

Trabajo Fin de Máster
(Opción investigadora)

**Efectos del High Intensity Interval Training
sobre la oxidación de las grasas e hidratos de carbono**



Miguel Hernández

Curso académico: 2016 – 2017

Soraya Raquel Yépez Albuja

Raúl López Grueso (Tutor Académico)

José Manuel Sarabia Marin (Tutor Profesional)

Félix Mateo Cubo (Cotutor)

Resumen

El objetivo de este trabajo fue identificar los efectos de 2 semanas de entrenamiento interválico de alta intensidad sobre la oxidación de las grasas e hidratos de carbono. Participaron 5 varones físicamente activos (edad $23 \pm 4,6$ años, peso $81,9 \pm 20,6$ kg) quienes realizaron durante la primera y cuarta semana un test de metabolismo basal, una prueba de esfuerzo y un test de 60 minutos para la determinación de su Fatmax, y en la segunda y tercera semana se llevaron a cabo 6 sesiones de HIIT alternadas cada una por un día en el que se realizó un test de metabolismo basal. Tras finalizado el estudio se realizó el análisis descriptivo de las variables con la media y desviación estándar. Los datos obtenidos fueron almacenados en una Hoja de cálculo Excel 2010 (Microsoft corp., Redmond, WA, EE.UU.) y posteriormente se realizó el análisis con el paquete estadístico SPSS v20.0 (IBM corp., New York, EE.UU.). Se utilizó una prueba t-test de medidas relacionadas y se analizaron las diferencias significativas ($p < 0,05$) en las variables estudiadas.



1. Introducción

El estilo de vida actual dificulta a la población adulta la realización de actividad física regular. Por otro lado, aunque existe evidencia científica sólida acerca de su importancia, el sedentarismo se ha convertido en uno de los principales problemas de la sociedad actual a nivel mundial (Práxedes, Sevil, Moreno, Del Villar, & García Gonzáles, 2016), ha sido descrito como un factor de riesgo vinculado a la depresión, obesidad (Ortiz Pulido & Ramírez Ortega, 2016), enfermedades cardiovasculares, entre otras (Práxedes, Sevil, Moreno, Del Villar, & García Gonzáles, 2016) y ha sido catalogado como la cuarta causa de mortalidad en el mundo, alcanzando en España una prevalencia de más del 60% (Crespo Salgado, Delgado Martín, Blanco Iglesias, & Aldecoa Landesa, 2015).

Es conocido que la práctica frecuente de actividad física proporciona importantes beneficios para la salud tanto a nivel fisiológico, psíquico como social (Práxedes, Sevil, Moreno, Del Villar, & García Gonzáles, 2016), contribuye al control de la obesidad, disminuye el riesgo de padecer enfermedades y mejora las funciones cognitivas. La Organización Mundial de la Salud sugiere aumentar el ejercicio físico con el objetivo de mantener o mejorar la calidad y expectativa de vida (Ortiz Pulido & Ramírez Ortega, 2016) y recomienda a los adultos de 18 a 64 años realizar un mínimo de 150 minutos de actividad física aeróbica moderada por semana (Organización Mundial de la Salud, 2010), no obstante, un alto porcentaje de la población adulta no cumple con estas recomendaciones debido a la falta de tiempo libre (Viñuela García, Vera Ibáñez, Colomer Poveda, Márquez Sánchez, & Romero Arenas, 2016).

Una de las alternativas que tradicionalmente ha sido utilizada por la población para reducir la obesidad y el sobrepeso es el ejercicio aeróbico (Aguilar, y otros, 2014) de al menos 30 minutos (Poblete Aro, Russell Guzmán, Soto Muñoz, & Villegas González, 2015) ya que se ha demostrado que incluso sin una dieta específica disminuye la adiposidad corporal y abdominal, reduce los factores de riesgo relacionados con la obesidad (Vargas Ortiz, Macías Cervantes, Díaz Cisneros, & Pérez Vásquez, 2014) y además está recomendado para pacientes con resistencia a la insulina o diabetes mellitus tipo 2 (Poblete Aro, Russell Guzmán, Soto Muñoz, & Villegas González, 2015)

Por otro lado, desde hace algunos años varias investigaciones han establecido que los cambios de la intensidad en el ejercicio inducen cambios en la utilización de los sustratos (Achten & Jeukendrup, 2004) y se ha comprobado que una mayor oxidación de grasas está relacionada con el ejercicio de larga duración y baja intensidad pero se eleva aún más cuando se incrementa la intensidad hasta el Fatmax, punto donde la tasa de oxidación de las grasas es máxima (Ulloa, Feriche, Barboza, & Padial, 2015), no obstante, existe una gran variabilidad en la contribución relativa de la grasa al gasto energético durante el ejercicio. (Robinson, Hattersley, Frost, Chambers, & Wallis, 2015)

El HIIT (entrenamiento interválico de alta intensidad) a diferencia del ejercicio aeróbico, es un tipo de entrenamiento eficiente en el tiempo (Gillen & Gibala, 2014) el cual incorpora ejercicios de alta y baja intensidad (Viñuela García, Vera Ibáñez, Colomer Poveda, Márquez Sánchez, & Romero Arenas, 2016). Un estudio reciente que empleó HIIT por 4 semanas determinó que esta modalidad de entrenamiento provoca modificaciones en la composición corporal con un descenso de la masa grasa total y abdominal (Viñuela García, Vera Ibáñez, Colomer Poveda, Márquez Sánchez, & Romero Arenas, 2016), mientras que otro estudio estableció que 12 sesiones incrementan la potencia media y máxima, y disminuye la masa grasa total y abdominal en adultos jóvenes (Viñuela García, Vera Ibáñez, Colomer Poveda, Márquez Sánchez, & Romero Arenas, 2016)

Las evidencias encontradas en dos estudios señalan que el HIIT mejora la capacidad aeróbica, la tolerancia al ejercicio y marcadores de riesgo de enfermedad tanto en individuos sanos como en personas con trastornos cardiometabólicos (Gillen & Gibala, 2014), favorece la capacidad metabólica, la sensibilidad a la insulina (Alarcón Hormazábal, y otros, 2016) y la composición corporal (Viñuela García, Vera Ibáñez, Colomer Poveda, Márquez Sánchez, & Romero Arenas, 2016), se ha afirmado también que aumenta el contenido mitocondrial (Larsen, y otros, 2014) es bien tolerado por personas con sobrepeso y ha sido descrito como un método motivador por sus efectos a corto plazo (Alarcón Hormazábal, y otros, 2016).

Pese a todas las investigaciones realizadas no hay aún en la literatura un claro consenso sobre el tipo de entrenamiento (continuo o interválico) más eficaz para mejorar la oxidación de grasas debido a las discrepancias metodológicas entre estudios (Ulloa,

Ferliche, Barboza, & Padial, 2015), sin embargo, se ha observado que el HIIT puede provocar adaptaciones similares a los programas tradicionales sobre el control o la pérdida de peso (Viñuela García, Vera Ibáñez, Colomer Poveda, Márquez Sánchez, & Romero Arenas, 2016) y la mejora de los marcadores de salud pero en un tiempo reducido (Gillen & Gibala, 2014), por tanto puede ser considerado como una estrategia efectiva para disminuir el sedentarismo en la población adulta (Alarcón Hormazábal, y otros, 2016).

La estimación de la oxidación de sustratos se realiza generalmente mediante calorimetría indirecta, sin embargo esta tiene varias limitaciones (Hetlelid, Plews, Herold, Laursen, & Seiler, 2015), por ello en 2005 Jeukendrup y Wallis sugirieron aplicar nuevas ecuaciones tomando en cuenta una contribución de 20% de glucosa plasmática y 80% de glucógeno muscular (Jeukendrup & Wallis, 2005).

Aunque se ha demostrado que la actividad física regular se relaciona con un incremento de la capacidad para oxidar grasas, aún no están claros los mecanismos que la regulan (Jeukendrup & Wallis, 2005) ya que la contribución del metabolismo de las grasas a la demanda energética durante el HIIT ha sido poco estudiada (Hetlelid, Plews, Herold, Laursen, & Seiler, 2015). Este trabajo tiene por objetivo identificar los efectos de 2 semanas de entrenamiento interválico de alta intensidad sobre la oxidación de las grasas e hidratos de carbono.

2. Material y métodos

Participantes

En el estudio participaron de manera voluntaria 5 varones activos (edad $23 \pm 4,6$ años, peso $81,9 \pm 20,6$ kg) estudiantes del Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad Miguel Hernández de Elche. Firmaron un consentimiento informado y rellenaron un cuestionario de valoración del nivel de salud. En la Figura 1 aparece el cronograma y en la Tabla 1 se presentan los datos descriptivos de la muestra.

Procedimiento

Todas las pruebas y sesiones se efectuaron en el laboratorio de análisis y optimización del entrenamiento en el Centro de Investigación del Deporte de la Universidad Miguel Hernández de Elche. Desde el día previo al inicio del estudio hasta su finalización los sujetos mantuvieron una dieta isocalórica y no realizaron otra actividad deportiva fuera de la del estudio.

Durante la semana uno cada participante realizó un test para la determinación del metabolismo basal en reposo y una prueba de esfuerzo el primer día, y tras 72 horas el test de 60 minutos a la intensidad a la que se obtuvo su Fatmax.

El test para la determinación del metabolismo basal en reposo se llevó a cabo con el analizador de gases Oxycon MasterScreen CPX con los sujetos en ayunas y tumbados en una camilla durante 30 minutos, manteniendo la respiración con un ritmo constante y con las piernas y los brazos extendidos sobre la camilla evitando moverlos o cruzarlos. (Manetta, y otros, 2002)

La prueba de esfuerzo se llevó a cabo en el cicloergómetro Monark Erogemedic 839E y el analizador de gases Oxycon MasterScreen CPX. El protocolo de la prueba se iniciaba con 5 minutos de calentamiento a 20 vatios, luego se hacían escalones de 3 minutos con incrementos de 20 vatios y cuando el sujeto alcanzaba un RER de 1 se realizaban escalones de 1 minuto con incrementos de 20 vatios hasta que el sujeto ya no era capaz de continuar la prueba. (Lazzer, Busti, De Col, Pozzo, & Sartorio, 2007)

A las 72 horas de realizada la prueba de esfuerzo los sujetos realizaron el test de 60 minutos a la intensidad a la que se obtuvo su Fatmax en el cicloergómetro Monark Erogemedic 839E y con el analizador de gases Oxycon MasterScreen CPX. (Achten, Venables, & Jeukendrup, Fat oxidation rates are higher during running compared wuth cycling over a wide range or intensities, 2003)

Durante semana 2 y 3 los sujetos realizaron en días alternos 6 sesiones de alta intensidad y el test para la determinación del metabolismo basal en reposo tras 24 horas de la sesión de HIIT.

El protocolo de la sesión de HIIT se llevó a cabo en el cicloergómetro Monark Erogemedic 839E y durante toda la sesión se utilizó el analizador de gases Oxycon MasterScreen CPX. El calentamiento tenía una duración de 5 minutos, a un 40% del $VO_{2m\acute{a}x}$ y terminó con el

60% del $VO_{2m\acute{a}x}$. Se realizaron dos series de 10 minutos con bloques de 30 segundos a alta intensidad (110% del $VO_{2m\acute{a}x}$) y 30 segundos a baja intensidad (40% del $VO_{2m\acute{a}x}$) con 1 minuto de recuperación activa al 40% del $VO_{2m\acute{a}x}$ entre las series. La cadencia era similar a la realizada en la fase maximal de la prueba de esfuerzo (70 – 90 rpm). Para terminar, la vuelta calma se realizó durante 8 minutos al 40% del $VO_{2m\acute{a}x}$. (Gillen & Gibala, 2014)

El primer día de la semana cuatro se realizó un test de metabolismo basal y una prueba de esfuerzo.

Semana 1						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Basal						
Prueba de esfuerzo			Test 60 minutos Fatmax			

Semana 2						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Sesión HIIT 1	Basal	Sesión HIIT 2	Basal	Sesión HIIT 3	Basal	

Semana 3						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Sesión HIIT 4	Basal	Sesión HIIT 5	Basal	Sesión HIIT 6	Basal	

Semana 4						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Basal						
Prueba de esfuerzo			Test 60 minutos Fatmax			

Figura 1. Cronograma de las sesiones de HIIT y pruebas de metabolismo basal realizadas durante 2 semanas. Durante la primera y última semana se llevaron a cabo pruebas de metabolismo basal, pruebas de esfuerzo y test para la determinación del Fatmax.

Análisis estadístico

Primero se llevó a cabo un análisis descriptivo de las variables con la media y desviación estándar. Los datos obtenidos fueron registrados y almacenados en una Hoja de cálculo Excel 2010 (Microsoft corp., Redmond, WA, EE.UU.) y posteriormente se realizó el análisis con el paquete estadístico SPSS v20.0 (IBM corp., New York, EE.UU.). Se utilizó una prueba t-test de medidas relacionadas y se analizaron las diferencias significativas ($p < 0,05$) en las variables estudiadas.

5. Bibliografía

- Achten, J., & Jeukendrup, A. (2004). Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition*, 716–727.
- Achten, J., Venables, M., & Jeukendrup, A. (2003). Fat oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities. *Metabolism*, 747-752.
- Aguilar, M., Ortegón, A., Mur, N., Sánchez, J., García, J., García, I., & Sánchez, A. (2014). Programas de actividad física para reducir sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes; revisión sistemática. *Nutrición hospitalaria*, 727 - 740.
- Alarcón Hormazábal, M., Delgado Floody, P., Castillo Mariqueo, L., Thuiller Lepelegy, N., Bórquez Becerra, P., Sepúlveda Mancilla, C., & Rebolledo Quezada, S. (2016). Efectos de 8 semanas de entrenamiento intervalado de alta intensidad sobre los niveles de glicemia basal, perfil antropométrico y VO2 max de jóvenes sedentarios con sobrepeso u obesidad. *Nutrición hospitalaria*, 284 - 288.
- Burgomaster, K., Hughes, S., Heigenhauser, G., Bradwell, S., & Gibala, M. (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal Applied Physiology*, 1985 – 1990.
- Crespo Salgado, J., Delgado Martín, J., Blanco Iglesias, O., & Aldecoa Landesa, S. (2015). Guía básica de detección del sedentarismo y recomendaciones de actividad física en atención primaria. *Atención Primaria*, 175 - 183.
- Gibala, M., Little, J., MacDonald, M., & Hawley, J. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 1077 - 1084.
- Gillen, J., & Gibala, M. (2014). Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 409–412.
- Herodek, K., Simonović, C., Pavlović, V., & Stanković, R. (2014). High intensity interval training. *Activities in Physical Education and Sport*, 205 - 207.
- Hetlelid, K., Plews, D., Herold, E., Laursen, P., & Seiler, S. (2015). Rethinking the role of fat oxidation: substrate utilisation during high-intensity interval training in well-trained and recreationally trained runners. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 1 - 10.
- Jeukendrup, A., & Wallis, G. (2005). Measurement of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. *Sports Medicine*, 528-537.
- Karstoft, K., Wallis, G., Pedersen, B., & Solomon, T. (2016). The effects of interval- vs. continuous exercise on excess post-exercise oxygen consumption and substrate oxidation rates in subjects with type 2 diabetes. *Metabolism*, 1 - 41.

- Larsen, S., Danielsen, H., Søndergård, S., Søgaard, D., Vigelsoe, A., Dybboe, R., & Skaaby, S. (2014). The effect of high-intensity training on mitochondrial fat oxidation in skeletal muscle and subcutaneous adipose tissue. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 1 - 11.
- Lizzer, S., Busti, C., De Col, A., Pozzo, R., & Sartorio, A. (2007). Optimizing fat oxidation through exercise in severely obese Caucasian adolescents. *Clinical Endocrinology*, 582-588.
- Manetta, J., Brun, J., Pérez-Martin, A., Callis, A., Prefaut, C., & Mercier, J. (2002). Fuel oxidation during exercise in middle aged men: role of training and glucose disposal. *Medicine & science in sports & exercise*, 423 - 429.
- Organización Mundial de la Salud. (2010). *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud*. Ginebra: Ediciones de la OMS.
- Ortiz Pulido, R., & Ramírez Ortega, M. (2016). Observatorio de Actividad Física: beneficios para la sociedad. *UVserva*, 49 - 54.
- Poblete Aro, C., Russell Guzmán, J., Soto Muñoz, M., & Villegas González, B. (2015). Efectividad del entrenamiento interválico de alta intensidad comparado con entrenamiento continuo de moderada intensidad en la reducción de estrés oxidativo de pacientes adultos con diabetes mellitus tipo 2: CAT. *Medwave*, 1 - 14.
- Práxedes, A., Sevil, J., Moreno, A., Del Villar, F., & García Gonzáles, L. (2016). Niveles de actividad física en estudiantes universitarios: diferencias en función del género, la edad y los estados de ánimo. *Revista iberoamericana de psicología del ejercicio y del deporte*, 123 - 132.
- Robinson, S., Hattersley, J., Frost, G., Chambers, E., & Wallis, G. (2015). Maximal fat oxidation during exercise is positively associated with 24-hour fat oxidation and insulin sensitivity in young, healthy men. *Journal Applied Physiology*, 1415 - 1422.
- Shiraev, T., & Barclay, G. (2012). Evidence based exercise: Clinical benefits of high intensity interval training. *Australian family physician*, 960 - 962.
- Tucker, W., Angadi, S., & Gaesser, G. (2016). Excess postexercise oxygen consumption after high-intensity and sprint interval exercise, and continuous steady-state exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research Publish Ahead of Print*, 1 - 25.
- Ulloa, D., Feriche, B., Barboza, P., & Padial, P. (2015). Estudio comparado de la intensidad de entrenamiento sobre la máxima tasa de oxidación de las grasas. *Nutrición hospitalaria*, 421-429.
- Vargas Ortiz, K., Macías Cervantes, M., Díaz Cisneros, F., & Pérez Vásquez, V. (2014). El entrenamiento aeróbico de 12 semanas reduce los factores de riesgo cardiovascular en adolescentes con exceso de peso. *Gaceta médica de México*, 120 - 124.

- Viñuela García, M., Vera Ibáñez, A., Colomer Poveda, D., Márquez Sánchez, G., & Romero Arenas, S. (2016). Efecto de 12 sesiones de un entrenamiento interválico de alta intensidad sobre la composición corporal en adultos jóvenes. *Nutrición hospitalaria*, 637 - 643.
- Zaer, N., Reza, M., & Fattah, A. (2016). The Impact of High Intensity Interval Training On Lipid Profile, Inflammatory Markers and Anthropometric Parameters in Inactive Women. *Medical Laboratory Journal*, 56 - 60.

