

Centro de Investigación en Metabolismo, Ejercicio y Salud (CIEMETS), Departamento de Educación Física, Universidad de La Frontera, Región de La Araucanía, Chile.

^aProfesor de Educación Física, MSc. Actividad Física y Salud.

^bProfesor de Educación Física, MSc.

^cNutricionista, MSc.

^dPhD.

Recibido el 14 de abril de 2016, aceptado el 7 de septiembre de 2016.

Correspondencia a:
Erik Díaz B.
erick.diaz@ufrontera.cl

Disminución de la grasa corporal mediante ejercicio físico intermitente de alta intensidad y consejería nutricional en sujetos con sobrepeso u obesidad

CATALINA MOLINA^a, GABRIELA CIFUENTES^a, CRISTIAN MARTÍNEZ^b, RODRIGO MANCILLA^b, ERIK DÍAZ^{c,d}

Effects of 12 sessions of high intensity intermittent training and nutrition counseling on body fat in obese and overweight participants

Background: The search of efficient exercise alternatives to treat obesity is worthwhile. **Aim:** To demonstrate the effect of high intensity intermittent exercise on body fat reduction in overweight and obese subjects. **Material and Methods:** A group of 65 overweight and obese adult subjects (25 men), aged 18-65 years, participated during 12 sessions in a high intensity physical exercise program, 3 days/week. Weight, height and body fat was measured before and after the intervention by bioimpedance. Each session consisted of 1 min stationary cycling exercise at high intensity, followed by 2 min inactive rest. This cycle was repeated 10 times, thus the method is called 1*2*10. **Results:** There was a significant reduction of body fat of -1.88 ± 2.8 and -3.44 ± 2.7 kg, in women and men, respectively ($p < 0.05$). **Conclusions:** The 1*2*10 training protocol lasting 12 weeks in association with nutrition counseling is effective in reducing body fat in overweight persons.

(Rev Med Chile 2016; 144: 1254-1259)

Key words: Adipose Tissue; Exercise; Exercise Movement Techniques; Obesity; Physical Education and Training.

El objetivo del tratamiento de la obesidad es reducir la grasa corporal por lo que el ejercicio debe ser capaz de activar tres procesos básicos que son la activación de la lipólisis, el transporte de ácidos grasos (plasmático e intracelular) y su incorporación final a la mitocondria donde se produce la combustión siendo el hígado (10%) y el músculo esquelético (90%) los sitios esenciales de oxidación. El depósito subcutáneo y ectópico de grasa en el músculo esquelético derivados del

exceso de ingesta y la inactividad física, alteran dicha función^{1,2}.

Para el tratamiento de la obesidad y/o sobrepeso se usan tradicionalmente ejercicios de baja-moderada intensidad (50-60% de la capacidad física máxima conocida como VO_2 máx), 30-50 min por cada sesión, ≥ 3 veces por semana³. Sin embargo, tales recomendaciones han producido una mínima reducción de la masa grasa y una baja de peso corporal insuficientes para propósitos de salud^{4,5}.

Como una alternativa más eficiente se plantea el ejercicio de alta intensidad intermitente (HIIT) con mayores efectos sobre la masa grasa subcutánea y abdominal⁶. Esta modalidad de ejercicio se caracteriza por períodos cortos de ejercicio (seg o min) efectuados a alta intensidad ($\geq 100\%$ VO_2 máx) seguidos de descanso (activo o inactivo) entre cada serie de ejercicio. Tal actividad se repite un número de veces que varía según la modalidad empleada entre 10-60 ciclos⁷. El propósito de esta modalidad es inducir adaptaciones celulares en el músculo esquelético que son proporcionales a la intensidad del ejercicio e involucran incrementos en la síntesis de proteínas tanto estructurales como de transporte de sustratos y de enzimas involucradas en la respiración mitocondrial^{8,9}. Una de las principales señales en la adaptación metabólica del músculo esquelético es la activación de la proteína sensora del estado energético celular representado por la adenosín-mono fosfato kinasa (AMPK)¹⁰ cuya activación es dependiente del estrés energético inducido por el ejercicio. Una vez activada, participa directamente, o en asociación con otros co-factores; por ejemplo PGC-1 α y otros reguladores transcripcionales para impulsar la síntesis de proteínas y la biogénesis mitocondrial¹¹. A su vez, una disminución en los depósitos de glicógeno muscular por efecto de los estímulos intermitentes sumaría un factor sinérgico al estado activo de AMPK¹². Otras señales clave son las proteínas activadas por mitógenos (MAPK) representadas por la contracción muscular sobre variables homeostáticamente reguladas como tensión, pH, temperatura, hipoxia, entre otros. El ejercicio dosificado e intermitente es capaz de estimular todas esas variables y hormonas relacionadas al estrés metabólico restaurando la funcionalidad alterada, en particular de la capacidad oxidativa de grasas^{13,14}.

Dado que la principal característica del ejercicio intermitente es su potente estímulo lipolítico mediante la secreción de catecolaminas y péptido natriurético se produce la liberación de ácidos grasos libres desde las reservas de grasa corporal¹⁵. Es interesante mencionar que la liberación de tales factores lipolíticos se hace de manera pulsátil y aditiva siendo este mecanismo la base del ejercicio intermitente. Así, un estímulo se superpone al anterior incrementando la concentración plasmática y por ende la lipólisis por varias horas en el período post-ejercicio^{16,17}.

El objetivo del presente estudio fue describir el efecto a corto plazo de la modalidad de ejercicio 1*2*10 (HIIT) sobre la reducción de masa grasa en sujetos con obesidad o sobrepeso.

Sujetos y Métodos

Se estudió un grupo de 65 personas adultas, 25 hombres y 40 mujeres (18-67 años) con diagnóstico de sobrepeso u obesidad ($\text{IMC} > 25\text{-}40 \text{ kg/m}^2$), sin patologías asociadas y que hubieran completado un mes de asistencia continua al programa de ejercicios. Los sujetos fueron seleccionados a partir de la base de datos de pacientes que por indicación médica asistían al laboratorio CIEMETS de la UFRO durante el año anterior.

Previo a su participación, los sujetos completaron un cuestionario de historial médico incluyendo antecedentes cardiovasculares, pulmonares y de tratamiento farmacológico. Todos los sujetos fueron sometidos a un test de capacidad física mediante consumo de oxígeno máximo (VO_2 máx), (CPX Ultima, Groeningen) en bicicleta ergométrica (Lode, Corival) usando una prueba incremental previamente descrita¹⁸. La medición de VO_2 máx se repitió al final del estudio solamente en 9 damas y 10 varones debido a desperfectos en el equipo. El peso y grasa corporal fueron medidos previo al ejercicio en las sesiones 1 y 12 usando un bioimpedanciómetro (pie-pie, Tanita®, China) con el sujeto en condición descalza, ropa ligera y sin objetos metálicos. El programa no evaluó la ingesta alimentaria ni de energía/nutrientes, no obstante se solicitó a todos los pacientes contar con asesoría particular por nutricionista para corregir hábitos alimentarios inadecuados o implementar una dieta hipocalórica moderada. Todos los procedimientos empleados respetaron las normas éticas de la Declaración de Helsinki y han sido aprobados previamente por el Comité de Ética institucional.

Protocolo de ejercicio

Los sujetos se sometieron a un protocolo de ejercicio intermitente de alta intensidad empleando una bicicleta estática tipo spinning (Oxford®, BE2700), pedaleando contra una resistencia que indujera la fatiga muscular al cabo de 1 min de ejercicio. Se estableció una velocidad de pedaleo entre 30-40 km/h y se midió continuamente la

frecuencia cardiaca utilizando un monitor peitoral (Polar Electro, FS2C, Finlandia). El minuto de ejercicio fue seguido de 2 min de descanso inactivo, repitiendo esta operación hasta completar 10 series (1*2*10). Cada sesión de ejercicio fue desarrollada bajo supervisión de profesores de Educación Física cuya labor fue controlar la carga efectiva de trabajo, el logro de la fatiga muscular y la progresión de la carga durante el mes de tratamiento. Todos los sujetos debieron completar 12 sesiones consecutivas en un período de 1 mes realizando 3 sesiones semanales en días alternos (Lu-Mi-Vi).

Análisis de datos

Para el análisis estadístico se empleó el programa SPSS versión 19. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks para establecer la distribución normal de las variables, lo que resultó ser la situación para todas ellas. Por consiguiente, se utilizó la prueba t-Student para muestras pareadas con el fin de analizar el cambio individual pre-post

intervención, separados por género. La significación estadística de las diferencias se estableció con un $p < 0,05$.

Resultados

En la Tabla 1 se describen las características de los sujetos, clasificados según género. Destaca el peso corporal elevado llegando a IMC promedio $> 30 \text{ kg/m}^2$. La masa grasa (Tabla 2) pre-post intervención muestra un exceso de este componente en damas y en varones. Después de las 12 sesiones de ejercicio, hubo una disminución promedio de masa grasa de $1,83 \pm 2,82 \text{ kg}$ ($p < 0,05$) y $3,43 \pm 2,68 \text{ kg}$ ($p < 0,05$) en damas y varones, respectivamente. La Figura 1, muestra las variaciones individuales en grasa, después de las 12 sesiones de entrenamiento, encontrándose que en damas hubo 6 casos que aumentaron y 2 casos que no experimentaron cambios en la grasa corporal. Las 32 damas restantes redujeron este compo-

Tabla 1. Características generales del grupo de estudio

Variable	Damas (n = 40)		Varones (n = 25)	
	Promedio \pm DE	Rango	Promedio \pm DE	Rango
Edad (años)	41,2 \pm 14,2	18-67	44,6 \pm 12,2	20-69
Peso (kg)	78,2 \pm 14,6	57,6-118,4	98,6 \pm 14,9	68,2-145,0
Talla (m)	1,61 \pm 0,07	1,45-1,75	1,72 \pm 0,06	1,61-1,85
IMC (kg/m ²)	30,1 \pm 4,6	25,5-43,0	33,3 \pm 4,6	25,1-42,4
VO ₂ máx (ml/kg/min)	20,2 \pm 3,2	15-26,5	26,3 \pm 4,6	19-34,2
Sub-muestra (n)	Pre (9)	Post (9)	Pre (10)	Post (10)
VO ₂ máx (ml/kg/min)	19,7 \pm 2,6	24,5 \pm 2,7	25,5 \pm 2,9	30,7 \pm 4,4

Tabla 2. Grasa y peso corporales pre y post intervención según género

Variable	Damas			Varones		
	Pre-intervención	Post-intervención	p	Pre-intervención	Post-intervención	P
Masa grasa (kg)	31,7 \pm 9,2	29,9 \pm 9,2	$< 0,05$	34,1 \pm 9,6	30,6 \pm 9,7	$< 0,05$
Masa grasa (%)	39,9 \pm 4,8	38,2 \pm 5,6	$< 0,05$	34,0 \pm 5,5	31,0 \pm 5,5	$< 0,05$
Peso corporal (kg)	78,8 \pm 14,7	77,5 \pm 15,7	$< 0,05$	98,6 \pm 14,9	96,9 \pm 14,0	$< 0,05$

*Valores promedio \pm D.E.

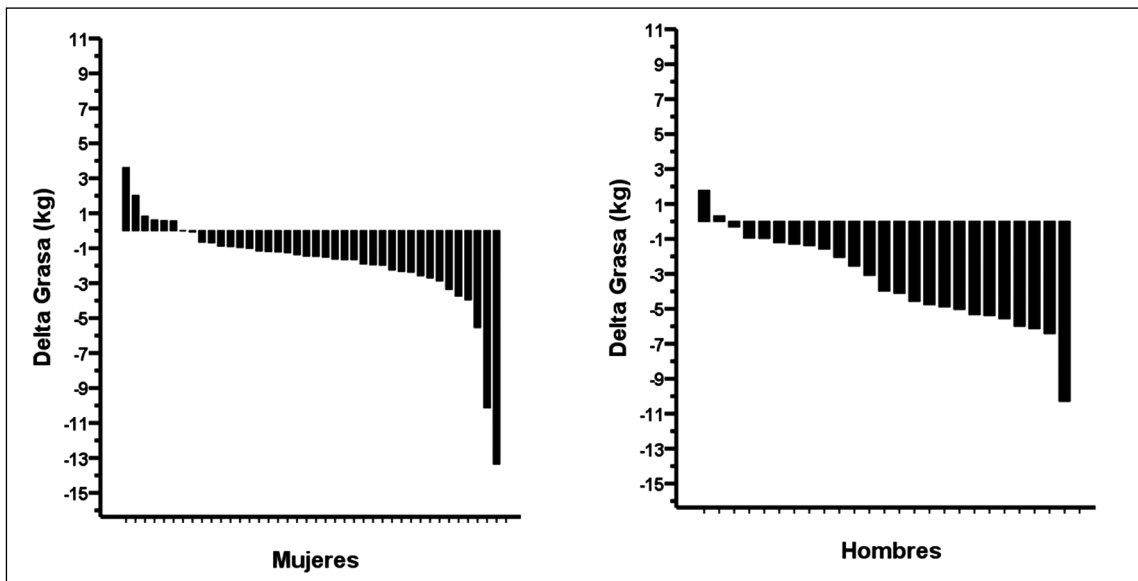


Figura 1. Diferencias en grasa corporal (kg) pre-post intervención (promedio: $-1,8 \pm 2,8$ kg en damas y $3,4 \pm 2,7$ kg en varones).

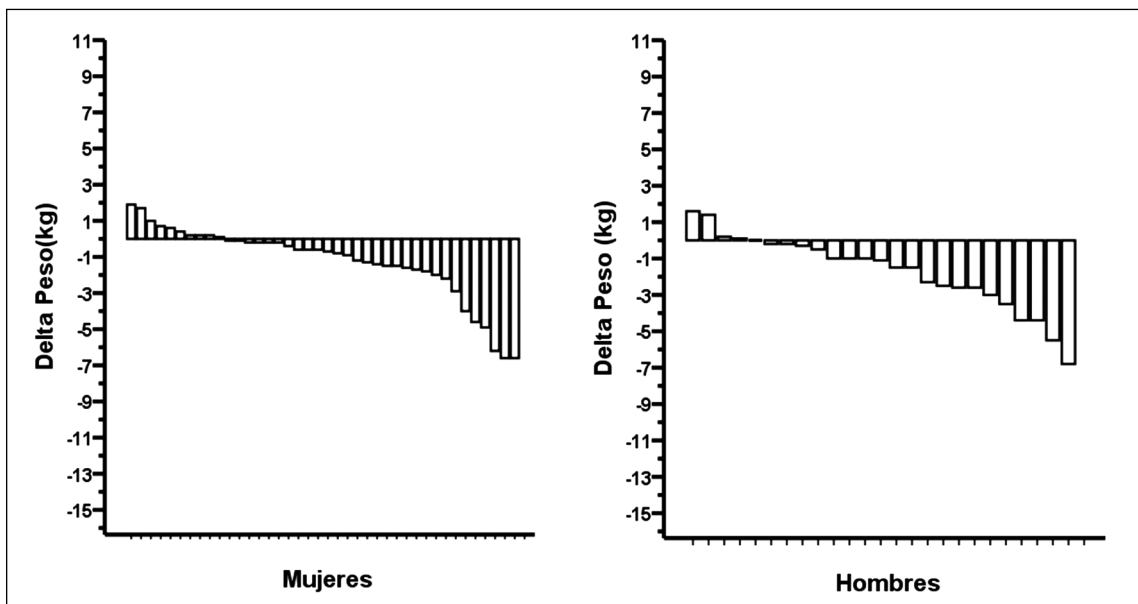


Figura 2. Diferencias en peso corporal (kg) pre-post intervención (promedio: $-1,3 \pm 2,1$ kg en damas y $1,7 \pm 2,1$ kg en varones).

nente corporal entre 650 g a 13,3 kg. En varones, la Figura 1 muestra que casi en su totalidad, con excepción de 2 personas, logran disminuciones desde 300 g a 10,3 kg de grasa.

Las variaciones en peso corporal se muestran en la Figura 2. Destaca que los cambios en peso

fueron inferiores al de grasa corporal (promedio $-1,3 \pm 2,1$ kg en damas y $1,7 \pm 2,1$ kg en varones). Los mayores cambios observados en grasa corporal estuvieron asociados a una pérdida de 6,6 kg y de 6,8 kg de peso corporal en mujeres y hombres, respectivamente.

Discusión

Aunque se establece al ejercicio físico regular como una estrategia angular en la reducción del peso y grasa corporal, no hay consenso respecto de cuál sería la metodología más apropiada y eficiente a prescribir. En este contexto, el principal hallazgo del presente estudio fue una significativa reducción de la masa grasa corporal en sujetos con sobrepeso u obesidad luego de sólo 12 sesiones de entrenamiento intermitente de alta intensidad. Específicamente, la grasa corporal disminuyó en damas y varones conllevando a una reducción en el peso corporal de los sujetos en el corto plazo sin estar sometidos a una dieta hipocalórica estricta. La causa más evidente de la mayor reducción en grasa, obedece a un aumento en la masa muscular producto del ejercicio, compensando así los cambios en peso corporal. Otro efecto beneficioso del modelo de ejercicio (en la submuestra) fue un incremento en la capacidad aeróbica (24% en damas y 21% en varones), lo que concuerda con la mayor capacidad oxidativa de grasa y estudios previos con esta modalidad de ejercicio¹⁴.

Nuestros resultados concuerdan con Heydari et al¹⁹, quienes reportaron una disminución de la masa grasa igual a 2,0 kg en varones obesos. Tales resultados luego de 12 semanas de entrenamiento, 3 veces por semana con una modalidad de ejercicio intenso de muy corta duración (8 seg de pedaleo, seguidos de 12 seg de recuperación, durante 20 min). En contraste, otro estudio, comparó los efectos de 2 protocolos HIIT en sujetos obesos sin encontrar cambios significativos en la grasa corporal ni en capacidad aeróbica de los sujetos al cabo de 3 semanas de intervención. Ambos estudios fueron efectuados en cicloergómetro (80-90% VO₂ máx), empleando una relación de ejercicio: descanso igual a 1:1 y 2:1 (min) hasta completar 10 min de actividad por sesión²⁰. A partir de estos hallazgos, podemos deducir que la dosis de ejercicio prescrita no fue capaz de modular la capacidad oxidativa muscular de los sujetos, principal componente en la combustión de grasas. Importantes incrementos en la función oxidativa y masa mitocondrial han sido reportados empleando un protocolo de ejercicio similar al nuestro, luego de 2 semanas de intervención²¹. Aunque en el presente estudio no se efectuaron análisis de metabolitos plasmáticos ni mediciones a nivel de la célula muscular, asumimos que la

disminución de la masa grasa reportada se sustenta en incrementos de la actividad enzimática y contenido de proteínas movilizadoras, de transporte y oxidativas de ácidos grasos.

Previamente, hemos reportado disminuciones iguales a 4,2 kg de masa grasa en sujetos obesos pre-diabéticos empleando la misma metodología de ejercicio durante 3 meses¹⁴. En este escenario, los presentes resultados soportan una eficiente y progresiva disminución de la masa grasa en sujetos obesos cuando se emplea una metodología de ejercicio intermitente de alta intensidad de forma regular. Cabe destacar los efectos de este tipo de entrenamiento en variables de composición corporal por sobre los evidenciados utilizando ejercicios de moderada intensidad y de prolongada duración en sujetos obesos^{6,22,23}. Además de su potente efecto lipolítico, los principales mecanismos subyacentes que podrían explicar los resultados reportados por la metodología prescrita, son una alta perturbación energética miocelular expresada por la elevada utilización de ATP, la movilización de calcio citoplasmático y la perturbación de la homeostasis (temperatura, pH, tensión) miocelular que conducen a la activación de mensajeros clave tales como AMPK, MAPK y calmodulinas (CaMKK) que en su conjunto mejoran la capacidad energética y oxidativa mitocondrial en el período post-ejercicio²⁴. Estos cambios a nivel celular ciertamente se suman al mejoramiento en cantidad y calidad de nutrientes aportados por una dieta equilibrada. Aunque nuestros resultados enfatizan la necesidad de abordar ejercicio y nutrición en conjunto, es imposible con nuestro diseño de estudio discriminar la participación aislada del ejercicio o la dieta en los resultados obtenidos.

Respecto a los cambios en grasa corporal, es necesario destacar que el método de bioimpedancia es altamente reproducible, en nuestro caso la evaluación repetida de 10 casos tuvo un error de 70 g en peso y de 0,03% de grasa. Ello no descarta errores en la exactitud del método al compararlo con mediciones más robustas de la composición corporal, no obstante que la fórmula implementada en el equipo ha sido validada por Jebbs y cols²⁵.

En conclusión, se pueden obtener reducciones significativas de la masa grasa y peso corporal en el corto plazo, en sujetos con sobrepeso u obesidad, al asociar ejercicio intermitente de alta intensidad y consejería nutricional.

Referencias

1. Kelley D. Skeletal muscle fat oxidation: timing and flexibility are everything. *J Clin Invest* 2005; 115 (7): 1699-702.
2. Thompson D, Karpe F, Lafontan M, Frayn K. Physical activity and exercise in the regulation of human adipose tissue physiology. *Physiol Rev* 2012; 92: 157-91.
3. Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. Organización Mundial de la Salud (OMS) 2010.
4. Trapp EG, Chrisholm DJ, Freund J, Boutcher SH. The effects of high intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *Int J Obesity* 2008; 32: 684-91.
5. Shaw K, Gennat HC, O'Rourke P, Del Mar C. Exercise for overweight or obesity. *Cochrane database Syst Rev* 2006; 4: 1-88.
6. Boutcher S. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes*. 2011; article ID 868305 (doi: 10.1155/2011/868305).
7. Gillen J, Gibala M. High intensity interval training: a time efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Appl Physiol Nutr Metab* 2014; 39 (3): 409-12.
8. Hawley J, Hargreaves M, Zierath J. Signalling mechanisms in skeletal muscle: role of substrate selection and muscle adaptation. *Essays Biochem* 2006; 42: 1-12.
9. Talanian J, Holloway G, Snook L, Heigenhauser G, Bonen A, Spriet L. Exercise training increases sarcolemmal and mitochondrial fatty acid transport proteins in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2010; 299 (2): E180-8.
10. Steinberg G. Role of the AMP-activated protein kinase in regulating fatty acid metabolism during exercise. *Appl Physiol Nutr Metab* 2009; 34: 315-22.
11. Little J, Adeel Safdar, Bishop D, Tarnopolsky M, Gibala M. An acute bout of high-intensity interval training increases the abundance of PGC-1 α and activates mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2011; 300: R1303-10.
12. Hawley J, Gibala M. What's new since Hippocrates? Preventing type 2 diabetes by physical exercise and diet. *Diabetologia* 2012; 55: 535-9.
13. Fluck M, Hoppeler H. Molecular basis of skeletal muscle plasticity: from gene to form and function. *Rev Physiol Biochem Pharmacol* 2003; 146: 159-216.
14. Hoppeler H, Fluck M. Plasticity of skeletal muscle mitochondria: structure and function. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35 (1): 95-104.
15. Ryden M, Backdahl J, Petrus P, Thorell A, Gao H, Coue M, et al. Impaired atrial natriuretic peptide-mediated lipolysis in obesity. *Int J Obesity* 2015; doi: 10.1038/ijp.2015.222.
16. Pillard F, Wymelbeke V, Garrigue E, Moro C, Crampes F, Guillard JC, et al. Lipid oxidation in overweight men after exercise and food intake. *Metabolism* 2010; 59: 267-74.
17. Bracken R, Linnane D, Brooks S. Plasma catecholamine and nephrin responses to brief intermittent maximal intensity intermittent exercise. *Aminoacids* 2009; 36: 209-17.
18. Mancilla R, Torres P, Álvarez C, Schifferli I, Sapunar J, Díaz E. Entrenamiento físico interválico de alta intensidad mejora el control glicémico y la capacidad aeróbica en pacientes con intolerancia a la glucosa. *Rev Med Chile* 2014; 142: 44-9.
19. Heydari M, Freund J, Boutcher SH. The effect of high-intensity intermittent exercise on body composition of overweight young males. *J Obesity* 2012; doi: 10.1155/2012/480467.
20. Smith-Ryan A, Melvin M, Wingfield H. High intensity interval training: Modulating interval duration in overweight/obese men. *Phys Sportsmed* 2015; 43: 107-13.
21. Vincent G, Lamon S, Vincent P, McDonald J, Markworth J, Edge J, Hickey J. Changes in mitochondrial function and mitochondria associated protein expression in response to 2-weeks of high intensity interval training. *Front Physiol*. 2015 (Feb 24) 6: 51. doi: 10.3389/fphys.2015.00051. eCollection 2015.
22. Tremblay A, Simoneau JA, Bouchard C. Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. *Metabolism* 1994; 43: 814-8.
23. Tjonna A, Lee S, Rognmo O, Stolen T, Bye A, Haram P, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome. A pilot study. *Circulation* 2008; 118: 346-54.
24. Gibala M, Little J, MacDonald M, Hawley J. Physiological adaptations to low volume, high intensity interval training in health and disease. *J Physiol* 2012; 590: 5: 1077-84.
25. Jebb S, Cole T, Doman D, Murgatroyd P, Prentice A. Evaluation of the novel Tanita body-fat analyser to measure body composition by comparison with a four-compartment model. *Br J Nutr* 2000; 83: 115-22.