PubliCE, (PubliCE) 1994

Research

Comparación de varios tests de evaluación física para cuantificar el rendimiento

Jens Bangsbo[1] y F. Lindquist[1]

[1]*August Krogh Institute, Copenhagen, Denmark.*

RESUMEN

Para evaluar métodos o procedimientos para testear la capacidad de resistencia durante la actividad fútbol, se compararon los resultados individuales de los tests de laboratorio y de campo, con la performance física durante un partido, y adicionalmente con la performance durante ejercicios intermitentes de duración prolongada. Se grabaron vídeos de 20 jugadores profesionales de fútbol, durante competencia, y se determinó la distancia total más prolongada (distancia-partido) y la distancia a la más alta intensidad. El lactato en sangre y el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) fueron medidos durante carrera en la cinta. También se llevaron a cabo 2 tests de campo, uno continuo el otro intervalado. Además, 8 jugadores, realizaron un test intermitente, específico para fútbol, de duración prolongada hasta el agotamiento. Las enzimas musculares y las características morfológicas fueron determinadas en muestras de biopsias obtenidas del músculo gemelo. La distancia cubierta en el test intermitente prolongado (media: 16.3 km; rango: 14.8-18.5 km) no correlacionó con la distancia del partido (r=0.16); de todos modos, su coeficiente de correlación con la distancia cubierta a alta intensidad durante el partido fue de 0.70. El test de distancia en campo, intervalado, correlacionó (r=0.83) con la distancia cubierta durante el test intermitente, de distancia, prolongado. El VO_2 máx. (r=0.64) y las concentraciones de lactato en la sangre durante la carrera submáxima (r=0.58), correlacionaron con la distancia recorrida en el partido, pero no con la distancia del test intermitente prolongado (r=0.18 y r=0.27, respectivamente). Las actividades de las enzimas musculares y las variables morfológicas no correlacionaron con las actividades de los partidos ni con la performance en el test de ejercicio intermitente prolongado. Los datos actuales sugieren que el test de campo intervalado puede ser usado para evaluar la performance de ejercicio intermitente, de larga duración, y tal vez para testear la performance de resistencia en jugadores de fútbol, y que para atletas bien entrenados, las características musculares, el VO_2 y la concentración de lactato en la sangre, durante carreras a velocidad submáxima, no son mediciones sensibles para la detectar capacidad de resistencia durante el ejercicio intermitente.

Palabras Clave: testen, fútbol, performance, lactato, enzimas musculares

INTRODUCCIÓN

Durante los 90 min. de un partido de fútbol, la distancia total cubierta por jugadores de elite, está entre los 9 y los 14 km., el promedio del porcentaje de esfuerzo es de alrededor del 75 % del consumo máximo de oxígeno, y el contenido de glucógeno en los músculos de las piernas es bajo al final del partido (3, 7, 15, 25). El modo del ejercicio es intermitente, y las concentraciones de lactato en la sangre que se encuentran comúnmente durante partidos de fútbol, están en un rango de 6 -12 mmol/l (3, 7). Por eso, un jugador de fútbol necesita una capacidad física bien desarrollada para realizar

frecuentes esfuerzos de alta intensidad durante un ejercicio de larga duración. La falta de esta capacidad física puede limitar la performance de un jugador, durante un partido de fútbol. Por lo tanto, es importante evaluar esta capacidad, a la cual haremos referencia como capacidad de resistencia específica del fútbol.

Para ser útil, semejante test debe tener alta validez, la cual puede ser demostrada por una elevada correlación entre los resultados y la performance física de los jugadores durante los juegos. Esta comparación es complicada por el hecho de que una simple medida obtenida del análisis de un match, tal vez no exprese la capacidad de resistencia específica del fútbol. Además, la verdadera capacidad física de un jugador, tal vez, no sea demostrada en ningún partido dado, debido por ejemplo, a limitaciones tácticas (3). Sin embargo, evidencias de análisis de varios partidos sugieren que la distancia cubierta a alta intensidad puede ser una medida confiable de la performance de resistencia durante un partido (3). Una posibilidad alternativa es la de comparar los resultados del test con la performance de larga duración, por ej. con carreras intermitentes hasta el agotamiento, simulando un patrón de ejercicio similar al fútbol. La capacidad física de los jugadores de fútbol ha sido determinada por varios procedimientos de evaluación (8, 12, 21). De todos modos, los resultados del test no se relacionaron a las performances individuales, ni en los ejercicios intermitentes de larga duración, ni en los partidos.

El entrenamiento físico incrementa la oxidación de las grasas, desciende la concentración de lactato en la sangre durante el ejercicio, y mejora la performance en resistencia, en ejercicios continuos de larga duración. Estos cambios se relacionan con un incremento en el VO_2 máx., el número de capilares, y la actividad de las enzimas en el ciclo del ácido tricarboxílico, y la β-oxidación en la musculatura entrenada (1, 14, 19, 23). La disminución en la concentración del lactato en la sangre inducida por el entrenamiento, durante el ejercicio submáximo, en asociación con el incremento en la performance, hace que las mediciones del lactato sean útiles para predecir la performance en ejercicios continuos de larga duración (10, 16). Es menos segura, la evidencia de que el consumo máximo de oxígeno, o el lactato en la sangre, pueden ser usados para evaluar la capacidad de resistencia durante el ejercicio intermitente y la performance física durante un partido de fútbol.

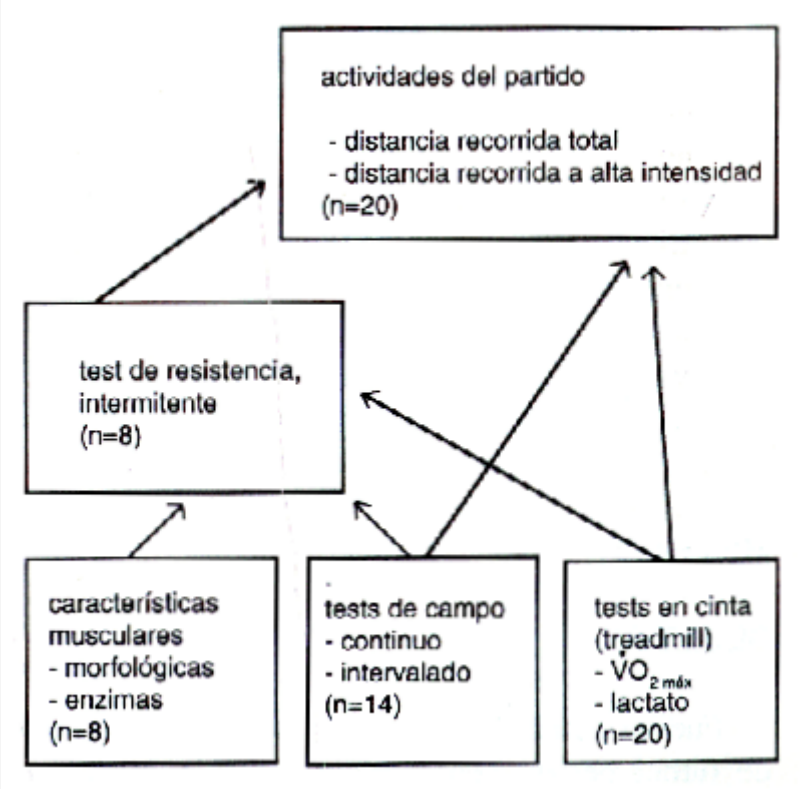


Figura 1. *Esquema del diseño experimental. (n): cantidad de sujetos*

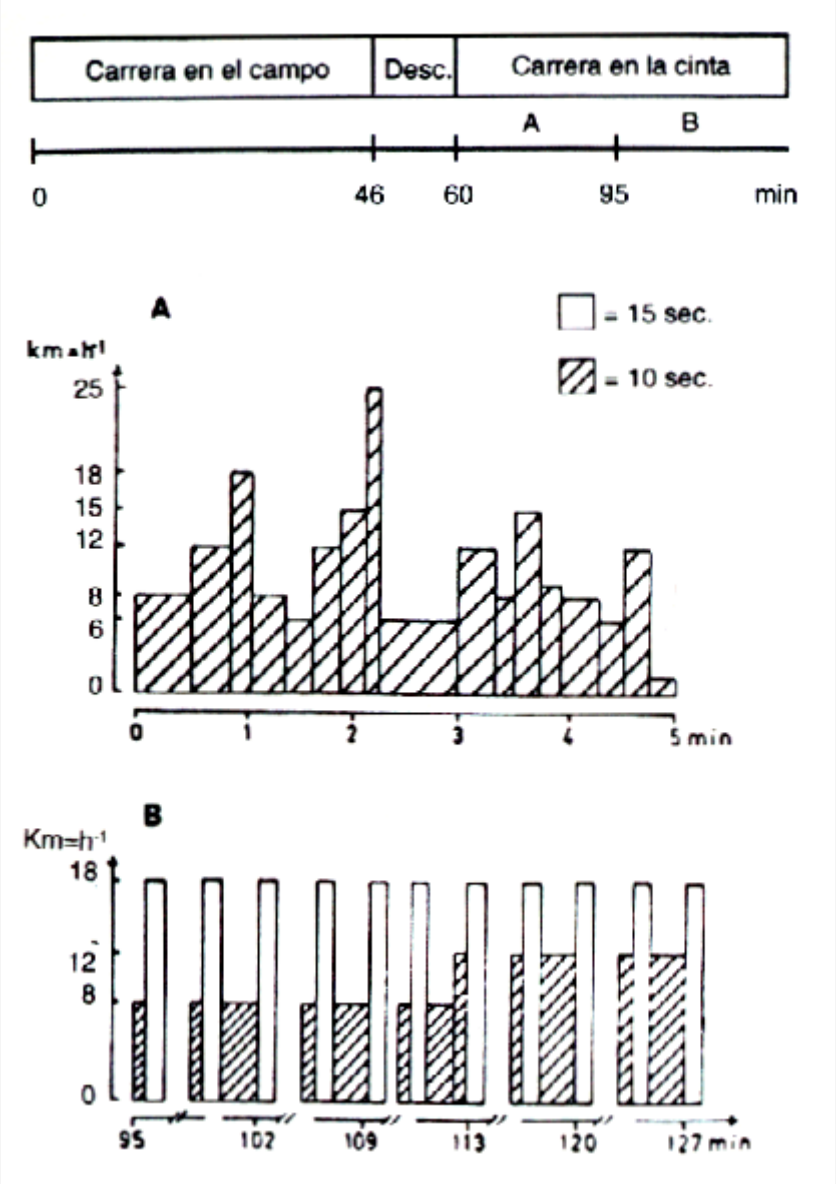


Figura 2. *Protocolo del test de resistencia, intermitente. El test consistió de 46 min de carrera de campo intermitente, seguidos de 14 min de descanso, y luego una carrera intermitente sobre la cinta hasta el agotamiento, dividida en dos partes (A y B) (ver panel superior). La duración de A fue de 35 min y consistió en 7 períodos de ejercicio intermitente, idénticos (ver panel del medio); durante la parte B (ver panel inferior), la velocidad de la cinta fue alternada entre 8 km/h (luego, más tarde a 12 km/h) por 10s (□) y 18 km/h por 15s (▨), esfuerzo que se continuó hasta el agotamiento. Para mayores explicaciones ver sección "Métodos".*

El propósito del presente estudio fue el de evaluar la efectividad de varios procedimientos para determinar la capacidad de potencial físico del fútbol. Veinte jugadores de fútbol, de elite, realizaron tests de laboratorio y de campo, y los resultados fueron comparados con la performance física durante partidos de fútbol y con las características musculares (Figura 1).

MÉTODOS

Sujetos

Fueron estudiados veinte jugadores profesionales de fútbol pertenecientes a tres equipos de primer nivel en Dinamarca. Ocho de ellos (grupo A) tomaron parte en todos los tests, y en la mitad del período experimental se les practicó una biopsia muscular del músculo gemelo a estos jugadores (Figura 1). Los restantes 12 jugadores formaron el grupo B. Las

características físicas de los sujetos se presentan en la Tabla 1. La cantidad total de años de práctica de fútbol del grupo fue de 12 a 21 años, con al menos 2 años de juego en el primer nivel en Dinamarca. A los sujetos se les informó acerca de los posibles riesgos que implicaría participar en esta investigación, antes de que ellos dieran su consentimiento verbal.

	Edad años	Peso kg	Altura cm	VO_{2max} ml/mm/kg	Años de fútbol años	
					Todos los niveles	
Grupo A	22.3	76.3	182.9	60.4	15.1	4.2
(n=8)	±1.0	±2.6	±1.3	±1.1	±1.1	±1.0
Grupo B	24.9	74.9	182.1	61.2	17.8	6.4
(n = 12)	± 1.3	±2.4	± 1.5	± 1.6	±1.3	±1.2

Tabla 1. *Edad, peso, altura, VO_2 máx., y años de práctica de fútbol de los sujetos. Los valores están presentados como medias±DS.*

Procedimientos

El experimento, incluyendo el film y el testeó, fue llevado a cabo en un período de seis semanas, en la mitad de la segunda parte de la temporada. Los tests fueron hechos en días separados, y a los sujetos se los familiarizó con los procedimientos de los tests, antes de comenzar con el experimento.

Distancias durante el partido

Cada uno de los 20 jugadores fue filmado por separado durante al menos dos partidos completos de la Liga Danesa de Fútbol, jugados como locales; luego se vieron los vídeo-tapes en un monitor de televisión y se codificaron para diez actividades del partido. Los aspectos esenciales de la técnica usada para el análisis de los partidos ya se han descrito anteriormente (3). La más larga de las distancias totales, cubiertas por un individuo durante los partidos observados, fue llamada «distancia del partido», y se definió a la «distancia de alta intensidad» como la más extensa de las distancias cubierta a una velocidad de carrera moderada (velocidad media: 15 km/ h), alta velocidad de carrera (18 km/h) y una carrera de sprint (30 km/h).

Test de resistencia intermitente

Los jugadores del grupo A llevaron a cabo un test intermitente, prolongado hasta el agotamiento (test de resistencia intermitente, Figura 2). Primero los jugadores realizaron un protocolo de 46 min, estándar, en una cancha de fútbol, compuesto de un periodo de calentamiento de 18 min, con estiramientos (duración total: 8 min), carreras de baja velocidad (6 min) y de velocidad moderada (4 min), siendo el total de la distancia 1.89 km; luego, dos períodos idénticos de 14 min. Durante los mismos, los sujetos alternaron entre 8 actividades diferentes: parados (1:35 min), caminando (1:00 min), jogging (3:50 min), carrera de baja velocidad (3:15 min), carrera en retroceso (0:20 min), carrera de velocidad moderada (2:55 min), carrera de alta velocidad (0:35 min), y una carrera de sprint (0:30 min). La distancia total cubierta durante los 46 min fue de 6856 m. Después de un período de descanso de 14 min, los sujetos realizaron: l ero.) carreras intermitentes sobre la cinta por 35 min (consistente de 7 períodos x 5 min, sobre la cinta, donde la velocidad alternó entre 8 velocidades diferentes de 0 a 25 km/h (parte A, Figura 2); 2do.) ejercicios intermitentes, alternando entre baja velocidad de carrera (8 km/h al comienzo, y 12 km/h después de 18 min) por 10 s con una alta velocidad de carrera (18 km/h) por 15 s, los cuales continuaron hasta que los sujetos debieron parar por agotamiento (parte B, Figura 2).

El agotamiento fue definido como el punto donde los sujetos no fueron capaces de continuar con las carreras de 15 s a una alta intensidad. A los sujetos se los alentó verbalmente para continuar, lo máximo posible por los conductores de los tests. Durante las carreras sobre la cinta, el aire espirado fue colectado regularmente. La distancia total cubierta fue el resultado del test. Siete de los ocho jugadores realizaron dos veces el test, con diferentes dietas durante los días previos al test, pero en el presente estudio, solamente se reportó el resultado del test, luego de haber ingerido la dieta usual (4).

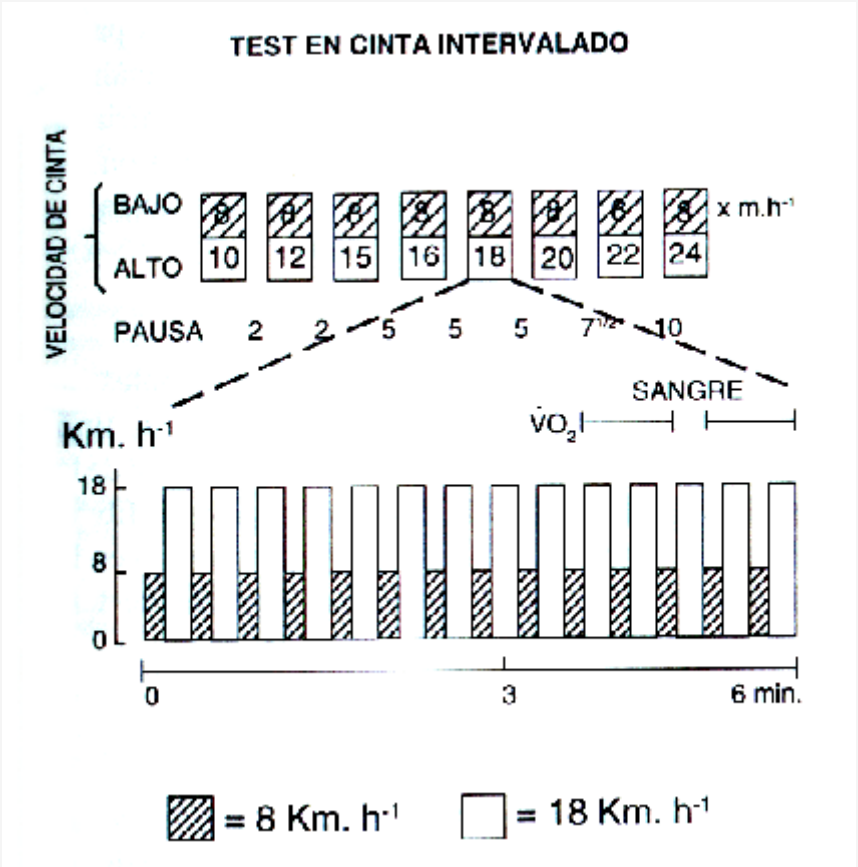


Figura 3. *Protocolo del test intervalado sobre la cinta. El test consistió en 8 esfuerzos de ejercicio intermitente separados por períodos de descanso de duración incrementada progresivamente (panel superior). Durante cada esfuerzo, la velocidad de la cinta fue alternada entre 8 km/h por 10 s (□) y una velocidad más alta por 15 s(▨). En el panel inferior se da como ejemplo, la velocidad más alta de 18 km/h.*

Test sobre la cinta

El total de los 20 jugadores llevaron a cabo tests continuos sobre un treadmill. El test consistió en 5 repeticiones de esfuerzos de 6 min y un esfuerzo de 3.5 min, separados con períodos de descanso de duración progresivamente incrementada (2-5 min;). Las velocidades de la cinta fueron 6, 8, 12, 15, 16.5 y 18 km/h. Subsecuentemente, siguiendo a un período de descanso de 10 min, los sujetos realizaron un test máximo. La velocidad inicial de la cinta fue de 18 km/h, y fue incrementada en 2 km/h, cada 2 min, hasta que el sujeto llegaba al agotamiento. Además, el grupo A llevó a cabo un test intervalado sobre la cinta en un día diferente. El protocolo se describe en la Fig. 3. Durante cada periodo de 5 min 50 s la velocidad de la cinta fue sistemáticamente alternada entre 8 km/h por 10 s y una velocidad elevada por 15 s. La velocidad más elevada fue modificada con incrementos de período en periodo de 5 min 50 s, comenzando con 10 km/h y luego 12, 15, 16.5, 18, 20, 22 km/h y terminando, si fuere posible, con 24 km/h. Antes de cada test sobre la cinta, se colocó un catéter dentro de una vena antecubital, y se obtuvieron muestras de sangre, inmediatamente después de cada repetición, midiéndose la concentración de lactato en la sangre. El consumo de oxígeno (VO_2) se midió durante los últimos 2 minutos de las repeticiones de ejercicio submáximo, y continuamente durante el test máximo. Durante la carrera máxima ocurrió un claro desnivel del VO_2 (VO_2 máx.) para todos los sujetos. Se graficó el VO_2 y la concentración de lactato en la sangre venosa de un individuo, obtenidos a velocidades de carrera submáxima; el VO_2 a un nivel de lactato de 3 mmol/l (VO_2 -lac3), fueron determinados en los sujetos, tanto durante el test sobre cinta continuo, como durante el test sobre cinta intervalado.

Test de campo

El grupo A y seis jugadores del grupo B realizaron un test de campo intervalado. El curso de este test se muestra en la Figura 4. La actividad alternó entre intensidades altas y bajas de ejercicio de 15 y 10 s, respectivamente. La duración del test fue de 16.5 min. Por eso, la duración total de las intensidades altas y bajas de ejercicio fueron de 10 y 6.5 min, respectivamente. Durante los períodos de alta intensidad los jugadores ejecutaron diferentes formas de locomoción a lo

largo de la línea exterior del campo de juego (pasos de costado, carreras hacia atrás y hacia adelante; ver descripción en epígrafe de la Figura 4). Los períodos de baja intensidad consistieron en 10 s de jogging hacia el centro del rectángulo y vuelta al lugar donde se había detenido, previamente. El resultado del test fue la distancia cubierta durante los 10 min de ejercicio de alta intensidad. El grupo A y los otros seis jugadores del grupo B, llevaron acabo 1 test de campo continuo, el cual fue levemente modificado con respecto al procedimiento previamente descrito (8). El resultado del test fue el tiempo requerido para cubrir cuatro vueltas de una pista (4 veces 540 m).

Antes de ambos test de campo se permitió un calentamiento de 15 min, e inmediatamente después de cada test, se obtuvo una muestra de sangre de la yema de los dedos para análisis de lactato en sangre.

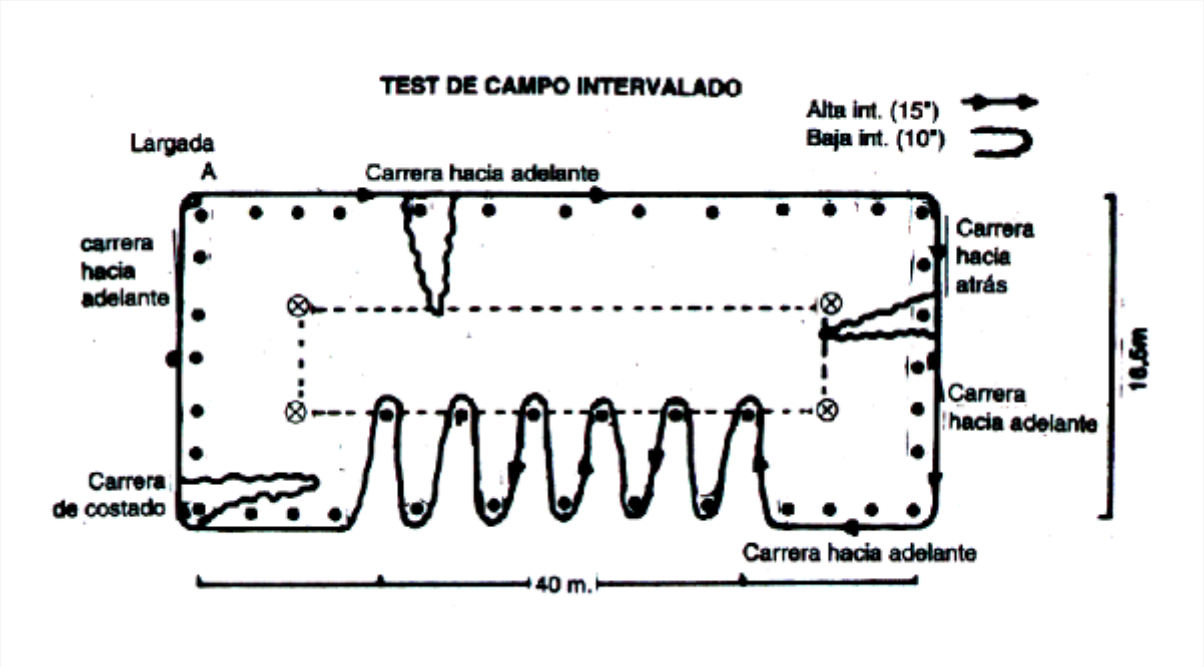


Figura 4. *Trayecto para el test de campo de intervalado. La duración de este test fue 16.5 min, donde los jugadores alternaron entre altas y bajas intensidades de ejercicio por 15 s y 10 s, respectivamente. El test comenzó en el punto A a una alta intensidad de ejercicio. Los jugadores siguieron la línea exterior (→) durante los períodos de ejercicio de alta intensidad, los que consistieron en carrera hacia adelante (40 m), carrera de espaldas (8.25 m), carrera hacia adelante (95.25 m; incluye zig-zag descrito en la figura), y carrera con pasos de costado mirando hacia afuera (8.25 m), seguido de la misma carrera de costado mirando hacia el centro (8.25 m). Durante los períodos de baja intensidad (10 s), los jugadores hicieron jogging hacia el centro del rectángulo (identificado por los dibujos irregulares) y vieron hacia la posición donde hablan finalizado el esfuerzo máximo anterior.*

Análisis Fisiológicos

El aire espirado fue colectado en Bolsas de Douglas y el volumen fue medido con un espirómetro Tissot. Se determinaron las concentraciones de oxígeno (O_2) y de dióxido de carbono (CO_2) con analizadores de O_2 paramagnético (Servomex) y CO_2 infrarrojo (Beckman LB-II), respectivamente. Se calibró regularmente a los analizadores con concentraciones de gases conocidas, determinadas por la micro-técnica de Scholander. Las muestras de sangre fueron colocadas en ácido perclórico 0.6 M congelado, luego centrifugadas y los sobrenadantes fueron congelados a -40° C. Luego, fue analizada la concentración de lactato por métodos enzimáticos espectrofotométricos (13).

Biopsias musculares

Las biopsias musculares fueron separadas en dos partes. Una pieza fue directamente congelada en N_2 líquido y usada para análisis bioquímicos. La parte restante fue incorporada a un medio para análisis histoquímico, y congelada en isopentano, enfriado hasta el punto de congelamiento. Se almacenaron las muestras a -80° C, hasta que el análisis fue realizado.

Análisis histoquímico

Se cortó una serie de secciones transversales (µm) con un microtomo a -20° C y se lo tiñó histoquímicamente para

determinar la actividad de la ATPasa miofibrilar (20). La clasificación de fibras dentro de las fibras ST, FTa, y FTb fue basada en la tinción de la ATPasa miofibrilar, después de una preincubación a pH de 4.3, 4.6, y 10.3 (5).

Análisis Bioquímico

Las muestras musculares para las determinaciones cuantitativas de las actividades de las enzimas fueron congeladas a seco, en un congelador/seco termoeléctrico por 48 h a -50° C y a una presión de 0.01 Torr. Cada muestra fue disecada bajo un microscopio para extraer restos de sangre, la grasa y el tejido conectivo en una habitación donde la temperatura (20° C) y la humedad (< 30 %) fueron controladas. Los fragmentos de fibras disecadas fueron homogeneizados en una solución al 1:400 en un buffer de fosfato 0.3 M congelado, ajustado a pH de 7.7, que contenía 0.5 mg/ml de albúmina sérica de bovino. La citrato sintetasa (CS) y la hidroxiacil-CoA dehidrogenasa (HAD) fueron determinadas usando métodos fluorimétricos con reacciones en parejas NAD-NADP, según lo descrito por Essen-Gustavsson y Henriksson (9). Las actividades de las enzimas fueron medidas a 25° C y expresadas en µmol/min/g de peso muscular seco.

Métodos estadísticos.

Se usaron procedimientos normales para los análisis de regresión y correlación, y los tests estadísticos fueron hechos usando el test-t de Student.

RESULTADOS

Distancias - partidos

La distancia-partido promedio fue de 10.98 km. (rango: 8.99-12.65, n= 20), de los cuales la distancia recorrida a alta intensidad fue del 19 % o 2.1 km (0.6-3.8). La distancia-partido correlacionó con la distancia-partido a alta intensidad (r= 0.61, n= 20, p<0.05; Tabla 2).

	Distancias por partido			**Tests**			**Características musculares**					
				Tests de campo								
	Distancias por partido	Distancia a alta intensidad	Test de endurance intermitente	Interva-lado	Continuo	Continuo	Interva-lado VO_2-Lac3	VO_{2max}	Enzimas HAD y CS		Capila-res p/fibra	%ST
Distancias por partido	■											
Distancia a alta intensidad	61*(20)	■										
Test de endurance intermitente	16 (8)	70 (8)	■									
Test de campo internalado	38 (14)	23 (14)	83* (8)	■								
Test de campo continuo	-68*(14)	-44 (14)	-57 (8)	-78* (8)	■							

VO_2-Lac3 cont.	58*(20)	26 (20)	27 (8)	69*(148)	-49 (14)	■						
VO_2-Lac3 int.	60 (8)	25 (8)	-33 (8)	07 (8)	13 (8)	32 (8)	■					
VO_{2max}	64*(20)	40 (20)	18 (8)	47 (14)	-47 (14)	78*(20)	56 (8)	■				
HAD	-56 (8)	00 (8)	42 (8)	28 (8)	06 (8)	-67 (8)	-57 (8)	-66(8)	■			
CS	-63 (8)	-40 (8)	-32 (8)	-30 (8)	20 (8)	-81* (8)	-47 (8)	-84*(8)	60(8)	■		
Capila-res p/fibra	21 (8)	34 (8)	49 (8)	27 (8)	22 (8)	-20 (8)	-13 (8)	16 (8)	42(8)	-10(8)	■	
%ST	-70 (8)	27 (8)	23 (8)	29 (8)	-23 (8)	-56 (8)	-46 (8)	-61 (8)	65(8)	65 (8)	42(8)	■

Tabla 2. *Coeficientes de correlación para las relaciones individuales entre las variables medidas. (*) Correlaciones significativas entre variables; (n): número de observaciones*

Tests

Tests de resistencia intermitente

La distancia cubierta durante el test de resistencia intermitente promedio 16.3 km. (rango: 14.848.5, n= 8). El VO_2 fue de 34.1 ml/min/kg (32.1-35.9) y 48.3 ml/min/kg (44.1-51.7), durante la parte A y la parte B de la carrera sobre la cinta, respectivamente. La distancia del test no correlacionó con la distancia-partido (r = 0.16, n = 8, p>0.05), pero la comparación por regresión de la distancia de test de resistencia, intermitente, con la distancia recorrida a alta intensidad tuvo un coeficiente de correlación de 0.70 (n = 8, 0.050.05), o con la performance durante el test de resistencia intermitente (r=0.27, n=8, p>0.05) (Figura 6). No se hallaron correlaciones entre VO_2 máx.-lac3 durante el test intervalado, con el resultado de distancia-partido recorrida (r=0.60, n=8, p>0.05), o con los resultados de distancia a alta intensidad (r= 0.33, n=8, p>0.05) (Tabla 2). El VO_2 máx. medio fue de 60.9 (51.7-68.4) ml/min/kg, y este correlacionó con la distancia-partido (r=0.64, n=20, p<0.05) (Figura 7). De todos modos, el VO_2 máx. no correlacionó con la distancia a alta intensidad (r=0.40, n=20, p>0.05) o con la distancia durante el test de resistencia intermitente (r=0.18, n=8, p>0.05).

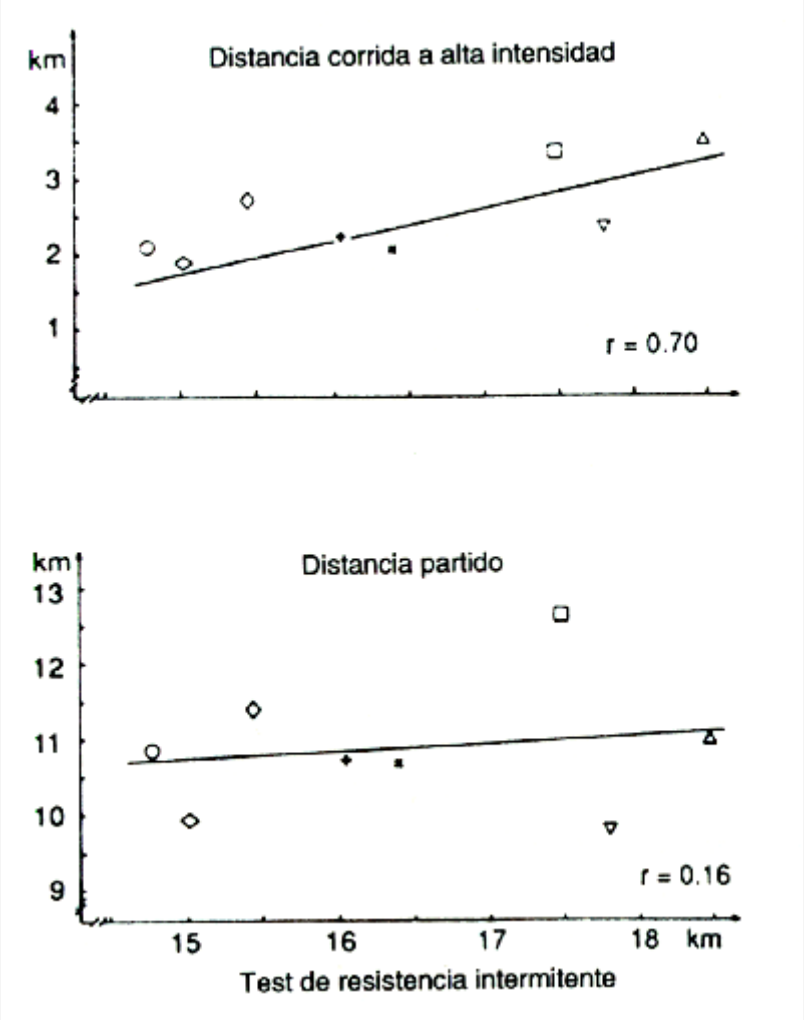


Figura 5. *Relación individual entre la distancia cubierta durante el test de resistencia, intermitente, y la distancia-partido (panel inferior), y la distancia corrida a alta intensidad (panel superior); para definiciones, ver Métodos.*

Ecuaciones:

- Distancia-partido (km) = distancia del test de resistencia intermitente (km) x 0.10 + 9.20
- Distancia a alta intensidad (km)= distancia del test de resistencia intermitente (km) x 0.30 - 2.44

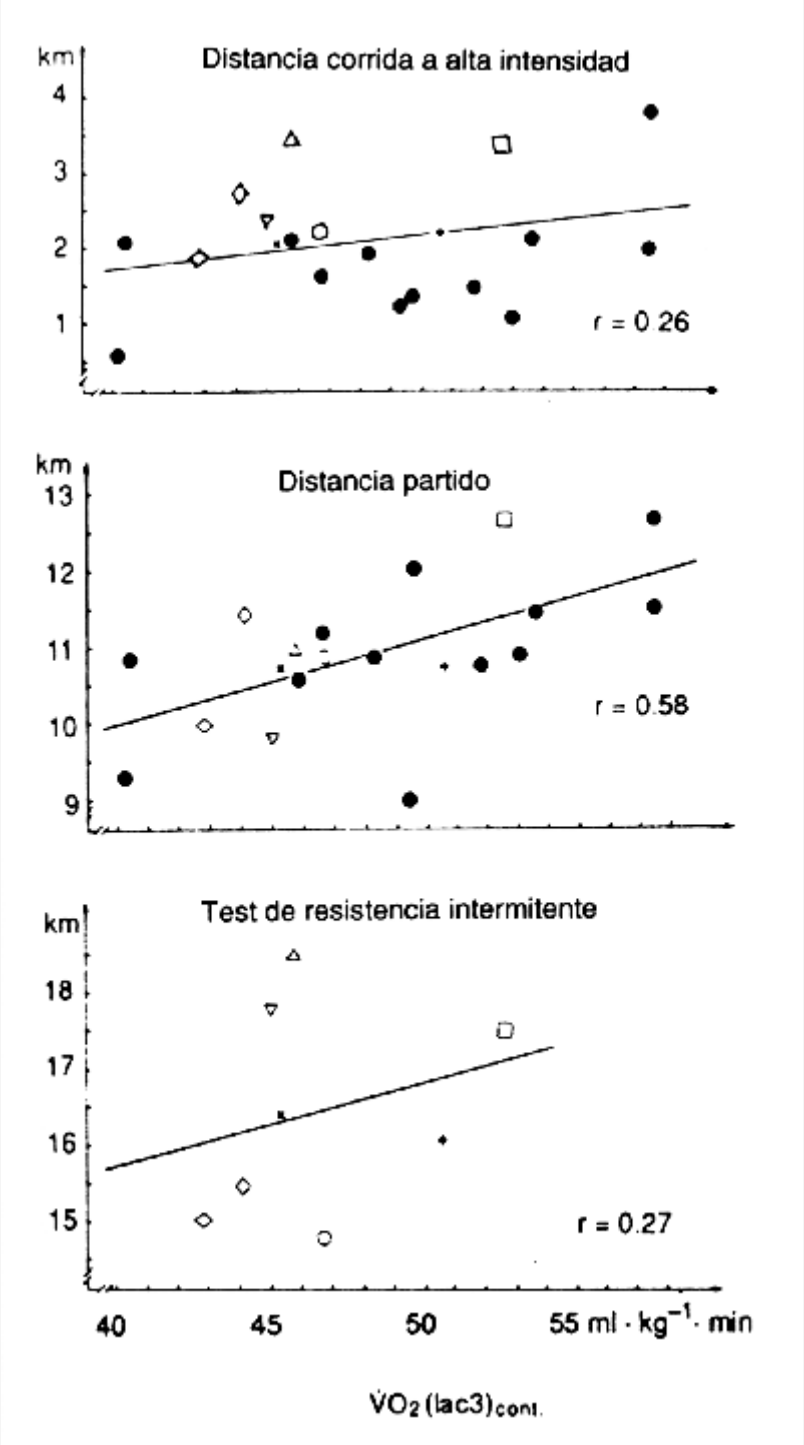


Figura 6. *Relación individual entre el VO_2 correspondiente a concentraciones de lactato de 3 mmol/I durante el test continuo sobre la cinta [VO_2 (lac3)] y la distancia cubierta durante el test de resistencia, intermitente (panel inferior), la distancia-partido (panel del medio), y distancia a alta intensidad (panel superior); para definiciones, ver Métodos.* ***Ecuaciones:***
Distancia del test de resistencia, intermitente (km) =VO_2(lac3) (ml/min/kg) x 0.11 + 11.35
Distancia-partido (km) = VO_2(lac3) (ml/min/kg) x 0.11 + 5.62
Distancia a alta intensidad = VO_2 (lac3) (ml/min/kg) x 0.04 + 0.06

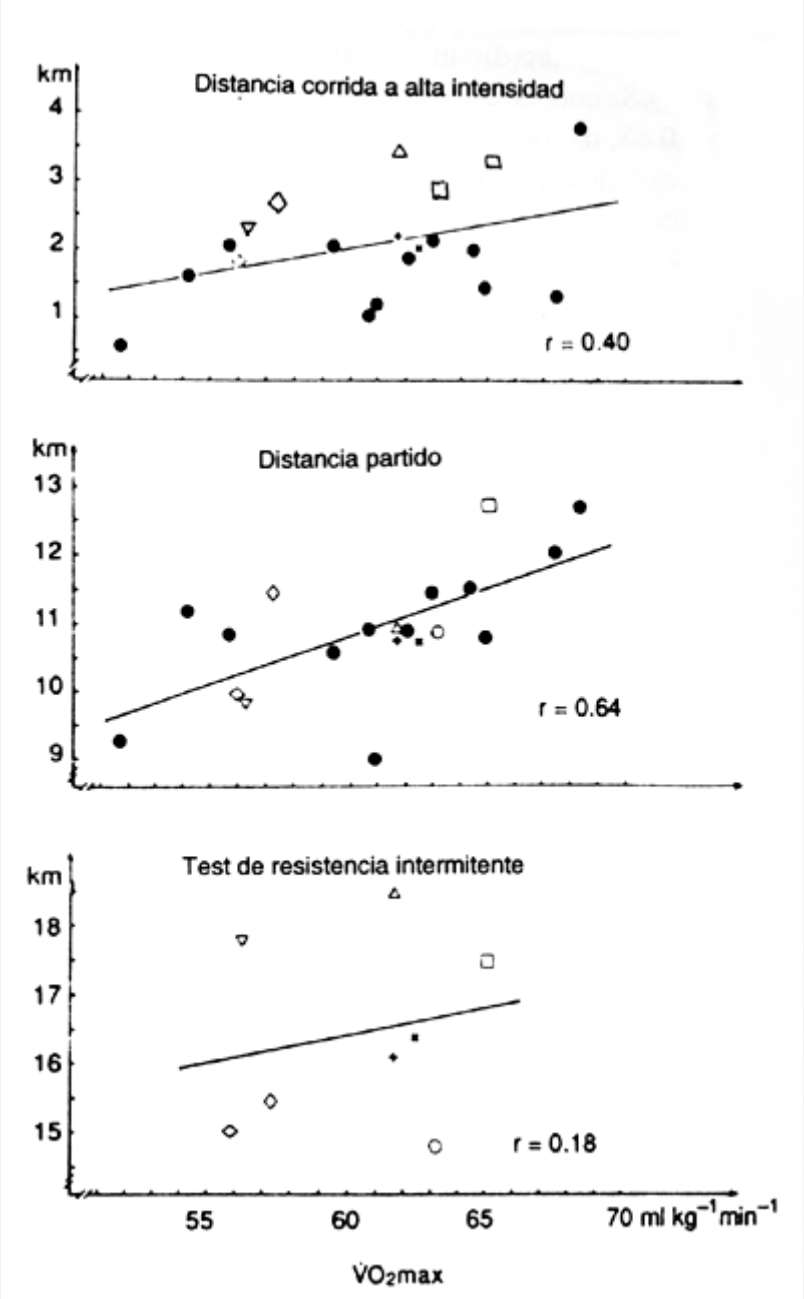


Figura 7. *Relación individual entre el VO_2 máx. y la distancia cubierta durante el test de resistencia, intermitente (panel inferior), la distancia-partido (panel del medio), y la distancia a alta intensidad (panel superior); para definiciones, ver Métodos.*

Ecuaciones:

Distancia del test de resistencia, intermitente= VO_2 máx. (ml/min/kg) x 0.07 + 12.07

Distancia-partido (km) = VO_2 máx. (ml/min/kg) x 0.14 + 2.65

Distancia a alta intensidad = VO_2 máx. (lac3) (ml/min/kg) x 0.04 + 0.06

Tests de campo.

La distancia de carrera promedio, durante los 10 min de la parte intensiva del test de campo intervalado fue 1.90 km (1.72-2.08, n=14). Este valor correlacionó (r=0.83, n=8, p<0.05) con la performance durante el test de resistencia, intermitente, pero no correlacionó con la distancia-partido (r=0.38, n=14, p>0.05), con la distancia a alta intensidad, durante un partido (r=0.23, n=14, p>0.05) (Figura 8). El tiempo de carrera para el test de campo continuo dio una media de 10.44 min (9.50-11.95). Se encontró una correlación inversa individual (r =-0.68, n=14, p<0.05) entre el tiempo de carrera y la distancia-partido (Figura 9). De todos modos, ni la distancia a alta intensidad durante un partido (r=0.44, n=14, p>0.05), ni la distancia del test de resistencia, intermitente (r=-0.57, n=8, p>0.05) correlacionaron con los

resultados del test de campo continuo (Figura 9).

Los promedios de las concentraciones de lactato después de los tests de campo intervalado y continuo, fueron 7.8 mmol/1 (5.1-12.7) y 11.0 mmol/1 (8.8-13.6), respectivamente.

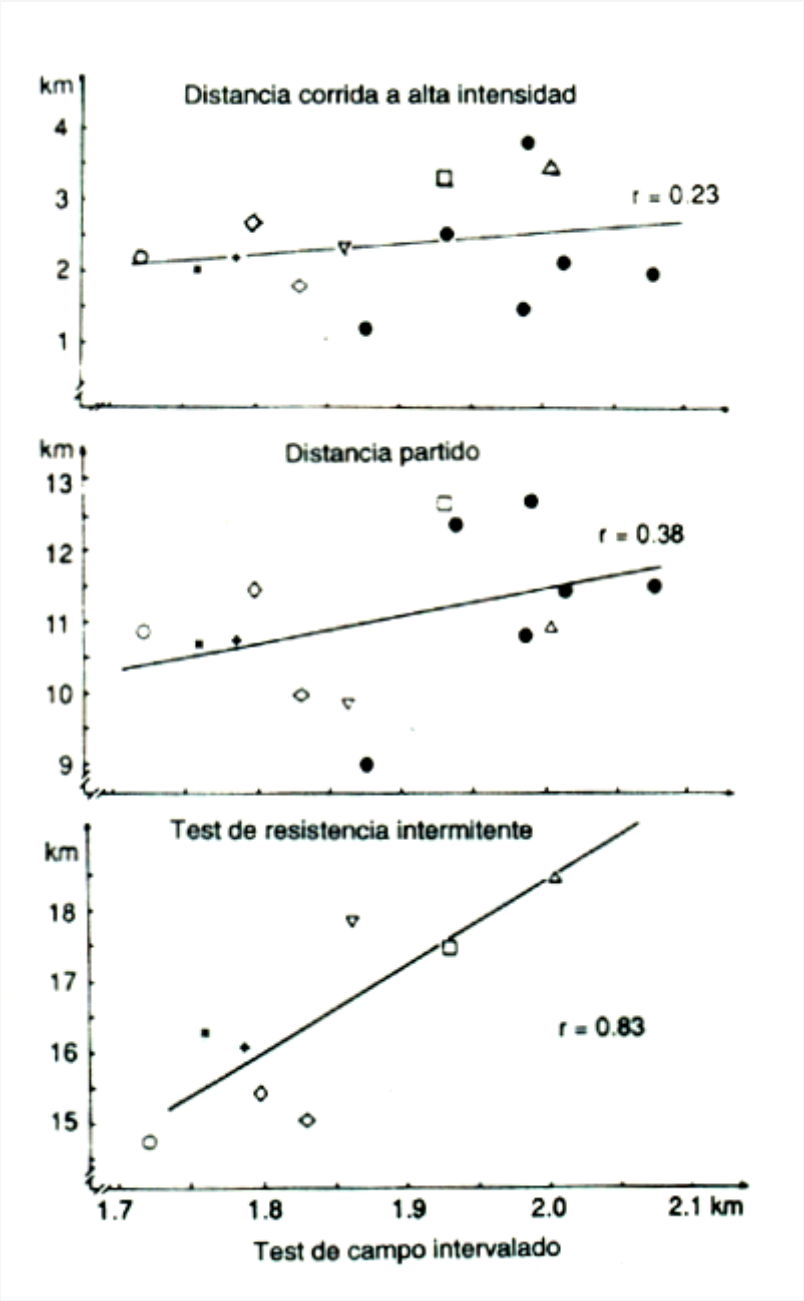


Figura 8. *Relación individual entre la distancia cubierta durante el test de campo intervalado y la distancia cubierta durante el test de resistencia, intermitente (panel inferior), la distancia partido (panel del medio), y la distancia a alta intensidad (panel superior); para definiciones, ver métodos.*

Ecuaciones:

Distancia del test de resistencia, intermitente (km) = distancia del test intervalado (km)x 12.2 - 5.9

Distancia-partido (km) = distancia del test intervalado (km) x 3.7 + 4.0

Distancia del test a alta intensidad = distancia del test intervalado

(km) x 1.53 - 0.52

Características Musculares

Las [CS] y [HAD] medias en el músculo fueron 78.6 (65.9-87.4) y 44.1 (35.5-52.5) µmol/min/g de músculo seco, respectivamente. La distribución media de los tipos de fibras fue 48.5 (34.6-61.0) % ST, 44.1 (32.0-65.4) % FTa, y 7.4 (0.3-18.7) % FTb, y el área cubierta para los tres tipos de fibras fue de 4871 (3727-6301),6153 (4468 -8215) y 6362 (4506-8851) μm^2, respectivamente. La cantidad media de capilares por fibra fue de 1.94 (1.57-2.30), con 4.67 (3.57-5.97), 4.73 (3.79-5.24) y 4.39 (2.86-5.20) capilares, alrededor de las fibras ST, fibras FTa, y fibras FTb, respectivamente. Ninguna de estas variables musculares correlacionaron con la distancia-partido, con la distancia corrida a alta intensidad, o con la distancia cubierta durante el test de resistencia, intermitente. La CS correlacionó inversamente al VO_2 máx. ($r = -0.84$, $n=8$, $p<0.05$) y con el VO_2-lac3 durante el test de ejercicio continuo ($r = -0.81$, $n=8$, $p<0.05$) (Tabla 2).

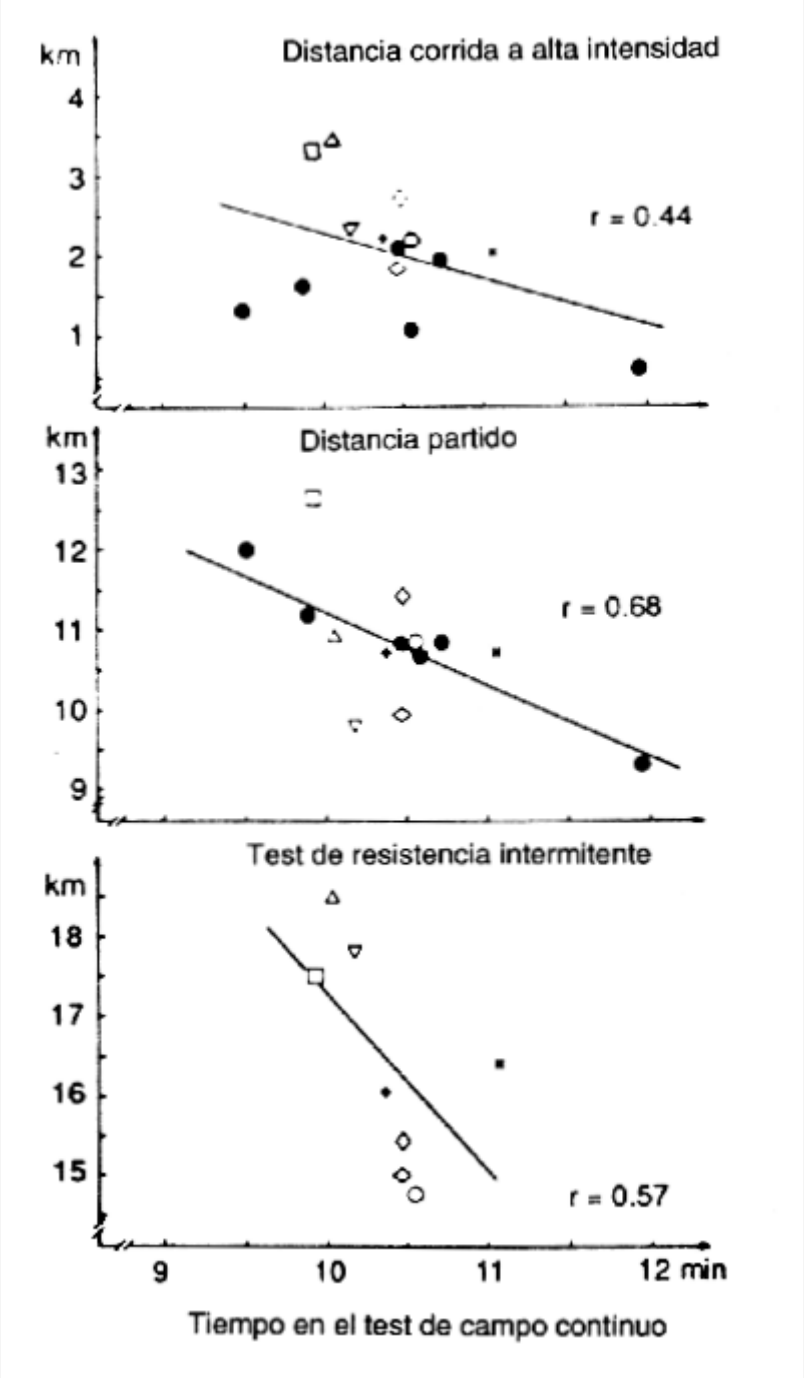


Figura 9. *Relación individual entre el tiempo durante el test de campo continuo y la distancia cubierta durante el test de resistencia, intermitente (panel inferior), la distancia-partido (panel del medio), y la distancia a alta intensidad (panel superior); para definiciones, ver Métodos.*

Ecuaciones:

Distancia del test de resistencia, intermitente(km) = test de campo continuo (min) x (-2.20) + 39.4

Distancia-partido (km) = test de campo continuo (min) x (-0.89) + 20.1

Distancia a alta intensidad (km) = test de campo continuo (min) x (-0.57) + 8.0

DISCUSIÓN

Tal vez no exista una sola medida confiable de la capacidad física para el ejercicio de larga duración, e intermitente, durante un partido de fútbol (capacidad de resistencia específica del fútbol) , desde el momento que la performance física

durante un partido de fútbol se ve influenciada por varios factores, por ej.: limitaciones tácticas o un grado óptimo de motivación menor al ideal (3). De todos modos, solamente se observan pequeñas variaciones en las distancias a alta intensidad de partido a partido, sugiriendo que esto puede ser usado como un indicador de esta capacidad (3). La distancia de alta intensidad fue la que mejor correlacionó con el test de ejercicio, intermitente, exhaustivo y prolongado (Tabla 2). El modo de ejercicio de este test fue similar al patrón de ejercicio usado en el fútbol, y a los jugadores se los adaptó a para el ejercicio exhaustivo sobre la cinta. Por eso, la distancia del test de resistencia, intermitente, estandarizada podría ser la mejor medida objetiva de la capacidad física potencial en fútbol, obtenida en el presente estudio.

Incrementando el consumo de carbohidratos por sobre el que se encuentra en las dietas usuales de los futbolistas, se comprobó que mejora la performance del ejercicio intermitente (4). De todos modos, la composición de la dieta anterior al test de resistencia intermitente, en el presente estudio, fue similar a la dieta usual de los jugadores (4), y a ellos se les indicó que mantuvieran sus dietas normales a lo largo del estudio. Por eso, los resultados del test no deberían estar influenciados por la dieta.

La distancia cubierta durante el test de resistencia, intermitente, no se correlacionó con la distancia-partido. Tres de los jugadores (Figura 5; ○◇□) se diferenciaron de los restantes 5 por haber obtenido una distancia-partido marcadamente más extensa en relación a sus performances durante el test intermitente prolongado. Aparentemente, sólo estos 5 jugadores estuvieron cerca de sus distancias potenciales máximas durante los partidos observados. A estos se les llamará «jugadores-partido» en la discusión siguiente.

El test de resistencia intermitente necesita consumo de tiempo y una cinta. Por lo tanto, era deseable un test para propósitos prácticos. La relación entre la performance en el test de resistencia y la performance del test de campo intervalado sugiere que, este último, podría ser usado como una medida de la capacidad de resistencia y, tal vez de la capacidad de resistencia específica del fútbol. Esto fue apoyado por una relación lineal entre el resultado del test de campo intervalado y la distancia-partido para los tres jugadores-partido y por el hecho de que, en relación al resultado del test obtenido, ninguno de los otros jugadores cubrió una distancia-partido más larga que la determinada por la relación entre los tres jugadores-partido (Figura 8). La utilidad del test de campo intervalado también está apoyada por el hallazgo de que la media de la concentración de lactato en la sangre fue de 7 mmol/l después del test. Esta concentración es de una magnitud similar a la encontrada durante la parte más intensa en partidos de fútbol (3, 7).

La concentración de lactato en la sangre medida después del ejercicio submáximo, ha demostrado ser un buen predictor de la performance de carrera continua de larga duración (ver 11, 16). En el presente estudio, las mediciones del lactato durante el test continuo sobre la cinta, expresado como el VO_2 correspondiente a 3 mmol/l lactato en sangre, fueron correlacionadas con la distancia-partido. De todos modos, ellas no correlacionaron con la performance de resistencia, intermitente, y no se encontró ninguna relación lineal entre la distancia-partido y el VO_2 -lac3 para los jugadores-partido (Figura 7; O). Igualmente, las concentraciones de lactato en la sangre determinadas durante el test intervalado sobre la cinta, no correlacionaron con el test de distancia de resistencia, intermitente. Por eso, las mediciones del lactato después de una carrera sobre la cinta continua, o intervalada submáxima, no parecen ser medidas sensibles, tanto para la performance de resistencia intermitente, o para la performance física durante un partido de fútbol. Esta conclusión es la misma cuando se usa cualquiera de estos datos para observar las respuestas del lactato en la sangre durante la carrera continua submáxima o intervalada.

La concentración de lactato en la sangre, y la utilización relativa de grasas y carbohidratos durante el ejercicio continuo submáximo, han sido asociadas con la actividad de las enzimas mitocondriales musculares (17, 19). La magnitud de la actividad de las enzimas musculares que representan al Ciclo de los Acidos Tricarboxílicos y la β-oxidación, en jugadores de élite de fútbol en el presente estudio, fue similar a los valores encontrados en atletas entrenados para resistencia, y fue significativamente más alta que: la encontrada anteriormente, en jugadores de fútbol semi-profesionales (2, 18, 20). Las variaciones en las actividades de estas enzimas musculares dentro del grupo fueron pequeñas, y ellas no correlacionaron con las diferencias en la performance de ejercicio, intermitente submáximo, y con las concentraciones del lactato en sangre durante la carrera submáxima. Similarmente, los datos musculares morfológicos no pudieron explicar las diferencias en la performance. Por eso, en este grupo de atletas bien entrenados, las características musculares no dan índices de performance de resistencia intermitente.

Similar a lo encontrado en otros estudios (24, 25, 26), se estableció una relación entre VO_2 máx. y la distancia cubierta durante el partido. De todos modos, el VO_2 máx. no se correlacionó con la distancia cubierta durante el test de resistencia, intermitente, y no se encontraron relaciones lineales entre el VO_2 máx. y la distancia-partido para los jugadores-partido (Figura 7; ○◇□).

Por ello, el VO_2 máx. no parece ser una medida precisa de la capacidad de resistencia específica en jugadores de fútbol. Esto concuerda con anteriores hallazgos para fútbol y otros deportes (2, 6, 27). Por eso, en estudios con ciclistas entrenados en resistencia, con consumos máximos de oxígeno similares, se observó una gran variación en la capacidad de

resistencia ante el ejercicio continuo (6).

Resumiendo, basándose en la relación entre la distancia cubierta durante el test de resistencia intermitente, y el test de campo de distancia intervalado, parece que este último puede ser usado para evaluar la performance de ejercicio intermitente de larga duración y, tal vez, la capacidad de resistencia específica en el fútbol. La falta de una correlación entre la distancia cubierta durante el test intermitente prolongado, y la performance durante un partido, sugiere que todos los jugadores no usaron completamente sus capacidades durante los partidos. Las características musculares, el VO_2 máx. y el lactato en sangre, parecen no ser medidas sensibles para diagnosticar la performance física en el fútbol.

Agradecimientos

Este estudio fue posible gracias a una beca otorgada por el Team Danmark y Idraettens Forskningsrad

REFERENCIAS

1. Andersen P. and Henriksson J (1978). Capillary supply of the quadriceps femoris muscle of man: Adaptative response to exercise. *J. Physiol 270:677-690*
2. Bangsbo J., Mizuno M (1988). Morphological and metabolic alterations in soccer players with detrainig and retrainig and their relation to performance. *in Reilly T,. Lees A., Davids K., Murphy W. J. (eds.): Science & Football, London /New York, E & F. N. Spon, pp 114-124*
3. Bangsbo J.,Norregaard L,Thorsoe F (1991). Activity profile of competitive soccer. *Can J Sports Sci. 16: 110-116*
4. Bangsbo J. Norregaard L., Thorsoe F (1992). The effect of carbohydrate diet on intermittent exercise performance. *Int J Sports Med*
5. Brooke M. H. and KaiserK. K (1970). Three "myosin adenosine triphosphatase" systems. The nature of their pH lability and sulfhydryl dependence. *J Histochem Cytochem 18: 670-672*
6. Coyle E.F.,Coggan A.R.,Hopper M.K.,Waltets T. J (1988). Determinations of endurance in well-trained cyclists. *J Appl Physiol 64: 2622-2630*
7. Ekblom B (1986). Applied physiology of soccer. *Sports Med 3: 50-60*
8. Ekblom B (1989). A field test for soccerplayers. *Science and Football I:13-15*
9. Essen - Gustavsson B. and Henriksson J (1984). Enzyme levels in pools of microdissected human muscle fibres of identified type. Adaptative response to exercise. *Acta Physiol Scand 120: 505-515*
10. Farrell P.A., Wilmore J.H., Coyle E.F., Billing J.E. and Costill D.L (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med Sci Sports Exerc, 11: 338-344*
11. Fohrenbach R., Mader A. and Hollamnn W (1987). Determinationofendurance capacity and prediction of exercise intensities for trainign and competition in marathon runners. *Int J Sports Med 8: 11-18*
12. Gleim G.W., Trachtenberg A., Noyes F.R. and Nicholas J.A (1988). No Disponible. *Med Sci Sports Exerc 20(2): S81 (abstract)*
13. Hohorst H.J. and Bergmeyer H.V (1970). Methods of enzimatics analysis. *Verlag: Chemie Weinheim, 2nd edition*
14. Ivy J.L., Withers R.T., Van Handel P.J., Elger D.H. and Costill D.L (1980). Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *J. Appl Physiol 48: 523-527*
15. Jacobs l., Westlin N., Karlsson J., Rasmusson M. and Houghton B (1982). Muscle glycogen and diet in elite soccer players. *Eur J Appl Physiol 48:297-302*
16. Jacobs I (1986). Blood lactate. Implications for trainig and sports performance. *Sports Med 3: 10-25*
17. Jansson E. and Kaijser L (1977). Muscle adaptation to extreme endurance training in man. *Acta Physiol Scand 100: 315-324*
18. Jansson E. and Kaisjer L (1987). Substrate utilization and enzymes in skeletal muscle ofextremely endurance-trained men. *J Appl Physiol 62:999-1005*
19. Kiens B. and Saltin B (1984). Skeletal muscle substrate utilization withexercise, effect of endurance training; in "Metabolisme i skeletmusklen under ardbejde hos mennesket effekten af traeining". *University of Copenhagen*
20. Mizumo M., Juel C., Bor-Rasmussen T., Mygind E., Schibye B., Rasmussen B. and Saltin B (1990). Limb skeletal muscle adaptation in athletes after training at altitude. *J Appl Physiol 68: 496-502*
21. Nowacki P.E., Cai D.Y., Buhl C., Krummelbein U (1988). Biological performance of German soccer players (professionals and juniors) tested by special ergometry and treadmill methods. *in Reilly T., Lees A., Davids K., Murphy W.J. (eds.): Science and Football 1. London/ New York, E&F.N. Spon, pp 145-157*
22. Padykula H.A.,Herman E (1955). The specificity of the histochemical methods for adenosine triphosphatase. *J Histochem Cytochem 3: 170-195*
23. Saltin B. Nazar K., Costill D.L., Stein E., Jansson E., Essen B., Gollnick P.D (1976). The nature of the training response: Peripheral and central adaptations to one-legged exercise. *Acta Physiol Scand 96: 289-305*
24. Smaros G.: Energy usage during football match; in Verrhiet L. (ed.) (1980). Proceedings 1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football Volume II. *Rome, D. Guanello*
25. Thomas V., Reilly T (1976). Applications of motion analysis to assess performance in competitive football. *Ergonomics 19: 530*
26. Van Gool D., Van Gerven D., Boutmans J (1988). The physiological load imposed on soccer players during real match-play. *in Reilly T., Lees A., Davids K., Murphy, W.J.(eds.): Science and Football 1. London/ New York, E & F.N. Spon, pp. 51-59*
27. Yoshida T., Udo M., Iwai K., Chida M., Ichioka M., Nakadomo F., Yamaguchi, T (1990). ignificance of the contribution of aerobic

and anaerobic components to several distance running performances in female athletes. *Eur J Appl Physiol 60: 249-253*

Cita Original

Bangsbo, J. Lindquist, F. Comparación de varios tests de evaluación física para cuantificar el rendimiento. Revista de Actualización en Ciencias del Deporte Vol. 2 Nº5. 1994.