

Prova de camp específica de valoració de la resistència en tennis: resposta cardíaca i efectivitat tècnica en jugadors de competició*

ERNEST BAIGET**

Universitat de Vic, Facultat d'Educació,
Departament d'Expressions Artístiques, Motricitat Humana i Esports

XAVIER IGLESIAS

INEFC Barcelona, adscrit a la Universitat de Barcelona,
Departament de Rendiment Esportiu

FERRAN A. RODRÍGUEZ

INEFC Barcelona, adscrit a la Universitat de Barcelona,
Departament de Salut i Ciències Aplicades

Correspondència amb autors

** ernest.baiget@uvic.cat

Resum

Malgrat que la resistència específica del jugador té una influència directa sobre el rendiment en el tennis, un esport intermitent de llarga durada, les proves utilitzades per valorar-la no solen incloure tasques motrius properes a situacions de joc reals i poden ser considerades de baixa especificitat. L'objectiu d'aquest estudi és desenvolupar una prova de camp de valoració de la resistència específica en tennis (*Specific Endurance Tennis Test, SET-Test*), analitzant el comportament de la freqüència cardíaca (FC) i de paràmetres d'efectivitat tècnica (ET), per tal d'esbrinar una possible relació entre ambdós paràmetres i d'aquests amb el rendiment esportiu en jugadors de competició. Van participar set tennistes masculins, als quals els va ser administrada una prova triangular, progressiva, contínua i d'intensitat màxima conduïda per una màquina llançapilotes, durant la qual es va registrar la FC i, al mateix temps, paràmetres objectius d'ET (precisió i potència) mitjançant el càlcul de percentatge d'encerts i errors. S'observa un punt de deflexió de la FC (PDFC) en un 86 % dels subjectes estudiats, previ o coincident amb una disminució de l'ET (punt de deflexió de l'eficiència tècnica, PDET). Aquests dos punts mesurats de forma simultània al llarg de la prova es mostren relacionats amb el rendiment competitiu dels jugadors estudiats. Es conclou que la prova proposada sembla un mètode específic i vàlid per avaluar la resistència específica i la condició aeròbica en tennistes, tot i que calen més estudis per tal de confirmar les hipòtesis plantejades i la validesa externa de la prova.

Paraules clau

Tennis, Valoració funcional, Proves de camp, Deflexió de la freqüència cardíaca, Efectivitat tècnica.

Abstract

A specific field test for the assessment of endurance in tennis players: heart rate response and technical efficiency in competitive players

Even if specific endurance has a direct influence on tennis performance, an intermittent sport of long duration, physiological tests do not usually include motor tasks similar to real play and can be considered of low specificity. The aim of the present study was to develop a field test for the assessment of specific tennis endurance (Specific Endurance Tennis Test, SET-Test), based on the analysis of heart rate (HR) and technical efficiency parameters (TE), in order to examine a possible relationship between both parameters, and between them and competitive performance. Seven male tennis players were tested using an incremental, continuous, maximal test driven by a ball throwing machine, during which HR and TE parameters (precision and power) were recorded, the last by assessing the percentage of goals and errors. A HR deflection point (HRDP) was observed in 86% of the subjects, previous or coincident with a decrease in technical efficiency (TEDP). These two points measured simultaneously through the incremental test appeared to be related with competitive performance. We conclude that the proposed test appears to be a specific, valid method for the assessment of specific tennis endurance and aerobic fitness in tennis players, although further studies must be undertaken in order to confirm these hypotheses, as well as the external validity of the test.

Key words

Tennis, Physiological testing, Field test, Heart rate deflection point, Technical efficiency.

* Treball presentat en part al 'III Congreso de la Sociedad Española de Medicina de la Educación Física y el Deporte, II Congreso Internacional ISMA y Jornadas Nacionales FEDAMEFIDE' (Tarragona, 2003), guardonat amb el Premi L'Aliança.

Introducció

Per tal de mantenir un adequat nivell de rendiment al llarg d'una temporada, el jugador necessita assolir i mantenir nivells adequats de resistència específica durant tot el període competitiu. Tot i que el tennis és un joc de naturalesa intermitent, el component aeròbic és molt elevat, perquè els fosfats d'alta energia utilitzats durant la disputa dels punts són resintetitzats majoritàriament mitjançant els processos oxidatius que tenen lloc als períodes de recuperació entre punts (Thermnarias *et al.*, 1991; Groppe *et al.*, 1992; Chandler *et al.*, 1995; König *et al.*, 2001; Smekal *et al.*, 2001.). Aquests processos aeròbics musculars determinen la capacitat i la velocitat de recuperació entre esforços. Per tant, una condició aeròbica adequada permetrà de mantenir un alt nivell de despesa energètica durant els punts i una millor recuperació durant les pauses, cosa que es traduirà en un millor rendiment competitiu. És important que les proves de valoració de la resistència siguin aplicables, vàlides, fiables i específiques, i alhora que formin part del pla d'entrenament i es planifiquin en funció dels resultats (Rodríguez, 1999; Muller *et al.*, 2000).

Tradicionalment, la valoració funcional de la re-

sistència en tennis s'ha realitzat mitjançant diferents proves (*taula 1*) que no respecten diversos principis d'especificitat en la valoració. En concret, una prova específica hauria de complir els requisits següents: *a*) els desplaçaments haurien de ser curts, acíclics, amb canvis de sentit i direcció i amb acceleracions i desaceleracions contínues, en contrast amb els dels desplaçaments llargs, cíclics i d'intensitat constant utilitzats convencionalment; *b*) els moviments haurien d'incloure la participació dels músculs del tren superior, amb accions de colpejament, igual com moviments del tren inferior amb angles i velocitat de contracció específics; *c*) els components tècnic i de precisió haurien d'estar integrats en la prova, diversament a les proves convencionals que només donen una informació de caràcter condicional, i *d*) des del punt de vista metabòlic, hauria de valorar els components aeròbics i anaeròbics de la resistència. (*Taula 1*)

Smekal *et al.* (2001) proposen per primer cop una prova de camp específica de resistència realitzada a la mateixa pista de tennis i fan una comparació entre la resposta metabòlica i cardiorespiratòria entre el test de camp específic i un test de laboratori. Les seves conclusions són que les demandes metabòliques, ven-

Referència	Prova
Federació Alemanya de Tennis, 1979; Federació Txeca de Tennis (Höhm 1982, en Aparicio, 1998).	Temps de cursa en 1.000 m (homes), 800 m (dones)
Birrer <i>et al.</i> , 1986.; Filipcic, 2000.	Temps de cursa en 2.000 m
Birrer <i>et al.</i> , 1986.	Distància recorreguda en 30 minuts
Kibler <i>et al.</i> , 1988.	"Sharkey step test" (prova de l'esglaó)
Federació Francesa de Tennis 1989 (en Aparicio, 1998).	Prova de Cooper (distància recorreguda en 12 minuts)
Equip Nacional de Qatar (Aparicio, 1998)	Temps de cursa en 1.500 metres
Roetert <i>et al.</i> , 1995.	Temps de cursa en 1,5 milles
USTA, United States Tennis Association (Roetert i Ellenbecker, 1998, en Sanchís, 2000)	Temps de cursa en 440 iardes
USTA, United States Tennis Association (Roetert <i>et al.</i> , 2000)	Temps de cursa en 2.400 m
Solanellas i Rodríguez 1991; Solanellas 1995; Le Deuff, 2003	Prova de Léger i Mercier ("Course Navette")
Isnidarsi <i>et al.</i> , 2005.	Temps de cursa en una milla

Taula 1

Proves de resistència inespecífiques utilitzades convencionalment en tennis.

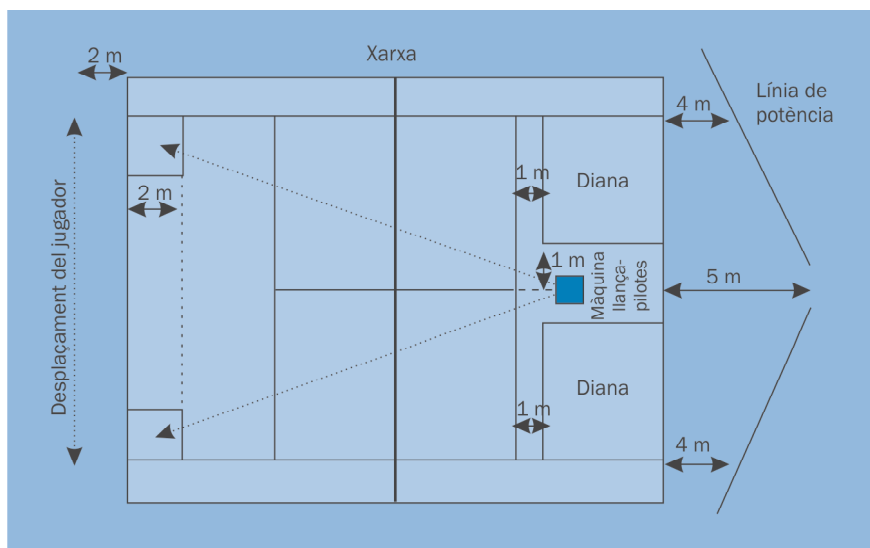


Figura 1

Esquema il·lustratiu de la prova específica de valoració de la resistència en tennis. Protocol de la prova dins el text (SET-Test).

tilatòries i cardiorespiratòries durant la prova de camp proposada són significativament diferents a les d'una prova de laboratori progressiva en cinta rodant convencional.

En conseqüència, el nostre estudi té com a objectiu el desenvolupament d'una prova de camp de valoració de la resistència específica en tennis i l'anàlisi simultània del comportament de la freqüència cardíaca (FC) i de paràmetres d'efectivitat tècnica (ET), per tal d'esbrinar una possible relació entre ambdós paràmetres, i d'aquests amb el rendiment esportiu en jugadors de competició.

Material i mètodes

Subjectes

Set tennistes masculins (edat mitjana $17,7 \pm$ desviació estàndard $1,1$ anys; talla $181,6 \pm 4,3$ cm; pes $71,1 \pm 4,0$ kg) van participar de forma voluntària en aquest estudi després de donar el seu consentiment informat segons els principis de la Declaració d'Hèlsinki. Tots ells eren tennistes de nivell competitiu homogeni mitjà-alt ($540,2 \pm 393,9$ Classificació Nacional de la *Real Federación Española de Tenis*). En el moment de l'estudi realitzaven de quatre a sis hores d'entrenament diari i participaven en competicions nacionals i internacionals.

Prova específica de valoració de la resistència (Specific Endurance Tennis Test, SET-Test)

S'ha utilitzat una dinàmica i paràmetres de referència adaptats de la prova proposada per Smekal *et*

al. (2000), introduint-hi variants temporals i de càrrega. Es tracta d'una prova progressiva, triangular, esglaonada i d'intensitat màxima, conduïda per una màquina llançapilotes. Durant la prova es va registrar la FC de forma contínua mitjançant un cardio-tacòmetre, i de forma simultània, es va realitzar una valoració objectiva de l'ET mitjançant el càlcul de les freqüències relatives (percentatges) d'encerts-errrors. En el període inicial de la prova la freqüència de llançament de les pilotes (FLL_p) fou de 12 tirs per minut, que s'anava incrementant en 2 tirs \cdot min⁻¹ per períodes de 2 minuts, fins que el jugador era incapaç de mantenir el ritme imposat per la màquina llançapilotes.

Els registres de FC es van emmagatzemar a intervals de 5 segons a la memòria del cardio-tacòmetre. Durant la prova també es va realitzar una avaluació objectiva de l'ET mitjançant l'anotació dels percentatges d'encerts-errrors, es va avaluar tant la precisió com la potència dels cops mitjançant zones marcades a la pista (*figura 1*).

Protocol de la prova

La figura 1 és un esquema il·lustratiu de la disposició de la pista i de la dinàmica espacial de prova de valoració. Els jugadors realitzaven cops d'esquerra a dreta de la pista (dreta-revés) tot desplaçant-se en sentit lateral i intentaven enviar la pilota dins la zona marcada (diana). La màquina llançapilotes era calibrada abans de cada sessió de forma que: 1) la freqüència de llançament

fos l'establerta en el protocol de la prova, i 2) les pilotes llançades botessin a la zona de 2x2 m a cadascun dels vèrtexs de la pista. Les pilotes colpejades pels jugadors havien de sobrepassar una ratlla situada a 2 m de la línia de fons (*línia de potència*).

Els cops dels jugadors es van avaluar com a encerts o errors en funció dels criteris de precisió i de potència següents:

- *Criteri de precisió*: la pilota enviada pel jugador havia de botar en la zona marcada o diana (quadrat que se situa a 1 m de la línia de servei i 1 m sobre la prolongació de la línia central de servei).
- *Criteri de potència*: una vegada la pilota havia botat dins la diana, havia de sobrepassar la línia de potència (línia situada des de 5 m del centre de pista fins a 4 m des de la línia lateral) abans de fer el segon bot.

Per tal que un cop es considerés com un encert havia de complir tots dos requisits (de precisió i de potència). La prova finalitzava quan el jugador no podia colpejar dues pilotes seguides o bé quan, a criteri de l'entrenador, el tennista no respectava una mínima correcció a nivell tècnic en els seus cops. Quan un jugador finalitzava la prova se'n registrava el temps i el període final (freqüència final de llançament).

Els jugadors de la mostra no van participar en cap competició, prova o entrenament d'alta exigència en les 48 hores prèvies a la prova. Totes les proves van anar precedides d'un escalfament estàndard consistent en tres fases: 1) escalfament general (10 min): cursa contínua, diferents tipus de desplaçament, acceleracions i moviments tren superior i exercicis de mobilitat articular; 2) escalfament específic en pista (5 min): piloteig en pista; i 3) familiarització amb el desenvolupament de la prova (3 min). Els subjectes van rebre instruccions d'arribar al màxim esforç i se'ls va animar durant la prova.

Material i instal·lacions

Es van utilitzar 150 pilotes de tennis (Roland Garros, França) impulsades per una màquina llançapilotes (Pop-Lob Airmatic 104, França). La màquina era calibrada manualment mitjançant un cronòmetre, de forma que la FLL_p tingués una variabilitat màxima de $\pm 0,4$ pilotes per minut.

La FC es va mesurar i registrar amb un rellotge cardiotacòmetre Polar S610 (Polar Electro, Finlàndia) amb la banda d'elèctrodes aplicada al tòrax del jugador. El temps de cada període i de durada de la prova es va registrar amb un cronòmetre Casio HS-1000 (Casio, Japó). Com a sistemes complementaris es van utilitzar una interfície Polar IR Interface (Polar Electro, Finlàndia) i el *software* "Polar Precision Performance" compatible amb entorn Windows.

La valoració d'ET va ser realitzada i registrada en temps real per un investigador experimentat, tècnic de la Federació Catalana de Tennis.

Les proves es van fer sobre una pista de tennis reglamentària de superfície "Green - Set", prèviament marcada amb cinta adhesiva blanca i cons (figura 1).

Definició de variables

Paràmetres de càrrega

- *Període* assolit durant la prova (núm.), amb una precisió de $\pm 0,5$ períodes, que equival a haver assolit almenys un minut dins el període corresponent.
- *Durada* total de la prova (min:s).

Paràmetres fisiològics

- *Freqüència cardíaca (FC)* ($\text{bat} \cdot \text{min}^{-1}$) com a indicador de la intensitat de l'esforç.
- *Punt de deflexió de freqüència cardíaca (PDFC)* ($\text{bat} \cdot \text{min}^{-1}$), intensitat a la qual cessa la linealitat de la relació càrrega-FC en una prova progressiva (Conconi *et al.*, 1982; Bodner i Rhodes, 2000). Per calcular-lo es va utilitzar el mètode d'anàlisi de regressió lineal iteratiu, més objectiu que el mètode d'inspecció visual utilitzat convencionalment (Bodner i Rhodes, 2000). Es basa en el càlcul del coeficient de determinació (r^2) per cada conjunt de valors de FC cada 30 s comptats des de l'inici de la prova (figura 3). L'interval de temps en què es dona el valor màxim, a partir del qual el valor disminueix, és el triat com a PDFC (figures 2 i 3).

Paràmetres tècnics

- *Efectivitat tècnica (ET)* (% d'encerts) valorada com a freqüència relativa dels encerts-errors comesos en funció dels criteris de potència i precisió dels cops.
- *Punt de disminució d'efectivitat tècnica (PDET)* (núm. de període i temps). Un cop obtinguts els

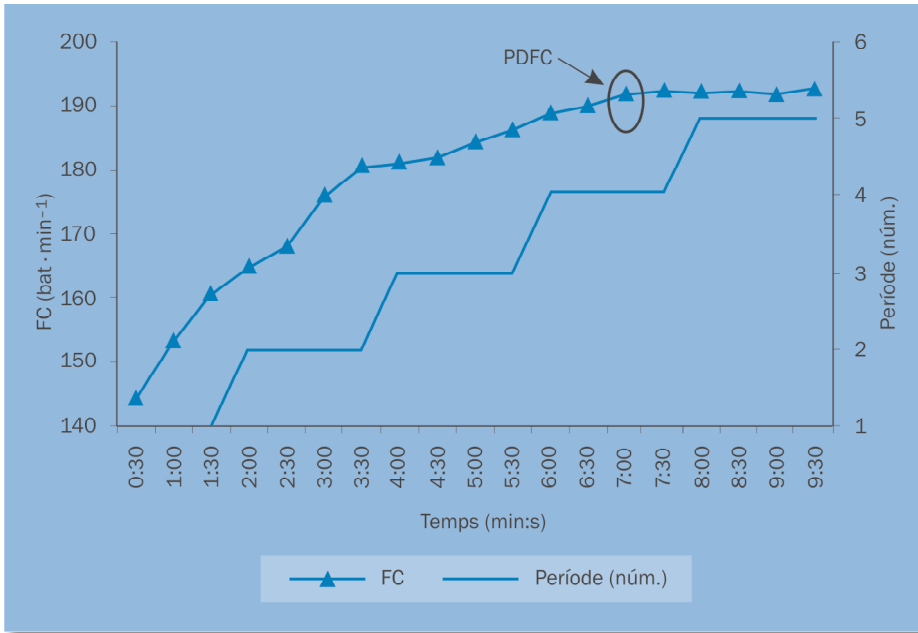


Figura 2

Evolució de la FC mitjana cada 30 segons en funció del temps i amb representació dels períodes de càrrega durant la prova en un dels subjectes. S'hi indica el punt de deflexió de freqüència cardíaca.

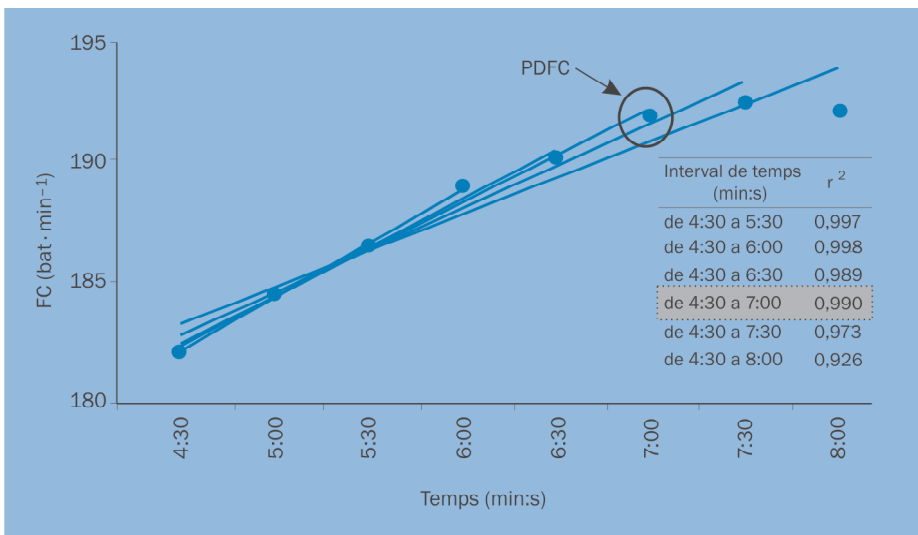


Figura 3

Anàlisi de regressió iterativa per determinar el PDFC en un subjecte. S'hi indiquen els intervals de temps i els coeficients de determinació (r^2) calculats en base a les FC mitjanes cada 30 segons.

percentatges d'encerts i errors totals i per esglaó, es determina el punt a partir del qual els subjectes disminueixen la seva ET. Es va utilitzar com a criteri de punt d'inflexió l'últim valor d'ET a partir del qual el subjecte està per sota de la seva mitjana d'efectivitat tècnica (mitjana aritmètica dels valors durant tota la prova) i ja no torna a superar aquest valor mitjà (taula 2).

Nivell competitiu dels jugadors

- *Classificació nacional* (núm. ordinal) de la *Real Federación Española de Tenis* (RFET).

Anàlisi estadística

L'anàlisi descriptiva inclou el càlcul de la mitja aritmètica (\bar{x}), la desviació estàndard (s) i els valors màxim i mínim per a cada variable. Per a l'anàlisi de les correlacions entre parells de variables es va utilitzar la prova de correlació lineal de Pearson (r). Per determinar el PDFC es va calcular de forma iterativa el coeficient de determinació de Pearson (r^2) segons s'ha explicat abans. El nivell de significació de les proves es va predeterminar per un interval de confiança $p < 0,05$. El tractament estadístic es va efectuar mitjançant el paquet estadístic SPSS 13.0 per a Windows.

Període	Temps (min:s)	Encerts (nombre)	Errors (nombre)	Cops (nombre)	FLL _p (tirs·min ⁻¹)	ET (% encerts)	FC (bat·min ⁻¹)
1	00:30	3	3	6	12	50,0	144,4
	01:00	4	2	6		66,7	153,4
	01:30	4	2	6	12	66,7	160,7
	02:00	3	3	6		50,0	165
2	02:30	4	3	7	14	57,1	168,1
	03:00	5	2	7		71,4	176,1
	03:30	3	4	7	14	42,9	180,6
	04:00	4	3	7		57,1	181,3
3	04:30	5	3	8	16	62,5	182
	05:00	5	3	8		62,5	184,4
	05:30	6	2	8	16	75,0	186,4
	06:00	5	3	8		62,5	188,9
4	06:30	6	3	9	18	66,7	190,1
	07:00	6	3	9		PDET	PDFC
	07:30	5	4	9	18	55,6	192,4
	08:00	3	6	9		33,3	192,1
5	08:30	5	5	10	20	50,0	192,4
	09:00	4	6	10		40,0	191,9
	09:30	2	5	7	20	28,6	192,7
Total	09:10	82	65	147	20	56,1	56,1

FLL_p = Freqüència de llançament de pilotes; ET = Efectivitat tècnica; FC = Freqüència cardíaca; PDET= Punt de deflexió d'efectivitat tècnica; PDFC = Punt de deflexió de la freqüència cardíaca

Taula 2

Exemple dels resultats d'efectivitat tècnica (ET) en un subjecte. S'hi indiquen el punt de disminució d'efectivitat tècnica (PDET) i el punt de deflexió de la freqüència cardíaca (PDFC).

Resultats

A la *taula 3* es presenten les dades descriptives dels paràmetres màxims de càrrega (durada i número de període), dels paràmetres fisiològics (FC_{max}) i dels paràmetres d'ET (número total de cops i percentatge d'encerts). Els resultats obtinguts en els paràmetres de càrrega mostren l'homogeneïtat de la mostra estudiada. S'observa una major dispersió en els valors d'efectivitat tècnica,

tot i que tots els jugadors aconsegueixen arribar al 50 % d'encerts. La mitjana de FC_{max} obtinguda correspon al $95,0 \pm 4,5$ % (90,1 a 98,5%) de la freqüència cardíaca màxima teòrica individual estimada en funció de l'edat (FC_{max} teòrica = 220 - edat).

A la *taula 4* es mostren les dades descriptives dels paràmetres relatius al punt de deflexió de la freqüència cardíaca (PDFC) i al punt de disminució d'efectivitat

	Durada (min:s)	Període (núm.)	FC _{max} (bat·min ⁻¹)	Cops (nombre)	ET (% encerts)
$\bar{x} \pm s$	08:40 ± 00:26	5,0 ± 0,5	192,1 ± 9,3	135,6 ± 10,8	58,2 ± 5,3
(min - max)	(08:00 - 09:15)	(4,0 - 5,5)	(181 - 205)	(118 - 149)	(49,9 - 65,5)

FCmax = Freqüència cardíaca màxima; ET = Efectivitat tècnica

Taula 3

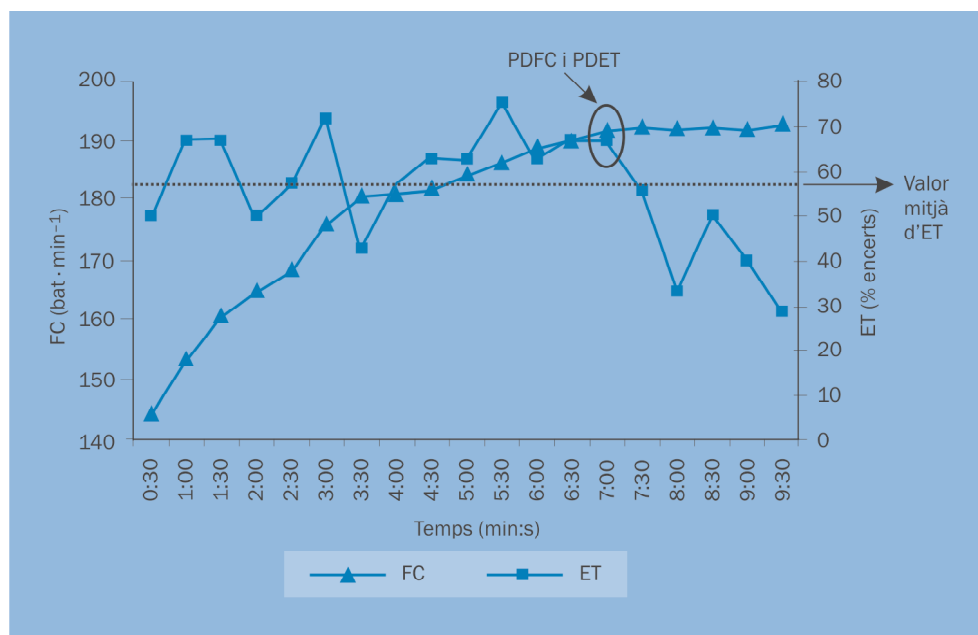
Dades descriptives dels paràmetres màxims de càrrega (durada i període màxim) i freqüència cardíaca, igual com d'efectivitat tècnica aconseguits en les proves (n=7).

	FC (bat·min ⁻¹)	PDFC		PDET	
		Temps (min:s)	Període (núm.)	Temps (min:s)	Període (núm.)
$\bar{x} \pm s$	189,1 ± 7,7	07:04 ± 00:32	3,8 ± 0,4	07:26 ± 00:53	4,3 ± 0,5
(min - max)	(178,8 - 194,0)	(06:00 - 07:30)	(3,0 - 4,0)	(05:30 - 08:30)	(4,0 - 5,0)

PDFC = Punt de deflexió de freqüència cardíaca; PDET = Punt de disminució d'efectivitat tècnica

Taula 4

Dades descriptives dels paràmetres relatius al punt de deflexió de la freqüència cardíaca (PDFC) i al punt de disminució d'efectivitat tècnica (PDET).

**Figura 4**

Relació entre freqüència cardíaca (FC) i efectivitat tècnica (ET) en un subjecte durant la prova. S'hi indica el punt de deflexió de la freqüència cardíaca (PDFC) i el punt de disminució d'efectivitat tècnica (PDET) determinat en funció del valor mitjà d'ET.

tècnica (PDET). El PDFC es va poder detectar en 6 dels 7 subjectes (86% de la mostra). El PDET es va observar en la totalitat dels subjectes.

Es va trobar una relació significativa entre el PDFC i el PDET ($r = 0,855$, $p < 0,05$), i van coincidir en el temps en 4 dels 7 subjectes estudiats (57% de la mostra) (figura 4). La diferència mitjana entre els moments

en què s'observaren els dos paràmetres en el conjunt de la mostra va ser de 34 ± 24 . Conseqüentment, les dades indiquen que, en la mostra estudiada, a partir del moment en que es produeix la pèrdua de linealitat de la FC (PDFC) es produeix també un descens de l'ET dels jugadors (PDET), ambdós punts coincideixen en més de la meitat dels jugadors.

Taula 5

Coefficients de correlació lineal (r) entre el nivell competitiu dels subjectes (classificació nacional RFET) i les diverses variables mesurades ($n=7$).

	Càrrega màxima (temps)	PDFC (temps)	ET (% encerts)	PDET (temps)
Nivell competitiu	0,663	0,820*	0,837*	0813*

* Correlació significativa ($p<0,05$); PDFC = Punt de deflexió de freqüència cardíaca; ET = Efectivitat tècnica; PDET = Punt de disminució d'efectivitat tècnica.

A la *taula 5* es mostra la relació entre els paràmetres estudiats i el nivell competitiu dels jugadors, avaluat segons la Classificació Nacional (RFET). Es van trobar correlacions estadísticament significatives entre aquest i els paràmetres fisiològics (PDFC, $r = 0,82$) i tècnics (ET, $r = 0,84$; PDET, $r = 0,81$). Aquesta relació indica que com més alt és el nivell competitiu dels jugadors, tant el punt de deflexió de la freqüència cardíaca com el punt de disminució de l'efectivitat tècnica es produeixen en càrregues superiors. El mateix esdevé amb l'ET, en què els jugadors amb millor classificació van obtenir un millor percentatge d'encerts. D'altra banda, no es va observar cap relació entre els paràmetres de càrrega màxima (durada de la prova) amb el nivell competitiu, de forma que els millors jugadors no van resistir més temps fins arribar a l'esgotament en l'execució de la prova.

Discussió

Els resultats indiquen que la prova proposada és un mètode vàlid i específic de valoració de la resistència en tennistes. A més, es mostra com un instrument sensible per detectar el punt de deflexió de la freqüència cardíaca en la gran majoria dels casos, i que aquest paràmetre fisiològic sembla ser un punt d'inflexió a partir del qual es produeix una disminució de l'eficiència tècnica dels jugadors. Aquests dos paràmetres (PDFC i PDET), mesurats conjuntament amb l'efectivitat tècnica global, s'han mostrat com a bons indicadors del nivell competitiu (rendiment) dels jugadors estudiats.

Pel que fa al disseny de la prova de valoració, s'ha adaptat una prova que fos vàlida des del punt de vista funcional (màxima, progressiva i de durada relativament llarga), fàcil d'administrar amb un material mínim (pista de tennis, màquina llançapilotes, material de senyalització i cardiotacòmetres), i que involucrés el tipus de càrrega específica en tennis (desplaçaments i colpejaments). Amb l'objectiu d'obtenir informació sobre la resistència dels jugadors es va seleccionar com a paràmetre fisiològic durant l'esforç la FC per la seva demostrada relació

amb la càrrega interna i per ser fàcilment enregistrable de manera no invasiva. En el protocol de la prova es va determinar una dinàmica espacial i temporal basada en la prova proposada per Smekal *et al.* (2000), afegint-hi la determinació d'un paràmetre fisiològic (PDFC), que permet l'aplicació a la valoració de tennistes dels treballs realitzats per Conconi *et al.* des del 1982, en què van proposar un mètode no invasiu per estimar el líndar anaeròbic (LIAn) en atletes. Protocols progressius semblants han estat utilitzats en diferents esports, com ara rem, natació, ciclisme i patinatge (Conconi *et al.*, 1996), però mai no han estat adaptats per a jugadors de tennis. Igual que succeeix en esports cíclics tancats, en el tennis, esport acíclic, obert i situacional, també es confirma l'observació del mateix fenomen en el decurs d'una prova progressiva màxima, és a dir, l'aparició d'un punt de deflexió de la FC en la majoria (86 %) dels subjectes estudiats. A més a més, els resultats indiquen que els tennistes millor classificats presenten el PDFC a una càrrega més elevada, cosa que suggereix que aquest paràmetre fisiològic és un indicador del nivell competitiu i per tant que avala la validesa externa de la prova. En els estudis realitzats per Conconi, la velocitat a la qual es perd la linealitat entre la velocitat de cursa i la FC s'anomena velocitat de deflexió (Vd), i es va trobar una relació significativa entre la Vd i el LIAn. El fenomen de la deflexió de la FC es produiria atès que quan es realitza un treball per sobre del LIAn augmentaria més la intensitat de la càrrega que no pas la FC (Pendergast *et al.*, 1979, en Conconi 1982). El concepte de PDFC és, però, controvertit, perquè alguns individus exhibeixen una resposta totalment lineal entre FC i intensitat de càrrega (Jones i Doust, 1995). No obstant això, aquests problemes en la detecció del PDFC poden derivar d'aspectes de caire metodològic, atès que els increments de la càrrega no haurien de provocar un augment superior a 8 bat \cdot min⁻¹ per període de càrrega i que es necessiten de 15 a 30 segons perquè es produeixi una adaptació cardiovascular a la nova intensitat de l'esforç (Bodner i Rhodes, 2000). En aquest estudi s'han tingut en compte aquests dos aspectes, i s'han utilitzat com a paràmetres

d'intensitat de l'esforç la FLL_p i el temps, a diferència de l'estudi de Conconi on només s'utilitza la velocitat de desplaçament.

Els resultats també indiquen que la prova té un alt grau de validesa interna pel que fa a l'avaluació de la resistència en jugadors de tennis. D'una banda, tant el nombre de cops realitzats ($135 \pm 10,8$) com la durada total de la prova ($08:40 \pm 00:26$) indiquen que es tracta d'un protocol que imposa nivells elevats de càrrega externa i induïx nivells de càrrega interna suficients com per avaluar la resistència de mitjana durada. D'altra banda, les elevades FC_{max} registrades ($192,1 \pm 9,3$ bat \cdot min $^{-1}$), corresponents al $95,0 \pm 4,5$ de la FC_{max} teòrica individual, indiquen l'assoliment d'intensitats d'esforç vàlides per a un protocol progressiu d'intensitat màxima i, per tant, que la prova imposa demandes cardiorespiratòries i metabòliques característiques de les proves de valoració de la potència aeròbica màxima. Aquests valors de FC_{max} són gairebé idèntics als obtinguts per Smekal *et al.* (2000) ($192,0 \pm 9,0$ bat \cdot min $^{-1}$), els quals arriben a conclusions similars sobre la maximalitat de la prova.

Pel que fa al comportament dels paràmetres tècnics, hem pogut observar que l'eficiència tècnica es mostra oscil·lant al llarg de la prova, amb augments i descensos discontinus; no obstant això, es demostra que s'arriba a un punt a partir del qual l'efectivitat ja no torna a augmentar i es manté fins al final de la prova per sota de la mitjana d'encerts totals de cada subjecte. Aquest punt l'hem denominat *punt de disminució d'efectivitat tècnica* (PDET). A més, hem observat que existeix una relació significativament elevada ($r = 0,855$, $p < 0,05$) entre el PDET i el PDFC, i que aquests dos punts coincideixen en el temps en el 57 % dels casos, la qual cosa indica que els jugadors que assoleixen el PDFC en una càrrega més elevada experimentaran el PDET més tard. Resulta lògic pensar que la tendència a disminuir l'ET a partir del PDFC sigui deguda al fet que el jugador entra en un estat de fatiga metabòlica i nerviosa que s'acompanya d'una afectació de la coordinació motora i, conseqüentment, de l'ET. Per a investigacions posteriors, creiem que seria interessant de conèixer si aquest fenomen es relaciona també, com postulen Conconi i altres autors, amb la coincidència entre el PDFC i el LIAn. També cal tenir en compte que el PDET es produeix en els últims períodes de la prova, en què la fatiga afecta al funcionament de les habilitats de raqueta i es manifesta per un pobre joc de posició que condueix a una disminució en la precisió dels cops (Lees, 2003).

Resulta interessant l'observació d'una relació signifi-

cativa ($r = 0,837$, $p < 0,05$) entre el nivell d'ET, valorat com a percentatge d'encerts totals, i el nivell competitiu dels tennistes. En aquesta mateixa línia, altres autors també han observat que l'efectivitat dels cops sembla ser un molt bon predictor del nivell competitiu dels jugadors (Groppe i Roetert, 1992; Birrer *et al.*, 1986; Vergauwen *et al.*, 1997; Smekal *et al.* 2000). Pel que fa a les càrregues màximes assolides, tot i que els tennistes d'alta competició tenen una major capacitat aeròbica que jugadors de nivell competitiu inferior (König *et al.*, 2000; Solanellas i Rodríguez 1991, 1996; Solanellas 1995), igual que als estudis de Solanellas i Rodríguez, s'ha trobat una baixa relació entre la durada màxima de la prova i el nivell competitiu ($r = 0,663$). En jugadors de bàdminton d'elit (Chin *et al.*, 1995) també es va trobar una correlació feble ($r = 0,65$, $p < 0,05$), cosa que els autors atribueixen al fet que en la prova específica que proposen no es tenen en comte factors tàctics ni psicològics. Al contrari, en jugadors d'esquai (Steininger *et al.*, 1987) sí s'ha trobat una correlació elevada entre aquests dos paràmetres ($r = 0,90$, $p < 0,001$).

En relació a l'aplicabilitat de la prova específica, cal destacar el notable grau de predisposició, acceptació i motivació mostrada pels tennistes. Possiblement això sigui degut al fet que l'avaluació es realitza en condicions similars a les de la competició i comprèn una valoració del component tècnic i de precisió. Els tècnics esportius dels tennistes avaluats també s'han mostrat especialment implicats i interessats en les valoracions efectuades.

El nostre estudi té com a limitació més important el nombre reduït de subjectes participants, i, fins a un cert punt, la seva elevada homogeneïtat. Així, considerem necessari realitzar altres estudis per explorar amb un grau més alt de fiabilitat les hipòtesis plantejades, igual com per obtenir dades en poblacions més nombroses i heterogènies que permetin establir la validesa externa de la prova proposada.

Conclusions

Els resultats obtinguts indiquen que la prova proposada és un mètode específic i vàlid per avaluar la resistència específica i la condició aeròbica en tennistes. En la majoria dels subjectes valorats, s'ha observat un punt de deflexió de la freqüència cardíaca (PDFC), a partir del qual es produeix una disminució de la seva efectivitat tècnica, que hem denominat *punt de disminució d'efectivitat tècnica* (PDET). Aquests dos paràmetres, mesurats conjuntament amb l'ET s'han mostrat com a bons in-

dicadors del nivell competitiu dels tennistes. Calen més estudis amb mostres més grans per tal d'explorar millor les hipòtesis plantejades i contrastar la validesa externa de la prova.

Agraïments

Els autors agraeixen la col·laboració inestimable dels jugadors i tècnics del Grup de Competició de la Federació Catalana de Tennis de Cornellà.

Bibliografia

- Aparicio, J. (1998). *Preparación física en el tenis*. Madrid: Gymnos.
- Baiget, E. i Rodríguez, F. A. (2003). Aplicación de un test de campo específico de valoración de la resistencia en tenis; análisis entre frecuencia cardíaca y efectividad técnica en jugadores de competición. *III Congreso de la Sociedad Española de Medicina de la Educación Física y el Deporte, II Congreso Internacional ISMA*.
- Birrer, R. B.; Levine, R.; Gallippi, L. i Tischler, H. (1986). The correlation of performance variables in preadolescent tennis players. *J Sports Med Phys Fitness* (26), 137-9.
- Bodner, M. E. i Rhodes, E. C. (2000). A review of the concept of the heart rate deflection point. *Sports Med* (30), 31-46.
- Chandler, T.J. (1995). Exercise training for tennis. *Clin Sports Med* (14), 33-46.
- Chin, M. K.; Wong, A. S.; So, R. C.; Siu, O. T.; Steininger, K. i Lo, D. T. (1995). Sport specific fitness testing of elite badminton players. *Br J Sports Med* (29), 153-7.
- Conconi, F.; Ferrari, M.; Ziglio, P. G.; Droghetti, P. i Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol* (52), 869-73.
- Conconi, F.; Grazi, G.; Casoni, I.; Guglielmini, C.; Borsetto, C.; Ballarin, E.; Mazzoni, G.; Patracchini, M. i Manfredini, F. (1996). The Conconi test: methodology after 12 years of application. *Int J Sports Med* (17), 509-19.
- Federació Alemanya de Tennis (1979). *El tenis. Escuela de campeones*. Barcelona: Hispano Europea.
- Filipic, A. (2000). La fiabilidad y validez de los test motrices en el tenis. *ITF Coaching & sport science review* (20), 14-15.
- Groppel, J. L. i Roetert, E. P. (1992). Applied physiology of tennis. *Sports Med* (14), 260-8.
- Isnidarsi, E. M. i Gonçalves, A. C. (2005). Battery of Test for Prediction and Evaluation of Tennis Players. *ITF Coaching*.
- Jones, A. M. i Doust, J. H. (1995). Lack of reliability in Conconi's heart rate deflection point. *Int J Sports Med* (16), 541-4.
- Kibler, W. B., McQueen, C. i Uhl, T. (1988). Fitness evaluations and fitness findings in competitive junior tennis players. *Clin Sports Med* (7), 403-16.
- Konig, D.; Huonker, M.; Schmid, A.; Halle, M.; Berg, A. i Keul, J. (2001). Cardiovascular, metabolic, and hormonal parameters in professional tennis players. *Med Sci Sports Exerc* (33), 654-8.
- Le Deuff, H. (2003). *El entrenamiento físico del jugador de tenis*. Barcelona: Paidotribo.
- Lees, A. (2003). Science and the major racket sports: a review. *J Sports Sci* (21), 707-32.
- Muller, E.; Benko, U.; Raschner, C. i Schwameder, H. (2000). Specific fitness training and testing in competitive sports. *Med Sci Sports Exerc* (32), 216-20.
- Roetert, P. i Ellenbecker, T. (2000). *Preparación física completa para el tenis*. Madrid: Tutor.
- Rodríguez F. A. (1999). Bases metodológicas de la valoración funcional. Ergometría. Dins: J. J. González Iturri i J. A. Villegas (coord.), *Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales*. Monografías FEMEDE nº 6. Pamplona: Federación Española de Medicina del Deporte.
- Roetert, E. P.; Piorkowski, P. A.; Woods, R. B. i Brown, S. W. (1995). Establishing percentiles for junior tennis players based on physical fitness testing results. *Clin Sports Med* (1), 1-21.
- Sanchis, J.; Dorado, C. i López, J. A. (2000). La evaluación de la condición física en el tenis. *Revista de Entrenamiento Deportivo* (14), 27-39.
- Smekal, G.; Pokan, R.; von Duvillard, S. P.; Baron, R.; Tschan, H. i Bachl, N. (2000). Comparison of laboratory and "on-court" endurance testing in tennis. *Int J Sports Med* (21), 242-9.
- Solanellas, F. (1995). Valoració funcional de tennistes de diferents categories. Tesis doctoral. *Universitat de Barcelona. INEFC*.
- Solanellas, F. i Rodríguez, F. A. (1991). Physiological, kinanthropometric and attentional profile of tennis players. Abstract. Dins: Proceedings II IOC World Congress on Sport Sciences. International Olympic Committee. Barcelona: COOB'92; pp. 265-266.
- (1996) Multidisciplinary evaluation and performance prediction of tennis players of different age and sex categories. Book of Abstracts, First Annual Congress of the European College of Sport Science. Nice, France, pp. 345-349.
- Steininger, K. i Wodick, R. E. (1987). Sports-specific fitness testing in squash. *Br J Sports Med* (21), 23-6.
- Therminarias, A., Dansou, P., Chirpaz-Oddou, M. F., Gharib, C. i Quirion, A. (1991). Hormonal and metabolic changes during a strenuous tennis match. Effect of ageing. *Int J Sports Med* (12), 10-6.