



Baiget, E. (2011). Strength training for improving hitting speed in tennis. *Journal of Sport and Health Research*. 3(3):229-244.

Review

ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA ORIENTADO A LA MEJORA DE LA VELOCIDAD DE GOLPEO EN TENIS

STRENGTH TRAINING FOR IMPROVING HITTING SPEED IN TENNIS

Baiget, E.^{1,2}

¹Faculty of Education, University of Vic, Barcelona, Spain

²INEFC-Barcelona Research Group on Sport Sciences, Barcelona, Spain

Correspondence to:
Ernest Baiget Vidal
University of Vic
C/ Sagrada Familia, 7. 08500 Vic.
Tel. (+34) 938816164
Email: ernest.baiget@uvic.cat

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*

**Didactic
Association
ANDALUCIA**
editor@journalshr.com

Received: 23-02-2011
Accepted: 11-06-2011



RESUMEN

El golpeo de la bola a velocidades elevadas, es un factor determinante para el rendimiento en el tenis moderno. Durante los últimos 20 años se ha producido una gran evolución del juego y los cambios en el juego moderno se han traducido en el uso de poderosos servicios y golpes de fondo. Aunque la fuerza es una capacidad determinante desde la perspectiva de la condición física, ha habido poca investigación para fundamentar la eficacia de los programas de entrenamiento de fuerza para los jugadores de tenis. El objetivo de este estudio es realizar una revisión sobre los criterios básicos para dirigir correctamente el entrenamiento de la fuerza orientado a la mejora de la de la velocidad de golpeo de la pelota.

Aunque las necesidades de fuerza dinámica máxima (FDM) en los golpes son bajas, la literatura científica parece apuntar que unos adecuados niveles de FDM ejercen efectos positivos sobre el aumento de velocidad de golpeo en el tenis. La mejora y mantenimiento de esta manifestación de fuerza se busca a expensas de factores neurales. Los entrenamientos de fuerza útil deben utilizar medios que permitan ejecutar el gesto técnico, implicar las mismas cadenas musculares, rango de movimiento o velocidades de ejecución. En este sentido, se han propuesto la utilización de pelotas medicinales, mancuernas de peso ligero, gomas elásticas, máquinas multifuncionales de resistencia neumática o poleas.

Palabras clave: Tenis, velocidad de golpeo, entrenamiento de fuerza, fuerza útil.

ABSTRACT

Hitting the ball at high speed is a decisive factor in performance in modern tennis. The last 20 years have seen a great deal of developments in the game, and the changes in modern tennis have led to the use of powerful services and baseline shots. Although strength is a key factor in terms of physical condition, little research has been done on the effectiveness of strength training for tennis players. The objective of this study is to review the basic criteria for the correct strength training focusing on improving the speed of hitting the ball.

Although the maximum dynamic strength (MDS) needs when hitting the ball are low, scientific literature seems to suggest that appropriate levels of MDS have positive effects on increasing hitting speed in tennis. The aim is to improve and maintain this aspect of strength at the expense of neural factors. Effective strength training must involve execution of the technical gesture, involving the same muscle chains, range of motion and stroke execution speeds. The training equipment suggested for use includes medicine balls, lightweight dumbbells, rubber bands, multi-purpose pneumatic resistance machines and pulleys.

Key words: Tennis, hitting speed, strength training, effective force.



INTRODUCCIÓN

El golpeo de la bola a velocidades elevadas, es un factor determinante para el rendimiento en el tenis moderno (Signorile, 2005; Sanz y Ávila, 2003), y la técnica de golpeo se ha identificado como un buen parámetro pronosticador del rendimiento (Birrer et al., 1986; Vergauwen et al., 1998; Smekal et al., 2000; Vergauwen et al., 2004; Baiget et al., 2008). En el caso del servicio, la velocidad de golpeo en el tenis profesional es mayor que nunca y el número de *aces* continúa creciendo, mientras el número de dobles faltas ha ido decayendo en los últimos diez años (Cross y Pollard, 2009). A modo de ejemplo, el jugador Andy Roddick es capaz de ejecutar servicios de $253 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y regularmente alcanza los $209 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (Roetert y Ellenbecker, 2008). La velocidad media del primer servicio de Roddick en torneos de categoría Grand Slam fue de $204 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (Open de EEUU, 2008), $201 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (Open de Australia, 2009), $197 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (Roland Garros, 2009) y $200 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (Wimbledon, 2009), promediando más de cuatro rondas por lo menos en cada torneo (Cross y Pollard, 2009).

Durante la competición tenística se encadenan esfuerzos cortos de ejercicio intensivo basados en una serie de movimientos acíclicos intermitentes, con mucha intervención de las capacidades de fuerza y velocidad y que se dan durante un periodo de tiempo prolongado. Durante los últimos 20 años se ha producido una gran evolución del juego y la duración media de los puntos ha disminuido sustancialmente (Kovacs, 2007). Actualmente la duración media de los puntos es netamente inferior a los 10 segundos (O'Donoghue y Ingram, 2001; Smekal et al., 2001; Méndez-Villanueva et al., 2007; Morante et al., 2006; Murias et al., 2007; Hornery et al., 2007; Weber, 2003). Los cambios en el juego moderno se han traducido en el uso de poderosos servicios y golpes de fondo, con aproximadamente el 75% de los golpes compuesto por golpes de derecha y servicios (Ellenbecker et al., 2006).

Posiblemente, el aumento de la velocidad de los golpes acompañado de una reducción de la duración media de los puntos, está relacionado con una sensible mejora del rendimiento de los jugadores, especialmente en el ámbito condicional. Las necesidades a nivel condicional del jugador de tenis son diversas, el jugador necesita una mezcla de

capacidades anaeróbicas como son la velocidad, la agilidad y la potencia, combinadas con elevadas capacidades aeróbicas (Kibler et al., 1988, Chandler, 1995; Kovacs, 2007; Fernández-Fernández et al., 2009). Diferentes autores (Gusi, 1999; Roetert y Ellenbecker, 2000; Vila, 1999; Ortiz, 2004; Aparicio, 1998; Gallach, 1993; Solanellas, 1995; Renström, 2002; Sanchis et al., 1994; Calvo, 2007) analizan las capacidades físicas y las manifestaciones que intervienen en el juego, observando que la fuerza es una capacidad determinante desde la perspectiva de la condición física. Los mismos autores están de acuerdo en que las adaptaciones condicionales que necesita un jugador de competición en el ámbito de la fuerza no se alcanzan únicamente con la práctica específica del deporte. La duración de los partidos, su intensidad y la repetición de la carga en pocos días, plantean la necesidad de una preparación física específica que hoy en día todo tenista considera y sigue (Solanellas, 1995).

A pesar del amplio consenso referente a la importancia del entrenamiento de esta capacidad, ha habido poca investigación para fundamentar la eficacia de los programas de entrenamiento de la fuerza para los jugadores de tenis (Reid y Schneiker, 2008). Tradicionalmente, ha estado significativamente influenciado por el *bodybuilding* (International Tennis Federation, 2003). El objetivo de este estudio es realizar una revisión sobre los criterios básicos para dirigir correctamente el entrenamiento de la fuerza orientada a la mejora de la de la velocidad de golpeo de la pelota en tenis.

MÉTODOS

Atendiendo a la escasa literatura sobre el tópico de la revisión y con el objetivo de aportar una información amplia, se consideró la inclusión de documentos con diferente peso científico realizando una búsqueda a diferentes niveles. Por un lado, se incluyeron manuscritos de revistas con proceso de revisión a ciegas por pares en bases de datos de ámbito internacional (ISI Web of Knowledge, PubMed y Medline) y nacional (CINDOC y Dialnet), utilizando las palabras clave: tenis, entrenamiento, fuerza y velocidad de golpeo. Por otro lado, se incluyeron las principales páginas web y revistas digitales del ámbito tenístico federativo e institucional así como trabajos significativos del entrenamiento de las capacidades físicas en el tenis de competición. La



búsqueda bibliográfica incluyó documentos publicados desde el 1982 hasta el 2011 y fue realizada entre el 1 de noviembre de 2010 y el 15 de enero de 2011. Una vez recopilados los documentos, se llevó a cabo la revisión de los mismos que sirvió para identificar las principales orientaciones del entrenamiento de la fuerza encaminada a la mejora de la velocidad de golpeo en tenis.

LA ACCIÓN TÉCNICA DE GOLPEO

Un tenista golpea un promedio de 2,5 - 3 tiros por intercambio dependiendo de su estilo de juego, tipo de pelota, superficie, género o estrategia (Fernández et al., 2006), y en jugadores profesionales masculinos se ha observado una frecuencia de golpeo de $44 \pm 0,6$ golpes por minuto (Morante y Brotherhood, 2006).

Durante la acción de golpeo, el jugador dispone de poco tiempo para aplicar la fuerza, y este corto espacio de tiempo viene determinado por la elevada velocidad del gesto técnico. El tiempo de contacto entre la raqueta y la pelota es de 0,003 a 0,006 segundos (Renström, 2002), y durante este reducido tiempo de contacto, la raqueta acompaña a la pelota de 0 a 10 cm, en función de la fuerza del golpe (Federación Alemana de Tenis, 1979). Se han medido picos de velocidad de la raqueta en el servicio de 100 a $116 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, que corresponden a velocidades de la pelota de 134 a $201 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (Chandler, 1995), y velocidades de $122,0 \pm 9,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ en el golpe de derecha y $111,1 \pm 7,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ en el golpe de revés (Fernández et al., 2010). Por lo tanto, parece evidente que, en este entorno, adquiere especial importancia la fuerza útil o funcional, o aquella que se produce a la velocidad específica y en el tiempo específico de competición (González Badillo, 2000).

La potencia en el golpeo se genera a través de una transferencia de torques de la cadena cinética corporal formada por el tronco, cadera y piernas y requiere una elevada manifestación de fuerza explosiva tanto en los miembros superiores para acelerar la raqueta, como en el tren inferior para transmitir la fuerza final al brazo por medio de la cadena cinética (Elliot et al, 2003).

La acción técnica de golpeo normalmente es unilateral (excepto en el caso del revés a dos manos y en raras ocasiones derecha o voleas a dos manos) y determina el carácter asimétrico del deporte. Por otro

lado, la ejecución repetitiva del gesto técnico provoca descompensaciones entre la musculatura agonista y antagonista implicadas en algunos gestos técnicos (Ellenbecker et al., 2009). A modo de ejemplo, en el caso del servicio, los rotadores internos del hombro son uno de los responsables de imprimir aceleración a la raqueta, lo cual provoca que se observen elevados niveles de fuerza explosiva en este grupo muscular, acompañados en muchos casos de una movilidad articular reducida y sobrecarga debido a la práctica. En cambio, los rotadores externos, son los responsables de frenar el movimiento en el servicio y en muchos casos se observan inadecuados niveles de fuerza, produciéndose desequilibrios musculares en la articulación del hombro (Roetert y Ellenbecker, 2008).

ACCIONES MUSCULARES Y MANIFESTACIONES DE FUERZA

En las acciones de golpeo, principalmente se da una manifestación reactiva de la fuerza, aunque también existe la manifestación estática a nivel del brazo dominante en el agarre de la raqueta. Las necesidades de fuerza máxima en los golpes son bajas (González Badillo y Ribas, 2002; Cardoso, 2005), siendo importante la capacidad de aplicar fuerza ante resistencias ligeras (raqueta y pelota). La pelota pesa entre 56,0 - 59,4 gr. (International Tennis Federation, 2011), y la raqueta, si bien no hay nada establecido reglamentariamente, actualmente puede oscilar entre los 250 y 350 gr. según la marca y el modelo.

La mayoría de ejecuciones técnicas se realizan con una fase de estiramiento previo siendo determinante la manifestación de fuerza elástico-explosiva (Elliot et al., 2003; Reid, 2008; Ortiz, 2004; Calvo, 2007). Unos adecuados niveles de esta manifestación de fuerza permitirán obtener la velocidad gestual, o rapidez segmentaria, necesaria para acelerar la raqueta, con el objetivo de alcanzar una velocidad de pelota óptima. En estas acciones, cabe destacar tanto la importancia de las acciones musculares concéntricas para acelerar el brazo en los golpes, como las acciones musculares excéntricas responsables de frenar el movimiento del brazo y raqueta después del golpe (Ellenbecker et al., 2009; Kovacs et al., 2008).

Por otro lado, debemos considerar que las acciones de juego se dan un promedio de 270 veces



durante un partido, entre 300 y 500 si es al mejor de 5 sets y entre 200 y 340 si es al mejor de 3 sets (Deutsch et al., 1988), y en competiciones de Grand Slam se pueden ejecutar entre 806 y 1445 golpes por partido (Weber, 2003). A modo de ejemplo y atendiendo al servicio como golpe que exige una mayor aplicación de fuerza, el ganador del US Open del 2003 realizó 7 partidos, jugando 120 juegos al servicio con una media de $7,8 \pm 3,2$ servicios por juego y aproximadamente un total de 1000 servicios (Johnson y McHugh, 2006). Por lo tanto, existe una evidente necesidad de mantener los elevados índices de manifestación reactiva de la fuerza durante toda la competición, adquiriendo una especial relevancia la resistencia a la fuerza explosiva. En esta línea, se han observado disminuciones de la fuerza máxima (-9%) y disminuciones significativas de la fuerza explosiva después de 30 minutos de partido (Girard et al., 2006).

ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA DINÁMICA MÁXIMA

La fuerza dinámica máxima (FDM) es la fuerza máxima que el sistema neuromuscular es capaz de ejercer con contracción voluntaria dentro de una secuencia motora (Weineck, 2005). No obstante, no siempre el que manifiesta más fuerza con una carga relativa alta es el que más fuerza manifiesta con cargas relativas ligeras (González Badillo, 2000). En este sentido, Elliot (2001) observa que es cuestionable si una mayor fuerza produce de forma natural un incremento en la aceleración de raqueta. Aunque no se sabe con exactitud si el entrenamiento con sobrecargas puede tener efectos positivos sobre el rendimiento en tenis (Sanchis, 2002), la literatura científica parece apuntar que unos adecuados niveles de FDM tienen efectos positivos sobre el aumento de velocidad de golpeo en el tenis (Kraemer et al., 2003; Kraemer et al., 2000; Signorile et al., 2005; Pugh et al., 2003; Cohen et al., 1994). En este sentido, Garrido et al. (2007) opinan que existe una correlación entre la FDM y la fuerza útil en el tenis, aunque esta relación no sea concordante; es decir, a aumentos similares de FDM no tienen por qué corresponderle aumentos similares de fuerza útil.

Kraemer et al. (2003) y Kraemer et al. (2000), en un estudio longitudinal de 9 meses en jugadoras de tenis observaron aumentos en la

velocidad de pelota en los golpes de derecha, revés y servicio ($P < 0.05$), asociados a incrementos de FDM. Signorile et al. (2005) encontraron relaciones estadísticamente significativas entre la velocidad del servicio y el pico máximo de fuerza isocinética en un movimiento de lanzamiento diagonal a $1,57 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ($P = < 0,0001$), a $3,14 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ($P = < 0,0001$) y a $4,71 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ($P = < 0,0001$). En esta misma línea, Cohen et al. (1994) encontraron relaciones estadísticamente significativas entre la velocidad de servicio y el pico de fuerza isocinética en la extensión del codo ($P < 0.01$). Pugh et al. (2003) encuentran que los niveles de fuerza de agarre, extensión de rodilla y rotación de hombro parecen estar moderadamente relacionados con la velocidad de la pelota en el servicio en jugadores masculinos expertos. Los mismos autores apuntan que las moderadas correlaciones encontradas sugieren que la fuerza no es el único factor involucrado en la producción de velocidad en el servicio, y que un cierto nivel de fuerza es necesario pero no suficiente para generar velocidad en el servicio.

Si bien parece que el entrenamiento de FDM puede tener efectos beneficiosos en el aumento de velocidad de golpeo del tenista, también es cierto que se trata de una manifestación de fuerza que se aleja notablemente de la velocidad en la que se aplica la fuerza en el tenis. A modo de ejemplo, la fuerza máxima durante un *press* de banca se alcanza alrededor de los 400 ms, mientras que el movimiento de la raqueta hacia adelante de un golpe de derecha dura un poco más de 120 ms (Reid, 2004). En este sentido, Reid y Schneiker (2008) apuntan que, aunque el entrenamiento a estas elevadas intensidades normalmente significa que las contracciones se realizan a velocidades de ejecución bajas o moderadas, se ha argumentado que la intención de actuar con rapidez, en lugar de la velocidad real alcanzada en el movimiento, es crucial para desarrollar elevadas tasas de potencia. En esta misma línea, González Badillo (2000) observa que la fuerza explosiva máxima se puede mejorar con todas las cargas, siempre que la rapidez en la producción voluntaria de la fuerza sea máxima o casi máxima. En los deportes explosivos como el tenis, el entrenamiento de FDM puede influir positivamente en la potencia de salida mediante la reducción de la resistencia relativa de las cargas, aumentando el tamaño del músculo y las fibras musculares de tipo II



y mediante la activación de unidades motoras (Reid y Schneiker, 2008; Reid, 2004).

Por otro lado, aunque existe una relación entre el nivel de FDM y el área transversal del músculo (Billat, 2002; Willmore y Costill, 2007), diferentes autores señalan los inconvenientes de un desarrollo de la FDM orientado al aumento de la hipertrofia muscular (COE, 1993; Reid y Schneiker, 2008; International Tennis Federation, 2003). Aparicio (1998) opina que un desarrollo excesivo de la fuerza traería consigo solamente un ligero aumento de la FDM con un posible incremento significativo de peso, que en absoluto sería rentable en un deporte como el tenis, en el que hay que realizar cientos de cambios de dirección y golpes.

El entrenamiento de FDM debe realizarse sin excesivas repeticiones por serie para no estimular la hipertrofia (Reid y Schneiker, 2008). La mejora y mantenimiento de la FDM se busca a expensas de factores neurales mediante el incremento de la activación nerviosa, la óptima sincronización de unidades motoras y la activación conjunta de distintos grupos musculares mejorando los procesos intra e intermusculares, reclutamiento, frecuencia de estímulos y sincronización (González y Ribas, 2002; Cometti, 2007; Reid y Schneiker, 2008). En este sentido, Sarabia et al. (2010) constatan que el entrenamiento con sobrecargas en jugadores de tenis jóvenes (15.44 ± 0.71 años), fundamentado en el mantenimiento de la velocidad dentro de unos límites óptimos individuales (en el rango del 90% de la máxima potencia desarrollada), produjo unas mejoras cinéticas y cinemáticas tanto en el tren superior como inferior. Los autores observaron que esta metodología de entrenamiento de la fuerza, sin llegar al fallo muscular y sin que haya una disminución de la eficiencia mecánica, produjo mejoras significativas de la potencia. Esto facilitaría la optimización de las cargas reduciendo sensiblemente los volúmenes de entrenamiento y el estrés tisular, evitando sesiones excesivamente largas, minimizando los riesgos de lesión y reduciendo los tiempos de recuperación entre sesiones (Sarabia et al., 2010).

La selección de las cargas más adecuadas para el entrenamiento dependerá de las necesidades de FDM y de la resistencia a vencer en el gesto específico (González Badillo, 2000). Debido a que en el tenis las necesidades de FDM son medias o bajas (Cardoso, 2005), ésta no es necesario desarrollarla mediante porcentajes máximos de una repetición

máxima (1RM), dependiendo del nivel y experiencia previa en el entrenamiento de la fuerza del jugador, se han propuesto utilizar cargas de entre el 50-80%, 70-85% o 65-85% de 1RM (González Badillo y Ribas, 2002; Ortiz, 2004; Reid et al., 2009).

ENTRENAMIENTO DE LA EXPRESIÓN ESPECÍFICA DE LA FUERZA O FUERZA ÚTIL

El objetivo final del entrenamiento de la fuerza para mejorar la velocidad de golpeo en el tenis es mejorar la fuerza útil o expresión específica de la fuerza explosiva, y por lo tanto, mejorar la habilidad de aplicar más fuerza en el tiempo que dura la acción concéntrica de aceleración de la raqueta hacia la pelota. Sanz y Ávila (2003) opinan que en el tenis no sirve de nada tener valores de FDM muy elevados en un determinado ejercicio si no es posible aplicar una parte al gesto específico de competición.

Para realizar entrenamientos de fuerza útil y favorecer que el entrenamiento va a tener una transferencia al rendimiento específico, es necesario utilizar medios que permitan ejecutar el gesto técnico, implicar los mismos grupos, cadenas musculares, rango de movimiento, velocidades de ejecución y que las resistencias externas sean próximas a las de competición (Sanchis, 2004; Ortiz, 2004). En este sentido, Signorile et al. (2005) realizan diversas correlaciones y análisis de regresión entre la velocidad de golpeo del servicio, derecha y revés, y el nivel de fuerza en la extensión de rodilla, rotación interna y externa de hombro, y lanzamiento diagonal evaluada mediante movimientos isocinéticos, constatando la importancia de los movimientos específicos de entrenamiento de la fuerza, para mejorar la velocidad de golpeo.

Por otro lado, es adecuado realizar ejercicios y buscar medios de entrenamiento que activen la cadena cinética específica del movimiento específico (Roetert et al., 2009). A modo de ejemplo, el servicio incluye una sumatoria de fuerzas, secuenciadas en gran medida de manera proximal a distal (piernas, tronco y brazo-raqueta) y requiere una secuencia de movimientos coordinados con el ritmo adecuado de cada segmento. La cadena cinética corporal se inicia mediante una media-flexión de rodillas, con los pies presionando sobre el suelo para aprovechar mejor el momento de reacción. Roetert et al. (2009) apuntan



como de forma significativa, el jugador Roger Federer, realiza una flexión - extensión de rodilla agresiva en ambas piernas. Según los mismos autores, esto respalda el valor de la prescripción de ejercicios de cadena cerrada que promuevan una potente extensión de la articulación de la rodilla, con un movimiento secuencial de la extremidad inferior (tobillo, rodilla y cadera).

La orientación del entrenamiento hacia la fuerza útil en el tenis puede combinarse con el entrenamiento de FDM o máxima potencia. Diversos autores (González y Ribas, 2002; Sanchiz, 2002; Ortiz, 2004; Cardoso, 2005; Reid, 2004) proponen la combinación de ejercicios de fuerza útil con ejercicios con cargas elevadas y/o medias buscando una transferencia al movimiento específico. Estas propuestas realizan una combinación pasando de ejercicios con cargas más elevadas (no máximas) que se realizan a menor velocidad orientando el efecto del entrenamiento hacia la fuerza, con ejercicios con cargas ligeras o sin cargas incidiendo sobre la velocidad específica y la fuerza útil, en los dos casos la velocidad de ejecución es la máxima posible. A modo de ejemplo, Ortiz (2004) recomienda simultanear el entrenamiento de fuerza máxima con el de fuerza rápida mediante ejercicios de cargada y arrancada de fuerza con pesos medios - bajos, pasando luego a ejercicios de tipo específico y de competición con cargas muy ligeras. González Badillo y Ribas (2002) apuntan que los cambios en la velocidad dentro de una estructura semejante pueden provocar un efecto sinérgico superior que el que se obtendría entrenando cada uno de los ejercicios por separado, los mismos autores proponen los siguientes ejercicios para realizar de manera consecutiva:

- Press de banca.
- Lanzamiento de balón medicinal posición de press de banca.
- Lanzamientos laterales de balón medicinal con un peso menor al anterior simulando el golpe de derecha.
- Golpeo de derecha a la máxima velocidad de ejecución.

En esta misma línea, se ha propuesto la combinación de ejercicios complementarios que presentan elementos comunes a la estructura del movimiento específico, buscando efectos sobre la fuerza y su posterior transferencia a la fuerza explosiva y máxima potencia ante cargas medias o ligeras. Así, Reid (2004) propone la combinación y emparejamiento de ejercicios de fuerza con ejercicios de velocidad comparables mecánicamente (figura 1).

ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA FUERZA

Se ha constatado que la fatiga disminuye la precisión de los golpes (Davey et al., 2002; Lees, 2003) e incrementa los errores de los golpes de fondo y el servicio (Vergauwen et al., 1998). González Badillo y Ribas (2002) observan que el entrenamiento de la resistencia a la fuerza debe realizarse principalmente a través del gesto específico de competición y su desarrollo en los deportes acíclicos será estimulado por la repetición en mayor o menor número, y con mayor o menor recuperación entre repeticiones y series, del propio gesto de competición. En este sentido, se han propuesto tareas de entrenamiento de la resistencia realizadas en la propia pista mediante la ejecución de golpeos (International Tennis Federation, 2003; Fernández et al., 2009) o tareas de carácter intermitente con golpes, carreras y saltos (Le Deuff, 2003). Por otro lado, es importante considerar que los jugadores de competición realizan volúmenes de entrenamiento técnico en pista de 3.7 ± 0.5 (2.5 - 4) horas diarias (Baiget, 2008), y que posiblemente esta carga de entrenamiento asociada a la repetición del gesto técnico puede ser un estímulo suficiente para el desarrollo de esta capacidad.

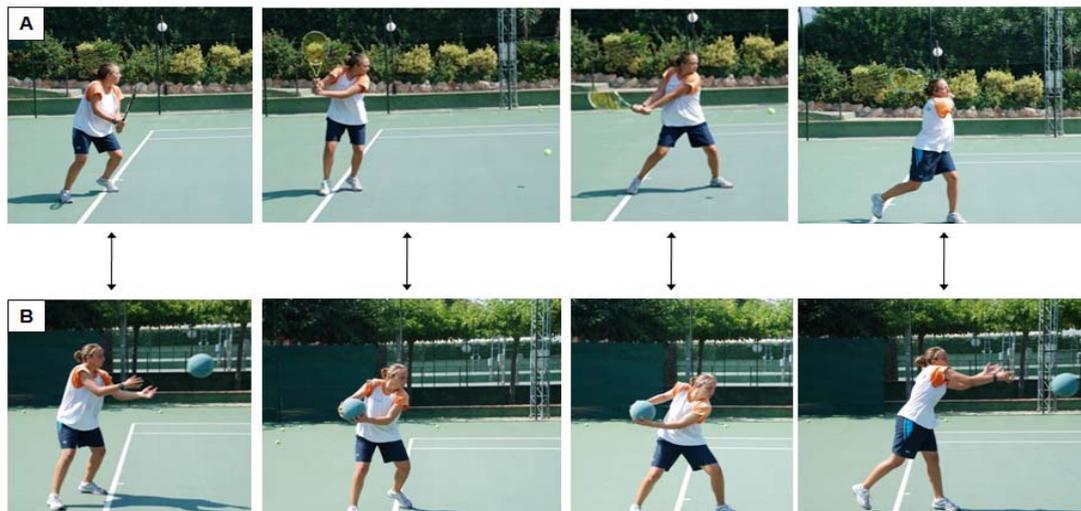


Figura 1. Emparejamiento de ejercicios comparables mecánicamente. Secuencia en la ejecución de un revés a dos manos (A) y lanzamiento de balón medicinal simulando un revés a dos manos (B).

MEDIOS DE ENTRENAMIENTO

Actualmente, en función de los objetivos de entrenamiento, se utilizan diferentes medios como son, entre otros, el trabajo con el propio peso corporal, lastres, pelotas medicinales, balones de equilibrio, gomas elásticas, máquinas de resistencia isoinercial, máquinas vibratorias o máquinas de resistencia neumática (International Tennis Federation, 2003; Kleinöder, 2009; Wakeham et al., 2009; Earp y Kraemer, 2010; Reid, 2000; Ellenbecker et al., 2009; International Tennis Federation, 1999; Faccioni et al., 2004; Fernández, 2009).

Referente al entrenamiento con sobrecargas, la utilización de pesos libres mediante barras o mancuernas debe prevalecer por encima de la utilización de máquinas (Ortiz, 2004). Aunque las máquinas pueden mostrar algunas ventajas, para un deporte como el tenis que se basa en gran medida en la propiocepción y la estabilidad durante el movimiento, es recomendable que los ejercicios sean libres y dinámicos con el fin de desarrollar y aumentar el equilibrio, al tiempo que se trabaja la fuerza y la velocidad (Faccioni et al., 2004). Los ejercicios libres tienen la habilidad de acomodar los cambios en la aplicación de la fuerza cuando se produce la aceleración, y la capacidad de acelerar es un factor crucial en la técnica específica del tenis. Por otro lado, y teniendo en cuenta que la generación de fuerza en las acciones técnicas del golpeo en el tenis se inicia por las piernas, es recomendable realizar

ejercicios de cadena cerrada (aquellos que el sujeto mantiene los pies en el suelo) en lugar de cadena abierta (generalmente realizados en máquinas) (Roetert et al., 2009). En esta línea, Fernández (2009) apunta que el aprendizaje de ejercicios de coordinación intermuscular (ej., movimientos olímpicos), puede ayudar al jugador a conseguir una mayor transferencia de fuerza entre el tren inferior y superior.

Referente a los medios utilizados para el entrenamiento de la fuerza útil, diferentes autores destacan la gran utilidad del entrenamiento mediante pelotas medicinales (Earp y Kraemer, 2010; Ortiz, 2004; Kovacs et al., 2007; Elliot et al., 2003; International Tennis Federation, 2003; International Tennis Federation, 1999; Pearson, 2007; Roetert y Ellenbecker, 2008; Elliot, 2001; Faccioni et al., 2004). En el tenis es de vital importancia crear la máxima velocidad angular del implemento para golpear la pelota eficientemente. La utilización de pelotas medicinales permite la ejecución de movimientos complejos y específicos del deporte realizados de forma específica y con una mayor resistencia a la observada durante la competición deportiva regular (Earp y Kraemer, 2010). Elliot (2001) observa que las poleas, la pliometría y los ejercicios con balón medicinal deben formar parte del entrenamiento porque todos ellos incorporan acciones de estiramiento – acortamiento. Wakeham et al. (2009) destacan las ejecuciones mediante máquinas



multifuncionales de resistencia neumática para el trabajo de potencia mediante ejercicios específicos realizados a la máxima potencia (> 90% esfuerzo voluntario máximo), asegurando un movimiento preciso y eficiente realizado a la máxima velocidad.

Dentro de los medios utilizados para el entrenamiento de la fuerza útil en el tenis, se pueden diferenciar entre los que utilizan resistencias iguales, superiores o inferiores a las de la propia competición:

- Iguales: golpes raqueta - pelota a la máxima velocidad de ejecución (figura 1A).
- Superiores: ejecuciones con raqueta lastrada (sin golpeo), ejecuciones con mancuernas de peso ligero (figura 2A), ejecuciones con gomas elásticas (figura 2B), lanzamientos de balones medicinales (figura 1B), ejecuciones mediante máquinas multifuncionales de resistencia neumática o ejecuciones con poleas (figura 3).
- Inferiores: ejecuciones con raquetas ligeras (sin golpeo).



Figura 2. Ejercicio de simulación del golpe de derecha con gomas elásticas (A) y mancuerna (B).

Referente a los nuevos medios que se están introduciendo en el entrenamiento de la fuerza en el tenis, Kleinöder (2009) observa que el entrenamiento mediante vibraciones mecánicas, cuando está correctamente planificado, puede jugar un rol preponderante en el acondicionamiento físico para tenis ya que mejora la preactivación muscular y el rendimiento del golpe. El autor recomienda incluir ejercicios de entrenamiento propioceptivo, trabajo dinámico de piernas como golpear y saltar, vibración

local y vibración de todo el cuerpo con el propio peso corporal y con carga adicional.

El entrenamiento en régimen excéntrico, tanto de los miembros inferiores como superiores, puede contribuir a maximizar el rendimiento del golpe, así como ayudar en la prevención de lesiones (Roetert et al., 2009; Kovacs, 2008), este medio de entrenamiento cobra cada vez más un papel más importante en el tenis (Fernández, 2009). Las máquinas de resistencia isoinercial (máquinas yo-yo) utilizan la inercia de una rueda para proporcionar resistencia. La *Versapulley* se basa en un cono colocado encima de una rueda flotante y permite realizar ejercicios de golpeo específicos en régimen de acción excéntrica (Figura 3).



Figura 3. Simulación del golpe de derecha mediante una máquina de resistencia isoinercial (*Versapulley*).

Por otro lado, existen algunos medios que se utilizan en mayor medida para la prevención de lesiones, como son las superficies esféricas inestables, gomas elásticas o pelotas de bajo peso (Ellenbecker et al., 2009), pero que también pueden contribuir a la mejora de velocidad de golpeo. Según Reid (2000) y Reid (2001) el entrenamiento con la pelota gigante puede usarse para complementar o mejorar un programa de fuerza en el tenis. El autor observa que los ejercicios que conllevan un aumento de la fuerza estabilizadora y una mejora en el alineamiento corporal, ayudarán al jugador a crear patrones de movimiento eficaces y potentes y, al mejorar la estabilidad a través del tronco, ayudará a que el jugador optimice y agrupe el *momentum* lineal, pero más específicamente, el angular durante la realización de sus golpes.



Las gomas elásticas o pelotas de bajo peso, son medios utilizados comúnmente para realizar ejercicios preventivos complementarios, el estrés repetitivo y las secuencias de carga crean desequilibrios musculares específicos del deporte que requieren intervenciones preventivas, consideradas útiles para disminuir riesgo de lesión. Estos medios se han utilizado principalmente para un trabajo compensatorio y preventivo de la articulación del hombro, especialmente para los rotadores externos. Los golpes requieren una fuerte rotación concéntrica interna del hombro para generar potencia y se produce un desequilibrio muscular entre el manguito rotador posterior (rotadores externos) y los rotadores internos. Unos rotadores externos fuertes son necesarios no sólo para estabilizar adecuadamente las articulaciones del hombro, sino que también deben contraerse excéntricamente para decelerar el brazo después de un servicio o golpe de derecha, y por lo tanto son propensos a lesiones musculares (Riewald y Ellenbecker, 2005).

PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

Existen muy pocas evidencias científicas sobre cuál es el mejor modelo de estructuración del entrenamiento en tenis (Mamassis, 2005; Reid et al., 2009). A modo genérico, el entrenamiento de la fuerza adquiere mayor relevancia en periodos alejados de la competición, no obstante es muy importante mantener valores adecuados durante el largo periodo competitivo manteniendo los estímulos a lo largo de la temporada, especialmente de fuerza rápida. La interrupción de 5 semanas de entrenamiento normal en tenistas de nivel competitivo produce reducciones significativas en la velocidad y potencia (Kovacs et al., 2007).

Ciclos de entrenamiento

Para el desarrollo de un ciclo completo de entrenamiento de la fuerza se han propuesto ciclos de cuatro fases (tabla 1). No obstante, considerando que un jugador profesional realiza una media de 60-80 partidos anuales (Behringer, 2009) y que el periodo competitivo abarca unos 11 meses al año (ATP, 2011), únicamente sería posible realizar un ciclo completo de fuerza por temporada, siendo la duración de este en la mayoría de casos, inferior a la propuesta por los autores.

Tabla 1. Características generales de las fases (A) y duración (B) de un ciclo completo de entrenamiento de la fuerza orientada a la mejora de la velocidad de golpeo en tenis.

| Autor (año) | | 1ª Fase | 2ª Fase | 3ª Fase | 4ª Fase |
|----------------------------------|----------|--|--|--|--|
| González Badillo y Ribas, (2002) | A | Fuerza máxima y fuerza explosiva | Fuerza máxima, fuerza explosiva y fuerza específica | Mantener la fuerza máxima y mejorar la fuerza explosiva, la máxima potencia y la fuerza específica | Optimizar la manifestación de fuerza específica y mantener la fuerza máxima, la fuerza explosiva y la máxima potencia |
| | B | 3 - 6 semanas | 3 - 4 semanas | 3 - 4 semanas | 3 - 4 semanas |
| Reid et al. (2009) | A | Intensidades submáximas. Fuerza básica, atención sobre la técnica: 3 series x 8-12 rep. (50-75% 1RM) | Progresar en la fuerza. Fuerza básica y prevención de lesiones: 3- 4 series x 6-10 rep. (60-85% 1RM) | Fuerza máxima y potencia: 2- 5 series x 4-8 rep. (65-85% 1RM) | Potencia y movimientos específicos: 2- 4 series x 3-6 rep. (70-95% 1RM), mas una sesión @ 30-50% 1RM. Ejercicios pliométricos, movimientos a elevada velocidad |
| | B | 8 semanas | 6 semanas | 6 semanas | 4 semanas |
| Mamassis, (2005) | A | Entrenamiento con pesas. 4 series x 15 RM | Entrenamiento con pesas. 4 series x 8 RM | Entrenamiento con pesas. 4 series x 6 RM | Ejercicios pliométricos |
| | B | 3 semanas | 2 semanas | 3 semanas | 2 semanas |



En los ejemplos propuestos (tabla 1) y a modo genérico, parece que la proporción de trabajo de FDM aumenta durante las dos o tres primeras fases para ir reduciéndose cuando el tenista se acerca a la competición. Paralelamente, aumenta el entrenamiento de fuerza explosiva con cargas ligeras y a alta velocidad de ejecución y la utilización de ejercicios específicos, intentando por otro lado, seguir manteniendo unos óptimos niveles de FDM. En esta línea, Sanchis (2002) propone mejorar y controlar la evolución de la FDM a lo largo de la temporada, para que cuando se aproxime la competición únicamente sea necesario mejorar la capacidad de aplicar fuerza ante cargas más ligeras y conseguir valores de fuerza más elevados.

Entrenamiento durante las fases competitivas

El entrenamiento durante el periodo competitivo puede ser muy diverso en función de diferentes aspectos como son las características del jugador, ubicación dentro de la temporada, tiempo disponible hasta el próximo partido o el lugar donde se encuentra el jugador y el material al cual puede acceder. No obstante, la mayoría de autores coinciden en otorgar importancia al entrenamiento de la fuerza específica.

González y Ribas (2002) sugieren entrenar la fuerza siempre que se pudiera hacer el entrenamiento al menos después de 48 horas de recuperación desde la competición y quedaran otras 48 horas antes de la siguiente competición. Este entrenamiento sería de muy corta duración, centrándose en entrenamientos de fuerza explosiva con cargas ligeras y a alta velocidad y entrenamientos de fuerza específica con resistencias ligeramente superiores a las de competición. La ITF (2003) recomienda entre una a dos sesiones de entrenamiento de fuerza semanal y que incluya ejercicios específicos mediante la utilización de pelotas medicinales o mancuernas. Roetert y Ellenbecker (2008) observan que en periodos competitivos se deben incluir ejercicios que mejoren toda la cadena cinética, movimientos similares al tenis incluido el movimiento de rotación. Cardoso (2005) recomienda un formato mixto alternando cargas altas y bajas, tanto dentro de la misma sesión como durante la semana.

CONCLUSIONES

El objetivo final del entrenamiento de la fuerza para mejorar la velocidad de golpeo en el tenis es mejorar la fuerza útil o expresión específica de la fuerza explosiva, siendo importante la capacidad de aplicar fuerza ante resistencias ligeras como son la raqueta y pelota. Aunque las necesidades de FDM en los golpesos son bajas, la literatura científica parece apuntar que unos adecuados niveles de FDM ejercen efectos positivos sobre el aumento de velocidad de golpeo en el tenis. La mejora y mantenimiento de esta manifestación de fuerza se busca a expensas de factores neurales y su entrenamiento debe realizarse sin excesivas repeticiones por serie. Los entrenamientos de fuerza útil deben utilizar medios que permitan ejecutar el gesto técnico, implicar las mismas cadenas musculares, rango de movimiento o velocidades de ejecución. En este sentido, se ha propuesto la utilización de pelotas medicinales, mancuernas de peso ligero, gomas elásticas, máquinas multifuncionales de resistencia neumática o poleas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aparicio, J. (1998). *Preparación física en el tenis*. Madrid: Gymnos.
2. ATP. (2011). *ATP World Tour 2011 Calendar*. Disponible en <http://www.atpworldtour.com/Tournaments/Event-Calendar.aspx> [acceso febrero, 2011].
3. Baiget, E. (2008). *Valoración funcional y bioenergética de la resistencia específica en jugadores de tenis*. Tesis doctoral. Barcelona: Universidad de Barcelona. Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña.
4. Baiget, E.; Iglesias, X. & Rodríguez, F.A. (2008). Prueba de campo específica de valoración de la resistencia en tenis: respuesta cardiaca y efectividad técnica en jugadores de competición. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 3(93): 19-28.
5. Behringer, C. (2009). Training during competition periods. *ITF Coaching & Sports Science Review*, 16(47): 25-27.
6. Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del*



- entrenamiento, de la teoría a la práctica.* Barcelona: Paidotribo.
7. Birrer, R.B.; Levine, R.; Gallippi, L. & Tischler, H. (1986). The correlation of performance variables in preadolescent tennis players. *J Sports Med Phys Fitness*, 26(2): 137-9.
 8. Calvo, V. (2007). *Entrenamiento en pista del jugador de tenis.* Madrid: Set-Tenis & Pádel.
 9. Cardoso, M.A. (2005). Strength training in adult elite tennis players. *Strength and Conditioning Journal*, 27(5): 34-41.
 10. Chandler, T.J. (1995). Exercise training for tennis. *Clin Sports Med*, 14(1): 33-46.
 11. COE (Comité Olímpico Español). (1993). *Tenis II.* Madrid: COE (Comité Olímpico Español).
 12. Cohen, D.B.; Mont, M.A.; Campbell, K.R.; Vogelstein, B.N. & Loewy, J.W. (1994). Upper extremity physical factors affecting tennis serve velocity. *Am J Sports Med*, 22(6): 746-50.
 13. Cometti, G. (2007). *Los métodos modernos de musculación.* Barcelona: Paidotribo.
 14. Cross, R. & Pollard, G. (2009). Grand Slam men's singles tennis 1991-2009. Serve speeds and other related data. *ITF Coaching & Sport Science Review*, 16(49): 8-10.
 15. Davey, P.R.; Thorpe, R.D. & Williams, C. (2002). Fatigue decreases skilled tennis performance. *J Sports Sci*, 20(4): 311-8.
 16. Deutsch, E.; Deutsch, S.L. & Douglas, P.S. (1988). Exercise training for competitive tennis. *Clin Sports Med*, 7(2): 417-27.
 17. Earp, J.E. & Kraemer, W.J. (2010). Medicine ball training implications for rotational power sports. *Strength and Conditioning Journal*, 32(4): 20-25.
 18. Ellenbecker, T.S.; Pluim, B.; Vivier, S. & Sniteman, C. (2009). Common injuries in tennis Players: Exercises to address muscular imbalances and reduce injury risk. *Strength and Conditioning Journal*, 31(4): 50-58.
 19. Ellenbecker, T.S.; Roetert, E.P. & Riewald, S. (2006). Isokinetic profile of wrist and forearm strength in elite female junior tennis players. *Br J Sports Med*, 40(5): 411-4.
 20. Elliot, B. (2001). Biomecánica y ejecución de los golpes: implicaciones para el entrenador de tenis. *ITF Coaching & Sport Science Review*, 9(24): 2-3.
 21. Elliot, B.; Reid, M. & Crespo, M. (2003). *Biomecánica del tenis avanzado.* Londres: International Tennis Federation.
 22. Faccioni, A.; Pearce, A. & Fisher, D. (2004). Suggestions for designing a tennis-specific strength and conditioning program. *ITF Coaching & Sport Science Review*, 12(24): 7-11.
 23. Federación Alemana de tenis. (1982). *Escuela de campeones. Vol. 1-5.* Barcelona: Hispano Europea.
 24. Fernández-Fernández, J.; Kinner, V. & Ferrauti, A. (2010). The physiological demands of hitting and running in tennis on different surfaces. *J Strength Cond Res*, 24(12): 3255-64.
 25. Fernández, J. (2009). Trabajo de prevención de lesiones en el jugador de tenis. *e-coach*, 6: 41-46.
 26. Fernández, J.; Méndez-Villanueva, A. & Pluim, B.M. (2006). Intensity of tennis match play. *Br J Sports Med*, 40(5): 387-91.
 27. Fernández, J.; Sanz, D. & Méndez, A. (2009). A Review of the activity profile and physiological demands of tennis match play. *Strength and Conditioning Journal*, 31(4): 15-26.
 28. Gallach, J.E. (1993). *Entrenamiento físico del tenista.* En COE. *Tenis II* (pp. 192-273). Madrid: COE.
 29. Garrido, R.P.; Blasco, C.; Albert, A.R.; Poveda, E.J. & Mas, J. (2007). Valoración de la fuerza útil en tenis. *Apunts. Medicina de l'Esport*, (154): 82-7.
 30. Girard, O.; Lattier, G.; Micallef, J.P. & Millet, G.P. (2006). Changes in exercise characteristics, maximal voluntary contraction, and explosive strength during prolonged tennis playing. *Br J Sports Med*, 40(6): 521-6.
 31. Gonzalez Badillo, J.J. (2000). Concepto y medida de la fuerza explosiva en el deporte. Posibles aplicaciones al entrenamiento. *Revista de entrenamiento deportivo*, 14(1): 5-16.
 32. Gonzalez Badillo, J.J. & Ribas, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza.* Barcelona: INDE.
 33. Gusi, N. (1999). La preparación física del tenista. En



- Fuentes, J. P. *Enseñanza y entrenamiento del tenis. Fundamentos didácticos y científicos*. Cáceres: Universidad de Extremadura.
34. Hornery, D.J.; Farrow, D.; Mujika, I. & Young, W. (2007). An integrated physiological and performance profile of professional tennis. *Br J Sports Med*, 41(8): 531-6.
 35. International Tennis Federation. (1999). *Manual para Entrenadores Avanzados*. London: International Tennis Federation.
 36. International Tennis Federation. (2003). *Strength and Conditioning for Tennis*. London: International Tennis Federation.
 37. International Tennis Federation. (2011). *Rules of Tennis 2011*. Disponible en http://www.itftennis.com/shared/medialibrary/pdf/original/IO_54584_original.PDF [acceso febrero, 2011].
 38. Johnson, C.D.; McHugh, M.P.; Wood, T. & Kibler, B. (2006). Performance demands of professional male tennis players. *Br J Sports Med*, 40(8): 696-9.
 39. Kleinöder, H. (2009). Vibration training in elite tennis. *ITF Coaching & sport science review*, 16(47): 2-4.
 40. Kovacs, M.S. (2007). Tennis physiology: training the competitive athlete. *Sports Med*, 37(3): 189-98.
 41. Kovacs, M.S.; Pritchett, R.; Wickwire, P.J.; Green, J.M. & Bishop, P. (2007). Physical performance changes after unsupervised training during the autumn/spring semester break in competitive tennis players. *Br J Sports Med*, 41(11): 705-10.
 42. Kovacs, M.S.; Roetert, E.P. & Ellenbecker, T.S. (2008). Efficient deceleration: the forgotten factor in tennis-specific training. *Strength and Conditioning Journal*, 30(6): 58-69.
 43. Kraemer, W.J.; Hakkinen, K.; Triplett-Mcbride, N.T.; Fry, A.C.; Koziris, L.P.; Ratamess, N.A.; et al. (2003). Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. *Med Sci Sports Exerc*, 35(1): 157-68.
 44. Kraemer, W.J.; Ratamess, N.; Fry, A.C.; Triplett-McBride, T.; Koziris, L.P.; Bauer, J.A. et al. (2000). Influence of resistance training volume and periodization on physiological and performance adaptations in collegiate women tennis players. *Am J Sports Med*, 28(5): 626-33.
 45. Lees, A. (2003). Science and the major racket sports: a review. *J Sports Sci*, 21(9): 707-32.
 46. Mamassis, G. (2005). Changes in agility and speed after a 10-week periodized training program in male tennis players. *Medicine and Science in Tennis*, 10:4-5.
 47. Méndez-Villanueva, A.; Fernández-Fernández, J.; Bishop, D.; Fernández-García, B. & Terrados, N. (2007). Activity patterns, blood lactate concentrations and ratings of perceived exertion during a professional singles tennis tournament. *Br J Sports Med*, 41(5): 296-300.
 48. Morante, S. & Brotherhood, J. (2006). Match characteristics of Professional Singles Tennis. *Medicine & Science in Tennis*, 10(3): 12-13.
 49. Murias, J.M.; Lanatta, D.; Arcuri, C.R. & Laino, F.A. (2007). Metabolic and functional responses playing tennis on different surfaces. *J Strength Cond Res*, 21(1): 112-7.
 50. O' Donoghue, P. & Ingram, B. (2001). A notational analysis of elite tennis strategy. *J Sports Sci*, 19(2): 107-15.
 51. Ortiz, R.H. (2004). *Tenis: potencia, velocidad y movilidad*. Barcelona: Inde.
 52. Pugh, S.F.; Kovaleski, J.E.; Heitman, R.J. & Gilley, W.F. (2003). Upper and lower body strength in relation to ball speed during a serve by male collegiate tennis players. *Percept Mot Skills*, 97(3): 867-72.
 53. Reid, M. (2000). Improving tennis performance using a different type of ball: the swiss ball. *ITF Coaching & sport science review*, 8(22): 4-6.
 54. Reid, M. (2001). Working upper body strength and flexibility with the swiss ball. *ITF Coaching & Sport Science Review*, 9(23): 7-9.
 55. Reid, M. (2004). Complex training for tennis. *ITF Coaching & sport science review*, 12(32): 6-7.
 56. Reid, M.; Quinlan, G.; Kearney, S. & Jones, D. (2009). Planning and periodization for the elite junior tennis player. *Strength and Conditioning Journal*, 31(4): 69-76.
 57. Reid, M. & Schneiker, K. (2008). Strength and conditioning in tennis: current research and practice. *J Sci Med Sport*, 11(3): 248-56.



58. Renström, P. (2002). *Handbook of Sports Medicine and Science. Tennis*. Oxford: Blackwell Science.
59. Riewald, S. & Ellenbecker, T. (2005). The unbalanced tennis player. *ITF Coaching & Sport Science Review*, 13(37): 2-3.
60. Roetert, E.P. & Ellenbecker, T.S. (2008). *Preparación física completa para el tenis*. Madrid: Tutor.
61. Roetert, E.P.; Kovacs, M.; Knudson, D. & Groppe, J.L. (2009). Biomechanics of the tennis groundstrokes: Implications for strength training. *Strength and Conditioning Journal*, 31(4): 41-49.
62. Roetert, P. & Ellenbecker, T. (2000). *Preparación física completa para el tenis*. Madrid: Tutor.
63. Sanchis, J. (2002). Efectos de la competición sobre la fuerza dinámica máxima en el jugador de tenis de élite. Estudio de un caso. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 67: 28-44.
64. Sanchis, J. (2004). Consideraciones sobre el entrenamiento de la fuerza muscular en el tenis. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 18(1): 23-26.
65. Sanz, D. & Vila, F. (2003). Aplicación del entrenamiento de la fuerza en el tenis. La importancia del control del movimiento. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 71: 89-91.
66. Sarabia, J.M.; Juan, C.; Hernández, H.; Urbán, T. & Moya, M. (2010). El mantenimiento de la potencia mecánica en tenistas de categoría cadete. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 25: 51-74.
67. Signorile, J.F.; Sandler, D.J.; Smith, W.N.; Stoutenberg, M. & Perry, A.C. (2005). Correlation analyses and regression modeling between isokinetic testing and on-court performance in competitive adolescent tennis players. *J Strength Cond Res*, 19(3): 519-26.
68. Smekal, G.; Pokan, R.; von Duvillard, S.P.; Baron, R.; Tschan, H. & Bachl, N. (2000). Comparison of laboratory and "on-court" endurance testing in tennis. *Int J Sports Med*, 21(4): 242-9.
69. Smekal, G.; von Duvillard, S.P.; Rihacek, C.; Pokan, R.; Hofmann, P.; Baron, R.; et al. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Med Sci Sports Exerc*, 33(6): 999-1005.
70. Solanellas, F. (1995). *Valoración funcional de tenistas de diferentes categorías*. Tesis doctoral. Barcelona: Universidad de Barcelona. Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña.
71. Vergauwen, L.; Madou, B. & Behets, D. (2004). Authentic evaluation of forehand groundstrokes in young low- to intermediate-level tennis players. *Med Sci Sports Exerc*, 36(12): 2099-106.
72. Vergauwen, L.; Spaepen, A.J.; Lefevre, J. & Hespel, P. (1998). Evaluation of stroke performance in tennis. *Med Sci Sports Exerc*, 30(8): 1281-8.
73. Vila, C. (1999). *Fundamentos prácticos de la preparación física en el tenis*. Barcelona: Paidotribo.
74. Wakeham, T.R. & Jacobs, R. (2009). Preseason strength and conditioning for collegiate tennis players. *Strength and Conditioning Journal*, 31(4): 81-93.
75. Weber, K. (2003). Demand profile and training of running - speed in elite tennis. In International Tennis Federation. *Applied sport science for high performance*. Tennis. (pp. 41-48). Spain: International Tennis Federation.
76. Weber, K.; Pieper, S. & Exler, T. (2007). Characteristics and significance of running speed at the Australian Open 2006 for training and injury prevention. *Medicine and Science in Tennis*, 12(1): 14-17.
77. Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total*. Barcelona: Paidotribo.
78. Wilmore, J.H. & Costill, D.L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Paidotribo.

