

Baiget, E.; Rodríguez, F.A. e Iglesias, X. (2016) Relación entre parámetros técnicos y fisiológicos en tenistas de competición / Relationship Between Technical and Physiological Parameters in Competition Tennis Players. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 16 (62) pp.243-255  
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista62/artrelacion704.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista62/artrelacion704.htm)  
DOI: <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2016.62.005>

## ORIGINAL

# RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS TÉCNICOS Y FISIOLÓGICOS EN TENISTAS DE COMPETICIÓN

## RELATIONSHIP BETWEEN TECHNICAL AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN COMPETITION TENNIS PLAYERS

**Baiget, E.<sup>1,2</sup>; Rodríguez, F.A.<sup>3,5</sup> e Iglesias, X.<sup>4,5</sup>**

<sup>1</sup> Profesor Titular. Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad de Vic, España. E-mail: [ernest.baiget@uvic.cat](mailto:ernest.baiget@uvic.cat)

<sup>2</sup> Sport Performance Analysis Research Group (SPARG), Universidad de Vic-Universidad Central de Cataluña, España.

<sup>3</sup> Profesor Catedrático. Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Universitat de Barcelona, España. E-mail: [farodriguez@gencat.cat](mailto:farodriguez@gencat.cat)

<sup>4</sup> Profesor Catedrático. Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Universitat de Barcelona, España. E-mail: [xiglesias@gencat.net](mailto:xiglesias@gencat.net)

<sup>5</sup> INEFC-Barcelona Sports Sciences Research Group, Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC), Universitat de Barcelona, España.

**Código UNESCO / UNESCO Code:** 2411.06 Fisiología del ejercicio / Exercise physiology.

**Clasificación del Consejo de Europa / Council of Europe Classification:** 6 Fisiología del ejercicio / Exercise physiology.

**Recibido** 18 de abril de 2013 **Received** April 18, 2013

**Aceptado** 9 de julio de 2013 **Accepted** July 9, 2013

### RESUMEN

Durante los últimos años ha aumentado el interés para evaluar parámetros fisiológicos y técnicos en jugadores de tenis, actualmente existen pruebas que permiten registrar paralelamente estos parámetros en la misma pista de tenis. El objetivo de este estudio es determinar las relaciones entre parámetros técnicos y fisiológicos derivados de la aplicación de una prueba de resistencia específica en tenis. 38 jugadores de competición realizaron una prueba continua e incremental y se registraron parámetros técnicos (efectividad

técnica (ET), punto de disminución de efectividad técnica (PDET)) y parámetros fisiológicos (consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ), primer y segundo umbrales ventilatorios ( $UV_1$  y  $UV_2$ )). Se encontró una relación significativa entre PDET y  $UV_2$  ( $r=0,65$ ;  $p<0,05$ ) y entre ET y  $VO_{2max}$  ( $r=0,459$ ;  $p<0,01$ ). En conclusión, los jugadores con mejor perfil aeróbico tendieron a obtener mejores resultados de ET y se observó una tendencia a disminuir la ET a partir de la aparición del  $UV_2$ .

**PALABRAS CLAVE:** tenis, resistencia específica, efectividad técnica, consumo máximo de oxígeno, umbrales ventilatorios.

## ABSTRACT

In recent years there has been an increased interest to assess physiological and technical parameters in tennis players; currently there are tests that allow registering these parameters in parallel on the tennis court. The aim of this study is to determine the relationships between technical and physiological parameters resulting from the application of a specific endurance test procedure for tennis players. 38 competitive male tennis players performed a continuous and incremental field test and technical (technical effectiveness [TE], point of decreasing TE [PDTE]) and physiological parameters (maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ), first and second ventilatory thresholds ( $VT_1$  and  $VT_2$ )) were recorded. We found a significant relationship between PDTE and  $VT_2$  ( $r = 0.365$ ,  $P < 0.05$ ) and between TE and  $VO_{2max}$  ( $r = 0.459$ ,  $P < 0.01$ ). In conclusion, players with a better aerobic profile tended to get better results in terms of TE and showed a tendency to decrease TE from the appearance of  $VT_2$ .

**KEY WORDS:** tennis, specific endurance, technical effectiveness, maximum oxygen uptake, ventilatory thresholds.

## INTRODUCCIÓN

Durante un partido de tenis se ejecutan una gran diversidad y volumen de acciones técnicas. En torneos de Grand Slam se han registrado entre 806 y 1445 golpes por partido (Weber, 2003) y en un partido de tres sets se realizan entre 300 y 500 esfuerzos de alta intensidad (Fernández, Méndez-Villanueva y Pluim, 2006). Las acciones técnicas, en muchos casos, se realizan mediante elevadas velocidades de ejecución. En el servicio los jugadores son capaces de imprimir velocidades a la raqueta de entre 100 a 116  $km \cdot h^{-1}$  lo que corresponde a velocidades de pelota entre 134 y 201  $km \cdot h^{-1}$  (Kovacs, 2007). A modo de ejemplo, en el año 2012, el jugador Samuel Groth en Corea del Sur, realizó el servicio más rápido registrado en competición oficial ATP (Asociación de tenistas profesionales), a una velocidad de 263  $km \cdot h^{-1}$ . La mayoría de estas acciones técnicas se realizan en un entorno de juego abierto y con un elevado componente de precisión. Aunque es muy difícil evaluar objetivamente el rendimiento técnico en situaciones abiertas de juego, la efectividad técnica (ET) de golpeo en situaciones cerradas se ha identificado como un buen parámetro pronosticador del rendimiento competitivo en jugadores de tenis (Birrner, Levine, Gallippi y

Tischler, 1986; Vergauwen, Spaepen, Lefevre, y Hespel, 1998; Smekal, Pokan, von Duvillard, Baron, Tschan y Bachl, 2000; Vergauwen, Madou y Behets, 2004; Baiget, Fernández, Iglesias, Vallejo y Rodríguez, 2014).

La habilidad del jugador de tenis para golpear la pelota, correr y recuperarse para el siguiente punto está en gran parte determinada por la capacidad fisiológica de adquirir, convertir y utilizar energía (Renström, 2002). La intensidad fisiológica media registrada en partidos de competición simulada se sitúa alrededor del 50% del consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) (Fernández, Fernández, Méndez y Terrados, 2005; Ferrauti, Bergeron, Pluim y Weber, 2001; Murias, Lanatta, Arcuri y Laino, 2007; Smekal et al., 2003) y las concentraciones medias de lactato en el juego son inferiores a  $2.5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  (Bergeron, Maresh, Kraemer, Abraham, Conroy y Gabaree, 1991; Ferrauti et al., 2001; Murias et al., 2007; Smekal et al., 2003), existiendo momentos en el juego en que la intensidad del mismo eleva estos valores hasta los  $8 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  (Fernández et al., 2006).

Durante el juego se alternan puntos de un solo golpeo, como en el caso de un servicio ganador, y puntos jugados desde el fondo de la pista mediante largos e intensos intercambios. La imprevisibilidad en la duración de los puntos, la elección de los golpes, la estrategia, el tiempo total de juego, el oponente o las condiciones climáticas influyen en la sollicitación fisiológica del tenis (Kovacs, 2006).

Durante los últimos años ha aumentado considerablemente el interés para evaluar parámetros fisiológicos y técnicos mediante protocolos específicos llevados a cabo en la misma pista de tenis (Vergauwen, Spaepen, Lefevre y Hespel, 1998; Smekal et al., 2000; Vergauwen et al., 2004; Landlinger, Stöggli, Lindinger, Wagner y Müller, 2012; Baiget et al., 2014). Se han propuesto pruebas de rendimiento de golpeo en las cuales se evalúa la capacidad de los jugadores de dirigir la pelota hacia una zona determinada de la pista (Vergauwen et al., 1998; Vergauwen et al., 2004; Moya, Bonete, y Santos-Rosa, 2010) o la velocidad y precisión de golpeo (Landlinger et al., 2012). Para la evaluación de la resistencia específica la mayoría de pruebas utilizan tests incrementales (Smekal et al., 2000; Baiget, Iglesias y Rodríguez, 2008; Girard, Chevalier, Leveque, Micalef y Millet, 2006; Ferrauti, Kinner y Fernandez, 2011; Baiget et al., 2014). Existen protocolos que evalúan parámetros de carga y fisiológicos mediante simulación de golpeo (Girard et al., 2006) o golpeando una pelota fija en un péndulo (Ferrauti et al., 2011). También se han propuesto pruebas de resistencia específicas que permiten evaluar paralelamente parámetros fisiológicos y técnicos mediante el registro de la precisión de golpeo (Smekal et al., 2000; Baiget et al., 2008; Baiget et al., 2014). Aunque se han descrito diferentes variables derivadas de estas pruebas como son los parámetros fisiológicos de consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) (Smekal et al., 2000; Baiget et al., 2014), concentración de lactato en sangre (Smekal et al., 2000) o umbrales ventilatorios (UV) (Baiget et al., 2014), y parámetros técnicos como el porcentaje de aciertos (ET) (Smekal et al., 2000; Baiget et al., 2008; Baiget, Iglesias, Vallejo y Rodríguez, 2011; Baiget et al., 2014) o el punto de disminución de efectividad

técnica (PDET) (Baiget et al., 2008; Baiget et al., 2011), no se conocen las relaciones entre estas variables derivadas de su evaluación conjunta.

## OBJETIVOS

Dada la importancia relativa que tienen los parámetros técnicos y fisiológicos en el tenis de competición, y considerando la posibilidad que nos ofrecen los nuevos protocolos para evaluar dichos parámetros a la vez, parece conveniente observar las relaciones que se establecen entre las diferentes variables susceptibles de ser evaluadas mediante una prueba específica. Así pues, el objetivo de este estudio es determinar las relaciones existentes entre parámetros técnicos y parámetros fisiológicos máximos y submáximos derivados de la aplicación de una prueba de resistencia específica en tenis en jugadores de competición.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio tiene un diseño descriptivo correlacional y expone los resultados que se registraron en la misma muestra y circunstancias que en el estudio publicado por Baiget et al. (2014).

### *Muestra*

Un total de 38 tenistas masculinos de competición ( $18.2 \pm 1.3$  años;  $180 \pm 0.08$  cm de altura;  $72.7 \pm 8.6$  kg de peso; media  $\pm$  SD), participaron voluntariamente en el estudio. Los sujetos fueron seleccionados en función de su nivel de competición. Su nivel competitivo, valorado mediante el International Tennis Number (ITN), se encontraba entre 1 (élite) y 4 (avanzado) (ITN 1= 8 jugadores; ITN 2 = 10 jugadores; ITN 3 = 9 jugadores; ITN 4 = 11 jugadores). Un 89.5% de los jugadores tenían una dominancia lateral derecha. Los sujetos tenían una experiencia media de entrenamiento competitivo de  $6.6 \pm 2.0$  años y mantenían un promedio de  $3.7 \pm 0.5$  y  $1.5 \pm 0.4$  horas diarias de entrenamiento técnico – táctico y físico respectivamente. Todos los sujetos pertenecían a centros de entrenamiento en alto rendimiento en tenis.

### *Procedimiento*

Se registraron los parámetros técnicos y fisiológicos máximos y submáximos mediante una prueba específica de resistencia realizada en la pista de tenis (Baiget et al., 2014) modificada de Smekal et al. (2000). Se trata de un protocolo maximal, continuo, escalonado conducido por un máquina lanzapelotas (Pop-Lob Airmatic 104, Francia). Los jugadores debían realizar golpes de derecha y revés alternativamente al ritmo impuesto por la máquina lanzapelotas. La figura 1 es un esquema ilustrativo de la disposición de la pista y de la dinámica espacial del protocolo utilizado. Se dieron instrucciones a los jugadores para que ajustaran su velocidad de desplazamiento, de manera que llegasen a la zona de golpeo coincidiendo con el bote de la pelota. Para asegurar

un coste energético homogéneo de los golpes en relación a la técnica utilizada, únicamente se permitió realizar los golpes de derecha y revés liftados. La prueba empezó con una frecuencia de lanzamiento de pelotas (FL<sub>P</sub>) de 9 tiros·min<sup>-1</sup> y se incrementó la carga por periodos de 2 minutos a razón de 2 tiros·min<sup>-1</sup> hasta que los jugadores eran incapaces de seguir el ritmo impuesto por la máquina, no consiguiendo golpear dos pelotas seguidas. La velocidad de lanzamiento de pelotas por parte de la máquina (68,6 ± 1,9 km·h<sup>-1</sup>, CV de 2.7%) y la velocidad del viento ( $V_{\text{viento}} < 2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) se mantuvieron constantes y fueron evaluadas mediante un radar (Stalker ATS 4.02, EUA) y un anemómetro digital (Plastimo, Francia). El ángulo y altura de salida de la pelota por el tubo de lanzamiento de la máquina respecto la horizontal del suelo fue de 13° y de 41 cm, respectivamente. Los test se administraron entre los meses de Febrero a Abril, en periodos no competitivos y en una pista de tenis reglamentaria al aire libre, de superficie dura y velocidad mediana (Green set®), previamente marcada con cinta adhesiva blanca. Se utilizaron 40 pelotas de tenis nuevas (BabolatTeam®, Japón) homologadas y aprobadas por la International Tennis Federation (ITF). Los jugadores no participaron en ninguna competición, prueba o entrenamiento de alta exigencia en las 24 horas previas a la prueba. Las mediciones se iniciaron después de un calentamiento estandarizado de 18 min consistente en un calentamiento genérico de 10 min de carrera continua, flexibilidad dinámica, diferentes tipos de desplazamientos y carreras de aceleración, 5 min de calentamiento específico mediante un peloteo de intensidad baja o moderada en el centro de la pista y 3 min de familiarización con la prueba, consistente en realizar el protocolo con una FL<sub>P</sub> de 9 tiros·min<sup>-1</sup>.

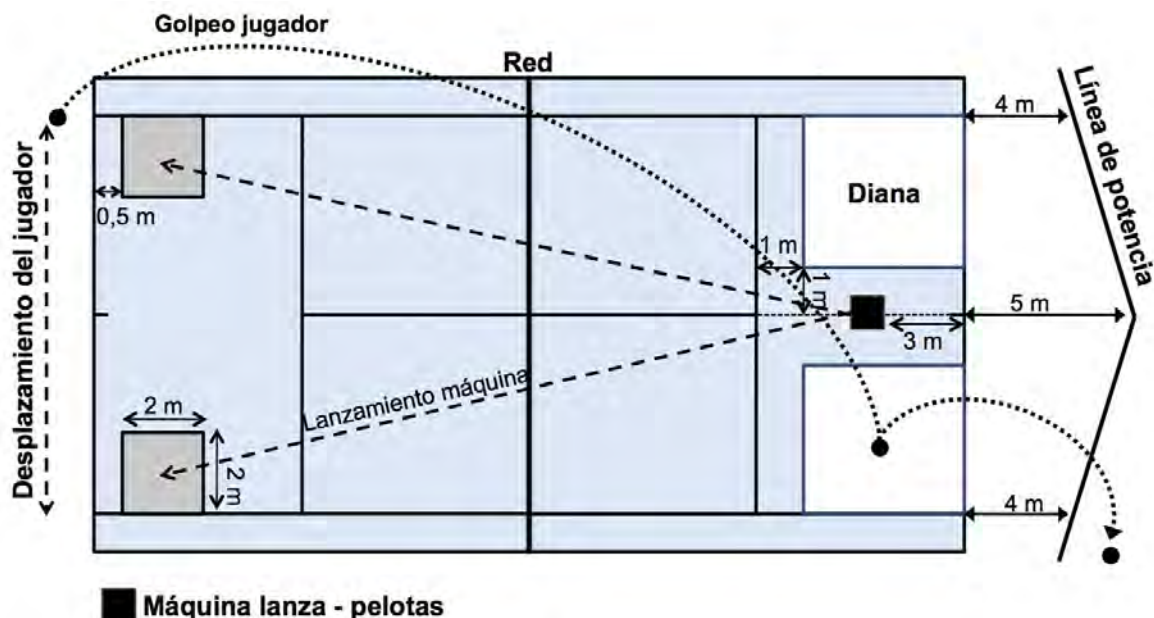


Figura 1. Esquema ilustrativo de la prueba (Baiget et al., 2014).

### Parámetros fisiológicos

El intercambio de gases y la ventilación pulmonar fueron registrados

continuamente mediante un analizador de gases portátil (K4 b<sup>2</sup>, Cosmed, Italia). Los datos fueron registrados respiración a respiración y posteriormente tratados a valores medios cada 15 segundos. El registro empezaba dos minutos antes de la fase de familiarización y acababa cinco minutos después del final de la prueba. La calibración general del sistema de medición se realizó al inicio de cada sesión (mañana o tarde), existiendo una calibración de aire ambiente antes de cada prueba.

Se determinó como parámetro fisiológico máximo el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y los valores submáximos se detectaron mediante los umbrales ventilatorios (UV) calculados por los cambios en los parámetros ventilatorios identificando los puntos de cambio de pendiente o de ruptura de la linealidad (Beaver, Wasserman y Whipp, 1986). Se determinaron los dos UV de acuerdo con el modelo propuesto por Skinner y MacLellan (1980).

*Primer umbral ventilatorio ( $UV_1$ ):* Se determinó usando los criterios de un aumento en el equivalente ventilatorio para el oxígeno ( $V_E/VO_2$ ) sin aumento en el equivalente ventilatorio de dióxido de carbono ( $V_E/VCO_2$ ) y el incremento no lineal de la ventilación pulmonar ( $V_E$ ).

*Segundo umbral ventilatorio ( $UV_2$ ):* Se determinó mediante el incremento en el equivalente ventilatorio para el oxígeno ( $V_E/VO_2$ ) y en el equivalente ventilatorio de dióxido de carbono ( $V_E/VCO_2$ ).

*Consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ):* Se determinó mediante la observación de una meseta o estabilización en el  $VO_2$  o cuando el aumento en dos periodos sucesivos fue inferior a  $150 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ .

### *Parámetros técnicos*

De forma simultánea al registro fisiológico se realizó una valoración objetiva de parámetros técnicos registrados en tiempo real mediante el cálculo de las frecuencias relativas (porcentajes) de aciertos-errores, evaluando tanto la precisión como la potencia de los golpes mediante zonas marcadas en la pista (figura 1). Los jugadores realizaron los golpes de izquierda a derecha de la pista (derecha-revés) desplazándose en sentido lateral e intentando enviar la pelota dentro de la zona marcada (diana). Los golpes se evaluaron como aciertos o errores en función de los criterios de precisión (la pelota enviada por el jugador debía botar en la diana) y de potencia (una vez la pelota había botado dentro de la diana, debía sobrepasar la línea de potencia antes de realizar el segundo bote). Para que un golpe se considerara como acierto debía cumplir los dos requisitos (precisión y potencia).

*Efectividad técnica (ET) (% aciertos):* Cálculo objetivo del porcentaje de aciertos durante la prueba en función de los criterios de precisión y potencia. Es el porcentaje de aciertos por periodo y a intervalos de 30 segundos.



*Punto de deflexión de efectividad técnica (PDET)* (núm. periodo): Punto de inflexión determinado mediante el último valor de ET por periodo a partir del cual el sujeto está por debajo de su media de ET (media aritmética de los valores durante toda la prueba) y ya no vuelve a superar este valor medio (Baiget et al., 2008; Baiget et al., 2011).

*Análisis estadístico*

La normalidad de la distribución de las variables se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. La relación entre las variables cuantitativas se estableció con un análisis de correlación lineal, mediante el cálculo de coeficiente de correlación lineal de Pearson (r). El nivel de significación se estableció en un valor de  $p < 0,05$ . Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico SPSS para Windows 15.0 (SPSS Inc., EE.UU.).

**RESULTADOS**

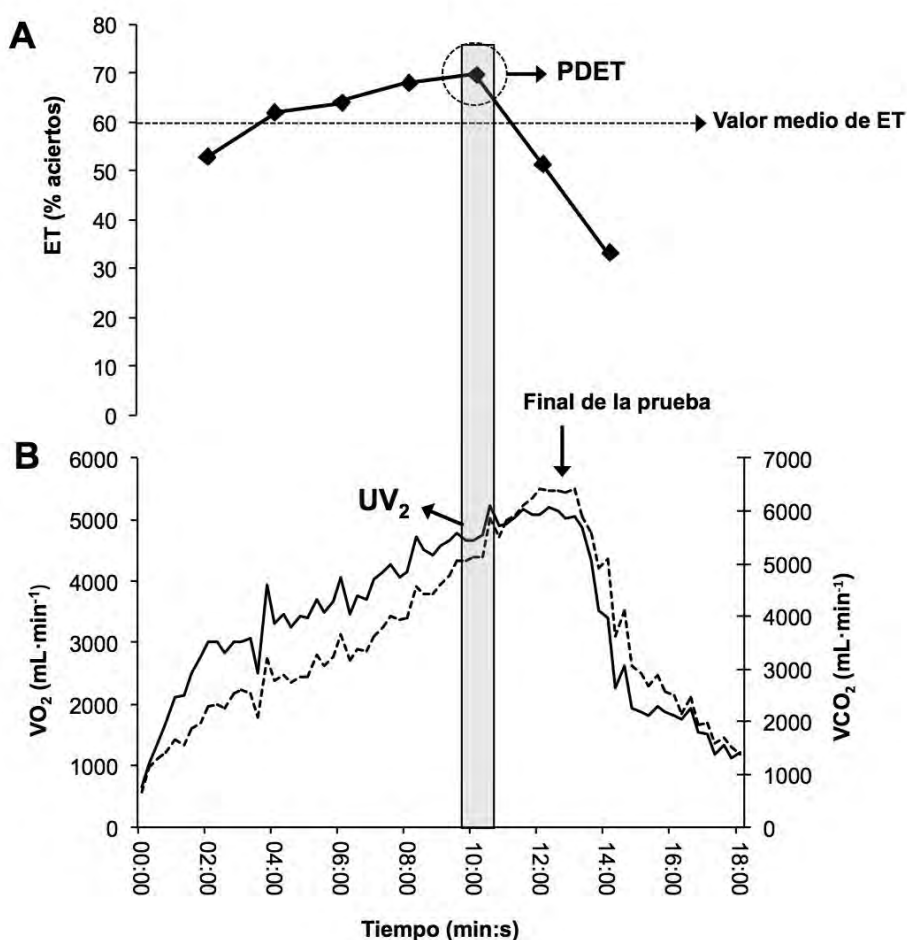
La prueba tuvo una duración media máxima de 13:36 min:s correspondiente a  $6.6 \pm 0.83$  periodos. La tabla 1 muestra la relación entre los parámetros técnicos representados por el PDET y la ET y los parámetros fisiológicos representados por el UV<sub>1</sub>, UV<sub>2</sub> y VO<sub>2max</sub>. Se observa una relación débil, pero estadísticamente significativa, entre el PDET y el UV<sub>2</sub>. Este hecho sugiere que los sujetos mostraron una tendencia a disminuir su ET a partir del UV<sub>2</sub>. Por otro lado, la relación significativa moderada entre la ET y el VO<sub>2max</sub>, indica que los jugadores con un mejor perfil aeróbico tienden a obtener una mejor ET, y por lo tanto, a cometer un menor número de errores durante la prueba.

**Tabla I.** Coeficientes de correlación (r) entre los parámetros técnicos (PDET y ET) y parámetros fisiológicos (UV<sub>1</sub>, UV<sub>2</sub> y VO<sub>2max</sub>) registrados durante la prueba de resistencia específica.

Parámetros técnicos	Parámetros fisiológicos		
	UV <sub>1</sub> (mL·Kg·min <sup>-1</sup> )	UV <sub>2</sub> (mL·Kg·min <sup>-1</sup> )	VO <sub>2max</sub> (mL·Kg·min <sup>-1</sup> )
PDET (periodo)	0.306	0.365*	0.332
ET (% aciertos)	0.296	0.324	0.459**

\*Correlación significativa  $p < 0.05$ ; \*\*Correlación significativa  $p < 0.01$ ; PDET: punto de disminución de efectividad técnica; ET: efectividad técnica; UV<sub>1</sub>: primer umbral ventilatorio UV<sub>2</sub>: segundo umbral ventilatorio; VO<sub>2max</sub>: consumo máximo de oxígeno.

El PDET se detectó en el periodo  $5.2 \pm 1.1$  correspondiente a un  $80.6 \pm 14.5\%$  de periodo máximo conseguido. Este punto coincide con el periodo en que se observa el  $UV_2$  en 10 sujetos, representando el 27.7 % de los casos. Se encontró una relación estadísticamente significativa entre el PDET y el periodo en que se observa el  $UV_2$  ( $r=0.408$ ;  $p<0.05$ ). La figura 2 muestra un ejemplo de la evolución de los parámetros técnicos (ET) y fisiológicos ( $VO_2$  y  $VCO_2$ ) a lo largo de la prueba en un sujeto. Se observa como en los primeros periodos hay una ligera evolución positiva de la ET hasta que coinciden en el tiempo (10:00 min:s; periodo 5) el parámetro técnico PDET y el parámetro fisiológico submáximo  $UV_2$ , a partir de este momento se produce un descenso pronunciado de la ET.



**Figura 2.** Evolución de la efectividad técnica (ET) (A), consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) y producción de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) (B), a lo largo de la prueba en un sujeto. Se indica el punto de disminución de efectividad técnica (PDET) (A) y el segundo umbral ventilatorio ( $UV_2$ ) (B). Mediante la franja oscura se señala la coincidencia en el tiempo entre PDET y el  $UV_2$ .

## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que en el desarrollo de una prueba de resistencia específica que evalúa paralelamente parámetros técnicos y fisiológicos (Baiget et al., 2014), los jugadores con mejor perfil aeróbico tienden



a obtener mejores resultados de ET y que existe una tendencia a disminuir la ET a partir de la aparición del UV<sub>2</sub>.

El tenis de competición es un deporte de elevadas exigencias tanto a nivel técnico como a nivel fisiológico (Kovacs, 2007). Se han observado relaciones entre el rendimiento competitivo en jugadores de competición y parámetros tanto técnicos como fisiológicos (Birrer et al., 1986; Vergauwen et al., 1998; Smekal et al., 2000; Vergauwen et al., 2004; Banzer, Thiel, Rosenhagen y Vogt, 2008; Baiget et al., 2014). Aunque se ha descrito el perfil fisiológico (Smekal et al., 2000; Baiget et al., 2008) y técnico (Vergauwen et al., 1998; Vergauwen et al., 2004; Moya et al., 2010; Landlinger et al., 2012; Baiget et al., 2014) de tenistas de competición en relación a pruebas de resistencia o de rendimiento de golpeo, existe poca información sobre la relación entre estos parámetros determinantes del rendimiento.

La relación significativa encontrada entre el PDET y el UV<sub>2</sub> ( $r=0,365$ ;  $p<0.05$ ) y entre el PDET y el periodo en que se observa el UV<sub>2</sub> ( $r=0.408$ ;  $p<0.05$ ), a pesar de no ser muy estrecha, indica que los jugadores muestran una clara tendencia a disminuir la ET a partir del UV<sub>2</sub>. Esta relación podría suponer que los sujetos que alcanzan este umbral en una carga más elevada experimentarán el PDET más tarde. En esta misma línea, se han descrito relaciones entre el PDET y el punto de deflexión de frecuencia cardíaca (PDFC) en jugadores de competición (Baiget et al., 2008). La evolución de la ET expuesta de un sujeto (figura 1), está en la misma línea que los resultados encontrados por Baiget et al. (2014), los cuales identifican 3 fases diferenciadas. Se observa una primera fase de adaptación (del 1<sup>er</sup> al 3<sup>er</sup> periodo) en la que, aunque la intensidad es reducida, el nivel de ET es menor. Posteriormente se observa una fase de intensidad moderada en la que se observa la máxima eficacia (4<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> periodos) para finalmente, a partir del UV<sub>2</sub>, se produce una disminución progresiva de la ET (6<sup>o</sup> y 7<sup>o</sup> periodos).

A partir de una intensidad superior al UV<sub>2</sub> el jugador entraría en un estado de acidosis metabólica como consecuencia del aumento de la concentración de lactato. Este hecho ocasionaría la disminución del pH, factor que está asociado a la inhibición de la enzima fosfofrutoquinasa (PFK) y a una reducción en la glucólisis pudiendo contribuir con el proceso de fatiga precoz (Shephard y Astrand, 1996; Gómez, Cossio, Brousett y Hochmuller, 2010). Esta situación metabólica esta relacionada con un descenso de la fuerza muscular (Sahlin, 1992) y afectaría negativamente al rendimiento técnico del jugador provocando un descenso de la ET, posiblemente debido a una interacción de diferentes factores como la disminución de la sincronización de los golpes, afectación de la coordinación dinámica general o una inadecuada posición de golpeo. La acumulación de ácido láctico en el músculo ejerce una influencia negativa en el rendimiento de golpeo en tenis. Concentraciones de lactato superiores a 7-8 mmol·L<sup>-1</sup> se asocian a una disminución del rendimiento, tanto técnico como táctico en tenis (Lees, 2003; Davey, Thorpe y Williams, 2002). En esta misma línea, Davey et al. (2002) observan una elevada disminución de la exactitud de los golpes (69%) entre el comienzo de una prueba intermitente específica

(Loughborough Intermittent Tennis Test) y la exactitud observada al final de la prueba ( $35,4 \pm 4,6$  minutos) y lo atribuyen a la elevada concentración de lactato sanguíneo ( $9,6 \pm 0,9$  mmol·L<sup>-1</sup>).

Por otro lado, atendiendo a que el tenis es un deporte con marcadas características aeróbicas y anaeróbicas alácticas (König, Huonker, Schmid, Halle, Berg y Keul, 2001; Smekal et al., 2001; Elliott, Dawson y Pyke, 1985; Chandler, 1995; Renström, 2002) y que durante la actividad competitiva raramente se participa a intensidades superiores al UV<sub>2</sub> o cercanas al VO<sub>2max</sub> (Ferrauti et al., 2001; Christmas, Richmond, Cable, Arthur y Hartmann, 1998; Smekal et al., 2003; Fernández et al., 2005), cabe suponer que el jugador de tenis no está preparado específicamente para realizar los golpes en estado de acidosis metabólica.

Considerando el probable efecto negativo de la acumulación de lactato en el rendimiento de golpeo, es lógico pensar que tener un UV<sub>2</sub> más elevado hará retrasar la aparición de fatiga en una prueba progresiva y la consecuente disminución de la ET. Como futura línea de investigación, sería interesante observar cómo afecta el nivel de UV<sub>2</sub> en determinadas situaciones de juego, como por ejemplo durante la disputa de puntos, de elevada intensidad y duración.

La calidad de los patrones de movimiento y la coordinación de acciones específicas en el tenis depende del esfuerzo fisiológico producido durante el ejercicio intermitente a corto plazo (Kovacs, 2006). La relación observada entre la ET y el VO<sub>2max</sub> ( $r=0.459$ ;  $p<0.01$ ) indica que los jugadores con un mejor perfil aeróbico tienden a obtener una mejor ET, y por lo tanto, cometen un menor número de errores durante la prueba. Aunque la relación entre estas variables no es muy estrecha, seguramente debido a que el tenis es un deporte multifactorial y existen diferentes factores que pueden afectar a la ET, parece que el nivel de resistencia puede afectar a componentes de carácter técnico, posiblemente debido a los efectos negativos de la fatiga sobre el rendimiento técnico del jugador. La fatiga se va instaurando de forma progresiva desde prácticamente el inicio de un esfuerzo (López Calbet y Dorado García, 2006). Posiblemente, los jugadores con un VO<sub>2max</sub> superior, ante una misma carga o periodo, soportan una intensidad fisiológica relativa inferior, y por lo tanto, participan con menores niveles de fatiga. La fatiga afecta el rendimiento de las habilidades de raqueta y se manifiesta con un pobre juego de posición y con una disminución de la precisión de los golpes (Lees, 2003; Fernández, 2007). Se han observado disminuciones significativas de velocidad de servicio (3.2%) y precisión del golpe de derecha (21.1%) después de un ejercicio que inducía fatiga en jugadores de competición (Rota y Hautier, 2012). Es lógico pensar que un VO<sub>2max</sub> superior puede colaborar a obtener mejores resultados de ET en una prueba de resistencia progresiva. Se ha constatado que la fatiga inducida por un entrenamiento específico de tenis de 2 horas de juego se traduce en un aumento significativo del porcentaje de errores y en una disminución también significativa de la velocidad de golpeo (Vergauwen et al., 1998).

Aunque el rendimiento en tenis es de carácter multifactorial, parece que son necesarios unos adecuados niveles de resistencia para hacer frente a las demandas competitivas. Una buena capacidad aeróbica permite una adecuada recuperación entre puntos y mantener la intensidad de juego a lo largo de la duración total del partido (Konig et al., 2001; Smekal et al., 2001). En esta línea, se ha sugerido que para un adecuado rendimiento competitivo los jugadores de tenis de competición deben tener un  $VO_{2max}$  superior a  $50 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ , no obstante, niveles extremadamente altos (por ejemplo,  $> 65 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ ) no aseguran una mejora en el rendimiento en este deporte (Kovacs, 2007). Se han encontrado relaciones entre el rendimiento competitivo y parámetros fisiológicos máximos como el  $VO_{2max}$  (Banzer et al., 2008; Baiget et al., 2014) o fisiológicos submáximos como el  $UV_2$  (Baiget et al., 2014) o el PDFC (Baiget et al., 2008).

## CONCLUSIONES

Los jugadores con mejor perfil aeróbico tienden a obtener mejores resultados de ET en una prueba de resistencia específica que evalúa paralelamente parámetros técnicos y fisiológicos, posiblemente debido a que participan con niveles inferiores de fatiga durante la mayor parte de la prueba. Existe una tendencia a disminuir la ET a partir de la aparición del  $UV_2$ , probablemente como consecuencia del impacto que ejerce la acumulación de ácido láctico sobre el rendimiento técnico de los golpes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baiget, E., Fernández, J., Iglesias, X., Vallejo, L. y Rodríguez, F.A. (2014). On-court endurance and performance testing in competitive male tennis players. *J Strength Cond Res*, 28(1), 256-264. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182955dad>
- Baiget, E., Iglesias, X. y Rodríguez, F.A. (2008). Prueba de campo específica de valoración de la resistencia en tenis: respuesta cardíaca y efectividad técnica en jugadores de competición. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 3(93), 19-28.
- Baiget, E., Iglesias, X., Vallejo, L. y Rodríguez, F.A. (2011). Efectividad técnica y frecuencia de golpeo en el tenis femenino de élite. estudio de caso. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 27, 1-21.
- Banzer, W., Thiel, C., Rosenhagen, A. y Vogt, L. (2008). Tennis ranking related to exercise capacity. *Br J Sports Med*, 42, 152-154. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2007.036798>
- Beaver, W.L., Wasserman, K. y Whipp, B.J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of applied physiology* 60, 2020-2027.
- Bergeron, M. F, Maresh, C. M, Kraemer, W. J, Abraham, A., Conroy, B. y Gabaree, C. (1991). Tennis: a physiological profile during match play. *Int J Sports Med*, 12, 474-479. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2007-1024716>
- 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(2), 137-9.
- Chandler, T. J. (1995). Exercise training for tennis. *Clin Sports Med*, 14(1), 33-46.
- Christmass, M. A., Richmond, S. E., Cable, N. T., Arthur, P.G. y Hartmann P.E. (1998). Exercise intensity and metabolic response in singles tennis. *J Sports Sci*, 16(8), 739-47. <http://dx.doi.org/10.1080/026404198366371>
- Davey, P. R., Thorpe, R. D. y Williams, C. (2002). Fatigue decreases skilled tennis performance. *J Sports Sci*, 20(4), 311-8. <http://dx.doi.org/10.1080/026404102753576080>
- Elliot, B., Dawson, B. y Pyke, F. (1985). The energetics of singles tennis. *Journal of Human Movement Studies*, 11, 11-20.
- Fernández, J. La fatiga y el rendimiento en el tenis. (2007). *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 21(2), 27-33.
- Fernández, J., Fernández, B., Méndez, A. y Terrados N. (2005). Exercise intensity in tennis: simulated match play versus training drills. *Medicine and Science in Tennis*, 10, 6-7.
- Fernández, J., Méndez-Villanueva, A. y Pluim, B.M. (2006). Intensity of tennis match play. *Br J Sports Med*, 40(5), 387-91. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2005.023168>
- Ferrauti, A., Bergeron, M. F., Pluim, B. M. y Weber, K. (2001). Physiological responses in tennis and running with similar oxygen uptake. *European journal of applied physiology*, 85, 27-33. <http://dx.doi.org/10.1007/s004210100425>
- Ferrauti, A., Kinner, V. y Fernandez-Fernandez, J. (2011). The Hit & Turn Tennis Test: an acoustically controlled endurance test for tennis players. *J Sports Sci*, 29, 485-494. <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2010.539247>
- Girard, O., Chevalier, R., Leveque, F., Micallef, J.P. y Millet, G.P. (2006). Specific incremental field test for aerobic fitness in tennis. *British journal of sports medicine*, 40, 791-796. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2006.027680>
- Gómez, R., Cossio, M.A., Brousett, M. Y Hochmuller. (2010). Mecanismos implicados en la fatiga aguda. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte*, 10 (40), 537-555.
- 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(4), 654-8. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200104000-00022>
- Kovacs, M. S. (2006). Applied physiology of tennis performance. *Br J Sports Med*, 40, 381-385. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2005.023309>
- Kovacs, M. S. (2007). Tennis physiology: training the competitive athlete. *Sports Med*, 37(3), 189-98. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200737030-00001>
- Landlinger, J., Stöggel, T., Lindinger, S., Wagner, H. y Müller, E. (2012). Differences in ball speed and accuracy of tennis groundstrokes between elite and high-performance players. *Eur J Sport Sci*, 12(4), 301-308. <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2011.566363>
- Lees, A. Science and the major racket sports: a review. (2003). *J Sports Sci*, 21(9), 707-32. <http://dx.doi.org/10.1080/0264041031000140275>
- López Calbet, J.A. y Dorado Garcia, C. (2006). *Fatiga, dolor muscular tardío y*

- sobreentrenamiento. López Chicharro, J. y Fernández Vaquero, A. Fisiología del ejercicio. 3ª edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Moya, M., Bonete, E., y Santos-Rosa, F.J. (2010). Efectos de un periodo de sobrecarga de entrenamiento de dos semanas sobre la precisión en el golpeo en tenistas jóvenes. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 24, 77-93.
- Murias, J. M., Lanatta, D., Arcuri, C. R. y Laino, F.A. (2007). Metabolic and functional responses playing tennis on different surfaces. *J Strength Cond Res*, 21, 112-117. <http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200702000-00021>
- Renström, P. (2002). *Handbook of Sports Medicine and Science. Tennis*. Oxford: Blackwell Science. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470698778>
- Rota, S. Y Hautier, C. (2012). Influence of fatigue on the muscular activity and performance of the upper limb. *ITF Coaching & sport science review*, 58, 5-7.
- Sahlin, K. (1992), Metabolic factors in fatigue. *Sports Med*, 13(2), 99-107. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-199213020-00005>
- Shephard, R. J. y Astrand, P.O. (1986). *La resistencia en el deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Skinner, J. S. y McLellan, T. H. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Q Exerc Sport*, 51, 234-248. <http://dx.doi.org/10.1080/02701367.1980.10609285>
- 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(4), 242-9. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2000-310>
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Pokan, R., Tschan, H., Baron, R., Hofmann, P., Wonish, M. Y Bachl, N. (2003). Changes in blood lactate and respiratory gas exchange measures in sports with discontinuous load profiles. *Eur J Appl Physiol*, 89, 489-495. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-003-0824-4>
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Rihacek, C., Pokan, R., Hofman, P., Baron, R., Tschan, H. Y Bachl, N. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Med Sci Sports Exerc*, 33(6), 999-1005. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200106000-00020>
- Vergauwen, L., Madou, B. y Behets, D. (2004). Authentic evaluation of forehand groundstrokes in young low - to intermediate-level tennis players. *Med Sci Sports Exerc*, 36(12), 2099-106. <http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000147583.13209.61>
- Vergauwen, L., Spaepen, A. J., Lefevre, J. y Hespel, P. (1998). Evaluation of stroke performance in tennis. *Med Sci Sports Exerc*, 30(8), 1281-8. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199808000-00016>
- Weber, K. (2003). *Demand profile and training of running - speed in elite tennis*. In Crespo, M., Reid, M., Miley, D. Applied sport science for high performance tennis (pp. 41-48). Spain: International Tennis Federation.

**Número de citas totales / Total references:** 35 (100%)

**Número de citas propias de la revista / Journal's own references:** 1 (2,9 %)