

EL MANTENIMIENTO DE LA POTENCIA MECÁNICA EN TENISTAS DE CATEGORÍA CADETE

Sarabia, J. M.; Juan, C.; Hernández, H.; Urbán, T.; Moya, M.

Centro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández de Elche

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comprobar la eficiencia de un entrenamiento de fuerza para el tren inferior y superior, basado en el mantenimiento de la potencia mecánica en jugadores cadetes de tenis. 18 tenistas (10 en el grupo experimental y 8 en el grupo control) participaron en el estudio. Se realizó un periodo de adaptación anatómica (cinco semanas de duración) previo al periodo de intervención en el grupo experimental. El periodo de intervención tuvo una duración de seis semanas donde se trabajó con los ejercicios de bench-press con peso libre y semi-squat en máquina Smith, con una carga estable del 60% de la fuerza dinámica máxima. Se evaluaron previa y posteriormente al periodo de intervención la potencia desarrollada en el tren superior como inferior con diferentes tests, tanto directos como indirectos. Los resultados parecen indicar que la metodología de entrenamiento basada en el mantenimiento de la potencia mecánica es eficiente para la mejora de la potencia máxima, permitiendo una optimización de las sesiones y minimizando el trabajo residual.

Palabras clave: Fuerza, sobrecarga, fallo mecánico

ABSTRACT

The aim of this study was to test the efficiency of upper and lower limb strength training, based on the maintenance of mechanical power in young tennis players. Eighteen male players voluntarily agreed to participate in the study (10 in the experimental group and 8 in the control group). We performed an anatomical adaptation period (five weeks) before the intervention period in the experimental group. The intervention period lasted six weeks where they worked a bench-press exercise with free weights and semi-squat in the Smith machine (steady load of 60% of the maximum dynamic force). Before and after the intervention period, the players' upper and lower limb power was evaluated with different tests, both direct and indirect. The results suggest that the training methodology based on the maintenance of the mechanical power improved the maximum power, therefore allowing optimization of the length of the training session and minimizing residual training.

Key Words: strength, overloading, mechanical failure

Correspondencia:

Manuel Moya Ramón

Centro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández de Elche

Avenida de la Universidad s/n, 03202. Elche (Alicante)

mmoya@umh.es

Fecha de recepción: 22/06/2010

Fecha de aceptación: 15/11/2010

INTRODUCCIÓN

El tenis se caracteriza por una serie de esfuerzos breves y bastante intensos, alternados con periodos de recuperación más o menos completos. Generalmente, la media del tiempo de trabajo y recuperación durante un partido de tenis es de 5-10 s. y 10-20 s. respectivamente, con una ratio ejercicio-recuperación entre 1:1 y 1:5 (Docherty, 1982; Elliott, Dawson, y Pyke, 1985; Reilly y Palmer, 1994; Christmass, Richmond, Cable, Arthur, y Hartmann, 1998; Fernandez, Fernandez-Garcia, Mendez-Villanueva, y Terrados, 2005; Kovacs, 2004, 2007). Estos esfuerzos repetidos entre 100 y 350 veces como media en un partido (Le Deuff, 2003) representan entre el 20% y el 30 % en tierra batida y entre el 10% y 15% en pista rápida, de la duración total del partido (<1h a >4 h) (Bergeron, Maresh, Kraemer, Abraham, Conroy, y Gabaree, 1991; Ferrauti, Weber, y Wright, 2003). Desde el punto de vista mecánico, los jugadores de tenis golpean la bola una media de tres veces por punto, recorriendo una distancia media de 3 m para cada golpeo y un total de entre 8 y 12 m. durante un punto completo (Parsons y Jones, 1998; Weber, 2001). Si trasladamos estos datos a un partido completo, un jugador puede alcanzar los 1000 golpes y recorrer unos 3 Km aproximadamente (Reid y Schneiker, 2007). Estas características particulares del tenis, llevan consigo la necesidad de desarrollar principalmente las siguientes capacidades durante la preparación física del tenista: capacidad aeróbica, resistencia a la velocidad, flexibilidad y fuerza (Le Deuff, 2003; Kovacs, 2007).

Entre las distintas manifestaciones de fuerza, Bompa (2000) establece como necesario el desarrollo de la fuerza resistencia y dentro de esta, la potencia-resistencia debido a la importancia que la fuerza tiene en determinados gestos técnicos del tenis y que éstos se deben repetir de forma continuada durante un partido. Así mismo, la fuerza reactiva necesaria para los rápidos cambios de dirección y los procesos de aceleración y desaceleración que se producen en el tenis, imprescindibles para alcanzar una bola o imprimir una gran velocidad a la misma.

La efectividad de un programa de fuerza depende de una serie de variables como son: la intensidad, el volumen, el ejercicio elegido, el descanso, la velocidad de movimiento y la frecuencia de entrenamiento entre otras (Kraemer y Ratamess, 2004).

En cuanto a la intensidad, expresada como el porcentaje de una repetición máxima (1RM), no hay una tendencia clara en la literatura científica que establezca un valor óptimo para generar la máxima potencia en cada tipo de ejercicio. Tradicionalmente, la generación de la máxima potencia se ha relacionado con velocidades de acortamiento de aproximadamente el 30% de la máxima velocidad, a un nivel de fuerza del 30% de la fuerza isométrica máxima y/o entre las cargas de 30% - 45% de 1RM (Kaneko, Fuchimoto, Toji, y Suei, 1983; Mastropaolo, 1992; Moritani, 1993; Faulkner, Claflin, y McCully, 1986; Josephson, 1993; Toji, Kensasu, y Kaneko, 1997;

Newton y cols., 1997). Izquierdo, Häkkinen, González-Badillo, Ibáñez, Gorostiaga (2002) encontraron en un estudio con deportistas de diferentes modalidades, entre ellos lanzadores, que la máxima potencia en las extremidades inferiores en un ejercicio de semi-squat se alcanzaba con cargas del 45% y 60% de 1RM, mientras que la máxima potencia en las extremidades superiores en un ejercicio de press banca se obtenía con cargas del 30% y 45% de 1RM, obteniendo también buenos resultados, con cargas del 60% de 1RM. En línea con estos resultados, otro estudio mostró que una intensidad entre el 40% - 60% de 1RM en press banca y entre el 50% - 70% en squat (con una ejecución a la máxima velocidad), son necesarias para el máximo desarrollo de la potencia en estos dos ejercicios concretos (Siegel, Gilders, Staron, y Hagerman, 2002).

En cuanto al volumen, referido al número de series y repeticiones por ejercicio o sesión de entrenamiento, también existen discrepancias sobre cuál debe ser la magnitud óptima para conseguir los mayores beneficios en el desarrollo de la fuerza y la potencia. Aquí se abre un debate entre si el número de repeticiones debe prolongarse hasta el fallo muscular (incapacidad de completar una repetición en todo el rango de movimiento debido a la fatiga) como indican los programas de entrenamiento tradicionales con sobrecargas o si por el contrario no se debería llegar a él, intentando mantener una velocidad de ejecución óptima en todas las repeticiones de la serie, como señalan los programas de entrenamiento basados en el mantenimiento de la potencia mecánica. A pesar de la importancia de la elección del número de repeticiones, muy pocos estudios han aportado información sobre el número óptimo de repeticiones que permiten mantener una elevada velocidad de ejecución según los distintos niveles de intensidad de carga (Lawton, Cronin, y Lindsell, 2006; Mookerjee y Ratamess, 1999).

La tecnología aplicada al deporte ha permitido desarrollar algunos instrumentos necesarios para determinar en ciertos movimientos dinámicos, algunas variables que son de gran utilidad para desarrollar un programa de fuerza. El dinamómetro isoinercial permite medir el tiempo y el espacio de desplazamiento de la barra y por lo tanto determinar los datos de velocidad, aceleración, fuerza, potencia, etc. Esto permite una gran variedad de aplicaciones prácticas para el control del entrenamiento de la fuerza: la determinación de la curva de fuerza-velocidad, la curva de potencia-carga, el déficit de la fuerza o las repeticiones óptimas para desarrollar la máxima potencia mecánica en cada ejercicio. Por lo tanto, su utilización parece muy interesante debido a que solamente con el dinamómetro es posible conocer con exactitud la velocidad de cada una de las repeticiones ejecutadas durante una serie.

En cuanto al número de series, también hay pocos estudios que comparen directamente programas de entrenamiento de fuerza, con diferente número de series.

Esta circunstancia crea numerosos problemas a los profesionales en el diseño de programas de fuerza y acondicionamiento muscular. En la mayoría de estudios científicos donde se ha establecido el número de series por ejercicio se ha encontrado generalmente que entre dos y seis series por ejercicio se produce un aumento significativo en la fuerza muscular tanto en individuos entrenados como no entrenados (Berger, 1962; Rhea, Alvar, Burkett, y Ball, 2003; Campos y cols, 2002).

El tiempo de descanso es también un elemento muy importante en el diseño de un programa de entrenamiento que depende tanto de la intensidad del mismo, como de los objetivos que se persiguen, la condición física del deportista y el sistema energético solicitado (Kraemer y Ratamess, 2004). Está contrastado en la literatura científica que distintos tiempos de recuperación entre series, cuando se ejecutan series continuas de un ejercicio determinado, producen efectos distintos en la fatiga, influyendo en el número total de repeticiones ejecutadas o en la velocidad de ejecución de las mismas y produciendo como consecuencia una disminución en la potencia muscular (Willardson y Burkett, 2005). Periodos de descanso de al menos 3-5 min. para el entrenamiento de fuerza máxima o potencia en ejercicios multiarticulares han sido recomendados por el American College of Sports and Medicine (2009). Diversos estudios parecen apoyar estas recomendaciones, como el llevado a cabo por Abdessemed, Hautier, Poumarat, Bedu (1999), quienes observaron que un periodo de 3 y 5 min. fue suficiente para mantener la potencia de ejecución de 10 series de 6 repeticiones al 70% 1RM; mientras que un periodo de 1 min. de recuperación producía un descenso de la potencia de forma progresiva a lo largo de las series. Así mismo, numerosos estudios han demostrado que cuando se utilizan cargas submáximas entre el 50% y 90% de 1RM, con intervalos de descanso entre series de entre 3 y 5 min., esto permitía que se completaran un mayor número de repeticiones por serie (Kramer y cols., 1997; Todd, Sjuts, Krosch, Conley, Evetovich, 2001; Richmond y Godard, 2004; Willardson y Burket, 2005, 2006). Incluso algunos estudios longitudinales, han mostrado un mayor desarrollo de fuerza cuando se comparan periodos de recuperación entre 2-3 min. y periodos de 30 – 40 s. (Robinson y cols., 1995).

Además, el desarrollo de la fuerza y la potencia depende de la liberación de energía por vía anaeróbica, principalmente a través de los fosfágenos (ATP-PC) cuya resíntesis requiere de 3 a 5 min. (Harris y cols., 1976; Fleck, 1983). Esto enfatiza la importancia de la recuperación durante el entrenamiento de la potencia, ya que se requiere la máxima disponibilidad de los sustratos energéticos antes del comienzo de una serie, para que la ejecución de cada una de las repeticiones se realice con la mínima fatiga o sin ella y evitar así una disminución en la velocidad de movimiento.

La velocidad de movimiento es otro factor muy importante, teniendo en cuenta que la potencia mecánica desarrollada en un determinado ejercicio es el producto de la fuerza por la velocidad. Bosco (1991) sugirió que durante el entrenamiento de la fuerza y la potencia, únicamente se deberían ejecutar aquellas repeticiones en las que se pudiera mantener una elevada potencia, o lo que es lo mismo, una elevada velocidad (90% de la máxima potencia desarrollada para cada intensidad de carga). En la misma línea parecen manifestarse González-Badillo y Ribas (2002) quienes afirman que: «una pérdida excesiva de velocidad en una serie durante la realización del ejercicio cambia las características del mismo, y el efecto producido puede depender del grado de pérdida de velocidad» (p. 145). Así, establecen que una reducción en más del 5–10 % de la velocidad de ejecución, podría desviar el efecto del entrenamiento hacia la resistencia, favorecer la estimulación de las fibras lentas y la transformación de fibras IIB en IIA (Fry, 2004), en lugar de estimular de forma prioritaria la velocidad de acortamiento muscular y la máxima potencia. Por el contrario, estos mismos autores sostienen: «si la velocidad es máxima o muy elevada en cada repetición se obtiene la máxima eficacia de la carga utilizada, se desarrolla la máxima potencia posible, se mejoran los procesos neurales y se mejora la velocidad de activación del músculo en acciones concéntricas» (p. 148). Por lo tanto, para desarrollar la máxima velocidad únicamente son esenciales aquellas repeticiones que permitan el mantenimiento de la máxima potencia, lográndose de ese modo una óptima transferencia del entrenamiento de fuerza a las habilidades motrices específicas (Legaz-Arrese, Reverter-Masía, Munguía-Izquierdo, y Ceballos-Gurrola, 2007). En su estudio Munn, Herbert, Hancock, y Gandevia (2005) encontraron que durante un periodo de entrenamiento de más de seis semanas en individuos no entrenados, la ejecución de los ejercicios a una velocidad más rápida (1:1) mejoraba la fuerza en un 11% comparado con la ejecución a una velocidad más lenta (3:3).

Otra de los grandes variables a tener en cuenta en el diseño de un programa de fuerza es la frecuencia de entrenamiento, normalmente expresada como el número de sesiones de trabajo por semana. La frecuencia depende de numerosos factores como el volumen, la intensidad, el número de ejercicios elegido, condición física del deportista, capacidad de recuperación, etc. Numerosos estudios han usado frecuencias de 2 o 3 días alternos por semana en personas desentrenadas (Candow y Burke, 2007; Dudley, Tesch, Miller, y Buchanan, 1991; Hickson, Hidaka, y Foster, 1994). Ambas frecuencias se han mostrado efectivas inicialmente, mientras que frecuencias de 1 o 2 días por semana parecen ser más efectivas para el mantenimiento de la fuerza en aquellos individuos que ya han desarrollado un entrenamiento de fuerza (Graves y cols., 1988). Candow y Burke (2007) comprobaron en su estudio que tres días de entrenamiento a la semana producían similares ganancias de fuerza que dos días de

entrenamiento, cuando el volumen se equiparaba. Así mismo, el American College of Sports Medicine (2009) recomienda para los deportistas neófitos en el entrenamiento de fuerza una frecuencia de 2-3 días alternos por semana.

En cuanto a la selección de ejercicios, la literatura científica parece inclinarse preferentemente por los ejercicios múlti-articulares, como press de banca y sentadilla, ya que requieren respuestas neurales complejas (Chilibeck, Calder, Sale, y Webber, 1988) y por lo general se han considerado más eficaces para aumentar la fuerza muscular y la potencia, ya que implican una mayor masa muscular y por lo tanto permiten la movilización de grandes masas (Fleck y Kraemer, 1997; Stone y cols., 1998). Por lo que respecta al debate entre el uso de máquinas de musculación o peso libre, las primeras parecen mostrarse más seguras en su utilización, así como más fáciles de aprender, además de facilitar a los principiantes la ejecución de algunos ejercicios que son difíciles de realizar con pesos libres (ej.: la extensión de la rodilla). Las máquinas ayudan a estabilizar el cuerpo y limitan el movimiento sobre las articulaciones específicas que participan de forma sinérgica en la producción de fuerza. Sin embargo, los ejercicios realizados en máquinas han demostrado una menor activación neuronal cuando los comparamos con los mismos ejercicios ejecutados con pesos libres (McCaw y Friday, 1994). A diferencia de las máquinas, los pesos libres pueden dar lugar a un patrón de coordinación intra e intermuscular que imita el movimiento requerido para una tarea específica. Tanto pesos libres y máquinas son eficaces para aumentar la fuerza. Las investigaciones demuestran que el entrenamiento con pesos libres conduce a mayores mejoras en los test de peso libre y el entrenamiento con máquinas produce un mayor rendimiento en los test en máquina (Boyer, 1990). Cuando se utiliza un test neutral, las mejoras de fuerza producidas por la utilización de pesos libres o máquinas se muestran similares (Willoughby y Gillespie, 1990). La decisión de incorporar pesos libres o máquinas debe basarse en el nivel de formación y familiaridad con los movimientos de los ejercicios específicos, así como en el objetivo principal del entrenamiento.

Teniendo en cuenta las exigencias competitivas del tenis moderno, que hacen necesario la optimización de los periodos de entrenamiento y las aportaciones de los numerosos estudios relativos al diseño de un programa de fuerza, el propósito de este estudio fue comprobar la eficiencia de un entrenamiento de fuerza utilizando intensidades del 60% de la fuerza dinámica máxima (FDM) para el tren inferior y superior, basado en el mantenimiento de la potencia mecánica en jugadores cadetes de tenis. Con la individualización de la carga de entrenamiento y la metodología de trabajo utilizada, se hipotetiza que se obtendrán mejoras significativas en el desarrollo de la potencia tanto en tren superior como inferior, además de una optimización del tiempo de entrenamiento.

MÉTODO

Participantes

Participaron en el estudio 18 jóvenes tenistas, todos ellos varones, con más de cinco años de práctica deportiva en el tenis y una frecuencia de entrenamiento semanal mínima de tres sesiones de forma regular. Todos los participantes fueron informados de los riesgos y beneficios del estudio y aportaron un documento con el consentimiento expreso de los padres, siguiendo la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Los participantes fueron divididos en dos grupos: un grupo experimental compuesto por 10 tenistas y un grupo control compuesto por 8 tenistas (Tabla 1).

TABLA 1
Descripción de los sujetos de la muestra.
Los datos se presentan como media \pm desviación típica

	Edad (años)	IMC	Masa (kg)	Estatura (cm)
Participantes (n=18)	15.44 \pm 0.71	21.49 \pm 2.98	63.26 \pm 8.41	171.68 \pm 4.99
Experimental (n=10)	15.60 \pm 0.70	22.19 \pm 2.43	65.56 \pm 7.25	171.92 \pm 4.31
Control (n=8)	15.25 \pm 0.71	20.61 \pm 3.53	60.39 \pm 9.35	171.38 \pm 6.04

Instrumentos

- Antropómetro, marca Harpenden.
- Bascula, marca Oregon scientific, modelo GR101.
- Plicómetro, marca Holtain.
- Plataforma de contacto, marca Globus.
- Ergo-Tester, marca Globus.
- Radar deportivo, marca Radar Sport (modelo: SR 3600).
- Balón medicinal de 3kg.
- Dinamómetro isoinercial, marca T-Force. Frecuencia de muestreo de 1000Hz.
- Dos fotocélulas infrarrojas, marca Globus.
- Cronógrafo, marca Casio (modelo: HS-30).
- Batería de Saltos de Bosco (Bosco, 1994).
- Maquina Smith, marca Gervasport
- Barra de diámetro estándar (25 mm) y 1,82 m de longitud, marca Gervasport.
- Formulación indirecta del RM de Brzyki (1993):

$$1RM = \text{masa levantada en kilos} \times (1.0278 - 0.00278 \times n^{\circ} \text{ reps})$$

Procedimiento

El estudio se llevó a cabo durante 11 semanas de una temporada, extendiéndose entre los meses de enero y marzo. Los 19 participantes continuaron con su entrenamiento habitual en pista durante el tiempo que duró el estudio. En cuanto a la preparación física fuera de pista, el grupo control siguió de acuerdo con su programación, la cual no incluía ningún trabajo con sobrecargas. Ambos grupos fueron sometidos a un periodo de adaptación anatómica de cinco semanas de duración con dos objetivos principales: la prevención de posibles lesiones producidas por el uso de sobrecargas con una mala ejecución técnica del ejercicio y la minimización del efecto de aprendizaje de la ejecución técnica de los ejercicios en los resultados. Tras el periodo de adaptación anatómica, se implementó en el grupo experimental un programa de entrenamiento de fuerza basado en el mantenimiento de la potencia mecánica. En la figura 1, se puede observar la evolución temporal de la intervención con la distribución de las diferentes evaluaciones y los diferentes periodos de intervención a lo largo de las 11 semanas.

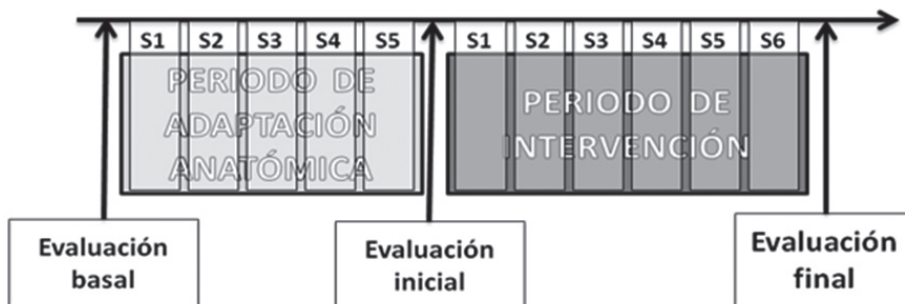


FIGURA 1. Evolución temporal de la intervención

Evaluaciones

Antes y después del periodo de adaptación anatómica, se calcularon los niveles de FDM para el grupo control y el experimental, mediante la formulación indirecta propuesta por Brzyki (1993), en los ejercicios de semi-squat en máquina Smith y bench press con peso libre.

Ambas evaluaciones (inicial y final) estaban compuestas por cinco valoraciones diferentes:

- **Cineantropometría:** Se calculó la distribución de masas de los participantes mediante el protocolo establecido por la Sociedad Internacional de Avances en Cineantropometría (I.S.A.K.) (ISAK, 2001).

- *Dinamometría*: Se utilizó el dinamómetro isoinercial con el fin de medir las variables cinéticas de fuerza y potencia y las variables cinemáticas de velocidad y aceleración en los ejercicios de semi-squat en máquina Smith y bench press con peso libre. En ambos ejercicios se realizaron dos registros utilizando el 60% de la FDM: dos repeticiones solo de la fase concéntrica del movimiento con el fin de medir la capacidad contráctil de la musculatura y una serie hasta la fatiga ejecutando las repeticiones a la máxima velocidad posible. Las condiciones en las cuales se ejecutaron los ejercicios se detallan a continuación:
 - Semi-squat: 90° de flexión en la articulación de la rodilla. Se utilizó una cuerda como referencia de la altura hasta la que debía hacer la flexión cada participante.
 - Bench press: Desplazamiento mínimo de la barra de 40 cm. La premisa que se dio a los participantes fue que debían tocar el pecho con la barra en la fase excéntrica y extender al máximo los codos en la concéntrica.
- *Lanzamiento de balón medicinal de 3 kg*: Se realizaron tres lanzamientos consecutivos por cada lado con la técnica propuesta por Reid, Quinn, y Crespo (2003) como se puede observar en la figura 2. Se utilizó el radar deportivo para registrar la velocidad de lanzamiento. La distancia alcanzada fue registrada por tres investigadores de forma independiente, calculándose el promedio de todos los registros. Para el análisis de los datos, se utilizó el resultado máximo tanto en velocidad como en distancia.



FIGURA 2. Técnica utilizada en lanzamiento de balón medicinal.

- *Tests de salto*: Los tests realizados fueron: Squat Jump (SJ), Counter Movement Jump (CMJ), Abalakow y saltos repetidos durante 15 segundos, extraídos de la batería de Bosco (1994). Se utilizó plataforma de contacto y

Ergo-Tester para el registro de las siguientes variables: altura, tiempo de vuelo, potencia y número de saltos.

- *Velocidad de desplazamiento*: Se midió el tiempo utilizado por los participantes en recorrer las siguientes distancias: 5 – 10 – 15 y 20 m. Las salidas se realizaron desde parado y lanzado 5 m, partiendo de la posición anatómica en ambos casos. Se utilizaron fotocélulas y cronógrafo para su registro.

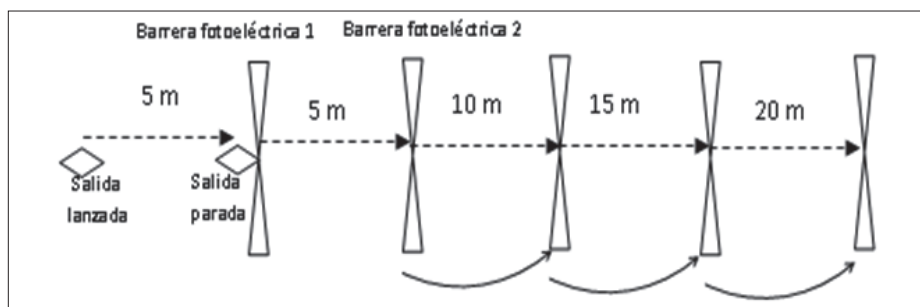


FIGURA 3. Esquema distribución barreras fotoeléctricas

Cargas de entrenamiento

Antes de comenzar el periodo de entrenamiento, ambos grupos realizaron un periodo de adaptación anatómica, donde se utilizaron gran variedad de ejercicios con cargas ligeras (Bompa, 2000).

En el periodo de intervención únicamente se incluyeron los ejercicios semi-squat en maquina Smith y bench press con peso libre. La intensidad utilizada (60% RM) y el tiempo de recuperación entre series (3') se mantuvieron estables durante las seis semanas de entrenamiento. Únicamente se modificó el volumen de trabajo, aumentando o disminuyendo el número de series, puesto que las repeticiones que debían realizarse en cada serie, se establecieron de forma individual para cada uno de los participantes. El número de repeticiones se mantuvo invariable durante todo el periodo de intervención, ya que el objetivo era el mantenimiento de la potencia mecánica durante toda la serie. Para estimar el número de repeticiones que cada participante debía ejecutar por serie, se realizó un promedio de la velocidad de ejecución de las tres mejores repeticiones de la serie ejecutada hasta la fatiga en la evaluación inicial, descartando aquellas que se encontraban por debajo del 90% de dicho promedio (Bosco, 1991).

En la figura 4 se muestra la evolución de las cargas de entrenamiento a lo largo del periodo de intervención.

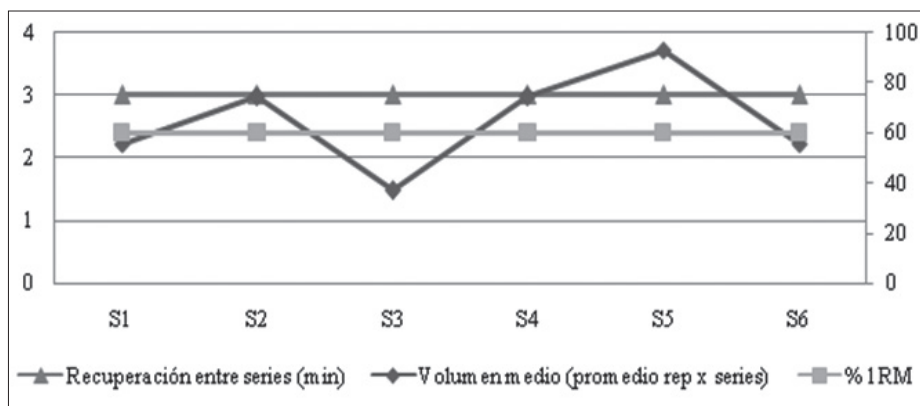


FIGURA 4. Evolución del tiempo de recuperación, el volumen medio expresado como promedio de repeticiones realizadas por los participantes por el número de series y la masa utilizada en porcentaje del RM.

Tratamiento estadístico

Se realizó un ANOVA mixto de medidas repetidas con la variable inter-sujeto «grupo» y las variables intra-sujeto analizadas en las diferentes pruebas de las evaluaciones inicial y final, donde se compararon los efectos utilizando el ajuste para comparaciones múltiples de Bonferroni. La significación se estableció para $p < .05$.

Todos los cálculos fueron efectuados mediante el programa de tratamiento estadístico SPSS para Windows (versión 18.0).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras el análisis estadístico de las diferentes variables estudiadas, son presentados en las tablas 2 y 3.

Tabla 2
ANOVA para medidas repetidas.
Comparaciones intra-sujeto, inter-sujeto y la interacción

		F_{1,17}	p
Saltos repetidos 15'' Tiempo total de vuelo (seg.)	Evaluación	1.514	.238
	Grupo	.086	.773
	Evaluación*Grupo	6.607	.021
Press aceleración máxima (m/s/s)	Evaluación	.115	.739
	Grupo	60.402	<.001
	Evaluación*Grupo	15.500	.001
Press fuerza máxima (N)	Evaluación	.669	.425
	Grupo	3.115	.097
	Evaluación*Grupo	12.785	.003
Squat potencia máxima (W)	Evaluación	2.410	.140
	Grupo	1.303	.270
	Evaluación*Grupo	3.081	.098
Squat potencia media en la fase propulsiva (W)	Evaluación	2.789	.114
	Grupo	2.441	.138
	Evaluación*Grupo	4.696	0.46
Squat velocidad máxima (m/s)	Evaluación	3.102	.097
	Grupo	2.349	.145
	Evaluación*Grupo	2.329	.147
Lanzamiento balón máximo derecha (m)	Evaluación	27.171	<.001
	Grupo	.056	.817
	Evaluación*Grupo	7.414	.015
Lanzamiento balón máximo revés (m)	Evaluación	2.228	.155
	Grupo	.856	.369
	Evaluación*Grupo	8.292	.011
Lanzamiento balón máxima velocidad drch. (millas/h)	Evaluación	8.556	.010
	Grupo	.410	.531
	Evaluación*Grupo	1.119	.306
Lanzamiento balón máxima velocidad revés (millas/h)	Evaluación	8.693	.009
	Grupo	.827	.377
	Evaluación*Grupo	.004	.953

TABLA 3
Comparación de las diferentes variables y el error
entre experimental y control (media \pm DT).

		N	Media \pm DT Evaluación inicial	Media \pm DT Evaluación final
Salto repetidos 15'' Tiempo total de vuelo (seg.)	Experimental	10	6.47 \pm 0.77	6.84 \pm 0.56 ^b
	Control	8	6.64 \pm 0.56	6.55 \pm 0.67
Press aceleración máxima (m/s/s)	Experimental	10	3.05 \pm 0.370 ^A	3.79 \pm 0.32 ^{Ab}
	Control	8	5.89 \pm 0.87	5.01 \pm 1.08 ^b
Press fuerza máxima (N)	Experimental	10	435.92 \pm 55.15	460.34 \pm 51.57 ^{ab}
	Control	8	403.75 \pm 78.77	388.43 \pm 68.97
Squat potencia máxima (W)	Experimental	10	930.02 \pm 216.73	1019.15 \pm 204.54 ^b
	Control	8	870.26 \pm 216.62	864.80 \pm 179.82
Squat potencia media en la fase propulsiva (W)	Experimental	10	364.86 \pm 84.98	422.76 \pm 91.84 ^{ab}
	Control	8	338.93 \pm 81.02	331.43 \pm 80.93
Squat velocidad máxima (m/s)	Experimental	10	1.24 \pm 0.19	1.33 \pm 0.21 ^b
	Control	8	1.15 \pm 0.17	1.16 \pm 0.19
Lanzamiento balón máximo derecha (m)	Experimental	10	9.58 \pm 0.80	10.82 \pm 0.76 ^B
	Control	8	10.10 \pm 1.17	10.49 \pm 1.14
Lanzamiento balón máximo revés (m)	Experimental	10	9.24 \pm 0.60 ^a	10.04 \pm 0.93 ^B
	Control	8	10.15 \pm 1.03	9.8975 \pm 1.26
Lanzamiento balón máxima velocidad drch. (millas/h)	Experimental	10	15.30 \pm 1.34	16.10 \pm 1.10 ^B
	Control	8	15.88 \pm 1.13	16.25 \pm 1.49
Lanzamiento balón máxima velocidad revés (millas/h)	Experimental	10	15.70 \pm 1.06	16.30 \pm 1.16 ^b
	Control	8	16.25 \pm 1.67	16.88 \pm 1.64

ANOVA para medidas repetidas

^a Diferencias desde grupo control, utilizando el ajuste para comparaciones múltiples de Bonferroni., $p < .05$

^A Diferencias desde grupo control, utilizando el ajuste para comparaciones múltiples de Bonferroni., $p < .01$

^b Diferencias desde evaluación inicial, utilizando el ajuste para comparaciones múltiples de Bonferroni., $p < .05$

^B Diferencias desde evaluación inicial, utilizando el ajuste para comparaciones múltiples de Bonferroni., $p < .01$

Cineantropometría

No se produjo ningún cambio en la distribución de masas de los participantes tras el periodo de intervención.

Dinamometría

Partiendo de la homogeneidad de ambos grupos antes de la intervención en todas las variables medidas exceptuando la aceleración máxima en el ejercicio del

bench-press, se observó que el grupo experimental mejoró en todas ellas, siendo significativas las mejoras obtenidas en la aceleración máxima y fuerza máxima (Figura 5) en bench-press y en potencia máxima, potencia media en la fase propulsiva (Figura 6) y velocidad máxima en semi-squat. Además, tras la intervención se puede observar en estas mismas variables diferencias significativas entre ambos grupos.

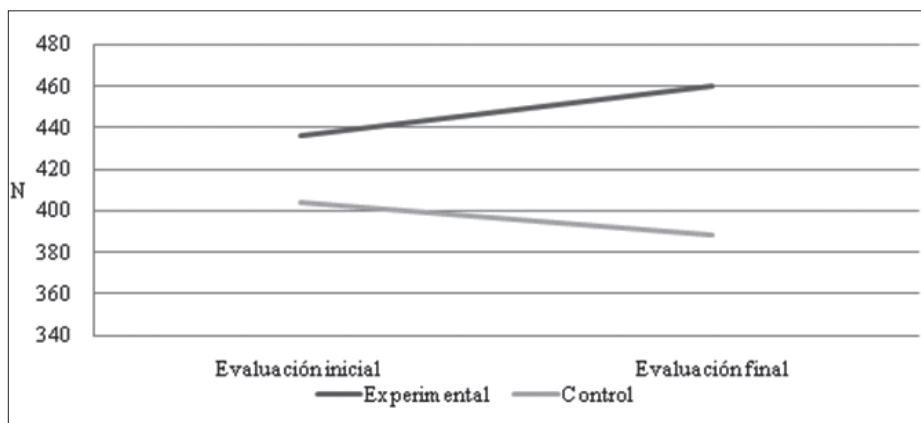


FIGURA 5. Evolución de la aplicación máxima de fuerza en el ejercicio de Bench-press

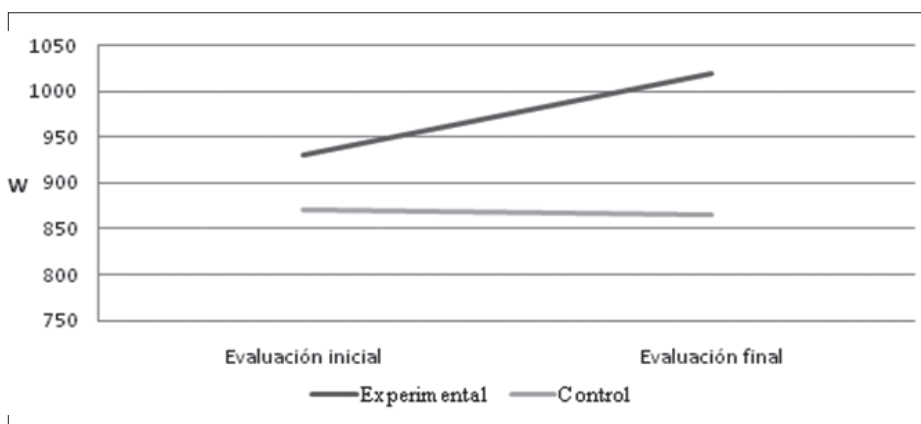


FIGURA 6. Evolución de la potencia media en la fase propulsiva en el ejercicio de semi-squat.

Lanzamiento de balón medicinal

Finalizado el periodo de intervención, los resultados obtenidos en el lanzamiento de balón medicinal mostraron mejoras significativas en el grupo experimental en la

máxima distancia (Figura 7) y velocidad alcanzada, tanto en el lanzamiento de derecha como de revés.

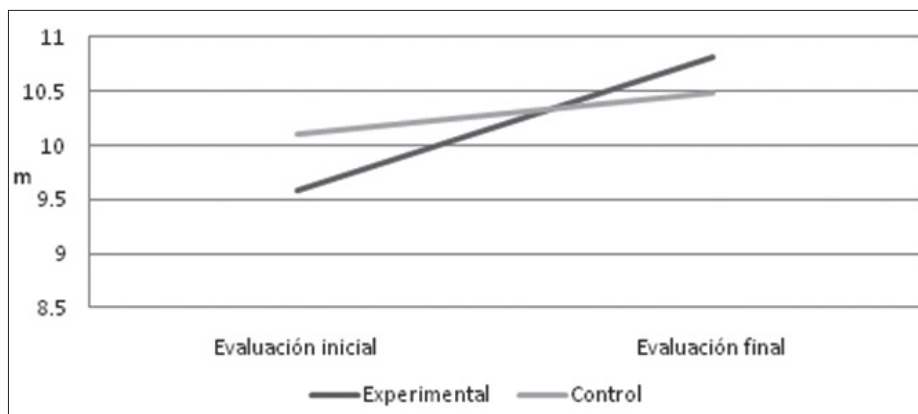


FIGURA 7. Evolución de la máxima distancia alcanzada en el lanzamiento de balón medicinal de 3 kg. con el gesto de derecha.

Test de saltos

Tras el periodo de entrenamiento, el grupo experimental obtuvo mejoras en todos los saltos medidos, aunque únicamente de forma significativa en el tiempo de vuelo total del test saltos repetidos de 15 seg. (Figura 8).

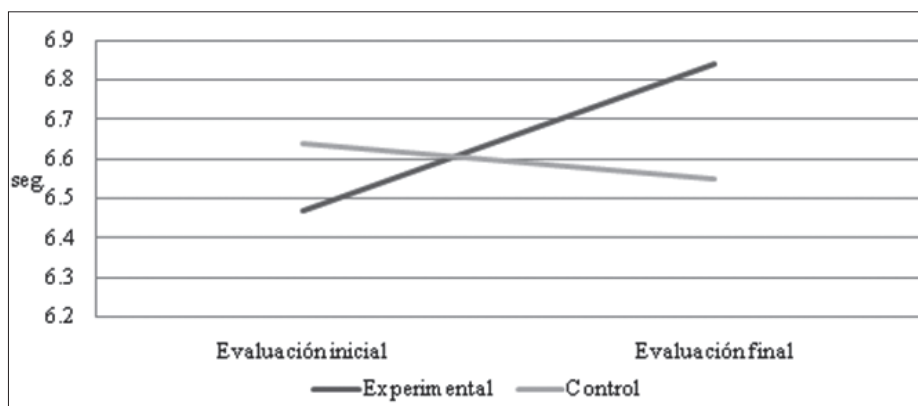


FIGURA 8. Evolución del tiempo de vuelo total en el test saltos repetidos 15 seg para ambos grupos.

Velocidad de desplazamiento

No se encontraron diferencias significativas tanto intra-grupo como inter-grupo en las diferentes distancias analizadas, no obstante si hubieron disminuciones en el tiempo empleado en cada distancia por parte del grupo experimental.

DISCUSIÓN

Las diversas aportaciones realizadas por los numerosos autores, en referencia a las distintas variables de las que depende la efectividad de un programa de entrenamiento de fuerza (Kraemer y Ratamess, 2004) han constituido el marco teórico en el que se basa este estudio. El objetivo era comprobar la eficiencia de un entrenamiento para desarrollar la fuerza en el tren inferior y superior, basado en el mantenimiento de la potencia mecánica en jugadores cadetes de tenis.

El entrenamiento de fuerza en adolescentes ha estado históricamente envuelto en una gran controversia. Una de las razones que alegaban sus opositores era el alto riesgo de lesión que podía provocar este tipo de ejercicios. Sin embargo, este riesgo de lesión no es mayor que en otros deportes o actividades recreativas, como lo demuestra un estudio prospectivo, que evaluaba la incidencia de lesiones relacionadas con el deporte, en estudiantes de edad escolar durante un año y en el que se podía observar que el entrenamiento de fuerza únicamente significaba un 0,7% del total de lesiones (Zaricznyj, Shattuck, Mast, Robertson, y D'Elia, 1980). Por otra parte, numerosos estudios (Blimkie, 1992; Kanehisa, Ikegawa, Tsumoda, y Fukunaga, 1995; Faigenbaum, 2003; Faigenbaum, Westcott, 2009) demuestran claramente las ganancias de fuerza en adolescentes siempre que se utilicen métodos de entrenamiento planificados, controlados y bien dirigidos. Las ganancias de fuerza en términos relativos (o de porcentaje) son similares en niños pre, peri y postpuberales e incluso superiores para los niños prepuberales (Malina y Bouchard, 1991; Lillegard, Brown, Wilson, Henderson, y Lewis, 1997).

El tenis ha evolucionado en estos últimos veinte años debido a múltiples factores, entre los que se puede destacar: la modificación del sistema de puntuación, la duración de los partidos, la superficie de juego, los tipos de bola, el desarrollo de la tecnología, el aumento de la talla de los deportistas, etc. Estos cambios han influido en las demandas físicas y fisiológicas de los partidos de tenis, provocando un mayor énfasis en la potencia y velocidad del juego (Smekal y cols, 2001; Cooke y Davey, 2005; Fernandez, Mendez-Villanueva, y Pluim, 2006). Como consecuencia de ello, se ha producido un aumento de las exigencias en competición y por lo tanto en las exigencias en el entrenamiento de aquellos jóvenes tenistas que compiten a un cierto nivel (Berdejo y González, 2009). Por lo tanto, la generación de potencia en el tenis o dicho en otras palabras, el golpeo de la bola a velocidades altas, es un factor determinante para el rendimiento en el tenis moderno, (Pugh, Kovaleski, Heitman, y Gilley, 2003) que requiere una suma de fuerzas que empieza en las piernas y acaba al final de la cabeza de la raqueta, con la función de las caderas y el tronco como centro de rotación (Kovacs, 2007). A pesar de que el rendimiento final está condicionado por multitud de variables físicas, técnicas, tácticas, psicológicas,

etc., el entrenamiento de la fuerza tanto en tren superior como inferior, cobra una gran importancia ya que es la base para el desarrollo de la potencia y de la velocidad (Berdejo y González, 2009). El elevado número de competiciones a las que tienen que hacer frente los deportistas y la incertidumbre en la cantidad de partidos jugados, provoca que los programas de entrenamiento de fuerza deban ser eficientes en el desarrollo de la misma para adaptarse a los cortos periodos de tiempo entre torneos.

La principal aportación de este estudio es que esta metodología de entrenamiento parece ser eficiente en la mejora de algunas de las variables relacionadas con la potencia, en la línea de los resultados obtenidos por Folland, Irish, Roberts, Tarr, y Jones (2002) y Sanborn y cols. (2000). En el ámbito del entrenamiento, hay pocos estudios que utilicen esta metodología de trabajo basado en el mantenimiento de la potencia mecánica (Legaz-Arrese y cols., 2007). Además, en estos estudios se establece un número de repeticiones estándar en función de la intensidad para todos los participantes. Como aportación, en este estudio se individualizó la carga de entrenamiento para cada participante utilizando el dinamómetro isoinercial. Con ello se pretendió individualizar al máximo la carga, teniendo en cuenta las características de la muestra.

Los aumentos significativos de aceleración y fuerza máximas y un incremento del 7.18% (no significativo probablemente por el tamaño de la muestra) en la potencia media en la fase propulsiva en el tren superior, indican una mayor eficiencia contráctil de la musculatura implicada, que permitirían al jugador adaptarse mejor a las actuales demandas del tenis (Smekal y cols., 2001; Cooke y Davey, 2005; Fernandez, Mendez-Villanueva, y Pluim, 2006) aplicando más fuerza en el golpeo en menor tiempo, lo que se traduce en una mayor velocidad de la bola. El incremento de la potencia es posible que hubiese sido mayor con la utilización de una intensidad menor (Izquierdo y cols., 2002; González-Badillo y Rivas, 2002) lo que reduciría la complejidad del ejercicio y facilitaría la correcta ejecución de la tarea. Las mejoras de fuerza obtenidas en el bench-press se han visto reflejadas en algunos de los tests de campo realizados, como en el lanzamiento de balón medicinal. La utilización de la técnica de lanzamiento propuesta por Reid y cols. (2003) es una de las que más se asemejan al gesto técnico de los golpes de fondo de derecha y revés. Las mejoras significativas en las variables medidas (distancia y velocidad) están relacionadas de forma positiva con la rotación del tronco, (Ellenbecker y Roetert, 2004; Roetert, McCormick, Brown, y Ellenbecker, 1996) aspecto muy importante en el gesto técnico del golpeo de la bola. Hubiese sido necesario realizar mediciones de las velocidades alcanzadas en dichos golpes en pista. Desafortunadamente carecemos de esos datos, los cuales hubieran permitido contrastar las mejoras cinemáticas

y cinéticas de los test con los resultados en pista, y haber discutido así la posible transferencia a un entorno de práctica aplicada.

En el tren inferior, las mejoras significativas obtenidas en la potencia máxima, potencia media en la fase propulsiva y la velocidad máxima, indican del mismo modo un incremento en la eficiencia contráctil en esta musculatura. Esto indicaría una mayor capacidad para generar fuerza en función del tiempo, propiciada por una activación selectiva de las fibras IIB (Fry, 2004) y por el mantenimiento de la velocidad de ejecución en todas las series de entrenamiento, que facilitaría la máxima eficacia de las cargas utilizadas (González-Badillo y Ribas, 2002). Teniendo en cuenta esta evolución y que no ha habido un aumento de masa muscular, y por lo tanto el peso del jugador se ha mantenido estable tras la intervención, se puede interpretar que se ha optimizado la producción de fuerza relativa a la masa muscular de los sujetos. Trasladando esto al ámbito del tenis, el jugador será capaz de desarrollar velocidades de desplazamiento mayores que, como consecuencia, le podrían facilitar alcanzar las posiciones de golpeo de la bola en un menor tiempo. Aunque los resultados en las prueba de velocidad desde parado en 5, 10 y 15 metros, no han presentado diferencias significativas entre antes y después del periodo de intervención, si que se constatan descensos porcentuales en todos los tramos, más marcados en los 5 metros con salida parada (5.75%). Estos datos deberían ser tenidos en cuenta en el análisis global de la intervención. Es posible, que tanto el tiempo de entrenamiento (sólo seis semanas) como la no utilización de test específicos para valorar la velocidad de desplazamiento en pista, con la utilización de tramos de aceleración-deceleración encadenados, nos haya privado de poder establecer una relación significativa entre ambas cualidades condicionales.

Los mejores resultados obtenidos en el tren inferior, pueden ser consecuencia de la utilización de cargas guiadas en el ejercicio de semi-squat que simplificaba el movimiento a un único plano. Tras la intervención y análisis de los resultados, parece recomendable la utilización de cargas guiadas en practicantes noveles, como así lo sugieren McCaw y Friday (1994) y el ACSM (2009). Además, la utilización de una intensidad estable durante todo el periodo de entrenamiento puede haber causado un menor desarrollo de potencia (González-Badillo y Ribas, 2002).

El aumento significativo del tiempo total de vuelo en el test de saltos repetidos de 15seg., unido a las mejoras de 6.5% de la media de potencia y el 7% en la media de altura (manteniéndose el número total de saltos), parecen indicar que los deportistas son capaces de aplicar mayores picos de potencia y mantenerlos durante periodos breves de tiempo. Esto puede tener una transferencia positiva al tenis, teniendo en cuenta que es necesario realizar entre 100 y 350 esfuerzos breves e intensos (desplazamientos y golpes) durante el trascurso de un partido (Le Deuff, 2003). El in-

cremento de 9.33% en la altura alcanzada en el squat-jump, aunque no alcanza la significación estadística, apunta en la misma dirección que los resultados obtenidos en la dinamometría del semi-squat, advirtiéndose una mayor eficiencia en la contractilidad muscular.

Los distintos estudios que han comparado los efectos de un entrenamiento tradicional (repeticiones hasta el fallo muscular) con los efectos de un entrenamiento sin llegar al fallo muscular muestran discrepancias en sus resultados. Estas diferencias son atribuibles a la gran disparidad de diseños utilizados, que abarcan desde el número y características de los participantes, a los materiales y las metodologías para prescribir carga de entrenamiento (respecto al volumen, intensidad, elección de ejercicios, etc.). En nuestro trabajo constatamos que, el entrenamiento con sobrecargas fundamentado en el mantenimiento de la velocidad dentro de unos límites óptimos individuales (solamente aquellas que entraron en el rango del 90% de la máxima potencia desarrollada), ha producido unas mejoras cinéticas y cinemáticas tanto en tren superior como inferior, en una muestra novel y sin una inversión temporal considerable (incluido en el tiempo global de entrenamiento de los sujetos).

Por ende, podríamos haber conseguido reducir los niveles de estrés mecánico de los sistemas tradicionales (Rooney, Herbert, y Balnave, 1994; Drinkwater y col., 2005), así como los niveles de fatiga que podrían mermar los niveles de fuerza generada (Folland, Irish, Roberts, Tarr, y Jones, 2002; Kramer, 1997; Sanborn y cols., 2000). Sobre estos dos últimos aspectos no podemos aportar datos, pero son la fundamentación de nuevos trabajos que estamos llevando a cabo en estos momentos: controlar el estrés mecánico y los niveles de fatiga mediante marcadores que sean sensibles a estas variables.

CONCLUSIONES

Existe una gran dificultad para realizar este tipo de estudios en entornos ecológicos con deportistas de estas características. Estos, están sometidos a un horario escolar intensivo, que la mayoría de las veces sólo les permite realizar entrenamientos vespertinos, con periodos de competición extensivos, en el que se ha tenido que incluir una metodología de entrenamiento con sobrecargas que no permite implementarse en pista. Una de las posibles limitaciones de este estudio, ha sido no tener en cuenta los efectos combinados del entrenamiento en pista con el de sobrecargas, que ha podido interferir en los resultados del estudio.

Esta metodología de entrenamiento de fuerza sin llegar al fallo muscular y sin que haya una disminución de la eficiencia mecánica, ha producido mejoras significativas de la potencia sobre todo en el tren inferior. 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.

La utilización de máquinas guiadas en fases tempranas de la periodización del trabajo con sobrecargas, parece más adecuada, reduciendo los inconvenientes de la ejecución técnica de los pesos libres.

El hecho de haber obtenido mejoras en un periodo de tiempo menor al normalmente utilizado en un programa tradicional de fuerza, resulta una ventaja en deportes como el tenis, donde el calendario competitivo es muy amplio, con cortos periodos precompetitivos.

En futuros trabajos, deberá controlarse y/o homogeneizarse la carga de entrenamiento específico de tenis en pista para controlar las posibles mejoras que pueda producir éste sobre las variables medidas. Además sería de gran interés focalizar algo más los estudios sobre cuestiones relacionadas con la magnitud y la frecuencia óptima de la carga de entrenamiento, de forma que posibiliten mejores adaptaciones.

REFERENCIAS

- Abdessemed, D., Duché, P., Hautier, C., Poumarat, G., y Bedu, M. (1999). Effect of recovery duration on muscular power and blood lactate during the bench press exercise. *International Journal of Sports and Medicine*, 20(6), 368-73.
- American College of Sports Medicine (2009). Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687-708
- Berdejo, D. y González, J. M. (2009). Strength training in young tennis players. *Journal of Sport and Health Research*, 1(1), 46-55.
- Berger, R. A. (1962). Optimum repetitions for the development of strength. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 33, 334-338.
- Bergeron, M. F., Maresh, C. M., Kraemer, W. J., Abraham, A., Conroy, B., y Gabaree, C. (1991). Tennis: A physiological profile during match play. *International Journal of Sports and Medicine*, 12, 474-9.
- Blimkie, C. (1992). Resistance training during pre- and early puberty: Efficacy, trainability, mechanisms and persistence. *Canadian Journal of Sport Science*, 17, 264-279.
- Bompa, T. (2000). *Periodización del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Bosco, C. (1991). Nuove metodologie per la valutazione e la programmazione dell'allenamento. *Scuola dello Sport*, 22, 13-22.
- Bosco, C. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Barcelona: Paidotribo
- Boyer, B. T. (1990). A comparison of the effects of three strength training programs on women. *Journal Applied Sports Science Research*, 4, 88-94.
- Brzycki, M. (1993). Strength Testing - Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *Johperd*, 64, 88-90.
- Campos, G. E. R., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., y Staron, R. S. (2002). Muscular adapta-

- tions in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 50-60.
- Candow, D. G. y Burke, D. G. (2007). Effect of short-term equal-volume resistance training with different workout frequency on muscle mass and strength in untrained men and women. *Journal of Strength Conditioning Research*, 21, 204-7.
- Chilibeck, P. D., Calder, A. W., Sale, D. G., y Webber, C. E. (1988). A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 170-5.
- 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. *Journal of Sports Science*, 16, 739-47.
- Cooke, K. y Davey, P. (2005). Tennis ball diameter: the effect on performance and the concurrent physiological responses. *Journal of Sport Sciences*, 23, 31-9.
- Docherty, D. (1982). A comparison of heart rate responses in racquet games. *British Journal of Sports and Medicine*, 16, 96-100.
- Drinkwater, E. J., Lawton, T. W., Lindsell, R.P., Pyne, D.B., Hunt, P. H., y McKenna, M. J. (2005). Training leading to repetition to failure enhances bench press strength gains in elite junior athletes. *Journal Strength Conditioning Research*, 19, 382-388.
- Dudley, G. A., Tesch, P. A., Miller, B. J., y Buchanan, M. D. (1991). Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 62, 543-50.
- Ellenbecker, T. S y Roetert, E. P. (2004). An isokinetic profile of trunk rotation strength in elite tennis players. *Medicine Science Sports Exercise*, 36, 1959-63.
- Elliott, B. C., Dawson, B., y Pyke, F. (1985). The energetics of single tennis. *Journal of Human Movement Studies*, 11, 11-20.
- Faigenbaum, A. D. (2003). Youth resistance training. *President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest*, 4(3), 1-8.
- Faigenbaum, A y Westcott, W. (2009). *Youth Strength Training for Health, Fitness and Sport*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Faulkner, J. A, Claffin, D. R., y McCully, K. K. (1986). Power output of fast and slow fibers from human skeletal muscles. In: Jones, N. L. et al. (Eds), *Human muscle power*. Champaign, IL: Human Kinetics, 81-94
- Fernandez J, Fernandez-Garcia B, Mendez-Villanueva A, y Terrados, N. (2005). Activity patterns, lactate profiles and ratings of perceived exertion (RPE) during a professional tennis singles tournament. In: Crespo M, McInerney P, Miley D, (Eds.), *Quality coaching for the future*. 14th ITF worldwide coaches workshop. London: ITF.
- Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., y Pluim, B. (2006). Intensity of tennis match play. *British Journal Sports Medicine*, 40(5), 387-391.
- Ferrauti, A., Weber, K., Wright, P. R. (2003). Endurance: basic, semi-specific and specific. In: Reid M, Quinn A, Crespo M, (Eds.), *Strength and conditioning for tennis*. London: ITF, 93-111.
- Fleck, S. J. (1983). Bridging the gap: interval training physiological basis. *NSCA Journal*, (5)40, 57-62.

- Fleck, S. J. y Kraemer, W. J. (1997). *Designing Resistance Training Programs*, (2nd ed.) Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1-115.
- Folland, J. P., Irish, C. S., Roberts, J. C., Tarr, J. E., y Jones, D. A. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *British Journal Sports Medicine*, 36, 370-373.
- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity of muscle fibre adaptations. *Sports Medicine*, 34(10), 663-679.
- González Badillo, J. J. y Ribas, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: Indice.
- Graves, J. E., Pollock, M. L., Leggett, S. H., Braith, R. W., Carpenter, D. M., y Bishop, L. E. (1988). Effect of reduced training frequency on muscular strength. *International Journal Sports Medicine*, 9, 316-9.
- Harris, R. C., Edwards, R. H. T., Hultman, E. Nordesjö, L. O., Nylind, B., Sahlin, K. (1976). The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the cuadriceps muscle in man. *Pflugers Arch*, 367, 137-147.
- Hickson, R. C., Hidaka, K., y Foster, C. (1994). Skeletal muscle fiber type, resistance training, and strength-related performance. *Medicine Science Sports Exercise*, 26, 593-8.
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., González-Badillo, J. J., Ibáñez, J., y Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European Journal Applied Physiology*, 7, 264-271
- ISAK (2001). International Standards for Anthropometric Assessment. *Underdale, SA, Australia: ISAK*. 13.
- Josephson, R. K. (1993) Contraction dynamics and power output of skeletal muscle. *Annual Review Physiology*, 55, 527-546.
- Kanehisa, H., Ikegawa, S., Tsumoda, N., y Fukunaga, T. (1995). Strength and cross sectional areas of reciprocal muscle groups in the upper arm and thigh during adolescence. *International Journal of Sports Medicine*, 16(1), 54-60.
- Kaneko, M., Fuchimoto, T., Toji H, y Suei, K. (1983) Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scandinavian Journal Sports Science*, 5, 50-55
- Kovacs, M. A. (2004). Comparison of work/rest intervals in men's professional tennis. *Medicine and Science in Tennis*, 3, 10-11.
- Kovacs, M. S. (2007). Tennis physiology: training the competitive athlete. *Sports Medicine*, 37(3), 189-198.
- Kraemer, W. J. y Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training progression and exercise prescription. *Medicine Science Sports Exercise*, 36, 674-688.
- Kramer, J. B., Stone, M. H., O'Bryant, H. S., Conley, M. S., Johnson, R. L., Nieman, D. C., Honeycutt, D. R., y Hoke, T. P. (1997). Effects of Single vs. Multiple sets of weight training. Impact of Volume, Intensity, and Variation. *Journal Strength Conditioning Research*, 11, 143-147.

- Lawton, T. W., Cronin, J. B., y Lindsell, R. P. (2006). Effect of interrepetition rest intervals on weight training repetition power output. *Journal Strength Conditioning Research* 20, 172–176.
- Le Deuff, H. (2003). *El entrenamiento físico del jugador de tenis*. Barcelona: Paidotribo.
- Legaz-Arrese, A., Reverter-Masía, J., Munguía-Izquierdo, D., y Ceballos-Gurrola, O. (2007). An analysis of resistance training base on the maintenance of mechanical power. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47, 427-436.
- Lillegard, W., Brown, E., Wilson, D., Henderson, R., y Lewis, E. (1997). Efficacy of strength training in prepubescent to early postpubescent males and females: Effects of gender and maturity. *Pediatric Rehabilitation*, 1, 147-157.
- Malina, R. M. y Bouchard, C. (1991). *Growth maturation and physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Mastropaolo, J. A. (1992). A test of maximum power stimulus theory for strength. *European Journal Applied Physiology*, 65, 415–420
- McCaw, S. T. y Friday, J. J. (1994). A comparison of muscle activity between a free weight and machine bench press. *Journal Strength Conditioning Research*, 8, 259–64.
- Mookerjee, S. y Ratamess, N. (1999). Comparison of strength differences and joint action durations between full and partial range-of-motion bench press exercise. *Journal Strength Conditioning Research*, 13(1), 76-81.
- Moritani, T. (1993) Neuromuscular adaptations during the acquisition of muscle strength, power and motor tasks. *Journal Biomechanical*, 26, 95-107.
- Munn, J., Herbert, R. D., Hancock, M. J., y Gandevia, S. C. (2005). Resistance training for strength: effect of number of sets and contraction speed. *Medicine Science Sports Exercise*, 37, 622-6.
- Newton, R. U., Murphy, A. J., Humphries, B. J., Wilson, G. J., Kraemer, W. J., y Hakkinen, K. (1997). Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *European Journal Applied Physiology*, 75, 333-342
- Parsons, L. S. y Jones, M. T. (1998). Development of speed, agility and quickness for tennis athletes. *Strength Conditioning*, 20, 14–19.
- Pugh, S. F., Kovaleski, J. E., Heitman, R. J., y Gilley, W. F. (2003). Upper and lower body strength in relation to ball speed during a serve by male collegiate tennis players. *Perceptive Motor Skill*, 97, 867-72.
- Reid, M., Quinn, A., y Crespo, M. (2003). *Strength and conditioning for tennis*. En M. Reid, A. Quinn y M. Crespo (Eds), London: ITF Ltd.
- Reid, M. y Schneiker, K. (2007). Strength and Conditioning in tennis – current research and practice. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11, 248-256
- Reilly, T. y Palmer, J. (1994). Investigation of exercise intensity in male singles lawn tennis. In: Reilly T, Hughes M, Lees A, (Eds.), *Science and racket sports*. London: E & F N Spon, 10-13.
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., y Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose-response for strength development. *Medicine Science Sports and Exercise*, 35, 456-464.

- Richmond, S. R. y Godard, N. P. (2004). The effects of varied rest periods between sets to failure using the bench press in recreationally trained men. *Journal Strength Conditioning Research*, 18, 846-849.
- Robinson, J. M., Stone, M. H., Johnson, R. L., Penland, C. M., Warren, B. J., y Lewis, R. D. (1995). Effects of different weight training exercise/rest intervals on strength, power, and high intensity exercise endurance. *Journal Strength Conditioning Research*, 9, 216-221
- Roetert, E., McCormick, T., Brown, S., y Ellenbecker, T. S. (1996). Relationship between isokinetic and functional trunk strength in elite junior tennis players. *Isokinetics Exercise Science*, 6, 15-20.
- Rooney, K. J., Herbert, R. D., y Balnave, R. J. (1994). Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Medicine Science Sports and Exercise*, 26, 1160-1164.
- Sanborn, K., Boros, R., Hrubby, J., Schilling, B., O'Bryant, H. S., Johnson, R. L., Hoke, T., Stone, M. E., y Stone, M. H. (2000) Short-term performance effects of weight training with multiple sets not to failure vs. a single set to failure in women. *Journal Strength Conditioning Research*, 14, 328-331.
- Siegel, J. A., Gilders, R. M. Staron, R. S. y Hagerman F. C. (2002). Human muscle power output during upper- and lower-body exercises. *Journal Strength Conditioning Research*, 16, 173-178.
- Smekal, G., Von Duvillard, S. P., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P., Baron, R., Tschan, H., y Bachl, N. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Medicine Science Sports and Exercise*, 33, 999-1005
- Stone, M. H., Plisk, S. S., Stone, M. E., Schilling, B. K., O'Bryant, H. S., y Pierce, K. C. (1998). Athletic performance development: volume load—1 set vs. multiple sets, training velocity and training variation. *NSCA Journal*, 20, 22-31.
- Todd, J. B., Sjuts, S. L., Krosch, B. A., Conley, D. S., y Evetovich, T. K. (2001). Comparison of varying rest intervals at sixty and ninety percent maximal bench press performance. *Journal of Strength Conditioning Research*, 15, 399.
- Toji, H., Kensasu, S., y Kaneko, M. (1997). Effects of combined training loads on relations among force, velocity and power development. *Canadian Journal Applied Physiology*, 22, 328-336
- Willardson, J. M. y Burkett, L. N. (2005). A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. *Journal of Strength Conditioning Research*, 19(1), 23-6.
- Willardson, J. M. y Burkett, L. N. (2006). The effect of rest interval length on bench press performance with heavy vs. light loads. *Journal of Strength Conditioning Research*, 20, 396-399.
- Willoughby, D. S. y Gillespie, J. W. (1990). A comparison of isotonic free weights and omnikinetic exercise machines on strength. *Journal of Human Movement Studies*, 19, 93-100.
- Weber, K. (2001). Demand profile and training of running speed in elite tennis. In: Crespo, M., Reid, M., Miley, D., (Eds.). *Applied sports science for high performance tennis*. London: ITF Ltd.
- Zaricznyj, B., Shattuck, L., Mast, T., Robertson, R., y D'Elia, G. (1980). Sports-related injuries in school-aged children. *American Journal Sports Medicine*, 8, 318-324.