

Análisis del gasto energético en entrenamiento con cargas en circuito Comparación de cargas elevadas vs ligeras. *Analysis of energy expenditure in circuit training with load. Comparison between heavy and light loads*

Benito Peinado, P.J.; Álvarez Sánchez, M.; Díaz Molina, V.; Peinado Lozano, A.B.

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF-UPM).

Dirección de contacto

Pedro José Benito Peinado: pbenito@inef.upm.es

Fecha de recepción: 30 de marzo de 2008

Fecha de aceptación: 13 octubre de 2008

RESUMEN

El entrenamiento con cargas es uno de las más frecuentes actividades deportivas, tanto de europeos (más de 38 millones de personas) como de americanos (más de 40 millones). Por este motivo conocer el gasto energético de esta actividad podría suponer un enorme beneficio para la planificación de actividades de pérdida de peso. Seis hombres y seis mujeres realizaron un circuito sin descansos en dos días diferentes. El primer día a intensidad ligera (menor del 60%) y otro día a intensidad elevada (superior al 70%).

Existen diferencias significativas entre ambos protocolos así como entre géneros, debidas fundamentalmente al componente genético (composición fibrilar y composición corporal).

En conclusión los protocolos de entrenamiento en circuito de alta intensidad consumen mayor cantidad de energía aeróbica que los de baja intensidad.

Palabras claves: entrenamiento con cargas, gasto energético, diferencias de género.

ABSTRACT

Resistance training is a common physical activity, either in europeans (more than 38 millions of persons) or americans (more than 40 millions). In this context, to know the energy expenditure in this activity could be helpful to plan activities which aim is the loss of weight.

Six men and six women carried out a circuit without rest in two differents days. The first day with a light intensity (lower than 60%) and the second day at higher intensity (larger than 70%).

Statistical differences were found between intensities as between genders, mainly due to the genetic component (fiber composition and corporal composition).

In conclusion, protocols consisting of high intensity circuit training consume more aerobic energy than low intensity.

Key words: resistance training, energy expenditure, gender differences.

INTRODUCCIÓN

La práctica del entrenamiento con cargas es una de las actividades deportivas más realizadas en el mundo. Más de 80 millones de practicantes (entre Europa y EE.U.U) realizan esta actividad por diversos motivos, entre los que se encuentran principalmente salud y estética (IHRSA 2006; Sporting Goods Manufacturers Association 2006), si bien, el entrenamiento en gimnasio hoy en día no es sinónimo de entrenamiento con cargas, ya que estas instalaciones se han convertido en centros polideportivos (IHRSA 2006; IHRSA 2007).

La estimación del gasto energético en las actividades deportivas ha sido y es una prioridad, por su relación directa con la medición del balance energético y la modificación de la composición corporal, sin embargo recientes estudios han demostrado que las actividades deportivas anaeróbicas habían sido infraestimadas de manera notable (Scott and Kemp 2005; Scott 2006). El entrenamiento con cargas es una de las actividades anaeróbicas glucolíticas más intensas (Robergs, Gordon et al. 2007), y por ello se ha podido comprobar que las estimaciones de la energía expendeda en esta actividad deportiva ha sido subestimada entre un 13 y un 30% (Scott 2006; Robergs, Gordon et al. 2007).

Dentro de las actividades de entrenamiento de fuerza que se realiza en los gimnasios, el entrenamiento en circuito con máquinas es uno de los más practicados, en primer lugar por la reducción del tiempo de entrenamiento debido, y en segundo lugar, por la sencillez en la ejecución técnica de los movimientos (Santana 2001).

Muy pocos estudios se han ocupado del gasto energético de este tipo de actividad deportiva que es tan utilizada por la población en general (Haltom, Kraemer et al. 1999; Beckham and Earnest 2000; Álvarez, Morencos et al. 2007), sobre todo en la comparación de los efectos sobre el gasto energético de cargas elevadas frente a ligeras, siendo este el propósito del presente estudio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sujetos

Seis hombres (22-26 años) y seis mujeres (20-24 años) estudiantes de educación física y con experiencia de al menos tres meses en entrenamiento con cargas participaron en este estudio, que siguiendo con las directrices éticas de la Declaración de Helsinki para la investigación con seres humanos (World Medical Association 2004) fueron informados de la naturaleza y finalidad del estudio, firmando un consentimiento informado.

Procedimientos

Para la realización de este estudio se utilizaron máquinas (Pannata, Italy), en las que se realizaron siete ejercicios con una pausa máxima entre ellos de 10 s. El orden de los ejercicios fue, press de pecho, extensiones de cuádriceps, jalones en polea, press de hombros, curl femoral, flexión de bíceps y extensión de tríceps.

Para cada sujeto se calculó el peso máximo para realizar 15 repeticiones pero no 16 en cada ejercicio (15 RM), repitiendo este proceso otro día diferente para comprobar la carga máxima, si la diferencia era mayor del 3% se volvía a repetir el proceso hasta alcanzar un valor inferior a este porcentaje.

El primer día de evaluación se realizó una exploración médica convencional, con una antropometría básica y la firma del consentimiento informado. El segundo día, los sujetos realizaron (previo calentamiento) una vuelta al circuito al 40%, la siguiente vuelta al 50% y la última al 60% de la intensidad máxima (15 RM), descansando 5 min entre cada intensidad, a este protocolo se le denominó de intensidad ligera (IL). El tercer día de evaluación realizaron este mismo protocolo pero al 70, 80 y 85% de 15 RM, al que se denominó de intensidad pesada (IP).

Para controlar el ritmo de ejecución de los ejercicios se utilizó una música que diferenciaba la parte concéntrica de la excéntrica con una frecuencia conocida (ritmo 1:2). Estos sonidos controlaban las pausas, el cambio de ejercicio y todo lo relativo al protocolo de ejercicio y recuperación.

Cálculo de la calorimetría indirecta

Se utilizó un analizador de gases portátil Jaeger Oxycon Mobile® (Erich Jaeger, Viasys Healthcare, Germany) (Perret and Mueller 2006), para la medición respiración a respiración del consumo de oxígeno (VO₂), la producción de dióxido de carbono (VCO₂), la ventilación (VE) y la frecuencia cardiaca (HR), que fue registrada con Polar® heart rate monitor (Polar Electro, Kempele, Finland). De estas variables y utilizando las ecuaciones de conversión estequiométricas se derivaron las variables de gasto energético conforme a procedimientos previos (Beckham and Earnest 2000; Robergs, Gordon et al. 2007).

Variables antropométricas

Para el cálculo de la composición corporal, se utilizó la fórmula de 6 pliegues de Carter que incluye los pliegues del tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal, gemelo y muslo (Carter and Heath 1990) para el porcentaje de grasa, y la de Martin y colaboradores para la masa muscular (Martin, Spent et al. 1990)

Análisis estadístico

Todas las variables fueron promediadas cada 15 segundos y se extrajeron para introducirlas en el paquete estadístico SPSS v.12.0 para Windows (SPSS WorldWide Headquarters, Chicago, IL).

Se realizó un T de Student para muestras relacionadas para observar las diferencias entre IL e IP. De la misma manera se utilizó una T de Student para muestras no relacionadas, para observar las diferencias entre sexos, alcanzando con 12 sujetos, el 80% de potencia estadística necesaria para solicitar un valor de significación $\alpha=0.05$.

RESULTADOS

Las variables se muestran con medias y desviaciones estándar. En la tabla I se muestran los valores descriptivos de la muestra.

Tabla I. Estadísticos descriptivos de la muestra analizada.

	Mujeres		Hombres		Total	
	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E
Peso (kg)	56,5	2,6	71,5	11,1	64,0	11,0
Talla (cm)	161	4	175	10	168	10
Edad (años)	22,7	1,5	23,7	1,5	23,2	1,6
Fc reposo (ppm)	63	8	80	6	72	11
Fc máxima (ppm)	145	23	162	7	154	19
Carga relativa al peso (kg/kg de masa corporal)	0,240	0,064	0,360	0,105	0,300	0,105
Carga relativa a la masa muscular (kg/kg de masa corporal)	0,532	0,123	0,699	0,158	0,615	0,163
	n=6		n=6		n=12	

En la tabla 2, se observan diferencias significativas en todas las variables cuando se comparan los protocolos de cargas ligero frente a pesado, excepto en la variable de recuperación a los dos minutos, solamente en mujeres.

En cuanto a las diferencias por sexos, todas las variables muestran diferencias debidas al género, excepto las de intensidad y la de la energía expedida por kg de masa muscular. La energía expedida en circuito oscila desde los 3,6

kcal/min en mujeres que realizaron un circuito ligero hasta los 6,8 kcal/min de los hombres en circuito intenso.

DISCUSIÓN

Nuestros resultados muestran evidentes diferencias en los dos protocolos de entrenamiento propuestos, siendo lo verdaderamente relevante de este estudio los datos descriptivos que se desprenden del mismo y no estas diferencias, ya que estas son motivo de la diferencia en la intensidad propuesta. Diferencias genéticas, así como antropométricas podrían ser la explicación junto con la intensidad propuesta (Castellani, Delany et al. 2006), lo que explicaría que incluso dentro del mismo protocolo existan diferencias entre géneros. La composición fibrilar y las diferencias en la masa muscular (factor genético) han sido propuestas como resultados en las diferencias de gasto energético de estas actividades (Glenmark 1994; O'Hagan, Sale et al. 1995), aunque el tipo de entrenamiento no produzca cambios intrasujeto en esta composición (O'Hagan, Sale et al. 1995). Las diferencias en el gasto energético no son exclusivas del entrenamiento con cargas. Knechtle et al. encontraron diferencias entre sexos en cicloergómetro, aunque los datos no se relativizaron a la masa corporal y muscular (Knechtle, Muller et al. 2004).

Además del gasto energético producido por el ejercicio, hay que tener en cuenta el EPOC que el mismo produce (Haltom, Kraemer et al. 1999). Este gasto parece ser mayor cuando los descansos entre ejercicios disminuye. En el

Tabla 2: Resultados de la T-Student para muestras relacionadas y no relacionadas de las principales variables del estudio. a. muestra diferencias significativas con protocolo ligero $p < 0.001$. *Diferencias significativas con mujeres y $p < 0.05$. a Diferencias significativas con cargas ligeras y $p < 0,05$.

		Mujeres		Hombres		Total	
		Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E
Fc recua 2 min (ppm)	IL	99	20	103	19	101	20
	IP	103	19	119 a*	16	111	18
Fc promedio(ppm)	IL	120	17	134*	12	127	15
	IP	135 a	24	153 a*	12	144	18
VO2 promedio (ml/min)	IL	772	61	1258*	111	1015	86
	IP	895 a	87	1371 a*	145	1133	116
VO2 promedio relativo al peso (ml/min/kg)	IL	13,66	0,91	18,08*	3,69	15,87	2,30
	IP	15,84 a	1,21	19,78 a*	4,60	17,81	2,91
VO2 Rel. a la M.Muscular (ml/min/kg mm)	IL	30,54	2,43	35,63*	7,83	33,09	5,13
	IP	35,43 a	3,30	38,99 a*	9,72	37,21	6,51
VCO2 promedio (ml/min)	IL	752	89	1390*	136	1071	113
	IP	932 a	113	1589 a*	199	1261	156
Ventilación promedio (L/min)	IL	29	5	46*	6	37	6
	IP	38 a	10	62 a*	13	50	11
RER promedio	IL	0,98	0,05	1,11*	0,03	1,05	0,04
	IP	1,05 a	0,04	1,17 a*	0,05	1,11	0,05
Intensidad real (%15 RM)	IL	48,8	8,9	50,2	8,9	50	9
	IP	76,4 a	8,1	78,7 a	7,3	78	8
Peso promedio (kg)	IL	13,5	3,5	25,0*	5,3	19,3	4,4
	IP	21,2 a	4,4	39,1 a*	6,0	30,2	5,2
EE rel a la M.Muscular (Kcal/kg)	IL	0,145	0,012	0,175*	0,036	0,160	0,024
	IP	0,169 a	0,014	0,192 a	0,041	0,180	0,027
Energía utilizada (Kcal/min)	IL	3,653	0,291	6,217*	0,623	4,935	0,457
	IP	4,262 a	0,320	6,794 a*	0,712	5,528	0,516
		n=6		n=6		n=12	

estudio de Haltom et al. el descanso de 20 s frente al de 60 s era el que mantenía más elevado el VO₂ en la hora posterior al ejercicio. Estos mismos autores son los que sugieren que, menores descansos entre ejercicios como es el caso que nos ocupa, pueden producir un mayor aumento del EPOC. Además, el EPOC también es más elevado en los ejercicios de mayor intensidad (Thornton and Potteiger 2002) debido a los desequilibrios metabólicos que se producen.

Las recientes investigaciones hacen necesario un estudio más profundo de las energías producidas en entrena-

miento con cargas, ya que los estudios de Scott y Robergs muestran un grave error en las estimaciones del gasto energético en las actividades anaeróbicas (Scott 2006; Robergs, Gordon et al. 2007).

En conclusión, era obvio pensar que los entrenamientos más pesados conllevarían un mayor gasto energético, pero que estas diferencias se muestran por género incluso dividiendo por el peso muscular, es una evidencia exclusiva de este estudio que puede contribuir a un menor error en la cuantificación de la energía expendedida en entrenamiento con cargas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, M., E. Morencos, et al. (2007). Physiological variables and training intensity relationship in a specific circuit training. *12th Annual Congress of the European College of Sport Science*, Jyväskylä (Finland).
- Beckham, S. G. and C. P. Earnest (2000). Metabolic cost of free weight circuit weight training. *J Sports Med Phys Fitness* 40(2).
- Carter, L. and B. Heath (1990). *Somatotyping: Development and applications*. Cambridge: University Press.
- Castellani, J.W., J. P. Delany, et al. (2006). Energy expenditure in men and women during 54 h of exercise and caloric deprivation. *Med Sci Sports Exerc* 38(5).
- Glenmark, B. (1994). Skeletal muscle fibre types, physical performance, physical activity and attitude to physical activity in women and men. A follow-up from age 16 to 27. *Acta Physiol Scand Suppl* 623: 1-47.
- Haltom, R.W., R. R. Kraemer, et al. (1999). Circuit weight training and its effects on excess postexercise oxygen consumption. *Med Sci Sports Exerc* 31(11).
- Knechtle, B., G. Muller, et al. (2004). Fat oxidation in men and women endurance athletes in running and cycling. *Int J Sports Med* 25(1).
- Martin, A. D., L. F. Spenst, et al. (1990). Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Med Sci Sports Exerc* 22(5).
- O'Hagan, F.T., D. G. Sale, et al. (1995). Response to resistance training in young women and men. *Int J Sports Med* 16(5).
- Perret, C. and G. Mueller (2006). Validation of a new portable ergospirometric device (Oxycon Mobile) during exercise. *Int J Sports Med* 27(5).
- Robergs, R. A., T. Gordon, et al. (2007). Energy Expenditure During Bench Press and Squat Exercises. *J Strength Cond Res* 21(1).
- Santana, J. C. (2001). Machines versus free weights. *strength and Conditioning Journal* 23(5).
- Scott, C. B. (2006). Contribution of blood lactate to the energy expenditure of weight training. *J Strength Cond Res* 20(2).
- Scott, C. B. and R. B. Kemp (2005). Direct and indirect calorimetry of lactate oxidation: implications for whole-body energy expenditure. *J Sports Sci* 23(1).
- Thornton, M. K. and J. A. Potteiger (2002). Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. *Med Sci Sports Exerc* 34(4).
- World Medical Association (2004). Declaración de Helsinki para la investigación con seres humanos. [Documento en línea]. <<http://www.wma.net/s/policy/b3.htm>>. [Consulta 24-09-04].