

Prueba de campo específica de valoración de la resistencia en tenis: respuesta cardiaca y efectividad técnica en jugadores de competición*

ERNEST BAIGET**

Universitat de Vic, Facultad de Educación,
Departamento de Expresiones Artísticas, Motricidad Humana y Deportes

XAVIER IGLESIAS

INEFC Barcelona, adscrito a la Universitat de Barcelona,
Departamento de Rendimiento Deportivo

FERRAN A. RODRÍGUEZ

INEFC Barcelona, adscrito a la Universitat de Barcelona,
Departamento de Salud y Ciencias Aplicadas

Correspondencia con autores

** ernest.baiget@uvic.cat

Resumen

Aunque la resistencia específica del jugador tiene una influencia directa sobre el rendimiento en el tenis, un deporte intermitente de larga duración, las pruebas utilizadas para valorarla no suelen incluir tareas motrices próximas a situaciones de juego reales y pueden ser consideradas de baja especificidad. El objetivo de este estudio es desarrollar una prueba de campo de valoración de la resistencia específica en tenis (*Specific Endurance Tennis Test, SET-Test*), analizando el comportamiento de la frecuencia cardiaca (FC) y de parámetros de efectividad técnica (ET), con el fin de averiguar una posible relación entre ambos parámetros y de éstos con el rendimiento deportivo en jugadores de competición. Participaron siete tenistas masculinos, a los cuales les fue administrada una prueba triangular, progresiva, continua y de intensidad máxima conducida por una máquina lanzapelotas, durante la cual se registró la FC y, al mismo tiempo, parámetros objetivos de ET (precisión y potencia) mediante el cálculo de porcentaje de aciertos y errores. Se observa un punto de deflexión de la FC (PDFC) en un 86% de los sujetos estudiados, previo o coincidente con una disminución de la ET (punto de deflexión de la eficiencia técnica, PDET). Estos dos puntos analizados de forma simultánea a lo largo de la prueba se muestran relacionados con el rendimiento competitivo de los jugadores estudiados. Se concluye que la prueba propuesta puede ser un método específico y válido para evaluar la resistencia específica y la condición aeróbica en tenistas, aunque son necesarios más estudios con el fin de confirmar las hipótesis planteadas y la validez externa de la prueba.

Palabras clave

Tenis, Valoración funcional, Pruebas de campo, Deflexión de la frecuencia cardiaca, Efectividad técnica.

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.

* Trabajo presentado en parte en el '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), galardonado con el Premi L'Aliança.

Introducción

Con el fin de mantener un adecuado nivel de rendimiento a lo largo de una temporada, el jugador necesita alcanzar y mantener niveles adecuados de resistencia específica durante todo el periodo competitivo. Aunque el tenis es un juego de naturaleza intermitente, el componente aeróbico es muy elevado, ya que los fosfatos de alta energía utilizados durante la disputa de los puntos son resintetizados mayoritariamente mediante los procesos oxidativos que tienen lugar en los periodos de recuperación entre puntos (Therminarias *et al.*, 1991; Groppel *et al.*, 1992; Chandler *et al.*, 1995; König *et al.*, 2001; Smekal *et al.*, 2001). Estos procesos aeróbicos musculares determinan la capacidad y la velocidad de recuperación entre esfuerzos. Por lo tanto, una condición aeróbica adecuada permitirá mantener un alto nivel de gasto energético durante los puntos y una mejor recuperación durante las pausas, lo cual se traducirá en un mejor rendimiento competitivo. Es importante que las pruebas de valoración de la resistencia sean aplicables, válidas, fiables y específicas, y a la vez que formen parte del plan de entrenamiento y se planifiquen en función de los resultados (Rodríguez, 1999; Muller *et al.*, 2000).

Tradicionalmente, la valoración funcional de la resis-

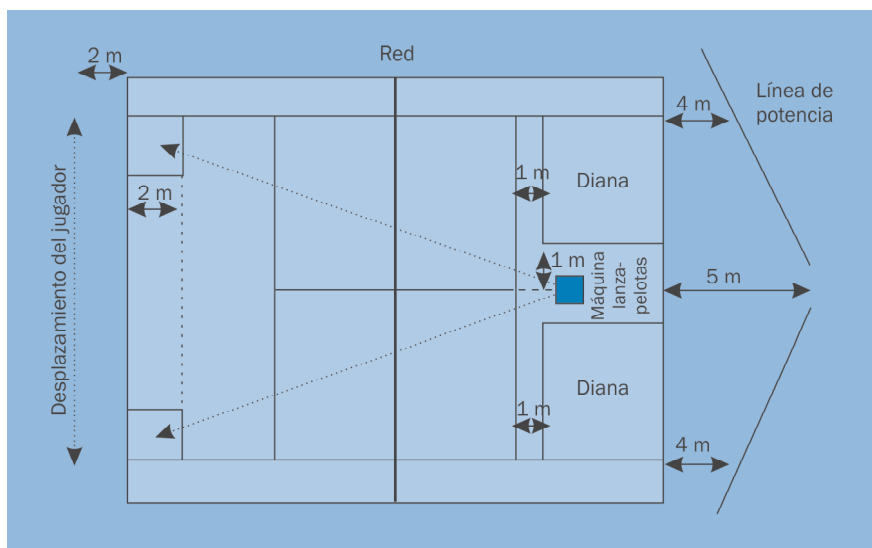
tencia en tenis se ha realizado mediante diferentes pruebas (*tabla 1*) que no respetan diversos principios de especificidad en la valoración. En concreto, una prueba específica tendría que cumplir los siguientes requisitos: *a*) los desplazamientos deberían ser cortos, acíclicos, con cambios de sentido y dirección y con aceleraciones y desaceleraciones continuas, en contraste con los de los desplazamientos largos, cíclicos y de intensidad constante utilizados convencionalmente; *b*) los movimientos tendrían que incluir la participación de los músculos del tren superior, con acciones de golpeo, al igual que movimientos del tren inferior con ángulos y velocidad de contracción específicos; *c*) los componentes técnico y de precisión deberían estar integrados en la prueba, a diferencia de las pruebas convencionales, que sólo dan información de carácter condicional, y *d*) desde el punto de vista metabólico, tendría que valorar los componentes aeróbicos y anaeróbicos de la resistencia. (*Tabla 1*)

Smekal *et al.* (2001) proponen por primera vez una prueba de campo específica de resistencia realizada en la misma pista de tenis y hacen una comparación entre la respuesta metabólica y cardiorrespiratoria entre el test de campo específico y un test de laboratorio. Sus conclusiones son que las demandas metabólicas, ventilatorias y

Referencia	Prueba
Federación Alemana de Tenis, 1979; Federación Checa de Tenis (Höhm 1982, en Aparicio, 1998).	Tiempo de carrera en 1.000 m (hombres), 800 m (mujeres)
Birrer <i>et al.</i> , 1986.; Filipcic, 2000.	Tiempo de carrera en 2.000 m
Birrer <i>et al.</i> , 1986.	Distancia recorrida en 30 minutos
Kibler <i>et al.</i> , 1988.	“Sharkey step test” (prueba del escalón)
Federación Francesa de Tenis 1989 (en Aparicio, 1998).	Prueba de Cooper (distancia recorrida en 12 minutos)
Equipo Nacional de Qatar (Aparicio, 1998)	Tiempo de carrera en 1.500 metros
Roetert <i>et al.</i> , 1995.	Tiempo de carrera en 1,5 millas
USTA, United States Tennis Association (Roetert i Ellenbecker, 1998, en Sanchís, 2000)	Tiempo de carrera en 440 yardas
USTA, United States Tennis Association (Roetert <i>et al.</i> , 2000)	Tiempo de carrera en 2.400 m
Solanellas y Rodríguez 1991; Solanellas 1995; Le Deuff, 2003	Prueba de Léger y Mercier (“Course Navette”)
Isnidarsi <i>et al.</i> , 2005.	Tiempo de carrera en una milla

Tabla 1

Pruebas de resistencia inespecíficas utilizadas convencionalmente en tenis.



◀ **Figura 1**

Esquema ilustrativo de la prueba específica de valoración de la resistencia en tenis. Protocolo de la prueba dentro del texto (SET-Test).

cardiorrespiratorias durante la prueba de campo propuesta son significativamente diferentes a las de una prueba de laboratorio progresiva en cinta rodante convencional.

En consecuencia, nuestro estudio tiene como objetivo el desarrollo de una prueba de campo de valoración de la resistencia específica en tenis y el análisis simultáneo del comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC) y de parámetros de efectividad técnica (ET), con el fin de averiguar una posible relación entre ambos parámetros, y de éstos con el rendimiento deportivo en jugadores de competición.

Material y métodos

Sujetos

Siete tenistas masculinos (edad media: $17,7 \pm$ desviación estándar $1,1$ años; talla: $181,6 \pm 4,3$ cm; peso: $71,1 \pm 4,0$ kg) participaron de forma voluntaria en este estudio después de dar su consentimiento informado según los principios de la Declaración de Helsinki. Todos ellos eran tenistas de nivel competitivo homogéneo medio-alto ($540,2 \pm 393,9$ Clasificación Nacional de la Real Federación Española de Tenis). En el momento del estudio realizaban de cuatro a seis horas de entrenamiento diario y participaban en competiciones nacionales e internacionales.

Prueba específica de valoración de la resistencia (Specific Endurance Tennis Test, SET-Test)

Se ha utilizado una dinámica y parámetros de referencia adaptados de la prueba propuesta por Smekal *et*

al. (2000), introduciendo variantes temporales y de carga. Se trata de una prueba progresiva, triangular, escalonada y de intensidad máxima, conducida por una máquina lanzapelotas. Durante la prueba se registró la FC de forma continua mediante un cardiotacómetro, y de forma simultánea se realizó una valoración objetiva de la ET mediante el cálculo de las frecuencias relativas (porcentajes) de aciertos-errores. En el periodo inicial de la prueba la frecuencia de lanzamiento de las pelotas (FL_p) fue de 12 tiros por minuto, que se iba incrementando en $2 \text{ tiros} \cdot \text{min}^{-1}$ en periodos de 2 minutos, hasta que el jugador era incapaz de mantener el ritmo impuesto por la máquina lanzapelotas.

Los registros de FC se almacenaron a intervalos de 5 segundos en la memoria del cardiotacómetro. Durante la prueba también se realizó una evaluación objetiva de la ET mediante la anotación de los porcentajes de aciertos-errores; se evaluó tanto la precisión como la potencia de los golpes mediante zonas marcadas en la pista (*figura 1*).

Protocolo de la prueba

La figura 1 es un esquema ilustrativo de la disposición de la pista y de la dinámica espacial de prueba de valoración. Los jugadores realizaban golpes de izquierda a derecha de la pista (derecha-revés) desplazándose en sentido lateral e intentaban enviar la pelota dentro de la zona marcada (diana). La máquina lanzapelotas era calibrada antes de cada sesión de forma que: 1) la frecuencia de lanzamiento fuera la establecida en el protocolo de la prueba, y 2) las pelotas lanzadas botaran en la zona

de 2x2 m a cada uno de los vértices de la pista. Las pelotas golpeadas por los jugadores tenían que sobrepasar una raya situada a 2 m de la línea de fondo (*línea de potencia*).

Los golpes de los jugadores se evaluaron como aciertos o errores en función de los criterios de precisión y de potencia siguientes:

- *Criterio de precisión*: la pelota enviada por el jugador tenía que botar en la zona marcada o diana (cuadrado que se sitúa a 1 m de la línea de servicio y 1 m sobre la prolongación de la línea central de servicio).
- *Criterio de potencia*: una vez la pelota había botado dentro de la diana, tenía que sobrepasar la línea de potencia (línea situada desde 5 m del centro de pista hasta 4 m desde la línea lateral) antes de realizar el segundo bote.

Para que un golpe se considerara como acierto debía cumplir los dos requisitos (de precisión y de potencia). La prueba finalizaba cuando el jugador no podía golpear dos pelotas seguidas o bien cuando, a criterio del entrenador, el tenista no respetaba una mínima corrección a nivel técnico en sus golpes. Cuando un jugador finalizaba la prueba se registraba el tiempo y el periodo final (frecuencia final de lanzamiento).

Los jugadores de la muestra no participaron en ninguna competición, prueba o entrenamiento de alta exigencia en las 48 horas previas a la prueba. Todas las pruebas fueron precedidas de un calentamiento estándar consistente en tres fases: 1) calentamiento general (10 min): carrera continua, diferentes tipos de desplazamiento, aceleraciones y movimientos tren superior y ejercicios de movilidad articular; 2) calentamiento específico en pista (5 min): peloteo en pista, y 3) familiarización con el desarrollo de la prueba (3 min). Los sujetos recibieron instrucciones de llegar al máximo esfuerzo y se les animó durante la prueba.

Material e instalaciones

Se utilizaron 150 pelotas de tenis (Roland Garros, Francia) impulsadas por una máquina lanzapelotas (Pop-Lob Airmatic 104, Francia). La máquina era calibrada manualmente mediante un cronómetro, de forma que la FL_p tuviera una variabilidad máxima de $\pm 0,4$ pelotas por minuto.

La FC se midió y registró con un reloj cardiotacóme-

tro Polar S610 (Polar Electro, Finlandia) con la banda de electrodos aplicada al tórax del jugador. El tiempo de cada periodo y de duración de la prueba se registró con un cronómetro Casio HS-1000 (Casio, Japón). Como sistemas complementarios se utilizaron una interfaz Polar IR Interface (Polar Electro, Finlandia) y el *software* "Polar Precision Performance" compatible con entorno Windows.

La valoración de ET fue realizada y registrada en tiempo real por un investigador experimentado, técnico de la Federación Catalana de Tenis.

Las pruebas se hicieron sobre una pista de tenis reglamentaria de superficie "Green-Set", previamente marcada con cinta adhesiva blanca y conos (figura 1).

Definición de variables

Parámetros de carga

- *Periodo* alcanzado durante la prueba (núm.), con una precisión de $\pm 0,5$ periodos, que equivale a haber alcanzado al menos un minuto dentro del periodo correspondiente.
- *Duración* total de la prueba (min:s).

Parámetros fisiológicos

- *Frecuencia cardiaca (FC)* ($\text{lat} \cdot \text{min}^{-1}$) como indicador de la intensidad del esfuerzo.
- *Punto de deflexión de frecuencia cardiaca (PDFC)* ($\text{lat} \cdot \text{min}^{-1}$): intensidad en la cual cesa la linealidad de la relación carga-FC en una prueba progresiva (Conconi *et al.*, 1982; Bodner y Rhodes, 2000). Para calcularlo se utilizó el método de análisis de regresión lineal iterativo, más objetivo que el método de inspección visual utilizado convencionalmente (Bodner y Rhodes, 2000). Se basa en el cálculo del coeficiente de determinación (r^2) por cada conjunto de valores de FC cada 30 s contados desde el inicio de la prueba (figura 3). El intervalo de tiempo en que se da el valor máximo, a partir del cual el valor disminuye, es el escogido como PDFC (figuras 2 y 3).

Parámetros técnicos

- *Efectividad técnica (ET)* (% de aciertos) valorada como frecuencia relativa de los aciertos-errores cometidos en función de los criterios de potencia y precisión de los golpes.
- *Punto de disminución de efectividad técnica (PDET)* (núm. de periodo y tiempo). Una vez ob-

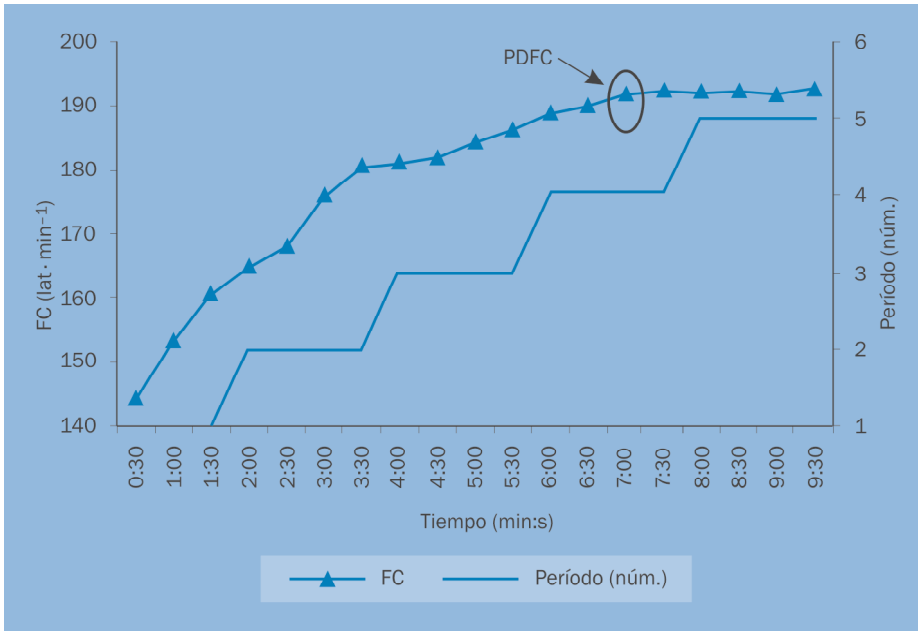


Figura 2

Evolución de la FC media cada 30 segundos en función del tiempo y con representación de los periodos de carga durante la prueba en uno de los sujetos. Se indica el punto de deflexión de frecuencia cardíaca.

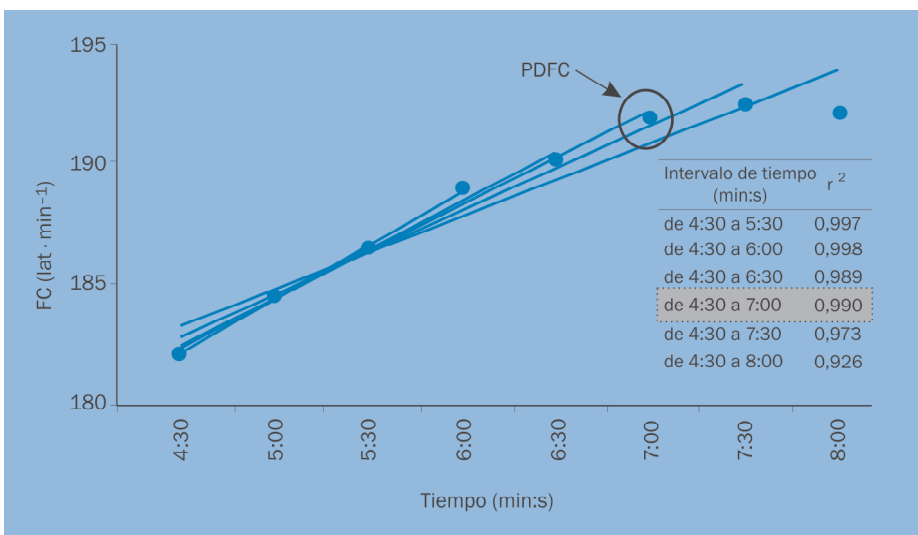


Figura 3

Análisis de regresión iterativa para determinar el PDFC en un sujeto. Se indican los intervalos de tiempo y los coeficientes de determinación (r²) calculados en base a las FC medias cada 30 segundos.

tenidos los porcentajes de aciertos y errores totales y por periodos, se determina el punto a partir del cual los sujetos disminuyen su ET. Se utilizó como criterio de punto de inflexión el último valor de ET a partir del cual el sujeto está por debajo de su media de efectividad técnica (media aritmética de los valores durante toda la prueba) y ya no vuelve a superar este valor medio (tabla 2).

Nivel competitivo de los jugadores

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

Análisis estadístico

El análisis descriptivo incluye el cálculo de la media aritmética (\bar{x}), la desviación estándar (s) y los valores máximo y mínimo para cada variable. Para el análisis de las correlaciones entre pares de variables se utilizó la prueba de correlación lineal de Pearson (r). Para determinar el PDFC se calculó de forma iterativa el coeficiente de determinación de Pearson (r^2) según se ha explicado antes. El nivel de significación de las pruebas se predeterminó por un intervalo de confianza $p < 0,05$. El tratamiento estadístico se efectuó mediante el paquete estadístico SPSS 13.0 para Windows.

Período	Tiempo (min:s)	Aciertos (núm.)	Errores (núm.)	Golpes (núm.)	FL _p (tiros·min ⁻¹)	ET (% aciertos)	FC (lat·min ⁻¹)
1	00:30	3	3	6	12	50,0	144,4
	01:00	4	2	6		66,7	
	01:30	4	2	6	12	66,7	160,7
	02:00	3	3	6		50,0	
2	02:30	4	3	7	14	57,1	168,1
	03:00	5	2	7		71,4	
	03:30	3	4	7	14	42,9	180,6
	04:00	4	3	7		57,1	
3	04:30	5	3	8	16	62,5	182
	05:00	5	3	8		62,5	
	05:30	6	2	8	16	75,0	186,4
	06:00	5	3	8		62,5	
4	06:30	6	3	9	18	66,7	190,1
	07:00	6	3	9		66,7	
	07:30	5	4	9	18	55,6	192,4
	08:00	3	6	9		33,3	
5	08:30	5	5	10	20	50,0	192,4
	09:00	4	6	10		40,0	
	09:30	2	5	7	20	28,6	192,7
Total	09:10	82	65	147	20	56,1	56,1

FL_p = Frecuencia de lanzamiento de pelotas; ET = Efectividad técnica; FC = Frecuencia cardiaca; PDET= Punto de deflexión de efectividad técnica; PDFC = Punto de deflexión de la frecuencia cardiaca

Tabla 2

Ejemplo de los resultados de efectividad técnica (ET) en un sujeto. Se indican el punto de disminución de efectividad técnica (PDET) y el punto de deflexión de la frecuencia cardiaca (PDFC).

Resultados

En la *tabla 3* se presentan los datos descriptivos de los parámetros máximos de carga (duración y número de periodo), de los parámetros fisiológicos (FC_{max}) y de los parámetros de ET (número total de veces y porcentaje de aciertos). Los resultados obtenidos en los parámetros de carga muestran la homogeneidad de la muestra estudiada. Se observa una mayor dispersión en los valores

de efectividad técnica, aunque todos los jugadores consiguen llegar al 50 % de aciertos. La media de FC_{max} obtenida corresponde al $95,0 \pm 4,5\%$ (90,1 a 98,5%) de la frecuencia cardiaca máxima teórica individual estimada en función de la edad (FC_{max} teórica = 220 - edad).

En la *tabla 4* se muestran los datos descriptivos de los parámetros relativos al punto de deflexión de la frecuencia cardiaca (PDFC) y al punto de disminución de

	Duración (min:s)	Período (núm.)	FC _{max} (lat·min ⁻¹)	Golpes (núm.)	ET (% aciertos)
$\bar{x} \pm s$	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 = Frecuencia cardiaca máxima; ET = Efectividad técnica

Tabla 3

Datos descriptivos de los parámetros máximos de carga (duración y periodo máximo) y frecuencia cardiaca, al igual que de efectividad técnica conseguidos en las pruebas (n=7).

	FC (lat·min ⁻¹)	PDFC		PDET	
		Tiempo (min:s)	Período (núm.)	Tiempo (min:s)	Período (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 = Punto de deflexión de frecuencia cardiaca; PDET = Punto de disminución de efectividad técnica

Tabla 4

Datos descriptivos de los parámetros relativos al punto de deflexión de la frecuencia cardiaca (PDFC) y al punto de disminución de efectividad técnica (PDET).

**Figura 4**

Relación entre frecuencia cardiaca (FC) y efectividad técnica (ET) en un sujeto durante la prueba. Se indica el punto de deflexión de la frecuencia cardiaca (PDFC) y el punto de disminución de efectividad técnica (PDET) determinado en función del valor medio de ET.

efectividad técnica (PDET). El PDFC se pudo detectar en 6 de los 7 sujetos (86% de la muestra). El PDET se observó en la totalidad de los sujetos.

Se halló una relación significativa entre el PDFC y el PDET ($r = 0,855$, $p < 0,05$), y coincidieron en el tiempo en 4 de los 7 sujetos estudiados (57% de la muestra) (figura 4). La diferencia media entre los momentos en que se

observaron los dos parámetros en el conjunto de la muestra fue de $34 \text{ s} \pm 24$. Consecuentemente, los datos indican que en la muestra estudiada a partir del momento en que se produce la pérdida de linealidad de la FC (PDFC) se produce también un descenso de la ET de los jugadores (PDET), ambos puntos coinciden en más de la mitad de los jugadores.

Tabla 5

Coefficientes de correlación lineal (r) entre el nivel competitivo de los sujetos (clasificación nacional RFET) y las diversas variables medidas ($n=7$).

	Carga máxima (tiempo)	PDFC (tiempo)	ET (% aciertos)	PDET (tiempo)
Nivel competitivo	0,663	0,820*	0,837*	0813*

* Correlación significativa ($p < 0,05$);
PDFC = Punto de deflexión de frecuencia cardíaca; ET = Efectividad técnica; PDET = Punto de disminución de efectividad técnica.

En la *tabla 5* se muestra la relación entre los parámetros estudiados y el nivel competitivo de los jugadores, evaluado según la Clasificación Nacional (RFET). Se hallaron correlaciones estadísticamente significativas entre éste y los parámetros fisiológicos (PDFC, $r = 0,82$) y técnicos (ET, $r = 0,84$; PDET, $r = 0,81$). Esta relación indica que cuanto más alto es el nivel competitivo de los jugadores, tanto el punto de deflexión de la frecuencia cardíaca como el punto de disminución de la efectividad técnica se producen en cargas superiores. Lo mismo ocurre con la ET, en que los jugadores con mejor clasificación obtuvieron un mejor porcentaje de aciertos. Por otra parte, no se observó ninguna relación entre los parámetros de carga máxima (duración de la prueba) con el nivel competitivo, de forma que los mejores jugadores no resistieron más tiempo hasta llegar al agotamiento en la ejecución de la prueba.

Discusión

Los resultados indican que la prueba propuesta es un método válido y específico de valoración de la resistencia en tenistas. Además, se muestra como un instrumento sensible para detectar el punto de deflexión de la frecuencia cardíaca en la mayoría de los casos, y que este parámetro fisiológico parece ser un punto de inflexión a partir del cual se produce una disminución de la eficiencia técnica de los jugadores. Estos dos parámetros (PDFC y PDET), medidos conjuntamente con la efectividad técnica global, se han mostrado como buenos indicadores del nivel competitivo (rendimiento) de los jugadores estudiados.

Con respecto al diseño de la prueba de valoración, se adaptó una prueba que fuese válida desde el punto de vista funcional (máxima, progresiva y de duración relativamente larga), fácil de administrar con un material mínimo (pista de tenis, máquina lanzapelotas, material de señalización y cardiotaquímetros), y que involucrara el tipo de carga específica en tenis (desplazamientos y golpes). Con el objetivo de obtener información sobre la resistencia de los jugadores se seleccionó como

parámetro fisiológico durante el esfuerzo la FC por su demostrada relación con la carga interna y por ser fácilmente registrable de manera no invasiva. En el protocolo de la prueba se determinó una dinámica espacial y temporal basada en la prueba propuesta por Smekal *et al.* (2000), añadiendo la determinación de un parámetro fisiológico (PDFC), que permite la aplicación a la valoración de tenistas de los trabajos realizados por Conconi *et al.* desde 1982, en que propusieron un método no invasivo para hallar el umbral anaeróbico (UAN) en atletas. Protocolos progresivos parecidos han sido utilizados en diferentes deportes como remo, natación, ciclismo y patinaje (Conconi *et al.*, 1996), pero nunca han sido adaptados para jugadores de tenis. Así como sucede en deportes cíclicos cerrados, en el tenis, deporte acíclico, abierto y situacional, también se confirma la observación del mismo fenómeno en el transcurso de una prueba progresiva máxima, es decir, la aparición de un punto de deflexión de la FC en la mayoría (86 %) de los sujetos estudiados. Además, los resultados indican que los tenistas mejor clasificados presentan el PDFC a una carga más elevada, cosa que sugiere que este parámetro fisiológico es un indicador del nivel competitivo y por lo tanto avala la validez externa de la prueba. En los estudios realizados por Conconi, la velocidad en la cual se pierde la linealidad entre la velocidad de carrera y la FC se llama velocidad de deflexión (Vd), y se encontró una relación significativa entre la Vd y el UAN. El fenómeno de la deflexión de la FC se produciría dado que cuando se realiza un trabajo por encima del UAN aumentaría más la intensidad de la carga que la FC (Pendergast *et al.*, 1979, en Conconi 1982). El concepto de PDFC es, sin embargo, controvertido, porque algunos individuos exhiben una respuesta totalmente lineal entre FC e intensidad de carga (Jones y Doust, 1995). No obstante, estos problemas en la detección del PDFC pueden derivar de aspectos de cariz metodológico, ya que los incrementos de la carga no tendrían que provocar un aumento superior a $8 \text{ lat} \cdot \text{min}^{-1}$ por periodo de carga y que se necesitan de 15 a 30 segundos para que se produzca una adaptación cardiovascular a la nueva intensidad del esfuerzo

(Bodner i Rhodes, 2000). En este estudio se han tenido en cuenta estos dos aspectos, y se han utilizado como parámetros de intensidad del esfuerzo la FL_p y el tiempo, a diferencia del estudio de Conconi donde sólo se utiliza la velocidad de desplazamiento.

Los resultados también indican que la prueba tiene un alto grado de validez interna con respecto a la evaluación de la resistencia en jugadores de tenis. Por un lado, tanto el número de golpes realizados ($135 \pm 10,8$) como la duración total de la prueba ($08:40 \pm 00:26$) indican que se trata de un protocolo que impone niveles elevados de carga externa e induce niveles de carga interna suficientes como para evaluar la resistencia de mediana duración. Por otra parte, las elevadas FC_{max} registradas ($192,1 \pm 9,3 \text{ lat} \cdot \text{min}^{-1}$), correspondientes al $95,0 \pm 4,5$ de la FC_{max} teórica individual, indican la consecución de intensidades de esfuerzo válidas para un protocolo progresivo de intensidad máxima y, por lo tanto, que la prueba impone demandas cardiorrespiratorias y metabólicas características de las pruebas de valoración de la potencia aeróbica máxima. Estos valores de FC_{max} son casi idénticos a los obtenidos por Smekal *et al.* (2000) ($192,0 \pm 9,0 \text{ lat} \cdot \text{min}^{-1}$), los cuales llegan a conclusiones similares sobre la maximalidad de la prueba.

Con respecto al comportamiento de los parámetros técnicos, hemos podido observar que la eficiencia técnica se muestra oscilante a lo largo de la prueba, con aumentos y descensos discontinuos; no obstante, se demuestra que se llega a un punto a partir del cual la efectividad ya no vuelve a aumentar y se mantiene hasta el final de la prueba por debajo de la media de aciertos totales de cada sujeto. Este punto lo hemos denominado *punto de disminución de efectividad técnica* (PDET). Además, hemos observado que existe una relación significativamente elevada ($r=0,855$, $p<0,05$) entre el PDET y el PDFC, y que estos dos puntos coinciden en el tiempo en el 57% de los casos, lo cual indica que los jugadores que alcanzan el PDFC en una carga más elevada experimentarán el PDET más tarde. Resulta lógico pensar que la tendencia a disminuir la ET a partir del PDFC sea debida al hecho de que el jugador entra en un estado de fatiga metabólica y nerviosa que se acompaña de una afectación de la coordinación motora y, consecuentemente, de la ET. Para investigaciones posteriores, creemos que sería interesante conocer si este fenómeno se relaciona, como también postulan Conconi y otros autores, con la coincidencia entre el PDFC y el UAn. También hay que tener en cuenta que el PDET se produce en los últimos periodos de la prueba, en la que la

fatiga afecta al funcionamiento de las habilidades de raqueta y se manifiesta por un pobre juego de posición que conduce a una disminución en la precisión de los golpes (Lees, 2003).

Resulta interesante la observación de una relación significativa ($r=0,837$, $p<0,05$) entre el nivel de ET, valorado como porcentaje de aciertos totales, y el nivel competitivo de los tenistas. En esta misma línea, otros autores también han observado que la efectividad de los golpes parece ser un buen predictor del nivel competitivo de los jugadores (Groppe i Roetert, 1992; Birrer *et al.*, 1986; Vergauwen *et al.*, 1997; Smekal *et al.* 2000). Con respecto a las cargas máximas alcanzadas, aunque los tenistas de alta competición tienen una mayor capacidad aeróbica que jugadores de nivel competitivo inferior (König *et al.*, 2000; Solanellas y Rodríguez 1991, 1996; Solanellas, 1995), igual que en los estudios de Solanellas y Rodríguez, se ha encontrado una baja relación entre la duración máxima de la prueba y el nivel competitivo ($r=0,663$). En jugadores de bádminton de élite (Chin *et al.*, 1995) también se halló una correlación débil ($r=0,65$, $p<0,05$), cosa que los autores atribuyen al hecho de que en la prueba específica que proponen no se tienen en cuenta factores tácticos ni psicológicos. Al contrario, en jugadores de squash (Steininger *et al.*, 1987) sí se ha encontrado una correlación elevada entre estos dos parámetros ($r=0,90$, $p<0,001$).

En relación a la aplicabilidad de la prueba específica, hay que destacar el notable grado de predisposición, aceptación y motivación mostrada por los tenistas. Posiblemente eso sea debido al hecho de que la evaluación se realiza en condiciones similares a las de la competición y comprende una valoración del componente técnico y de precisión. Los técnicos deportivos de los tenistas evaluados también se han mostrado especialmente implicados e interesados en las valoraciones efectuadas.

Nuestro estudio tiene como limitación más importante el número reducido de sujetos participantes y, hasta cierto punto, su elevada homogeneidad. Así, consideramos necesario realizar otros estudios para explorar con un grado más alto de fiabilidad las hipótesis planteadas, al igual que para obtener datos en poblaciones más numerosas y heterogéneas que permitan establecer la validez externa de la prueba propuesta.

Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que la prueba propuesta es un método específico y válido para evaluar la

resistencia específica y la condición aeróbica en tenistas. En la mayoría de los sujetos valorados, se ha observado un punto de deflexión de la frecuencia cardíaca (PDFC), a partir del cual se produce una disminución de su efectividad técnica, que hemos denominado *punto de disminución de efectividad técnica* (PDET). Estos dos parámetros, analizados conjuntamente con la ET se han mostrado como buenos indicadores del nivel competitivo de los tenistas. Son necesarios más estudios con muestras mayores con el fin de explorar mejor las hipótesis planteadas y contrastar la validez externa de la prueba.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración inestimable de los jugadores y técnicos del Grupo de Competición de la Federación Catalana de Tennis de Cornellà.

Bibliografía

- Aparicio, J. (1998). *Preparación física en el tenis*. Madrid: Gymnos.
- Baiget, E. y 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. y Tischler, H. (1986). The correlation of performance variables in preadolescent tennis players. *J Sports Med Phys Fitness* (26), 137-9.
- Bodner, M. E. y 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.; Steinger, K. y 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. y 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. y Manfredini, F. (1996). The Conconi test: methodology after 12 years of application. *Int J Sports Med* (17), 509-19.
- Federación Alemana 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.
- Gropper, J. L. y Roetert, E. P. (1992). Applied physiology of tennis. *Sports Med* (14), 260-8.
- Isnidarsi, E. M. y Gonçalves, A. C. (2005). Battery of Test for Prediction and Evaluation of Tennis Players. *ITF Coaching*.
- Jones, A. M. y 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. y 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. y 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. y Schwameder, H. (2000). Specific fitness training and testing in competitive sports. *Med Sci Sports Exerc* (32), 216-20.
- Roetert, P. y Ellenbecker, T. (2000). *Preparación física completa para el tenis*. Madrid: Tutor.
- Rodríguez F. A. (1999). Bases metodológicas de la valoración funcional. Ergometría. En: J. J. González Iturri y J. A. Villegas (coords.), *Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales*. Monografías FEMEDE n.º 6. Pamplona: Federación Española de Medicina del Deporte.
- Roetert, E. P.; Piorkowski, P. A.; Woods, R. B. y 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. y 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. y Bachl, N. (2000). Comparison of laboratory and "on-court" endurance testing in tennis. *Int J Sports Med* (21), 242-9.
- Solanellas, F. (1995). Valoración funcional de tennistas de diferentes categorías. Tesis doctoral. *Universitat de Barcelona. INEFC*.
- Solanellas, F. y 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.
- Steinger, 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. y Quirion, A. (1991). Hormonal and metabolic changes during a strenuous tennis match. Effect of ageing. *Int J Sports Med* (12), 10-6.