**Revista de Educación Física**, (Rev Edu Fís / J Physical Edu) 2016, 34(3)

Article

# Efecto de Ejercicio Intermitente de Alta Intensidad sobre la Composición Corporal de Varones Jóvenes con Sobrepeso

## The Effect of High-Intensity Intermittent Exercise on Body Composition of Overweight Young Males

M. Heydari[1], J. Freund[2] y Stephen H. Boutcher[1]

[1]*School of Medical Sciences, Faculty of Medicine. University of New South Wales, Sydney, NSW 2052, Australia.*
[2]*St Vincent's Hospital. Darlinghurst, NSW 2010, Sydney, Australia.*

## RESUMEN

Para determinar el efecto de una intervención de ejercicio intermitente de alta intensidad de 12 semanas sobre el peso corporal, masa grasa abdominal, masa grasa del tronco, masa grasa visceral, y masa libre de grasa de varones con sobrepeso jóvenes. Se asignaron los participantes al azar a un grupo de ejercicio o grupo de control. El grupo de intervención recibió el ejercicio intermitente de alta intensidad tres veces por semana, 20 minutos por sesión, durante 12 semanas. La potencia aeróbica mejoró significativamente ($P < 0.001$) un 15% para el grupo de ejercicio. Los sujetos que se ejercitan comparados a los sujetos de control experimentaron la pérdida de peso significativa de 1.5 kg ($P < 0.005$) y una reducción significativa en la masa grasa total de 2 kg ($P < 0.001$). La adiposidad abdominal y del tronco también se redujo significativamente en el grupo de ejercicio un 0.1 kg ($P < 0.05$) y un 1.5 kg ($P < 0.001$). También el grupo de ejercicio tuvo una significativa reducción ($P < 0.01$) del 17% reducción en la grasa visceral después de 12 semanas de ejercicio intermitente de alta intensidad, mientras que la circunferencia de cintura se disminuyó significativamente por la semana seis ($P < 0.001$). La masa libre de grasa fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en el grupo de ejercicio de 0.4 kg para las piernas y de 0.7 kg para el tronco. Ningún cambio significativo ($P > 0.05$) ocurrió en los niveles de insulina, HOMA-IR, y lípidos sanguíneos. Doce semanas de ejercicio intermitente de alta intensidad produjo reducciones significativas en la grasa total, grasa abdominal, grasa del tronco, y grasa visceral, y aumentos significativos en la masa libre de grasa y la potencia aeróbica.

**Palabras Clave:** HIT, ejercicio intermitente, pérdida de peso, composición corporal

## ABSTRACT

To determine the effect of a 12-week high intensity intermittent exercise (HIIE) intervention on total body, abdominal, trunk, visceral fat mass, and fat free mass of young overweight males. Participants were randomly assigned to either

exercise or control group. The intervention group received HIIE three times per week, 20 min per session, for 12 weeks. Aerobic power improved significantly (

**Keywords:** HIT, intermittent exercise, weight loss, body composition

Los niveles de obesidad continúan aumentando en los países desarrollados y en países en desarrollo [1]. Ya que el sobrepeso está asociado con numerosos problemas de salud, se requieren estrategias de pérdida de grasa eficaces [2]. Aunque la dieta ha sido el principal método para la pérdida de grasa, los programas de ejercicio aeróbico han sido demostrados de aumentar el fitness cardiorespiratorio [3] y preservar la masa libre de grasa [4]. Más intervenciones del ejercicio aeróbico han consistido en ejercicio de estado estable de moderada intensidad, durante aproximadamente 30 a 40 minutos durante 3 a 4 días por semana, en un período de cuatro a seis meses. Decepcionantemente, estos tipos de programas de ejercicio han producido pérdida mínima de grasa [5, 6].

En contraste, el ejercicio intermitente de alta intensidad (HIIE, *high-intensity intermittent exercise*) se ha demostrado que produce una mayor pérdida de grasa [7]. Por ejemplo, Trapp y cols. [8] dirigieron un programa de ejercicio intermitente de alta intensidad en mujeres jóvenes durante 15 semanas con 3 sesiones de 20 minutos por semana. El ejercicio intermitente de alta intensidad consistió en un sprint de 8 segundos seguidos por 12 segundos de pedaleo de baja intensidad, repetido durante 20 minutos. Otro grupo de mujeres llevó a cabo un protocolo de pedaleo aeróbico durante 40 minutos en cada sesión. Los resultados demostraron que las mujeres en el grupo de ejercicio intermitente de alta intensidad perdió 2.5 kg de grasa subcutánea, mientras que ningún cambio ocurrió con el ejercicio aeróbico en estado estable. La pérdida de grasa que aumentó a través de 15 semanas de ejercicio intermitente de alta intensidad se logró con el 50% menos de compromiso de tiempo de ejercicio y un gasto energético similar a la del ejercicio en estado estable. Lo que es muy importante, las mujeres en este estudio también mostraron un 0.6 kg de aumento significativo en la masa libre de grasa (FFM) después del ejercicio intermitente de alta intensidad, mientras que la FFM del grupo de ejercicio en estado estable estuvo inalterado. La falta de aumento en la FFM en el grupo de ejercicio en estado estable está en línea con la investigación previa en esta área [9].

Con respecto a la grasa abdominal, 15 semanas de ejercicio intermitente de alta intensidad llevaron a una reducción de 0.15 kg de grasa en mujeres jóvenes previamente desentrenadas [8]. Como las mujeres en este estudio tenían niveles moderados de grasa abdominal es factible que la mayor grasa abdominal, grasa del tronco, y grasa visceral de los hombres, hagan posible mostrar reducciones mayores después de la realización del ejercicio intermitente de alta intensidad. Por ejemplo, Boudou y cols. [10] estudiaron varones diabéticos tipo II mayores de edad y encontraron que después de 8 semanas de ejercicio intermitente de alta intensidad, la adiposidad abdominal disminuía un 44%. Si el ejercicio intermitente de alta intensidad regular también reduciría la grasa abdominal y visceral de varones jóvenes no diabéticos pero con sobrepeso, no está determinado.
Por lo tanto, el propósito de este estudio fue examinar los efectos de turnos de 20 minutos de ejercicio intermitente de alta intensidad, 3 veces por semana durante 12 semanas, sobre la composición corporal de varones con sobrepeso. Se ha planteado la hipótesis de que el ejercicio intermitente de alta intensidad produciría reducciones significativas en la grasa abdominal total, grasa del tronco, y grasa visceral, y un aumento significativo en la masa libre de grasa y potencia aeróbica.

## 2. Sujetos y Métodos

### *2.1. Sujetos*

Cuarenta y seis hombres inactivos y con sobrepeso, se reclutaron de una población universitaria y al azar fueron asignados ya sea a un grupo de ejercicio (n = 25) o un grupo de control (n = 21). Los sujeto que se ejercitaron y los de control tenían similares edades (2 4.7 ± 4.8 y 2 5.1 ± 3.9 años) y un índice de masa corporal (BMI: 28.4±0.5 y 29±0.9 kg m2). El estudio recibió la aprobación de un Comité de Ética de Investigación Universitaria. Cuarenta y seis sujetos se sometieron a la evaluación inicial, sin embargo, varios razones retiraron a 5 sujetos del grupo de ejercicio y 3 del grupo de control. No hubo ninguna diferencia significativa para cualquier variable entre los varones no adherentes y los varones que completaron el estudio.

### *2.2. Procedimientos*

Se les aconsejó a los sujetos evitar actividad extenuante y consumo de cafeína antes de la evaluación durante 24 horas, y asistieron al laboratorio después de un ayuno durante la noche de 10 horas. Se completaron los tests para todos los sujetos en los grupos de control y de ejercicio en el mismo momento del día. La Encuesta de Disponibilidad de Actividad Física [11] fue completado y la información sobre el historial médico personal y familiar de los sujetos fue obtenido. La muestra de sangre en ayuno (300 mL) fue tomada en los valores básicos, y en las semanas 3, 6, y 12 desde una vena antecubital en vacutainers (tubitos) EDTA. Un método enzimático automatizado (Cholestech LDX, EE.UU.) fue aplicado para cuantificar

los perfiles de los lípidos en sangre y concentraciones de glucosa en sangre. La sangre restante en los tubos de EDTA fue inmediatamente enfriada en un centrífugo (Modelo Megafuge 1.0R, Heraeus, Alemania) a 4°C y congelado a 86°C para el análisis posterior. La potencia aeróbica fue evaluada usando un dispositivo TrueMax 2400 Metabolic Cart (ParvoMedics Inc, EE.UU.) y un cicloergómetro con freno electrónico, Monark 869 (Monark, Suecia). Para los sujetos que no podían lograr el criterio para el $VO_{2máx}$, debido a la naturaleza extenuante de la sesión de ejercicio, el $VO_{2pico}$ se usó como indicador de la potencia aeróbica.

### *2.3. Ritmo Metabólico de Reposo (RMR).*

Los sujetos en ayunas se relajaron en una posición reclinada durante 30 minutos. La frecuencia cardíaca de reposo, el gasto energético de reposo (REE, *resting energy expenditure*), el $VO_2$, y el $VCO_2$, se evaluaron usando un dispositivo metabólico (TrueMax 2400 Metabolic Cart, ParvoMedics Inc, EE.UU.).

El $VO_2$ representa la tasa de oxígeno utilizado por los sujetos durante el ejercicio, mientras que el $VCO_2$ representa la tasa de anhídrido carbónico exhalado. Se les aconsejó a los sujetos no dormir y respirar naturalmente durante la evaluación. Se excluyeron los primeros 10 minutos de recolección de datos del análisis para permitir la estabilización del sujeto.

### *2.4. Dieta.*

Los sujetos en ambos grupos de ejercicio y de control fueron advertidos de mantener sus hábitos alimentarios normalmente durante el estudio. En su primera y en última visita de los sujetos al laboratorio dieron un inventario de dieta de 3 días, que fue analizado usando el software de análisis de dieta (SERVE Nutrition Management Systems, Professional Edition, versión 5, Australia).

### *2.5. Composición Corporal*

Un examen por absorsiometría de rayos X de energía dual (DEXA) con un escáner Lunar Prodigy (software versión 7.51, GE Corporation, EE.UU.) fue usado para medir la masa corporal y el porcentaje de grasa corporal. La masa grasa (FM, *Fat mass*) junto con la FFM en kg fueron medidas para el cuerpo entero. La DEXA también dio información sobre la grasa abdominal y del tronco como indicadores de la adiposidad central. Los exámenes por tomografía computarizada (CT)(Philips Gemini GXL 16, Países Bajos) también se usaron para medir la distribución de la grasa abdominal y visceral. Cortes axiales (3 × 10 mm) se realizaron a través del abdomen en L2/L3 y L4/L5.

La densidad de la grasa de 0.9 mg/L fue la supuesta [12], y estuvo automáticamente seleccionada en cualquier tejido entre 150 a 50 Unidades de Hounsfield (HU). El software de Gemini (GXL Host System) fue usado para analizar las imágenes de la CT. La grasa abdominal, visceral, y subcutánea fueron determinadas a nivel de L2/L3 y L4/L5. El BMI fue calculado dividiendo el peso por la altura al cuadrado (kg·m-2).

### *2.6. Entrenamiento del Ejercicio Intermitente de Alta Intensidad*

Los sujetos en el grupo de ejercicio completaron el ejercicio en forma supervisada (sprint de 8 segundos, 12 segundos de recuperación) continuamente a lo largo de cada sesión de 20 minutos. La carga de trabajo del ejercicio intermitente de alta intensidad estuvo fija en el 80-90% de la frecuencia cardíaca pico de cada sujeto (FC) a una cadencia entre 120 y 130 r.p.m y la recuperación estaba fija en la misma cantidad de resistencia pero a una cadencia de 40 r.p.m. Se les dijo a los sujetos que mantengan su intensidad del ejercicio en un nivel requerido para producir una FC entre 80-90% de la $FC_{pico}$. En tanto los sujetos se adaptaban al entrenamiento del ejercicio intermitente de alta intensidad, la carga de trabajo era aumentada para que la FC se estableciera al nivel del 80-90% de la $FC_{pico}$ en forma apropiada. El ejercicio intermitente de alta intensidad era coordinado con un CD pre-grabado que iba contando cada sprint de una manera '3-2-1'. Los sujetos realizaban en la bicicleta un precalentamiento de 5 minutos y una vuelta a la calma, antes y después de cada sesión de ejercicio. Todos los datos del entrenamiento en la bicicleta incluyeron el registro continuo de la FC y de las r.p.m, mientras que la tasa de esfuerzo percibido [13] (RPE) se evaluó en intervalos de 5 minutos.

### *2.7. Ensayos*

La insulina fue medida usando equipos de inmunoensayo ELISA disponibles comercialmente. El grado de recambio enzimático de sustratos fue determinado por medición de la absorbancia de longitud de onda dual en 450 y 620 nm (Dako K6219, Dinamarca). El HOMA-IR, un índice de la resistencia a la insulina [14], fue calculado como sigue:

HOMA-IR = [insulina en ayunas (IU/mL) × glucosa sanguínea en ayunas (mmol/L)]
22.5

### *2.8. Análisis estadístico*

Se analizaron los datos con el Software de Paquete Estadístico para Ciencias Sociales de Windows (SPSS 18, EE.UU.). Para examinar los cambios después de la intervención, un análisis de covarianza (ANCOVA) fue usado para evaluar las diferencias entre los dos grupos para variables que no rompieran las suposiciones del ANCOVA. Se usaron valores de pre-intervención como covariantes. Donde se rompían las suposiciones, un t-test independiente se dirigió sobre las marcas de la diferencia. El análisis estadístico fue considerado significativo cuando el nivel de probabilidad era menos de 0.05.

## 3. RESULTADOS

No hubo ninguna diferencia significativa entre los dos grupos para la masa corporal, BMI (Tabla 1), y edad antes del programa de entrenamiento.

| | Ejercicio | | Control | |
|---|---|---|---|---|
| | Pre* | Post | Pre* | Post |
| Peso (kg) | 87.8 ± 2.7 | 86.3 ± 2.7** | 89 ± 2.9 | 89.4 ± 3.1 |
| BMI ($kg \cdot m^2$) | 28.4 ± 0.5 | 27.9 ± 0.5** | 29 ± 0.9 | 29.1 ± 0.9 |
| Circunferencia Cintura (cm) | 93.3 ± 1.4 | 89.8 ± 1.4** | 93.7 ± 1.9 | 95.1 ± 1.9 |
| Masa Grasa (kg) | 29.8 ± 1.6 | 27.8 ± 1.5** | 31.7 ± 2.2 | 31.8 ± 2.3 |
| % Masa Grasa | 34.8 ± 1.1 | 32.8 ± 1.1** | 36.3 ± 1.4 | 36.0 ± 1.5 |
| Masa Libre de Grasa (kg) | 54.3 ± 1.5 | 55.5 ± 1.4** | 53.8 ± 1.3 | 54.2 ± 1.3 |
| $VO_{2pico}(l \cdot m^{-1})$ | 3.0 ± 0.1 | 3.4 ± 0.1** | 2.6 ± 0.1 | 2.7 ± 0.1 |
| $VO_{2pico}(mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1})$ | 34.2 ± 1.0 | 39.4 ± 0.8** | 29.1 ± 1.3 | 30.6 ± 1.4 |
| Potencia (watts) | 246.3 ± 8.1 | 289.8 ± 8.0** | 224.4 ± 7.3 | 225.9 ± 6.3 |
| FC ($lat \cdot min^{-1}$) | 62.2 ± 2.5 | 57.9 ± 1.8** | 62.7 ± 2.0 | 63.7 ± 1.7 |
| RQ | 0.85±0.01 | 0.83±0.01** | 0.82±0.02 | 0.86±0.01 |
| GER (kcal/dia) | 1793 ± 54 | 1841 ± 56 | 1788 ± 58 | 1794 ± 53 |
| Oxidación de CHO (g/día) | 232.6 ± 14.3 | 201.5 ± 13.1** | 186.7 ± 22.3 | 252.1 ± 21.2 |
| Oxidación de Grasas (g/día) | 93.8 ± 6.6 | 106.1 ± 6.5** | 110.2 ± 10.0 | 82.0 ± 10.9 |

***Tabla 1.*** *Cambios en la composición corporal, la potencia aeróbica, la frecuencia cardíaca de reposo, RQ, gasto energético de reposo, oxidación de carbohidratos y grasas para el ejercicio intermitente de alta intensidad y el grupo de control sin ejercicio (N = 38; media y error estándar).*

* Los valores Pre se usaron como covariantes para el ANCOVA.
** P <0.05, cambio significativamente mayor en el grupo de ejercicio comparado al del grupo de control. BMI: índice de masa corporal; GER: gasto energético de reposo; FC: frecuencia cardíaca; RQ: cociente respiratorio; CHO: hidratos de carbono.

### *3.1. Frecuencia cardíaca de ejercicio, RPE, y carga de trabajo*

La FC promedio durante las sesiones de entrenamiento del ejercicio intermitente de alta intensidad para el grupo de ejercicio fue de 160±9 latidos·min-1, que correspondió al 88% de la $FC_{pico}$ y la RPE promedio fue de 13.6±0.5. La carga de trabajo máxima aumentó significativamente en el grupo de ejercicio (P <0.001) por 43.5 watts (Tabla 1).

### *3.2. Respuesta en la Potencia Aeróbica después de la Intervención*

El ejercicio intermitente de alta intensidad produjo un aumento significativo en el $VO_{2pico}$ absoluto y relativo (P <0.005), con el $VO_{2pico}$ absoluto siendo aumentado un 13% y el $VO_{2pico}$ relativo un 15% (Tabla 1).

### *3.3. Masa Corporal Total y Grasa Corporal Evaluadas por DEXA*

La masa corporal total disminuyó significativamente (P <0.005) en el grupo de ejercicio (Tabla 1) por 1.5 kg (2%), mientras que la masa grasa total disminuyó significativamente (P <0.005) por 2.0 kg (6.7%; Figura 1). La masa grasa del grupo de control se mantuvo sin cambios después de 12 semanas (Tabla 1). El porcentaje de grasa corporal en el pre-test en los sujetos que se ejercitaron no se correlacionó a los cambios en el porcentaje de grasa corporal después de la intervención (r = 0.17, P >0.05).

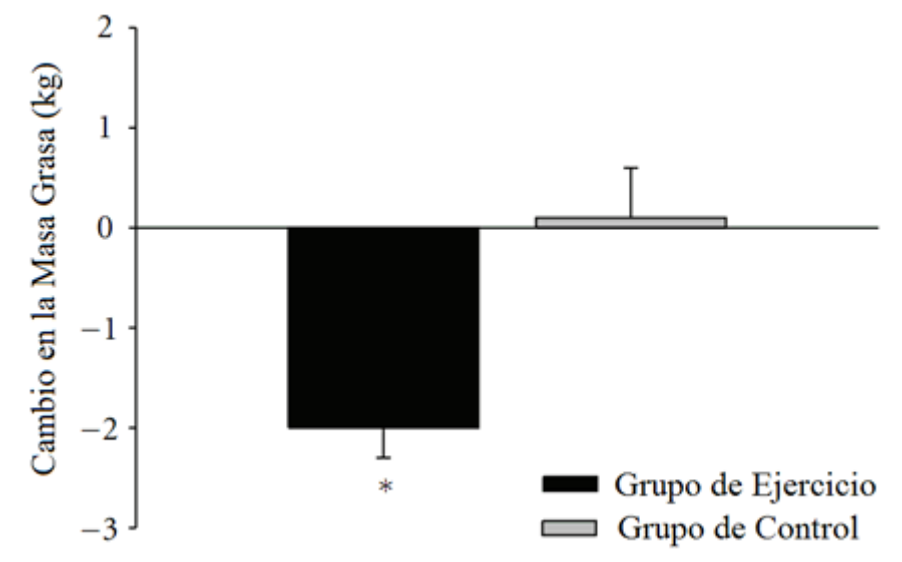


***Figura 1.*** *El cambio de la grasa total para el grupo del ejercicio intermitente de alta intensidad y el grupo de control sin ejercicio (N = 38, media y error estándar).*
** Significativamente diferente del grupo de control (P <0.05).*

### *3.4 Grasa Abdominal y del Tronco Evaluada por DEXA*

Hubo una disminución significativa en la grasa abdominal por 0.14 kg (6.6%) para el grupo de ejercicio (P <0.05) sin cambios para el grupo de control (Tabla 2). El grupo de ejercicio también disminuyó significativamente (P <0.001) la grasa del tronco por 1.4 kg (8.4%), mientras que la grasa del tronco fue ligeramente mayor en los sujetos del grupo de control (Tabla 2).

| Región de la Masa Grasa | Ejercicio | | Control | |
|---|---|---|---|---|
| | Pre* | Post | Pre* | Post |
| Masa Grasa Pierna (kg) | 9.6 ± 0.8 | 9.0 ± 0.7 | 9.9 ± 0.7 | 9.8 ± 0.7 |
| Masa Magra Pierna(kg) | 18.6±0.6 | 19.0±0.6** | 18.5 ± 0.6 | 18.5 ± 0.5 |
| Masa Grasa Brazo(kg) | 2.7 ± 0.2 | 2.5 ± 0.2** | 2.6 ± 0.1 | 2.7 ± 0.2 |
| Masa Magra Brazo (kg) | 6.7 ± 0.2 | 6.7 ± 0.2 | 6.4 ± 0.4 | 6.6 ± 0.3 |
| Masa Grasa Abdominal (kg) | 2.3 ± 0.1 | 2.2 ± 0.1** | 2.4 ± 0.2 | 2.4 ± 0.2 |
| Masa Magra Abdominal (kg) | 3.7 ± 0.1 | 3.7 ± 0.1 | 3.5 ± 0.1 | 3.5 ± 0.1 |
| Masa Grasa Tronco (kg) | 17.0 ± 0.9 | 15.5 ± 0.9** | 17.2 ± 1.2 | 17.3 ± 1.3 |
| Masa Magra Tronco (kg) | 24.9 ± 0.7 | 25.6 ± 0.7** | 24.0 ± 0.8 | 23.9 ± 0.7 |

***Tabla 2.*** *Cambios regionales en la composición corporal para el grupo del ejercicio intermitente de alta intensidad y para el grupo de control sin ejercicio (NO = 38; media y error estándar). * Los valores Pre se usaron como covariantes para el ANCOVA.*

*** P <0.05, cambio significativamente mayor comparado al del grupo de control.*

### *3.5. Composición Corporal Regional Evaluada por DEXA*

No hubo diferencia significativa entre los grupos en la pérdida de masa grasa absoluta en las piernas (P >0.05), mientras que la pérdida de masa grasa en los brazos fue mayor para los sujetos que se ejercitaron (P <0.01; Tabla 2).

La masa libre de grasa total, de las piernas, y del tronco (P <0.05) fueron significativamente mayores después de 12 semanas de ejercicio intermitente de alta intensidad en el grupo de ejercicio comparado al grupo de control, mientras que la masa libre de grasa del brazo (P >0.05) no mostró ningún cambio significativo después de la intervención (Figura 2).

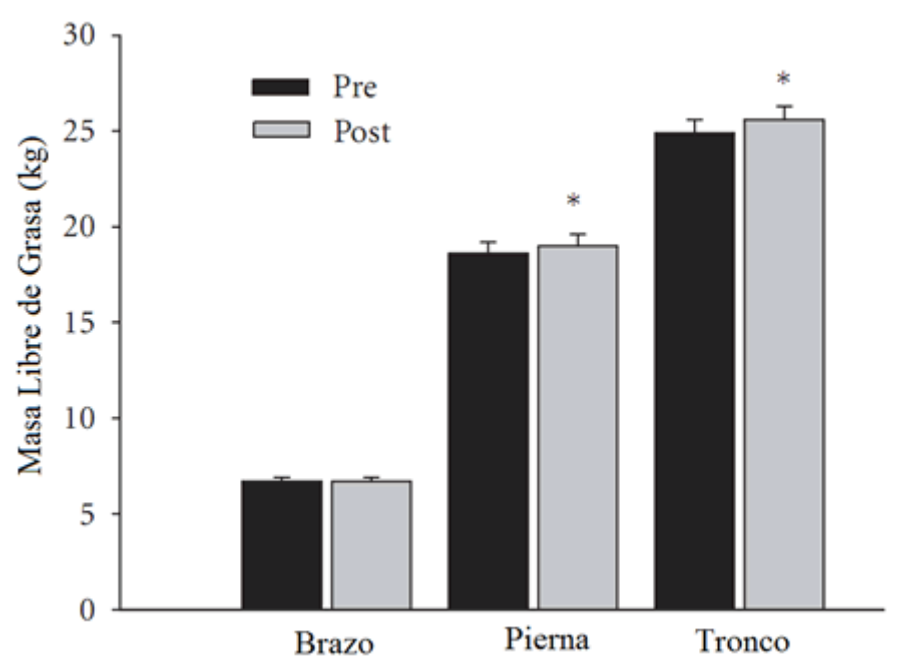


***Figura 2.*** *Cambios de la masa libre de grasa para el grupo de ejercicio intermitente de alta intensidad (N = 38; media y error estándar).*
** diferencia significativa entre pre- y post-evaluación (P <0.05).*

### *3.6. Masa Grasa Abdominal, Visceral, y Subcutánea Evaluada por Tomografía Computada*

Masa grasa total, abdominal, visceral, y subcutánea a nivel de L2/L3 y L4/L5 fueron significativamente reducidas (P <0.05) después de 12 semanas de ejercicio intermitente de alta intensidad comparado al grupo de control (Tabla 3). La grasa abdominal disminuyó por 8.5% en L2/L3 y 6.6% en L4/L5. La grasa visceral fue disminuida significativamente (P <0.05) por 17% en L2/L3 y 10% en L4/L5 (Tabla 3; Figura 3).

| | Ejercicio | | Control | |
|---|---|---|---|---|
| | Pre* | Post | Pre* | Post |
| L2/L3 masa grasa total (g) | 564.0 ± 22.3 | 538.0 ± 21.4** | 587.1 ± 26.3 | 591.0 ± 30.6 |
| L2/L3 masa grasa abdominal (g) | 280.0 ± 21.4 | 256.1 ± 19.6** | 304.8 ± 26.5 | 311.9 ± 30.6 |
| L2/L3 grasa visceral (g) | 94.6 ± 10.6 | 84.8 ± 9.9** | 102.1 ± 11.5 | 101.5 ± 11.4 |
| L2/L3 grasa subcutánea (g) | 177.3 ± 16.3 | 161.7 ± 14.7** | 194.2 ± 20.2 | 200.4 ± 23.4 |
| L4/L5 masa grasa total (g) | 576.9 ± 24.3 | 555.7 ± 21.7** | 595.7 ± 28.4 | 602.2 ± 32.7 |
| L4/L5 masa grasa abdominal (g) | 327.8 ± 23.0 | 306.3 ± 20.9** | 346.5 ± 27.3 | 355.5 ± 31.0 |
| L4/L5 grasa visceral (g) | 62.6 ± 6.2 | 51.8 ± 5.1** | 69.7 ± 9.7 | 67.3 ± 8.4 |
| L4/L5 grasa subcutánea (g) | 259.7 ± 22.1 | 247.8 ± 20.0** | 271.7 ± 26.1 | 281.7 ± 27.7 |

***Tabla 3.*** *Cambios en las variables del examen de tomografía computada para el grupo de ejercicio intermitente de alta intensidad y el grupo de control sin ejercicio (N = 38; media y error estándar).*
** Los valores Pre se usaron como covariantes para el ANCOVA.*
*** P <0.05, cambio significativamente mayor comparado al del grupo de control.*

**Figura 3.** Cambio de grasa visceral para el egrupo de ejercicio intermitente de alta intensidad y el grupo de control sin ejercicio (N = 38; media y error estándar). * Significativamente diferente del grupo de control (P <0.05).

### *3.7. Cambios en la Composición Corporal después de 3, 6, y 9 Semanas*

En la semanas 3 y 6 no hubo ningún cambio en la masa corporal y BMI, sin embargo, después de 9 semanas, la masa corporal (P <0.005) y BMI (P <0.005) disminuyeron significativamente. Al final de la prueba, la masa corporal y el BMI disminuyeron significativamente (P <0.001; Tabla 1), aún, en la semana 6, la circunferencia de cintura estuvo significativamente más baja que en la línea de base, de 93.3 a 90.7 cm (P <0.001). Hubo una reducción más de la circunferencia de la cintura de la semana 6 (90.7 cm) a la semana 12, (89.8 cm), que no fue significativa (P >0.05). También la reducción principal en la grasa visceral provocada por el ejercicio intermitente de alta intensidad parece haber ocurrido dentro de las primeras seis semanas ya que la reducción en la circunferencia de cintura se correlacionó significativamente (r = 0.57, P <0.05) con la reducción en la grasa visceral (L4/L5) en la semana seis.

### *3.8. Respuesta en el Ritmo Metabólico de Reposo después de la Intervención*

Después de la intervención de ejercicio, los sujetos tenían una FC de reposo (P <0.01) y el cociente respiratorio (RQ; P <0.01) significativamente inferiores comparado a los sujetos en el grupo de control. No hubo ningún cambio significativo en el ritmo metabólico de reposo después de la intervención (P >0.05), sin embargo, los sujetos en el grupo de ejercicio tenían una a oxidación de grasas significativamente superior (13%) (P <0.001) y menor oxidación de hidratos de carbono (P <0.001) después de la intervención comparado al grupo de control (Tabla 1).

### *3.9. Respuesta en las Variables Sanguíneas después de la Intervención*

Los niveles de glucosa en ayunas, insulina y glucosa en plasma, el HOMA-IR, y niveles de los lípidos estuvieron inalterados en el grupo de ejercicio comparado al grupo de control (P >0.05). Para los sujetos que se ejercitaron y los sujetos de control, los niveles de pre-intervención de insulina, glucosa, HOMA-IR, colesterol total, triglicéridos, lipoproteína de baja-densidad, lipoproteína de alta densidad (Tabla 4), estuvieron dentro del rango normal para los varones de esta edad [15].

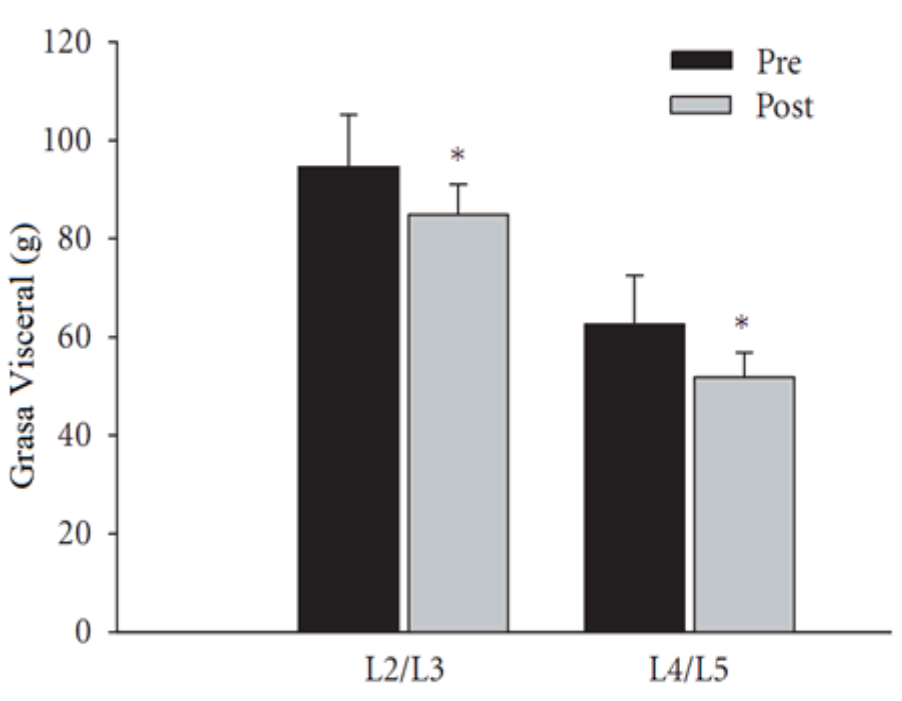


***Tabla 4.*** *Cambios de la glucosa, insulina, HOMA-IR, y lípidos para el grupo de ejercicio intermitente de alta intensidad y el grupo de control sin ejercicio (N = 38; media y error estándar).*

### *3.10. Dieta*

No hubo ningún cambio significativo en el contenido macro- o micronutriente antes o después de la intervención para el diario de dieta de 3 días del grupo de ejercicio o el grupo de control. Los niveles de macronutrientes antes y después de la intervención de 12 semanas, se muestra en la Tabla 5.

| | Ejercicio | | Control | |
|---|---|---|---|---|
| | Pre | Post | Pre | Post |
| Glucosa ($mmoL \cdot l^{-1}$) | 4.86 ± 0.14 | 4.97 ± 0.10 | 4.91 ± 0.14 | 4.91 ± 0.14 |
| Insulina ($\mu U \cdot mL^{-1}$) | 6.98 ± 0.66 | 6.72 ± 0.63 | 8.67 ± 0.90 | 8.29 ± 0.67 |
| HOMA-IR | 1.51 ± 0.15 | 1.47 ± 0.14 | 1.90 ± 0.24 | 1.82 ± 0.17 |
| Colesterol Total ($mmoL \cdot l^{-1}$) | 4.18 ± 0.25 | 3.97 ± 0.24 | 4.59 ± 0.21 | 4.36 ± 0.18 |
| Triglicéridos ($mmoL \cdot l^{-1}$) | 1.20 ± 0.27 | 1.18 ± 0.36 | 1.52 ± 0.21 | 1.31 ± 0.18 |
| Lipoproteína Alta-densidad ($mmoL \cdot l^{-1}$) | 1.31 ± 0.09 | 1.35 ± 0.09 | 1.08 ± 0.09 | 1.03 ± 0.08 |
| Lipoproteína Baja-densidad ($mmoL \cdot l^{-1}$) | 2.51 ± 0.16 | 2.35 ± 0.18 | 2.82 ± 0.18 | 2.81 ± 0.16 |
| Lipoproteína Muy Baja-densidad ($mmoL \cdot l^{-1}$) | 0.48 ± 0.07 | 0.43 ± 0.10 | 0.66 ± 0.09 | 0.56 ± 0.09 |
| Relación TC:HDL | 3.51 ± 0.32 | 2.99 ± 0.20 | 4.62 ± 0.31 | 4.52 ± 0.27 |

***Tabla 5.*** *Niveles de macronutrientes antes y después de 12 semanas de intervención de ejercicio (N = 38; media y error estándar).*

# 4. DISCUSION

Los resultados principales de este estudio fueron que el ejercicio intermitente de alta intensidad aumentó el $VO_{2pico}$ significativamente y redujo significativamente la grasa abdominal, grasa del tronco, y grasa visceral de varones jóvenes con sobrepeso. También l masa libre de grasa del tronco y de las piernas aumentaron significativamente después del ejercicio intermitente de alta intensidad.

El 15% de aumento en el $VO_{2máx}$ es similar a los resultados de un estudio previo que usó un protocolo de 8"/12" de ejercicio intermitente de alta intensidad [8]. Talanian y cols. [16] también encontraron que un programa de ejercicio intermitente de alta intensidad rlrvaba la potencia aeróbica significativamente. En ese estudio, la enzima oxidativa β-hidroxi-acil-CoA deshidrogenasa se usó como marcador del volumen mitocondrial y se demostró que el sprint intermitente mejoraba la capacidad mitocondrial. También se han demostrado formas diferentes de ejercicio intermitente de alta intensidad para aumentar la potencia aeróbica significativamente [17, 18]. Así, colectivamente estos resultados muestran que el ejercicio intermitente de alta intensidad provoca mejoras significativas en el fitness aeróbico. La mejora en el fitness cardiorespiratorio después del ejercicio intermitente de alta intensidad es un rasgo atractivo de este modo de ejercicio ya que el fitness aeróbico se ha demostrado de ser un indicador importante de salud positiva [19].

Que el ejercicio intermitente de alta intensidad produjo una significativa reducción de la grasa subcutánea apoya la investigación previa en mujeres usando un protocolo similar [8]. Los resultados del presente estudio con varones extienden estos resultados demostrado que el ejercicio intermitente de alta intensidad es una manera efectiva y eficaz de controlar la composición corporal en ambos sexos. Con respecto a la grasa abdominal, se ha encontrado que 15 semanas de ejercicio intermitente de alta intensidad llevaron a una reducción de la grasa abdominal significativa (0.15 kg) en mujeres jóvenes desentrenadas [8]. La disminución de 0.13 kg en la grasa abdominal y de 1.5 kg de disminución en la grasa del tronco encontradas en el actual estudio, demuestra que este efecto también está presente en varones jóvenes y sostienen los resultados de Boudou y cols. [10] quienes demostraron que 8 semanas de ejercicio intermitente de alta intensidad redujo la adiposidad abdominal significativamente en varones mayores de edad diabéticos.

El 17% de disminución significativa en la grasa visceral encontrado en el presente estudio extiende los resultados de Mourier y cols. [20] quienes mostraron una reducción significativa en la grasa visceral medida por MRI, después de un régimen de ejercicio consistente en ejercicio en estado estable y ejercicio intermitente de alta intensidad durante 8 semanas. Estos resultados también se agregan a los resultados de estudios que han demostrado que las intervenciones del entrenamiento aeróbico disminuyen el tejido adiposo visceral [21]. El presente estudio, sin embargo, parece ser el primero en examinar los efectos de turnos de 20 minutos de ejercicio intermitente de alta intensidad sobre la grasa visceral de varones jóvenes. Ya que la grasa visceral comparada a la obesidad global es más fuertemente asociada con el riesgo de enfermedad cardiovascular [22], la capacidad del ejercicio intermitente de alta intensidad para reducir la grasa visceral puede tener implicaciones positivas en la salud. Por ejemplo, fue demostrado que la reducción en la grasa visceral estaba asociada con la mejora en el metabolismo de la glucosa y de los lípidos, [3] mientras que Okauchi y cols. [23] encontraron que una reducción en la grasa visceral bajó el riesgo de enfermedad cardiovascular aterosclerótica. Es interesante observar que, Ohkawara y cols. [21] estimaron la dosis óptima del ejercicio aeróbico necesario para reducir la grasa visceral significativamente y concluyeron que 3780 kcal expendidas por semana eran necesarias. Como una sesión de ejercicio (por ejemplo, pedalear en un ergómetro de bicicleta estacionaria) dura alrededor de una hora a una intensidad de ejercicio moderada gastando aproximadamente 520-550 kcal, entonces para alcanzar un gasto energético óptimo de un ejercicio de 3780 kcal por semana, un individuo tendría que realizar aproximadamente siete sesiones de ejercicio de una hora por semana. En contraste, los sujetos en el presente estudio se ejercitaron durante sólo una hora por semana. También Donnelly y cols. [24] dirigieron un programa de 16 meses, 5 horas de ejercicio aeróbico por semana con varones jóvenes de peso anormal y registraron un 23% de disminución en la grasa visceral. Así, parece que el ejercicio intermitente de alta intensidad puede provocar disminuciones significativas en la grasa visceral con programas que son significativamente más cortos en longitud (por ejemplo, 16 meses vs 3 meses) y tienen menos compromiso de ejercicio por semana (5 horas vs 1 hora). También la disminución principal en la grasa visceral provocada por el ejercicio intermitente de alta intensidad puede haber ocurrido dentro de las primeras seis semanas ya que la reducción en la grasa visceral se correlacionó con la reducción en la circunferencia de cintura ($r = 0.57$, $P < 0.05$) en la semana seis, luego que la circunferencia de cintura no disminuyó más.

Aunque el efecto del ejercicio intermitente de alta intensidad sobre la FFM no se ha examinado extensivamente, un estudio que usa la DEXA encontraron que la masa muscular del tronco estaba significativamente mayor en mujeres jóvenes por 0.6 kg después de 15 semanas de ejercicio intermitente de alta intensidad, [8] mientras que otro estudio usando la MRI demostró un aumento significativo en el área de sección transversal muscular del muslo de varones y mujeres mayores de edad después del ejercicio intermitente de alta intensidad [10]. Un aumento de 1.2 kg en la FFM total encontrado después del ejercicio intermitente de alta intensidad en el presente estudio, confirma la capacidad de este tipo de ejercicio para

aumentar la FFM. Sin embargo, la longitud de esta intervención de 12 semanas estuvo 3 semanas por debajo de la dirigida por Trapp y cols. [8] que usaron mujeres como sujetos. Ya que las frecuencias cardíacas de ejercicio e intensidad relativa de ejercicio de las dos pruebas fueron similares parece ser que los varones respondieron con una disminución similar en la grasa total pero un mayor aumento en la FFM después del ejercicio intermitente de alta intensidad. El aumento de la FFM en el tronco después del ejercicio intermitente de alta intensidad fue de 0.7 kg para los varones y de 0.4 kg para las mujeres, mientras que en las piernas fue de 0.4 kg para los varones y de 0.1 kg para las mujeres. De esta forma, los varones comparado a las mujeres registraron los mayores aumentos en la FFM en tronco y piernas. Esta característica puede ser importante para los programas de pérdida de grasa ya que se ha demostrado que la masa muscular generalmente disminuye después de la restricción dietética [25] y se mantiene sin cambios típicamente después del entrenamiento aeróbico [9]. El aumento significativo en la FFM de las piernas también puede reflejar adaptaciones metabólicas importantes que producen una mejor sensibilidad de la insulina [26].

Los posibles mecanismos que subyacen sobre el efecto de la pérdida de grasa inducida por el ejercicio intermitente de alta intensidad son indeterminados pero pueden incluir mejor oxidación de grasas durante el ejercicio y post-ejercicio y un apetito post-ejercicio suprimido [7]. Por ejemplo, Burgomaster y cols. [26] y Talanian y cols. [16] han demostrado que 6 a 7 sesiones de ejercicio intermitente de alta intensidad tienen aumentos significativos en la oxidación de ácidos grasos de todo el cuerpo y en el músculo esquelético. La respuesta del consumo excesivo de oxígeno post-ejercicio al ejercicio intermitente de alta intensidad no parece haber sido examinada, sin embargo, es factible que los niveles significativos de catecolaminas generados durante el ejercicio intermitente de alta intensidad agudo [27] podrían haber elevado la oxidación de grasas en el post-ejercicio. La respuesta significativa de las catecolaminas al ejercicio intermitente de alta intensidad está en contraste con el ejercicio aeróbico moderado en estado estable que produce aumentos pequeños en la epinefrina y norepinefrina [28]. También los niveles altos de catecolaminas producidos por el ejercicio intermitente de alta intensidad pueden estar debajo de su capacidad para reducir la grasa visceral, ya que se han demostrado catecolaminas para empujar a la lipólisis y la liberación de grasa principalmente responsable de es de las reservas de la grasa visceral [29]. También significativamente, más receptores β-adrenérgicos se han encontrado en la grasa visceral comparado a la grasa subcutánea [30] haciendo pensar que el ejercicio intermitente de alta intensidad puede tener un potencial mayor que el ejercicio en estado estable (por ejemplo, trotar, pedalear) para reducir la grasa visceral. Es más, la mayor oxidación de grasas después del ejercicio intermitente de alta intensidad puede ocurrir como resultado de la necesidad de remover lactato y los iones de H+ y resintetizar glucógeno. La respiración desacoplada, el recambio de proteínas, y la actividad del sistema nervioso simpático, también pueden contribuir al mayor gasto energético y oxidación de grasas después del ejercicio [9]. Finalmente, el ejercicio intermitente de alta intensidad también puede tener un efecto supresor en el apetito ya que se ha expuesto a ratas a un turno de ejercicio duro que reportaron una reducción repetidamente de la ingesta de comida [31].

Ya que este programa de ejercicio intermitente de alta intensidad requirió un mínimo compromiso de tiempo, tiene implicaciones con respecto a la complacencia de los sujetos con intervenciones de ejercicio. Así, prescripciones de la actividad física que requieren un menor esfuerzo, mientras producen reducciones adecuadas en la grasa subcutánea y visceral, son probablemente óptimas [9] y el ejercicio intermitente de alta intensidad parecería clasificarse bajo esta categoría ya que el compromiso de ejercicio total del sujeto fue de 60 minutos por semana. En conclusión, 20 minutos de ejercicio intermitente de alta intensidad, realizado tres veces por semana durante 12 semanas, produjo reducciones significativas en la grasa del cuerpo total, abdominal, del tronco, y grasa visceral, y un aumento significativo en la masa libre de grasa de varones jóvenes con sobrepeso.

**Agradecimientos**

Los autores desean agradecer a Diabetes Australia por apoyar este proyecto (Concesión no. RM06599) y también agradecer a Chau Tran, Joshua Lane, Roger Burrell, y Lucas Webb por la ayuda con la recolección de datos.

## REFERENCIAS

1. P. W. Speiser, M. C. J. Rudolf, H. Anhalt, C. Comacho-Hubner, F. Chiarelli, A. Elakim, et al (2005). Childhood obesity. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, vol. 90, pp. 1871–1887*
2. J. M. Jakicic, K. Clark, E. Coleman et al (2001). Appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise, vol. 33, no. 12, pp. 2145–2156*
3. R. Ross, D. Dagnone, P. J. H. Jones et al (2000). Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men. *Annals of Internal Medicine, vol. 133, no. 2, pp. 92–103*
4. E. M. Evans, M. J. Saunders, M. A. Spano, A. Arngrimsson, R. D. Lewis, and K. J. Cureton (1999). Effects of diet and exercise on the density and composition of the fat- free mass in obese women. *Medicine and Science in Sports and Exercise, vol. 31, no.*

*12, pp. 1778–1787*
5. T. Wu, X. Gao, M. Chen, and R. M. Van Dam (2009). Long-term effectiveness of diet-plus-exercise interventions vs. diet-only interventions for weight loss: a meta-analysis. *Obesity Reviews, vol. 10, no. 3, pp. 313–323*
6. S. H. Boutcher and S. L. Dunn (2009). Factors that may impede the weight loss response to exercise-based interventions. *Obesity Reviews, vol. 10, no. 6, pp. 671–680*
7. S. H. Boutcher (2001). High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of Obesity, vol. 2011, Article ID 868305*
8. E. G. Trapp, D. J. Chisholm, J. Freund, and S. H. Boutcher (2008). The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *International Journal of Obesity, vol. 32, no. 4, pp. 684–691*
9. P. Stiegler and A. Cunliffe (2006). The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss. *Sports Medicine, vol. 36, no. 3, pp. 239–262*
10. P. Boudou, E. Sobngwi, F. Mauvais-Jarvis, P. Vexiau, and J.-F. Gautier (2003). Absence of exercise-induced variations in adiponectin levels despite decreased abdominal adiposity and improved insulin sensitivity in type 2 diabetic men. *European Journal of Endocrinology, vol. 149, no. 5, pp. 421–424*
11. S. Thomas, J. Reading, and R. J. Shephard (1992). Revision of the physical activity readiness questionnaire (PAR-Q). *Canadian Journal of Sport Sciences, vol. 17, no. 4, pp. 338–345*
12. T. Lohman, M. Slaughter, R. Boileau, and L. Lussier (1984). Bone mineral measurements and their relation to body density in children, youth and adults. *Human Biology, vol. 56, no. 4, pp. 667–679*
13. G. A. Borg (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise, vol. 14, no. 5, pp. 377–381*
14. S. E. Stern, K. Williams, E. Ferrannini, R. A. DeFronzo, C. Bogardus, and M. P. Stern (2005). Identification of individuals with insulin resistance using routine clinical measurements. *Diabetes, vol. 54, no. 2, pp. 333–339*
15. Expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (2001). Executive summary of the third report of the national cholesterol education program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (adult treatment panel III). *The Journal of the American Medical Association, vol. 285, no. 19, pp. 2486–2497*
16. J. L. Talanian, S. D. R. Galloway, G. J. F. Heigenhauser, A. Bonen, and L. L. Spriet (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of Applied Physiology, vol. 102, no. 4, pp. 1439–1447*
17. M. Weston, W. Helsen, C. MacMahon, and D. Kirkendall (2004). The impact of specific high-intensity training sessions on football referees' fitness levels. *The American Journal of Sports Medicine, vol. 32, no. 1, pp. 54S–61S*
18. E. Gorostiaga, C. Walter, C. Foster, and R. Hickson (1991). Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, vol. 63, no. 2, pp. 101–107*
19. S. N. Blair (2009). Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st century. *British Journal of Sports Medicine, vol. 43, no. 1, pp. 1–2*
20. A. Mourier, J.-F. Gautier, E. D. Kerviler et al (1997). Mobilization of visceral adipose tissue related to the improvement in insulin sensitivity in response to physical training in NIDDM: effects of branched-chain amino acid supplements. *Diabetes Care, vol. 20, no. 3, pp. 385–391*
21. K. Ohkawara, S. Tanaka, M. Miyachi, K. Ishikawa-Takata, and I. Tabata (2007). A dose-response relation between aerobic exercise and visceral fat reduction: systematic review of clinical trials. *International Journal of Obesity, vol. 31, no. 12, pp. 1786–1797*
22. J. L. Kuk, P. T. Katzmarzyk, M. Z. Nichaman, T. S. Church, S. N. Blair, and R. Ross (2006). Visceral fat is an independent predictor of all-cause mortality in men. *Obesity, vol. 14, no. 2, pp. 336–341*
23. Y. Okauchi, H. Nishizawa, T. Funahashi et al (2007). Reduction of visceral fat is associated with decrease in the number of metabolic risk factors in Japanese men. *Diabetes Care, vol. 30, no. 9, pp. 2392–2394*
24. J. E. Donnelly, J. O. Hill, D. J. Jacobsen et al (2003). Effects of a 16-month randomized controlled exercise trial on body weight and composition in young, overweight men and women: the midwest exercise trial. *Archives of Internal Medicine, vol. 163, no. 11, pp. 1343–1350*
25. W. Saris (1993). The role of exercise in the dietary treatment of obesity. *International Journal of Obesity, vol. 17, no. 1, pp. S17–S21*
26. K. A. Burgomaster, S. C. Hughes, G. J. F. Heigenhauser, S. N. Bradwell, and M. J. Gibala (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal of Applied Physiology, vol. 98, no. 6, pp. 1985–1990*
27. E. G. Trapp, D. J. Chisholm, and S. H. Boutcher (2007). Metabolic response of trained and untrained women during high-intensity intermittent cycle exercise. *American Journal of Physiology, vol. 293, no. 6, pp. R2370–R2375*
28. H. Zouhal, C. Jacob, P. Delamarche, and A. Gratas-Delamarche (2008). Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. *Sports Medicine, vol. 38, no. 5, pp. 401–423*
29. B. Issekutz (1978). Role of beta-adrenergic receptors in mobilization of energy sources in exercising dogs. *Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental and Exercise Physiology, vol. 44, no. 6, pp. 869–876*
30. M. Rebuffé-Scrive, B. Andersson, L. Olbe, and P. Björntorp (1989). Metabolism of adipose tissue in intraabdominal depots of nonobese men and women. *Metabolism, vol. 38, no. 5, pp. 453–458*
31. J. Bilski, A. Teległów, J. Zahradnik-Bilska, A. Dembiński, and Z. Warzecha (2009). Effects of exercise on appetite and food intake regulation. *Medicina Sportiva, vol. 13, no. 2, pp. 82–94*

**Cita Original**

M. Heydari, J. Freund and Stephen H. Boutcher (2012) The Effect of High-Intensity Intermittent Exercise on Body

Composition of Overweight Young Males. Journal of Obesity Volume 2012 (Article ID 480467, 8 pages doi:10.1155/2012/480467