

Aplicació d'un test d'esforç intervàlic (Test de Probst) per valorar la qualitat aeròbica en futbolistes de la lliga espanyola

- 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

Paraulas clau

Qualitat aeròbica, Futbol,
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

Resum

Els tests continus realitzats en ergòmetres estandarditzats són poc específics per al futbol. El test intervàlic de Probst permet de valorar la velocitat màxima aeròbica (VMA) i el LAN (lindar anaeròbic) en el camp de futbol, car no existeixen dades de referència. Es pretenen de valorar aquests paràmetres en futbolistes espanyols per comprovar la sensibilitat a nivell de pràctica i la utilitat per determinar el LAN. Van participar-hi 231 futbolistes de categories juvenil (n = 26), amateur (n = 74), semiprofessional (n = 36) i professional (n = 95); es va registrar la VMA i la freqüència cardíaca (Fc), i es van calcular les velocitats i Fc en el LAN, determinat manualment (LANl) i matemàticament (LANm).

Va existir inflexió de la Fc en més del 89 % dels tests. Les Fc en el LAN van ser similars a les descrites a la literatura (90-95% respecte a la màxima) i la velocitat en el LAN va obtenir rangs amplis de VMA (72-96%). El test va ser sensible al nivell de pràctica en les variables LANl i VMA.

El protocol intervàlic de Probst va permetre de realitzar un test de camp específic sensible al grau de professionalització dels futbolistes, i es van establir dades de referència per a les categories estudiades. L'anàlisi de la Fc va permetre d'identificar un punt d'inflexió que pogués correspondre's amb el LAN.

Introducció

A les disciplines de resistència (esports cíclics) el consum d'oxigen màxim ($\dot{V}O_2\text{màx}$) i especialment el lindar anaeròbic (LAN) són factors determinants del rendiment esportiu, marca o rècord (López i Legido, 1991). En les disciplines d'equip (esports acíclics) els valors de $\dot{V}O_2\text{màx}$ i LAN són més grans que els trobats en la població sedentària en general (Bangsbo, 1994; Novak i d'altres, 1978; Probst i d'altres, 1989; Rico-Sanz, 1997; Withers i d'altres, 1977), però no arriben a nivells tan elevats com en les disciplines de resistència, malgrat competir durant 90 minuts, recórrer distàncies superiors als 10 km i alternar esforços màxims amb períodes de recuperació (Bosco, 1991; Franco, 1998; Sanuy i d'altres, 1995).

En els primers, el LAN i el $\dot{V}O_2\text{màx}$ serveixen per discriminar entre esportistes de major i menor nivell i, des de fa temps, s'han construït ergòmetres i s'han dissenyat protocols específics per valorar-los i comparar-los (Astrand i Rodahl, 1985; López i Legido, 1991; Villa, 1999); tanmateix, en els esports d'equip en general i en el futbol en particular, existeix encara una certa controvèrsia en la valoració i comparació d'aquests paràmetres (Bangsbo, 1996; Brewer i Davis, 1992; Chartard i d'altres, 1991; Green, 1992), que parcialment pot ser deguda a la falta d'un protocol d'esforç específic, amb gests tan semblants com sigui possible als del ma-



teix esport, executats en el medi de pràctica habitual i amb els materials específics (MacDougall i d'altres, 1991).

La qualitat aeròbica del futbolista ha estat valorada al mateix camp de futbol, utilitzant tests continus (Baiocchi, 1986; Bangsbo, 1996; Bosco i d'altres, 1995; Weineck, 1997) i tests progressius maximals fins a l'esgotament (Cazorla i Farhi, 1998; Léger i d'altres, 1988; Mora, 1994), però no existeixen dades que facin referència a protocols d'esforç a intervals que s'assemblin a les característiques d'aquest esport. En la literatura s'ha publicat un test intervàlic per valorar la qualitat aeròbica en el futbolista (velocitat màxima aeròbica i llindar anaeròbic) del qual no existeixen dades de referència: el test de Probst, que consisteix a realitzar un test incremental, progressiu i màxim, amb la particularitat que l'esforç és discontinu. La velocitat màxima es determina amb un fonament similar al Test de Léger (1988), i el llindar anaeròbic amb un fonament similar al Test de Conconi (Conconi i d'altres, 1982). El protocol es va dissenyar per ser aplicat al futbol i, amb aquesta finalitat, els temps d'esforç i de recuperació són similars als de la competició (Probst, 1989; Probst i d'altres, 1989), tot complint amb les consideracions bàsiques per valorar la qualitat aeròbica (MacDougall i d'altres, 1991; Rodríguez i Aragonés, 1992). L'objectiu d'aquest treball és valorar la qualitat aeròbica de futbolistes espanyols de diferents categories, utilitzant un protocol intervàlic d'esforç (Test de Probst), comprovar-ne la sensibilitat al nivell de pràctica esportiva i la seva utilitat per determinar un llindar anaeròbic, tenint en compte els valors de freqüència cardíaca.

Metodologia

Subjectes

En aquest estudi hi van participar un total de 231 futbolistes: juvenils de nivell nacional ($n = 26$) del club Cultural y Deportiva Leonesa; amateurs de 3a divisió ($n = 74$) dels equips Salmantino, Cultural Leonesa "B" i Becerril de Campos; semiprofessionals de 2a divisió "B" ($n = 36$) dels equips Burgos i Cultural Leonesa i professionals de 1a divisió ($n = 95$) dels equips

■ TAULA 1.

Característiques de la mostra de futbolistes analitzats.

CATEGORIA	n	EDAT	PES	TALLA
Professionals	95	26,9 ± 0,6	77,7 ± 1,4	180,0 ± 1,0
Semiprofessionals	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
Juvenils	26	16,6 ± 0,2	75,0 ± 2,1	176,6 ± 1,1

Nombre de futbolistes (n) per categoria (professional, semiprofessional, amateur i juvenil). Valors mitjans i EEM

Valladolid SAD i Salamanca SAD. Els jugadors i cossos tècnics van obtenir la informació sobre els objectius de cada estudi i/o valoració en particular, i van donar el consentiment per participar-hi, els van exigir la màxima motivació durant l'esforç, cosa que podria ser comprovada en analitzar la freqüència cardíaca màxima assolida en el test. Les característiques d'aquests jugadors es representen a la *taula 1*.

Material

Balança Detecto® (D52, USA) amb rang de mesurament 0-150, i precisió 200 g. Tallímetre Detecto® (D52, USA) amb rang de mesurament 60-200 cm i precisió 0,5 cm. Software TVREF-v1,0® compatible amb l'entorn Windows (ICAFD, Espanya). Ordinador portàtil Toshiba Satellite Pro 405CS® (sistema operatiu Windows 95). Vuit pulsímetres Polar Advantage-NV® (Polar Electro OY, Kempele, Finland). Una interfície Polar Advantage® (Polar Electro OY, Kempele, Finland). Dos Altaveus Sony ENG 203, de potència 75W, alimentats amb 4 piles R-14 de 1,5V cada una, connectats en sèrie a la sortida ES688 Audio

de l'ordinador. Dues cintes mètriques de fibra de vidre de 10 i 25 metres (Kangros®) amb una precisió d'1 cm. Catorze Balises Tecnival, SA de base 30 x 50 cm.

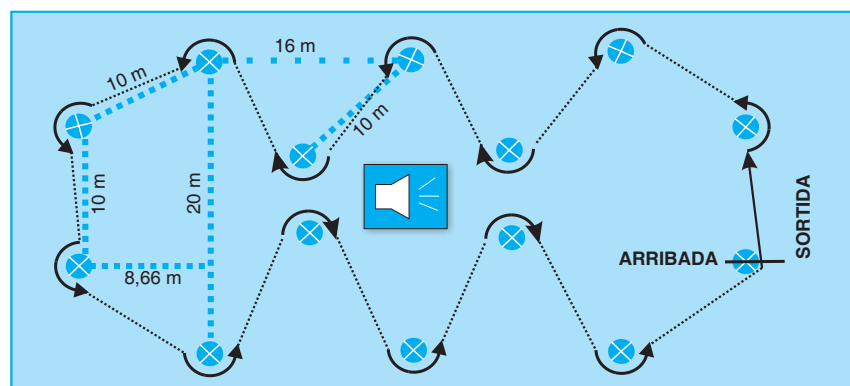
Mètode

Tots els futbolistes van realitzar un escalfament previ a l'inici d'un test triangular progressiu, maximal i a intervals, que és referit a la literatura com a Test de Probst i que permet de calcular tant la velocitat màxima aeròbica com el LAn en futbolistes (Probst, 1989). L'escalfament esmentat era dirigit pel seu preparador físic i es dividia en: escalfament general, estiraments i escalfament pre-partit. Si l'equip no tenia preparador físic l'escalfament era dirigit pel responsable de l'avaluació, i s'hi mantenia la mateixa estructura. Després d'això es procedia a la col·locació del pulsímetre a cada esportista i hom li assignava un número de memòria (Subjecte A → Pulsímetre 3, Memòria 4).

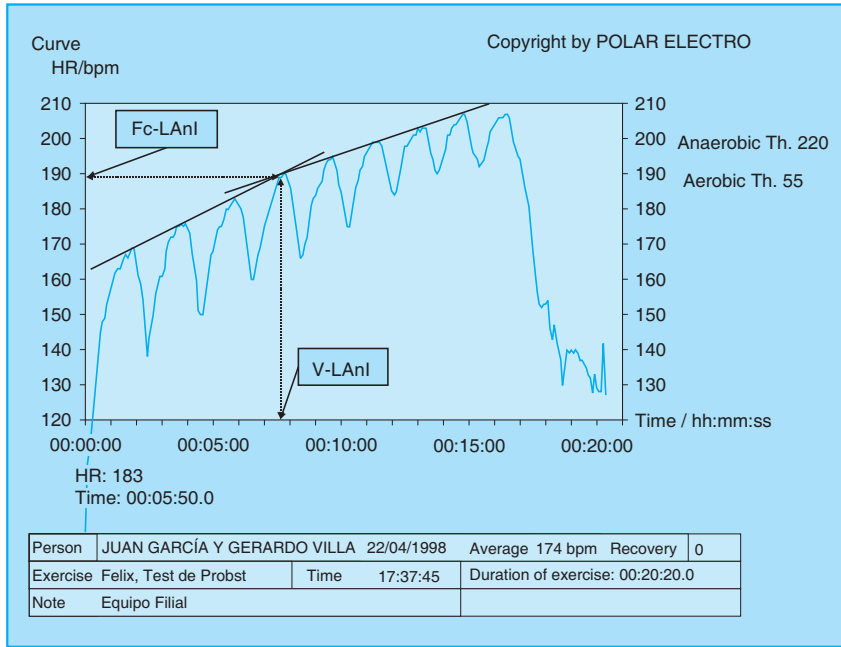
El Test de Probst (1989) consta d'un circuit de 14 balises, situades a una distància de 10 metres entre cadascuna, tot descrivint un recorregut sinuós (*figura 1*). El fut-

■ FIGURA 1.

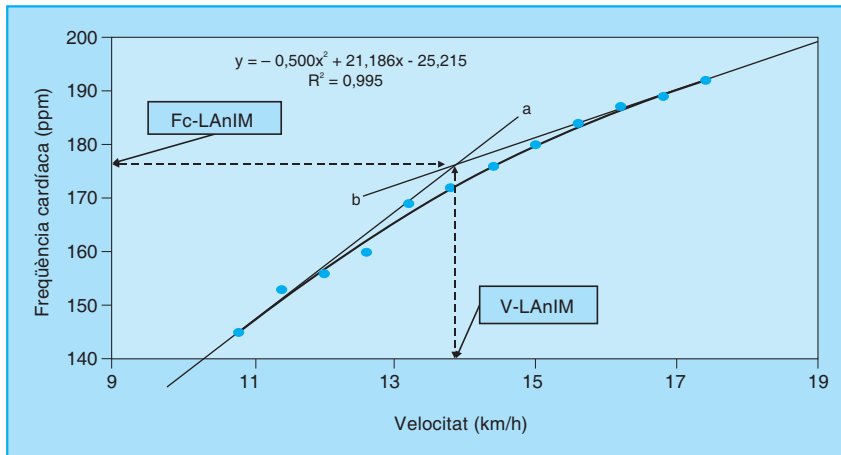
Recorregut del Test de Probst (Probst, 1989).



■ FIGURA 2. Determinació manual del LAn intervàlic (LAnI): velocitat (V-LAnI) i freqüència cardíaca (Fc-LAnI).



■ FIGURA 3. Determinació matemàtica del LAn intervàlic (LAnIM): velocitat (V-LAnIM) i freqüència cardíaca (Fc-LAnIM).



bolista ha de córrer d'una balisa a una altra a una velocitat controlada mitjançant senyals acústics (bips) que han de coincidir amb la posició del subjecte al costat de la balisa; es considera que el test ha finalitzat en el moment en què el futbolista no arriba a temps a 2 balises successives. El ritme inicial del test és de 18 "bips" per minut, que correspon a una velocitat de 10,8 km/h, i es va incrementant en 0,6 km/h cada 280 metres (2 voltes al circuit de la

figura 1). El test és discontinu, amb parades de 30 segons en finalitzar cada període (2 voltes o 280 m), i durant les aturades es recuperava de forma passiva, col·locat dret al costat de la balisa de sortida/arribada. Per controlar els ritmes del test es va programar el software TVREF-v1,0 que va ser instal·lat en un ordinador portàtil situat al centre del circuit des d'on s'emeten els "bips" amb l'ajuda de dos amplificadors externs.

Cada subjecte es col·locava en una balisa amb el receptor/monitor "a zero" i el responsable de l'avaluació indicava a tots els subjectes alhora quan havien de connectar el cronòmetre de la memòria; el test començava amb el primer "bip" emès per l'ordinador, i des d'aquell moment s'enregistraven les dades de freqüència cardíaca cada 5 segons. Després de finalitzar el test, tots els subjectes s'aturaven i sortien del circuit caminant, tot deixant encara 5 minuts aproximadament enregistrant abans de retirar el pulsímetre.

La velocitat màxima del test (Vmàx-LAnI) era anotada només finalitzar el test i les dades de cada pulsímetre eren importades mitjançant una interfície a l'ordinador, on s'assignava un codi d'arxiu per a cada subjecte. Posteriorment, es podien determinar les freqüències cardíques màximes i mínimes de cada grau, la freqüència cardíaca màxima del test (FcMàx-LAnI), el percentatge de freqüència màxima teòrica aconseguit (%FcTeòrica) a partir de l'equació $\%FcTeòrica = FcMàx-LAnI \times 100 / (220 - edat)$, i el LAn de dues formes diferenciades:

- LAn intervàlic determinat manualment (LAnI) a partir dels valors de freqüència cardíaca màxima aconseguida en cada grau, traçant dues rectes de manera que cadascuna passés pel major nombre de punts (figura 2). Aquestes dues rectes es tallaven en un punt, la coordenada del qual en ordenades era la freqüència cardíaca en el LAnI (Fc-LAnI), i la coordenada en abscisses era la velocitat en el LAnI (V-LAnI). Per calcular aquesta última es va tenir en compte el temps transcorregut des de la fi del grau anterior, i hom li va assignar proporcionalment el valor de velocitat corresponent a l'increment de 0,6 km/h esdevingut entre els estadis (exemple: Transcorreguts 10 segons, la velocitat seria la del grau anterior més 0,2 km/h). Cal destacar que no sempre era possible determinar el punt d'inflexió esmentat. Les variables obtingudes mitjançant determinació manual (LAnI) van ser: velocitat llindar (V-LAnI), percentatge res-

pecte a la velocitat màxima (% V-LAnI), freqüència cardíaca lliandar (Fc-LAnI) i percentatge respecte a la màxima del test (%FcMàx-LAnI).

- LAn intervàlic determinat matemàticament (LAnIM) segons la metodologia proposada per Tokmakidis i Léger (1992): calculant una funció polinòmica de segon grau amb els valors de freqüència cardíaca màxima a cada grau i la velocitat de desplaçament, traçant dues rectes tangents a la funció que passen pels punts de freqüència cardíaca màxima (*b*) i mínima del test (*a*) s'obtenen els valors de velocitat (V-LAnIM) i freqüència cardíaca (Fc-LAnIM) (figura 3). Es va considerar que no es podia calcular el LAnIM quan els valors pertanyien a un rang de freqüències cardíques o velocitats fora del rang del test. Les variables obtingudes mitjançant determinació matemàtica (LAnIM) van ser: velocitat lliandar (V-LAnIM), percentatge respecte a la velocitat màxima (%V-LAnIM), freqüència cardíaca lliandar (Fc-LAnIM), percentatge respecte a la màxima del test (%FcMàx-LAnIM) i valor d'ajust de la funció expressat com R2 (Ajust-LAnIM).

Tractament gràfic i estadístic dels resultats

El tractament gràfic es va portar a terme en el Full de Càlcul Excel V7.0 i el tractament estadístic en el paquet Statistica V4.5 per a Windows. Els resultats es mostren com a mitjana i error estàndard de la mitjana (EEM). Per a l'estudi de les diferències entre el mètode manual i el matemàtic per determinar el LAn s'ha utilitzat una prova no paramètrica per a dades aparellades (Wilcoxon). En la comparació dels valors obtinguts pels diferents grups de futbolistes s'ha realitzat una anàlisi de la variància (ANOVA), utilitzant el test de Neuman-Keuls. Per al càlcul de les correlacions entre les variables es va utilitzar la prova no paramètrica de Spearman. Els nivells de significació "p" són. n.s. = no significativa o $p > 0,05$; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.

■ **TAULA 2.**
Determinació del LAn manualment i matemàticament.

CATEGORIA	NOMBRE DE SUBJECTES AVALUATS	DETERMINACIÓ DEL LLINDAR MATEMÀTIC		DETERMINACIÓ DEL LLINDAR MANUALMENT	
		NOMBRE DE CASOS NO DETECTATS	%	NOMBRE DE CASOS NO DETECTATS	%
Professional	95	9	9,5	6	5,3
Semiprofessional	36	5	13,9	2	8,3
Amateur	74	7	9,5	3	4,1
Juvenil	26	3	11,5	1	3,8
Totes	231	24	10,4	12	5,2

Nombre de proves realitzades i subjectes avaluats per categoria (professional, semiprofessional, amateur i juvenil). Nombre de casos en els que no va poder detectar-se el LAn expressat en valors absoluts (Núm.) y relatius (%).

Resultats

Sobre un total de 231 futbolistes avaluats no se'n va poder determinar el LAnIM en 24 (10,4%); els percentatges de casos no determinats eren molts similars en les diferents categories de futbol analitzades. Tanmateix, en la determinació manual (LAnI) el nombre de casos no detectats va disminuir, tant en el valor general de totes les categories

(5,2%), com analitzant la conducta de cadascuna (Taula 2).

La Vmàx-LAnI mitjana de tots els futbolistes va ser de 16,2 km/h, cosa que equival a una mitjana de 10,3 estadis completats; els valors mínim i màxim oscil·laven entre 14,0 i 18,8 km/h (6,6 i 14,3 estadis), respectivament (Taula 3). FcMàx-LAnI va ser de 192 ppm, un 96,8% respecte a la freqüència car-

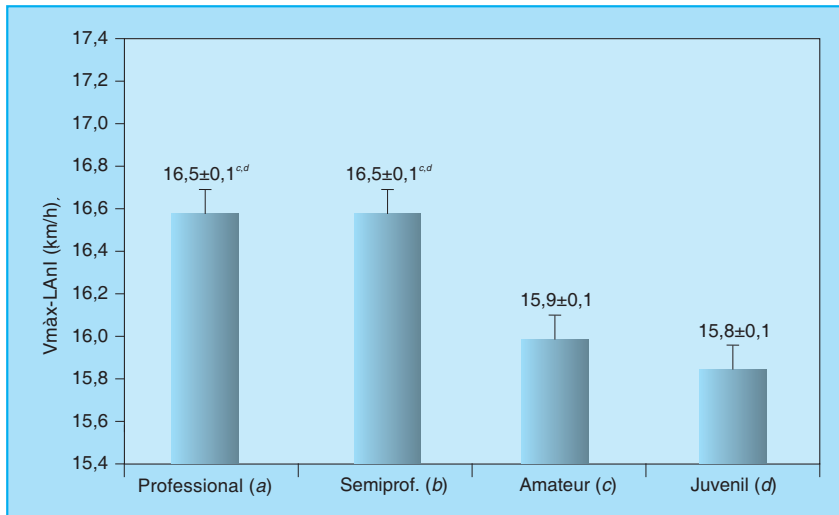
■ **TAULA 3.**
Variables més rellevants obtingudes en el Test de Probst dels 231 futbolistes.

VARIABLES DEL TEST	n	MITJANA ± EEM	RANG
Vmàx-LAnI (km/h)	231	16,2 ± 0,1	14,0-18,8
FcMàx-LAnI (ppm)	231	192 ± 0,6	166-213
%FcTeòrica (%)	231	96,8 ± 0,3	84,7-106,1
V-LAnI (km/h)	219	13,8 ± 0,1	11,8-16,4
%V-LAnI (%)	219	84,7 ± 0,2	72,4-96,0
Fc-LAnI (ppm)	219	182 ± 0,5	160-200
%FcMàx-LAnI (%)	219	95,1 ± 0,1	88,9-99,5
V-LAnIM (Km/h)	207	13,5 ± 0,1	10,8-15,8
%V-LAnIM (%)	207	83,1 ± 0,3	70,7-93,8
Fc-LAnIM (ppm)	207	180 ± 0,7	140-203
%FcMàx-LAnIM (%)	207	93,7 ± 0,2	78,5-99,2
Ajust-LAnIM (R ²)	207	0,98 ± 0,001	0,82-1,00

Nombre de casos analitzats (n). Valors mitjans (mitjana), error estàndard (EEM) i rang (mínims i màxims) de les variables: velocitat i freqüència cardíaca màximes del test (Vmàx-LAnI i FcMàx-LAnI), velocitats lliandar determinat manualment i matemàticament (V-LAnI i V-LAnIM), freqüències cardíques lliandar determinat manualment i matemàticament (Fc-LAnI i Fc-LAnIM), percentatges de freqüència cardíaca respecte de FcMàx-LAnI en el lliandar anaeròbic intervàlic determinat manualment (%FcMàx-LAnIM) i matemàticament (%FcMàx-LAnIM), percentatges de velocitat respecte de Vmàx-LAnI en el lliandar anaeròbic intervàlic determinat manualment (% V-LAnI) i matemàticament (% V-LAnIM), percentatge de FcMàx-LAnI respecte a la màxima teòrica (%FcTeòrica). Ajust de la funció polinòmica freqüència cardíaca-velocitat per determinar el lliandar anaeròbic matemàtic (ajust-LAnIM).

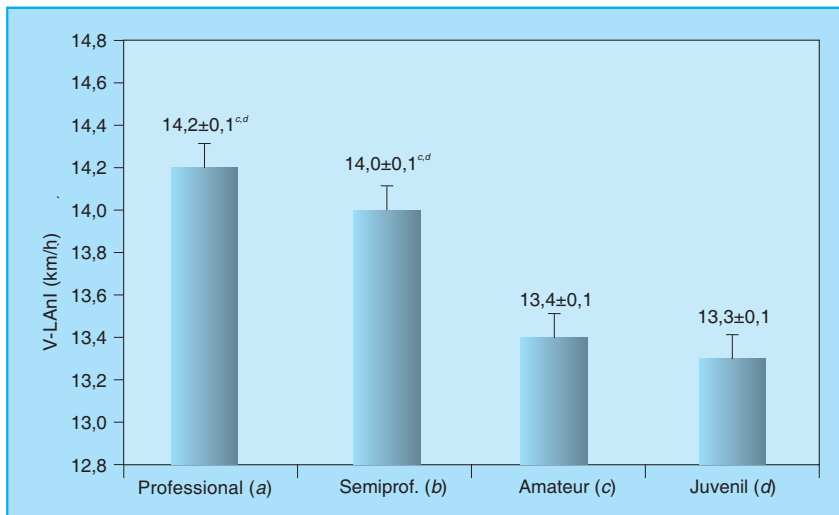
■ FIGURA 4.

Velocitat màxima aconseguida en el test ($V_{\text{màx-LAnI}}$) segons la categoria dels futbolistes. Diferències amb les categories amateur (c) i juvenil (d) ($p < 0,05$).



■ FIGURA 5.

Velocitat llindar aconseguida en el test (V_{LAnI}) segons la categoria dels futbolistes. Diferències amb les categories amateur (c) i juvenil (d) ($p < 0,05$).



díaca màxima teòrica (%F_cTeòrica), amb rangs entre el 84,7 i 106,1 %. V_{LAnI} va ser de 13,8 km/h, que és un 84,7 % del % V_{LAnI} , i destaca que els jugadors de futbol han estat capaços de córrer en el LAn a velocitats entre el 72,4 i el 96 % respecte de la màxima. Aquest valor és inferior al descrit per al %F_c-LAnI, que va ser del 95,1 % (88,9-99,5 %). Els valors de V_{LAnI} són estadísticament més grans que els valors V_{LAnIM} (0,3 km/h i $p < 0,001$), i en conseqüència per a una mateixa velocitat màxima del test, el % V_{LAnI} és estadísticament que el

% V_{LAnIM} (1,6 % i $p < 0,001$). El mateix s'esdevé amb F_c-LAnI i F_c-LAnIM (diferències de 2 ppm i $p < 0,001$), per la qual cosa %F_c-LAnI és més gran que el %F_c-LAnIM, i les diferències es xifren en un 1,4 % ($p < 0,001$).

A la taula 4 es mostra l'anàlisi de les diferències entre les variables registrades després de l'aplicació del test en totes les categories o nivells de pràctica. $V_{\text{màx-LAnI}}$ és 0,6-0,7 km/h més gran en els jugadors professionals i semiprofessionals que no pas en els amateurs i juvenils ($p < 0,001$) (figura 4). La mateixa conducta s'observa

per a V_{LAnI} , i no existeixen diferències significatives entre professionals i semiprofessionals, ni entre amateurs i juvenils, però sí, entre totes dues agrupacions ($p < 0,001$), on les diferències són de 0,6-0,9 km/h (figura 5), algunes d'aquestes més grans que les trobades per a la variable $V_{\text{màx-LAnI}}$. Si tinguéssim en compte la variable V_{LAnIM} solament s'observarien petites diferències significatives entre jugadors professionals i amateurs (0,3 km/h i $p < 0,05$), i no entre la resta de categories, encara que el valor de R^2 va ser de 0,98, oscil·lant entre 0,82 i 1 (taula 3). El % V_{LAnI} obté valors mitjans que oscil·len entre el 84,3% i el 85,5%, segons la categoria analitzada, i no existeixen diferències significatives entre aquestes. El mateix comportament és observat per al % V_{LAnIM} , que tampoc no difereix segons la categoria, però amb valors menors, que oscil·len entre 82,3-84,6%.

F_cMàx-LAnI és similar entre jugadors professionals i semiprofessionals, i més gran en amateurs i juvenils, a causa de les diferents edats d'aquests grups, però en qualsevol cas el %F_cTeòrica s'aproxima en tots ells al valor 100% (entre 96,1% i 98,8 %), la qual cosa indica la 'maximalitat' de l'esforç realitzat. El %F_cMàx-LAnI no mostra diferències entre categories (valors entre 94,5% i 95,4%), i solament el F_cMàx-LAnIM presenta petites diferències entre professionals i juvenils, però no entre la resta de grups. Els valors mitjans de R^2 a les diferents categories són pròxims a "1", majors de $R^2 = 0,979$ (amateurs) i difereix estadísticament de l'ajust en la categoria de professionals ($p < 0,05$).

Respecte a les relacions de més rellevància (Taula 5) es destaca la interdependència entre F_c-LAnI i F_c-LAnIM ($r = 0,79$ i $p < 0,001$), i és sensiblement inferior quan els valors són expressats com a V_{LAnI} i V_{LAnIM} ($r = 0,38$ i $p < 0,001$). També s'observa una dependència entre V_{LAnI} i $V_{\text{màx-LAnI}}$ ($r = 0,70$ i $p < 0,001$) i entre V_{LAnIM} i $V_{\text{màx-LAnI}}$ ($r = 0,64$ i $p < 0,001$). El mateix s'esdevé per a les freqüències cardíaques F_c-LAnI i F_cMàx-LAnI ($r = 0,84$ i $p < 0,001$), la relació de les quals es representa a la figura 6 i per a les freqüències cardíaques F_c-LAnIM i F_cMàx-LAnI ($r = 0,83$ i $p < 0,001$).



Discussió

Detecció de la inflexió en la freqüència cardíaca

Un dels aspectes més criticats del Test de Conconi ha estat la impossibilitat de detectar la inflexió de la freqüència cardíaca en alguns subjectes que eren sotmesos al test d'esforç (López-Calbet i d'altres, 1995). Alguns autors destaquen que el nombre de subjectes en els quals aquest no es pot determinar és elevat (Coen i d'altres, 1988); es xifren percentatges del 25% (Lacour i d'altres, 1988) al 30% (Jones i Doust, 1995) de no deteccions, i argumenten que això no és degut a la reproductibilitat del test, cosa que hom ha pogut observar en un seguit de mesuraments repetits (Bruyn i d'altres, 1991). Les discrepàncies entre els autors han estat àmpliament recopilades (Heck i d'altres, 1985; López-Calbet i d'altres, 1995); es reconeix la dificultat en la determinació del punt d'inflexió, i es fa referència a una sèrie d'estudis on el percentatge de casos en els quals aquesta inflexió no es detecta oscil·la entre l'1% i el 100%. Tanmateix, per a altres autors, el punt d'inflexió de la freqüència cardíaca és fàcil d'obtenir, atès que l'aprecien en un 93,8% dels casos, dels quals el 86% són inflexions i el 7,3% deflexions (Hofmann i d'altres, 1994 i 1997).

En aquest sentit, els resultats del present treball reflecteixen que no es detecta el punt d'inflexió en el 10,4% dels casos quan s'utilitza el model matemàtic, i en el 5,2% d'aquests si s'utilitza el model manual; valors similars als obtinguts pels defensors de la metodologia de Conconi (Conconi i d'altres, 1982 i 1996). Tanmateix, davant les diferències trobades entre el mètode manual i el matemàtic, és possible que la predisposició, per part dels responsables de l'avaluació, a trobar el punt d'inflexió sigui la causa dels menors percentatges de casos no detectats quan s'utilitza el mètode manual.

Utilització del mètode matemàtic per detectar la inflexió de la freqüència cardíaca

Alguns autors destaquen les dificultats objectives que existeixen en la determinació del punt d'inflexió, que poden influir

TAULA 4.

Variables més rellevants obtingudes en el Test de Probst segons la categoria analitzada (professional, semiprofessional, amateur i juvenil).

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

Nombre de casos analitzats (n). Valors mitjans i EEM. Per veure la definició dels termes aneu a la Figura 3. Anàlisi de les diferències entre les mitjanes. Diferències significatives (p < 0,05) amb la categoria: a = professional; b = semiprofessional; c = amateur; d = juvenil.

TAULA 5.

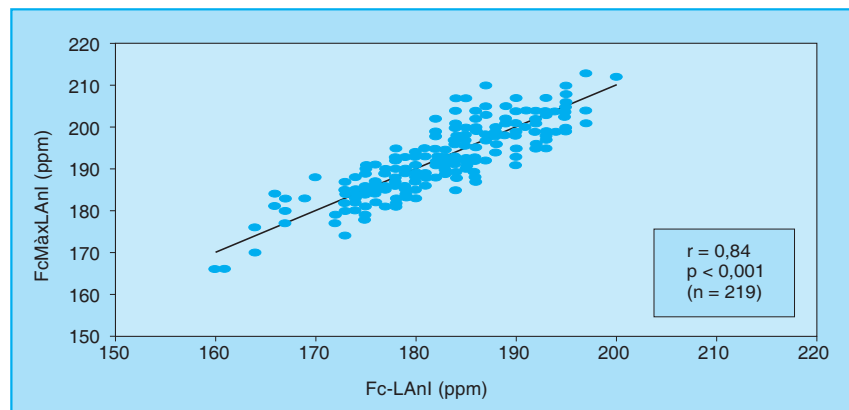
Relacions observades entre les variables registrades en el Test de Probst dels 231 futbolistes.

VARIABLES	1	2	3	4	5	6
1. V-LAnIM						
2. Fc-LAnIM	0,14*					
3. Vmàx-LAnI	0,64***	-0,23***				
4. Fc-LAnI	n.s.	0,79***	-0,19**			
5. V-LAnI	0,38***	-0,50***	0,70***	n.s.		
6. FcMàx-LAnI	n.s.	0,83***	n.s.	0,84***	-0,29***	

Per veure la definició dels termes aneu a la Figura 3. Nivells de significació estadística de les correlacions (p): n.s. = no significativa; * = p < 0,05; ** = p < 0,01; *** = p < 0,001

FIGURA 6.

Relació entre la freqüència cardíaca en el LAn intervàlic (Fc-LAnI) i la freqüència cardíaca màxima del test (FcMàx-LAnI).



en la reproductibilitat del test (Jones i Doust, 1995; Tokmakidis i Léger, 1992). López-Calbet i d'altres (1995) van intentar de solucionar aquest problema utilitzant tres metodologies: a) Determinar el punt d'inflexió amb el software Sport Tester®; b) Suavitzar els registres que no seguien una evolució racional i determinar el punt d'inflexió amb el software Sport Tester®; c) Dissenyar un programa interactiu que reparava els errors i permetia de variar el punt d'inflexió. Els resultats d'aquest estudi van indicar que cap de les tres metodologies va aconseguir d'augmentar la reproductibilitat en el càlcul del punt d'inflexió.

Tokmakidis i Léger, en 1992 defensen que, independentment de la utilització del model matemàtic, existeixen problemes per determinar el punt d'inflexió de la freqüència cardíaca, cosa que ha estat justificada recentment argumentant que s'oposa al model trifàsic de Skinner i MacLellan (1980). El mateix Conconi (1982) recomana menysprear els primers estadis del test, perquè la freqüència cardíaca no augmenta en la mateixa proporció que la càrrega de treball, cosa que sí s'esdevé des del lliandar aeròbic, i és per això que pot utilitzar-se el mateix model matemàtic que Tokmakidis i Léger (1992) i rebutjar els valors anteriors al lliandar aeròbic. Per aconseguir aquesta finalitat s'ha dissenyat un protocol informatitzat que permet d'obtenir valors de lacticèmia en un test progressiu amb estadis d'1 minut de durada sense tenir en compte els registres de freqüència cardíaca obtinguts fins al valor 2 mmol/l (Hofmann i d'altres, 1997).

En el present estudi s'utilitza el model de Tokmakidis i Léger (1992) atès que els valors de freqüència cardíaca en el primer estadi del test són d'unes 160 ppm, molt superiors als presentats per Hoffman i d'altres (1997) en 227 subjectes barons per a càrregues inicials en cicloergòmetre de 40 watts. Igualment, la velocitat de cursa inicial aportada per altres autors és de 8 km/h (López-Calbet i d'altres, 1995), inferior a la del Test de Probst; i la del Test de Conconi (velocitat inicial de 12 km/h) fa referència a una cursa en línia, cosa que suposa una mitjana de freqüència cardíaca

entre 120-125 ppm per als 210 atletes analitzats (Conconi i d'altres, 1982). Tots els estudis citats comencen a intensitats de treball clarament inferiors a la del Test de Probst, i encara que existeixen factors com l'edat, el grau d'entrenament, etc., que influeixen en l'extrapolació d'aquells resultats, es pensa que aquesta afirmació té prou fonament. Tanmateix, en estudis posteriors es pot comprovar amb altres mètodes (ventiladors o metabòlics) si realment els estadis inicials del Test de Probst suposen una càrrega més gran o no en el lliandar aeròbic.

Relació entre les variables determinades en el Test de Probst

Els resultats obtinguts posen en evidència la utilització d'un model matemàtic en la determinació del LAn a intervals, perquè, malgrat les elevades correlacions trobades entre els valors de freqüència cardíaca determinada manualment i matemàticament, les relacions entre les velocitats són força inferiors i presenten diferències significatives. Aquest fet podria estar justificat per la decisió de no modificar el LAn intervàlic determinat matemàticament, i acceptar sempre els valors del model, perquè té una fonamentació teòrica correcta, però sense considerar que no és capaç d'ajustar els valors de velocitat i sí els de freqüència cardíaca.

Les relacions entre la freqüència cardíaca del LAn intervàlic determinada manualment i matemàticament han estat molt intenses, i s'han obtingut a percentatges elevats de la màxima (95,1 i 93,7%, respectivament) que coincideixen amb els d'altres autors (Bunc i d'altres, 1992; López-Calbet i d'altres, 1993; Maffulli i d'altres, 1994). Així, un estudi realitzat en futbolistes professionals espanyols d'edats similars (26 ± 3) mitjançant un test continu, progressiu i maximal en tapís rodador, reflecteix una freqüència cardíaca en el LAn de 176 ± 7 ppm i freqüència cardíaca màxima de 190 ± 4 ppm (92,6%) (Castellano i d'altres, 1996). Els resultats dels futbolistes professionals del nostre estudi (26,9 anys), ofereixen freqüències cardíques màximes i en el lliandar força similars.

Les correlacions entre les velocitats lliandar i màxima del test són elevades ($r = 0,79$ i $p < 0,001$), però és discutible que el LAn aparegui a una velocitat constant del màxim, perquè és lògic pensar que dues variables que defineixen la resistència, com ho són la velocitat màxima aeròbica (Gacón, 1990) i el LAn (López i Legido, 1991), es relacionin. En aquest sentit, per a Bergh i d'altres (2000) és normal que qualsevol activitat que es prolongui durant uns quants minuts tingui alguna cosa a veure amb la resistència, i aquest és el cas de les velocitats al $\dot{V}O_2$ màx, i el LAn. El percentatge de velocitat a la que apareix el LAn respecte a la velocitat màxima és del $84,7 \pm 0,2\%$, molt elevat si es comparen amb els percentatges determinats per mètodes lacticèmics, que obtenen el lliandar entre el 69-79% del $\dot{V}O_2$ màx (Lacour i d'altres, 19886), o ventiladors, que l'han obtingut a un 78 % del $\dot{V}O_2$ màx (Green, 1992). Tanmateix, d'altres autors obtenen percentatges de velocitat en el LAn ventilador amb rangs del 72,3-89,2 % (González i Ainz, 1998), 66-87 % (Ramos i d'altres, 1995) i mitjanes del 80,5% (Bunc i d'altres, 1992). Els resultats d'aquest treball mostren que els percentatges de velocitat a què apareix el LAn intervàlic tenen un rang més ampli (72,4-96,0%) que els percentatges de freqüència cardíaca a què apareix el LAn intervàlic (88,9-99,5%), per la qual cosa possiblement sigui capaç de diferenciar entre futbolistes amb major i menor nivell de condició física. En aquest sentit, el lliandar determinat en futbolistes professionals francesos ofereix rangs entre el 59-80% del $\dot{V}O_2$ màx i el 60-84% de la potència màxima aconseguida (watts) (Medelli i d'altres, 1985).

Sensibilitat del Test de Probst davant de pràctica o categoria competitiva

La dificultat per comparar les variables obtingudes quan es valora de manera aeròbica un futbolista és deguda a l'heterogeneïtat d'ergòmetres utilitzats (bicicleta, tapís), als llocs de realització del test (pista d'atletisme, camp de futbol, laboratori) i als protocols aplicats (càrre-



ga inicial, increments de càrrega, durada de la càrrega); per això, la majoria dels autors es limiten a valorar i discutir sobre valors de $\dot{V}O_2\text{màx}$ i no sobre velocitats màxima aeròbica i lliandar (Bosco, 1991; Castellano i d'altres, 1996; Rico-Sanz, 1997; Weineck, 1997). De la mateixa manera, no tots els estudis han estat capaços de diferenciar entre futbolistes de major i menor nivell, i mentre uns no troben diferències en el $\dot{V}O_2\text{màx}$ en comparar 15 jugadors professionals de la lliga anglesa amb 12 jugadors amateurs (Withers i d'altres, 1977), estudis més amplis que comparen 20 estudiants d'educació física, 21 jugadors professionals de futbol del mateix club, 17 jugadors amateurs del seu equip filial, 20 jugadors d'una Selecció Nacional i 16 jugadors d'una altra Selecció Nacional de menor nivell, sí que troben les diferències esmentades (Chatard i d'altres, 1991); en concret, un estudi amb equips consolidats i acabats d'ascendir de la primera divisió noruega afirma que els valors de $\dot{V}O_2\text{màx}$ són més grans per als primers (67,6 ml/kg/min) respecte dels segons (59,9 ml/kg/min) (Wilsoff i d'altres, 1998). En el present treball s'ha pogut diferenciar entre diversos nivells de pràctica esportiva en futbol. La no existència d'aquestes diferències entre els jugadors professionals i semiprofessionals coincideix amb els estudis realitzats en 51 seleccionats per a representar la Selecció Nacional Grega i 48 jugadors de la primera divisió d'aquest país (Tokmakidis i d'altres, 1992), o amb la comparació entre jugadors reserves i titulars d'un equip professional danès (Bangsbo, 1994), i pot justificar-se perquè el futbolista de 2a divisió B, malgrat no ser catalogat com a professional es dedica exclusivament al futbol, o fins i tot pot haver competit en categories superiors (1a i 2a divisió).

Conclusions

El protocol intervàlic de Probst programat en el software TVREF-v1.0 permet de realitzar un test de camp específic, que es mostra sensible al grau de professionalització i de pràctica dels futbolistes.

Les característiques de la mostra estudiada permetran d'establir dades de referència per a les categories juvenil, amateur, semiprofessional i professional del futbol espanyol.

L'anàlisi de la freqüència cardíaca durant el test ha permès, en més d'un 89% dels casos, identificar un punt d'inflexió que podria correspondre's amb el lliandar anaeròbic.

Les crítiques al test de Conconi són extensibles al Test de Probst, però no sembla que les velocitats i freqüències cardíques apareguin a zones d'esforç constants.

Agraiments

Els autors agraeixen a la Junta de Castella i Lleó (Conselleria d'Educació i Cultura) que hagi finançat el projecte d'investigació titulat "Disseny, validació i difusió d'un test per a la valoració específica de la resistència aeròbica i la capacitat de recuperació en esports col·lectius: futbol i bàsquet", i a la Universitat de Lleó que hagi finançat el projecte titulat "Validació i estudi de la capacitat de recuperació en un test discontinu per avaluar la resistència aeròbica en esports col·lectius (futbol i bàsquet) i individuals (ciclisme)". El software TVREF-v1.0 es pot adquirir gratuïtament a través de la conselleria esmentada o posant-se en contacte amb l'adreça de correu electrònic inejgl@unileon.es

Bibliografia

- Astrand, P. O. i Rodahl, K.: *Fisiología del trabajo físico*, Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana, 1985.
- Baiocchi, G.: "Test atletici e tecnici per conoscere le possibilità atletico fisiche e il grado di preparazione raggiunti nel gioco del calcio", *Boy Sport* 3, p. 2-4, 1986.
- Bangsbo, J.: "The physiology of soccer. With special reference to intense intermittent exercise", *Acta Physiol. Scand.* 5, (S619), p. 111-155, 1994.
- : "Yo-yo tests of practical endurance and recovery for soccer", *Performance conditioning for soccer*, 9 (2), p. 8, 1996.
- Bergh, U.; Ekblom, B. i Astrand, P. O.: "Maximal oxygen uptake 'classical' versus 'contemporary' viewpoints", *Med. Sci. Sports Exerc.* 32 (1), p. 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. i Viru, A.: "Influenza della somministrazione orale di creatina monoidrato sulle capacità fisiche valutate in laboratorio e con test da campo", *Medicina dello Sport*, 48 (4), p. 391-397, 1995.
- Brewer, J. i 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. i Tasiaux, M. V.: "Détermination des seuils aérobie et anaérobie chez des triathletes dans leurs disciplines spécifiques", *Medecine du Sport* 3, p. 119-122, 1991.
- Bunc, V.; Heller, J. i Procházka, L.: "Physiological characteristics of elite Czechoslovak footballers", *J. Sports Sci.*, 10 (2), p. 149, 1992.
- Castellano, J.; Urrestrilla, J. i Zubillaga, A.: "Cuantificación del esfuerzo físico del jugador de fútbol en competición", *Training Futbol* 7, p. 27-41, 1996.
- Cazorla, G. i Farhi, A.: "Football: Exigences physiques et physiologiques actuelles", *E.P.S* 273, p. 60-66, 1998.
- Cazorla, G.; Léger, L. i Marini, J. F.: "Les épreuves d'effort en physiologie: épreuves et mesures du potentiel anaérobie et aérobie", *I.N.S.E.P.* 7, p. 82-120, 1984.
- Chatard, J. C.; Belli, A.; Padilla, S.; Duranceau, M.; Candau, R. i Lacour, R.: "La capacité fisica del calciatore", *Rivista di cultura sportiva*, 10 (23), p. 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. i Codeca, L.: "Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners", *J. Appl. Physiol.*, 52 (4), p. 869-873, 1982.
- Conconi, F.; Grazzi, G.; Guglielmini, C.; Borsetto, C.; Ballarin, E.; Mazzoni, G.; Patracchini, M. i Manfredini, F.: "The Conconi test: Methodology after 12 years of application", *Int. J. Sports Med.*, 17 (7), p. 509-519, 1996.
- Franco, L.: "Fisiología del baloncesto", *Archivos de Medicina del Deporte*, 15 (68), p. 471-477, 1998.
- Gacon, G.: "L'endurance et ses faux synonymes: capacité aérobie, $\dot{V}O_2\text{màx}$, Puissance maximale aérobie, vitesse maximale aérobie", *E.P.S.*, 40 (222), p. 37-41, 1990.

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