

Article

Efectos del Entrenamiento Intervalado de Alta Intensidad durante el Período Competitivo en Jugadores de Fútbol

The Effect on In-Season, High-Intensity Interval Training in Soccer Players

Grégory Dupont¹, Koffi Akakpo¹ y Serge Berthoin¹

¹Laboratory of Human Motor Studies, Faculty of Sports Science and Physical Education, University of Lille 2, Lille, Francia.

RESUMEN

Fueron investigados los efectos del entrenamiento intervalado de alta intensidad durante el período competitivo sobre el rendimiento de carrera de jugadores de fútbol profesionales de sexo masculino. 22 sujetos participaron en dos períodos de entrenamiento consecutivo de 10 semanas. El primer período fue considerado de control y fue comparado con un período donde fueron incluidos 2 ejercicios de entrenamiento intervalado de alta intensidad en el programa de entrenamiento habitual. Las carreras intermitentes consistían de 12-15 carreras que duraban 15 segundos, al 120% de la velocidad aeróbica máxima, alternadas con 15 segundos de descanso. Las repeticiones de esprint consistían de 12-15 carreras de 40m alternadas con 30 segundos de descanso. Los resultados del entrenamiento intervalado de alta intensidad mostraron que la velocidad aeróbica máxima fue mejorada ($+8.1 \pm 3.1\%$, $p < 0.001$) y que el tiempo de la carrera de 40m fue disminuido ($-3.5 \pm 1.5\%$, $p < 0.001$), mientras que no fue observado ningún cambio en ninguno de los parámetros que fueron monitoreados durante el período de control. Este estudio muestra que las mejoras en las cualidades físicas pueden ser logradas durante el período competitivo.

Palabras Clave: rendimiento, ejercicio intermitente, evaluaciones de campo, sprints repetidos

ABSTRACT

The effects of inseason, high-intensity interval training on professional male soccer players' running performances were investigated. Twentytwo subjects participated in 2 consecutive training periods of 10 weeks. The first period was considered a control period and was compared with a period where 2 high-intensity interval training exercises were included in the usual training program. Intermittent runs consisted of 12-15 runs lasting 15 seconds at 120% of maximal aerobic speed alternated with 15 seconds of rest. Sprint repetitions consisted of 12-15 all-out 40-m runs alternated with 30 seconds of rest. Results from the high-intensity interval training have shown that maximal aerobic speed was improved ($8.1 \pm 3.1\%$; $p < 0.001$) and that the time of the 40- m sprint was decreased ($-3.5 \pm 1.5\%$; $p < 0.001$), whereas no change in either parameters were observed during the control period. This study shows that improvements in physical qualities can be made during the in-season period.

Keywords: performance, intermittent exercise, field tests, repeated sprints

INTRODUCCION

Para los jugadores de fútbol, el entrenamiento apunta a mejorar cualidades técnicas, tácticas, psicológicas y físicas. Durante la pretemporada, el entrenamiento se concentra en la mejora de la aptitud física, mientras que durante el período competitivo el énfasis es puesto principalmente en hacer mejoras tácticas y técnicas mientras se mantiene la aptitud física. Efectivamente, ya que los partidos de competición requieren un alto gasto energético, la carga de entrenamiento no es incrementada con el objeto de evitar una fatiga excesiva o el comienzo de un síndrome de sobreentrenamiento.

Durante un partido de fútbol, los jugadores realizan diferentes tipos de ejercicio como correr, patear, saltar y marcar. El fútbol requiere la repetición de carreras alternadas con períodos de recuperación cortos a largos, los cuales pueden ser activos o pasivos. Los períodos de intensidad y carrera pueden alternar en cualquier momento de acuerdo a las demandas del partido. Además, las acciones de gol o decisivas son frecuentemente precedidas por aceleraciones, esprints, saltos y disparos al arco. Consecuentemente, uno de los propósitos del entrenamiento es mejorar la capacidad de realizar ejercicios máximos y de alta intensidad. Bangsbo (4) encontró que los jugadores de la primera división Danesa realizan más carreras de esprint y de alta velocidad que los jugadores de la segunda división, indicando que la cantidad de esprints y carreras de alta velocidad depende del nivel de la competición. El fútbol está también caracterizado por la introducción de nuevas reglas establecidas por la Federación Internacional de Asociaciones de Fútbol, como la regla de 1992 en contra de que los arqueros usaran sus manos cuando sus compañeros les pasaban la pelota; la regla de 1997 que determinó el tiempo límite que los arqueros pueden tener la pelota en sus manos; o la disponibilidad de pelotas alrededor de la cancha cuando una pelota es pateada más allá del límite del campo de juego, lo cual apunta a incrementar el tiempo de juego efectivo y así disminuir el tiempo de recuperación. Para los jugadores de fútbol de alto nivel, esto significa ser capaces de realizar múltiples esprints y carreras de alta intensidad y luego recuperarse más rápidamente.

Sin embargo, el rendimiento en fútbol también depende de la capacidad aeróbica de los jugadores. Helgerud et al. (16) encontró que los aumentos de la máxima captación de oxígeno (VO_2 máx.) conducen a una mejora en el rendimiento en el fútbol, substanciada como la distancia cubierta, nivel de intensidad de trabajo, y número de esprints durante un partido. Así, incrementar la aptitud física de un jugador de fútbol a través del entrenamiento constituye un proceso complejo que requiere un incremento, tanto las cualidades aeróbicas como anaeróbicas.

El propósito de este estudio fue determinar los efectos de un programa de entrenamiento intervalado de alta intensidad durante el período competitivo. Este programa de entrenamiento específico fue comparado con un período de control donde los participantes realizaron los ejercicios de fútbol habituales. Nosotros hipotetizamos que un programa específico permitiría a los jugadores de fútbol incrementar sus cualidades aeróbicas y anaeróbicas sin disminuir el rendimiento del equipo de fútbol.

MÉTODOS

Enfoque Experimental al Problema

Los participantes fueron seguidos a través de un período de 20 semanas, el cual fue dividido en un período control (semanas 1-10) y un período de entrenamiento intervalado de alta intensidad (semanas 11-20). El período control duró desde Agosto hasta Octubre, mientras que el período de entrenamiento intervalado de alta intensidad duró desde Octubre hasta Diciembre. Antes del comienzo del protocolo, fueron hechas mediciones antropométricas (talla, masa corporal y porcentaje de grasa corporal), y fue realizado un test máximo gradual. Las evaluaciones de campo (evaluación de campo máxima gradual y el test de campo de 40 de esprint) y las mediciones antropométricas fueron llevadas a cabo antes del período de control, después del período de control (el cual correspondió al comienzo del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad), y al final del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad. Los test de campo y los ejercicios de entrenamiento fueron realizados en una pista de tartán al aire libre.

El número total de sesiones fue el mismo en los dos programas. La duración de cada sesión estuvo entre 1h 15min y 1h 30min. Antes de las evaluaciones, los procedimientos fueron explicados a los participantes. Las evaluaciones fueron realizadas en la misma hora del día y de la semana. Antes de las evaluaciones, se les pidió a los participantes descansar el

día de la prueba, consumir su última comida al menos 3 horas antes de la evaluación, y se les pidió que se abstuvieran de fumar y consumir bebidas que contuvieran cafeína.

Sujetos

22 jugadores de fútbol profesionales de sexo masculino participaron en este estudio. Los participantes jugaban a nivel nacional y realizaban 1 partido y 8 a 10 sesiones de entrenamiento por semana. Antes de entrar en la fase de experimentación, la edad, talla y masa corporal de los participantes era de 20.2 ± 0.7 años, 178.0 ± 4.9 cm, y 71.3 ± 5.7 kg, respectivamente. Todos los sujetos estaban completamente informados acerca de los riesgos antes de dar su informe de consentimiento por escrito en este experimento. Este estudio recibió apoyo del Comité Consultivo de Lille para la Protección de los Humanos en las Investigaciones Biomédicas (Comité de Ética para la Investigación con Humanos en el Área de Lille).

Mediciones Antropométricas

Las mediciones antropométricas incluyeron talla, masa corporal y porcentaje de grasa corporal. Un estadiómetro de pared fue usado para medir la talla, y una balanza de impedancia bioeléctrica calibrada fue usada para determinar la masa corporal y para estimar el porcentaje de grasa corporal.

Evaluación Máxima Gradual en Cinta Ergométrica

La evaluación máxima gradual en cinta ergométrica fue precedida por una examinación médica. La misma apuntó a caracterizar la población y para determinar la capacidad para jugar a un alto nivel. Durante esta evaluación, fue medido el intercambio de gases respiración a respiración usando un sistema portátil (Cosmed K4b2, Cosmed, Roma, Italia) con el objeto de determinar la máxima captación de oxígeno (VO_2 máx.). Este analizador ha sido validado previamente para medir estos parámetros a través de un amplio rango de intensidades de ejercicio (21). Antes de cada evaluación, los sistemas de análisis de O_2 y CO_2 fueron calibrados usando aire ambiental y con una mezcla de concentraciones de O_2 y CO_2 conocidas. La calibración del medidor de flujo de turbina del K4b2 fue llevada a cabo usando una aguja 3-I (Quinton Instruments, Seattle, WA). Los valores de intercambio de gases respiratorios y la frecuencia cardiaca (HR; Polar Electro, Kempele, Finlandia) fueron promediados cada 15 segundos. La velocidad en la primera etapa fue establecida en 8 km/h durante 2 minutos, y luego la velocidad fue incrementada a razón de 1 km/h por etapa durante 1 minuto (6). Fueron obtenidas muestras sanguíneas de la yema de los dedos 3 minutos después de cada evaluación con el objeto de determinar las concentraciones de lactato ($[\text{La}]$) por medios espectrofotométricos (Dr. Lange, Berlin, Alemania). El VO_2 máx. correspondió al máximo VO_2 alcanzado en dos períodos sucesivos de 15 segundos para la evaluación gradual. Era establecido que los participantes habían alcanzado su VO_2 máx. cuando 3 o más de los siguientes criterios eran cumplidos: (a) un plateau en el VO_2 a pesar del incremento de la velocidad de carrera; (b) un índice de intercambio respiratorio final (RER) mayor a 1.1; (c) agotamiento del sujeto visible; (d) una HR dentro de 10 lat./min de la HR máxima predicha para la edad y (e) una concentración de lactato mayor a 9 mmol/L.

Evaluación de Esprint de 40 metros

La evaluación de 40 m de esprint fue precedida por una entrada en calor estandarizada que consistía de una carrera de 10 km/h durante 15 min seguida de 10 min de carreras de velocidad y estiramientos. El tiempo para la evaluación de esprint de 40 m ($t_{40\text{m}}$) fue medido usando fotocélulas (Broker Timing Systems, South Draper, UT) colocadas en la salida y a 40 m. Cuando los sujetos estaban listos para esprintar, ellos mismos decidían cuando comenzar el test de esprint a partir de una posición estática. Cada participante realizó las carreras separadas por al menos 5 minutos de descanso, y era registrado el mejor tiempo. Fue elegida una distancia de 40 m debido a que Balsom (3) reportó que la distancia de esprint cubierta por un jugador de fútbol no era mayor a 40 m y que una distancia de esprint de 30 o 40 m es generalmente elegida para medir el rendimiento de esprint de un jugador (8, 16, 17).

Evaluación de Campo Máxima Gradual

La evaluación de campo gradual (20) fue realizada para determinar la máxima velocidad aeróbica (MAS; i.e., la menor velocidad que produce el VO_2 máx. durante un test gradual; Ref. 7). La velocidad inicial fue establecida en 10 km/h y fue incrementada a razón de 1 km/h cada 2 minutos. Fueron colocados conos rojos a intervalos de 25 m a lo largo de la pista (dentro del primer carril), mientras que conos verdes fueron colocados dos metros detrás de los conos rojos. El ritmo de carrera fue dictado por las señales de audio, y los sujetos tenían que estar dentro de los dos metros de los conos rojos con cada señal. Cuando los participantes estaban detrás de un cono verde 3 veces consecutivas, la evaluación era finalizada. Un sonido más largo marcaba los cambios en la velocidad de carrera. La velocidad de la cinta fue chequeada antes de empezar cada sesión. La velocidad en la última etapa completada era incrementada en 0.5 km/h si el participante era capaz de correr la mitad de una etapa, y esto representaba la MAS. Se ha encontrado que esta evaluación constituye un método

válido y confiable de estimar la velocidad asociada con el VO_2 máx. (6, 19, 20). Durante la evaluación, los participantes fueron alentados verbalmente para correr lo más posible. La frecuencia cardíaca (Polar Accurex+, Polar Electro, Kempele, Finlandia) fue medida continuamente, y los valores fueron promediados a través de períodos de 15 segundos. La HR máxima (HR máx.) correspondió al valor más alto medido.

Medición de Rendimiento del Equipo

El rendimiento del equipo fue evaluado por medio del cómputo del porcentaje de victorias en el campeonato (victorias/total del número de partidos) durante cada período de entrenamiento (11). Durante el período de control fueron jugados 9 partidos oficiales, y 8 partidos oficiales fueron jugados durante el período de entrenamiento de alta intensidad.

Protocolo de Entrenamiento

Los dos períodos de 10 semanas fueron realizados sin interrupción. El período de control consistió de ejercicios técnicos y tácticos, juegos y partidos. El período de entrenamiento intervalado de alta intensidad consistió de ejercicios similares, pero implicó 2 ejercicios de entrenamiento intervalado de alta intensidad por semana. Estos ejercicios fueron incluidos en las sesiones habituales. Durante 2 sesiones, los participantes realizaban esprints repetidos alternados con cortos períodos de recuperación (Martes) y carreras intermitentes de alta intensidad (Jueves). Las siguientes sesiones (Miércoles y Viernes) consistían de ejercicios suaves.

Para los esprints repetidos, se les pidió a los sujetos que realizaran 12-15 esprints de 40m con 30 segundos de recuperación pasiva. Durante las primeras 5 semanas, el número de esprints fue establecido en 12, y luego el número de repeticiones fue establecido en 15. Todos los esprints fueron realizados desde una posición detenida. Los participantes fueron instruidos para completar cada sprint en el menor tiempo posible. Estos ejercicios fueron elegidos debido a que Balsom et al. (2) sugirieron que la contribución del metabolismo aeróbico incrementa las repeticiones, mientras que el ejercicio fue clasificado principalmente como anaeróbico.

Las carreras intermitentes de alta intensidad fueron realizadas 48 horas después de las sesiones de esprints repetidos. Esas carreras intermitentes fueron individualizadas de acuerdo a la MAS de cada sujeto. Las mismas consistían de 2 series de 12-15 carreras intermitentes de 15 segundos al 120% de la MAS alternadas con 15 segundos de recuperación pasiva. Durante las primeras 5 semanas, el número de repeticiones por serie fue establecido en 12, y luego el mismo fue incrementado a 15. La elección de la velocidad de carrera fue justificada por el hecho de que este tipo de ejercicios permite a los participantes provocar y mantener el VO_2 máx. (10). Para estos ejercicios, la velocidad de carrera fue marcada por un cronómetro manual que producía un sonido cada 15 segundos desde el comienzo al final del ejercicio. Durante el período de ejercicio de 15 segundos, los participantes tenían que cubrir una distancia determinada de acuerdo a su propia MAS (Figura 1). Los sujetos cubrían diferentes distancias durante el mismo tiempo y a la misma intensidad relativa (porcentaje de la MAS). Se les permitía a los participantes detener la carrera dentro de los 3 m de la línea de detención. Después de 15 segundos de descanso, los sujetos comenzaban la carrera nuevamente en la dirección opuesta durante 15 segundos.

Análisis Estadísticos

Los datos son presentados como medias y desvíos estándar ($\text{media} \pm \text{DS}$). Un análisis de varianza (ANOVA) para mediciones repetidas con un test post hoc Tukey fue usado para comparar la MAS, t40m, HR máx., masa corporal y grasa corporal entre las diferentes mediciones. Fueron usados análisis de regresión para examinar las relaciones entre la MAS antes del período de control, después del período de control, y después del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad. Análisis de regresión similares fueron usados para examinar las relaciones entre el t40m antes del período de control, después del período de control, y después del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad. El nivel de significancia fue establecido a una $p \leq 0.05$.

	Antes del Periodo de Control	Después del Periodo de Control	Después del Entrenamiento Intervalado de Alta Intensidad
Masa Corporal (kg)	71.3±5.7	71.8±6.2	71.5±5.9
Grasa Corporal (%)	14.7±2.4	15.0±2.6	14.6±2.3
t40 (s)	5.56±0.15	5.55±0.15	5.35±0.13 *
MAS (km/h)	15.9±0.8	16.1±0.8	17.3±0.9 *
HR máx. (lat./min)	197.5±6.9	195.8±5.9	195.1±5.1

Tabla 1. Efectos del programa de entrenamiento sobre la masa corporal, grasa corporal, carrera de sprint (t40m), máxima velocidad de carrera (MAS) y frecuencia cardiaca máxima (HR máx.). * Significativamente diferente con respecto a los otros períodos ($p<0.001$).

RESULTADOS

El VO_2 máx., HR máx., ventilación máxima, y [La] obtenidos durante la evaluación en cinta ergométrica fueron $60.1 \pm 3.4 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, $196.5 \pm 6.1 \text{ lat./min}$, 1.12 ± 0.04 , $141.2 \pm 16.0 \text{ L/min}$, y $10.9 \pm 1.4 \text{ mmol/L}$, respectivamente. Las características antropométricas, t40 m, MAS, y HR máx. medidas antes del período de control, después del período de control, y después del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad son presentadas en la Tabla 1. El test ANOVA no reveló significancia en el efecto del tiempo para las mediciones antropométricas y de HR máx. Un efecto de tiempo significativo fue obtenido para las variables MAS y t40m. El test post hoc Tukey indicó que la MAS ($+8.1 \pm 3.1\%$; $p<0.001$) y t40m ($-3.5 \pm 1.5\%$; $p<0.001$) fueron significativamente mejoradas después del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad, mientras que no fueron observados cambios durante el período de control.

La correlación entre los valores MAS obtenidos antes y después del período de control es presentada en la parte superior de la Figura 2, mientras que la correlación entre MAS obtenida después del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad y después del período de control es presentada en la figura inferior. Del mismo modo, la correlación entre la variable t40m obtenida antes y después del período de control es presentada en la parte superior de la Figura 3, mientras que la relación entre t40m obtenida después del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad y después del período de control es presentada en la figura inferior.

El equipo ganó el 33.3% de los partidos durante el período control y el 77.8% de los partidos durante el período de entrenamiento intervalado de alta intensidad.

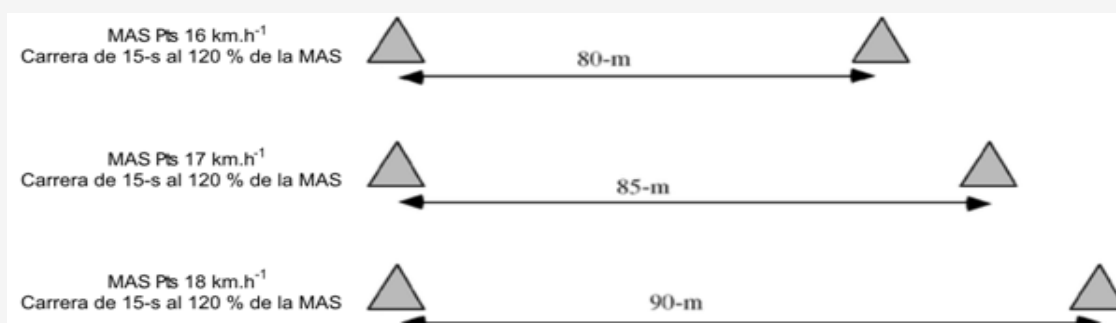


Figura 1. Pista para el ejercicio intermitente de 15 segundos al 120% de la MAS alternada con 15 segundos de recuperación pasiva. Los jugadores de fútbol debían correr entre 2 conos en 15 segundos de acuerdo a su propia MAS. Ellos debían entonces pararse cerca del cono durante 15 segundos. Al final del período de recuperación de 15 segundos, corrían nuevamente 15 segundos en la dirección opuesta y así sucesivamente.

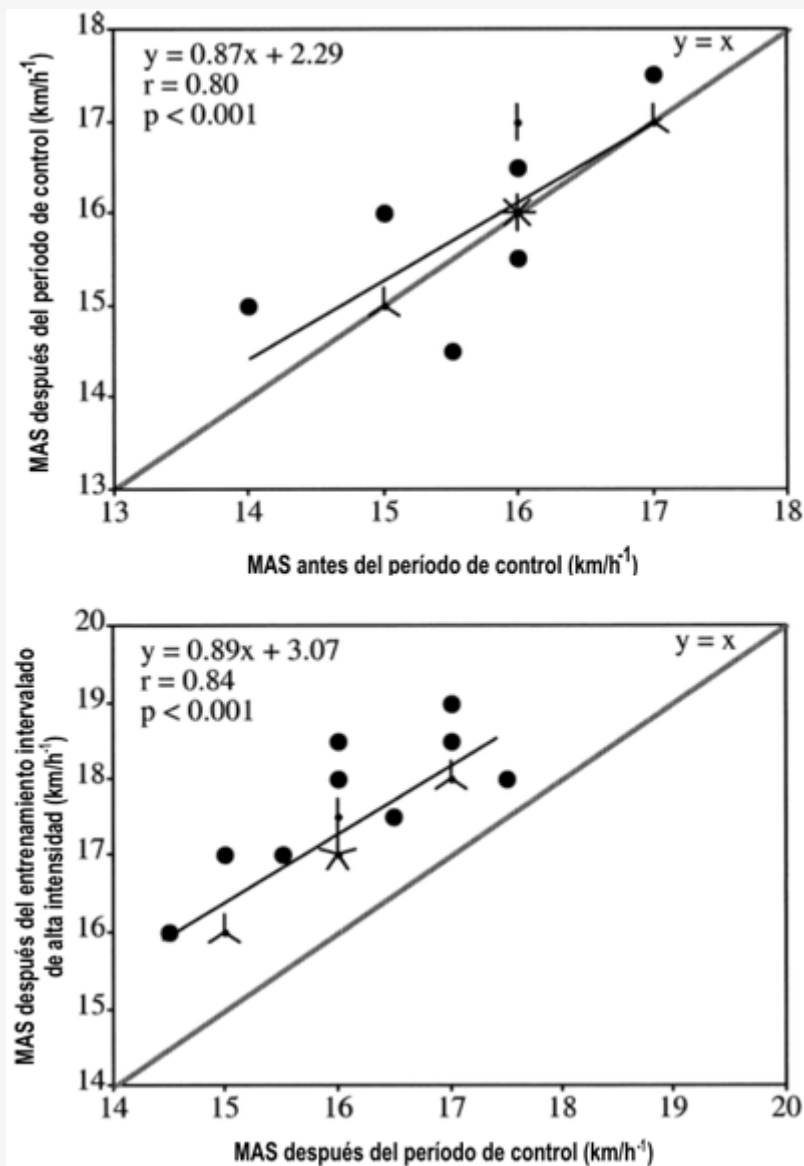


Figura 2. Correlación entre la MAS medida antes y después del período de control (arriba) y correlación entre la MAS antes del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad y después del período de control (abajo). La recta punteada iguala a la recta de identidad. Cuando puntos diferentes tienen las mismas coordenadas, el número de sujetos es indicado por el número de ramificaciones.

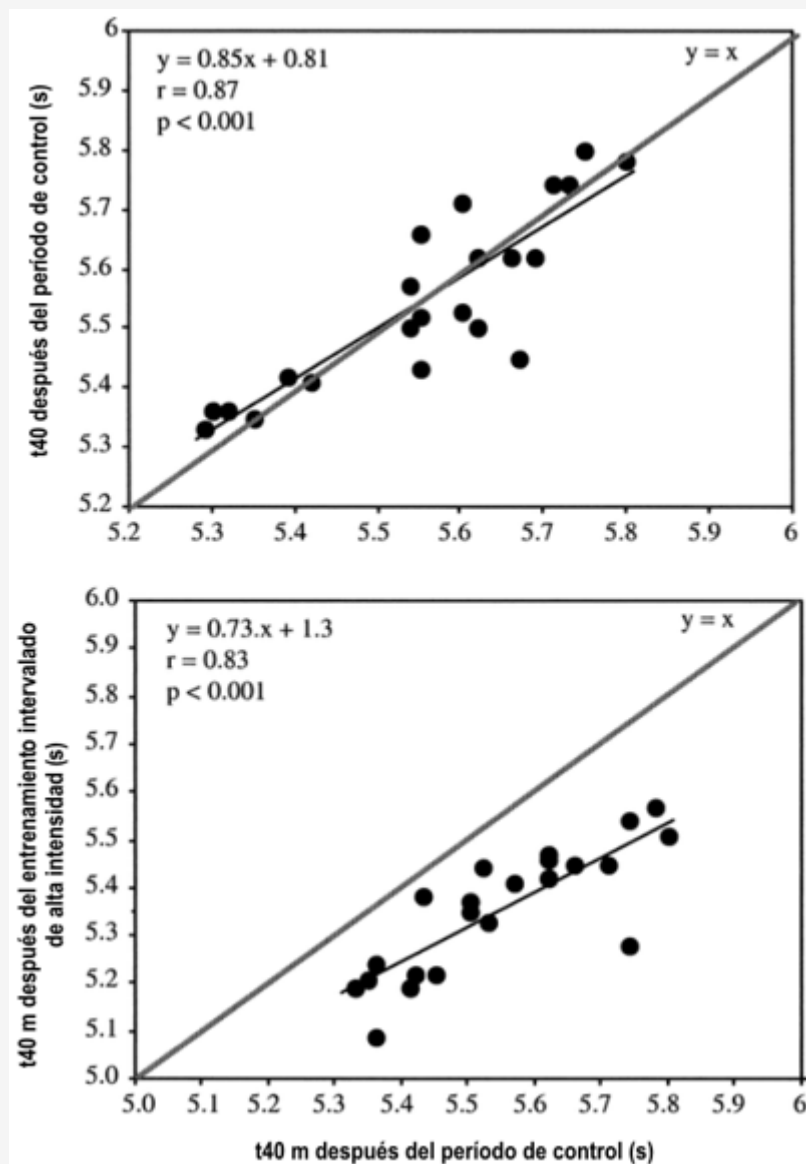


Figura 3. Correlación entre el t40 medido antes y después del período de control (arriba) y relación entre el t40m después del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad y después del período de control (abajo). La recta punteada igualó a la recta de intensidad. Cuando puntos diferentes tienen las mismas coordenadas, el número de sujetos es indicado por el número de ramificaciones.

DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue comparar los efectos de un protocolo de entrenamiento específico basado en repeticiones de sprint y carreras intermitentes de alta intensidad en comparación con un período de control. Fue hipotetizado que el período de entrenamiento intervalado de alta intensidad permitiría que los jugadores de fútbol incrementaran los rendimiento de carrera aeróbica y anaeróbica. Los resultados de este estudio confirman esta hipótesis. Dos sesiones de entrenamiento por semana a través de 10 semanas permitieron a los jugadores de fútbol mejorar significativamente la MAS y disminuir el t40 m. Además, el rendimiento del equipo de fútbol no pareció ser afectado de manera adversa, durante el período de control, el equipo ganó el 33.3% de los partidos en comparación con el 77.8% de los partidos durante el período de entrenamiento intervalado de alta intensidad.

Siegler et al. (24) encontraron mejoras similares con jugadoras de fútbol de nivel secundario. Un programa competitivo pliométrico, de entrenamiento de la fuerza y anaeróbico de alta intensidad mejoró los tiempos de una carrera de 20m y el

tiempo hasta el agotamiento durante un test de ir y volver específico. Sin embargo, como el protocolo y los participantes tuvieron características diferentes de los del presente estudio (sexo y nivel), los resultados no son comparables. En el presente estudio, el VO_2 máx., ($60.1 \pm 3.4 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) medido en una cinta ergométrica al principio del estudio, estaba en el rango (58.1 a $65.5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) del de los jugadores de fútbol profesionales (9, 16, 27). Del mismo modo, el t40m (5.56 ± 0.15 segundos) medido antes del período de control estaba en el rango (5.56 ± 0.15 a 5.62 ± 0.19 segundos) del obtenido para dos equipos de élite juniors de varones en Noruega (18).

Durante el período de control, los participantes mantuvieron los niveles iniciales de MAS y t40m. Este período de control estuvo basado en ejercicios técnicos y tácticos y partidos. En el fútbol, estas formas de ejercicio son frecuentemente usadas durante la temporada de juego con el objetivo de mejorar las cualidades técnicas y tácticas sin disminuir el rendimiento en el fútbol.

Entre el comienzo y el final del período de entrenamiento intervalado de alta intensidad, la MAS fue incrementada significativamente desde 15.9km/h hasta 17.3km/h, lo cual correspondió a una mejora del 8.1% ($p < 0.001$). En base a la afirmación acerca de que las mejoras en el VO_2 máx. requieren ejercicios que provoquen y mantengan un alto nivel del VO_2 máx. (1), son frecuentemente propuestos ejercicios intermitentes y cortos en los programas de entrenamiento para incrementar el VO_2 máx. (13, 18, 26). Las carreras intermitentes de 15 segundos al 120% de la MAS alternadas con recuperaciones pasivas de 15 segundos fueron exitosas para provocar y mantener un alto nivel de VO_2 (10). Efectivamente, estas carreras intermitentes de 15 segundos al 120% de la MAS permitieron que el VO_2 fuera mantenido más tiempo que las carreras intermitentes de 15 segundos al 110, 130, y 140% de la MAS o una carrera continua al 100% de la MAS (10). Con ejercicios intermitentes similares, Franch et al. (13) también encontraron que el entrenamiento intervalado corto compuesto de 30-40 repeticiones de carreras de 15 segundos alternadas con recuperaciones pasivas de 15 segundos realizado 3 días/semana a través de un período de 6 semanas incrementó significativamente ($p < 0.05$) la velocidad asociada con el VO_2 máx. En el presente estudio, el programa de entrenamiento intervalado de alta intensidad no estuvo basado únicamente en carreras intermitentes de 15 segundos, sino también de repeticiones de sprints alternadas con recuperaciones pasivas de 30 segundos. Una serie única de este tipo de ejercicio es realizada principalmente por medio de las vías anaeróbicas, pero ha sido demostrado que la contribución relativa del metabolismo aeróbico a la provisión total de energía se incrementa cuando las series de ejercicio son repetidas con intervalos de recuperación cortos (15). De acuerdo a Balsom et al. (2) el VO_2 alcanzado en la finalización de 15 repeticiones de 40m alternadas con períodos de recuperación de 120-, 60-, y 30 segundos corresponde al 52, 57 y 66 del VO_2 máx., respectivamente. La repetición de los sprints de 40m alternados con recuperaciones de 30 segundos resultaría en una contribución significativa de las vías aeróbicas al aporte energético. Para nuestro conocimiento, ningún estudio ha mostrado los efectos de un programa de entrenamiento basado en la repetición de sprints de 40m alternados con períodos de recuperación de 30 segundos.

Contrariamente, numerosos programas de entrenamiento en bicicleta ergométrica basados en la repetición de un ejercicio de alta intensidad reportaron mejoras significativas en el VO_2 máx. o potencia aeróbica máxima (14, 22, 26). Nuestros resultados indican que las carreras intermitentes de alta intensidad y las repeticiones de sprints alternadas con períodos de recuperación cortos son útiles para incrementar el rendimiento aeróbico de jugadores de fútbol (MAS) durante el período competitivo.

El rendimiento anaeróbico también fue mejorado durante el período de entrenamiento intervalado de alta intensidad, mientras que no ocurrió ninguna modificación durante el período de control. El t40m disminuyó significativamente desde 5.56 hasta 5.35 segundos, lo cual correspondió a una disminución de 3.5% ($p < 0.001$). En comparación con las intensidades submáximas o máximas, los ejercicios de alta intensidad pueden producir que el reclutamiento de fibras sea provocado con adaptaciones fisiológicas específicas. Simoneau et al. (25) mostraron que un programa de entrenamiento que consistía principalmente de series de ejercicios de alta intensidad que de 15-90 segundos de duración permitieron que las áreas de las fibras tipo I y IIb sean incrementadas significativamente, mientras una proporción de fibras tipo IIa permaneció sin cambios. Además, Tabata et al. (26) encontraron que un programa de entrenamiento de 6 semanas basado en ejercicios cortos e intermitentes a altas intensidades, alternados con cortos períodos de recuperación permitieron que el VO_2 máx. y la capacidad anaeróbica (i.e., medidas como el déficit de O_2 acumulado) sean significativamente mejorados. Del mismo modo un entrenamiento de 9 semanas basado en la repetición de cuatro ejercicios de alta intensidad de 30 segundos mejoraron significativamente los rendimientos aeróbicos y anaeróbicos (14), mientras que un entrenamiento de 2 semanas basado en la repetición de ejercicios de 15 segundos de intensidad máxima alternados con períodos de descanso de 45 segundos más una repetición máxima de 30 segundos incrementaron el VO_2 máx. y las actividades enzimáticas de las vías aeróbicas y anaeróbicas (22). De manera contraria, cuando el entrenamiento estuvo basado en ejercicios a una intensidad submáxima, el rendimiento de sprint no fue significativamente incrementado. Efectivamente, después de un entrenamiento intervalado aeróbico específico de 8 semanas que consistía de 4 x 4 minutos al 90-95% de la frecuencia cardíaca máxima, Helgerud et al. (16) no encontraron una diferencia significativa en el t40m entre las condiciones pre- y post-entrenamiento (5.58 ± 0.16 segundos vs. 5.56 ± 0.15 segundos, respectivamente). En el presente estudio, las sesiones de entrenamiento basadas en repeticiones de sprint combinadas con carreras intermitentes a una alta intensidad

mejoraron el rendimiento anaeróbico. Sin embargo, parece difícil determinar los mecanismos responsables de la disminución del t40 ya que las mejoras en el rendimiento anaeróbico pueden estar relacionadas a numerosos factores como adaptaciones enzimáticas (22), hipertrofia fibrilar, y/o mejoras neurales (23).

Durante el período competitivo, los entrenadores frecuentemente apuntan a incrementar las cualidades técnicas y tácticas, mientras que las cualidades físicas son mantenidas a través de los partidos y los ejercicios de táctica habituales. El presente estudio muestra que los ejercicios habituales mantienen la aptitud física. Sin embargo, durante el período competitivo, los entrenadores también podrían apuntar a mejorar la aptitud física, sin causar un síndrome de sobreentrenamiento, con el objeto de mejorar el rendimiento del equipo. En el presente estudio, los ejercicios de entrenamiento intervalado de alta intensidad fueron incluidos en los ejercicios habituales (que consistían de ejercicios técnicos y tácticos y partidos), mientras que las sesiones luego de las sesiones de entrenamiento intervalado de alta intensidad consistían de ejercicios de intensidades moderadas. El volumen de entrenamiento (sesiones por semana) fue mantenido constante, mientras la carga de entrenamiento estuvo entre intensidades altas a bajas para prevenir la monotonía (i.e., uno de los posibles factores que conducen al sobreentrenamiento; Ref. 12). Además, 1 de los ejercicios intermitentes fue individualizado de acuerdo a la capacidad aeróbica de cada sujeto.

Aplicaciones Prácticas

Este estudio demostró que los rendimientos aeróbicos y anaeróbicos fueron incrementados durante el período competitivo por medio de un programa de entrenamiento específico basado en carreras intermitentes a una alta intensidad y repeticiones de esprint. Estos resultados parecen particularmente interesantes para los jugadores de fútbol, debido a que las mejoras en las cualidades físicas constituyen el principal objetivo antes del comienzo de la competición. Después de este período, el objetivo de los entrenadores es mantener el nivel de cualidades físicas. Los resultados obtenidos después del período de control han mostrado que los rendimientos aeróbicos y anaeróbicos fueron mantenidos durante el período competitivo. Sin embargo, este estudio muestra que las mejoras en las cualidades físicas son también posibles durante el período competitivo sin afectar negativamente el rendimiento del equipo de fútbol. No obstante, no es apropiado relacionar directamente el rendimiento físico con el rendimiento de un equipo de fútbol. El rendimiento en fútbol está determinado por la técnica de los jugadores, las características tácticas, fisiológicas y psicológicas/sociales, y estos factores están relacionados de cerca uno con el otro (5).

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al staff técnico del Centro Regional de Medicina del Deporte y Biología de Nord-Pas de Calais por sus contribuciones.

REFERENCIAS

1. 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
2. Balsom, P.D (1994). Evaluation of physical performance. In: *Football (Soccer)*. B. Ekblom, ed. Oxford: Blackwell Scientific, pp. 102-123
3. Bangsbo, J (1992). Time and motion characteristics of competition soccer. *Sci Football.* 6:34-40
4. Bangsbo, J (1994). The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol. Scand.* 151(S619): 16
5. 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
6. Billat, V.L., and J.P. Koralsztejn (1996). Significance of the velocity at $O_{2\max}$ and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med.* 22:90-108
7. Brewer, J., and J.A. Davies (1992). A physiological comparison of English professional and semi-professional soccer players. *J. Sports Sci.* 10:146-147
8. Casajus, J.A (2001). Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 41:463-469
9. Dupont, G., N. Blondel, G. Lensel, and S. Berthoin (2002). Critical velocity and time spent at a high level of $O_{2\max}$ for short intermittent runs at supramaximal velocities. *Can. J. Appl. Physiol.* 27:103-115
10. 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. *Eur. J. Appl. Physiol.* 86:179-184
11. Foster, C (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:1164-1168
12. 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
13. Gaiga, M.C., and D. Docherty (1995). The effect of an aerobic interval training program on intermittent anaerobic performance.

14. 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
15. Helgerud, J., L.C. Engen, U. Wisloff, and J. Hoff (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33:1925-1931
16. 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
17. Krstrup, 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
18. 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
19. Leger, L., and R. Boucher (1980). An indirect continuous running multistage field test: the University de Montréal Track Test. *Can. J. Sport Sci.* 5:77-84
20. 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
21. Ross, A., M. Leveritt, and S. Riek (2001). Neural influences on sprint running: training adaptations and acute responses. *Sports Med.* 31:409-425
22. 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
23. Simoneau, J.A., G. Lortie, M.R. Boulay, M. Marcotte, M.C. Thibault, and C. Bouchard (1985). Human skeletal muscle fiber type alteration with high-intensity intermittent training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 54:250-253
24. 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 $\dot{V}O_{2\max}$. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28:1327-1330
25. 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 Grégory, Koffi Akakpo, y Serge Berthoin (2004). The Effect of In-Season, High-Intensity Interval Training in Soccer Players. *J Strength Cond Res* 18 (3) 584-589.