

ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA RESPUESTA CARDÍACA A TRES PROTOCOLOS DE ENTRENAMIENTO CON CARGAS

Benito PJ¹, Morencos E¹, Álvarez M², Díaz V², Cupeiro, R¹, Peinado AB¹, Butragueño J¹, Gonzalo I¹ y Calderón FJ¹.

1. Departamento de Salud y Rendimiento Humano. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. pedroj.benito@upm.es
2. *Institute of Veterinary Physiology, University of Zürich, Switzerland.*

Objetivo. El Objetivo del estudio fue observar si existían diferencias significativas en tres protocolos de entrenamiento con cargas, en su respuesta cardiodinámica.

Material y métodos. 15 hombres y 14 mujeres realizaron tres protocolos diferentes de entrenamiento en circuito, circuito de peso libre (CPL), entrenamiento en máquinas (CM) y mixto aeróbico (peso libre y ejercicio aeróbico)(CMA), conectados a un analizador de gases portátil Jaeger Oxycon Mobile (Erich Jaeger, Viasys Healthcare, Alemania), que además registra la frecuencia cardíaca a través de un sensor de Polar® *heart rate monitor* (Polar Electro, Kempele, Finland). Se calculó la carga máxima para 15 RM y se realizó una prueba de esfuerzo máximo, con el objetivo de utilizar el mismo volumen e intensidad en los tres protocolos.

Resultados.

Existen diferencias significativas entre hombres y mujeres, sobre todo entre los circuitos CM con el resto, CPL y CMA, que producen una mayor exigencia cardíaca.

La respuesta cardíaca muestra una respuesta significativamente mayor en el CPL y el CMA con respecto a CM en ambos sexos, que coincide con la respuesta en el consumo de oxígeno. En ninguno los protocolos se consigue llegar a los estándares del ACSM, salvo en el CMA, para el entrenamiento aeróbico (50% del VO₂ máx.).

Discusión y conclusiones.

La mayor implicación muscular y las necesidades aumentadas de control postural en ejercicios con peso libre podrían explicar estas diferencias. Existen diferencias significativas en la respuesta cardíaca en tres tipos de circuitos de iguales duraciones e intensidades. Además, tan solo el circuito CMA produciría un aumento el consumo de oxígeno significativo.

Palabras clave. Frecuencia Cardíaca, Entrenamiento en circuito, consumo de oxígeno.

INTRODUCCIÓN

Desde que Plyley comenzara hablar de los efectos cardiovasculares del entrenamiento en circuito en la década de los 80 (Plyley, 1989), muchos investigadores han encontrado efectos positivos del entrenamiento con cargas en diferentes patologías (Hunter, Bryan, Wetzstein, Zuckerman, & Bamman, 2002; Hunter, McCarthy, & Bamman, 2004; Ibanez et al., 2005; Jacobs, Nash, & Rusinowski, 2001) y una fuerte asociación entre los niveles de fuerza y el riesgo de muerte (Ruiz et al., 2008), presentándose como una alternativa para la mejora de la salud y debido al aumento que produce sobre el ritmo metabólico basal, para no recuperar el peso corporal después de intervenciones combinadas de pérdida de peso (Del Corral, Chandler-Laney, Casazza, Gower, & Hunter, 2009; Jakicic et al., 2001).

Tradicionalmente se ha considerado el ejercicio con cargas como una actividad anaeróbica de gran intensidad, con un bajo impacto sobre la actividad cardiovascular, (Camargo et al., 2008; Lagally, Cordero, Good, Brown, & McCaw, 2009; Ortego et al., 2009) que no suele suponer un efecto significativo sobre la mejora en el cardiovascular *fitness*, ya que no ha conseguido obtener el 50% del VO_2 máx que se considera como umbral mínimo de entrenamiento (American College of Sports Medicine, 2009; Lagally et al., 2009). Sin embargo, algunas investigaciones han comprobado que determinados tipos de entrenamiento con cargas producen el mismo efecto que el ejercicio denominado aeróbico o cardiovascular, sobre la adaptación cardíaca y sobre las variables de rendimiento (Camargo et al., 2008).

Por este motivo, el objetivo de este trabajo consistió en observar si diferentes tipos de circuitos podían provocar adaptaciones cardiovasculares llegando al umbral de ejercicio propuesto por el ACSM, tanto en frecuencia cardíaca como en consumo.

MATERIAL Y METODOS

Sujetos

Quince hombres (20-26 años) y catorce mujeres (18-29 años) estudiantes de educación física y con experiencia de al menos tres meses en el 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 tres protocolos diferentes, separados por al menos 2 días de descanso, circuito de peso libre (CPL), entrenamiento en máquinas (CM) y mixto aeróbico (CMA). El orden de los circuitos fue aleatorio y en orden contrabalanceado, con el objetivo de evitar el efecto de aprendizaje sobre el circuito. La duración final de todos los circuitos incluyendo el calentamiento, descansos, recuperaciones, etc. fue de 64 min.

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 test hasta alcanzar un valor inferior a este porcentaje. El Coeficiente de Correlación Intraclase de esta medición fue 0.998 y el promedio de ocasiones para encontrar la 15 RM, 2,234 ocasiones.

Para controlar el ritmo de ejecución de los ejercicios se elaboró un sonido 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.

Control de la frecuencia cardíaca y del gasto energético por calorimetría indirecta

Se utilizó un analizador de gases portátil Jaeger Oxycon Mobile® (Erich Jaeger, Viasys Healthcare, Germany) (Díaz et al., 2008; Perret & Mueller, 2006), para la medición respiración a respiración del consumo de oxígeno (VO_2), la producción de dióxido de carbono (VCO_2), la ventilación (V_E) y la frecuencia cardíaca (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 & Earnest, 2000; Robergs, Gordon, Reynolds, & Walker, 2007).

Análisis estadístico

Todas las variables fueron promediadas cada 15 segundos y se extrajeron para introducirlas en el paquete estadístico SPSS v.15.0 para Windows (SPSS Worldwide Headquarters, Chicago, IL).

A través de un ANOVA de medidas repetidas con dos factores (sexo y tipo de circuito) se analizaron las diferencias entre los diferentes tratamientos, y se utilizó el post-hoc de Bonferroni que corrige el nivel de significación en función del número de comparaciones.

Se estableció para todos los análisis 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: Descriptivos de la muestra. Media y desviación estándar						
	Mujeres		Hombres		Total	
	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E
Edad (años)	20,7	3,4	22,5	2,6	21,6	3,1
Peso (Kg)	60,4	5,2	76,7	6,4	68,5	10
Talla (cm)	164,8	5	177,2	3,8	171	7,7
% grasa Jackson and Pollock	18,5	3,5	8,2	3,2	13,4	6,2
Masa muscular procedimiento Clásico Martin, 1990 (kg)	27	2,2	48,9	3,7	37,9	12
Masa ósea procedimiento Clásico (kg)	9,3	0,7	11,7	0,6	10,5	1,4

Masa residual procedimiento Clásico (kg)	12,8	2,6	8,5	2,4	10,7	3,3
Frecuencia Cardíaca Reposo (ppm)	57,5	11	53,3	5,2	55,4	8,5
Frecuencia cardíaca máxima (ppm)	190	8	191	10	191	9
Consumo de oxígeno relativo al peso (ml/min/kg)	48,6	5,6	57,2	5,9	52,9	7,2
Consumo de oxígeno relativo a la masa muscular (ml/min/kg)	108,7	12	89,3	7	99	14

El porcentaje graso, así como el elevado consumo de oxígeno máximo denotan un estado de salud óptimo, propio de los estudiantes en ciencias de la actividad física y del deporte.

Tabla II. Respuesta a la frecuencia cardíaca (ppm) en los tres tipos de ejercicio.	Mujeres(n=14)		Hombres(n=15)		Total(n=29)	
	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E
Circuito de máquinas CM	141 ^z	17	152 ^{az}	11	147	15
Circuito de Peso Libre CPL	150 ¹	14	160 ^{a1}	11	155	14
Circuito mixto aeróbico CMA	155 ¹	11	160 ¹	10	158	10
Porcentaje respecto al VO₂ máximo CM (%)	38,6 ^z	4,8	38,4 ^z	4,6	38,5	4,6
Porcentaje respecto al VO₂ máximo CPL (%)	46,7 ¹	5,8	45,8 ¹	4,3	46,2	5,0
Porcentaje respecto al VO₂ máximo CMA (%)	57,7 ^{1z}	4,5	56,4 ^{1z}	6,9	57,0	5,8

a. Diferencias significativas con mujeres (p<0,05). 1. Diferencias significativas con CM. 2.Diferencias significativas con CPL.

Como puede observarse en la tabla II, en el circuito CM y CPL existen diferencias significativas en las frecuencias cardíacas entre hombres y mujeres, sin embargo no ocurre así en el CMA, donde se obtienen los mayores valores para mujeres, mientras que en los hombres se obtiene el mismo valor de frecuencia cardíaca en CPL y CMA, sin embargo el consumo oxígeno en porcentaje, no muestra diferencias debidas al género, pero sí debidas al tipo de circuito.

DISCUSION

Un de las mayores preocupaciones que tenemos los profesionales de la actividad física y el deporte, consiste en utilizar un protocolo de ejercicio que permita mejorar varios aspectos de la condición física. Este es el motivo por el que se prueban los efectos de diferentes protocolos, sobre los niveles de fuerza, la capacidad aeróbica, etc.

De nuestros datos se puede inferir que pueden existir diferencias significativas en las frecuencias cardíacas en función del protocolo utilizado, cosa que se había puesto en entredicho, sobre todo en el trabajo de Ortego y col., 2009 en el que se observan diferencias significativas en el consumo de oxígeno pero no en la frecuencia cardíaca (Ortego et al., 2009). Parecía que las diferencias en el gasto energético deberían desaparecer si se relativizan las variables a la masa muscular, que parece el verdadero detonante del gasto energético (Ortego et al., 2009), pero no ocurre, así, salvo cuando se hacen las comparaciones relativas al peso levantado por cada grupo (Lagally et al., 2009). De cualquier forma, nuestros resultados lo que si demuestran es la capacidad que tiene un ejercicio intermitente como el propuesto, para alcanzar valores elevados de consumo de oxígeno, que representen un estímulo de entrenamiento de la capacidad aeróbica (American College of Sports Medicine, 2009). Aunque hay que destacar que los protocolos presentados tan sólo el circuito mixto aeróbico ha demostrado tener este efecto.

REFERENCIAS

- American College of Sports Medicine. (2009). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (8th ed ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Beckham, S. G., & Earnest, C. P. (2000). Metabolic cost of free weight circuit weight training. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(2), 118-125.
- Camargo, M. D., Stein, R., Ribeiro, J. P., Schwartzman, P. R., Rizzatti, M. O., & Schaan, B. D. (2008). Circuit weight training and cardiac morphology: a trial with magnetic resonance imaging. *Br J Sports Med*, 42(2), 141-145.
- Del Corral, P., Chandler-Laney, P. C., Casazza, K., Gower, B. A., & Hunter, G. R. (2009). Effect of dietary adherence with or without exercise on weight loss: a mechanistic approach to a global problem. *J Clin Endocrinol Metab*, 94(5), 1602-1607.
- Díaz, V., Benito, P. J., Peinado, A. B., Álvarez, M., Martín, C., di Salvo, V., et al. (2008). Validation of a new portable metabolic system during an incremental running test. *J Sport Sci Med*, 7(4), 532-536.
- Hunter, G. R., Bryan, D. R., Wetzstein, C. J., Zuckerman, P. A., & Bamman, M. M. (2002). Resistance training and intra-abdominal adipose tissue in older men and women. *Med Sci Sports Exerc*, 34(6), 1023-1028.
- Hunter, G. R., McCarthy, J. P., & Bamman, M. M. (2004). Effects of resistance training on older adults. *Sports Med*, 34(5), 329-348.
- Ibanez, J., Izquierdo, M., Arguelles, I., Forga, L., Larrion, J. L., Garcia-Unciti, M., et al. (2005). Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 28(3), 662-667.
- Jacobs, P. L., Nash, M. S., & Rusinowski, J. W. (2001). Circuit training provides cardiorespiratory and strength benefits in persons with paraplegia. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 711-717.

Jakicic, J. M., Clark, K., Coleman, E., Donnelly, J. E., Foreyt, J., Melanson, E., et al. (2001). American College of Sports Medicine position stand. Appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc*, 33(12), 2145-2156.

Lagally, K. M., Cordero, J., Good, J., Brown, D. D., & McCaw, S. T. (2009). Physiologic and metabolic responses to a continuous functional resistance exercise workout. *J Strength Cond Res*, 23(2), 373-379.

Ortego, A. R., Dantzer, D. K., Zaloudek, A., Tanner, J., Khan, T., Panwar, R., et al. (2009). Effects of gender on physiological responses to strenuous circuit resistance exercise and recovery. *J Strength Cond Res*, 23(3), 932-938.

Perret, C., & Mueller, G. (2006). Validation of a new portable ergospirometric device (Oxycon Mobile) during exercise. *Int J Sports Med*, 27(5), 363-367.

Plyley, M. J. (1989). Physiological responses to circuit resistance training. *Can J Sport Sci*, 14(3), 131-132.

Robergs, R. A., Gordon, T., Reynolds, J., & Walker, T. B. (2007). Energy Expenditure During Bench Press and Squat Exercises. *J Strength Cond Res*, 21(1), 123-130.

Ruiz, J. R., Sui, X., Lobelo, F., Morrow, J. R., Jr., Jackson, A. W., Sjostrom, M., et al. (2008). Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *Bmj*, 337, a439.

World Medical Association. (2004, 17/05/05). Declaración de Helsinki para la investigación con seres humanos. Retrieved 24/09/04, 2004, from <http://www.wma.net/s/policy/b3.htm>