

Article

# Efectos del Entrenamiento Intervalado de Alta Intensidad Realizado Durante la Temporada en Jugadores De Fútbol

Gregory Dupont, Koffi Akakpo y Aserge Berthoin

*Laboratory of Human Motor Studies, Faculty of Sports Science and Physical Education, University of Lille 2, Lille, France*

## RESUMEN

En este trabajo analizamos los efectos del entrenamiento intervalado de alta intensidad en la temporada sobre el rendimiento de carrera de jugadores de fútbol varones profesionales. Participaron veintidós sujetos en 2 períodos de entrenamiento consecutivos de 10 semanas. El primer período fue considerado un período control y se comparó con un período donde se incluyeron 2 ejercicios de entrenamiento intervalado de alta intensidad dentro del programa de entrenamiento habitual. Las carreras intermitentes consistieron en 12-15 carreras de 15 segundos de duración a 120% de la velocidad aeróbica máxima alternadas con 15 segundos de descanso. Las repeticiones de los sprints consistieron en 12-15 carreras máximas de 40 m alternadas con 30 segundos de descanso. Los resultados del entrenamiento intervalado de alta intensidad han demostrado que la velocidad aeróbica máxima aumentó ( $+ 8.1 \pm 3.1\%$ ;  $p < 0.001$ ) y que el tiempo de sprint de 40-m disminuyó ( $-3.5 \pm 1.5\%$ ;  $p < 0.001$ ), mientras que no se observaron cambios en otros parámetros durante el período control. Este estudio demuestra que es posible realizar mejoras en las cualidades físicas durante el período de temporada.

## INTRODUCCIÓN

En jugadores de fútbol el entrenamiento tiene el objetivo de mejorar las cualidades técnicas, tácticas, psicológicas y físicas. Durante la pre temporada, el entrenamiento se centra en mejorar la aptitud física, mientras que durante el período de temporada el énfasis se ubica en obtener mejoras tácticas y técnicas mientras se mantiene la aptitud física. Por lo tanto, dado que los partidos requieren un gasto de energía alto, la carga de entrenamiento no aumenta para evitar fatiga excesiva o la aparición del síndrome de sobreentrenamiento.

Durante un partido de fútbol, los jugadores realizan diferentes tipos de ejercicios como correr, dar patadas, saltar y realizar abordajes. El fútbol requiere la repetición de carreras alternadas con períodos cortos o largos de recuperación que puede ser activa o pasiva. Los períodos de intensidad y de carrera pueden alternar en cualquier momento en función de las demandas del partido. Además, frecuentemente los goles o las acciones sostenidas son precedidos por aceleraciones, sprints, irrupciones, saltos y tiros. Por consiguiente, uno de los objetivos del entrenamiento es mejorar la capacidad de realizar ejercicios máximos y de alta intensidad. Bangsbo (4) observó que jugadores Daneses de primera división realizaron más carreras de gran velocidad y sprints que los jugadores de segunda división dinamarqueses, lo que indica que la cantidad de sprints y carreras de gran velocidad dependen del nivel de la competencia. El fútbol también se caracteriza

por la introducción de nuevas reglas dictadas por el Comité Internacional de Asociaciones de Fútbol, como la regla 1992 que establece que los arqueros no pueden utilizar sus manos cuando sus compañeros les pasan la pelota; la regla 1997 que determina el tiempo limitado que los arqueros pueden mantener la pelota en sus manos; o la disponibilidad de pelotas alrededor del campo de juego cuando una pelota traspasa los límites del campo, lo que apunta a aumentar el tiempo de juego efectivo y disminuye el tiempo de recuperación. Para los jugadores de fútbol de alto nivel, esto significa que deben ser capaces de realizar múltiples sprints y carreras de alta intensidad y de recuperarse más rápidamente.

Sin embargo, el rendimiento en fútbol también depende de la capacidad aeróbica de los jugadores. Helgerud et al. (16) observaron que las mejoras en el consumo de oxígeno máximo ( $VO_{2max}$ ) produjeron un aumento en el rendimiento en fútbol, establecido por la distancia recorrida, nivel de intensidad de trabajo y número de sprints durante un partido. Por lo tanto aumentar la aptitud física de un jugador de fútbol a través del entrenamiento es un proceso complejo que requiere una mejora en las características aeróbicas y anaeróbicas.

El propósito de este estudio fue determinar los efectos de un programa de entrenamiento intervalado de alta intensidad realizado en la temporada. Este programa de entrenamiento específico fue comparado con un período control en el cual los participantes realizaron los ejercicios de fútbol habituales. Planteamos la hipótesis que el programa específico les permitiría a los jugadores de fútbol aumentar sus características aeróbicas y anaeróbicas sin disminuir el rendimiento del equipo de fútbol.

## MÉTODOS

---

### Enfoque experimental del problema

El seguimiento a los participantes se realizó durante un período de 20 semanas que fue dividido en un período control (semanas 1-10) y un período de entrenamiento intervalado de alta intensidad (semanas 11-20). El período control abarcó desde agosto a octubre, mientras que el período de entrenamiento intervalado de alta intensidad abarcó desde octubre a diciembre. Antes de comenzar el protocolo se realizaron mediciones antropométricas (talla, masa y porcentaje de grasa corporal) y se realizó una prueba de esfuerzo progresiva máxima. Las pruebas de campo (prueba de esfuerzo progresiva máxima y prueba de sprint de 40 m) y las mediciones antropométricas se realizaron antes del período control, después del período control (qué correspondió al principio del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad), y al final del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad. Las pruebas de campo y los ejercicios de entrenamiento se realizaron en una pista de tartán de 400 m al aire libre.

El número total de sesiones fue el mismo para los dos programas. La duración de cada sesión estuvo entre 1 hora 15 minutos y 1 hora 30 minutos. Antes de las pruebas, se explicaron los procedimientos a los participantes. Las pruebas se realizaron en el mismo momento del día y de la semana. Se solicitó a los participantes que descansaran el día de la prueba y que consumieran su última comida al menos 3 horas antes de la prueba, además se les solicitó que no fumaran ni consumieran bebidas que contenían cafeína.

### Sujetos

En el estudio participaron veintidós jugadores de fútbol varones profesionales. Los participantes jugaban en el nivel nacional y realizaban 1 partido y de 8 a 10 sesiones de entrenamiento por semana. Antes de entrar en la fase de experimentación, los registros de edad, altura, y masa corporal de los participantes fueron  $20.2 \pm 0.7$  años,  $178.0 \pm 4.9$  centímetros, y  $71.3 \pm 5.7$  kg, respectivamente. Antes de dar su consentimiento informado por escrito los sujetos fueron totalmente informados sobre los riesgos de participar en el estudio. Este estudio fue aprobado por el Comité Consultivo para Protección Humana en las Investigaciones Biomédicas de Lille (Comité de Ética para Investigaciones Humanas en el Área de Lille).

### Medidas Antropométricas

Las medidas antropométricas incluyeron talla, masa corporal y porcentaje de grasa corporal. La talla se midió con un estadiómetro de pared y para determinar la masa corporal y estimar el porcentaje de grasa corporal se utilizó una balanza de impedancia bioeléctrica calibrada (*Tanita TBF 543*).

### Prueba de esfuerzo progresiva máxima en cinta rodante

Antes de realizar la prueba de esfuerzo progresiva máxima se realizó un examen médico. El fin de este examen fue caracterizar la población y determinar la capacidad de jugar en un nivel alto. Durante esta prueba, se midió el intercambio

de gases respiratorios respiración-por-respiración mediante un sistema portátil (*Cosmed K4b2, Cosmed, Roma, Italia*) para determinar el consumo del oxígeno máximo ( $VO_{2max}$ ). Este analizador ha sido validado previamente para medir estos parámetros en una amplia gama de intensidades de ejercicio (21). Antes de cada prueba, los sistemas de análisis de  $O_2$  y  $CO_2$  fueron calibrados usando el aire ambiental y una mezcla de gases con concentraciones conocidas de  $O_2$  y  $CO_2$ . La calibración del flujómetro de turbina del K4b2 se realizó con una jeringa de 3L (*Quinton Instruments, Seattle, WA*). Los valores del intercambio de gases respiratorios y de la frecuencia cardíaca (*HR; Electro Polar, Kempele, Finlandia*) fueron promediados cada 15 segundos. La velocidad en la primera fase fue establecida en 8 km/h durante 2 minutos, y luego la velocidad aumentó 1 km/h por fase durante 1 minuto (6). Se extrajeron muestras de sangre de la yema de los dedos 3 minutos después de cada prueba para posteriormente determinar las concentraciones de lactato ([La]) mediante espectrofotometría (Dr. Lange, Berlín, Alemania). El  $VO_{2max}$  correspondió al  $VO_{2max}$  más alto alcanzado en 2 períodos sucesivos de 15 segundos de la prueba de esfuerzo progresiva. Se consideró que los participantes habían alcanzado su  $VO_{2max}$  cuando se cumplían 3 o más de los siguientes criterios: (a) un *plateau* (meseta) en  $VO_2$  a pesar del aumento en la velocidad de carrera; (b) una tasa de intercambio respiratorio final (RER) superior a 1,1; (c) agotamiento visible del sujeto; (d) una frecuencia cardíaca (HR) dentro de 10 lat  $min^{-1}$  de la HR máxima establecida para la edad; y (e) una concentración de lactato superior a 9 mmol  $L^{-1}$ .

### **Test de esprint de cuarenta metros.**

El test de esprint de 40 m fue precedido por una entrada en calor estandarizada que consistió en una carrera a 10  $km\ h^{-1}$  durante 15 minutos seguida por series de 10 minutos de carrera y estiramientos. El tiempo para la prueba de esprint de 40 m (t40m) se midió mediante fotocélulas (*Brower Timing Systems, South Draper, UT*) colocadas en la salida y a los 40 m. Cuando estaban listos para realizar el esprint, los sujetos decidían cuándo empezar la prueba de esprint desde una posición estática. Cada participante tenía 3 intentos separados por lo menos por 5 minutos de descanso y se registró el tiempo más rápido. Se eligió la distancia de 40 m porque Balsom (3) informó que la distancia de esprint recorrida por un jugador de fútbol no era mayor a 40 m y que generalmente se selecciona una distancia de esprint de 30 o 40 m para medir el rendimiento en esprint de un jugador (8, 16, 17).

### **Prueba de esfuerzo progresiva máxima a campo**

La prueba de esfuerzo progresiva máxima a campo (20) fue realizada para determinar la velocidad aeróbica máxima (VAM; es decir, la menor velocidad que permite alcanzar el  $VO_{2max}$  durante una prueba de esfuerzo progresiva; ref 7). La velocidad inicial se fijó en 10  $km\ h^{-1}$  y aumentó 1  $km\ h^{-1}$  cada 2 minutos. Se colocaron conos rojos en intervalos de 25 metros a lo largo de la pista (dentro de la primera senda), y se colocaron conos verdes 2 metros por detrás de los conos rojos. El ritmo de carrera se estableció mediante señales de audio, y con cada señal los sujetos debían encontrarse en una distancia menor a los 2 m de los conos rojos. Cuando los participantes se encontraban detrás de un cono verde 3 veces consecutivos, la prueba se daba por finalizada. Un sonido más largo marcaba los cambios en la velocidad de carrera. La velocidad de la pista de sonido fue verificada antes del comienzo de cada sesión. La velocidad en la última fase completada aumentaba 0,5  $km\ h^{-1}$  si el participante era capaz de correr la mitad de una etapa y se asumía que esta representaba el VAM. Se ha demostrado previamente que este test es un método válido y confiable para estimar la velocidad asociada con el  $VO_{2max}$  (6, 19, 20). Durante el test, se estimuló verbalmente a los participantes para que corrieran tanto como pudieran. La frecuencia cardíaca (*Accurex+ Polar, Electro Polar, Kempele, Finlandia*) se midió continuamente y los valores fueron promediados en períodos de 15 segundos. El mayor valor de frecuencia cardíaca medido se consideró como frecuencia cardíaca máxima ( $HR_{max}$ ).

### **Medición del rendimiento de equipo**

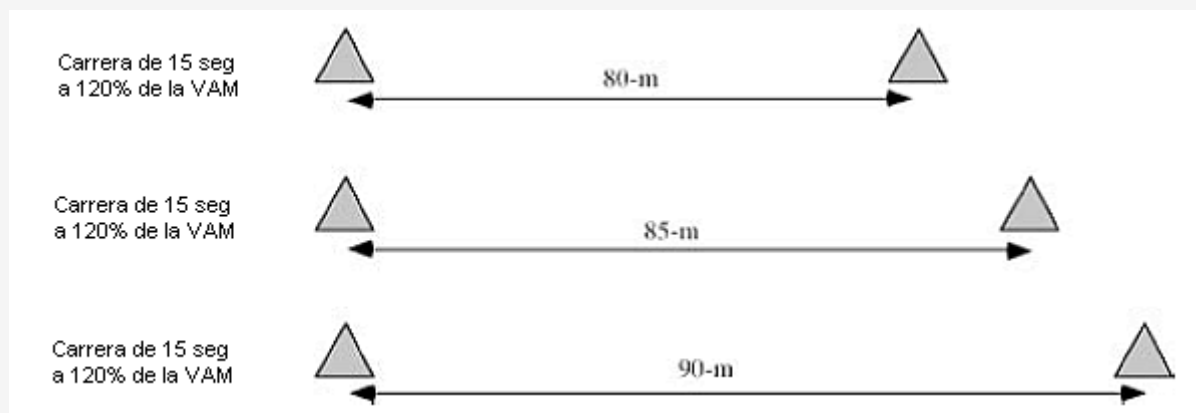
El rendimiento del equipo se evaluó computando el porcentaje de partidos ganados durante el campeonato (partidos ganados /total de partidos jugados) durante cada período de entrenamiento (11). Se jugaron nueve partidos oficiales durante el período control y durante el período de entrenamiento intervalado de alta intensidad se jugaron ocho partidos oficiales.

### **Protocolo de entrenamiento**

Los dos períodos de 10 semanas se cumplieron sin interrupción. El período control consistió en habilidades técnicas y tácticas, juegos y partidos. El período de entrenamiento intervalado de alta intensidad consistió en ejercicios similares pero se agregaron 2 ejercicios por semana de entrenamiento intervalado de alta intensidad. Estos ejercicios fueron incluidos en las sesiones habituales. Durante 2 sesiones, los participantes realizaron esprints repetidos alternados con períodos de recuperación cortos (martes) y carreras intermitentes de alta intensidad (jueves). Las sesiones siguientes (miércoles y viernes) consistieron en ejercicios livianos.

Para los esprints repetidos, los sujetos debían realizar 12-15 esprints de 40 m con 30 segundos de recuperación pasiva.

Durante las primeras 5 semanas, el número de esprints se fijó en 12, y a partir de allí el número de repeticiones se fijó en 15. Los sujetos iniciaron los esprints de pie. Los participantes debían completar cada sprint en el tiempo más rápido posible. Este ejercicio se seleccionó porque, a pesar de que había sido clasificado principalmente como ejercicio anaeróbico, Balsom et al. (2) sugirieron que la contribución del metabolismo aeróbico aumentaba con las repeticiones.



**Figura 1.** Pista para el ejercicio intermitente de 15 segundos a 120% de la (velocidad aeróbica máxima) VAM alternado con 15 segundos de recuperación pasiva. Los jugadores de fútbol debían correr entre 2 conos en 15 segundos según su propia VAM. Luego debían pararse cerca del cono durante 15 segundos. Al final del período de 15 segundos de recuperación, debían correr durante 15 segundos en la dirección opuesta y así sucesivamente.

Las carreras intermitentes de alta intensidad se realizaron 48 horas después de la sesión de esprints repetidos. Estas carreras intermitentes fueron individualizadas en función de la velocidad aeróbica máxima (VAM) de cada sujeto. Las mismas consistieron en 2 series de 12-15 carreras intermitentes de 15 segundos a 120% de la VAM alternadas con 15 segundos de recuperación pasiva. Durante las primeras 5 semanas, el número de repeticiones por serie se fijó en 12 y luego aumentó a 15. La elección de velocidad de carrera se justificó por el hecho que este tipo de ejercicio permite que los participantes alcancen y mantengan el  $VO_{2max}$  (10). Durante estos ejercicios, el ritmo de carrera fue mantenido mediante un cronómetro manual que emitía un sonido cada 15 segundos desde el comienzo al fin del ejercicio. Durante el período de 15 segundos de ejercicio, los participantes tenían que recorrer una distancia determinada según su propia VAM (Figura 1). Los sujetos recorrieron diferentes distancias durante el mismo tiempo y en con la misma intensidad relativa (porcentaje de VAM). Los participantes podían dejar de correr dentro de la distancia de 3 metros después de la línea de detención. Después de un descanso de 15 segundos, comenzaban a correr de nuevo en la dirección opuesta durante 15 segundos.

### Análisis estadísticos

Los datos se presentan en forma de media y desviación estándar (Media $\pm$ SD). Para comparar las diferencias en velocidad aeróbica máxima (VAM), t40m, HR<sub>max</sub>, masa y adiposidad corporal se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas y el test *post hoc* de Tukey. Se aplicaron análisis de regresión para examinar las relaciones entre la VAM determinada antes del período control, después del período control y después del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad. De manera similar, se usaron análisis de regresión para analizar las relaciones entre el t40m determinado antes del período control, después del período control y después del período de entrenamiento intervalado alta intensidad. El nivel de significancia se fijó en  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Los valores de  $VO_{2max}$ , HR<sub>max</sub>, RER, ventilación máxima y [La] obtenidos durante la prueba en cinta rodante fueron 60,1 $\pm$ 3,4 ml kg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup>, 196,5 $\pm$ 6,1 lat min<sup>-1</sup>, 1,12 $\pm$ 0,04, 141,2 $\pm$ 16,0 L min<sup>-1</sup> y 10,9 $\pm$ 1,4 mmol L<sup>-1</sup>, respectivamente. Las características antropométricas, t40m, VAM y HR<sub>max</sub> medidas antes del período control, después del período control y después del periodo de entrenamiento intervalado alta intensidad se presentan en la Tabla 1. El ANOVA no reveló un efecto significativo del tiempo para las mediciones antropométricas y para HR<sub>max</sub>. Se observó un efecto significativo del tiempo en VAM y t40m. El test de Tukey reveló un aumento significativo en VAM (+8,1 $\pm$ 3,1%;  $p < 0,001$ ) y t40m

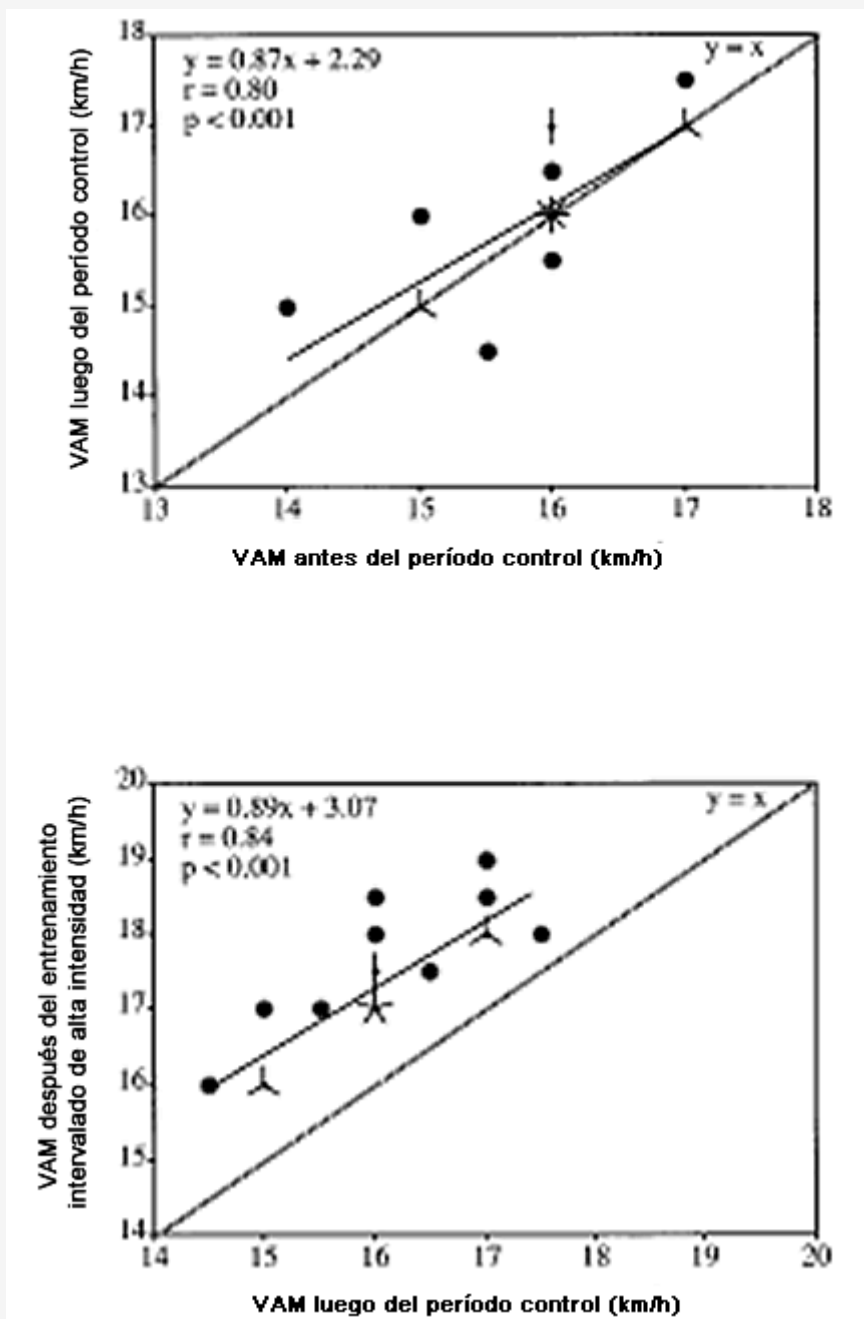
( $-3,5 \pm 1,5\%$ ;  $p < 0,001$ ) después del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad, mientras que no se observó ningún cambio durante el período control.

	Antes del periodo control	Luego del periodo control	Luego del entrenamiento intervalado de alta intensidad
Masa corporal (kg)	71,3±5,7	71,8±6,2	71,5±5,9
Porcentaje de grasa corporal (%)	14,7±2,4	15,0±2,6	14,6±2,3
t40m (s)	5,56±0,15	5,55±0,15	5,35±0,13*
VAM (km h <sup>-1</sup> )	15,9± 0,8	16,1± 0,8	17,3±0,9*
HRmax (lat min <sup>-1</sup> )	197,5±6,9	195,8±5,9	195,1±5,1

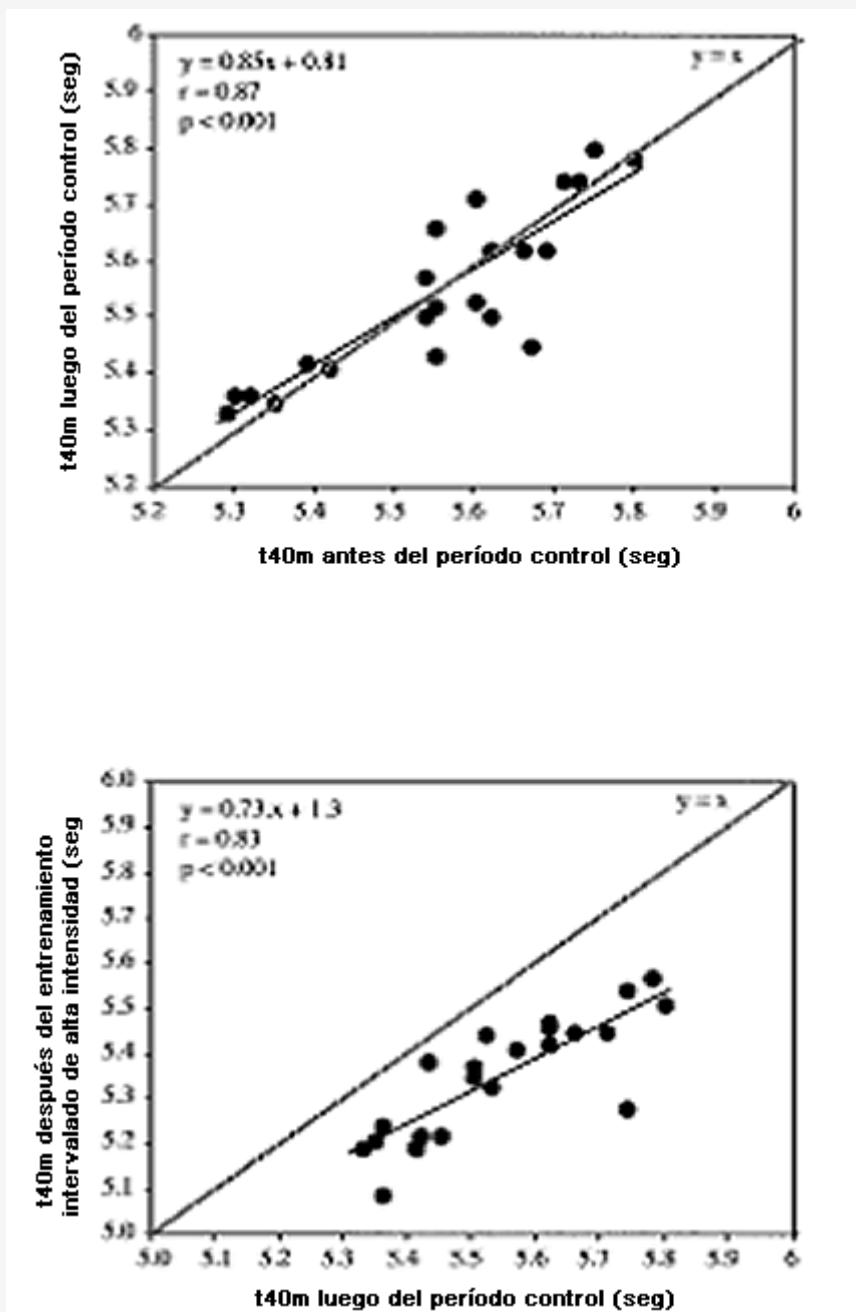
**Tabla 1.** Efectos del programa de entrenamiento sobre la masa corporal, porcentaje de grasa corporal, esprints (t40m), velocidad aeróbica máxima (VAM) y frecuencia cardíaca máxima (HR<sub>max</sub>).

\* Presenta diferencias significativas con otros períodos ( $p < 0,001$ ).

La relación entre los valores de VAM obtenidos antes y después del período control se presentan en el panel superior de la Figura 2, mientras que la relación entre la VAM obtenida después del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad y después del período control se presentan en el panel inferior de la misma figura.. Igualmente, la relación entre t40m obtenido antes y después del período control se presenta en el panel superior de la Figura 3, mientras que la relación entre t40m obtenido después del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad y después del período control se presentan en el panel inferior de la misma figura.



**Figura 2.** Relación entre la VAM determinada antes y después del período control (panel superior) y relación entre la VAM después del período de entrenamiento alta intensidad y después del período control (panel inferior). La línea de puntos es igual a la línea de identidad. Cuando puntos diferentes tienen las mismas coordenadas, el número de sujetos se indica mediante el número de ramas.



**Figura 3.** Relación entre el t40m medido antes y después del período control (panel superior) y relación entre el t40m después del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad y después del período control (panel inferior). La línea de puntos es igual a la línea de identidad. Cuando los puntos diferentes tienen las mismas coordenadas, se indica el número de sujetos por el número de ramas.

El equipo ganó 33,3% de los partidos durante el período control y 77,8% de los partidos durante el período de entrenamiento intervalado de alta intensidad.

## DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue comparar los efectos de un protocolo de entrenamiento específico basado en sprints repetidos y sprints de alta intensidad, con los efectos de un período control. Planteamos la hipótesis que el período de entrenamiento intervalado de alta intensidad realizado en la temporada les permitiría a los jugadores de fútbol aumentar

los rendimientos aeróbico y anaeróbico en las carreras. Los resultados de este estudio confirman esta hipótesis. Dos sesiones de entrenamiento por semana durante 10 semanas permitieron a los jugadores de fútbol aumentar significativamente la velocidad aeróbica máxima (VAM) y disminuir el t40m. Además, el rendimiento del equipo de fútbol no se vio afectado adversamente. De hecho, durante el período control, el equipo ganó 33,3% de sus partidos y durante período de entrenamiento intervalado de alta intensidad ganó 77,8% de los partidos.

Siegler et al. (24) observaron aumentos similares en jugadoras de fútbol de escuela secundaria. Un entrenamiento pliométrico para la fuerza y un programa anaeróbico de alta intensidad realizados en la temporada durante 10-semanas, mejoraron significativamente los tiempos de sprints de 20 m y el tiempo hasta el agotamiento durante un test de ir y volver específico. Sin embargo, como el protocolo y los participantes eran diferentes de los que participaron en el estudio presente (sexo y nivel), los resultados no son comparables. En el estudio presente, el  $VO_{2max}$  ( $60,1 \pm 3,4 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ) determinado en cinta rodante al principio del estudio estuvo dentro de los valores obtenidos para los jugadores de fútbol profesionales ( $58,1$  a  $65,5 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ) (9, 16, 27). Igualmente, el t40m ( $5,56 \pm 0,15$  segundos) medido antes del período control se situó dentro del rango ( $5,56 \pm 0,15$  a  $5,62 \pm 0,19$  segundos) de valores obtenidos para 2 varones menores de elite de Noruega (18).

Durante el período control, los participantes mantuvieron los niveles iniciales de VAM y t40m. Este período control se basó en el entrenamiento de las habilidades técnicas y tácticas, y en los juegos. En el fútbol, estos tipos de ejercicios se utilizan frecuentemente durante la temporada de partidos para mejorar las capacidades técnicas y tácticas sin producir una disminución en el rendimiento en fútbol.

Entre el principio y el fin del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad, la VAM aumentó significativamente de  $15,9$  a  $17,3 \text{ km h}^{-1}$  lo que equivale a una mejora de 8,1% ( $p < 0,001$ ). Sobre la base de la suposición que las mejoras en  $VO_{2max}$  requieren ejercicios que provoquen y mantengan un nivel alto de  $VO_{2max}$  (1), en los programas de entrenamiento para aumentar el  $VO_{2max}$  frecuentemente se proponen ejercicios cortos e intermitentes (13, 18, 26). Las carreras intermitentes de 15 segundos a 120% de VAM alternadas con 15 segundos de recuperación pasiva, permitieron que se alcance y mantenga un nivel alto de  $VO_2$  (10). De hecho, estas carreras intermitentes de 15 segundos a 120% de VAM permitieron que se mantenga el  $VO_2$  mucho más tiempo que durante las carreras intermitentes de 15 segundos a 110, 130 y 140% de VAM o durante la carrera continua a 100% de VAM (10). Con ejercicios intermitentes similares, Franch et al. (13) también observaron que un entrenamiento intervalado corto compuesto por 30-40 repeticiones de carreras de 15-segundos alternadas con 15 segundos de recuperación pasiva, realizadas 3 días por semana durante un período de 6 semanas, aumentó significativamente ( $p < 0,05$ ) la velocidad asociada con el  $VO_{2max}$ . En el estudio presente, el programa de entrenamiento intervalado de alta intensidad no solo se basó en las carreras intermitentes de 15 segundos si no que también en la repetición de sprints alternados con 30 segundos de recuperación pasiva. Una sola serie de este tipo de ejercicios se realiza principalmente mediante vías anaeróbicas, pero se ha demostrado que la contribución relativa del metabolismo aeróbico con la provisión de energía total aumenta cuando las series de ejercicios se repiten con intervalos de recuperación cortos (15). Según Balsom et al. (2), el  $VO_2$  alcanzado al finalizar las 15 series de 40 m alternadas con períodos de recuperación de 120, 60 y 30 segundos correspondió a 52, 57 y 66 de  $VO_{2max}$ , respectivamente. Los sprint repetidos de 40 m alternados con 30 segundos de recuperación pasiva producirían una contribución significativa con el suministro de energía de las vías aeróbicas. Según nuestros conocimientos, ningún estudio ha demostrado los efectos de un programa de entrenamiento basados en sprints repetidos de 40 m alternados con 30 segundos de recuperación. Recíprocamente, numerosos programas de entrenamiento en bicicleta ergométrica basados en la repetición de ejercicios de alta intensidad informaron mejoras significativas en el  $VO_{2max}$  o en la potencia aeróbica máxima (14, 22, 26). Nuestros resultados indican que las carreras intermitentes de alta intensidad y los sprints repetidos alternados con períodos de recuperación cortos son útiles para aumentar el rendimiento aeróbico (VAM) de jugadores de fútbol durante la temporada.

El rendimiento anaeróbico también mejoró durante el período de entrenamiento intervalado de alta intensidad, mientras que no se produjo ninguna modificación durante el período control. Los t40m disminuyeron significativamente de  $5,56$  a  $5,35$  segundos, lo que significa una caída de 3,5% ( $p < 0,001$ ). El ejercicio de alta intensidad puede provocar el reclutamiento de fibras con adaptaciones fisiológicas específicas en comparación con las intensidades submáximas o máximas. Simoneau et al. (25) demostraron que un programa de entrenamiento que consistió principalmente en una serie de ejercicios de alta intensidad de 15-90 segundos permitió aumentar significativamente las áreas de las fibras de tipo I y IIb, mientras que la proporción de las fibras tipo IIa no cambiaba. Mas aun, Tabata et al. (26) observaron que un programa de entrenamiento de 6 semanas basado en ejercicios cortos intermitentes de intensidades altas, alternados con períodos de recuperación cortos permitió aumentar significativamente el  $VO_{2max}$  y la capacidad anaeróbica (i.e medido como déficit de  $O_2$  acumulado). De manera similar, 9 semanas de entrenamiento basado en la repetición de cuatro ejercicios aeróbicos de alta intensidad de 30-segundos mejoraron significativamente los rendimientos aeróbico y anaeróbico (14), mientras que 2 semanas de entrenamientos basados en la repetición de 15 segundos de intensidad máxima alternados con períodos de 45 segundos de descanso más una repetición máxima de 30 segundos, aumentaron el  $VO_{2max}$  y las actividades enzimáticas de las vías aeróbicas y anaeróbicas (22). De manera contraria, cuando el entrenamiento se basaba en ejercicios de intensidad



submáxima, el rendimiento de sprints no aumentó significativamente. De hecho, después de 8 semanas de entrenamiento intervalado aeróbico específico que consistía en 4 X 4 minutos a 90-95% de la frecuencia cardíaca máxima, Helgerud et al. (16) no observaron una diferencia significativa en el t40m entre las mediciones realizadas antes (pre) y las realizadas después (post) del entrenamiento ( $5,58 \pm 0,16$  segundos vs  $5,56 \pm 0,15$  segundos, respectivamente). En el estudio presente, las sesiones de entrenamiento basadas en repeticiones de sprints combinadas con carreras intermitentes de intensidad alta mejoraron el rendimiento anaeróbico. Sin embargo, es difícil determinar los mecanismos responsables de la disminución en el t40m porque las mejoras en el rendimiento anaeróbico pueden estar vinculadas a numerosos factores como adaptaciones enzimáticas (22), hipertrofia de las fibras y/o mejoras neurales (23).

Durante la temporada, los entrenadores a menudo buscan aumentar las habilidades técnicas y tácticas, mientras mantienen las habilidades físicas a través de los partidos y los ejercicios tácticos habituales. El estudio presente demuestra que los ejercicios habituales mantienen la aptitud física. Sin embargo, durante la temporada, los entrenadores podrían también desear mejorar la aptitud física, sin causar un síndrome de sobreentrenamiento para mejorar el rendimiento del equipo. En el estudio presente, el entrenamiento con ejercicios intervalados de alta intensidad fue incluido en las sesiones habituales (que consistían en ejercicios técnicos y tácticos y juegos), mientras que las sesiones realizadas luego de las sesiones de entrenamiento intervalado de alta intensidad consistieron en ejercicios de intensidades moderadas. El volumen de entrenamiento (sesiones por semana) se mantuvo constante, mientras que la carga de ejercicios varió de intensidad liviana a intensidad alta para evitar la monotonía (i.e, uno de los posibles factores que producen el sobreentrenamiento, referencia 12). Además, uno de los ejercicios intermitentes fue individualizado en función de la aptitud aeróbica de cada sujeto.

### Aplicaciones Prácticas

Este estudio demostró que los rendimientos, aeróbico y anaeróbico, mejoraron durante la temporada mediante un programa de entrenamiento específico basado en carreras intermitentes de intensidad alta y sprints repetidos. Estos resultados parecen particularmente interesantes para jugadores de fútbol porque las mejoras en las cualidades físicas generalmente son obtenidas antes del comienzo de las competencias. Después de este período, el objetivo de los entrenadores es mantener el nivel de las cualidades físicas. Los resultados obtenidos después del período control demuestran que el rendimiento aeróbico y el rendimiento anaeróbico se mantuvieron durante la temporada de competencias. Sin embargo, este estudio demostró que las mejoras en las cualidades físicas también pueden ser obtenidas durante el período de competencias sin afectar negativamente el rendimiento del equipo de fútbol. No obstante, no es apropiado vincular directamente el rendimiento físico con el rendimiento de un equipo de fútbol. El rendimiento en fútbol está determinado por las características técnicas, tácticas, fisiológicas y psicológicas/sociales de los jugadores y estos factores están vinculados estrechamente unos con otros (5).

## REFERENCIAS

1. ÅSTRAND, P.O., AND K. RODAHL (1986). Textbook of Work Physiology (3rd ed. ). New York: McGraw Hill.
2. BALSOM, P.D., J.Y. SEGER, B. SJODIN, AND B. EKBLOM (1992). Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *Int. J. Sports Med.* 13:528-533.
3. BALSOM, P.D. (1994). Evaluation of physical performance. In: *Football (Soccer)*. B. Ekblom, ed. Oxford: Blackwell Scientific, pp. 102-123.
4. BANGSBO, J. (1992). Time and motion characteristics of competition soccer. *Sci Football*. 6:34-40
5. BANGSBO, J. (1994). The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol. Scand.* 151(S619):. 16.
6. BERTHOIN, S., P. PELAYO, G. LENSEL-CORBEIL, H. ROBIN, AND M. GERBEAUX. (1996). Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. *Int. J. Sports Med.* 17:525-529.
7. BILLAT, V.L., ANDKORALSZTEIN, J.P. (1996). Significance of the velocity at VO<sub>2</sub>max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med.* 22:90-108.
8. BREWER, J., AND J.A. DAVIES. (1992). A physiological comparison of English professional and semi-professional soccer players. *J. Sports Sci.* 10:146-147.
9. CASAJUS, J.A. (2001). Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 41:463-469.
10. DUPONT, G., N. BLONDEL, G. LENSEL, AND S. BERTHOIN. (2002). Critical velocity and time spent at a high level of Vo<sub>2</sub> for short intermittent runs at supramaximal velocities. *Can. J. Appl. Physiol.* 27:103-115.
11. FILAIRE, E., X. BERNAIN, M. SAGNOL, AND G. LAC. (2001). Preliminary results on mood state, salivary testosterone cortisol ratio and team performance in a professional soccer team. *Fur. J. Appl. Physiol.* 86:179-184.
12. FOSTER, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:1164-1168.

13. FRANCH, J., K. MADSEN, M.S. DJURHUUS, AND P.K. PEDERSEN. (1998). Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:1250-1256.
14. GAIGA, M.C., AND D. DOCHERTY. (1995). The effect of an aerobic interval training program on intermittent anaerobic performance. *Can. J. Appl. Physiol.* 20:452-464.
15. GAITANOS, G.C., C. WILLIAMS, L.H. BOOBIS, AND S. BROOKS. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 75:712-719.
16. HELGERUD, J., L.C. ENGEN, U. WISLOFF, AND J. HOFF. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33:1925-1931.
17. KOLLATH E., AND K. QUADE. (1993). Measurement of sprinting speed of professional and amateur soccer players. In: *Science and Football II*. T. Reilly, J. Clarys, and A. Stibbe, eds. London: E. & F.N. Spon. pp. 31-36.
18. KRUSTRUP, P., AND J. BANGSBO. (2001). Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *J. Sports Sci.* 19:881-891.
19. LACOUR, J.R., S. PADILLA-MAGUNACELAYA, J.C. CHATARD, L. ARSAC, AND J.C. BARTHELEMY (1991). Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *Eur. J. Appl. Physiol.* 62:77-82.
20. LEGER, L., AND R. BOUCHER. (1980). An indirect continuous running multistage field test: the University de Montreal Track Test. *Can J. Sport Sci.* 5:77-84.
21. MCLAUGHLIN, J.E., G.A. KING, E.T. HOWLEY, D.R. BASSETT JR, AND B.E. AINSWORTH (2001). Validation of the COSMED K4 b2 portable metabolic system. *Int. J. Sports Med.* 22:280-284.
22. RODAS, G., J.L. VENTURA, J.A. CADEFAU, R. CUSSÓ, AND J. PARRA. A (2000). short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *Eur. J. Appl. Physiol.* 82:480-486.
23. Ross, A., M. LEVERITT, AND S. RIEK. (2001). Neural influences on sprint running: training adaptations and acute responses. *Sports Med.* 31:409-425.
24. SIEGLER, J., S. GASKILL, AND B. RUBY. (2003). Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. *J. Strength Cond. Res.* 17(2):379-387.
25. SIMONEAU, J.A., G. LORTIE, M.R. BOULAY, M. MARCOTTE, M.C. THIBAUT, AND C. BOUCHARD (1985). Human skeletal muscle fiber type alteration with high-intensity intermittent training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 54:250-253.
26. TABATA, I., K. NISHIMURA, M. KOUZAKI, Y. HIRAI, F. OGITA, M. MIYACHI, AND K. YAMAMOTO (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and Vo<sub>2</sub>max. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28:1327-1330.
27. WISLOFF, U., J. HELGERUD, AND J. HOFF. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:462-467.

### Cita Original

Dupont, G., K. Akakpo, and S. Berthoin. The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 18(3):584-589. 2004