

Orquín Castrillón, F.J.; Torres Luque, G. y Ponce de León, F. (2009). Parámetros del entrenamiento de fuerza sobre parámetros cardiorrespiratorios. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 9 (35) pp. 299-311  
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista35/artfuerza131.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista35/artfuerza131.htm)

## EFFECTS OF A STRENGTH TRAINING PROGRAM ON CARDIO RESPIRATORY PARAMETERS

### EFFECTS OF A STRENGTH TRAINING PROGRAM ON CARDIO RESPIRATORY PARAMETERS

Orquín Castrillón, F.J.<sup>1</sup>; Torres Luque, G.<sup>2</sup> y Ponce de León, F.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Católica San Antonio de Murcia. [forquin@pdi.ucam.edu](mailto:forquin@pdi.ucam.edu)

<sup>2</sup> Departamento de expresión musical, plástica y corporal. Universidad de Jaén; [gfluque@ujaen.es](mailto:gfluque@ujaen.es)

<sup>3</sup> Instructor de salas de Musculación. Buenos Aires, Argentina.

**Clasificación UNESCO:** 2411

**Recibido** 6 de febrero de 2009

**Aceptado** 26 de mayo de 2009

#### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue conocer las adaptaciones en fuerza máxima, en consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y en la frecuencia cardiaca (FC) submáxima de un entrenamiento en circuito intermitente con sobrecargas. Se seleccionaron 8 jóvenes varones expertos en musculación. Se realizó una valoración inicial, de 10 tests de 1RM y un test Course Navette. Posteriormente, un programa de entrenamiento de 8 semanas de duración, 3 veces por semana, utilizando un circuito intermitente con sobrecargas, y por último, se realizó una valoración final idéntica a la inicial. Los resultados mostraron adaptaciones en fuerza máxima (3,61- 21,31%), en  $VO_{2max}$  (10,4%) y en la FC submáxima (11,50%). Atendiendo a los resultados, el entrenamiento en circuito intermitente produce adaptaciones en fuerza máxima, en  $VO_{2max}$  y en frecuencia cardiaca submáxima en sujetos expertos en el entrenamiento con sobrecargas.

**PALABRAS CLAVES:** Entrenamiento de Fuerza, Entrenamiento en Circuito, Ejercicio Intermitente.

## ABSTRACT

The aims of this study were to know the adjustments on maximum strength, maximum consumption oxygen and submaximum heart rate of a training in intermittent circuit with overload of 8 weeks of duration. Eight young males expert in the training of strength were selected. Before the beginning of the study the subjects signed a report of assent. There was realized an initial valuation consisted of tests of 1RM and course navette test. There was carried out an experimental program of 3 days for week for 8 weeks, using training in intermittent circuit with overload and a final valuation. The results showed adjustments on strength maximum (3,61-21,31%), maximum consumption oxygen (10,4%) and submaximum heart rate (11,50%). Attending to the results, the training in intermittent circuit produces adjustments on strength maximum, on maximum consumption oxygen and on submaximum heart rate frequency in subjects expert in the training with overload.

**KEY WORDS:** Strength Training, Circuit Weight Training, Intermittent exercise.

## INTRODUCCIÓN

El entrenamiento con sobrecargas es un método eficaz para conseguir mejoras en fuerza máxima y potencia (utilizando cargas elevadas y bajas repeticiones) (Tous, 1999; Christopher et al., 2001) y/o en fuerza resistencia realizando un gran número de repeticiones con cargas moderadas-bajas (Halton et al., 1999; Torres et al., 2001; Warburton et al., 2001a; Kaikkonen et al., 2000; Harber et al., 2004; Gotshalk et al., 2004).

Además, el entrenamiento con sobrecargas también ofrece adaptaciones muy interesantes sobre la composición corporal, incrementando el tamaño de la sección transversal de las fibras musculares (hipertrofia muscular) (Ahtiainen et al., 2005; Brandenburg y Docherty, 2006; Folland and Williams, 2007) produciendo un aumento de la calidad del hueso, haciéndolo más resistente (Warburton et al., 2001b), y disminuyendo los niveles de masa grasa corporal (Ahtiainen et al., 2005).

También, el entrenamiento de la fuerza está asociado con modificaciones en el miocardio, que implican cambios positivos en la frecuencia cardiaca (FC) y respuesta del corazón (Jiménez, 2006).

Los datos referentes a las adaptaciones cardiovasculares producidas mediante un programa con sobrecargas ofrecen cierta controversia. Aunque el entrenamiento característico de la fuerza tiene mínimos efectos sobre el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2máx}$ ) puede ser posible que los atletas mas fuertes sean más eficientes en sus movimientos, ya que realizan menos esfuerzo para una tarea dada, lo que deriva en una mejora de las capacidades de resistencia (Carlock et al., 2005). Pero también existen evidencias científicas

que demuestran que determinados métodos de entrenamiento con sobrecargas ofrecen mejoras sobre este criterio, como es el caso del entrenamiento en circuito o Circuit Weight-Training, que según la bibliografía revisada produce aumentos en el  $VO_{2m\acute{a}x}$  entre 4-12% (Garbutt et al., 1994; Gettman et al., 1982; Kaikkonen et al., 2000; Mosher et al., 1994).

Este tipo de método de entrenamiento tiene efectos muy positivos cuando es realizado por personas sedentaria o prácticamente inactivas, procurándoles beneficiosas adaptaciones en fuerza máxima y  $VO_{2m\acute{a}x}$ . Tal vez, estas adaptaciones se deban al bajo nivel de partida de los sujetos experimentales ya que las intensidades utilizadas (20-50% RM) son inferiores a las recomendadas por el Colegio Americano de Medicina del Deporte (50% RM) (ACSM, 1998). Esto explica que el rango de mejora en determinadas capacidades sea tan amplio, como por ejemplo la fuerza, que según Harber et al. (2004) tiene incrementos entre el 7 y el 32%. Cargas cercanas al 50% del RM producen mejoras en la fuerza máxima en personas desentrenadas, sin embargo, sujetos que ya tienen cierto nivel de práctica en el entrenamiento con sobrecarga necesitan de intensidades superiores al 60% de 1RM para obtener adaptaciones significativas (Hass et al., 2004).

Por otro lado, si se pretenden obtener mejoras en el sistema cardiovascular mediante el entrenamiento con sobrecargas, la bibliografía recomienda la utilización de intensidades comprendidas entre el 40-60% de 1RM, ya que producen mayores aumentos de la respuesta de la frecuencia cardiaca que con intensidades cercanas a 1 RM (Jimenez, 2006).

El objetivo de este estudio es conocer las posibles adaptaciones en la frecuencia cardiaca submáxima y en  $VO_{2m\acute{a}x}$  tras un entrenamiento en circuito intermitente con sobrecargas de 8 semanas de duración en sujetos experimentados en el entrenamiento con sobrecargas.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

### *Muestra*

La muestra estuvo formada por 8 varones sanos ( $79,7 \pm 7$  Kg. de peso,  $1,73 \pm 0,02$  m de altura y  $18,06 \pm 3,6$  % de grasa corporal, evaluado por medio de pliegues cutáneos) cuyas características se pueden contemplar en la tabla 1. Todos los sujetos fueron informados acerca de los procedimientos, riesgos y beneficios del estudio, y firmaron un informe de consentimiento previo al comienzo del mismo. Los sujetos debían cumplir con los siguientes requisitos: ser varón joven (20-30 años), no presentar ningún tipo de patología o lesión incompatible con los entrenamientos, tener una experiencia previa en entrenamientos con sobrecarga de al menos 3 sesiones/semana durante los últimos 2 años y poseer un consumo máximo de oxígeno igual o superior a  $42 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Además, los sujetos presentaban una fuerza máxima (expresada en 1RM) de más del 100% de su peso corporal en el ejercicio de press de

banca y de más del 130% en el ejercicio de prensa de piernas, así como una experiencia en el entrenamiento con sobrecargas superior a 12 meses, es por esto que se consideró a la muestra como expertos en el entrenamiento de musculación (Ostrowski et al., 1997, citado en Carpinelli et al., 2004).

**Tabla 1:** Características Sujetos

Sujetos	Peso (Kg)	Talla (m)	I.M.C. (Kg·m <sup>-2</sup> )	Experiencia (meses)
n=8	77,96±7,5	1,73±0,2	25,82±2,47	14,50±2,00

I.M.C.: índice de masa corporal

Por otro lado, los criterios o factores de exclusión del estudio fueron: consumir cualquier tipo de suplementación (proteínas, creatina, L-Carnitina, hidratos de carbono, aminoácidos,...) o sustancias dopantes relacionadas con el rendimiento físico (esteroides, hormonas,...), realizar otra actividad física que pudiese influir en los resultados del estudio, no respetar las pautas de entrenamiento dictadas en el estudio y no realizar dos o más sesiones de entrenamiento.

Tanto los criterios de inclusión como de exclusión fueron evaluados previamente al estudio en un total de 20 sujetos, quedando la muestra definitiva compuesta por 8 sujetos.

### *Procedimiento*

Los sujetos experimentales realizaron una valoración inicial, un programa de entrenamiento de 8 semanas de duración y una valoración final.

La evaluación inicial se realizó durante la semana previa al comienzo del estudio, donde se realizó un test de aproximación de una repetición máxima (RM) de cada uno de los ejercicios de musculación que posteriormente se realizaron en el entrenamiento experimental. El primer día de valoración se realizó un test de RM para 5 de los 10 ejercicios que conformaban la valoración inicial (press banca plano, press banca inclinado, press banca declinado, jalón frontal, remo máquina). Para ello, los sujetos realizaron un pequeño calentamiento de ejercicio cardiovascular de 5 minutos de duración, más un calentamiento específico del grupo muscular en concreto. Debían formalizar 3 series de calentamiento previas al test máximo. La primera serie constaba de 12 repeticiones con una carga baja (que podían movilizar con facilidad al menos 20 veces). Tras un descanso de 2 minutos, una segunda serie con una carga mayor (con la que podrían realizar 12-14 repeticiones) para 8 repeticiones. Y pasados 3 minutos, una tercera serie con una carga elevada (con la que pudiesen desplazar al menos 6 veces) para 4 repeticiones. Tras ello, y pasados otros 3 minutos de recuperación, se realizó el test de RM con una carga que el sujeto no pudiese desplazar más de 4 veces.

Dos días más tarde, pasadas 48 horas de recuperación, se realizó otro test de RM de los 5 ejercicios restantes (prensa inclinada, sentadilla multipower, curl de bíceps “z”, extensiones de polea alta, remo vertical), para los que se respetaron los mismos protocolos de actuación.

Para la estimación, de forma indirecta, del  $VO_{2\text{máx}}$  se llevó a cabo una prueba de esfuerzo incremental de Course Navette (Leger, 1989). Este test, se realizó 72 horas después de la realización del segundo test de RM. A lo largo de toda la prueba, los sujetos portaron un pulsómetro telemétrico Polar 610, que registró y almacenó la frecuencia cardíaca cada 5 segundos. Además, se registraron las frecuencias cardíacas de los sujetos en los minutos 4, 6 y 9 del test y los minutos 1, 2 y 3 de recuperación tras la finalización del test.

#### *Protocolo de Entrenamiento:*

Los sujetos realizaron un protocolo de entrenamiento de fuerza usando el método “Circuito Intermitente con Sobrecargas” a lo largo de 8 semanas, en las que se tuvieron que ejercitar 3 veces por semanas, en días alternos (48 horas de recuperación). Este método “Híbrido” se puede definir como la unión del entrenamiento en circuito o Circuit Weight-Training creado por Morgan y Adamson en 1952 (Colado, 1996; Tous, 1999) y el entrenamiento intermitente creado por Astrand sobre la década de los 60 (Argemi, 2003).

El entrenamiento consistía en realizar cuatro ejercicios de trabajo global (press de banca, dominadas, arrancada, sentadilas), lo que conformaba una vuelta. En cada ejercicio se realizaban 3 repeticiones (lo que conllevaba una duración aproximada de 8 segundos), tras una micropausa de 10 segundos, seguían con el siguiente ejercicio. Por tanto, se dio un ratio de 1:1,2 (8'' de trabajo muscular y 10'' recuperación). Las cargas fueron estimadas sobre el 62% de 1RM de cada sujeto y según se desarrolló el programa de entrenamiento, evolucionaron hasta el 72% RM. El volumen de entrenamiento comenzó en 24 series o vueltas y aumentó hasta llegar a un máximo de 36 series o vueltas. La duración del entrenamiento fue de 30 minutos en su inicio y evolucionó hasta el final del programa a 42 minutos de duración. Además, la planificación del entrenamiento llevada a cabo, permitió que la sesión 1 y la 24 tuviesen misma duración y mismas características en intensidad y volumen. Ambas sesiones poseían una estructura idéntica, con lo que se pudieron comparar para conocer la adaptación al entrenamiento tras las 8 semanas de programa.

En todas las sesiones de entrenamiento se mantuvo el control de la frecuencia cardíaca por medio de un pulsómetro Polar S610, el cual registro y almacenó la frecuencia cardíaca cada 5 segundos.

Una vez finalizado el periodo de entrenamiento, se procedió a la valoración final que consistió en la estimación de 1 RM y la determinación del  $VO_{2\text{max}}$  siguiendo los mismos protocolos que en la valoración inicial del estudio.

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete informático SPSS versión 14.0. Se realizó una prueba no paramétrica de Wilcoxon para 2 variables relacionadas con el fin de conocer diferencias significativas entre los resultados del pre y post test de cada una de las variables objeto de estudio y se mantuvo como valor significativo  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

En la tabla 2 se muestran los resultados medios obtenidos en el pre y postest relacionados con el cálculo de 1RM de los diferentes ejercicios, así como la mejora producida y su significación estadística.

**Tabla 2:** Datos del pre y postest en la determinación de la fuerza máxima

Ejercicio:	Pre-test: (Kg)	Pos-test: (Kg)	Mejora: ↑ (%)	Significación:
Press Banca Horizontal:	92,67 ± 8,21	96,52 ± 7,14	4,15	*
Press Banca Declinado:	93,91 ± 8,24	98,22 ± 7,35	6,43	NS
Press Banca Inclinado:	80,75 ± 8,77	85,95 ± 9,36	4,58	NS
Prensa Oblicua:	243,52 ± 32,8	294,55 ± 51,09	20,95	*
Sentadilla Multipower:	83,71 ± 19,4	101,55 ± 21,86	21,31	*
Jalón Frontal Neutro:	104,97 ± 14,91	109,02 ± 15,50	3,85	NS
Remo Máquina:	110,74 ± 14,69	117,78 ± 18,29	6,35	NS
Curl Bíceps Barra "Z":	51,14 ± 5,69	53,03 ± 4,95	3,69	*
Extensiones Codo Polea Alta:	87,81 ± 4,71	90,98 ± 6,97	3,61	NS
Remo Vertical Barra "EZ"	49,51 ± 4,52	51,88 ± 3,95	4,78	*

\*:  $p < 0,05$ ; NS: cambio no significativo ( $p > 0,05$ )

En la tabla 3 aparecen los resultados referentes a la determinación indirecta del consumo máximo de oxígeno, así como la evolución de la frecuencia cardiaca en la prueba de Course Navette.

**Tabla 3:** Datos del Pre y Postest en consumo máximo de oxígeno y frecuencia cardiaca del test Course Navette

	Pre-test:	Pos-test:	Mejora: (%)	Significación:
VO <sub>2</sub> máx:	48,99 ± 4,54 mL·Kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	54,11 ± 3,1 mL·Kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	+10,4	*
FC Minuto 4	172,25 ± 9,46 Lat· min <sup>-1</sup>	161,37 ± 8,24 Lat· min <sup>-1</sup>	-6,31	*
FC Minuto 6	181,50 ± 7,52 Lat· min <sup>-1</sup>	173,37 ± 7,50 Lat· min <sup>-1</sup>	-4,48	*
FC Minuto 9	192,60 ± 4,15 Lat· min <sup>-1</sup>	185,28 ± 5,76 Lat· min <sup>-1</sup>	-3,80	*
FC Rec. 1´	172,62 ± 11,98 Lat· min <sup>-1</sup>	165,87 ± 14,24 Lat· min <sup>-1</sup>	-3,91	*
FC Rec. 2´	147,37 ± 12,59 Lat· min <sup>-1</sup>	139,75 ± 11,00 Lat· min <sup>-1</sup>	-5,17	*
FC Rec. 3´	132,62 ± 10,05 Lat· min <sup>-1</sup>	126,50 ± 11,07 Lat· min <sup>-1</sup>	-4,61	*

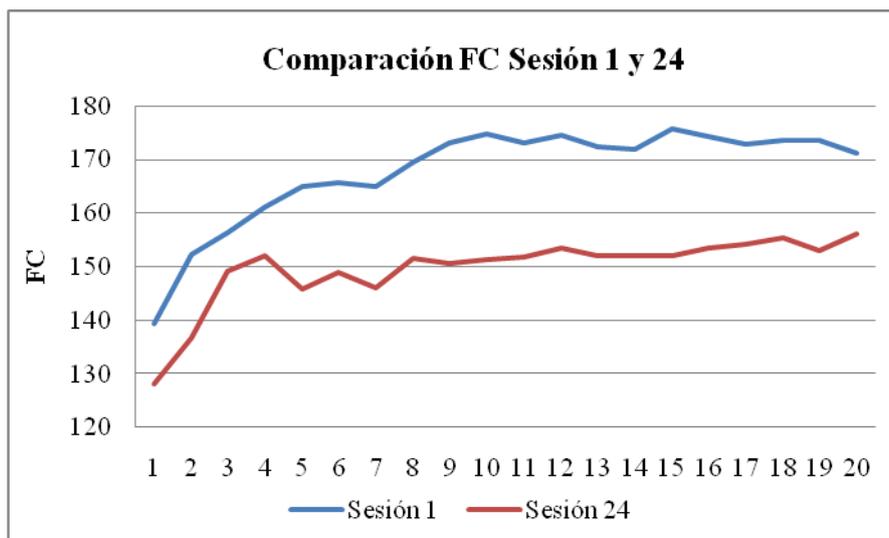
\*:  $p < 0,05$ ; Lat· min<sup>-1</sup>: Latidos en un minuto; +: Aumento; -: Disminución; FC: frecuencia cardiaca; Rec: recuperación.

En la tabla 4 se describen las diferencias encontradas en la frecuencia cardiaca de entrenamiento de la sesión 1 y la sesión 24, además de su evolución, mejora y significación estadística, mientras que en la figura 1 se muestra la evolución de la frecuencia cardiaca media de los sujetos durante la sesión 1 y la sesión 24.

**Tabla 4:** Comparación Frecuencia cardiaca media de entrenamiento sesión 1 y 24 (sesiones de similares características en cuanto a la carga de entrenamiento)

	Sesión 1 lat·min <sup>-1</sup>	Sesión 24 lat·min <sup>-1</sup>	Mejora: %	Mejora lat·min <sup>-1</sup>	Significación
Frecuencia Cardiaca media de Entrenamiento	167,73±9,32	149,58±6,61	11,50	19,8±8,37	***

\*\*\*: cambio muy significativo  $p < 0,0001$



**Figura 1:** Comparación de la evolución media de la FC de entrenamiento entre la sesión 1 y la 24 (de similares características) de todos los sujetos experimentales. Mejora del 11,50%.  
Disminución de  $19,8 \pm 8,37 \text{ lat} \cdot \text{min}^{-1}$

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran como 8 semanas de entrenamiento de la fuerza utilizando un método de entrenamiento en circuito intermitente con sobrecargas tienen un efecto eficaz frente a la fuerza máxima (RM), el consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ) y la frecuencia cardiaca submáxima de 8 sujetos entrenados en fuerza. Estos datos se pueden relacionar con las mejoras obtenidas en programas de entrenamiento de la fuerza de características similares, como el método en circuito con sobrecargas (Circuit Weight-Training), o el método intermitente para la mejora del  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ , observando como con protocolos de duración similares obtuvieron mejoras semejantes (Garbutt et al., 1994; Kaikkonen et al., 2000; Morgan et al., 1995; Tabata et al., 1997).

Si se compara las mejoras obtenidas en  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  (10,4%) tras las 8 semanas de duración del estudio, se observa que son similares a las adaptaciones al entrenamiento en circuito descritas por Kaikkonen et al., (2000) cuyo estudio presenta unas mejoras del 11% en  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  tras un programa de entrenamiento en circuito de 12 semanas. También, con el mismo entrenamiento y muestra, Mosher et al., (Mosher et al., 1994) que tras 10 semanas obtienen una mejora de 3-4% en el  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ . Sin embargo, un entrenamiento en circuito de 8 semanas de duración (mismo tiempo que el presente estudio) realizado por Garbutt (1994), tan sólo mejora en un 4%. Todos estos estudios mantuvieron unas intensidades medias entre el 20 y el 50% de 1RM. Por tanto se observa que, estudios que han utilizado entrenamientos en circuito con sujetos sedentarios obtienen mejoras en el  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  inferiores o similares a las obtenidas por este estudio. La gran

diferencia está en las muestras utilizadas. Mientras que los estudios revisados han utilizado a poblaciones sedentarias o inactivas, el presente estudio realizó un programa de entrenamiento de 8 semanas de duración con sujetos expertos en el entrenamiento con sobrecargas consiguiendo mejoras patentes.

Por otro lado, las adaptaciones obtenidas a nivel de  $VO_{2m\acute{a}x}$  pueden ser comparadas con estudios de duración similar que utilizaron métodos de entrenamiento para la mejora de la capacidad aeróbica. Como es el caso de Tabata et al. (1997) quién obtiene un aumento del 13% en el  $VO_{2m\acute{a}x}$  tras 7 semanas realizando un entrenamiento en cinta rodante utilizando el método intermitente para la mejora del  $VO_{2m\acute{a}x}$ , con un ratio de esfuerzo y recuperación de 20 y 10 segundos respectivamente.

Cabe destacar el estudio de McDougall et al., (1998) que investigaron los efectos del ejercicio intermitente sobre el  $VO_{2m\acute{a}x}$ , realizando un entrenamiento en bicicleta ergométrica 3 veces por semana, con un trabajo de 10 series de 30 segundos de esfuerzo a una intensidad de 110%  $VO_{2m\acute{a}x}$ . Tras 7 semanas, el  $VO_{2m\acute{a}x}$  de los sujetos se incrementó en un 9%.

En otro estudio donde se compararon 2 métodos de entrenamiento de la mejora de la capacidad aeróbica mediante ejercicios de carrera, obtuvo un incremento del 12 % del  $VO_{2m\acute{a}x}$  tras 8 semanas de programa con universitarios estudiantes de educación física (Torres et al., 2001).

Por tanto, se observa que las mejoras obtenidas en  $VO_{2m\acute{a}x}$  (10,4%) tras 8 semanas de entrenamiento en circuito intermitente con sobrecargas son similares a las obtenidas por otros métodos de mejora del  $VO_{2m\acute{a}x}$  y de carácter aeróbico y superiores a las producidas por los entrenamientos en circuito con sobrecargas (Circuit Weight-Training).

Estas adaptaciones son debidas al gran volumen de trabajo al que se somete el organismo. Los ejercicios realizados requieren de una gran participación del sistema cardiovascular, ya sea por involucrar a grandes grupos musculares o, por necesitar de otros músculos para mantener estable al sujeto. Esto sumado a una intensidad moderada-alta (62-72% RM) y un corto periodo de recuperación (10 segundos) hacen que el  $VO_2$  durante el esfuerzo se presume, sea elevado.

A nivel cardiovascular se obtienen interesantes adaptaciones tras las 8 semanas de entrenamiento. Como se muestra en la tabla 2, la frecuencia cardiaca submáxima fue evaluada en los minutos 4, 6 y 9 del test de Course Navette y en los minutos 1, 2 y 3 de recuperación tras el test, obteniéndose una FC menor tras el periodo de entrenamiento para una misma carga de trabajo. Se obtuvieron unas disminuciones de 10,8- 8,2 y 7,4  $lat\cdot min^{-1}$  en los minutos 4, 6 y 9 respectivamente, que si bien son inferiores a las obtenidas por Torres et al., (2001) tras 8 semanas de entrenamiento con protocolos de desarrollo de la capacidad aeróbica, donde se obtuvieron unas disminuciones entre 22 y 17,2  $lat\cdot min^{-1}$  para el minuto 4 del test y entre 17,6 y 11,4  $lat\cdot min^{-1}$  para el minuto 9,

que si que indican, que se produjeron adaptaciones cardiovasculares significativas en cuanto a este parámetro. De esta forma, se observa un incremento del  $VO_{2max}$  y por lo tanto, una respuesta cardiaca más eficaz, una bradicardia ante la misma intensidad de ejercicio probablemente causada por la actividad incrementada de los nervios parasimpáticos respecto al corazón (Wilmore y Costill, 2004). La frecuencia cardiaca después de la prueba, progresiva y máxima también ofrece un ligero descenso, lo que concuerda con otros estudios, de la eficacia cardiaca ante esfuerzos de estas características después de entrenamientos de la capacidad aeróbica (Di Bello, 1987; Cousteau, 1989, Torres et al., 2001) poniendo de manifiesto que también es posible esta adaptación con programas de entrenamiento como el llevado a cabo en este estudio.

A su vez, esta adaptación se ve corroborada por las mejoras en cuanto a la FC de entrenamiento, ya que comparando la sesión 1 y la sesión 24, que tenía características totalmente similares, se observa un descenso del valor de la FC de un 11,50%.

Se ha podido observar como la FC de entrenamiento fue constante a lo largo de las diferentes semanas a pesar de ir incrementando la carga, dando información de una progresión de la carga de entrenamiento acertada, así como de una adaptación cardiorrespiratoria tras 8 semanas de entrenamiento.

Otro motivo por el cual se puede explicar las mejoras encontradas en el test de Course Navette es que los incrementos en la fuerza están frecuentemente acompañados por incrementos en la potencia y en la tasa de desarrollo de la fuerza (Aagaard et al., 2002), y es posible que esta adaptación pueda incrementar la resistencia por medio de la reducción de la fuerza relativa aplicada a cargas relativas similares (lo que mantiene un mayor flujo sanguíneo) (Osteras et al., 2002).

Además el entrenamiento de la fuerza ha mostrado reducir la cantidad de músculos activados para una determinada carga (Ploutz et al., 1994) y por lo tanto, podría haber una menor demanda metabólica para una misma producción de fuerza (Carlock et al., 2005). Es lógico pensar que la resistencia depende tanto de los mecanismos aeróbicos como de los anaeróbicos por lo que la mejora de la capacidad anaeróbica como resultado del entrenamiento de la fuerza puede también contribuir a la mejora de la resistencia (Paavolainen et al., 1999).

## **CONCLUSIONES**

El entrenamiento en circuito intermitente con sobrecargas tras 8 semanas de duración ofrece adaptaciones a nivel de fuerza máxima y parámetros cardiovasculares.

Las mejoras de fuerza máxima están entre el 3 y 21% según grupo muscular, siendo las mejoras mas acentuadas en miembros inferiores.

Las mejoras en cuando al consumo máximo de oxígeno se centraron en torno al 10%, y la FC submáxima en torno al 3 – 6% de un esfuerzo progresivo y máximo. A su vez, la evolución de la FC a lo largo de las sesiones de entrenamiento comparando la primera y la última de similares características, muestra una mejora del 11,50%.

Por lo tanto, el entrenamiento en circuito intermitente es un método alternativo y eficaz para producir mejoras en la capacidad aeróbica a través de ejercicios con sobrecargas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aagaard, P., Simonsen, E.B. Andersen, J.L., P. Magnusson P., Dyre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology* (93), 1318-1326.

Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A, Alen, M., Kraemer, W., Hakkinen, K. (2005). Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19(3), 572-582.

American College of Sport Medicine (1998). Position statement on the recommended quantity and quality of exercise for developing cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Medicine and Science in Sport and Exercise* (22), 265-274.

Argemi, R. (2003) El ejercicio intermitente en los deportes de conjunto. En <http://www.deportesaciclicos.com/ciencias2.asp?PageNo=5&categoryId=&picture=&admin=> [consulta: 7/03/2007].

Brandenburg, J., Docherty, D. (2006) The Effect of Training Volume on the Acute Response and Adaptations to Resistance Training International. *Journal of Sports Physiology and Performance* (1), 108-121.

Carlock, J. Stone, M., Stone, M. (2005) ¿La Resistencia tiene alguna correlación con la fuerza máxima y el entrenamiento de la fuerza?. En <http://sobrentrenamiento.com> [consulta 4/02/2007].

Carpinelli, R. Otto, R., Winett, R. (2004) A critical analysis of the ACSM Position Stand on resistance training: insufficient evidence to support recommended training protocols. *Journal of Exercise Physiology online*, 7(3), 1-60.

Christopher, J. H., Feigenbaum, M.S., Barry A.F. (2001) Prescription of Resistance Training for Healthy Populations. *Sports Medicine* 31(14), 953-964.

Colado, J.C. (1996) *Fitness en la sala de musculación*. Barcelona: Inde.

Cousteau, J.P. (1989) *Cardiología del deporte*. Madrid: Masson.

Di Bello, V., Santoro, G., Cini, G., Pentimone, F., Ginanni, A., Romano, M.F., Giusti, C. (1987) Cardiovascular adjustments induced by training evaluated during semisupine isotonic exercise and recovery period: an echocardiographic study. *International Journal Sports and Medicine* 8(6), 407-414.

Garbutt, G., Boocock, M.G., Reilly, T., Troup, D.G. (1994) Physiological and spinal responses to circuit weight training. *Ergonomics* 37(1), 117-125.

Gettman, L.R., Ward, P., Hagan, R. D. (1982) A comparison of combined running and weight training with circuit weight training. *Medicine and Science and Sports Exercise* 14(3), 229-234.

Gotshalk, L., Berger, R., Kraemer, W. (2004) Cardiovascular responses to high-volume continuous circuit resistance training protocol. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18(4), 760-764.

Halton, R.W., Kraemer, R.R., Sloan, A., Hebert, E.P., Frank, K., Trniecki, J.L. (1999) Circuit weight training and its effects on excess post exercise oxygen consumption. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31(11), 1613-1618.

Harber, M.P., Fry, A.C., Rubin, M.R., Smith, J.C., Weiss, L.W. (2004) Skeletal muscles and hormonal adaptations to circuit weight training in untrained men. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 14, 176-185.

Hass, C.J., Feigenbaum, M.S., Franklin, B.A. (2001) Prescription of resistance training for healthy population. *Sports Medicine* 31(14), 953-964.

Folland, J.P., Williams, A.G. (2007) The Adaptations to Strength Training Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. *Sports Medicine* 37(2), 145-168.

Jiménez, A. (2006) Entrenamiento de la fuerza y salud. Efectos positivos de los cambios producidos por el entrenamiento de fuerza sobre la salud. En <http://sobrentrenamiento.com> [consulta 4/03/2007].

Kaikkonen, H., Yrjama, M., Siljander, E., Byman, P., Laukkamen, R. (2000) The effects of heart rate controlled low resistance circuit weight training and endurance training on maximal aerobic power in sedentary adults. *Scandinavian Journal of Medicine of Science of Sports* 10(4), 211-215.

Léger L. (1989) *Tests d'Évaluation de la Condition Physique de l'Adulte (TECPA)*. Université de Montreal. Département d'éducation physique.

McDougall, J.D. Hicks, A.L., McDonald, J.R. McKelvie, R.S. Green, H.J. Smith, K.M. (1998) Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *Journal of Applied Physiology* 84(6), 2138-2142.

Morgan, D.W., Bransford, D.R., Costill, D.L. (1995) Variations in the aerobic demand of running among trained and untrained subjects. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 27, 404-409.

Mosher, P.E., Underwood, S.A., Ferguson, M.A. y Arnold, R.O. (1994) Effects of 12 weeks of aerobic circuit training on aerobic capacity, muscular strength and body composition in college-women. *Journal of strength & conditioning research* 8(3), 144-148.

Osteras, H. Helgerud, J., Hoff, J. (2002) Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increasing aerobic performance in humans. *European Journal of Applied Physiology* 88, 255-263.

Paavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A., Rusko, H. (1999) Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology* 86, 1527-1533.

Ploutz, L.L., Tesch, P.A., Biro, R.L., Dudley, G.A. (1994) Effect of resistance training on muscle use during exercise. *Journal of Applied Physiology* 76, 1675-1681.

Tabata, I, Irisawa, K. y Kouzaki, M. (1997) Metabolic profile of high intensity of intermittent exercises. *Medicine and Science and Sports exercise* 29,390-395.

Torres, G., Carrasco, P., Villaverde, C., Mendoza, C. (2001) Efectos de diferentes entrenamientos sobre la frecuencia cardiaca submáxima. *Selección* 10(1), 37- 42.

Tous, J. (1999) *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona: Ergo.

Warburton, D. E., Gledhill, N., Quinney, A. (2001a) Musculoskeletal fitness and health. *Canadian journal of applied physiology* 26(2), 217-237.

Warburton, D. E., Gledhill, N., Quinney, A. (2001b) The effects of changes in musculoskeletal fitness on health. *Canadian journal of apply physiology* 26(2), 161-216.

Wilmore, JH, Costill, D.L. (2004) *Fisiología del esfuerzo y el deporte*. Barcelona: Paidotribo.