

Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación

Especialización en Evaluación y Programación del Ejercicio

Trabajo Final



Ejercicio Intermitente de Alta Intensidad (HIIT) y pérdida de grasa corporal: una revisión.

Fecha: 11 de Diciembre de 2015

Profesor: Adrián Casas

Alumno: Andrés Parodi

ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN.....	pág.1
2- OBJETIVOS.....	pág. 2
3- EJERCICIO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDAD.....	pág.3
4- HIIT vs ENTRENAMIENTO CONTINUO O NO-ENTRENAMIENTO: EFECTOS SOBRE LA PÉRDIDA DE MASA GRASA.....	pág.4
4.1- Trabajos que demostraron efectos positivos del HIIT sobre la pérdida de masa grasa.....	pág.4
4.1.1- Intervenciones de mediana duración (8-16 semanas) o larga duración (>16semanas).....	pág.4
4.1.1.1- Intervenciones de HIIT mediana o larga duración utilizando cicloergómetro.....	pág.4
4.1.1.2- Intervenciones de HIIT de mediana duración utilizando cinta o carrera.....	pág.10
4.1.1.3- Intervenciones de HIIT de mediana duración utilizando el medio acuático.....	pág.15
4.1.2- Intervenciones de HIIT de corta duración (2-6 semanas).....	pág.16
4.1.2.1- Intervenciones de HIIT de corta duración utilizando cicloergómetro..	pág.16
4.1.2.2- Intervenciones de HIIT de corta duración utilizando carrera.....	pág.18
4.2- Trabajos que no evidenciaron descensos significativos de masa grasa luego de intervenciones de HIIT.....	pág.20
TABLA 1.....	pág.24
5- HIIT Y REDUCCIÓN DE TEJIDO ADIPOSO: POSIBLES CAUSAS.....	pág.26
6- CONCLUSIONES.....	pág.32
7- BIBLIOGRAFÍA.....	pág.33

1- INTRODUCCIÓN:

El ejercicio físico tiene innegables efectos sobre la composición corporal. Numerosos estudios científicos manifiestan claramente que el ejercicio físico programado y sistematizado influirá tanto sobre el exceso de grasa corporal, como en modificaciones positivas a nivel endócrino, modificaciones de los receptores hormonales, así como en la fisiología músculo-adiposa (Heredia, 2009).

La mayoría de los protocolos designados con el propósito de inducir pérdida de grasa corporal se han focalizado en ejercicios aeróbicos continuos de intensidad moderada y estable, como la caminata/trote o andar en bicicleta sin cambios de velocidad, un promedio de 30 minutos por día, la mayoría de los días de la semana (Trapp et al, 2008). Sin embargo, este tipo de protocolos muchas veces deriva en pérdidas insignificantes de grasa corporal (Boutcher, 2010; Wu, Gao, Chen, & Dam, 2009). Por consiguiente, en los últimos años se ha acumulado creciente evidencia sobre protocolos más efectivos en la reducción de la masa adiposa, particularmente en sujetos obesos o con sobrepeso adiposo.

Dichos protocolos frecuentemente involucran en su metodología Ejercicio Intermitente de Alta Intensidad (HIIT), solo o en combinación con otras modalidades de ejercicio. El propósito de este trabajo será determinar su efecto sobre la reducción del tejido adiposo en adultos a partir de la revisión de la literatura científica.

La búsqueda bibliográfica se realizó en la base de datos PUBMED, en el portal TIMBÓ y en GOOGLE SCHOLAR, con las siguientes palabras clave: "Intermittent exercise" OR "Intermittent training" OR "Interval training" AND fat* OR obes* OR overweight. Fueron seleccionados aquellos trabajos que involucraran HIIT como parte de su intervención experimental, y que hayan realizado algún tipo de estimación relativo a la composición corporal de los sujetos participantes antes y después de dicha intervención; no se establecieron límites en relación al año de publicación del artículo.

2- OBJETIVOS

2.1- Objetivo general: determinar el efecto de distintas metodologías de entrenamiento que involucren HIIT, sobre la reducción de tejido adiposo en sujetos adultos.

2.2- Objetivos específicos:

- a) Realizar una revisión de la literatura científica, de estudios experimentales que involucren HIIT como parte de su intervención, en relación al descenso de peso y/o masa adiposa en sujetos adultos.
- b) Hacer un análisis comparativo, del efecto que las distintas metodologías de entrenamiento que involucren HIIT tiene sobre el descenso de peso y/o masa adiposa.
- c) Analizar las posibles causas que determinan el efecto del HIIT sobre la reducción del tejido adiposo.

3- EJERCICIO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDAD

El HIIT se define, según la clásica definición de Per-Olof Astrand, como “breves explosiones de ejercicio intenso, con una duración inferior a un minuto” (Astrand, 1960). Esta definición fue complementada en forma más reciente por Christmas y Dawson (1999), quienes lo definen como un tipo de esfuerzo compuesto de períodos frecuentes de trabajo intenso seguidos por períodos de recuperación menos intensos.

Los protocolos de HIIT han variado considerablemente en los últimos años, pero típicamente involucran series de ejercicios de intensidad muy elevada en cinta ergométrica o bicicleta (llegando desde el 85% a más del 90% del VO_2 máx del sujeto), seguidos inmediatamente por períodos de reposo o ejercicios de intensidad muy baja.

La duración del tiempo de ejercicio y de recuperación en el HIIT varía entre 6 segundos y 4 minutos, dependiendo del protocolo empleado. Sin embargo, muchos autores proponen intervalos de corta duración (de no más de 60” de duración) para considerar que dicho ejercicio tiene un carácter intermitente (Buchheit y Laursen, 2013; Billat, 2001; Christmas y Dawson, 1999).

Adicionalmente, otros autores sostienen que los protocolos que involucran intensidades máximas (*all-out*) por períodos muy cortos de tiempo (hasta 30 segundos) deberían denominarse "Entrenamiento Intervalado de Sprint" (*Sprint Interval Training, SIT*) en lugar de Entrenamiento Intermitente de Alta Intensidad (HIIT) (Hazell et al., 2014). Teniendo en consideración la falta de consistencia en la terminología en lo que refiere al entrenamiento intermitente (Weston et al., 2013) todos los protocolos que sean englobados dentro de las definiciones mencionadas más arriba serán considerados a los propósitos de este trabajo.

4- HIIT VERSUS ENTRENAMIENTO CONTINUO O NO-ENTRENAMIENTO: EFECTOS SOBRE LA PÉRDIDA DE MASA GRASA

Existen en la literatura científica numerosos estudios experimentales que comparan el efecto del Ejercicio Intermitente de Alta Intensidad frente al Entrenamiento Continuo y el no-entrenamiento en la pérdida de grasa corporal. Se ha demostrado un efecto beneficioso del HIIT en la mayoría de ellos, aunque algunos no encontraron beneficios adicionales en el uso del mismo, como será expuesto a continuación.

4.1- Trabajos que demostraron efectos positivos del HIIT sobre la pérdida de masa grasa

La mayoría con intervenciones que demostraron efectos positivos del HIIT sobre la pérdida de masa grasa son de corto plazo (2-6 semanas) o de mediano plazo (8 a 16 semanas de intervención), y utilizando diferentes medios para lograr la intensidad de ejercicio establecida. Se encontró un solo estudio cuya intervención superara las 16 semanas de duración (Boidin et al., 2015).

4.1.1- Intervenciones de mediana duración (8-16 semanas) o larga duración (> 16 semanas):

La mayoría de los estudios experimentales encontrados en esta revisión tienen esta duración, y han empleado diferentes medios de ejercitación que incluyen cicloergómetro (incluyendo cicloergómetro “de agua”), carrera o cinta y ejercicio subacuático.

4.1.1.1- Intervenciones de HIIT mediana o larga duración utilizando cicloergómetro:

En un estudio llevado adelante por Tremblay, Simoneau y Bouchard (1994), veintisiete sujetos jóvenes de ambos sexos, hipocinéticos, sanos y no obesos fueron asignados a uno de dos grupos: el grupo ET (*endurance training*: entrenamiento de resistencia) se sometieron a un programa de entrenamiento de 20 semanas de duración, en el cual se ejercitaron en cicloergómetro por 30-45 minutos, 4-5 veces a la semana a una intensidad de 60%-85% de la

Frecuencia Cardíaca Máxima de Reserva. El otro grupo (HIIT), realizó durante 15 semanas un programa consistente en sesiones de 25-30 minutos de ejercicio continuo al 70% de la Frecuencia Cardíaca Máxima de Reserva, y adicionalmente realizaron 35 sesiones de HIIT, que incluían 10 a 15 pasadas de 15 a 30 segundos de duración, o 4 - 5 pasadas de 60 a 90 segundos de duración, separados por descansos incompletos, hasta que la frecuencia cardíaca alcanzara valores de 120 a 130 latidos por minuto.

Los resultados mostraron que, si bien no hubo cambios significativos en el peso corporal entre ambos grupos, en el grupo HIIT se verificó un descenso significativo de la grasa subcutánea en comparación con el otro grupo, medido por sumatoria de seis pliegues cutáneos (figura 1). Los autores plantean que, considerando que el costo energético total del grupo ET durante las veinte semanas fue más del doble del costo energético de las 15 semanas del grupo HIIT; corregido por el costo total del entrenamiento, el descenso de tejido adiposo subcutáneo fue nueve veces mayor en el grupo HIIT en comparación con el grupo ET.

Figura 1: Extraído de Tremblay et al. (1994) ET: entrenamiento de resistencia

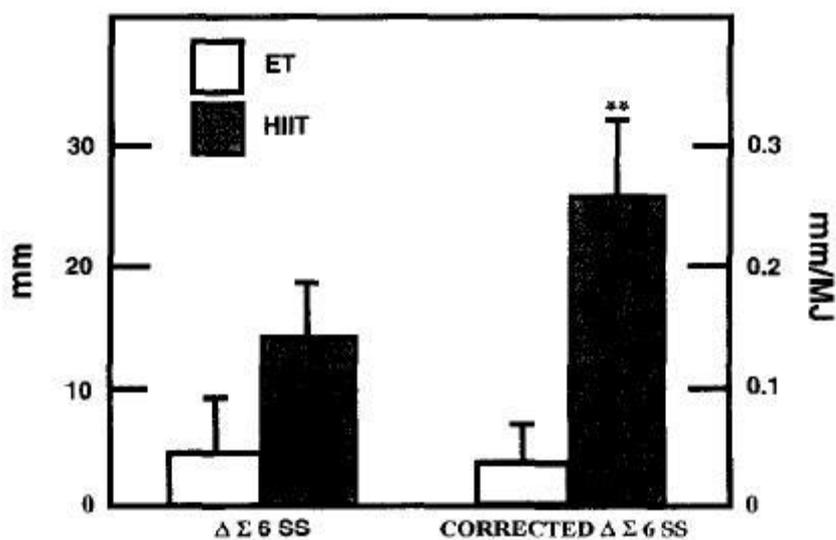


Fig 1. Changes in the sum of six skinfolds ($\Delta \Sigma 6 SS$) induced by ET and HIIT. The corrected $\Delta \Sigma 6 SS$ is the change in $\Sigma 6 SS$ divided by the total energy cost of training expressed in macrojoules. ** $P < .01$.

En un artículo original, Trapp et al. (2008) examinaron los efectos de tres sesiones semanales de 20 minutos de HIIT durante 15 semanas, sobre la composición corporal y los niveles de glucosa plasmática en ayunas en

mujeres sanas, no obesas y premenopáusicas. En este estudio, 45 mujeres fueron asignadas aleatoriamente a uno de tres grupos: HIIT, SSE (*steady-state exercise*) y CONT (grupo control).

Las mujeres que realizaron el protocolo HIIT realizaron en cicloergómetro una entrada en calor de 5 minutos, a continuación 8 segundos de *sprint* seguidos por 12 segundos de pedaleo a muy baja velocidad (20-30rpm) hasta un máximo de 60 repeticiones por sesión y una vuelta a la calma de 5 minutos incluyendo ejercicios de estiramiento. El grupo que realizó el protocolo SSE, se ejercitó en cicloergómetro al 60% de su VO₂pico durante 40 minutos; la entrada en calor y la vuelta a la calma fueron similares a los realizados por el grupo anterior. Finalmente, al grupo control se le solicitó que mantuvieran su actividad física diaria y dieta habitual, durante las 15 semanas que duró la intervención.

Los resultados mostraron que las mujeres participantes del grupo HIIT perdieron en promedio 2.5kg de masa grasa medido por DEXA (Dual-Energy X-Ray Absorptiometry), lo cual resultó ser una diferencia significativa en comparación con los otros dos grupos, que no mostraron variación significativa de su masa grasa una vez finalizado el estudio (figura 2). Además de esto, si se retiraban del análisis los datos de las cuatro mujeres más magras del grupo HIIT, la pérdida promedio de grasa ascendía a 3.94kg, resultando en un descenso de 4.3% de masa corporal y 14.7% en Masa Grasa Total, a predominio del tejido adiposo de miembros inferiores. Se verificó asimismo un descenso significativo de la grasa abdominal central en el grupo HIIT (fig. 3), sin apreciarse diferencias a este respecto en los otros dos grupos estudiados.

Los autores concluyen que el HIIT es una manera más efectiva y más eficiente de controlar la composición corporal en esta población, comparado con protocolos de ejercicio aeróbico continuo. Además, sugieren que el empleo de sesiones más breves (30 minutos en el grupo HIIT vs 50 minutos en el grupo SSE en total) es un factor que incide en la mayor adherencia de los participantes al programa de ejercicio.

Figura 2: Cambios en la Masa Grasa Total en el grupo de Ejercicio Intermitente de Alta Intesidad (HIIT), grupo de Ejercicio Continuo (SSE) y grupo Control (CONT) *: diferencia estadísticamente significativa con los grupos SSE y CONT. Extraído de Trapp et al. (2008).

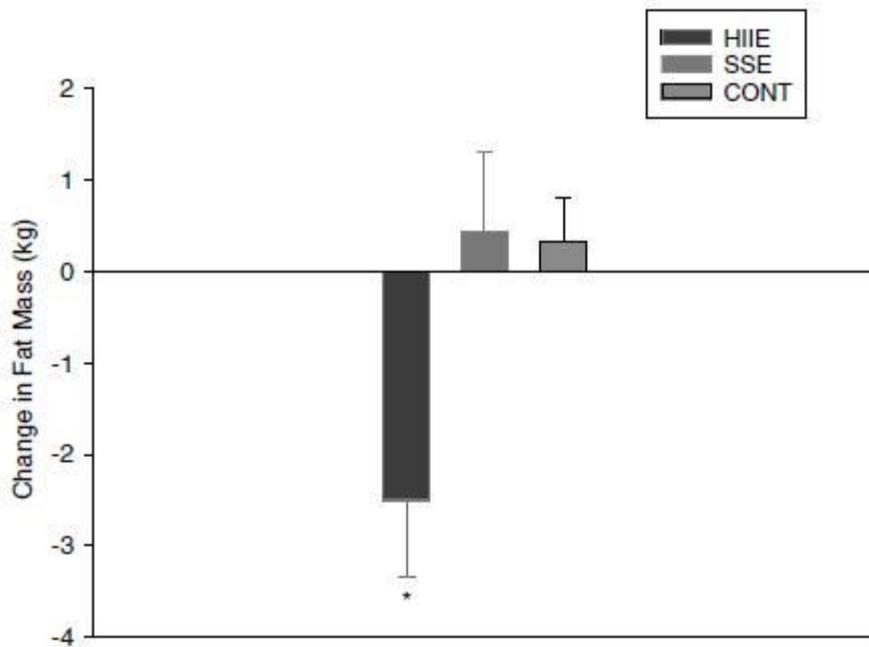
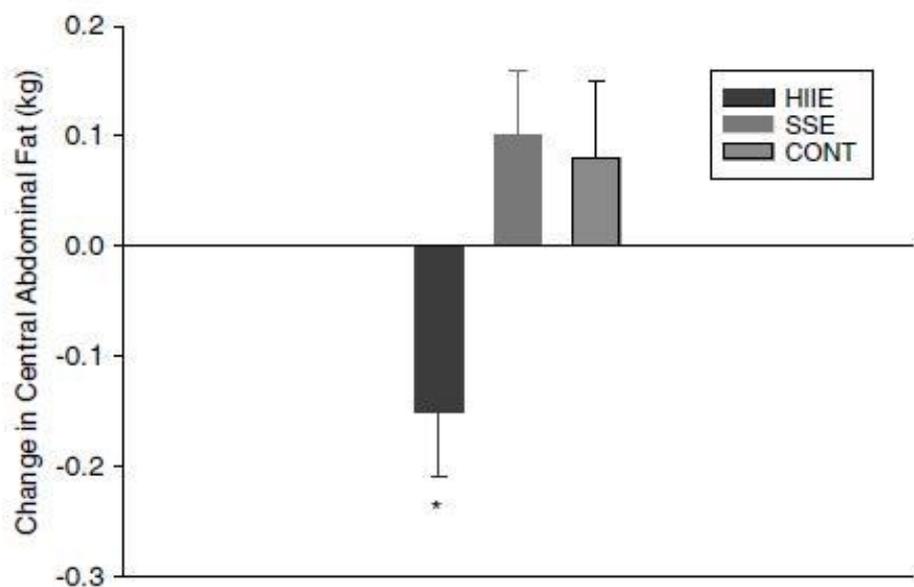


Figura 3: Cambios en Masa Grasa Abdominal en grupo Entrenamiento Intermitente de Alta Intesidad (HIIT), en grupo Entrenamiento Continuo (SSE) y en grupo control (CONT). *: diferencia estadísticamente significativa con SSE y CONT. Extraído de Trapp et al (2008)



En la Tesis Doctoral de Sarah Dunn (2009) se utilizó un protocolo de HIIT similar al que utilizaron Trapp et al. (2008), con el adiconado de suplementación con aceite de pescado y dieta de tipo Mediterránea, en 15 mujeres jóvenes con sobrepeso durante un período de 12 semanas. Los

resultados mostraron una reducción de la grasa subcutánea de 2.6kg (8%), valores comparables a los obtenidos por el estudio de Trapp, lo que sugiere que intervenciones de protocolos de HIIT más cortas (12 semanas vs 15 semanas) son igualmente efectivas en reducir la grasa subcutánea.

En el estudio de Jérémy Coquart (2008) veinte mujeres obesas de entre 40 y 65 años fueron asignadas a un programa de entrenamiento de HIIT, tres veces por semana durante 10 semanas. Cada sesión consistió en una entrada en calor, luego 32 minutos en cicloergómetro alternando 2 minutos al 120% del umbral respiratorio y 2 minutos al 80% del mismo, finalizando con 3 minutos de vuelta a la calma. Luego de finalizada la intervención, se verificó una reducción en el porcentaje de masa grasa, que pasó de 45.4% a 44.8%. Aunque quizá lo más significativo de este estudio fue que los sujetos (que previamente habían sido sometidos a 32 minutos de ejercicio en cicloergómetro al 100% del umbral ventilatorio) percibieron las sesiones de tipo intermitente menos intensas que las sesiones de tipo continuas, a pesar de que la carga de entrenamiento fue similar. Este hecho tiene una importante relación con la adherencia de dichos sujetos a las sesiones de entrenamiento.

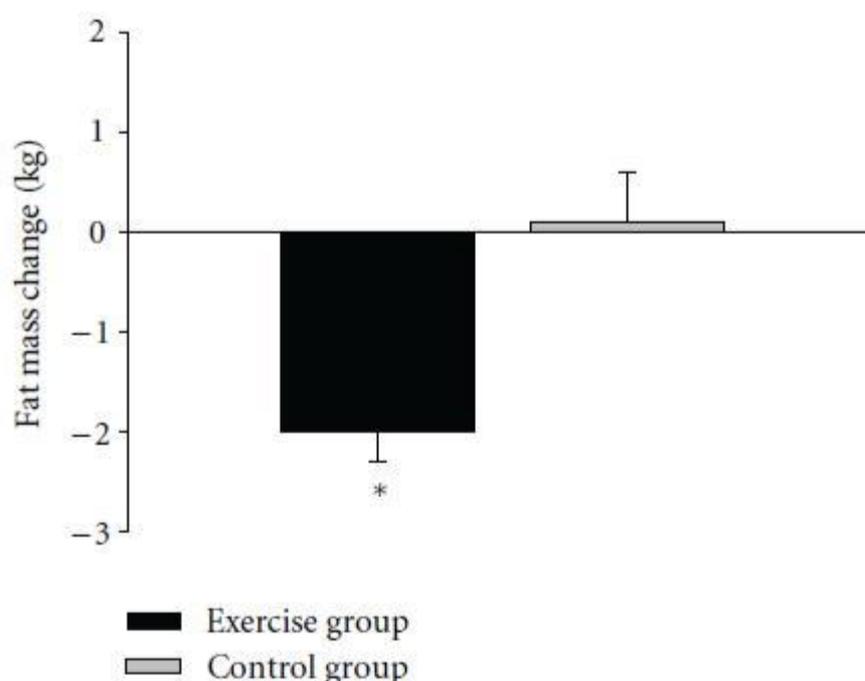
Más cercano en el tiempo, en un estudio (Heydari, Freund & Boutcher, 2012) 46 hombres inactivos y con sobrepeso, provenientes de una población de universitarios, fueron aleatoriamente seleccionados para participar de un grupo de ejercicio o de un grupo control. Los sujetos en el grupo de ejercicio completaron un programa consistente en sesiones de 8 segundos de sprint en cicloergómetro (al 80-90% de su FC_{pico}) por 12 segundos de recuperación (pedaleando a 40rpm), en forma continua durante 20 minutos, a lo que se agregaba 5 minutos previos de entrada en calor y al finalizar 5 minutos de vuelta a la calma. El programa tuvo una duración de 12 semanas, con una frecuencia de tres veces a la semana.

Los resultados demostraron un descenso estadísticamente significativo en la masa corporal total y en la masa grasa medido por DEXA: la masa corporal total descendió en el grupo de ejercicio en 1.5kg, correspondiente a un 2% en promedio, mientras que la masa grasa disminuyó en 2.0kg, correspondiente a 6.7% en promedio. Se verificó asimismo un descenso significativo en la grasa abdominal de 6.6%. Por otra parte, el grupo control no mostró cambios luego de las 12 semanas que duró la intervención (figura 4).

Los autores de este estudio concluyen que, en conjunto con el estudio llevado adelante por Trapp y cols. (2008), se demuestra que el HIIT es un método eficiente y efectivo para el control de la composición corporal en ambos sexos. Adicionalmente sugieren que es un modelo de ejercicio muy eficiente para la reducción de la masa grasa visceral, considerando que, acorde con los resultados obtenidos por Ohkawara et al. (2007), serían necesarias siete sesiones semanales de una hora para lograr el mismo efecto sobre este tejido que se logra con 3 sesiones semanales de 20 minutos con HIIT.

Esto está en concordancia con lo encontrado por Dunn (2009), quien realizando intervenciones de HIIT en cicloergómetro durante 12 semanas en mujeres, encontró un descenso promedio de 1.2kg de masa grasa abdominal.

Figura 4: Cambio en la cantidad de grasa total en el grupo HIIT y el grupo control. Extraído de Heydari et al. 2013



Estudios realizados en hombres, han demostrado descensos significativos de grasa abdominal luego de protocolos de HIIT, que tienden a ser notoriamente superiores a los encontrados en mujeres. Esto puede ser debido a que la grasa corporal en el sexo masculino tiende a distribuirse a predominio de la región corporal central (distribución andrógena de la grasa) (Boutcher, 2010).

Por ejemplo, en un estudio de Boudou et al. (2003) dieciséis hombres diabéticos tipo 2 (con una edad promedio de 45 años) hipocinéticos fueron asignados aleatoriamente a un programa de entrenamiento de 8 semanas de duración o a un grupo control. El programa de entrenamiento consistió en tres sesiones semanales en cicloergómetro, en dos de las cuales los sujetos realizaban 45 minutos de ejercicio aeróbico continuo al 75% del VO₂ pico, y en la restante realizaban entrenamiento intermitente consistente en cinco ejercicios al 85% del VO₂ pico por dos minutos, separado por tres minutos de ejercicio al 50% del VO₂ pico. Por otra parte, el grupo control se ejercitó semanalmente en cicloergómetro a una velocidad constante de 60rpm por 20 minutos, a baja intensidad.

Luego de finalizada la intervención, se verificó en el grupo de entrenamiento una disminución significativa de 44% en la cantidad de grasa abdominal y de 18% en la cantidad de grasa subcutánea abdominal, medido por Resonancia Nuclear Magnética (RNM).

Siguiendo un protocolo similar y de la misma duración (pero involucrando sujetos de ambos sexos) Mourier et al. (1997) encontraron una reducción del 48% en la grasa visceral (medido por RNM) y una reducción del 18% en la grasa subcutánea.

4.1.1.2- Intervenciones de HIIT de mediana duración utilizando cinta o carrera:

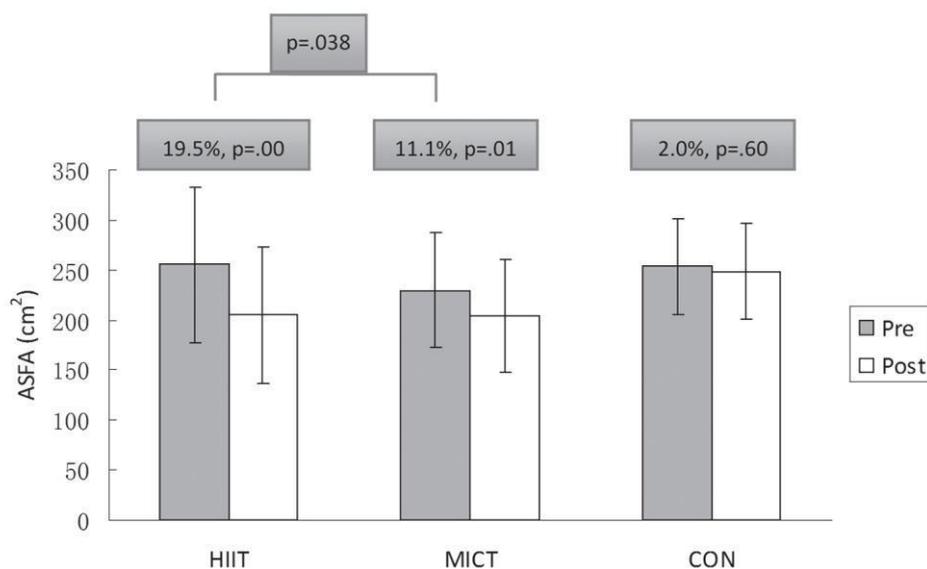
Los estudios encontrados relativos a este tipo de intervenciones, usualmente involucran sujetos jóvenes. Asumimos que esto es debido al mayor impacto articular y la mayor exigencia aeróbica y coordinativa que requiere la carrera, en comparación con el ejercicio en cicloergómetro.

En un estudio controlado y aleatorizado reciente (Zhang et al., 2015), se estudió el efecto de un programa de HIIT de 12 semanas de duración y 4 sesiones a la semana, en comparación con el entrenamiento aeróbico continuo de moderada intensidad (de similar frecuencia y duración), sobre la masa grasa corporal total, masa grasa abdominal y masa grasa subcutánea de 43 mujeres jóvenes hipocinéticas y con sobrepeso adiposo.

Para este propósito, los sujetos fueron designados a uno de tres grupos: en el grupo HIIT, los sujetos realizaron sesiones en cinta consistentes en cuatro pasadas de cuatro minutos al 85-95% de su FC máxima, con descansos entre pasadas de tres minutos en el que caminaban al 50-60% de su FC máxima. En el grupo MICT (entrenamiento continuo de moderada intensidad) las sesiones consistieron en carrera continua al 60-70% de la FC máxima, durante aproximadamente 33 minutos, tiempo calculado para representar un consumo de oxígeno (VO₂) similar al que tuvieron los sujetos en las sesiones del grupo HIIT (aproximadamente 50 L). Finalmente, el grupo control no realizó cambios en su actividad física diaria durante el tiempo que duró la intervención. Ninguno de los tres grupos realizó modificaciones en sus hábitos alimentarios.

Los resultados de este estudio mostraron que, luego de la intervención, se verificaron reducciones significativas en % de masa grasa corporal, masa grasa total, y grasa subcutánea medida a nivel abdominal tanto en el grupo HIIT como en el grupo MICT). No hubo diferencias significativas entre ambos grupos en lo que respecta a los cambios en el % de masa grasa corporal y masa grasa total; no obstante, la reducción en la masa grasa subcutánea a nivel abdominal en el grupo HIIT (reducción de 19.5% en promedio) fue significativamente mayor que en el grupo MICT (reducción de 11.1% en promedio) (figura 5).

Figura 5: Área subcutánea abdominal (ASFA) pre y post-intervención en los grupos HIIT, MICT y CONTROL.
 Extraído de Zhang et al. 2015

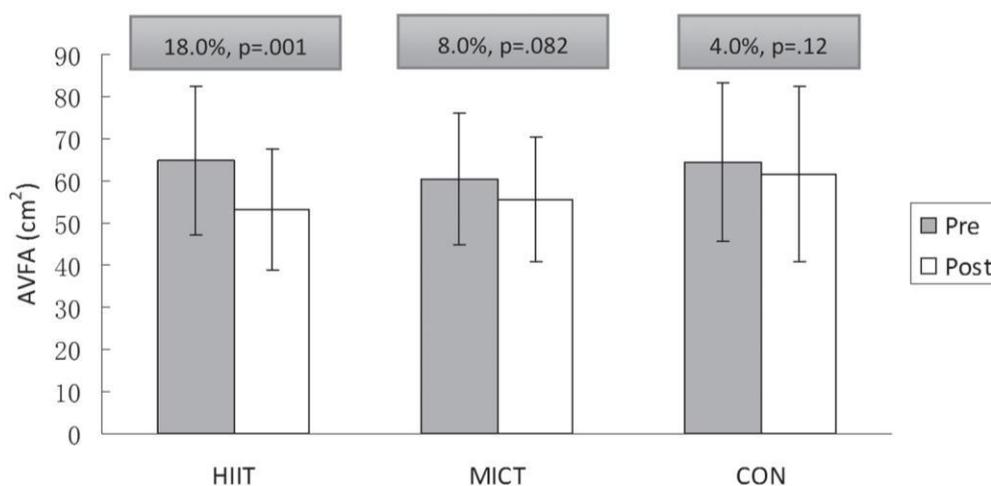


Adicionalmente, solo se verificó una reducción significativa en la grasa abdominal visceral (medido por tomografía computada) en comparación con los valores pre-intervención, en el grupo que realizó HIIT (reducción del 18.0% en promedio en el grupo HIIT, frente a 8.0% de reducción promedio en el grupo MICT). Esto además se ve reflejado en la mayor reducción de circunferencia de cintura en el grupo HIIT (reducción de 6.0% en promedio) en comparación con el grupo MICT (reducción de 4.8% en promedio) (figura 6).

Los autores de este trabajo concluyen que, considerando el mismo costo en consumo de oxígeno, tanto un programa de HIIT como de entrenamiento continuo de intensidad moderada parecen ser efectivos en reducir la masa grasa en mujeres jóvenes con sobrepeso, aunque en lo que atañe al control de la adiposidad abdominal, el HIIT parece ser una modalidad más efectiva para reducción del tejido adiposo a este nivel.

Sijie et al. (2012) también realizaron un estudio con mujeres, en este caso jóvenes universitarias con sobrepeso ($IMC \geq 25Kg/m^2$) y porcentaje de grasa corporal $\geq 30\%$ con el propósito de evaluar los efectos de un programa de HIIT sobre la composición corporal, función cardíaca y capacidad aeróbica.

Figura 6: Área de grasa abdominal visceral (AVFA) pre y post-intervención en los grupos HIIT, MICT y CONTROL. Extraído de Zhang et al. 2015



En este estudio, 60 mujeres de entre 19 y 20 años fueron aleatoriamente asignadas a uno de tres grupos: el grupo HIIT, el grupo MICT (entrenamiento continuo de moderada intensidad) y el grupo de no-entrenamiento. Tanto el grupo HIIT como el grupo MICT realizaron cinco sesiones de entrenamiento semanales durante 12 semanas.

En cada sesión, los sujetos del grupo HIIT realizaron una entrada en calor de 10 minutos, seguido por 5 pasadas de carrera de 3 minutos al 85% del VO₂máx, intercalando pausas activas de 3 minutos al 50% del VO₂máx, finalizando con 5 minutos de vuelta a la calma, para totalizar 42 minutos de duración por sesión, aproximadamente. El grupo MICT, por otra parte, realizó una entrada en calor y vuelta a la calma similar al grupo HIIT, y adicionalmente realizó caminata o trote continuo al 50% del VO₂máx durante 40 minutos, para totalizar 55 minutos de duración de la sesión.

Los resultados de este estudio mostraron un marcado descenso en los valores de masa corporal, IMC, porcentaje de masa grasa e índice cintura/cadera, tanto en el grupo HIIT como en el grupo MICT, mientras que no se verificaron cambios en el grupo de no-entrenamiento. Los sujetos del grupo HIIT mostraron un descenso en la masa grasa del 9.9% luego de la intervención, mientras que el descenso en el grupo MICT fue de 5.2%. Se verificó asimismo un incremento significativo de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo en ambos grupos en comparación con los valores previos a la intervención, así como un incremento en el VO₂máx, que fue superior en el grupo HIIT (incremento de 8.4%) que en el grupo MICT (incremento del 4.7%).

Los autores de este trabajo concluyen que un programa de HIIT es un medio efectivo para el tratamiento del sobrepeso en mujeres jóvenes, en comparación con programas de entrenamiento aeróbico continuo de intensidad moderada.

Resultados adicionales fueron obtenidos por Tjønnå et al. (2008), quienes realizaron un estudio con 32 pacientes adultos con síndrome metabólico. En el mismo, los pacientes fueron aleatoriamente seleccionados para participar de uno de tres grupos: el grupo CME (ejercicio moderado continuo), el grupo HIIT y un grupo control. El grupo CME realizó caminata o trote por 47 minutos al 70% de su FCmáx, mientras que el grupo HIIT realizó caminando o trotando 10 minutos de entrada en calor al 70% de FCmáx, luego 4 pasadas de 4 minutos

al 90% de la FC_{máx} con pausas activas de 3 minutos al 70% de la FC_{máx}, finalizando con 5 minutos de vuelta a la calma. El protocolo de ejercicio fue diseñado para que el gasto calórico estimado fuera similar en ambos tipos de sesión. En ambos grupos la frecuencia fue de tres veces por semana, y la intervención tuvo una duración de 16 semanas.

Los resultados mostraron, luego de la intervención, una reducción del perímetro de cintura de 5.7% y de 4.7% promedio en los grupos CME y HIIT, respectivamente. Adicionalmente, se determinó que el grupo HIIT mejoró otras variables analizadas en relación al síndrome metabólico en forma superior al grupo CME, como son la Función Endotelial y la Sensibilidad a la Insulina, lo que lleva a los autores a concluir que el HIIT es más eficiente que el entrenamiento moderado aeróbico continuo para revertir factores de riesgo asociados al síndrome metabólico.

Los efectos beneficiosos del entrenamiento intermitente sobre la reducción de tejido graso se han demostrado, aún aunque los períodos de esfuerzo sean de intensidad moderada.

En un estudio llevado adelante por Campbell et al. (2010), 44 mujeres obesas (IMC $\geq 30\text{kg/m}^2$) fueron asignadas aleatoriamente a un programa de entrenamiento continuo y restricción calórica (grupo CONT) o a un programa de entrenamiento intermitente y restricción calórica (grupo INT), ambos de 12 semanas de duración. En ambos grupos, el ejercicio consistió en dos bloques de caminatas de 15 minutos de duración cada uno; el grupo CONT realizó dichas caminatas al 55% de su VO₂pico, mientras que el grupo INT las realizó a razón de 1 minuto al 75% por 2 minutos al 45% de su VO₂pico.

Los resultados mostraron que en ambos grupos se verificó un descenso significativo de masa grasa con respecto a los valores iniciales, si bien no hubo diferencias significativas entre ambos grupos. En el grupo CONT se verificó un descenso de 18% promedio en la masa grasa (medido por DEXA) mientras que en el grupo INT el descenso fue de 27% en promedio. Se verificó asimismo un descenso estadísticamente significativo en los valores plasmáticos de VLDL-C en el grupo INT, aunque no así en el grupo CONT.

Esto último cobra relevancia debido a la correlación existente entre esta variable y el riesgo de patología vinculado al Síndrome Metabólico,

particularmente en una población de obesos como en este estudio. Prácticamente no hubo diferencias en la masa magra antes y después de la intervención, en ambos grupos.

4.1.1.3- Intervenciones de HIIT de mediana duración utilizando el medio acuático:

En la revisión realizada, se encontraron dos estudios que utilizan el medio acuático en la ejecución del protocolo de HIIT.

En la intervención de mayor duración encontrada en la bibliografía (9 meses), Boidin et al. (2015) estudiaron, al igual que Dunn (2009), el efecto del HIIT junto con dieta de tipo Mediterránea en sujetos obesos, con el agregado de que compararon el efecto del empleo de cicloergómetros convencionales "de tierra" vs. el empleo de cicloergómetros inmersos en agua.

La intervención consistió en HIIT en tierra (n = 74) o agua (n = 21) con una frecuencia de 2 -3 veces a la semana, consistente en dos bloques de 10 minutos de 15-30seg x 15-30seg de pausa, con 4 minutos de recuperación entre ambos bloques, seguido por 20 minutos de ejercicio de fuerza-resistencia muscular. Finalizado el programa, se constató una reducción significativa en el peso corporal, Índice de Masa Corporal, circunferencia de cintura, masa grasa corporal total y masa grasa abdominal, sin que se hayan verificado diferencias significativas entre ambos grupos.

Otros autores han determinado el efecto del HIIT versus entrenamiento aeróbico continuo utilizando exclusivamente el medio acuático.

En un estudio original de Pasetti, Goncalvez y Padovani (2012), 30 mujeres adultas obesas e hipocinéticas participaron de un programa de intervención de 12 semanas de duración, con una frecuencia de 3 veces a la semana (36 sesiones en total), donde fueron aleatoriamente distribuidas en dos grupos: el grupo EC (entrenamiento continuo) realizó ejercicio de carrera en agua profunda a una intensidad continua que comenzó al 65% de la FC de reserva las primeras semanas, intensificándose progresivamente hasta un 85% de la FC de reserva durante las últimas sesiones. El grupo HIIT realizó también carrera en agua profunda, pero en forma de 8 a 15 intervalos de 15 segundos

de *sprint* por 30 segundos de recuperación activa, divididos en dos o tres bloques.

Los resultados mostraron una reducción de la masa grasa en ambos grupos, en comparación con los valores que tenían los sujetos pre-intervención. La $\Sigma 6$ pliegues cutáneos (representativo de la masa grasa subcutánea corporal) descendió un 6% promedio en el grupo EC en comparación con un 14% de reducción promedio en el grupo HIIT. Por otra parte, la reducción del % de Masa Grasa Corporal (estimando % de Masa Grasa mediante ecuación de Siri) fue de 6% promedio en el grupo EC, frente a 11% de reducción promedio en el grupo HIIT.

Los autores de este trabajo concluyen que el entrenamiento de carrera en agua profunda, tanto continuo como HIIT, tiene un efecto positivo en la reducción de masa grasa corporal en la población analizada.

4.1.2- Intervenciones de HIIT de corta duración (2-6 semanas)

Los efectos beneficiosos del HIIT sobre la pérdida de masa adiposa se han demostrado también en estudios de corta duración. Incluso en uno de estos estudios (Whyte, 2010) se evidenció un descenso significativo de masa grasa abdominal luego de solo 2 semanas de intervención.

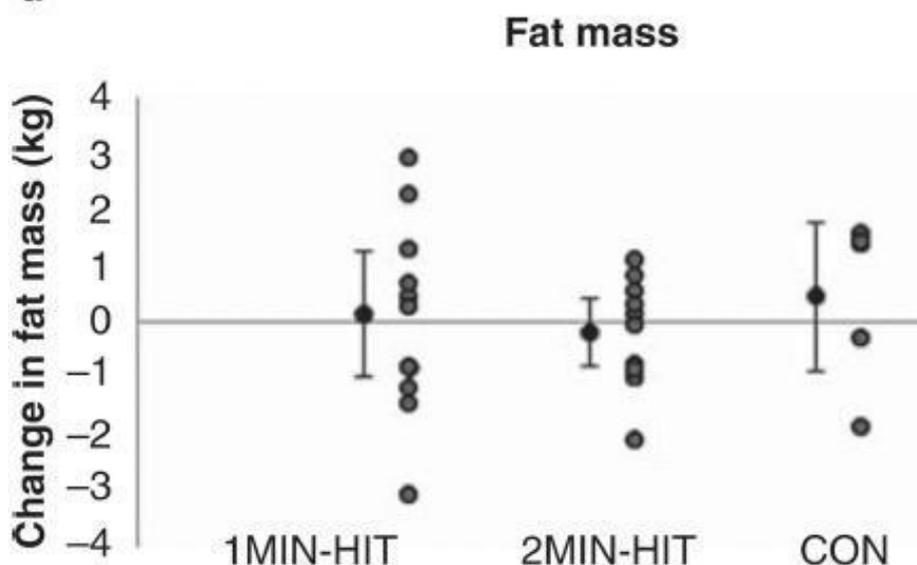
4.1.2.1- Intervenciones de HIIT de corta duración utilizando cicloergómetro.

En uno de estos trabajos (Smith-Ryan, Melvin & Wingfield, 2015) los autores compararon el efecto de dos protocolos de HIIT de tres semanas de duración, de frecuencia tres veces por semana, frente a un grupo control. Veinticinco hombres con sobrepeso u obesidad fueron asignados aleatoriamente a uno de tres grupos: en uno de los grupos se realizó un bloque de 10 minutos de 1min de sprint x 1min de recuperación en cicloergómetro, mientras que el otro grupo realizó un bloque de 10 minutos de 2min de sprint x 1 min de recuperación por cada sesión. Al grupo control se le pidió que no modificara sus hábitos de alimentación o actividad física durante el tiempo en que se llevó a cabo la intervención.

Los resultados obtenidos determinaron que no hubo cambios estadísticamente significativos en el porcentaje de masa grasa entre ambos grupos y el grupo

control, aunque se verificó un descenso de 1.13% en el mismo en los sujetos que participaron del HIIT, en promedio. Adicionalmente se verificó un incremento en la masa magra (medido por DEXA) de 1.7Kg y 2.7Kg en los grupos que realizaron el protocolo de 1min x 1 min y 2min x 1min, respectivamente (figura 7).

Figura 7: Cambios en la masa grasa total en diferentes protocolos de HIIT vs grupo control. Extraído de Smith-Ryan et al. 2015



Los autores del artículo hacen hincapié, además, en que protocolos de ejercicio de este tipo demandan una cantidad diaria de tiempo mínima, siendo además muy bien tolerado por los participantes, con "ningún efecto adverso reportado y 100% de conformidad". Adicionalmente mencionan que la magnitud de los cambios acaecidos luego de la intervención son comparables a aquellos observables luego de 6 a 8 semanas de entrenamiento aeróbico de resistencia "convencional" en sujetos hipocinéticos o moderadamente entrenados, lo que sugiere que el protocolo empleado en este estudio puede significar una alternativa para el trabajo con sujetos obesos o con sobrepeso.

En el estudio de Laura Whyte et al. (2010), diez hombres adultos (entre 18 y 40 años de edad) hipocinéticos y con sobrepeso u obesidad se sometieron a 6 sesiones de HIIT, a razón de tres sesiones semanales no consecutivas. Cada sesión consistió en 4 a 6 sprints de 30 segundos en cicloergómetro con máximo esfuerzo (*all-out*), con un descanso entre pasadas de 4.5 minutos.

Luego de las dos semanas de intervención, se verificó una modesta pero significativa reducción en el contorno de cintura (reducción de 1.1%) y de cadera (reducción de 1.0%), habiéndose comprobado asimismo un incremento en la oxidación de grasas durante el reposo.

4.1.2.2- Intervenciones de HIIT de corta duración utilizando carrera.

En un trabajo reciente (Hazell et al., 2014) se realizó un protocolo de intervención de HIIT de corta duración, en población femenina y empleando ejercicio de carrera.

En este estudio, quince mujeres activas (no deportistas), adultas y aparentemente sanas completaron un programa de 6 semanas de duración (frecuencia 3 veces a la semana), consistente en 4 -6 pasadas de 30 segundos de carrera a máxima velocidad con 4 minutos de recuperación activa (caminando a baja intensidad). En este caso los investigadores no utilizaron un grupo control.

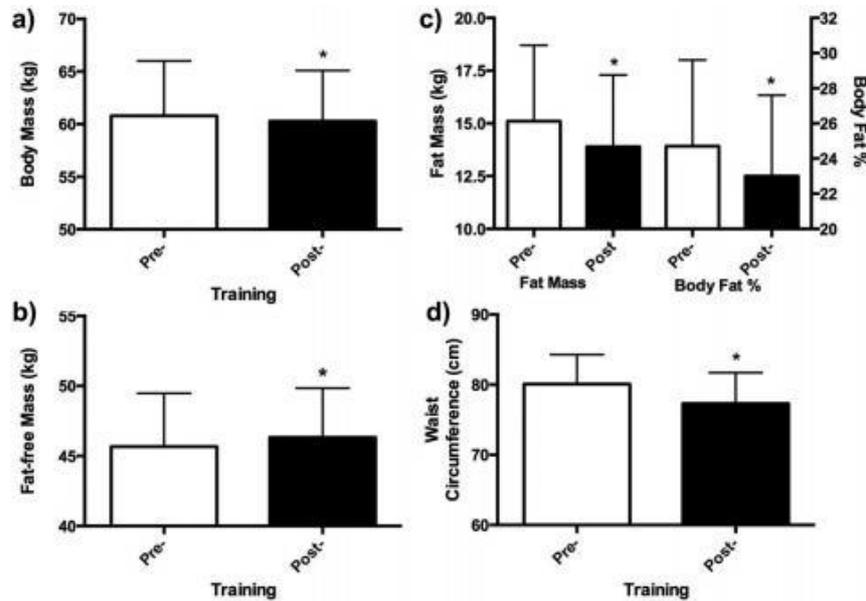
Luego de finalizado el programa, se verificó en los sujetos una reducción promedio de 1.2Kg de masa grasa (7.9%), reducción del porcentaje de grasa corporal de 1.7% (ambas variables medidas por pletismografía por desplazamiento de aire, *BodPod*), reducción de la circunferencia de cintura de 2.8cm promedio (3.4%), así como un incremento en la masa magra corporal total de 0.6kg promedio (1.3%) (figura 8).

Con estos datos, los autores concluyen que este protocolo de ejercicio induce pérdidas significativas de grasa en mujeres, además de lograr cambios beneficiosos en otras variables relativas a la aptitud cardiorespiratoria; por consiguiente, y dado que estos cambios fueron alcanzados con un volumen total de trabajo muy bajo, se constituye en una estrategia a la vez efectiva y eficiente para mejorar la salud y la aptitud física en mujeres jóvenes.

Un estudio similar llevado a cabo unos años antes (MacPherson et al., 2011) arrojó resultados comparables, pero aplicado en una población tanto de hombres como de mujeres. En este caso, veinte sujetos fueron asignados a uno de dos grupos: en un caso, realizaron entrenamiento HIIT, consistente en 4-6 pasadas de carrera de 30 segundos a máxima velocidad, con 4 minutos de

pausa activa entre pasadas; en otro grupo realizó un entrenamiento de carrera continuo al 65% del VO₂máx, durante 30-60 minutos.

Figura 8: Cambios en la composición corporal luego de 6 semanas de HIIT. Extraído de Hazell et al. 2014



La intervención tuvo una duración de 6 semanas, y en ambos casos la frecuencia de entrenamiento fue de 3 veces por semana. Luego de finalizado el programa, se constató una reducción en la masa grasa de 12.4% promedio en el grupo HIIT, frente a un 5.8% promedio de reducción en el grupo de entrenamiento continuo, habiéndose verificado además un incremento de 1% promedio en la masa magra corporal total en ambos grupos.

Dado que el Gasto Cardíaco Máximo se incrementó significativamente solo en el grupo de entrenamiento aeróbico continuo, los autores sugieren que las adaptaciones causadas por el entrenamiento HIIT son primariamente de origen periférico, mientras que las adaptaciones causadas por el entrenamiento de resistencia continuo tienen origen primariamente central.

También se ha demostrado reducción de masa grasa abdominal mediante programas de intervención de HIIT utilizando la carrera, en atletas femeninas universitarias, como queda de manifiesto en la reducción en la circunferencia de cintura que se verificó en el estudio que realizó Farsani & Rezaeimanesh (2011).

En este trabajo, 15 atletas universitarios participaron de un programa de 6 semanas de duración, con una frecuencia de 4 sesiones semanales; cada sesión consistió en 5 repeticiones de 3 pasadas de 1000mts corriendo a una velocidad de 3min 30seg por kilómetro, con una pausa de recuperación de 1.45min. Los resultados mostraron, entre otras variables, una reducción de 3.3% promedio en la circunferencia de cintura posterior a la intervención.

4.2- Trabajos que no evidenciaron descensos significativos de masa grasa luego de intervenciones de HIIT:

A pesar de la numerosa cantidad de trabajos que mencionan un efecto beneficioso del empleo de protocolos de HIIT en la reducción de masa grasa corporal, también encontramos tres artículos que parecen refutar esta evidencia. En todos ellos, la intervención experimental tuvo una duración de 12 semanas, y se utilizó la carrera (Alvarez et al., 2012; Nybo et al., 2010) o el cicloergómetro (Keating et al., 2014) en las sesiones de HIIT.

En un estudio de Nybo y colaboradores (2010) 36 hombres desentrenados (no habían participado de ningún tipo de entrenamiento físico regular en los últimos dos años) fueron asignados a uno de cuatro grupos: grupo HIIT, grupo STR (fuerza), grupo MOD (ejercicio continuo "moderado") y grupo CON (control). No hubo cambios en la dieta en ninguno de los cuatro grupos, durante el tiempo que duró la intervención.

Durante las 12 semanas de intervención, el grupo de HIIT realizó, con una frecuencia de 2-3 sesiones semanales, cinco minutos de entrada en calor seguidos por 5 pasadas de 2 minutos corriendo llegando a una frecuencia cardíaca del 95% de su FC_{máx} o superior al final de la pasada, seguido por 2 minutos de pausa. El grupo MOD realizó con la misma frecuencia semanal, una hora de carrera continua al 80% de su FC_{máx}. Por último, el grupo STR realizó tres veces a la semana 6 ejercicios de musculación, 6-10 RM, 3-4 series, con 1minuto de micropausa para totalizar 60minutos de trabajo diario. Al grupo CON se le solicitó que no hiciera cambios en su actividad física y/o dieta normal, durante el período de intervención.

Los resultados de este estudio demostraron que únicamente los sujetos de los grupos MOD y STG produjeron cambios significativos en su composición corporal luego de 12 semanas: en el grupo MOD se verificó una reducción significativa en el peso corporal total y porcentaje de masa grasa, mientras que en el grupo STG se verificó un aumento del peso corporal y un incremento significativo en la masa magra, particularmente a nivel de miembros inferiores. Los autores del trabajo concluyen que, en relación al tratamiento de la obesidad, el HIIT es menos efectivo que el entrenamiento continuo aeróbico de moderada intensidad para reducir el porcentaje de masa grasa.

Resultados similares se encontraron en un estudio clínico llevado adelante por Keating et al. (2014), en el cual 38 sujetos adultos de ambos sexos, inactivos y con sobrepeso (IMC 25.0 - 29.9kg/m²) participaron de un programa de 12 semanas de intervención, en el que fueron aleatoriamente designados a uno de tres grupos: grupo HIIT, grupo CONT (entrenamiento continuo) y grupo PLA (grupo placebo).

Durante la intervención, el grupo HIIT realizó entrenamiento tres veces a la semana, consistente en una entrada en calor, luego 6 pasadas en cicloergómetro de 60 segundos, al 120% del VO₂pico con un descanso entre pasadas de 120 segundos, y luego realizaron vuelta a la calma, para totalizar 20 a 24 minutos de trabajo diario. El grupo CONT realizó con la misma frecuencia semanal, entrada en calor, luego 45 minutos en cicloergómetro al 65% del VO₂pico, y finalmente vuelta a la calma, para completar 36 a 48 minutos diarios de trabajo. El grupo PLA realizó ejercicios suaves de estiramiento, automasajes, y otros tipos de ejercicios que no tienen incidencia significativa en la composición corporal.

Los resultados de este estudio mostraron que no hubo modificaciones significativas en ninguno de los grupos en lo que respecta a masa corporal total y masa corporal magra; sin embargo, se verificó un descenso significativo en el porcentaje de masa grasa en el grupo CONT (reducción de 2.6% en promedio) pero no en el grupo HIIT, donde incluso se verificó un incremento del % de masa grasa que, sin embargo, no fue significativo (aumento de 0.3% en promedio) (figura 9). En lo que respecta a la grasa a nivel abdominal (evaluada por DEXA), los resultados siguieron la misma tendencia, con un descenso significativo en el grupo CONT (descenso de 3.1% en promedio) y un ligero

incremento, no significativo, en el grupo HIIT (aumento de 0.8% en promedio) (figura 10).

Figura 9: Modificaciones en el % de grasa corporal en grupos HIIT, control y placebo. Extraído de Keating et al, 2014

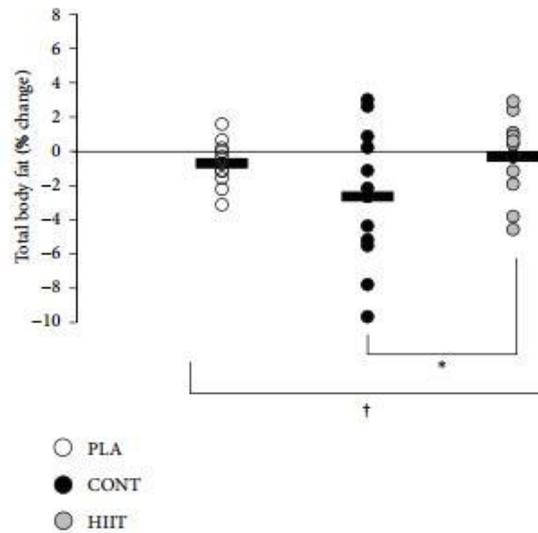
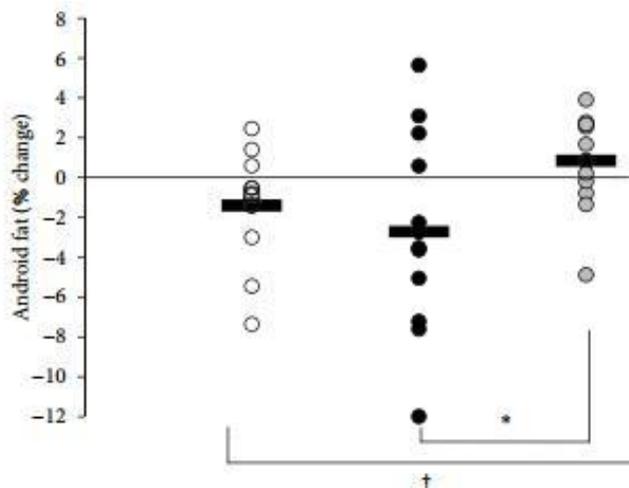


Figura 10: Modificaciones en la grasa abdominal en los grupos HIIT, control y placebo. Extraído de Keating et al., 2014



Los autores de este estudio concluyen que, si bien el HIIT demostró mejorar los niveles de *fitness* de los sujetos participantes al mismo nivel que el ejercicio aeróbico continuo (empleando para esto la mitad de tiempo de ejercicio

semanal), únicamente el ejercicio aeróbico continuo, pero no el HIIT, es efectivo en reducir la cantidad de grasa corporal total y grasa abdominal en sujetos adultos previamente inactivos y con sobrepeso.

Adicionalmente, tampoco se observaron cambios en variables antropométricas y de composición corporal luego de una intervención de 12 semanas de HIIT en el estudio experimental con muestreo aleatorio llevado adelante por Cristian Álvarez y cols. (2012). En este estudio participaron 43 mujeres hipocinéticas y con sobrepeso, quienes fueron distribuidas en cuatro grupos: un grupo HIIT, un grupo de entrenamiento con sobrecarga (PS), un grupo de entrenamiento HIIT más sobrecarga (PI+PS) y un grupo control (GC).

Las participantes del grupo HIIT realizaron 7 intervalos de carrera de 20 a 30 segundos de duración a una intensidad mayor al 85% de su FC_{máx} teórica, con recuperación de 120 a 150 segundos entre intervalos. La frecuencia de las sesiones fue de 3 veces por semana. Las participantes del grupo de sobrecarga realizaron 5 ejercicios de fuerza con barras y pesos libres. Cada ejercicio se realizó en tres series de 1 minuto, llegando al fallo muscular, seguido por dos minutos de pausa. La frecuencia semanal fue de dos veces por semana. Por último, el grupo PI + PS realizó ambos programas de ejercicio en días no consecutivos, para totalizar 5 días de ejercicio a la semana. Se les pidió a las participantes de todos los grupos que no cambiaran sus hábitos alimenticios ni sus patrones de actividad física diaria durante el tiempo que duró la intervención.

Los resultados mostraron que, luego de 12 semanas de intervención, las variables antropométricas no mostraron cambios significativos entre los grupos intervenidos: el % de masa grasa prácticamente no sufrió variaciones en ninguno de los tres grupos en comparación con los valores pre-intervención (medido por bioimpedancia eléctrica), mientras que el perímetro de cintura mostró una reducción de 2.6% en el grupo HIIT, frente a una reducción de 2.1% en el grupo PS y de 3.8% en el grupo PI + PS.

No obstante la falta de cambios significativos en marcadores de adiposidad en este estudio, los autores señalan una reducción significativa de los niveles de glicemia post-intervención, que fueron de 6.1% y 6.9% promedio en los grupos PI y PS, respectivamente, además de una reducción significativa de la presión arterial sistólica que solo se verificó en el grupo PI.

Tabla 1: Efecto de diferentes protocolos de HIIT sobre Grasa Subcutánea, Grasa Abdominal, Circunferencia de Cintura, y % de Grasa Corporal Total

Estudio	Sujetos	Grasa S/C	Grasa abdominal	C/C	Grasa Corporal (%)	Protocolo HIIT utilizado	Frec:	Duración del Programa
Álvarez et al. (2012)	12			-2.6%	0.0	7 x 20-30seg x 120-150seg R carrera	3/sem	
Boidin et al (2015)	95 adultos obesos (♀♂)		-2.6% (gt) -2.4% (ga)	-5.8% (gt) -4.3% (ga)		2 x 10min x 15-30seg/15-30seg R cicloergómetro	2-3/sem	9 meses
Boudou et al. (2003)	8 diabéticos tipo 2 obesos o con sobrepeso (♂)	-18%	-44%			5 x 2min x 3min R cicloergómetro	1/sem + EC 2/sem	8 semanas
Campbell et al. (2010)	44 obesos (♀)				-27	2 x (15min x 1min al 75%Vo2max x 2min al 45% VO2max) Caminata	5/sem	12 semanas
Coquart (2008)					-0.6	2min x 2min R Cicloergómetro	3/sem	10 semanas
Dunn (2009)	15 jóvenes (♀)		-1.2Kg		-8	8seg x 12 seg R Cicloergómetro	3/sem	12 semanas
Farsani et al. (2011)	15 atletas universitarias (♀)			-3.3%			4/sem	6 semanas
Hazell et al. (2014)	15 sujetos activos (♀)			-3.5%	-7.9	4-6 x 30seg x 4min R Carrera	3/sem	6 semanas
Heydari et al. (2012)	46 adultos inactivos con sobrepeso (♂)		-6.6%		-6.7	20min x 8seg x 12seg R Cicloergómetro	3/sem	12 semanas
Keating et al. (2014)	38 adultos con sobrepeso (♂♀)		+0.8		+0.3	6 x 60seg x 120seg R Cicloergómetro	3/sem	12 semanas
MacPherson et al. (2011)	10 sujetos activos (♂♀)				-12.4	4-6 x 30segundos x 4min R carrera	3/sem	6 semanas

Mourier et al. (1997)	12 adultos diabéticos tipo II obesos	-18%	-48%	-1		5 x 2min x 3min R Cicloergómetro	1/sem + EC 2/sem	8 semanas
Nybo et al. (2010)	36 adultos desentrenados (♂)		-0.5%			2min x 2min R Carrera	2-3/sem	12 semanas
Pasetti et al. (2012)	18 adultos obesos hipocinéticos (♀)	-14%			-11	2-3 x (8-15 x 15seg x 30seg R) carrera en agua profunda	3/sem	12 semanas
Tjønnå et al. (2008)	12 adultos con síndrome metabólico			-4.7		4 x 4min x 3min R Carrera	3/sem	16 semanas
Smith-Ryan et al. (2015)	20 adultos con sobrepeso (♂)				-1.13	G 1: 10min x 1min x 1min R G2: 10min x 2min x 1min R Cicloergómetro	3/sem	3 semanas
Trapp et al. (2008)	45 adultos jóvenes (♀)		-0.15Kg		-14.7	60 x 8 x 12seg R Cicloergómetro	3/sem	15 semanas
Sijie et al. (2012)	17 jóvenes con sobrepeso (♀)				-9.9	5 x 3min x 3min R Carrera	5/sem	12 semanas
Tremblay et al. (1994)	27 adultos jóvenes (♂ ♀)	-15%	-12%			15 x 15seg 5 x 90seg Cicloergómetro	4-5/sem	20 semanas
Whyte et al. (2010)	10 adultos obesos (♂)			-1.1		4-6 x 30seg <i>all-out</i> x 4.5min R Cicloergómetro	3/sem	2 semanas
Zhang et al. (2015)	12 adultos con sobrepeso (♀)	-19.5%	-18.0%	-6.0	-3.1	4 x 4min x 3min R	4/sem	12 semanas

Referencias: S/C: subcutánea; C/C: cintura/cadera; HIIT: Entrenamiento Intermitente de Alta Intensidad; Frec: Frecuencia; gt: grupo "tierra"; ga: grupo "agua"; R: recuperación

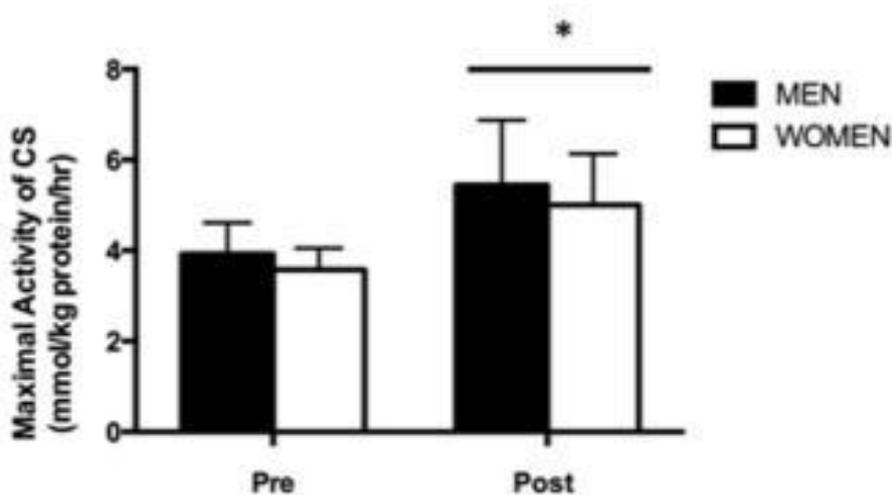
5- EJERCICIO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDAD Y REDUCCIÓN DEL TEJIDO ADIPOSO: POSIBLES CAUSAS

En la literatura científica varios autores han sugerido diversos posibles mecanismos para explicar la mayor pérdida de tejido adiposo con protocolos de HIIT en comparación con otro tipo de protocolos de ejercicio.

Uno de los mecanismos involucrados ha sido el incremento de la capacidad oxidativa del músculo esquelético fomentado por este tipo de protocolos. A este respecto, en un estudio realizado por Gillen et al. (2014), 14 sujetos de ambos sexos hipocinéticos, obesos o con sobrepeso, se sometieron a 18 sesiones de HIIT (6 semanas, 3 veces por semana) consistente en 3 sprint en de máximo esfuerzo (*all-out*) de 20 segundos de duración en cicloergómetro (con una carga correspondiente a 0.05kg/kg de peso corporal), con pausas activas entre ellas de 2 minutos a baja intensidad (50W).

Los resultados de este estudio mostraron un incremento en la capacidad oxidativa del músculo esquelético, dado por un aumento de la enzima citrato sintasa (figura 11), algo que está en concordancia con lo que encontraron otros autores utilizando protocolos similares, pero de mayor duración (Burgomaster, 2008).

Figura 11: Incremento de la actividad máxima de la enzima Citrato-Sinatasa luego de un protocolo de HIIT. Extraído de Gillen et al. 2014



Gaitanos et al. (1993) quien realizó con ocho sujetos masculinos un protocolo de HIIT consistente en 10 pasadas de 6 segundos de máxima intensidad, alternadas con 30 segundos de recuperación, sugirió que, durante los últimos *sprint*, se produciría una inhibición de la glucogenolisis anaeróbica, y la resíntesis de ATP estaría asegurada principalmente por la degradación de la molécula de PCr y los depósitos de triglicéridos intramusculares.

Se ha demostrado un efecto del HIIT sobre las enzimas participantes de la oxidación de ácidos grasos, como lo demostró el estudio de Terada, Tabata y Higuchi (2004), quienes determinaron en ratas que diez días de HIIT consistente en 14 intervalos de natación de 20 segundos de duración, intercalados con 10 segundos de pausa, (lo que totaliza solo cuatro minutos y 40 segundos de ejercicio intenso por día) elevaron la actividad de las enzimas responsables de la oxidación de ácidos grasos a un nivel similar al que se logró luego de 10 días de 6 horas de ejercicio de natación de baja intensidad.

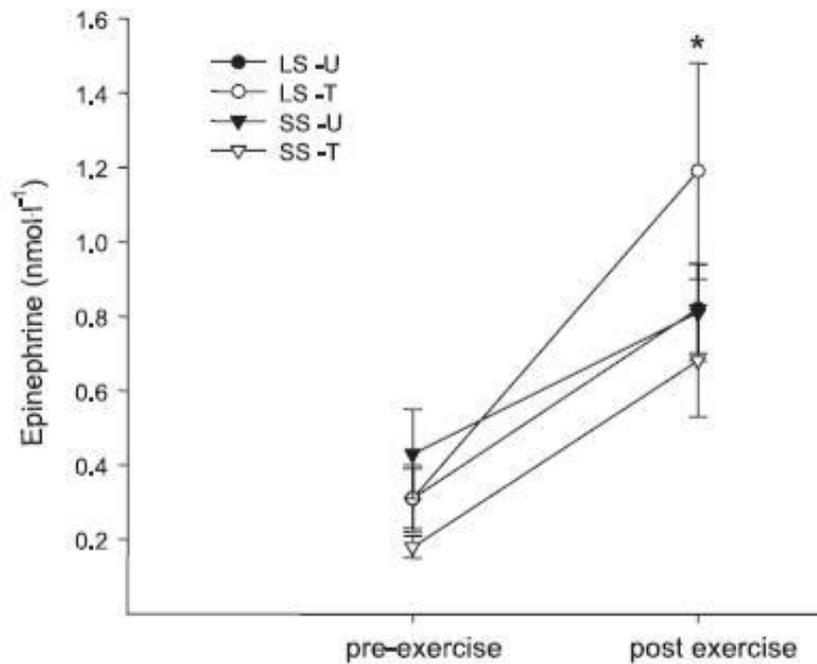
Algo similar fue demostrado en el estudio de Chilibeck et al (1998), quienes verificaron en ratas una mayor actividad de las enzimas mitocondriales asociadas a la oxidación de ácidos grasos luego de 12 semanas de entrenamiento de HIIT en cinta, en comparación con 12 semanas de entrenamiento aeróbico continuo submáximo.

Otros autores han mencionado un posible efecto del incremento de catecolaminas plasmáticas durante e inmediatamente después del entrenamiento de HIIT. Esto fue lo que encontró Trapp et al. (2007), quienes midieron las concentraciones de estas hormonas luego de protocolos de HIIT de 8 segundos de máxima intensidad por 12 segundos de pausa y de 24 segundos de máxima intensidad por 36 segundos de pausa en cicloergómetro durante un total de 20 minutos, en mujeres jóvenes activas y deportistas. Se observó un incremento en los niveles plasmáticos de catecolaminas en ambos protocolos de HIIT, si bien el incremento fue más manifiesto en el protocolo de 24 x 36 segundos (figuras 12 y 13).

Talanian et al. (2006), quienes realizaron dos semanas de HIIT en 8 mujeres jóvenes (7 sesiones en total), consistentes en 10 pasadas en cicloergómetro de 4 minutos al 90% del VO₂pico con dos minutos de recuperación entre pasadas,

encontraron incrementos en los niveles de adrenalina plasmática, que tendían a incrementarse a medida que el sujeto llegaba al final del entrenamiento. Estos autores encontraron además un incremento de las enzimas musculares citrato sintasa y β -HAD.

Figura 12: Cambios en la adrenalina plasmática luego de un protocolo de HIIT. LS: sprint largo; SS: sprint corto; -U desentrenado; -T entrenado. Extraído de Trapp et al. 2007

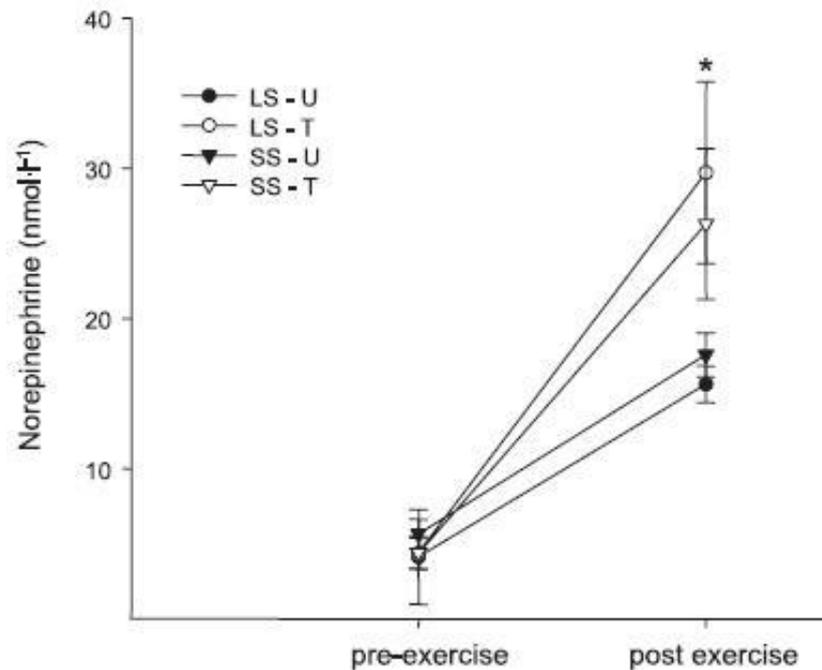


Otros autores han sugerido que este incremento de catecolaminas plasmáticas tienen implicancia en el metabolismo de los lípidos, durante e incluso varios minutos después de finalizado el ejercicio intermitente. Los mismos autores sugieren que el incremento en la oxidación de grasas luego del HIIT puede ocurrir como resultado de la necesidad de remover lactato e H^+ , así como de resintetizar glucógeno (Boutcher, 2010).

Otro factor que se ha mencionado es el posible vínculo entre el HIIT y la pérdida de apetito, si bien la evidencia aportada por la literatura científica aún es contradictoria. Varios estudios sugieren que el ejercicio en general, pero particularmente las modalidades de ejercicio más intensas, devienen en una breve supresión de la sensación de hambre, que no necesariamente se traduce

en un incremento subsiguiente en la ingesta calórica (Pomerleau et al., 2004; King, 1999; Westerterp-Plantenga et al., 1997). Esto también ha sido demostrado en experimentos llevados a cabo con ratas (Bilski et al., 2009).

Figura 13: Cambios en la noradrenalina plasmática luego de un protocolo de HIIT. LS: sprint largo; SS: sprint corto; -U: desentrenado; -T: Entrenado. Extraído de Trapp et al. 2007



En concordancia a lo que sugieren estos trabajos, en un estudio publicado por Alkahtani et al. (2015), en donde se determinó el efecto agudo de 5 minutos de ejercicio intermitente en cicloergómetro a moderada y a alta intensidad en veinte hombres obesos o con sobrepeso, demostró una tendencia a la disminución de la sensación de hambre en ambos protocolos, si bien no hubo diferencias significativas entre ambos.

Si bien los mecanismos que subyacen a la supresión del apetito como consecuencia de la práctica de un ejercicio intenso aún no están del todo establecidos, se ha sugerido que uno de los mecanismos implicados podría ser el incremento en los niveles de Factor Liberador de Corticotrofinas (CRF), algo que se demostró tanto en ratas como en humanos, en este último caso,

mediante marcadores indirectos de la elevación de CRF (Kawaguchi et al., 2005; Bi et al., 2005; Rivest & Richard, 1990).

Otro mecanismo sugerido ha sido la redistribución del flujo sanguíneo esplacnico, que puede reducirse hasta en un 80% cuando la intensidad del ejercicio es máxima, como fue demostrado en los estudios de Clausen (1977).

6- CONCLUSIONES:

Un resumen de los resultados de estudios de intervención que involucraron HIIT sobre grasa subcutánea, grasa abdominal, circunferencia de cintura y porcentaje de grasa total son mostrados en la tabla 1. Del análisis de dicha tabla se desprende que incluso intervenciones de HIIT de corta duración (2 a 6 semanas) redundan en una mejora de las variables analizadas, aunque los programas de ejercicio cuya duración no superó las tres semanas redundaron en cambios mínimos. Estas mejoras se han verificado en sujetos de ambos sexos, tanto en adultos jóvenes como adultos de mediana edad. En la búsqueda bibliográfica, no se encontraron estudios de estas características enfocados a una población de adultos mayores.

En términos generales, los mejores resultados se obtuvieron con intervenciones de 8 semanas o más de duración (Sijie et al., 2012; Campbell et al., 2010; Trapp et al., 2008; Boudou et al., 2003; Mourier et al., 1997; Tremblay et al., 1994). Interesantemente, los mejores resultados se verificaron en poblaciones de sujetos obesos (Boudou et al., 2003; Mourier et al., 1997), incluso cuando la intensidad del entrenamiento intermitente fue moderada (Campbell, 2010), lo cual está en concordancia con otros estudios que han demostrado mayores pérdidas de grasa en intervenciones de ejercicio físico cuando los sujetos intervinientes tenían una cantidad mayor de masa grasa al comienzo de la misma (Teixeira, 2004).

También es llamativo que los dos protocolos que lograron mejores resultados a nivel de reducción de grasa visceral (Boudou et al., 2003; Mourier et al., 1997) consistieron en una única sesión de HIIT semanal, y dos sesiones semanales adicionales de ejercicio aeróbico continuo de intensidad moderada.

Es de destacar, además, que todos aquellos programas de intervención cuya frecuencia semanal fue de cuatro veces a la semana o superior (Zhang et al. 2015; Sijie et al., 2012; Farsani & Rezaeimanesh, 2011; Campbell et al., 2010; Tremblay et al., 1994) tuvieron resultados positivos en lo que respecta a la reducción del tejido adiposo, a mediano plazo (12-20 semanas).

La mayoría de los estudios que compararon los efectos del HIIT versus entrenamiento aeróbico continuo de baja o moderada intensidad sobre variables referidas a la composición corporal, demostraron que el primero es a la vez más efectivo y más eficiente (en términos de volumen de tiempo requerido) que el segundo, siendo a la vez más efectivo en otras variables relativas a la aptitud cardiovascular y la salud, como niveles de VO₂máx, Sensibilidad a la Insulina, entre otros.

En los diferentes estudios analizados hemos encontrado una enorme variabilidad en lo que respecta a los protocolos de HIIT utilizados. Encontramos además únicamente dos estudios (Mirghani & Yousefi, 2015; Smith-Ryan, 2015) que analizan el efecto sobre la composición corporal de diferentes protocolos de HIIT, al ser aplicados a una determinada población; en el estudio de Mirghani & Yousefi en particular, se analiza la diferencia entre un protocolo de HIIT de 4 semanas de duración, de 60seg x 60seg de recuperación versus 60seg x 30seg de recuperación, encontrándose que este último es ligeramente más efectivo para reducir la masa grasa corporal (1.2% promedio versus 1.6% promedio, respectivamente).

Estos motivos hacen que se haga difícil establecer cuál es el mejor protocolo a aplicar en las distintas poblaciones. Por consiguiente, y dado que la mayoría de los estudios menciona un efecto positivo del HIIT sobre la composición corporal (y particularmente, sobre la pérdida de grasa tanto subcutánea como abdominal) en diferentes poblaciones, sumado al hecho de que en esta revisión no hemos encontrado intervenciones de más de 20 semanas de duración, consideramos más estudios son necesarios.

7- BIBLIOGRAFÍA

Alkahtani, S., Byrne, N., & A.P. Hills, N. K. (2014). Acute interval exercise intensity does not affect appetite and nutrient preferences in overweight and obese males. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* , 232-238.

Álvarez, C., Ramírez, R., Flores, M., Zúñiga, C., & Celis-Morales, C. (2012). Efectos del ejercicio físico de alta intensidad y sobrecarga en parámetros de salud metabólica en mujeres sedentarias, pre-diabéticas y con sobrepeso u obesidad. *Revista Médica de Chile* , 1289-1296.

Astrand, I. (1960). Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiologica Scandinavica* .

Bi, S., Scott, K., Hyun, J., Ladenheim, E., & Moran, T. (2005). Running wheel activity prevents hyperphagia and obesity in Otsuka Long-Evans Tokushima fatty rats: role of Hypothalamic signaling. *Endocrinology* , 1676-1685.

Billat, V. (2001). Interval training for Performance: a Scientific and Empirical Practice. *Sports Medicine* , 13-31.

Bilski, J., Teleglow, A., Zahradnik-Gilska, J., Dembinski, A., & Warzecha, Z. (2009). Effects of exercise on appetite and food intake regulation. *Medicina Sportiva* , 82-94.

Boidin, M., Lapierre, G., Tanir, L. P., Nigam, A., Juneau, M., Guilbeault, V., y otros. (2015). Effect of aquatic interval training with Mediterranean diet counseling in obese patients: Results of a preliminary study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* , 269-275.

Boudou, P., Sobngwi, E., Mauvais-Jarvis, F., Vexiau, P., & Gautier, J.-F. (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* , 421-424.

Boutcher, S. H. (2010). High-Intensity Intermittent Exercise and Fat Loss. *Journal of Obesity* .

Boutcher, S. (2010). High-Intensity Intermittent Exercise and Fat Loss. *Journal of Obesity* .

Buchheit, M., & Laursen, P. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Medicine* , 313-338.

Burgomaster, K., Howarth, K., Philips, S., Rakobowchuk, M., & Macdonald, M. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume, sprint interval and traditional endurance training in humans. *Journal of Physiology* .

Chilibeck, P., Bell, G., Farrar, R., & Martin, T. (1998). Higher mitochondrial fatty acid oxidation following intermittent versus continuous endurance exercise training. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* , 891-894.

Christmas, M., & Dawson, B. (1999). A comparison of skeletal muscle oxygenation and fuel use in sustained continuous and intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* , 423-435.

Clausen, J. (1977). Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man. *Physiological Reviews* , 779-815.

Dunn, S. (2009). *Effects of exercise and dietary intervention on metabolic syndrome markers of inactive premenopausal women*. University of New South Wales.

Farsani, P., & Rezaeimanesh, D. (2011). The effect of six-week aerobic interval training on some blood lipids and VO₂max in female athlete students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* , 2144-2148.

Gillen, J., Percival, M., Skelly, L., Martin, B., Tan, R., Tarnopolsky, M., y otros. (2014). Three minutes of all-out intermittent exercise per week increases skeletal muscle oxidative capacity and improves cardiometabolic health. *PLoS ONE* .

Hazell, T., C.D.Hamilton, T.D.Olver, & P.W.R.Lemon. (2014). Running Sprint Interval Training Induces Fat Loss in Women. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism* , 944-950.

Heydari, M., Freund, J., & Boutcher, S. (2012). The Effect of High-Intensity Intermittent Exercise on Body Composition of Overweight Young Males. *Journal of Obesity* .

K.S.Weston, Wisloff, U., & J.S.Coombes. (2013). High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sport and Medicine* , 497-502.

Kawaguchi, M., Scott, K., Moran, T., & Bi, S. (2005). Dorso-medial hypothalamic corticotropin-releasing factor mediation of exercise-induced anorexia. *American Journal of Physiology* , 1800-1805.

King, N. (1999). What processes are involved in the appetite response to moderate increases in exercise-induced energy expenditure? *Proceedings of the Nutrition Society* , 1076-1089.

L.Campbell, K.Wallman, & Green, D. (2010). The effects of intermittent exercise on physiological outcomes in an obese population: Continuous versus interval walking. *Journal of Sports Science and Medicine* , 24-30.

MacPherson, R., Hazell, T., Olver, T., Paterson, D., & Lemon, P. (2011). Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. *Medicine and Science in Sports and Exercise* , 115-122.

Mirghani, S., & Yousefi, M. (2015). The effect of interval recovery periods during HIIT on liver enzymes and lipid profile in overweight women. *Science et Sports* , 147-154.

Mourier, A., Gautier, J. F., & Kerviler, E. D. (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* , 385-391.

Nybo, L., Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Mohr, M., Hornstrup, T., Simonsen, L., y otros. (2010). High-Intensity Training versus Traditional Exercise Interventions for Promoting Health. *Medicine and Science in Sports and Exercise* , 1951-1958.

Ohkawara, K., Tanaka, S., Miyachi, M., Ishikawa-Takata, K., & Tabata, I. (2007). A dose-response relation between aerobic exercise and visceral fat reduction: systematic review of clinical trials". *International Journal of Obesity* , 1786-1797.

Pasetti, S., Goncalves, A., & Padovani, C. (2012). Continuous training versus interval training in deep water running: health effects for obese women. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* , 3-7.

Pomerleau, M., Imbeault, P., Parker, T., & Doucet, E. (2004). Effects of exercise intensity on food intake and appetite in women. *American Journal of Clinical Nutrition* , 1230-1236.

Rivest, S., & Richard, D. (1990). Involvement of corticotropin-releasing factor in the anorexia induced by exercise. *Brian Research Bulletin* , 169-172.

Sijie, T., Hainai, Y., Fengying, Y., & Jianxiong, W. (2012). High intensity interval exercise training in overweight young women. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* , 255-262.

Smith-Ryan, A., Melvin, M., & Wingfield, H. (2015). High-Intensity Interval Training: Modulating interval duration in overweight/obese men. *Physiology and SportsMedicine* , 107-113.

Talanian, J., Galloway, S., Heigenhauser, G., Bonen, A., & Spriet, L. (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of Applied Physiology* , 1439-1447.

- Teixeira, P., Going, S., & Houtkooper, L. (2004). Pretreatment predictors of attrition and successful weight management in women. *International Journal of Obesity* , 1124-1133.
- Terada, S., Tabata, I., & Higuchi, M. (2004). Effect of High-Intensity Intermittent swimming training on fatty acid oxidation enzyme activity in rat skeletal muscle. *Japanese Journal of Physiology* , 47-52.
- Tjønnå, A., Lee, S., Rognmo, O., Stølen, T., A. Bye, Haram, P., y otros. (2008). Aerobic Interval Training Versus Continuous Moderate Exercise as a Treatment for the Metabolic Syndrome. A Pilot Study. *Circulation* , 346-353.
- Trapp, E., Chisholm, D., & Boutcher, S. (2007). Metabolic response of trained and untrained women during high-intensity intermittent cycle exercise. *American Journal of Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* .
- Tremblay, A., Simoneau, J., & Bouchard, C. (1994). Impact of Exercise Intensity on Body Fatness and Skeletal Muscle Metabolism. *Metabolism* , 814-818.
- Westerterp-Plantenga, M., Verwegen, C., Ijzerman, M., Wijckmans, N., & Saris, W. (1997). Acute effects of exercise or sauna on appetite in obese and non obese men. *Physiology and Behavior* , 1345-1354.
- Whyte, L., Gill, J., & Cathcart, A. (2010). Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism Clinical and Experimental* , 1421-1428.
- Wu, T., Gao, X., Chen, M., & Dam, R. V. (2009). Long term effectiveness of diet-plus-exercise interventions vs diet-only interventions for weight loss; a meta-analysis: Obesity Management". *Obesity Reviews* , 313-323.
- Zhang, H., Tong, T., Qiu, W., Wang, J., Nie, J., & He, Y. (2015). Effect of High-Intensity Interval Training protocol on abdominal fat reduction in overweight chinese women: a randomized controlled trial. *Kinesiology* , 57-66.