron realizados. All testing sessions were carried out with a 48 h recovery period. Players were familiar with the Yo-Yo IR1 test and had performed the test prior to the present study at least once. Todas las sesiones de evaluación se llevaron a cabo con un período de 48 hs de

recuperación. Jugadores fueron familiarizados con el test de Yo-Yo IR1 y habían realizado al menos una vez el test antes del presente estudio. Por consiguiente, el grupo de ST realizó en días separados un entrenamiento de la fuerza dos veces por semana además del entrenamiento de fútbol tres veces por semana y el grupo FS continuó con su entrenamiento de fútbol tres veces por semana en forma regular. Después del período experimental de 6 semanas, ambas sesiones de evaluación fueron repetidas (Fig. 1).

## Mediciones

### *Test de sprint de 30-m y Yo-Yo IR1 test.*

Después de una entrada en calor estandarizada (5 minutos de trote seguido de 5 minutos de una rutina de estiramientos), desde una partida de pie, los jugadores realizaron tres sprints de 30-m repetidos usando una recuperación de 60 segundos entre los sprints al aire libre en un campo de fútbol. Se registraron los tiempos usando fotocélulas y el mejor tiempo de sprint individual se usó para el análisis de datos. Esto fue seguido por el test de Yo-Yo IR1 donde 3-4 jugadores realizaban el test juntos. Consistente con Bangsbo, Iaia y Krusturp [21], los jugadores tenían que ejecutar carreras ida y vuelta de 20 m repetidamente en una cancha de fútbol al aire libre. Empezaban con un ritmo de 10 km·h<sup>-1</sup>, que los jugadores iban progresivamente aumentando a lo largo del test y siguiendo los bips de un audio en un reproductor de CDs. Entre cada turno de carrera, los jugadores tenían un descanso de 10 segundos activos que consistió en 2 trotes de 5 m. La distancia de la evaluación era marcada por conos, teniendo una separación de 2 m y una longitud de 20 m. Otro cono puesto 5 m detrás de la línea final marcaba la distancia de carrera durante el período de recuperación activa. Los tests finalizaban cuando los jugadores no alcanzaban 2 veces la línea de llegada a tiempo. La distancia cubierta se registró hasta al metro más cercano. Todos los jugadores fueron acostumbrados al test por un pre-test.

### *Tests de VC.*

Los sujetos tenían que correr 3000 m, 1800 m y 1000 m en el menor tiempo posible en una pista de atletismo, usando un método de recuperación de 30 minutos entre las pruebas [22]. Se dirigieron las carreras en este orden y se repitieron después del período experimental (7.5, 4.5 y 2.5 vueltas). Las distancias seleccionadas intentaban inducir carreras exhaustivas entre 2 y 15 minutos. Las pruebas fueron realizadas individualmente y usaron una entrada en calor estandarizada (trote de 5 minutos suave seguido por una rutina de estiramiento de 5 minutos). Se animaron fuertemente en forma verbal a todos los jugadores en cada prueba y el tiempo fue registrado usando fotocélulas. Una vuelta a la calma de 5 minutos a velocidades más suaves se realizó antes de descansar pasivamente durante otros 25 minutos. La evaluación no era realizada si la velocidad del viento excedía 2 m·seg<sup>-1</sup>. La regresión lineal fue usada para determinar la VC y la DCA (SE = 0.15 m·seg<sup>-1</sup>) usando la relación tiempo-distancia [(d = VC \* t) + DCA], donde: d = distancia de carrera y t = tiempo total de carrera.

### *Entrenamiento de la fuerza.*

El grupo que entrenaba fuerza realizó un programa de entrenamiento de la fuerza de 6 semanas que involucraba 3 ejercicios de tren inferior (sentadilla paralela, estocadas, peso muerto romano) y 2 de tren superior (remo de pie con mancuernas y press de banco). El programa del entrenamiento de la fuerza se realizó 2 veces por semana en días no consecutivos (12 sesiones en total). A fin de determinar la carga de entrenamiento de cada uno de los ejercicios seleccionados, los sujetos incluidos en el grupo de entrenamiento de la fuerza, realizaron un test de fuerza máxima (1MR) para los cinco ejercicios seleccionados. El valor de 1MR para cada uno de los 5 ejercicios de fuerza fue determinado según la metodología propuesta por Baechle, Earle y Wathen [23]. Durante las primeras dos semanas, los jugadores realizaron 3 series de 12 repeticiones al 60-65% de 1MR para cada ejercicio. Durante las siguientes 4 semanas, los sujetos realizaron 3 a 4 series al 70-75% de 1MR para todos los ejercicios. Las cargas eran ajustadas en base a la tasa de esfuerzo percibido [Escala de Omni-Res de RPE; [24]]. cuando los sujetos expresaban un valor más bajo que 9 al final de la serie última, la carga era aumentada entre un 5% a un máximo de 15%, dependiendo del 'feedback' (información expresada) de los jugadores. Se les dijo a los sujetos que realicen los ejercicios tan rápido como fuera posible usando una técnica apropiada. Un entrenador en fuerza y entrenamiento certificado supervisó todos los entrenamientos de la fuerza.

## Statistical Analysis

Un análisis descriptivo fue realizado y como consecuencia se aplicaron el test de Kolmogorov-Smirnov y el test de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad. El mismo modelo de análisis mixto de variación (ANOVA) fue aplicado para probar las diferencias en cada variable dependiente (VC, DCA, Yo-Yo IR1, y sprint de 30 m) comparadas por grupo (FF vs FS) y por tiempo (pre vs post). Se usaron comparaciones de pares para determinar las diferencias entre los puntos de tiempo. Los valores generalizados de eta cuadrada ( $\eta^2$ ) y d de Cohen, se reportaron para proveer una estimación del tamaño del efecto estandarizado (d pequeño = 0.2,  $\eta^2$  = 0.01; d moderado = 0.5,  $\eta^2$  = 0.06; y d grande = 0.8,  $\eta^2$  = 0.14). El nivel de significancia fue puesto en  $p < 0.05$ . Los resultados fueron reportados como promedios  $\pm$ SD a menos que se declarara lo contrario. El paquete de estadística IBM SPSS versión 20.0 fue usado para realizar las estadísticas descriptivas y el

ANOVA. Los tamaños del efecto fueron calculados basado en Bakeman [25]. Se evaluaron las relaciones usando coeficientes de correlación del producto del momento de Pearson.

## RESULTADOS

Todos los datos fueron normalmente distribuidos. El tiempo de carrera promedio para los 3000 m fue de  $13.95 \pm 1.37$  minutos, para los 1500 m fue de  $7.26 \pm 0.6$  minutos y para los 1000 m fue de  $3.53 \pm 0.47$  min. La Tabla 1 muestra los valores medidos para la VC, la DCA, el Yo-To IR1 y los sprints para el grupo experimental y el grupo de control. Al convertir la distancia del Yo-Yo IR1 (m) en velocidad final (m/seg), una relación moderada media ( $r = 0.31$ ) entre las variables fue identificada (Tabla 1).

**Tabla 1.** Valores de la línea de base y de la posterior intervención para rendimientos del Yo-Yo IR1, VC, DCA y sprint de 30-m ( $\pm$ SD) para el grupo experimental y grupo de control ( $P < 0.05$ ).

	FF (n = 13)		FS (n = 13)	
	Pre	Post	Pre	Post
Yo-Yo IR1 (m)	1547.7 $\pm$ 315.1	1695.4 $\pm$ 307*	1427.7 $\pm$ 368.2	1430.8 $\pm$ 309.5
Yo-Yo IR1 (m)	4.44 $\pm$ 0.2	4.48 $\pm$ 0.1	4.38 $\pm$ 0.2	4.39 $\pm$ 0.1
CV (m/seg)	3.43 $\pm$ 0.29	3.75 $\pm$ 0.23*	3.23 $\pm$ 0.34	3.35 $\pm$ 0.27
DCA (m)	300.8 $\pm$ 64.8	256.3 $\pm$ 39.2	337.1 $\pm$ 80.7	294.5 $\pm$ 111.8
30 m (seg)	4.68 $\pm$ 0.2 <sup>y</sup>	4.56 $\pm$ 0.24	4.53 $\pm$ 0.14	4.56 $\pm$ 0.22**

\* significativamente mejorados resultados pre y post tests.  
 \*\* significativamente menores resultados pre y post tests.  
 \*\*\* significativamente diferente entre los grupos.

### El Yo-Yo IR1 test

Los resultados del ANOVA mostraron un efecto significativo de interacción entre el grupo y el tiempo,  $F(1,24) = 11.22$ ,  $p = 0.003$ ,  $n_2g = 0.01$ . Las diferencias pre- a post-, fueron significativas ( $F(1,24) = 12.2$ ,  $p = 0.002$ ,  $n_2g = 0.01$ ) pero nosotros no encontramos un efecto estadísticamente significativo del grupo ( $F(1,24) = 2.33$ ,  $p = 0.140$ ,  $n_2g = 0.09$ ). Aunque el grupo FS mostró una mejora no significativa (95% CI = -59.9 a 66.1 m/seg,  $t(24) = 0.1$ ,  $p = 0.921$ ,  $d = 0.02$ ), el grupo que entrenó fuerza cubrió 147.7 m más (95% C.I. = 84.7 a 210.7) en el test de Yo-Yo IR1 después de completar el entrenamiento específico,  $t(24) = 4.84$ ,  $p < 0.001$ ,  $d = 0.95$ . Usando la ecuación para la capacidad aeróbica máxima predictiva ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) del Yo-Yo IR1 test ( $VO_{2m\acute{a}x} = IR1 \text{ distancia (m)} \times 0.0084 + 36.4$ ), los valores de antes y posteriores de la intervención para el grupo del entrenamiento de la fuerza fueron de  $49.4 \pm 2.6$  mL·min·kg y de  $50.6 \pm 2.6$  mL·min·kg, y para el grupo FS fueron de  $48.4 \pm 3.1$  mL·min·kg y de  $48.4 \pm 2.6$  mL·min·kg. A fin de determinar la potencia estadística, un análisis post-hoc fue dirigido del resultado primario (Yo-Yo IR1) para el grupo del entrenamiento de la fuerza ( $n = 13$ ,  $d = 0.95$ ). Asumiendo un nivel de significancia de 0.05, nosotros alcanzamos una potencia de 0.88.

### Velocidad crítica

Se encontraron diferencias significativas por grupo ( $F(1,24) = 9.81$ ,  $p = 0.005$ ,  $n_2g = 0.23$ ) y por tiempo ( $F(1,24) = 15.48$ ,  $p = 0.001$ ,  $n_2g = 0.11$ ). El efecto de interacción no fue significativo ( $F(1,24) = 3.34$ ,  $p = 0.080$ ,  $n_2g = 0.03$ ). Los cambios de los jugadores del grupo FS en la VC después de seis semanas no fueron significativos (95% CI = -0.16 a 0.48 m/seg,  $t(24) = 1.48$ ,  $p = 0.152$ ,  $d\acute{a} = 0.29$ ). En contraste, los jugadores del grupo de entrenamiento de la fuerza mejoraron la VC por 0.32 m/seg (95% C.I. = 0.16 a 0.48) después de completar el entrenamiento específico,  $t(24) = 4.05$ ,  $p < 0.001$ ,  $d\acute{a} = 0.79$ .

### Distancia de carrera anaeróbica

Sólo un efecto pre-post fue encontrado de ser significativo ( $F(1,24) = 7.59$ ,  $p = 0.011$ ,  $n_2g = 0.07$ ), pero no se encontró ninguna diferencia significativa entre los grupos ( $F(1,24) = 1.98$ ,  $p = 0.172$ ,  $n_2g = 0.06$ ) o efecto de interacción ( $F(1,24) = 0.003$ ,  $p = 0.953$ ,  $n_2g = 0$ ). La distancia de carrera anaeróbica fue ligeramente reducida en ambos grupos (FF -44.5 m, 95% CI = -90.6 a 1.6; FS -42.6 m, 95% CI = -88.7 a 3.5), mostrando tendencias similares en el grupo de FF ( $t(24) = -1.99$ ,

$p = 0.058$ ,  $d = -0.39$ ) y grupo FS ( $t(24) = -1.91$ ,  $p = 0.069$ ,  $d = -0.37$ ).

### Test de sprint de 30 m

Los resultados del ANOVA mostraron un efecto de interacción significativa entre grupo y tiempo,  $F(1,24) = 88.78$ ,  $p < 0.001$ ,  $n_2g = 0.28$ . El efecto pre- a post- ( $F(1,24) = 144.14$ ,  $p < 0.001$ ,  $n_2g = 0.31$ ), y el efecto de grupo ( $F(1,24) = 75.82$ ,  $p < 0.001$ ,  $n_2g = 0.49$ ) también fue significativo. Los jugadores del grupo FS empeoraron su rendimiento en el test de sprint ( $t(24) = 15.25$ ,  $p < 0.001$ ,  $d = 2.99$ ) por aproximadamente 0.98 m/seg (95% CI = -1.11 a -0.84). En contraste, ninguna diferencia significativa se observó para el grupo FF ( $t(24) = 1.84$ ,  $p = 0.078$ ,  $d = 0.36$ ; 0.12 m/seg, 95% CI = -0.25 a 0.15) con algunos jugadores ( $n = 11$ ) mostrando rendimientos del sprint mejorados.

## DISCUSIÓN

Los principales hallazgos del presente estudio fueron que un programa de entrenamiento de la fuerza realizado en 6 semanas, 2 veces por semana, produjo un aumento significativo en los rendimientos del Yo-Yo IR1 y de la VC en jugadores de fútbol varones (Tabla 1). Los valores de los rendimientos del sprint de 30 m disminuyeron por un promedio no significativo de  $0.12 \pm 0.14$  segundos en el grupo experimental solamente, aunque los valores de la DCA disminuyeron significativamente por un promedio de  $45 \pm 82$  m y  $43 \pm 80$  m, tanto en el grupo experimental como en el grupo de control, respectivamente. Cuando se convierten los resultados de la distancia del Yo-Yo IR1 a la velocidad de carrera, los cambios del rendimiento promedio expresados como porcentaje, no reflejan las mejoras totales, cuando son comparados a los cambios en los valores de la distancia recorrida y de la VC en ambos grupos (FF  $0.75 \pm 1.9\%$ ; FS  $1.23 \pm 1.62\%$  vs FF  $9.8 \pm 3.7$  m/seg; FS  $4.23 \pm 8.86$  m/seg para valores del Yo-Yo IR1 y de la VC, respectivamente). Esto indica que las velocidades de carrera del Yo-Yo IR1 test son menos sensibles a cambios en la capacidad de rendimiento.

Nuestros resultados son soportados por Karsten y cols. [20] quienes reportaron un 2.9% de aumento en la VC después de una intervención del entrenamiento de la fuerza de 6 semanas en corredores entrenados moderadamente. El presente estudio produjo notablemente mejoras significativas más grandes (Tabla 1; 9.8%), lo que podría haber sido causado por diferentes niveles de entrenamiento o por diferencias en los ejercicios del entrenamiento de la fuerza, ya que Karsten y cols. [20] aplicaron sólo ejercicios del tren inferior. Aunque en ninguna parte de la investigación presente, Støren y cols. [26] demostraron mejoras en la economía de carrera después de la aplicación de un entrenamiento de la fuerza máxima de tren superior, lo que puede sugerirse de haber influido en los cambios comparativamente superiores en los valores de la VC en el grupo del entrenamiento de la fuerza. En contraste a nuestros resultados, Bishop y Jenkins [18] y Sawyer y cols. [19] reportaron cambios no significativos en la potencia crítica después de una intervención del entrenamiento de la fuerza de 6 semanas y 8 semanas, respectivamente. Bishop y Jenkins [18] llevaron a cabo sólo ejercicios de entrenamiento de la fuerza del tren inferior mientras que Sawyer y cols. [19] incluyeron algunos ejercicios de entrenamiento de la fuerza de tren superior. A diferencia del presente estudio, se realizaron ambas intervenciones mencionadas usando sujetos desentrenados. Es más, las diferencias entre las actividades continuas e intermitentes, como cambios de intensidad, cambio de direcciones y aceleración y desaceleración, podrían dar cuenta de los resultados divergentes.

Juzgado como un test de fitness conveniente para un deporte intermitente como el rugby [15], los resultados del presente estudio demuestran que la evaluación de la VC también puede aplicarse en el fútbol. Sin embargo, el presente estudio sólo identificó una correlación moderada entre los resultados de la VC y del Yo-Yo IR1. A diferencia del presente estudio, Clarke y cols. [15] utilizaron distancias de carrera de 100 m, 400 m y 1500 m para la determinación de la VC, lo que produjo tiempos promedio de carrera más cortos (13.8 segundos, 1.24 minutos y 7.85 minutos, respectivamente). Poole y cols. [16] recomendaron una duración mínima de 2 minutos de una prueba exhaustiva que podría explicar las diferencias entre los resultados, ya que pruebas exhaustivas más cortas producen valores superiores de VC [27].

El Yo-Yo IR1 ha demostrado su confiabilidad y capacidad para determinar diferencias entre varios grupos etarios así como en posiciones de juego [28-30]. Nuestros nuevos resultados hacen pensar en una sensibilidad de la evaluación igual que la VC, ya que ambas variables mejoraron a la misma magnitud (Yo-Yo IR1 [m]) 10.2%; VC [m/seg] 9.8%). Por lo tanto, la VC puede ofrecerse como una herramienta adicional mejorada y válida de evaluación ya que los atletas no son requeridos de realizar un aumento sistemáticamente en la velocidad de carrera hasta al agotamiento, un estrés fisiológico que sólo es limitado que refleja el partido de fútbol. Es más, la VC puede usarse como un método no invasivo para determinar el punto de quiebre del lactato [31] así como también proveer un método de prueba objetivo, válido, fiable, exacto y sensible [32] para supervisar los cambios en el fitness de la resistencia aeróbica [33]. Puede usarse, además, como un valor de referencia para determinar el límite entre la zona del entrenamiento de la resistencia pesada y severa [16].

Se acepta ampliamente que la aplicación del entrenamiento de la fuerza mejora los rendimientos del sprint en 10-40 m [34]

y nuestros resultados de una media de  $2.6 \pm 0.02\%$ , aunque el aumento del rendimiento de sprint no fue significativo, son apoyados por varias investigaciones. Se demostró [12] una mejora significativa de 1.6% del rendimiento de sprint sobre una distancia de 20 m usando un ejercicio de media sentadilla en jugadores de fútbol de élite después de 8 semanas (dos veces semanalmente dicho entrenamiento). Ronnestad y cols. [6], en jugadores de fútbol profesionales, encontraron un aumento del 1.3% en el rendimiento del sprint de 40 m después de una intervención de 7 semanas (dos veces semanalmente dicho entrenamiento) de ejercicios de media sentadilla y flexores de cadera. La mejora de magnitud superior en el rendimiento del sprint en el presente estudio o pudo ser debida al número de ejercicios pertinentes de entrenamiento de la fuerza o el nivel de jugadores, ya que la duración, volumen e intensidad de las intervenciones son similares. Kotzamanidis y cols. [35], sin embargo, reportaron resultados contradictorios de los 30 m, ya que los jugadores exhibieron sólo pequeñas mejoras en el rendimiento de sprint (0.46%). Los entrenamientos consistieron en ejercicios de media sentadilla, curl de piernas y subidas al banco, en un período de 9 semanas usando entrenamiento de la fuerza pesado periodizado. Los autores no reportaron el nivel de los jugadores, lo que puede explicar los diferentes resultados.

Nuestro estudio también identificó disminuciones notables en ambos grupos de la DCA (Tabla 1). Consistente con Karsten y cols. [20], quienes reportaron una disminución para este parámetro después de una intervención de entrenamiento de la fuerza de 6 semanas en corredores moderadamente entrenados, nuestros resultados están en contraste con aquellos de Bishop y Jenkins [18] y Sawyer y cols. [19]. Estos resultados contradictorios sostienen una discordancia actual en la literatura sobre la confiabilidad, verdadera constitución y comportamiento adaptativo de este parámetro de la relación tiempo-distancia [36-39]

### Limitaciones del estudio

El acceso limitado a jugadores no permitió un test de 1MR de post-intervención de los ejercicios del entrenamiento de la fuerza. El diseño del estudio además no nos permite establecer algo definitivo, o las mejoras presentadas son solamente debidas al tratamiento del entrenamiento de la fuerza, ya que las cargas de entrenamiento no fueron igualadas entre los grupos.

## CONCLUSIONES

Para mejorar significativamente las capacidades de rendimiento, un programa de entrenamiento concurrente de la fuerza y de fútbol de 6 semanas usando cargas moderadas (60-65% de 1 MR) a pesadas (70-75% de 1MR) puede ser recomendado a jugadores de fútbol sin experiencia en el entrenamiento de la fuerza durante el período preparatorio de la temporada de fútbol. Determinando la transición entre el ejercicio pesado y severo y la tolerancia del ejercicio, el presente estudio también ha demostrado la utilidad de la VC como herramienta para descubrir cambios en las capacidades de rendimiento inducidos por una intervención del entrenamiento de la fuerza. La VC, por lo tanto, puede ser recomendada a los entrenadores de fútbol como un test conveniente, válido, sensible y fiable, que puede usarse adicionalmente con un propósito de prescripción del entrenamiento. Se recomiendan estudios futuros que igualen cargas de entrenamiento, para investigar la duración óptima y, de ahí, una mejora óptima del rendimiento de tal entrenamiento de resistencia específica deportiva.

## REFERENCIAS

1. Rösch D, Hodgson R, Peterson TL, Graf-Baumann T, Junge A, Chomiak J, et al. (2000). Assessment and evaluation of football performance. *Am J Sports Med.* 2000;28:S29-39.
2. Bangsbo J. (1994). The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl.* 1994;619:1-155.
3. Haugen T, Tønnessen E, Hisdal J, Seiler S. (2014). The role and development of sprinting speed in soccer. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(3):432-41.
4. Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisløff U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med.* 2005;35(6):501-36.
5. Impellizzeri F, Marcora S, Castagna C, Reilly T, Sassi A, Iaia F, et al. (2006). Physiological and Performance Effects of Generic versus Specific Aerobic Training in Soccer Players. *Int J Sports Med.* 2006;27(6):483-92.
6. Ronnestad BR, Kvamme NH, Sunde A, Raastad T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 2008;22(3):773-80.
7. Shalfawi SAI, Haugen T, Jakobsen TA, Enoksen E, Tønnessen E. (2013). The effect of combined resisted agility and repeated sprint training vs. strength training on female elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 2013;27(11):2966-72.

8. Wisløff U, Helgerud J, Hoff J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(3):462-7.
9. Damasceno M., Lima-Silva AE, Pasqua LA, Tricoli V, Duarte M, Bishop DJ, et al. (2012). Effects of Resistance Training on neuromuscular characteristics and pacing during 10 km running time trial. *Eur J Appl Physiol.* 2012;115(7):1513-22.
10. Mikkola J, Vesterinen V, Taipale R, Capostagno B, Häkkinen K, Nummela A. (2011). Effect of resistance training regimens on treadmill running and neuromuscular performance in recreational endurance runners. *J Sports Sci.* 2011;29(13):1359-71.
11. Taipale RS, Mikkola J, Nummela A, Vesterinen V, Capostagno B, Walker S, et al. (2010). Strength training in endurance runners. *Int J Sports Med.* 2010;31(7):468-76.
12. Helgerud J, Rodas G, Kemi OJ, Hoff J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *Int J Sports Med.* 2011;32(9):677-82.
13. Barr MJ, Sheppard JM, Agar-Newman D, Newton RU. (2014). The transfer effect of strength and power training to the sprinting kinematics of international rugby players. *J Strength Cond Res.* 2014;28(9):2585-96.
14. Hoff J, Helgerud J. (2004). Endurance and Strength Training for Soccer Players. *Sport Med.* 2004;34(3):165-80.
15. Clarke AC, Presland J, Rattray B, Pyne DB. (2014). Critical velocity as a measure of aerobic fitness in women's rugby sevens. *J Sci Med Sport.* 2014;17(1):144-8.
16. Poole DC, Ward SA, Gardner GW, Whipp BJ. (1988). Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. *Ergonomics.* Taylor & Francis; 1988;31(9):1265-79.
17. Clark IE, West B, Reynolds S, Murray SR, Pettitt RW. (2013). Applying the Critical Velocity Model for an Off-Season Interval Training Program. *J Strength Cond Res.* 2013;27(12):3335-41.
18. Bishop D, Jenkins DG. (1996). The influence of resistance training on the critical power function & time to fatigue at critical power. *Aust J Sci Med Sport.* 1996;28(4):101-5.
19. Sawyer BJ, Stokes DG, Womack CJ, Morton RH, Weltman A, Gaesser G. (2013). Strength Training Increases Endurance Time to Exhaustion During High-Intensity Exercise Despite no Change in Critical Power. *J Strength Cond Res.* 2013;28(3):601-9.
20. Karsten B, Stevens L, Colpus M, Larumbe-Zabala E, Naclerio F. (2015). The Effects of a Sports Specific Maximal Strength and Conditioning Training on Critical Velocity, Anaerobic Running Distance and 5-km Race Performance. *Int J Sports Physiol Perform.*
21. Bangsbo J, Iaia FM, Krustup P. (2008). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test Intermittent Sports. 2008;38(1):37-51.
22. Galbraith. (2011). A Novel Field Test to Determine Critical Speed. *J Sports Med Doping Stud.* 2011;01(01):1-4.
23. Baechle T, Earle R, Wathen D. (2008). Essentials of Strength Training and Conditioning 3rd Edition: In: Baechle T, Earle R, editors. 3rd ed. Champaign (IL): Human Kinetics Publishers; 2008. p. 381-412.
24. Robertson RJ, Goss FL, Rutkowski J, Lenz B, Dixon C, Timer J, et al. (2003). Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale for Resistance Exercise. *Med Sci Sport Exerc.* 2003;35(2):333-41.
25. Bakeman R. (2005). Recommended effect size statistics for repeated measures designs. *Behav Res Methods.* 2005;37(3):379-84.
26. Støren O, Helgerud J, Støa EM, Hoff J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(6):1087-92.
27. Jenkins D, Kretek K, Bishop D. (1998). The Duration of Predicting Trials Influences Time to Fatigue at Critical Power. *J Sci Med Sport.* 1998;1(4):213-8.
28. Deprez D, Coutts AJ, Lenoir M, Fransen J, Philippaerts R, et al. (2014). Reliability and validity of the Yo-Yo intermittent recovery test level 1 in young soccer players. *J Sports Sci.* 2014;32(10):903-10.
29. Fanchini M, Castagna C, Coutts AJ, Schena F, McCall A, Impellizzeri FM. (2014). Are the Yo-Yo intermittent recovery test levels 1 and 2 both useful? Reliability, responsiveness and interchangeability in young soccer players. *J Sports Sci.* 2014;32(20):1950-7.
30. Markovic G, Mikulic P. (2011). Discriminative Ability of The Yo-Yo Intermittent Recovery Test (Level 1) in Prospective Young Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2011;25(10):2931-4
31. Smith CGM, Jones AM. (2001). The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *Eur J Appl Physiol.* 2001;85(1-2):19-26.
32. Jones AM, Poole DC. (2009). Physiological demands of endurance exercise. In: Maughan RJ, editor. *Olympic Textbook of Science in Sport.* Chichester, UK: Wiley-Blackwell Publishing, Chichester, UK; 2009. p. 43-55.
33. Stickland MK, Petersen SR, Dressendorfer RH. (2000). Critical aerobic power during simulated 20 km bicycle racing. *Sport Med Train Rehabil.* 2000;9(4):289-301.
34. Silva JR, Nassiss GP, Rebelo A. (2015). Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sport Med—Open. Sports Medicine—Open;* 2015;2(1).
35. Kotzamanidis C, Chatzopoulos D, Michailidis C, Papaiaikovou 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.
36. Deckerle J, Brickley G, Hammond AJP, Pringle JSM, Carter H. (2006). Validity of the two-parameter model in estimating the anaerobic work capacity. *Eur J Appl Physiol.* 2006;96(3):257-64.
37. Gaesser GA, Carnevale TJ, Garfinkel A, Walter DO, Womack CJ. (1995). Estimation of critical power with nonlinear and linear models. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(10):1430-8.
38. Galbraith A, Hopker J, Lelliott S. (2014). A Single-Visit Field Test of Critical Speed. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(6):931-5.
39. Vanhatalo A, Jones AM, Burnley M. (2011). Application of Critical Power in Sport What Is the Critical Power Concept? *Int J Sports Physiol Perform.* 2011;6:128-36.