

Sensibilidad del Test de Valoración de la Resistencia Específica en el Fútbol (TVREF) para evaluar la influencia del entrenamiento de pretemporada en la resistencia y capacidad aeróbica de futbolistas profesionales.

García-López, J.¹; Rodríguez-Marroyo, J.A.¹; Morante-Rábago, J.C.¹; Moreno Pascual, C.²; Asenjo, H.¹; Rubio Hernández, I.¹; Ávila, M.C.¹; Villa, J.G.¹

¹ Departamento de Educación Física y Deportiva. FCAFD de la Universidad de León. España.

² Departamento de Enfermería y Fisioterapia. Universidad de Salamanca. España.

Juan García López
FCAFD de la Universidad de León.
C/ Campus de Vegazana S/N
24071 – León
e-mail: jgarl@unileon.es

RESUMEN: El test TVREF ha sido utilizado en diferentes estudios científicos sobre valoración de la condición física en fútbol. Ninguno de ellos ha comprobado la sensibilidad de este test a los efectos del entrenamiento en fútbol, comparándolo con los resultados de un test continuo. 24 futbolistas de 1ª División participaron en el estudio, siendo evaluados al inicio y final de una pretemporada de entrenamiento mediante 2 tests de campo (TVREF y Course Navette) para valorar la velocidad aeróbica máxima (VAM) y otros parámetros de resistencia aeróbica (umbral anaeróbico interválico y capacidad de recuperación en el TVREF). La VAM mejoró 0.5 km/h en el TVREF ($p < 0.05$), pero no en el Course Navette (0.1 km/h y $p > 0.05$), a pesar de que el nivel de esfuerzo (frecuencia cardiaca máxima) fue similar en ambos tests. La velocidad en el umbral anaeróbico mejoró más que la VAM (0.9 km/h y $p < 0.001$) en el TVREF. La frecuencia cardiaca para la misma velocidad de carrera disminuyó en ambos tests, pero de forma más significativa en el TVREF, lo que repercutió en una mejora de los porcentajes de recuperación cardiaca en los estadios previos al umbral anaeróbico. En conclusión, el test TVREF es más sensible que el Course Navette para valorar los efectos del entrenamiento en fútbol, y ofrece más información que este último (umbral anaeróbico y capacidad de recuperación). Futuros trabajos deben comprobar si se puede estimar el VO_{2max} de los futbolistas al realizar este test.

Palabras clave: Fútbol, entrenamiento, tests aeróbicos de campo, VO_{2max} , umbral anaeróbico.

ABSTRACT: Some scientific studies about training and physical conditioning in soccer used TVREF test. None of them demonstrated its capacity to detect the effects of training in soccer, by comparing it with others continuous testing. Twenty-four professional soccer players took part in this study. They were evaluated at the begin and at the end of the pre-season by means two aerobic field tests (TVREF and Course Navette). These testing allowed measuring both maximal aerobic velocity (MAV) and others endurance parameters (intermittent anaerobic threshold and heart rate recovery by using the TVREF). MAV improved in the TVREF (0.5 km/h and $p < 0.05$) but not in the Course Navette (0.1 km/h and $p > 0.05$), although the maximal heart rate were similar in-between. Anaerobic threshold velocity also improved significantly in the TVREF (0.9 km/h and $p < 0.001$). Heart rate for the same running speed was lower in both tests after the pre-season training, but it was lower in the TVREF than Course Navette. Therefore, heart rate recovery also improved in the TVREF, mainly on the stages before anaerobic threshold. In conclusion, TVREF test is more sensible than Course Navette to detect the effects of pre-season training in professional soccer players, because it offers more information (anaerobic threshold and heart rate recovery). Future studies should investigate if the TVREF is a valid test to estimate the VO_{2max} in soccer players.

Keywords: Soccer, training, aerobic field tests, VO_{2max} , anaerobic threshold.

Introducción.

Entre los tests de valoración de la resistencia y capacidad aeróbica del futbolista en condiciones de campo encontramos el Test de Valoración de la Resistencia Específica en el Fútbol (TVREF). El test consiste en realizar un esfuerzo incremental, progresivo y máximo, con la particularidad de que dicho esfuerzo es discontinuo. Al realizar el test, la velocidad aeróbica máxima (VAM) se determina con un fundamento similar al Test de Léger (1988), y el umbral anaeróbico con un fundamento similar al Test de Conconi (Conconi y otros, 1982). El protocolo se diseñó para aplicarse al fútbol, y para ello los tiempos de esfuerzo y recuperación son similares a los de la competición (Probst, 1989; Probst y cols., 1989), cumpliendo con las consideraciones básicas para valorar la cualidad aeróbica (MacDougall y otros, 1995; Rodríguez y Aragonés, 1992).

Las principales características metodológicas del test las podemos consultar en un trabajo de García-López y cols. (2002), en el que se especifican las dimensiones de su trazado, cómo señalarlo, qué altura de balizas utilizar, los ritmos de carrera y los intervalos entre las señales acústicas ..., así como algunas estrategias metodológicas como la recomendación de cambiar el sentido de la carrera al finalizar cada estadio, con el objetivo de no sobrecargar la pierna interior que hace de pivote en cada baliza. El software puede obtenerse de forma gratuita en la Web www.dsd.es.

En un segundo trabajo llevado a cabo con jugadores de fútbol de las categorías Cadete, Juvenil, 3ª División y 2ª División B se demostró su utilidad como parte de una batería de pruebas físicas para el control de la condición física de los futbolistas de un mismo club. Tras la pretemporada, los resultados mejoraron entre 0.7 y 1.0 palieres (Sevillano y cols., 2002). Sin embargo, el número absoluto de palieres de este trabajo no es comparable con el de otros estudios, porque al ir precedido de un test anaeróbico de 300 m, se afectó al número total de estadios completados.

En un tercer trabajo se demostró que este test era sensible para discriminar entre futbolistas de mayor y menor nivel (García-López y cols.; 2003), tomando como muestra un total de 231 futbolistas de las categorías Juvenil (n= 26), 3ª División (n= 74), 2ª División B (n= 36) y 1ª División (n=95). Concretamente los futbolistas de 1ª División y de 2ª División B eran capaces de completar 1 estadio más que los futbolistas de las otras dos categorías (≥ 0.6 km/h de VAM). Adicionalmente se discutió sobre la posibilidad de calcular manual o matemáticamente un umbral anaeróbico interválico (UANI) a partir de la inflexión de la curva frecuencia cardiaca – intensidad del esfuerzo.

En un cuarto trabajo se confirmó que el UANI determinado manual y/o matemáticamente tenía bastante relación con el umbral láctico (García-López y cols., 2004). Se utilizaron 23 jugadores de fútbol de 1ª División que realizaron el test TVREF y un test lactacidémico sobre el mismo recorrido, obteniendo relación entre ambos de $r=0.79$ ($p<0.001$). No obstante, se alertó de que durante el TVREF, el umbral determinado mediante la inflexión de la frecuencia cardiaca se obtenía 1.6 km/h después y a unas 7 ppm más alto que determinándolo en un estado estable de 4 mmol/l de lactacidemia.

Los trabajos mencionados no ofrecen información sobre las ventajas y/o inconvenientes de utilizar un test interválico (ej. TVREF) o continuo (ej. Course

Navette) a la hora de valorar los efectos del entrenamiento específico de pretemporada en la resistencia y capacidad aeróbica de los futbolistas. Ese será el principal objetivo del presente trabajo, además de discutir sobre cuestiones relacionadas con la validez del TVREF y su sensibilidad para detectar cambios en la resistencia y capacidad aeróbica del futbolista a lo largo de un periodo competitivo completo.

Material y método.

Participaron en el estudio 24 futbolistas de Primera División del fútbol español (26.2 ± 0.5 años, 77.7 ± 1.5 kg, 180.0 ± 1.0 cm). Todos ellos y el cuerpo técnico recibieron información sobre los objetivos del estudio, dando su consentimiento para participar en el mismo, siempre que se les aportara y explicara la información obtenida.

Los jugadores fueron evaluados mediante 2 tests de velocidad aeróbica máxima (TVREF y Course Navette) que se aplicaron en diferentes momentos del periodo de preparación, durante la primera semana de pretemporada (Test de Pretemporada) y la segunda semana después de haberse iniciado la temporada (Test de Temporada), con lo que el tiempo transcurrido fue de 8 semanas. Los tests se realizaron sobre el propio campo de fútbol, utilizando como calzado las botas de fútbol de entrenamiento. Los tests se distribuyeron aleatoriamente en dos días diferentes de la semana, el martes y jueves, separados ambos en 48h. y alejados de la competición un mínimo de 48h. Un calentamiento que era dirigido por el preparador físico era realizado previamente a los tests, y se dividía en: calentamiento general, estiramientos y calentamiento pre-partido.

El test TVREF se realizó atendiendo a la metodología descrita por Probst (Probst, 1989), con una velocidad inicial de 10.8 km/h que aumentaba en 0.6 km/h cada estadio (García-López y cols., 2002). El test es discontinuo, con paradas de 30 segundos al finalizar cada periodo (2 vueltas ó 280 m), y recuperando durante las paradas de forma pasiva, colocado de pie al lado de la baliza de salida/llegada. Para controlar los ritmos del test se utilizó el software TVREF instalado en un ordenador portátil situado en el centro del circuito, desde donde se emitían los "bips" con la ayuda de dos amplificadores externos (Sevillano y cols., 2004). Los futbolistas debían correr de una baliza a otra a una velocidad controlada por medio de señales acústicas (bips) que debía coincidir con la posición del sujeto al lado de la baliza, considerándose que el test había finalizado en el momento que el futbolista no llegaba a tiempo en 2 balizas sucesivas. El número de recorridos completados en el test se anotó teniendo en cuenta el último periodo finalizado y el número de tramos hasta la retirada (ej. 9 periodos y 22 tramos); transformando los datos a un número decimal (sobre el ejemplo anterior $9'79$ periodos)

El test Course Navette se realizó atendiendo a las consideraciones de Mora (1994). Es un test de ida y vuelta sobre un recorrido de 20 m, que comienza con un estadio inicial de 8 km/h y un segundo estadio a 9 km/h, incrementándose la velocidad a partir de ese momento en 0.5 km/h cada estadio (9.5, 10, 10.5... km/h). Los estadios duran aproximadamente 1 min (ej. 63.1, 56.0, 60.6 y 57.6 s para los estadios 1, 2, 3 y 4, respectivamente). Véanse las características del test en el trabajo de Mora (1994). El test se realizó utilizando señales acústicas (bips), y los futbolistas debían correr desde la primera baliza hasta la siguiente, y así sucesivamente, coincidiendo con las mismas. Antes de llegar a cada baliza existía una línea de seguridad de 2 m, debiendo estar el

futbolista dentro de la misma para considerar que estaba corriendo al ritmo adecuado. Se consideró que el test había finalizado cuando en 2 balizas sucesivas el futbolista no era capaz de llegar línea de seguridad. Se anotaron los periodos completados por cada futbolista, así como el número de tramos que había realizado en el último periodo sin completar, obteniendo así decimalmente el número de tramos hasta la retirada del test.

Durante la realización de ambos tests se monitorizó la frecuencia cardiaca (Polar Advantage-NV®, Polar Electro OY, Kempele, Finland). Cada futbolista se colocaba en una baliza con el receptor/monitor "a cero" y el evaluador indicaba a todos a la vez cuándo debían conectar el cronómetro de la memoria, comenzando el test con el primer "bip" emitido por el ordenador, y grabando los datos de frecuencia cardiaca cada 5 segundos a partir de ese momento. El procedimiento utilizado para colocar el pulsómetro, grabar los registros de frecuencia cardiaca, identificar la memoria de frecuencia cardiaca de cada jugador, controlar el ritmo de carrera, archivar los registros de los pulsómetros mediante el interface, analizar las frecuencias cardiacas máximas y mínimas, calcular los porcentajes de recuperación y determinar el umbral anaeróbico interválico (UANl) durante el test TVREF fueron los mismos que se utilizaron en estudios anteriores (García-López y cols., 2002, 2003, y 2004).

El tratamiento gráfico se realizó en el software Excel-v7.0 y el estadístico en el paquete Statistica-v4.5 para Windows. Los resultados se muestran como media y error estándar de la media (E.E.M.). El efecto del entrenamiento se valoró con una prueba no paramétrica para datos apareados (Wilcoxon). Las correlaciones entre las variables se obtuvieron con la prueba no paramétrica de Spearman. Los niveles de significación "p" fueron: n.s. = no significativa ó $p > 0.05$; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

Resultados.

La muestra final fue de 15 jugadores que completaron los 4 tests (2 de pretemporada y 2 de temporada), de los 24 futbolistas iniciales. Siete no realizaron toda la batería de tests (3 porteros por decisión técnica y 4 jugadores por coincidencia de lesiones en la pretemporada o temporada). En otros 2 jugadores (11%) no se pudo determinar el UANl (no se observó inflexión de la frecuencia cardiaca).

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en el Test TVREF en la pretemporada y temporada. Aumentaron el número de estadios completados y la VAM, y de forma más acusada, la velocidad en el umbral anaeróbico. Las frecuencias cardiacas máxima y umbral fueron más bajas después del periodo de entrenamiento.

Tabla-1.-Valores máximos y en el umbral anaeróbico interválico obtenidos con el Test TVREF en Pretemporada y Temporada, en los futbolistas analizados (n = 15).

TEST TVREF	PRETEMPORADA		TEMPORADA	
	Media±EEM	Rango	Media±EEM	Rango
Estadios completados (n°)	9.5±0.3	7.0-11.0	10.2±0.5*	7.0-14.0
VAM (km/h)	15.9±0.2	14.5-17.0	16.4±0.3*	14.4-18.8
FcMáx (ppm)	192±1.9	179-201	185±2.2***	166-199
%FcTeórica (%)	99.1±1.0	92.3-103.6	95.1±1.1***	85.6-102.6

V-UAnI (Km/h)	13.0±0.1	12.2-13.8	13.9±0.2***	13.2-15.2
%V-UAnI (%)	81.1±0.8	77.8-87.6	85.1±1.0**	79.5-91.8
Fc-UAnI (ppm)	180±1.5	168-190	175±1.5**	160-182
%FcMáx-UAnI (%)	93.8±0.6	89.0-97.8	95.1±0.6	91.4-97.0

VAM = Velocidad aeróbica máxima. FcMáx = Frecuencia cardiaca máxima. %FcTeórica = % de frecuencia cardiaca máxima respecto a la máxima teórica (220-edad). V-UAnI = Velocidad en el umbral anaeróbico interválico. %V-UAnI = % de V-UAnI respecto a VMáx. Fc-UAnI = Frecuencia cardiaca en el umbral anaeróbico interválico. %FcMáx-UAnI = Porcentaje que representa Fc-UAnI respecto a FcMáx. Niveles de significación estadística: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en el Test de Course Navette en la pretemporada y temporada. La velocidad máxima alcanzada en el test no aumentó, y la frecuencia cardiaca máxima fue menor después del periodo de entrenamiento.

Tabla-2.-Valores máximos obtenidos con el Test de Course Navette en Pretemporada y Temporada, en los futbolistas analizados (n = 15).

TEST COURSE NAVETTE	PRETEMPORADA		TEMPORADA	
	Media±EEM	Rango	Media±EEM	Rango
Estadios completados (n°)	11.6±0.3	10.0-13.7	11.8±0.3	10.0-13.7
VAM (km/h)	14.3±0.1	13.5-15.3	14.4±0.2	13.5-15.3
FcMáx (ppm)	192±1.4	177-201	187±2.1***	170-199
%FcTeórica (%)	98.8±0.7	91.2-103.6	96.5±1.1***	87.6-102.6
VO₂máx (ml/kg/min)	55.0±0.9	50.6-61.1	55.6±1.0	50.6-61.1

VO₂máx (ml/kg/min) = Consumo máximo de oxígeno obtenido a partir de la ecuación: $3 \cdot \text{Paliers} + 20.7$ (Mora, 1994). Para el resto de abreviaturas consultar la Tabla 1. Nivel de significación estadística de las diferencias: *** = $p < 0.001$

La Figura 1 muestra que la VAM del test TVREF mejoró con el entrenamiento de pretemporada, mientras que la VAM del test de Course Navette no mejoró. Asimismo, la VAM de ambos test fue muy diferente en ambos periodos. La Figura 2 muestra que no existieron diferencias significativas entre las frecuencias cardiacas máximas obtenidas en ambos tests ni al principio ni al final de la pretemporada.

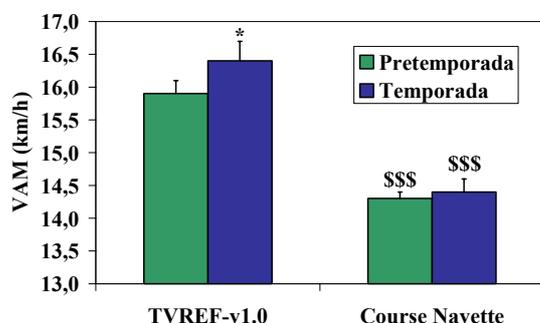


Figura-1.- VAM del TVREF y Course Navette en pretemporada y temporada. * = efecto del entrenamiento ($p < 0.05$). \$\$\$ = diferencia entre la VAM de ambos tests.

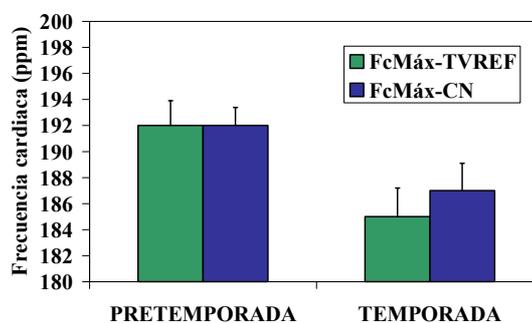


Figura-2.-Frecuencias cardiacas máximas (FcMáx) alcanzadas en TVREF y Course Navette, en la pretemporada y temporada. No existen diferencias.

La Figura 3 muestra que las frecuencias cardíaca máximas y mínimas de cada estadio en el test TVREF fueron significativamente menores (entre 10-12 ppm) después del entrenamiento de pretemporada. Además, se produce un desplazamiento hacia la derecha en la velocidad a la que se alcanzó el umbral anaeróbico en este test (V-UAnI), tal y como se ha reflejado en la Tabla 1.

La Figura 4 muestra que la frecuencia cardíaca máxima obtenida en cada estadio del Tests de Course Navette fue significativamente menor (entre 5-11 ppm) en el test de temporada que en el de pretemporada, pero sólo hasta los 14.5 km/h, a partir de donde los niveles de significación estadística desaparecen debido a que las diferencias en frecuencia cardíaca son menores, y a un menor número de sujetos que fueron capaces de continuar realizando el test.

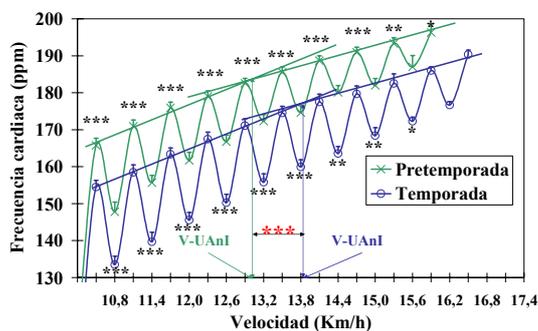


Figura-3.-Frecuencia cardíaca y velocidad a la que se identifica el umbral anaeróbico (V-UAnI) en el test TVREF en la pretemporada y temporada. Niveles de significación estadística de las diferencias * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

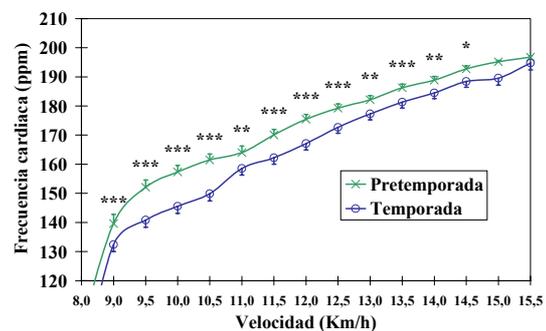


Figura-4.-Frecuencia cardíaca en el test de Course Navette en la pretemporada y temporada. Niveles de significación estadística de las diferencias: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

La Figura 5 muestra los porcentajes de recuperación cardíaca obtenidos en el test TVREF. Se comparan los valores de pretemporada y temporada, obteniéndose mejores recuperaciones después de este periodo de entrenamiento, con diferencias estadísticamente significativas en todas las velocidades de desplazamiento menos a 15.6 km/h. Resaltar que a esta velocidad sólo fueron capaces de llegar 3 jugadores en el test de pretemporada, y 7 en el de temporada.

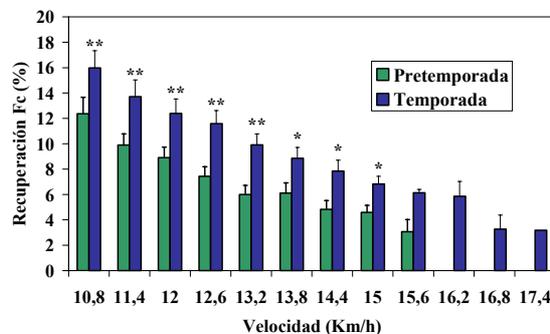


Figura-5.-Porcentajes de recuperación cardíaca (Recuperación Fc) en el test TVREF, calculada a partir de la ecuación: $Recuperación\ Fc\ (\%) = (FcMáx - FcMin) \cdot 100 / FcMáx$. Diferencias entre Temporada y de Pretemporada: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$.

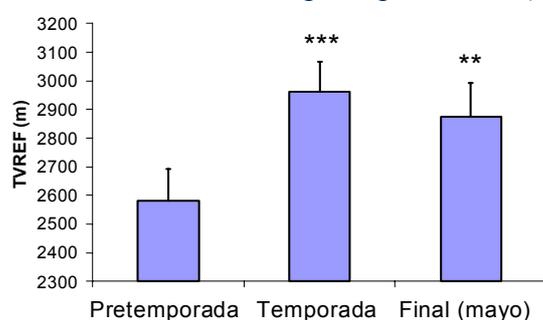
La relación obtenida entre la VAM del test de Course Navette y del test TVREF en todas las pruebas de pretemporada y temporada analizadas (n=30) fue altamente significativa ($r= 0.72$ y $p<0.001$), pero no directa (lejos del valor $r= 1.0$). El porcentaje de frecuencia cardiaca respecto a la frecuencia cardiaca máxima a la que apareció el umbral anaeróbico en el test TVREF (%FcMáx-UAnI) en pretemporada no se relacionó significativamente ($r= 0.26$ y $p>0.05$) con esta misma variable al finalizar la pretemporada de entrenamiento (n=15).

Discusión.

El principal hallazgo de este estudio es que el test discontinuo TVREF se ha mostrado más sensible que el test continuo de Course Navette para detectar los cambios en la capacidad y resistencia aeróbica inducidos por un entrenamiento de pretemporada. Además, nuestros resultados, en consonancia con los de otros autores que estudiaron los efectos de un entrenamiento de pretemporada en las capacidades funcionales durante ejercicios submáximos (Reilly y Thomas, 1977; Medelli y cols., 1985; Nevill y cols., 1989), no ofrecen dudas acerca de que dicho entrenamiento supuso una disminución en la frecuencia cardiaca para una misma velocidad de desplazamiento, lo que se justifica por una mejora en los factores fisiológicos relacionados con la resistencia aeróbica (tamaño del corazón, aumento de la capacidad de extracción de oxígeno de la sangre, mejoras a nivel muscular local, etc) (Bangsbo, 1994; López-Calbet, 1993; Lucia y cols., 1999), que va aparejada a una mejora en los factores biomecánicos que también se relacionan con la resistencia (fundamentalmente ergonómicos) (Coyle y cols., 1992; Dorado y cols., 1997). En este sentido la primera utilidad que se deriva del empleo de los pulsómetros simultáneamente a la realización de un test de esfuerzo indirecto y en el campo queda reflejada por la información adicional que éstos pueden aportar.

El hecho de no haber encontrado mejoras en la VAM del Course Navette puede estar ampliamente justificado, ya que es un test indirecto de campo diseñado para estimar el consumo máximo de oxígeno (Léger y cols., 1988), y se ha descrito la escasa variación de este parámetro como consecuencia del entrenamiento en deportistas de alto cierto nivel, siendo la población estudiada futbolistas del más alto nivel (Navarro, 1998). Sin embargo en futbolistas también se encuentran estudios que describen una mejora en la VAM en los tests que determinan el VO_2 máx sin haberse incrementado este parámetro (Bangsbo, 1994), por lo que la discusión se extendería a considerar si VO_2 máx-velocidad aeróbica máxima varían con el entrenamiento y en qué medida lo hace cada uno (López-Calbet y cols., 1995; Dorado y cols., 1997). No obstante, teniendo en cuenta el gran volumen de entrenamiento que supone una pretemporada de fútbol, así como la gran distancia recorrida por los jugadores durante un partido (Lacour y Chatard, 1984; Tumilty, 1993; Sanuy y cols., 1995), nos induce a pensar que es poco probable que este entrenamiento no haya influido en la resistencia de los jugadores, ya sea identificada esta como VO_2 máx, VAM, velocidad máxima umbral, que es lo que se desprende del análisis de los resultados del Course Navette, y no así del análisis del TVREF. Posteriores trabajos no publicados que hemos llevado a cabo a lo largo de una temporada con un equipo de 2ª División B arrojan incluso mayores mejoras en la VAM del TVREF al final de la pretemporada (mejoras de 1.3 estadios ó 0.75 km/h en la VAM), que se mantienen a lo largo de todo el periodo competitivo (Figura-6).

Otra posible justificación a por qué la VAM no aumentó en el Course Navette y sí en el TVREF podría ser que los futbolistas se esforzaran más en el TVREF en la segunda valoración. Esto no es posible, ya que comparando las frecuencias cardíacas de los mismos sujetos en los dos tests de temporada se demuestra que en el Course Navette las frecuencias cardíacas fueron 2 ppm mayores que en el TVREF. Esto significa cuanto menos que el esfuerzo en el test de Course Navette fue similar al del TVREF, ya que algunos estudios demuestran que repitiendo un test maximal en laboratorio 6 veces en 3 meses en sujetos que no entrenaban, la frecuencia cardíaca máxima fue una de las variables más reproducibles, resultando un buen indicador del grado de esfuerzo (López-Calbet, 1995). Por lo tanto, es probable que el TVREF fuera más específico para valorar a los futbolistas que el Test de Course Navette, por ser un test discontinuo, habiéndose descrito que este tipo de tests son más sensibles a los efectos del entrenamiento, a la diferenciación entre niveles de práctica y al aumento o disminución del rendimiento en el deporte practicado (Bangsbo 1992; Steinger y cols., 1985).



*Figura-6.-Distancia máxima alcanzada en el TVREF por un equipo de 2ª División B en tres periodos de una misma temporada. Diferencias significativas respecto a la pretemporada: **= $p < 0.01$ y ***= $p < 0.001$.*

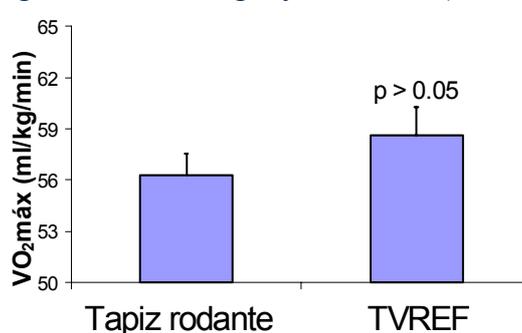


Figura-7.-Consumo máximo de oxígeno (VO₂máx) en jugadores de 2ª División B que realizaron un test continuo, progresivo y máximo en tapiz rodante y el TVREF con analizador de gases portátil.

Los efectos del entrenamiento de pretemporada en las variables del TVREF indican un aumento significativo en los porcentajes de recuperación cardíaca que se han acompañado de un aumento en la VAM y en un desplazamiento a la derecha del umbral anaeróbico, que son dos parámetros que claramente indican una mejora en la capacidad y resistencia aeróbica (López y Legido, 1991; García-Manso y cols., 1996). Por lo tanto, si bien no hay estudios que demuestren fehacientemente si la recuperación cardíaca es, o no es, un indicador de resistencia aeróbica (Imai, 1994; Calderón y cols., 1997 y 1999), sí se puede apuntar, atendiendo a nuestros resultados, que un aumento en los parámetros de resistencia y capacidad aeróbica se han visto acompañados de un aumento en la capacidad de recuperación cardíaca ante un esfuerzo similar.

En estudios anteriores se ha demostrado que el TVREF es un test válido para valorar el umbral anaeróbico, al compararlo con un método que utiliza la lactacidemia (García-López y cols., 2004). Resultados posteriores sin publicar nos han permitido comprobar también una buena relación con el método ergoespirométrico, de manera que la velocidad y la frecuencia cardíaca obtenidas en el TVREF y con el mencionado método se relacionaron de manera muy intensa ($r > 0.9$ y $p < 0.001$). Por tanto, como se ha observado en el presente estudio que la mejora de la resistencia con el entrenamiento de pretemporada fue mayor respecto al umbral anaeróbico que respecto a la VAM, se

puede corroborar la opinión de algunos autores que definen al umbral anaeróbico como el mejor indicador del estado de forma del deportista (Chavarren y cols., 1997). Aunque algunos autores cuestionan la metodología de determinación del umbral anaeróbico a partir de la frecuencia cardiaca, afirmando que ésta aparece a unos porcentajes de la frecuencia cardiaca máxima (López-Calbet y cols., 1995), se ha apreciado que, a pesar de aparecer el umbral anaeróbico a altos porcentajes de la frecuencia cardiaca máxima, el entrenamiento no supuso que los futbolistas con un buen estado inicial fueran los mismos que los futbolistas con un buen estado final (las relaciones entre los citados porcentajes no fueron significativas), lo que significa que esos porcentajes no son constantes y que se pueden modificar con el entrenamiento.

El hecho de haberse observado una alta relación entre los resultados del Test de Probst y del Test de Course Navette, parecida a la que otros investigadores describen entre este test y protocolos en tapiz rodante para determinar el VO_2 máx realizado incluso por futbolistas (Alvés y Peres, 1989), es por lo que futuras investigaciones pueden orientarse a determinar si el TVREF sirve para estimar el VO_2 máx. Nosotros hemos llevado a cabo algunas mediciones (datos no publicados), obteniendo resultados similares entre el VO_2 máx obtenido en el laboratorio y durante la realización del TVREF con un analizador de gases portátil (Figura-7). Sin embargo, posteriores trabajos con más futbolistas son necesarios para establecer si el TVREF es capaz de estimar el VO_2 máx de los futbolistas. En el presente trabajo, los valores de VO_2 máx estimados por el test de Course Navette son sensiblemente inferiores a los encontrados en otros futbolistas profesionales (Ekblom, 1986; Tumilty, 1993; Wisloff y cols., 1998), quizás debido a la utilización de una ecuación para estimarlo que no ha sido validada en esta población de deportistas. Mora (1994) alerta de la variabilidad que sufre la estimación del VO_2 máx dependiendo de la ecuación de origen que relaciona velocidad de carrera- VO_2 máx, por lo que futuras investigaciones serían necesarias para establecer la mencionada relación entre los resultados del TVREF y el VO_2 máx.

Conclusiones.

El test TVREF fue más sensible al entrenamiento que el Course Navette, posiblemente porque es más específico. Ofrece más información que este último, ya que mejoraron los parámetros no sólo relacionados con la capacidad aeróbica (VAM), sino también los relacionados con la resistencia aeróbica (V-UAnI y Fc Recuperación). Resultados preliminares obtenidos en jugadores de 2ª División B indican que esta mejora podría mantenerse a lo largo de toda una temporada de competición.

El umbral anaeróbico interválico obtenido con el TVREF (UAnI) fue el parámetro más sensible a los efectos del entrenamiento de una pretemporada de fútbol de un equipo profesional, y no parece ser un artefacto fisiológico que acontezca a porcentajes fijos respecto de la frecuencia cardiaca máxima.

Futuras investigaciones deberían orientarse a comprobar si el TVREF permite estimar el VO_2 máx. Los resultados preliminares indican que el VO_2 máx obtenido con un analizador de gases portátil durante la realización del TVREF es similar al obtenido en un test de laboratorio. Sin embargo, todavía existen problemas con la validez y fiabilidad del VO_2 máx obtenido con analizadores de gases portátiles.

Bibliografía.

- ALVES, H. y PERES, G. (1989). Comparaison des valeurs de consommation maximales d'oxigène obtenues par méthodes directe ou indirecte. *Cinesiolegie*, 28, 290-293.
- BANGSBO, J. (1994). The physiology of soccer. With special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 5 (S619), 111-155.
- BANGSBO, J. y LINDQUIST, F. (1992). Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *International Journal of Sport Medicine*, 13 (2), 125-132.
- CALDERON, F.J.; GONZÁLEZ, C. y MACHOTA, V. (1997). Estudio de la recuperación de la frecuencia cardiaca en deportistas de élite. *Revista Española de la Medicina de la Educación Física y el Deporte*, 6 (3), 101-105.
- CALDERÓN, F.J.; GONZÁLEZ, C.; MACHOTA, V. y BRITA-PAJA, J.L. (1999). Estudio de la recuperación en tres formas de esfuerzo intermitente: aeróbico, umbral y anaeróbico. *Apuntes: Educación Física y Deportes*, 55, 14-19.
- CHAVARREN, J.; JIMENEZ, J.; BALLESTEROS, J.M.; LÓPEZ-CALBET, J.A. (1997). "Predicción del rendimiento en competiciones de duatlón". *Archivos de Medicina del Deporte*. 15 (57): 17-24.
- CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIGLIO, P.G.; DROGHETTI, P. y CODECA, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*, 52 (4), 869-873.
- COYLE, E.; SIDOSSIS, L.; HOROWITZ, J. y BELTZ, J. (1992). Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24 (7), 782-788.
- DORADO, C.; CHAVARREN, J. y LÓPEZ CALBET, J.A. (1997). Influencia de la intensidad de esfuerzo en la variabilidad de la economía de pedaleo. *Archivos de Medicina del Deporte*, 14 (57), 9-15.
- EKBLOM, B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sport Medicine*, 3, 50-60.
- GARCÍA MANSO, J.M.; VALDIVIESO, M. y CABALLERO, J.A. (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones*. Madrid: Gymnos.
- GARCÍA-LÓPEZ, J.; RODRÍGUEZ-MARROYO, J.A.; MORANTE, J.C.; GONZÁLEZ-MONTESINOS, J.L.; MORA, J. y VILLA, J.G. (2004). Validación lactica de un test de esfuerzo interválico (Test de Probst) para determinar el umbral anaeróbico del futbolista. *Revista Internacional de Fútbol y Ciencia*, 2 (1), 3-19.
- GARCÍA-LÓPEZ, J.; VILLA, J.G.; RODRÍGUEZ-MARROYO, J.A.; MORANTE, J.C.; ÁLVAREZ, E. y JOVER, R. (2003). Aplicación de un test de esfuerzo interválico (Test de Probst) para valorar la cualidad aeróbica en futbolistas de la liga española. *Apuntes: Educación Física y Deportes*, 71, 80-88.
- IMAI, K.; SATO, H. y HORI, M. (1994). Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 24 (6), 1529-1535.
- LACOUR, R. y CHATARD, J.C. (1984). Aspects physiologiques du football. *Cinésiologie*, 24 (94), 123-147.
- LÉGER, L.A.; MERCIER, D.; GADOURY, C. y LAMBERT, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6 (2), 93-101.
- LÓPEZ, J.L. y LEGIDO, J.C. (1991). *Umbral anaerobio: bases fisiológicas y aplicación*. Madrid: Interamericana McGraw-Hill.
- LÓPEZ-CALBET, J.A.; GARCÍA, B.; FERNÁNDEZ, A. y CHAVARREN, J. (1995). Validez y fiabilidad del umbral de frecuencia cardiaca como índice de condición física aeróbica. *Archivos de Medicina del Deporte*, 12 (50), 435-444.
- LUCIA, A.; CARVAJAL, A.; BORAITA, A.; SERRATOSA, L.; HOYOS, J. y CHICHARRO, J.L. (1999). Heart dimensions may influence the occurrence of the heart rate deflection point in highly trained cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 33, 387-392.
- MACDOUGALL, J.D.; WENGER, H.A. y GREEN, H.J. (1995). *Evaluación fisiológica del deportista*. Barcelona: Paidotribo.
- MEDELLI, J.; POPPE, P.; FREVILLE, M.; LIENARD, J.; DEMAY, J.P. y HARICHAUX, P. (1985). Étude comparative des tests défforts en cours de saison chez 11 footballeurs. *Médecine du Sport*, 59 (6), 309-313.
- MORA, J. (1994). Test de course navette y test de Leger en pista. *Actualizaciones en fisiología del ejercicio*, 2 (2), 61-90.
- NAVARRO, F. (1998). *La resistencia*. Madrid: Gymnos.
- NEVILL, M.E.; BOOBIS, L.H.; BROOKS, S. y WILLIAMS, C. (1989). Effect of training on muscle metabolism during treadmill sprinting. *Journal of Applied Physiology*, 67 (6), 2376-2382.
- PROBST, H. (1989). Test par intervalles pour footballeurs. *Revue Macolin*, 5, 7-9.
- PROBST, H.; COMMINOT, C.H. y ROJAS, J. (1989). Conconi-test auf dem Fahrradergometer. *Schweiz Z Sportmed*, 37, 141-147.
- REILLY, T. y THOMAS, V. (1977). Effects of a program of preseason training on the fitness of soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 17 (4), 401-412.
- RODRÍGUEZ, F.A. y ARAGONÉS, M.T. (1992). *Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico*. En J. GONZÁLEZ-GALLEGO. *Fisiología de la actividad física y del deporte* (237-278). Madrid: Interamericana McGraw-Hill.
- SANUY, X.; PEIRAU, X.; BIOSCA, P. y PERDIX, R. (1995). Fisiología del fútbol: revisión bibliográfica. *Apuntes: Educación Física y Deportes*, 42, 55-60.
- STEINGER, K.; GERL, H. y WODICK, R.E. (1985). Sport-specific load tests on handball players: comparison of routine laboratory diagnosis and field tests. *Deutsche Zeitschrift fuer Sportmedizin*, 30, 266-276.
- TUMILTY, D. (1993). Physiological characteristics of elite soccer players. *Sports Medicine*, 16 (2), 80-96.
- WISLOFF, U.; HELGERUD, J. y HOFF, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30 (3), 462-467.

Fuentes electrónicas.

- GARCÍA-LÓPEZ, J.; RODRÍGUEZ, J.A.; MORANTE, J.C. y VILLA, J.G. (2002). Creación y aplicación del software TVREF v1.0 para la valoración de la Resistencia Aeróbica del futbolista mediante el Test de Probst. *RendimientoDeportivo.com*, N°1. <<http://www.RendimientoDeportivo.com/N001/Artic004.htm>> [Consulta 25/12/2004]
- SEVILLANO, J.M.; PELETEIRO, J.; RODRÍGUEZ, J.A.; PRESA, J.L.; DE PAZ, H. y GARCÍA, J. (2002). Valoración de los efectos de una pretemporada en equipos de fútbol, mediante la aplicación de una batería de test. *RendimientoDeportivo.com*, N°2. <<http://www.RendimientoDeportivo.com/N002/Artic008.htm>> [Consulta 25/12/2004]