

Aplicación de un test de esfuerzo interválico (Test de Probst) para valorar la calidad aeróbica en futbolistas de la liga española

- JUAN GARCÍA LÓPEZ
- JOSÉ G. VILLA VICENTE
- JOSÉ A. RODRÍGUEZ MARROYO
- J. C. MORANTE RÁBAGO

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.
Universidad de León

- EDUARDO ÁLVAREZ DEL PALACIO
- RAMIRO JOVER RUIZ

Facultad de Educación.
Universidad de León

Palabras clave

Cualidad aeróbica, Fútbol,
Test de Probst

Abstract

Continuous tests performed on standardized ergometers are not specific enough for football. Probst's test at intervals allows the assessment of the maximal aerobic velocity (VMA) and the anaerobic threshold (UAN) on the football ground, there are not reference data available. Such parameters are intended to be assessed on Spanish footballers in order to check its sensitivity to the level of expertise and its utility in determining the UAN.

Two hundred and thirty-one football players from junior (n = 26), amateur (n = 74), semiprofessional (n = 36) and professional (n = 95) categories participated in this study and had their velocities and Fc at UAN manually and mathematically determined (UANl and UANm respectively). There existed an inflexion of the Fc in more than the 89 % of the tests. The Fc at the UAN was similar to those described in the literature (90-95 % with respect to the maximal) and the velocity at UAN obtained wide VMA ranges (72-96 %). The test was sensitive to the level of expertise for the UANl and VMA variables.

The protocol of Probst's tests at intervals allowed to carry out a specific field test sensitive to the degree of professionalization among football players, establishing reference data for the categories studied. The Fc analysis allowed the identification of an inflexion point that might correspond the UAN.

Key words

Aerobic condition, Football, Probst's Test

Resumen

Los tests continuos realizados en ergómetros estandarizados son poco específicos para el fútbol. El test interválico de Probst permite valorar la velocidad máxima aeróbica (VMA) y el UAN en el campo de fútbol, no existiendo datos de referencia. Se pretenden valorar estos parámetros en futbolistas españoles para comprobar la sensibilidad al nivel de práctica y la utilidad para determinar el UAN.

Participaron 231 futbolistas de categorías juvenil (n = 26), amateur (n = 74), semiprofesional (n = 36) y profesional (n = 95), registrando la VMA y la frecuencia cardíaca (Fc), y calculando las velocidades y Fc en el UAN determinado manualmente (UANl) y matemáticamente (UANm).

Existió inflexión de la Fc en más del 89 % de los tests. Las Fc en el UAN fueron similares a las descritas en la literatura (90-95 % respecto a la máxima) y la velocidad en el UAN obtuvo rangos amplios de VMA (72-96 %). El test fue sensible al nivel de práctica en las variables UANl y VMA.

El protocolo interválico de Probst permitió realizar un test de campo específico sensible al grado de profesionalización de los futbolistas, estableciéndose datos de referencia para las categorías estudiadas. El análisis de la Fc permitió identificar un punto de inflexión que pudiera corresponderse con el UAN.

Introducción

En las disciplinas de resistencia (deportes cíclicos) el consumo de oxígeno máximo ($\dot{V}O_2\text{máx}$) y especialmente el umbral anaeróbico (UAN) son factores determinantes del rendimiento deportivo, marca o récord (López y Legido, 1991). En las disciplinas de equipo (deportes acíclicos) los valores de $\dot{V}O_2\text{máx}$ y UAN son mayores que los encontrados en la población sedentaria en general (Bangsbo, 1994; Novak y otros, 1978; Probst y otros, 1989; Rico-Sanz, 1997; Withers y otros, 1977), pero no llegan a niveles tan elevados como en las disciplinas de resistencia, a pesar de competir durante 90 min, recorrer distancias mayores a los 10 km y alternar esfuerzos máximos con períodos de recuperación (Bosco, 1991; Franco, 1998; Sanuy y otros, 1995).

En los primeros el UAN y el $\dot{V}O_2\text{máx}$ sirven para discriminar entre deportistas de mayor y menor nivel, y desde hace tiempo se han construido ergómetros y diseñado protocolos específicos para valorarlos y compararlos (Astrand y Rodahl, 1985; López y Legido, 1991; Villa, 1999); sin embargo, en los deportes de equipo en general y en el fútbol en particular existe todavía cierta controversia en la valoración y comparación de estos parámetros (Bangsbo, 1996; Brewer y Davis, 1992; Chatard y otros, 1991; Green, 1992), y en parte puede ser debida a la falta de un protocolo de esfuerzo específico con gestos lo más parecidos posible a los del pro-



pio deporte ejecutados en el medio de práctica habitual y con los materiales específicos (MacDougall y otros, 1991).

La cualidad aeróbica del futbolista ha sido valorada en el propio campo de fútbol utilizando tests continuos (Baiocchi, 1986; Bangsbo, 1996; Bosco y otros, 1995; Weineck, 1997) y tests progresivos maximales hasta el agotamiento (Cazorla y Farhi, 1998; Léger y otros, 1988; Mora, 1994), pero no existen datos referentes a protocolos de esfuerzo interválico que se asemejen a las características de este deporte. En la literatura se ha publicado un test interválico para valorar la cualidad aeróbica en el futbolista (velocidad máxima aeróbica y umbral anaeróbico) del que no existen datos de referencia: el test de Probst, que consiste en realizar un test incremental, progresivo y máximo, con la particularidad de que el esfuerzo es discontinuo. La velocidad máxima 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 otros, 1989), cumpliendo con las consideraciones básicas para valorar la cualidad aeróbica (MacDougall y otros, 1991; Rodríguez y Aragonés, 1992).

El objetivo de este trabajo es valorar la cualidad aeróbica de futbolistas españoles de diferentes categorías utilizando un protocolo interválico de esfuerzo (Test de Probst), comprobar la sensibilidad del mismo al nivel de práctica deportiva y su utilidad para determinar un umbral anaeróbico atendiendo a los valores de frecuencia cardíaca.

Metodología

Sujetos

Participaron en este estudio un total de 231 futbolistas: juveniles de nivel nacional ($n = 26$) del club Cultural y Deportiva Leonesa; amateurs de 3.ª división ($n = 74$) de los equipos Salmantino, Cultural Leonesa "B" y Becerril de Campos; semiprofesionales de 2.ª división "B" ($n = 36$) de los equipos Burgos y Cultural Leonesa y profesionales de 1.ª división ($n = 95$) de los equi-

■ **TABLA 1.**
Características de la muestra de futbolistas analizados.

CATEGORÍA	n	EDAD	PESO	TALLA
Profesionales	95	26,9 ± 0,6	77,7 ± 1,4	180,0 ± 1,0
Semiprofesionales	36	26,4 ± 0,8	75,5 ± 1,5	177,9 ± 1,7
Amateurs	74	20,1 ± 0,4	74,7 ± 2,4	176,8 ± 1,8
Juveniles	26	16,6 ± 0,2	75,0 ± 2,1	176,6 ± 1,1

Número de futbolistas (n) por categoría (profesional, semiprofesional, amateur y juvenil). Valores medios y EEM.

pos Valladolid, SAD y Salamanca, SAD Los jugadores y cuerpos técnicos obtuvieron la información sobre los objetivos de cada estudio y/o valoración en particular, dando su consentimiento para participar en los mismos, exigiéndoles la máxima motivación durante el esfuerzo, lo cual podría ser comprobado al analizar la frecuencia cardíaca máxima alcanzada en el test. Las características de estos jugadores se representan en la *tabla 1*.

Material

Balanza Detecto® (D52, USA) con rango de medición 0-150 kg, y precisión 200 g. Tallímetro Detecto® (D52, USA) con rango de medición 60-200 cm y precisión 0,5 cm. Software TVREF-v1,0® compatible con el entorno Windows (ICAFD, España). Ordenador portátil Toshiba Satellite Pro 405CS® (sistema operativo Windows 95). 8 pulsómetros Polar Advantage-NV® (Polar Electro OY, Kempele, Finland). 1 interface Polar Advantage® (Polar Electro OY, Kempele, Finland). 2 Altavoces Sony ENG 203, de potencia 75W, alimentados con 4 pilas R-14 de 1,5V cada una, conectados en serie a la salida ES688 Audio del ordenador.

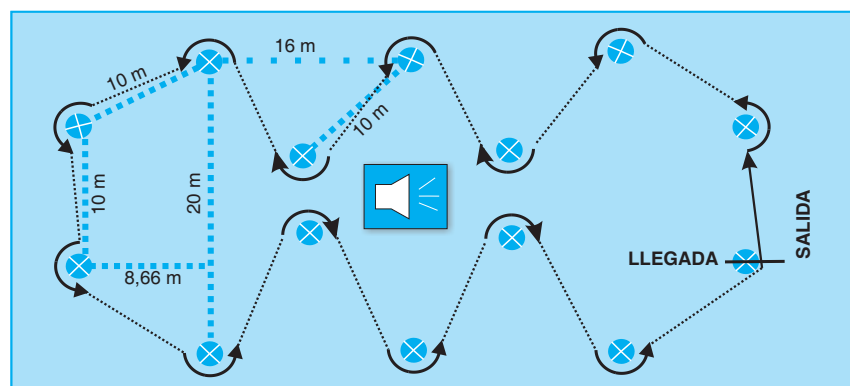
2 cintas métricas de fibra de vidrio de 10 y 25 m. (Kangros®) con una precisión de 1 cm. 14 Balizas Tecnival, S.A. de base 30 x 50 cm.

Método

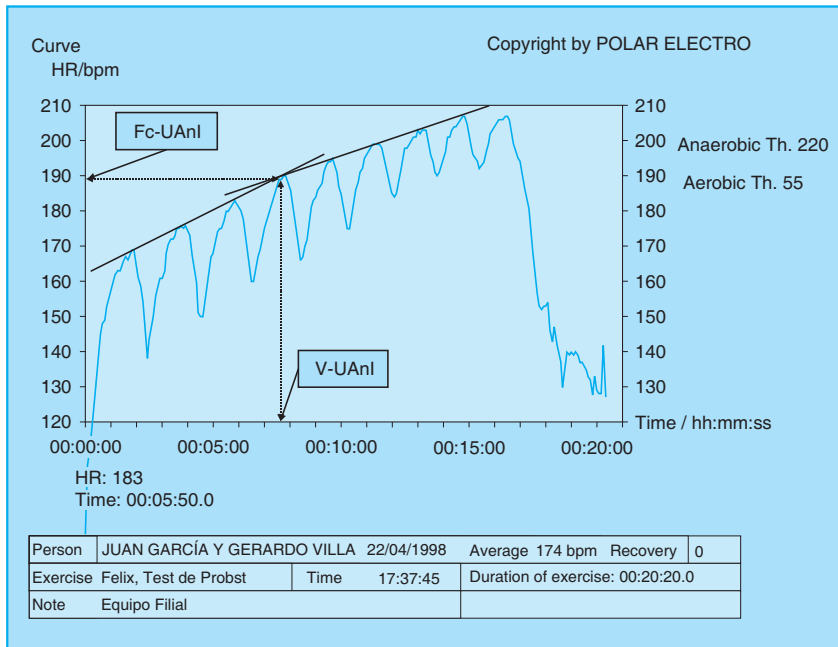
Todos los futbolistas realizaron un calentamiento previo al inicio de un test triangular progresivo, maximal e interválico que se refiere en la literatura como Test de Probst y que permite calcular tanto la velocidad máxima aeróbica como el UAn en futbolistas (Probst, 1989). Dicho calentamiento era dirigido por su preparador físico y se dividía en: calentamiento general, estiramientos y calentamiento pre-partido. Si el equipo no tenía preparador físico el calentamiento era dirigido por el evaluador, manteniéndose la misma estructura. Tras el mismo se procedía a la colocación del pulsómetro a cada deportista asignándole un número de memoria (Sujeto A → Pulsómetro 3, Memoria 4).

El Test de Probst (1989) consta de un circuito de 14 balizas, situadas a una distancia de 10 m entre cada una de ellas, describiendo un recorrido sinuoso (*figura 1*). El futbolista debe correr de una ba-

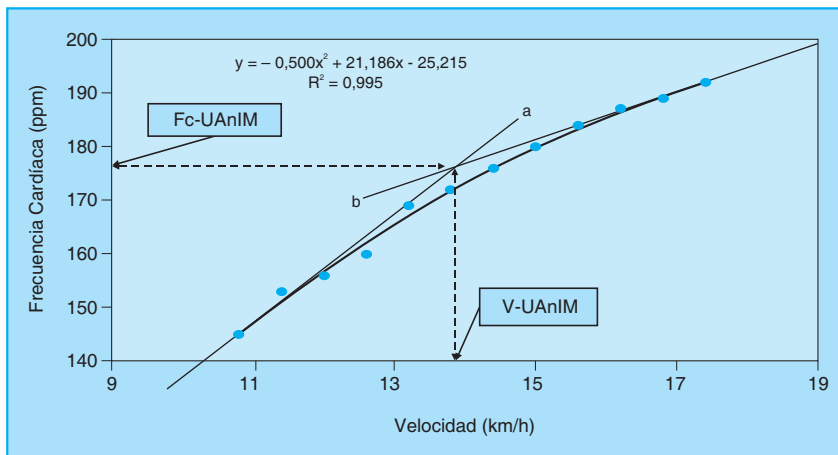
■ **FIGURA 1.**
Recorrido del Test de Probst (Probst, 1989).



■ FIGURA 2. Determinación manual del UAn interválico (UAnI): velocidad (V-UAnI) y frecuencia cardíaca (Fc-UAnI).



■ FIGURA 3. Determinación matemática del UAn interválico (UAnIM): velocidad (V-UAnIM) y frecuencia cardíaca (Fc-UAnIM).



liza a otra a una velocidad controlada por medio de señales acústicas (bips) que deben coincidir con la posición del sujeto al lado de la baliza, considerándose que el test ha finalizado en el momento que el futbolista no llega a tiempo en 2 balizas sucesivas. El ritmo inicial del test es de 18 “bips” por minuto, lo que corresponde a una velocidad de 10,8 km/h, y se va incrementando en 0,6 km/h cada 280 m (2 vueltas al circuito de la figura 1). El test es

discontinuo, con paradas de 30 segundos al finalizar cada período (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 programó el software TVREF-v1.0 que fue instalado en un ordenador portátil situado en el centro del circuito desde donde se emitían los “bips” con la ayuda de dos amplificadores externos.

Cada sujeto se colocaba en una baliza con el receptor/monitor “a cero” y el evaluador indicaba a todos los sujetos 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 cardíaca cada 5 segundos a partir de ese momento. Tras finalizar el test, todos los sujetos paraban y salían del circuito caminando, dejando aproximadamente 5 minutos grabando antes de retirar el pulsómetro.

La velocidad máxima del test (Vmáx-UAnI) era anotada nada más finalizar el test y los datos de cada pulsómetro eran importados mediante un interface al ordenador, donde se asignaba un código de archivo para cada sujeto. Posteriormente se podían determinar las frecuencias cardíacas máximas y mínimas de cada escalón, la frecuencia cardíaca máxima del test (FcMáx-UAnI), el porcentaje de frecuencia máxima teórica alcanzado (% FcTeórica) a partir de la ecuación $\%FcTeórica = FcMáx-UAnI \times 100 / (220 - edad)$, y el UAn de dos formas diferenciadas:

- UAn interválico determinado manualmente (UAnI) a partir de los valores de frecuencia cardíaca máxima alcanzada en cada escalón, trazando dos rectas de manera que cada una de ellas pasara por el mayor número de puntos (figura 2). Estas dos rectas se cortaban en un punto cuya coordenada en ordenadas era la frecuencia cardíaca en el UAnI (Fc-UAnI), y la coordenada en abscisas era la velocidad en el UAnI (V-UAnI). Para calcular esta última se tuvo en cuenta el tiempo transcurrido desde la finalización del escalón anterior, asignándole proporcionalmente el valor de velocidad correspondiente al incremento de 0,6 km/h acontecido entre los estadios (ej.: transcurridos 10 segundos, la velocidad sería la del escalón anterior más 0,2 km/h). Destacar que no siempre era posible determinar dicho punto de inflexión. Las variables obtenidas mediante determinación manual (UAnI) fueron: velocidad umbral (V-UAnI), porcentaje respecto a la

velocidad máxima (% V-UAnI), frecuencia cardíaca umbral (Fc-UAnI) y porcentaje respecto a la máxima del test (% FcMáx-UAnI).

- UAn interválico determinado matemáticamente (UAnIM) según la metodología propuesta por Tokmakidis y Léger (1992): calculando una función polinómica de segundo grado con los valores de frecuencia cardíaca máxima en cada escalón y la velocidad de desplazamiento, trazando dos rectas tangentes a la función que pasan por los puntos de frecuencia cardíaca máxima (*b*) y mínima del test (*a*) y obteniéndose los valores de velocidad (V-UAnIM) y frecuencia cardíaca (Fc-UAnIM) (figura 3). Se consideró que no se podía calcular el UAnIM cuando los valores pertenecían a un rango de frecuencias cardíacas o velocidades fuera del rango del test. Las variables obtenidas mediante determinación matemática (UAnIM) fueron: velocidad umbral (V-UAnIM), porcentaje respecto a la velocidad máxima (% V-UAnIM), frecuencia cardíaca umbral (Fc-UAnIM), porcentaje respecto a la máxima del test (% FcMáx-UAnIM) y valor de ajuste de la función expresado como R^2 (Ajuste-UAnIM).

Tratamiento gráfico y estadístico de los resultados

El tratamiento gráfico se llevó a cabo en la Hoja de Cálculo Excel V7.0 y el tratamiento estadístico en el paquete Statistica V4.5 para Windows. Los resultados se muestran como media y error estándar de la media (EEM). Para el estudio de las diferencias entre el método manual y matemático para determinar el UAn se ha utilizado una prueba no paramétrica para datos apareados (Wilcoxon). En la comparación de los valores obtenidos por los diferentes grupos de futbolistas se ha realizado un análisis de la varianza (ANOVA), utilizando el test de Neuman-Keuls. Para el cálculo de las correlaciones entre las variables se utilizó la prueba no paramétrica de Spearman. Los niveles de significación “p” son n.s. = no significativa o $p > 0,05$; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.

■ **TABLA 2.**
Determinaciones del UAn manual y matemáticamente.

CATEGORÍA	DISTRIBUCIÓN DE LAS PRUEBAS DE ESFUERZO REALIZADAS		DETERMINACIÓN DEL UMBRAL MATEMÁTICO		DETERMINACIÓN DEL UMBRAL MANUALMENTE	
	NÚMERO DE SUJETOS EVALUADOS	NÚMERO DE CASOS NO DETECTADOS	%	NÚMERO DE CASOS NO DETECTADOS	%	
Profesional	95	9	9,5	6	5,3	
Semiprofesional	36	5	13,9	2	8,3	
Amateur	74	7	9,5	3	4,1	
Juvenil	26	3	11,5	1	3,8	
Todas	231	24	10,4	12	5,2	

Número de pruebas realizadas y sujetos evaluados por categoría (profesional, semiprofesional, amateur y juvenil). Número de casos en los que no se pudo detectar el UAn expresado en valores absolutos (Nº) y relativos (%).

Resultados

Sobre un total de 231 futbolistas evaluados no se pudo determinar el UAnIM en 24 de ellos (10,4 %), siendo muy similares los porcentajes de casos no determinados en las diferentes categorías de fútbol analizadas. Sin embargo, en la determinación manual (UAnI) el número de casos no detectados disminuyó, tanto en el valor general de todas las categorías (5,2 %), como anali-

zando el comportamiento de cada una de ellas. (Tabla 2)

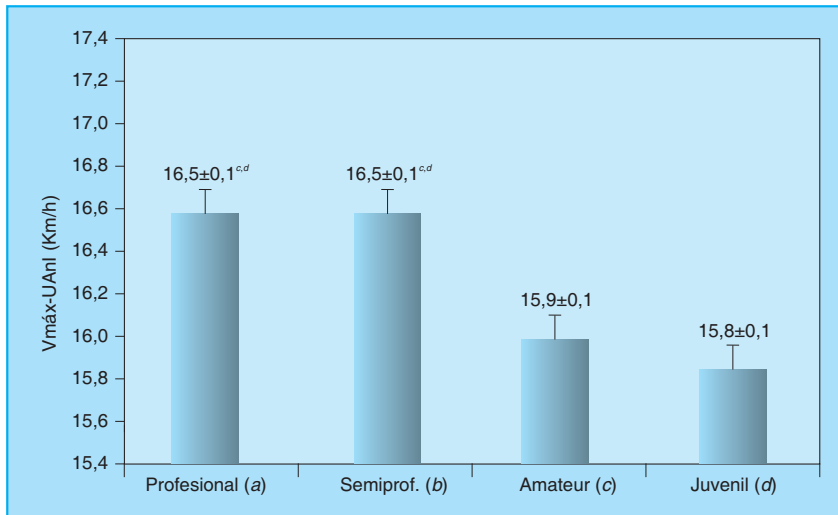
La Vmáx-UAnI media de todos los futbolistas fue de 16,2 km/h, lo que equivale a una media de 10,3 estadios completados, oscilando entre los valores mínimo y máximo de 14,0 y 18,8 km/h (6,6 y 14,3 estadios), respectivamente (Tabla 3). FcMáx-UAnI fue de 192 ppm, un 96,8 % respecto a la frecuencia cardíaca máxima teórica

■ **TABLA 3.**
Variables más relevantes obtenidas en el Test de Probst de los 231 futbolistas.

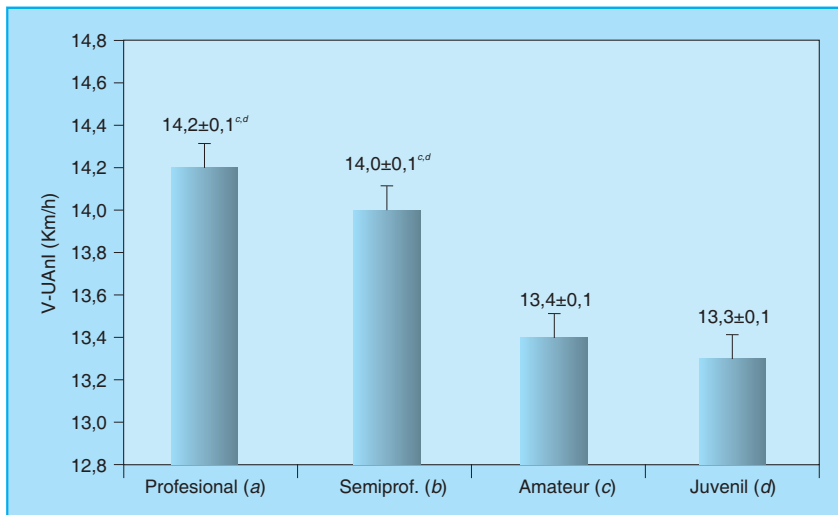
VARIABLES DEL TEST	n	MEDIA ± EEM	RANGO
Vmáx-UAnI (km/h)	231	16,2 ± 0,1	14,0-18,8
FcMáx-UAnI (ppm)	231	192 ± 0,6	166-213
%FcTeórica (%)	231	96,8 ± 0,3	84,7-106,1
V-UAnI (km/h)	219	13,8 ± 0,1	11,8-16,4
%V-UAnI (%)	219	84,7 ± 0,2	72,4-96,0
Fc-UAnI (ppm)	219	182 ± 0,5	160-200
%FcMáx-UAnI (%)	219	95,1 ± 0,1	88,9-99,5
V-UAnIM (Km/h)	207	13,5 ± 0,1	10,8-15,8
%V-UAnIM (%)	207	83,1 ± 0,3	70,7-93,8
Fc-UAnIM (ppm)	207	180 ± 0,7	140-203
%FcMáx-UAnIM (%)	207	93,7 ± 0,2	78,5-99,2
Ajuste-UAnIM (R^2)	207	0,98 ± 0,001	0,82-1,00

Número de casos analizados (n). Valores medios (media), error estándar (E.E.M.) y rango (mínimos y máximos) de las variables: velocidad y frecuencia cardíaca máximas del test (Vmáx-UAnI y FcMáx-UAnI), velocidades umbral determinado manual y matemáticamente (V-UAnI y V-UAnIM), frecuencias cardíacas umbral determinado manual y matemáticamente (Fc-UAnI y Fc-UAnIM), porcentajes de frecuencia cardíaca respecto de FcMáx-UAnI en el umbral anaeróbico interválico determinado manual (%FcMáx-UAnIM) y matemáticamente (%FcMáx-UAnIM), porcentajes de velocidad respecto de Vmáx-UAnI en el umbral anaeróbico interválico determinado manual (%V-UAnI) y matemáticamente (%V-UAnIM), porcentaje de FcMáx-UAnI respecto a la máxima teórica (%FcTeórica). Ajuste de la función polinómica frecuencia cardíaca-velocidad para determinar el umbral anaeróbico matemático (Ajuste-UAnIM).

■ FIGURA 4. Velocidad máxima alcanzada en el test ($V_{m\acute{a}x-UAnI}$) según la categoría de los futbolistas. Diferencias con las categorías amateur (c) y juvenil (d) ($p < 0,05$).



■ FIGURA 5. Velocidad umbral alcanzada en el test ($V-UAnI$) según la categoría de los futbolistas. Diferencias con las categorías amateur (c) y juvenil (d) ($p < 0,05$).



(%FcTeórica), con rangos entre el 84,7 y 106,1 % $V-UAnI$ fue de 13,8 km/h, que es un 84,7 % del % $V-UAnI$, destacando que los jugadores de fútbol han sido capaces de correr en el UAn a velocidades entre el 72,4 y 96 % respecto de la máxima. Este valor es inferior al descrito para el % Fc-UAnI, que fue del 95,1 % (88,9-99,5 %). Los valores de $V-UAnI$ son estadísticamente mayores que los valores $V-UAnIM$ (0,3 km/h y $p < 0,001$), por lo que para una misma velocidad máxima del test, el % $V-UAnI$ es estadísticamente que el % $V-UAnIM$ (1,6 % y $p < 0,001$). Lo mismo ocurre con Fc-UAnI

y Fc-UAnIM (diferencias de 2ppm y $p < 0,001$), por lo que % Fc-UAnI es mayor que el % Fc-UAnIM, cifrándose las diferencias en un 1,4 % ($p < 0,001$).

En la tabla 4 se muestra el análisis de las diferencias entre las variables registradas tras la aplicación del test en todas las categorías o niveles de práctica. $V_{m\acute{a}x-UAnI}$ es 0,6-0,7 km/h mayor en los jugadores profesionales y semiprofesionales respecto a los amateurs y juveniles ($p < 0,001$) (figura 4). El mismo comportamiento se observa para $V-UAnI$, no existiendo diferencias significativas entre profesionales y semiprofe-

sionales, ni entre amateurs y juveniles, pero sí entre ambas agrupaciones ($p < 0,001$), donde las diferencias son de 0,6-0,9 km/h (figura 5), algunas de ellas mayores que las encontradas para la variable $V_{m\acute{a}x-UAnI}$. Si tuviéramos en cuenta la variable $V-UAnIM$ sólo se observarían pequeñas diferencias significativas entre jugadores profesionales y amateurs (0,3 km/h y $p < 0,05$), y no entre el resto de categorías, a pesar de que el valor de R^2 fue de 0,98, oscilando entre 0,82 y 1 (tabla 3). El % $V-UAnI$ obtiene valores medios que oscilan entre el 84,3 % y el 85,5 %, dependiendo de la categoría analizada, no existiendo diferencias significativas entre las mismas. El mismo comportamiento es observado para el % $V-UAnIM$, que tampoco difiere según la categoría, pero con valores menores que oscilan entre 82,3-84,6 %.

Fc $M\acute{a}x-UAnI$ es similar entre jugadores profesionales y semiprofesionales, y mayor en amateurs y juveniles debido a las diferentes edades de estos grupos, pero en cualquier caso el %FcTeórica se aproxima en todos ellos al valor 100 % (entre 96,1 % y 98,8 %), lo que indica la maximalidad del esfuerzo realizado. El %Fc $M\acute{a}x-UAnI$ no muestra diferencias entre categorías (valores entre 94,5 % y 95,4 %), y sólo el Fc $M\acute{a}x-UAnIM$ presenta pequeñas diferencias entre profesionales y juveniles, pero no entre el resto de grupos. Los valores medios de R^2 en las diferentes categorías son próximos a "1", mayores de $R^2 = 0,979$ (amateurs) y difiere estadísticamente del ajuste en la categoría de profesionales ($p < 0,05$).

Respecto a las relaciones de mayor relevancia (tabla 5) se destaca la interdependencia entre Fc-UAnI y Fc-UAnIM ($r = 0,79$ y $p < 0,001$), siendo sensiblemente inferior cuando los valores son expresados como $V-UAnI$ y $V-UAnIM$ ($r = 0,38$ y $p < 0,001$). También se observa una dependencia entre $V-UAnI$ y $V_{m\acute{a}x-UAnI}$ ($r = 0,70$ y $p < 0,001$) y entre $V-UAnIM$ y $V_{m\acute{a}x-UAnI}$ ($r = 0,64$ y $p < 0,001$). Lo mismo ocurre para las frecuencias cardíacas Fc-UAnI y Fc $M\acute{a}x-UAnI$ ($r = 0,84$ y $p < 0,001$), cuya relación se representa en la figura 6 y para las frecuencias cardíacas Fc-UAnIM y Fc $M\acute{a}x-UAnI$ ($r = 0,83$ y $p < 0,001$).



Discusión

Detección de la inflexión en la frecuencia cardíaca

Uno de los aspectos más criticados del Test de Conconi ha sido la imposibilidad de detectar la inflexión de la frecuencia cardíaca en algunos sujetos que eran sometidos al test de esfuerzo (López-Calbet y otros, 1995). Algunos autores destacan que el número de sujetos en los que éste no se puede determinar es elevado (Coen y otros, 1988), cifrándose porcentajes del 25 % (Lacour y otros, 1988) al 30 % (Jones y Doust, 1995) de no detecciones, y argumentando que no se debe a la reproducibilidad del test, lo que ha podido observarse en una serie de mediciones repetidas (Bruyn y otros, 1991). Las discrepancias entre los autores han sido ampliamente recopiladas (Heck y otros, 1985; López-Calbet y otros, 1995); reconociéndose la dificultad en la determinación del punto de inflexión, y refiriéndose una serie de estudios donde el porcentaje de casos en los que ésta no se detecta oscila entre el 1 % y el 100 %. Sin embargo, para otros autores el punto de inflexión de la frecuencia cardíaca es fácil de obtener, ya que lo aprecian en un 93,8 % de los casos, de los cuales el 86 % son inflexiones y el 7,3 % deflexiones (Hofmann y otros, 1994 y 1997). En este sentido, los resultados del presente trabajo reflejan que no se detecta el punto de inflexión en el 10,4 % de los casos cuando se utiliza el modelo matemático, y el 5,2 % de los mismos si se utiliza el modelo manual; valores similares a los obtenidos por los defensores de la metodología de Conconi (Conconi y otros, 1982 y 1996). Sin embargo, ante las diferencias encontradas entre el método manual y el matemático, es posible que la predisposición por parte de los evaluadores a encontrar el punto de inflexión sea la causa de los menores porcentajes de casos no detectados cuando se utiliza el método manual.

Utilización del método matemático para detectar la inflexión de la frecuencia cardíaca

Algunos autores destacan las dificultades objetivas que existen en la determinación del punto de inflexión, que pueden influir

■ TABLA 4.

Variables más relevantes obtenidas en el Test de Probst según la categoría analizada (profesional, semiprofesional, amateur y juvenil).

VARIABLES DEL TEST	PROFESIONAL (a) (n = 95)	SEMI PROF. (b) (n = 36)	AMATEUR (c) (n = 74)	JUVENIL (d) (n = 26)
Vmáx-UAnI(km/h)	16,5 ± 0,1 ^{c,d}	16,5 ± 0,1 ^{c,d}	15,9 ± 0,1	15,8 ± 0,1 ^{c,d}
FcMáx-UAnI (ppm)	188 ± 0,8 ^{c,d}	189 ± 1,3 ^{c,d}	194 ± 0,9 ^d	201 ± 1,3 ^{c,d}
%FcTeórica (%)	96,1 ± 0,4 ^d	96,5 ± 0,7 ^d	97,1 ± 0,5 ^d	98,8 ± 0,6 ^{c,d}
V-UAnI (km/h)	14,2 ± 0,1 ^{c,d}	14,0 ± 0,1 ^{c,d}	13,4 ± 0,1	13,3 ± 0,1 ^{c,d}
%V-UAnI (%)	85,3 ± 0,5	84,9 ± 0,4	84,4 ± 0,4	84,3 ± 0,3 ^{c,d}
Fc-UAnI (ppm)	179 ± 0,7 ^{c,d}	180 ± 1,0 ^{c,d}	185 ± 0,7 ^d	190 ± 1,3 ^{c,d}
%FcMáx-UAnI (%)	95,0 ± 0,2	94,9 ± 0,3	95,4 ± 0,3	94,5 ± 0,6 ^{c,d}
V-UAnIM (Km/h)	13,6 ± 0,1 ^c	13,6 ± 0,1 ^c	13,3 ± 0,1	13,4 ± 0,1 ^{c,d}
%V-UAnIM (%)	82,4 ± 0,4	82,4 ± 0,4	83,6 ± 0,5	84,6 ± 0,7 ^{c,d}
Fc-UAnIM (ppm)	176 ± 1,0 ^{c,d}	176 ± 1,0 ^{c,d}	183 ± 1,1 ^d	189 ± 1,6 ^{c,d}
%FcMáx-UAnIM (%)	93,2 ± 3,3 ^c	93,2 ± 3,3	94,5 ± 0,4	94,2 ± 0,5 ^{c,d}
Ajuste-UAnIM (R ²)	0,987 ± 0,001 ^c	0,989 ± 0,002	0,979 ± 0,003	0,983 ± 0,003 ^{c,d}

Número de casos analizados (n). Valores medios y E.E.M. Para ver la definición de los términos ir a la figura 3. Análisis de las diferencias entre las medias. Diferencias significativas (p < 0,05) con la categoría: a = profesional; b = semiprofesional; c = amateur; d = juvenil.

■ TABLA 5.

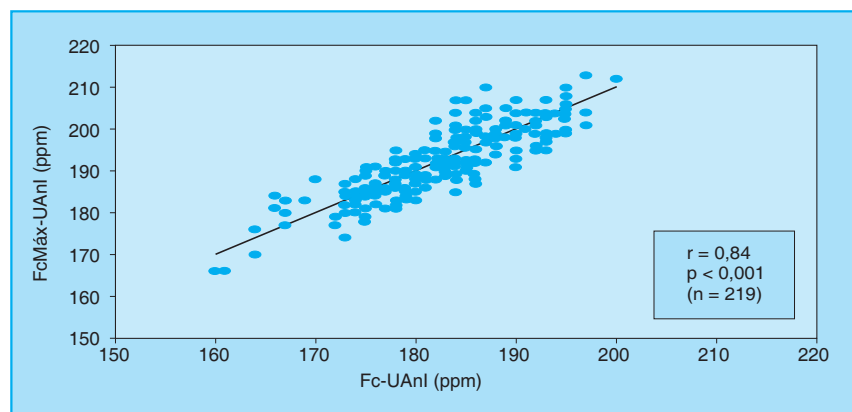
Relaciones observadas entre las variables registradas en el Test de Probst de los 231 futbolistas.

VARIABLES	1	2	3	4	5	6
1. V-UAnIM						
2. Fc-UAnIM	0,14*					
3. Vmáx-UAnI	0,64***	-0,23***				
4. Fc-UAnI	n.s.	0,79***	-0,19**			
5. V-UAnI	0,38***	-0,50***	0,70***	n.s.		
6. FcMáx-UAnI	n.s.	0,83***	n.s.	0,84***	-0,29***	

Para ver la definición de los términos ir a la figura 3. Niveles de significación estadística de las correlaciones (p): n.s.=no significativa; * = p < 0,05; ** = p < 0,01; *** = p < 0,001.

■ FIGURA 6.

Relación entre la frecuencia cardíaca en el UAn interválico (Fc-UAnI) y la frecuencia cardíaca máxima del test (FcMáx-UAnI).



en la reproducibilidad del test (Jones y Doust, 1995; Tokmakidis y Léger, 1992). López-Calbet y otros (1995) intentaron solucionar este problema utilizando tres metodologías: a) determinar el punto de inflexión con el *software* Sport Tester®; b) suavizar los registros que no seguían una evolución racional y determinar el punto de inflexión con el *software* Sport Tester®; c) diseñar un programa interactivo que subsanaba los errores y permitía variar el punto de inflexión. Los resultados de este estudio indicaron que ninguna de las tres metodologías consiguió aumentar la reproducibilidad en el cálculo del punto de inflexión.

Tokmakidis y Léger, en 1992 defienden que, independientemente de la utilización del modelo matemático, existen problemas para determinar el punto de inflexión de la frecuencia cardíaca, lo que recientemente se ha justificado argumentando se obvia el modelo trifásico de Skinner y MacLellan (1980). El propio Conconi (1982) recomienda despreciar los primeros estadios del test porque la frecuencia cardíaca no aumenta en la misma proporción que la carga de trabajo, lo que sí ocurre a partir del umbral aeróbico, y es por eso que puede utilizarse el mismo modelo matemático que Tokmakidis y Léger (1992) desechando los valores anteriores al umbral aeróbico. Para conseguir este fin se ha diseñado un protocolo computarizado que permite obtener valores de lactacidemia en un test progresivo con estadios de 1 minuto de duración no teniendo en cuenta los registros de frecuencia cardíaca obtenidos hasta el valor 2mmol/l (Hofmann y otros, 1997).

En el presente estudio se utiliza el modelo de Tokmakidis y Léger (1992), ya que los valores de frecuencia cardíaca en el primer estadio del test son de unas 160 ppm, muy superiores a los presentados por Hoffman y otros (1997) en 227 sujetos varones para cargas iniciales en cicloergómetro de 40 vatios. Igualmente, la velocidad de carrera inicial referida por otros autores es de 8 km/h (López-Calbet y otros, 1995), inferior a la del Test de Probst; y la del Test de Conconi (velocidad inicial de 12 km/h) hace referencia a una carrera en línea, lo que supone una media de frecuencia car-

díaca entre 120-125 ppm para los 210 atletas analizados (Conconi y otros, 1982). Todos los estudios citados empiezan a intensidades de trabajo claramente inferiores a las del Test de Probst, y aunque existen factores como la edad, el grado de entrenamiento, etc. que influyen en la extrapolación de aquellos resultados, se piensa que esta afirmación tiene suficiente fundamento. Sin embargo, en posteriores estudios puede comprobarse con otros métodos (ventilatorios o metabólicos) si realmente los estadios iniciales del Test de Probst suponen una carga mayor o no al umbral aeróbico.

Relación entre las variables determinadas en el Test de Probst

Los resultados obtenidos ponen en evidencia la utilización de un modelo matemático en la determinación del UAn interválico, ya que, a pesar de las elevadas correlaciones encontradas entre los valores de frecuencia cardíaca determinada manual y matemáticamente, las relaciones entre las velocidades, son bastante inferiores y presentan diferencias significativas. Este hecho pudiera estar justificado por la decisión de no modificar el UAn interválico determinado matemáticamente, aceptando siempre los valores del modelo porque tiene una fundamentación teórica correcta, pero sin considerar que no es capaz de ajustar los valores de velocidad y sí los de frecuencia cardíaca.

Las relaciones entre la frecuencia cardíaca del UAn interválico determinada manual y matemáticamente han sido muy intensas, obteniéndose a elevados porcentajes de la máxima (95,1 y 93,7 %, respectivamente) que coinciden con los de otros autores (Bunc y otros, 1992; López-Calbet y otros, 1993; Maffulli y otros, 1994). Así, un estudio realizado en futbolistas profesionales españoles de edades similares (26 ± 3) mediante un test continuo, progresivo y maximal en tapiz rodante, refleja una frecuencia cardíaca en el UAn de 176 ± 7 ppm y frecuencia cardíaca máxima de 190 ± 4 ppm (92,6 %) (Castellano y otros, 1996). Los resultados de los futbolistas profesionales de nuestro estudio ($26,9$ años), ofrecen frecuencias

cardíacas máximas y en el umbral bastante similares.

Las correlaciones entre las velocidades umbral y máxima del test son elevadas ($r = 0,79$ y $p < 0,001$), pero es discutible que el UAn aparezca a una velocidad constante del máximo, ya que es lógico pensar que dos variables que definen la resistencia, como son la velocidad máxima aeróbica (Gacón, 1990) y el UAn (López y Legido, 1991), se relacionen. En este sentido, para Bergh y otros (2000) es normal que cualquier actividad que se prolongue durante algunos minutos tenga que ver con la resistencia, y éste es el caso de las velocidades en el $\dot{V}O_2$ máx, y el UAn.

El porcentaje de velocidad a la que aparece el UAn respecto a la velocidad máxima es del $84,7 \pm 0,2$ %, muy elevado si se compara con los porcentajes determinados por métodos lactacidémicos, que obtienen el umbral entre el 69-79 % del $\dot{V}O_2$ máx (Lacour y otros, 1986), o ventilatorios, que lo han obtenido a un 78 % del $\dot{V}O_2$ máx (Green, 1992). Sin embargo, otros autores obtienen porcentajes de velocidad en el UAn ventilatorio con rangos del 72,3-89,2 % (González y Ainz, 1998), 66-87 % (Ramos y otros, 1995) y medias del 80,5 % (Bunc y otros, 1992). Los resultados de este trabajo muestran que los porcentajes de velocidad a la que aparece el UAn interválico tienen un rango más amplio (72,4-96,0 %) que los porcentajes de frecuencia cardíaca a la que aparece el UAn interválico (88,9-99,5 %), por lo que posiblemente sea capaz de diferenciar entre futbolistas con mayor y menor nivel de condición física. En este sentido, el umbral determinado en futbolistas profesionales franceses ofrece rangos entre el 59-80 % del $\dot{V}O_2$ máx y el 60-84 % de la potencia máxima alcanzada (vatios) (Medelli y otros, 1985).

Sensibilidad del Test de Probst frente al nivel de práctica o categoría competitiva

La dificultad para comparar las variables obtenidas cuando se valora aeróbicamente a un futbolista se debe a la heterogeneidad de ergómetros utilizados (bicicleta,



tapiz), a los lugares de realización del test (pista de atletismo, campo de fútbol, laboratorio) y a los protocolos aplicados (carga inicial, incrementos de carga, duración de la carga); por eso, la mayoría de los autores se limitan a valorar y discutir sobre valores de $\dot{V}O_2\text{máx}$ y no sobre velocidades máxima aeróbica y umbral (Bosco, 1991; Castellano y otros, 1996; Rico-Sanz, 1997; Weineck, 1997). De la misma forma, no todos los estudios han sido capaces de diferenciar entre futbolistas de mayor y menor nivel, y mientras unos no encuentran diferencias en el $\dot{V}O_2\text{máx}$ al comparar a 15 jugadores profesionales de la liga inglesa con 12 jugadores amateurs (Withers y otros, 1977), estudios más amplios que comparan a 20 estudiantes de educación física, 21 jugadores profesionales de fútbol del mismo club, 17 jugadores amateurs de su equipo filial, 20 jugadores de una selección nacional y 16 jugadores de otra selección nacional de menor nivel sí encuentran dichas diferencias (Chatard y otros, 1991); en concreto, un estudio con equipos consolidados y recién ascendidos de la primera división noruega afirma que los valores de $\dot{V}O_2\text{máx}$ es mayor para los primeros (67,6 ml/kg/min) con respecto a los segundos (59,9 ml/kg/min) (Wilsoff y otros, 1998).

En el presente trabajo se ha podido diferenciar entre distintos niveles de práctica deportiva en fútbol. La no existencia de estas diferencias entre los jugadores profesionales y semiprofesionales coincide con los estudios realizados en 51 seleccionados para representar a la selección nacional griega y 48 jugadores de la primera división en dicho país (Tokmakidis y otros, 1992), o con la comparación entre jugadores reservas y titulares de un equipo profesional danés (Bangsbo, 1994), y puede justificarse porque el futbolista de 2.ª división B, a pesar de no ser catalogado como profesional, se dedica exclusivamente al fútbol, o incluso puede haber competido en categorías superiores (1.ª y 2.ª división).

Conclusiones

El protocolo interválico de Probst programado en el *software* TVREF-v1.0 permite

realizar un test de campo específico que se muestra sensible al grado de profesionalización y práctica de los futbolistas.

Las características de la muestra estudiada permitirá establecer datos de referencia para las categorías juvenil, amateur, semiprofesional y profesional del fútbol español.

El análisis de la frecuencia cardíaca durante el test ha permitido, en más de un 89 % de los casos, identificar un punto de inflexión que pudiera corresponderse con el umbral anaeróbico.

Las críticas al test de Conconi son extensibles al Test de Probst, pero no parece que las velocidades y frecuencias cardíacas aparezcan en zonas de esfuerzo constantes.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Junta de Castilla y León (Consejería de Educación y Cultura) el haber financiado el proyecto de investigación titulado "Diseño, validación y difusión de un test para la valoración específica de la resistencia aeróbica y la capacidad de recuperación en deportes colectivos: fútbol y baloncesto", y a la Universidad de León el haber financiado el proyecto titulado "Validación y estudio de la capacidad de recuperación en un test discontinuo para evaluar la resistencia aeróbica en deportes colectivos (fútbol y baloncesto) e individuales (ciclismo)". El *software* TVREF-v1.0 se puede adquirir gratuitamente a través de dicha consejería o contactando con la dirección de correo electrónico inejgl@unileon.es.

Bibliografía

- Astrand, P. O. y Rodahl, K.: *Fisiología del trabajo físico*, Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana, 1985.
- Baiocchi, G.: "Test atletico e tecnici per conoscere le possibilita atletico fisiche e il grado di preparazione raggiunti nel gioco del calcio", *Boy Sport* 3, pp. 2-4, 1986.
- Bangsbo, J.: "The physiology of soccer. With special reference to intense intermittent exercise", *Acta Physiol. Scand.* 5, (S619), pp. 111-155, 1994.

- Bangsbo, J.: "Yo-yo tests of practical endurance and recovery for soccer". *Performance conditioning for soccer* 9 (2), p. 8, 1996.
- Bergh, U.; Ekblom, B. y Astrand, P. O.: "Maximal oxygen uptake 'classical' versus 'contemporary' viewpoints", *Med. Sci. Sports Exerc.* 32 (1), pp. 85-88, 2000.
- Bosco, C.: *Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista*, Barcelona: Ed. Paidotribo, 1991.
- Bosco, C.; Tranquilli, C.; Tihanyi, J.; Colli, R.; D'Ottavio, S. y Viru, A.: "Influenza della somministrazione orale di creatina monoidrato sulle capacita fisiche valutate in laboratorio e con test da campo". *Medicina dello Sport* 48 (4), pp. 391-397, 1995.
- Brewer, J. y Davis, J. A.: "A physiological comparison of English professional and semi-professional soccer players", *J. Sports Sci.* 10 (2), p. 146, 1992.
- Bruyn, P.; Zintz, M. T.; Roart, M. T.; Tasiaux, M. V.: "Determination des seuils aerobic et anaerobic chez des triathletes dans leurs disciplines spécifiques", *Medecine du Sport* 3, pp. 119-122, 1991.
- Bunc, V.; Heller, J. y Procházka, L.: "Physiological characteristics of elite Czechoslovak footballers", *J. Sports Sci.*, 10 (2), p. 149, 1992.
- Castellano, J.; Urrestrilla, J. y Zubillaga, A.: "Cuantificación del esfuerzo físico del jugador de fútbol en competición", *Training Futbol* 7, pp. 27-41, 1996.
- Cazorla, G. y Farhi, A.: "Football: Exigences physiques et physiologiques actuelles", *E.P.S* 273, pp. 60-66, 1998.
- Cazorla, G.; Léger, L. y Marini, J. F.: "Les epreuves d'effort en physiologie: epreuves et mesures du potencial anaerobie et aerobie", *I.N.S.E.P.* 7, pp. 82-120, 1984.
- Chatard, J. C.; Belli, A.; Padilla, S.; Duranceau, M.; Candau, R. y Lacour, R.: "La capacita fisica del calciatore", *Rivista di cultura sportiva* 10 (23), pp. 72-75, 1991.
- Coen, B.; Urhausen, A.; Kinderman, W.: "Value of the Conconi test for determination of the anaerobic threshold", *Int. J. Sports Med.* 9 (5), p. 372, 1988.
- Conconi, F.; Ferrari, M.; Ziglio, P.G.; Droghetti, P. y Codeca, L.: "Determinación of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners", *J. Appl. Physiol.* 52 (4), pp. 869-873, 1982.
- Conconi, F.; Grazi, G.; Guglielmini, C.; Borsetto, C.; Ballarin, E.; Mazzoni, G.; Patracchini, M. y Manfredini, F.: "The Conconi test: Methodology after 12 years of application", *Int. J. Sports Med.* 17 (7), pp. 509-519, 1996.

- Franco, L.: "Fisiología del baloncesto", *Archivos de Medicina del Deporte*, 15 (68), pp. 471-477, 1998.
- Gacon, G.: "L'endurance et ses faux synonymes: capacité aérobie, $\dot{V}O_2$ máx, Puissance maximale aérobie, vitesse maximale aérobie", *E.P.S.*, 40 (222), pp. 37-41, 1990.
- González, J. M. y Ainz, L. F.: "Capacidad funcional aeróbica en jugadores de fútbol adolescentes", *Archivos de Medicina del Deporte*, 15 (65), pp. 201-207, 1998.
- Green, S.: "Anthropometric and physiological characteristics of South Australian soccer players", *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 1 (24), pp. 3-7, 1992.
- Heck, H.; Mader, A.; Hess, G.; Mucke, S.; Müller, R. y Hollmann, W.: "Justification of the 4 mM/l lactate threshold", *Int. J. Sports Med.*, 6, pp. 117-130, 1985.
- Hofmann, P.; Pokan, R.; Preidler, K.; Leitner, H.; Szolar, D.; Eber, B. y Schwaberg, G.: "Relationship between heart rate threshold, lactate turn point and myocardial function", *Int. J. Sports Med*, 15 (5), pp. 232-237, 1994.
- Hofmann, P.; Pokan, R.; Von Duvillard, S. P.; Seibert, F. J.; Zweiker, R.; Schmid, P.: "Heart rate performance curve during incremental cycle ergometer exercise in healthy young male subjects", *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29 (6), pp. 762-768, 1997.
- Jones, A. M. y Doust, J. H.: "Lack of reliability in Conconi's heart rate deflection point", *Int. J. Sports Med.*, 16 (8), pp. 541-544, 1995.
- Lacour, J. R.; Padilla, S. y Denis, C.: "La inflexión de la curva frecuencia cardíaca-potencia no es un indicador del umbral anaeróbico", *Apunts*, 25, pp. 71-74, 1988.
- Léger, L. A.; Mercier, D.; Gadoury, C.; Lambert, J.: "The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness", *J. Sports Sci*, 6 (2) pp. 93-101, 1988.
- López, J. L. y Legido, J. C.: *Umbral anaerobio: bases fisiológicas y aplicación*, Madrid: Ed. Interamericana McGraw-Hill, 1991.
- López-Calbet, J. A.; García, B.; Fernández, A. y Chavarren, J.: "Validez y fiabilidad del umbral de frecuencia cardíaca como índice de condición física aeróbica", *Archivos de Medicina del Deporte*, 12 (50), pp. 435-444, 1995.
- López-Calbet, J. A.; Ortega, F.; Dorado, C.; Armengol, O. y Sarmiento, L.: "Valoración antropométrica en ciclistas de alto nivel. Estudio de una temporada", *Archivos de Medicina del Deporte* 10 (38), pp. 127-132, 1993.
- MacDougall, J. D.; Wenger, H. A. y Green, A. J.: *Physiological testing of the high-performance athlete*, Champaign: Ed. Human Kinetics, 1991.
- Maffulli, N.; Testa, V.; Capasso, G.: "Anaerobic threshold determination in master endurance runners", *J. Sports Med. Phys. Fitness* 34 (3), pp. 242-249, 1994.
- Medelli, J.; Poppe, P.; Freville, M.; Lienard, J.; Demay, J. P. y Harichaux, P.: "Étude comparative des tests défforts en cours de saison chez 11 footballeurs", *Médecine du Sport* 59 (6), pp. 309-313, 1985.
- Mora, J.: "Test de course navette y test de Leger en pista", *Actualizaciones en fisiología del ejercicio*, 2 (2), pp. 61-90, 1994.
- Novak, L. P.; Bestit, C.; Mellerowicz, H. y Woodward, W. A.: "Maximal oxygen consumption, body composition and anthropometry of selected olympic male athletes", *J. Sports Med. Phys. Fitness* 18 (2), pp. 139-151, 1978.
- Probst, H.: "Test par intervalles pour footballeurs", *Revue Macolin* 5, pp. 7-9, 1989.
- Probst, H.; Comminot, C. H.; Rojas, J.: "Conconi-test auf dem Fahrradergometer", *Schwiz Z Sportmed*, 37, pp. 141-147, 1989.
- Ramos, J. J.; Segovia, J. C.; Silvarrey, F. J. L. y Legido, J. C.: "El reconocimiento médico-deportivo en el fútbol. Elaboración de un protocolo para futbolistas profesionales", *Selección*, 4 (4), pp. 169-182, 1995.
- Reilly, T. y Secher, N.: "Physiology of sports: an overview", en T. Reilly y cols. *Physiology of sports* E & F. N. Spon, London, 1990.
- Rico-Sanz, J.: "Evaluaciones fisiológicas en futbolistas", *Archivos de Medicina del deporte*, 14 (62), pp. 485-491, 1997.
- Rodríguez, F. A. y Aragonés, M. T.: "Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico", en J. González-Gallego, Ed. *Fisiología de la actividad física y del deporte*, Ed. Interamericana McGraw-Hill, Madrid, pp. 237-278, 1992.
- Sanuy, X.; Peirau, X.; Biosca, P.; Perdix, R.: "Fisiología del fútbol: revisión bibliográfica", *Apunts* 42, pp. 55-60, 1995.
- Tokmakidis, S. P. y Léger, L. A.: "Comparison of mathematically determined blood lactate and heart rate 'threshold' points and relationship with performance", *Eur. J. Appl. Physiol*, 64 (4), pp. 309-317, 1992.
- Tokmakidis, S. P.; Tsopanakis, A.; Tsarouchas, E.; Kioussis, T. y Hadjikonstantinou, S.: "Physiological profile of Greek professional soccer players", *J. Sports Sci*, 10 (2), pp. 168-169, 1992.
- Tumilty, D.: "Physiological characteristics of elite soccer players", *Sport Medicine*, 16 (2), pp. 80-96, 1993.
- Villa, J. G.: "Valoración funcional del metabolismo aeróbico", en González y Villegas Ed. *Valoración del deportista, Aspectos biomédicos y funcionales*, Pamplona: Ed. FEMEDE, 1999.
- Weineck, E. J.: *Fútbol Total*, Barcelona: Paidotribo, 1997.
- Wilsoff, U.; Helgerud, J. y Hoff, J.: "Strength and endurance of elite soccer players", *Med. Sci. Sports Exerc*, 30 (3), pp. 462-467, 1998.
- Withers, R. T.; Roberts, R. G. D. y Davies, G. J.: "The maximum aerobic power and body composition of South Australian male representatives in athletics, basketball, field hockey and soccer", *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 17 (4), pp. 391-400, 1977.