



## Trabajo Original

Obesidad y síndrome metabólico

### Efectos de la suplementación de omega-3 y entrenamiento de intervalos de alta intensidad en el rendimiento físico, presión arterial y composición corporal en individuos sedentarios con sobrepeso

*Effects of omega-3 supplementation and high intensity interval training in physical performance, blood pressure and body composition in overweight individuals*

Luis Peñailillo Escarate, Karen Mackay Phillips, Natalia Serrano Duarte, Pablo Canales Espinoza, Pamela Miranda Herrera y Hermann Zbinden-Foncea

Laboratorio de Ciencias del Ejercicio. Escuela de Kinesiología. Facultad de Medicina. Universidad Finis Terrae. Santiago de Chile, Chile

### Resumen

**Introducción:** el entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) y el consumo de ácidos grasos omega-3 (O3) ha demostrado cada uno por separado aumentar la capacidad aeróbica, el metabolismo oxidativo y la función cardiovascular.

**Objetivo:** examinar el efecto combinado de HIIT más suplementación de O3 en el rendimiento físico, presión arterial y composición corporal en jóvenes sedentarios.

**Métodos:** 28 jóvenes sedentarios con sobrepeso (edad =  $22 \pm 4$  años; IMC =  $25,8 \pm 2,4$  kg·m<sup>-2</sup>) fueron distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos: grupo O3/HIIT (n = 7) realizó un protocolo de HIIT, tres veces por semana durante seis semanas y consumió 2 g·día<sup>-1</sup> de O3; grupo HIIT (n = 7) realizó solo el HIIT; grupo O3 (n = 7) solo consumió O3; y grupo control (n = 7) que no realizó ninguna intervención. Consumo de oxígeno *peak* (VO<sub>2peak</sub>), velocidad máxima (V<sub>max</sub>), presión arterial sistólica y diastólica (PAS y PAD), y porcentaje de grasa fueron medidos antes y después de la intervención.

**Resultados:** el consumo de oxígeno *peak* aumentó más en el grupo O3/HIIT (+10,9%) en comparación con HIIT, O3 y control. Velocidad máxima aumentó en O3/HIIT (+7,1%) y HIIT (+11,9%). La presión arterial sistólica disminuyó más en O3 (-6,8%) en comparación con O3/HIIT, HIIT y control. Por último, O3/HIIT (-19,2%), HIIT (-20,2%), y O3 (-15,2%) presentaron mayores disminuciones del porcentaje de masa grasa en relación al control.

**Conclusión:** nuestros resultados sugieren un efecto potenciador de la capacidad aeróbica máxima producto de la combinación de HIIT y suplementación de O3. Además, se observó una disminución de masa grasa en todos los grupos intervenidos.

#### Palabras clave:

Entrenamiento de intervalos.  
Ácidos grasos poliinsaturados.  
Presión arterial.  
Consumo máximo de oxígeno. Masa grasa.

### Abstract

**Background:** High Intensity Interval Training (HIIT) has shown to increase oxidative capacity and maximum oxygen consumption (VO<sub>2max</sub>) in different populations. On the other side, the consumption of Omega-3 fatty acids (O3) has positive effects on oxidative metabolism.

**Objective:** To observe the effects of a combination of HIIT and O3 supplementation on parameters of physical performance, blood pressure, and body composition in overweight adults.

**Methods:** 28 young, non-active, overweight individuals ( $22 \pm 4$  years; BMI =  $25,8 \pm 2,4$  kg/m<sup>2</sup>) participated in the study. They were randomly assigned to four groups: an O3/HIIT (n = 7) which performed HIIT, 3 times per week, during six weeks and took 2 g of O3 supplement daily; a HIIT group (n = 7) whom performed HIIT protocol; an O3 group (n = 7) consumed 2 g of O3 supplement daily; and a control group (n = 7). VO<sub>2max</sub>, maximum race speed, blood pressure, body fat percentage, and the sum of six skinfolds were measured at baseline and after the 6 week intervention.

**Results:** Peak oxygen consumption increased more in the O3/HIIT group (+10.9%) when compared to the HIIT group, O3 group, and control group. Maximum race speed increased only the O3/HIIT group (+7.1%) and HIIT group (+11.9%). Systolic blood pressure decreased the most in the O3 group (-6.8%), compared to O3/HIIT, HIIT, and control. Lastly, fat percentage decreased in every group (-19.2% in O3/HIIT group, -20.2% in HIIT group, and -15.2% in O3 group), when compared to the control group.

**Conclusion:** The results observed in VO<sub>2peak</sub> in the O3/HIIT group, suggest an augmented effect when HIIT and O3 supplementation are combined during six weeks. Furthermore, fat percentage improved in all intervened groups when compared to control group.

#### Key words:

Physical activity.  
Polyunsaturated fatty acids. Blood pressure.  
Maximum aerobic capacity. Fat mass.

Recibido: 02/11/2015  
Aceptado: 09/05/2016

Peñailillo Escarate L, Mackay Phillips K, Serrano Duarte N, Canales Espinoza P, Miranda Herrera P, Zbinden-Foncea H. Efectos de la suplementación de omega-3 y entrenamiento de intervalos de alta intensidad en el rendimiento físico, presión arterial y composición corporal en individuos sedentarios con sobrepeso. Nutr Hosp 2016;33:848-855

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.380>

#### Correspondencia:

Hermann Zbinden-Foncea. Escuela de Kinesiología.  
Universidad Finis Terrae. 1509 Pedro de Valdivia  
Av. Providencia. Santiago, Chile  
e-mail: hzbinden@uft.cl

## ABREVIATURAS

ACSM: American College of Sports Medicine.  
AHA: American Heart Association.  
AMPK: proteína AMP kinasa.  
FC<sub>max</sub>: frecuencia cardíaca máxima.  
MAPK: P38 activador mitógeno.  
MCSF: pliegue pantorrilla medial.  
O3: omega-3.  
PGC-1  $\alpha$ : Peroxisome proliferator-activated receptor gamma, coactivator 1-alpha.  
PPAR- $\alpha$ : Peroxisome proliferator-activated receptor.  
REFS: entrenamientos aeróbicos de moderada intensidad.  
RPE: índice de esfuerzo percibido.

## INTRODUCCIÓN

La obesidad y el sobrepeso son considerados hoy en día enfermedades crónicas de origen multifactorial prevenibles, caracterizadas por una acumulación excesiva de grasa o hipertrofia general del tejido adiposo en el cuerpo (1). Una elevada cantidad de adiposidad central y visceral se encuentra asociada a elevado riesgo cardiovascular, aumentando la síntesis de colesterol, glucosa e insulina, generando alteraciones metabólicas (2). Se ha estimado que la obesidad y sobrepeso son los causantes del 80% de los casos de diabetes mellitus tipo 2, el 35% de enfermedades cardíacas isquémicas y el 55% de enfermedades hipertensivas en Europa (3).

Es conocido que la actividad física aeróbica regular reduce la morbimortalidad cardiovascular generando beneficios en la salud tales como: disminución de masa grasa, perfil lipoproteico, tolerancia a los carbohidratos, sensibilidad a la insulina, etc. (4, 5). Es por esto que actividades del tipo aeróbico, con intensidades moderadas o altas entre 20-30 minutos 3 a 5 veces por semana son recomendadas (6). Sin embargo, recientemente el entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) ha sido demostrado como alternativa al entrenamiento aeróbico de moderada intensidad (7). El HIIT consiste en alternar cortos periodos de esfuerzo máximo, sumado a periodos de recuperación a baja intensidad o pausas completas (7). Algunos estudios han demostrado que el HIIT provoca menor fatiga que el ejercicio aeróbico continuo en pacientes sedentarios, teniendo mayor adherencia a las sesiones de entrenamiento (8). Además, los protocolos de HIIT han demostrado reducir significativamente la resistencia a la insulina, mejorando la regulación del metabolismo de la glucosa y grasas (8). Es así como este tipo de entrenamiento tiene similares beneficios para la salud que el ejercicio aeróbico de moderada intensidad, pero con sesiones más cortas (p. ej., 4-30 minutos) y con una mayor adherencia a las sesiones de entrenamiento por parte de los pacientes (8, 9).

Se sugiere que existe una relación directa entre bajos niveles de la capacidad aeróbica máxima ( $VO_{2max}$ ) y el aumento del riesgo cardiovascular, tanto en hombres como mujeres de todas las

edades (3). Keteyian y cols. (10) demostraron que cada 1 ml/kg/min que aumenta el  $VO_{2max}$  de una persona, el riesgo de muerte cardiovascular disminuye en 15%. Curiosamente, el entrenamiento HIIT ha mostrado aumentar aproximadamente en 10% el  $VO_{2max}$  en sujetos sedentarios. Por ejemplo, Burgomaster y cols. (11) observaron que seis semanas de entrenamiento de HIIT, tres veces por semana de 30 minutos, aumentó el  $VO_{2max}$  igual que un entrenamiento aeróbico de moderada intensidad realizado por 60 minutos (menor volumen de entrenamiento).

Estudios previos han mostrado que los ácidos grasos omega-3 (O3) poseen efectos beneficiosos para el sistema cardiovascular debido a su influencia en procesos aterogénicos, metabolismo de los lípidos (12), presión arterial y función vascular (13,14), ritmo cardíaco, función plaquetaria y respuesta inflamatoria (15). Estos beneficios han generado la recomendación del consumo de O3 en algunos desórdenes cardiometabólicos (14-16). En promedio, en la dieta occidental se consumen alrededor de 0,95 g·día<sup>-1</sup> de O3 correspondiente al 0,5% de la ingesta energética diaria. Sin embargo, se ha demostrado que se requiere ingerir de 2-4 g·día<sup>-1</sup> de O3 (1% de la ingesta energética diaria) para obtener los efectos beneficiosos en el sistema cardiovascular (15). Nodari y cols. (12) observaron que la suplementación con O3 aumentó el  $VO_{2max}$  en individuos con cardiopatía dilatada. Adicionalmente, Vaughan y cols. (17) encontraron un aumento de precursores de la biogénesis mitocondrial (PGC-1 $\alpha$ ) 24 y 48 horas después de la administración de O3 a células de rhabdomyosarcoma humano. Estos resultados sugieren que los aumentos de  $VO_{2max}$  reportados posterior a suplementación de O3 se deberían al incremento en precursores de la biogénesis mitocondrial y aumentando la capacidad oxidativa total del músculo esquelético (1). Sin embargo, la combinación de HIIT y suplementación de O3 no han sido investigados; es posible que la combinación de estas dos intervenciones combinadas produzca mejores adaptaciones metabólicas que cada una por separado. Así, el propósito de esta investigación fue examinar el efecto de la suplementación de O3 en combinación con HIIT de seis semanas sobre el rendimiento físico, presión arterial y composición corporal en jóvenes sedentarios con sobrepeso.

## MATERIALES Y MÉTODO

### PARTICIPANTES

Veintiocho jóvenes voluntarios (hombres y mujeres) con sobrepeso ( $IMC > 24,9$  kg·m<sup>-2</sup>) y sedentarios (actividad física < 3 veces por semana) participaron en este estudio. Las características físicas de los participantes fueron  $22,4 \pm 4,0$  años;  $165 \pm 8$  cm;  $70,4 \pm 9,9$  kg;  $25,8 \pm 2,4$  kg·m<sup>-2</sup>; y  $2,4 \pm 0,6$  l·min<sup>-1</sup> para su edad, talla, masa corporal, índice de masa corporal (IMC) y consumo de oxígeno *peak* ( $VO_{2peak}$ ), respectivamente. Fueron excluidos aquellos individuos que realizaran ejercicio programado en los últimos seis meses y que presentaran enfermedades, lesiones neurológicas o traumatológicas en los últimos tres meses. Ade-

más, se excluyeron aquellos sujetos que presentaran patologías crónicas o agudas cardiovasculares (hipertensión arterial, diabetes mellitus, enfermedad coronaria, insuficiencia cardiaca, arritmias), patologías respiratorias crónicas, alergia y/o intolerancia a suplementos de O3, hábito tabáquico, utilización de medicamentos y suplementos de manera cotidiana con efectos cardiovasculares y respiratorios. Todos los participantes realizaron un cuestionario médico de salud y firmaron un consentimiento informado antes de participar en el estudio, el cual fue aprobado por el Comité Ético-Científico de la Universidad Finis Terrae previo al comienzo de la investigación. Los participantes fueron instruidos de no realizar ningún otro tipo de actividad física además del indicado en este estudio y no utilizar medicamentos antiinflamatorios durante el transcurso del estudio.

## DISEÑO DEL ESTUDIO

Los participantes se presentaron al laboratorio una semana antes de iniciar la intervención y 72-96 horas después de seis semanas de intervención. En cada visita se midió la presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) en reposo, perímetro cintura (PC), índice de masa corporal (IMC) y porcentaje de masa grasa. Se realizó una evaluación de capacidad aeróbica máxima a través de una prueba incremental en cinta rodante (H/P Cosmo, Alemania) donde se determinó el consumo de oxígeno *peak* ( $VO_{2peak}$ ) con un analizador de gases de circuito abierto (Medisoft, Bélgica), velocidad máxima alcanzada en la cinta rodante y frecuencia cardiaca máxima ( $FC_{max}$ ). Las evaluaciones se realizaron entre las 17:00 y 20:00 horas y fueron realizadas siempre por el mismo investigador.

Después de todas las mediciones iniciales, los sujetos fueron divididos aleatoriamente en cuatro grupos ( $n = 7$  por grupo), con una distribución equitativa de hombres y mujeres. El grupo HIIT/O3 realizó un entrenamiento de intervalos de alta intensidad y consumió 2 g·día<sup>-1</sup> de O3 durante seis semanas. El grupo HIIT solo realizó el entrenamiento de HIIT durante seis semanas. El grupo O3 solo consumió 2 g·día<sup>-1</sup> de O3, sin modificación en su dieta ni estilo de vida durante seis semanas. Por último, el grupo control no realizó ningún tipo de ejercicio o suplementación, manteniendo su dieta y estilo de vida.

## ENTRENAMIENTO DE INTERVALOS DE ALTA INTENSIDAD (HIIT)

Las sesiones de HIIT de los grupos HIIT/O3 y HIIT fueron realizadas 3 veces a la semana, en sesiones de 30 minutos, por 6 semanas. El entrenamiento fue realizado en bicicletas estáticas, en las que los participantes debían alcanzar el 90% de su frecuencia cardiaca máxima ( $FC_{max}$ ) durante 30 segundos, para luego descansar 60 segundos al 60% de su  $FC_{max}$  (7). La  $FC_{max}$  de cada participante fue monitorizada mediante un sensor de frecuencia cardiaca (Polar RS300X BLK, Finlandia) durante todo el entrenamiento.

## SUPLEMENTACIÓN CON ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3

Se administraron 2 g·día<sup>-1</sup> de O3 (Vitamin Life Laboratories, EE. UU.) durante seis semanas en los grupos HIIT/O3 y O3 (14, 16). Cada cápsula de O3 administrada estaba compuesta de ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexanoico (DHA). Las cápsulas fueron ingeridas antes de almorzar. Se les solicitó a los participantes en los grupos suplementados con O3 que no realizaran ninguna modificación en su dieta habitual. El seguimiento para el consumo de O3 fue realizado *on line* y vía telefónica, en conjunto con un sistema *on line* (Doodle; <http://doodle.com/es/>), donde los participantes debían registrar el consumo de las cápsulas diariamente.

## MEDICIONES

### Rendimiento físico

#### Capacidad aeróbica máxima

La prueba incremental en cinta rodante fue realizada comenzando con una velocidad de 9 km·h<sup>-1</sup>, la cual fue incrementada en 1 km·h<sup>-1</sup> cada 2 minutos hasta el agotamiento. En esta prueba se determinó el consumo de oxígeno *peak* ( $VO_{2peak}$ ), el cual fue medido a través de un analizador de gases: oxígeno ( $O_2$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ) espirados de circuito abierto (Medisoft, Bélgica) y la frecuencia cardiaca fue monitorizada a través de un monitor de frecuencia cardiaca (Zephyr, HxM, USA).

#### Velocidad máxima

La máxima velocidad alcanzada fue estimada mediante la siguiente ecuación:

$$V_{max} = V_f + (t / X * a)$$

En donde,  $V_f$  = velocidad del último escalón completado,  $t$  = tiempo incompleto,  $X$  = duración de cada escalón en segundos, y  $a$  = incremento por cada escalón (km·h<sup>-1</sup>)

#### Presión arterial

La presión arterial sistólica (PAS) y presión arterial diastólica (PAD) se midieron a través de un tensiómetro aneroide (Home Care, China) y estetoscopio (3M Littman, EE. UU.). Los participantes fueron evaluados en posición sedente, con antebrazo izquierdo apoyado en una superficie estable a la altura del corazón. Se utilizó el valor promedio de dos mediciones y las evaluaciones fueron realizadas por el mismo evaluador para todos los participantes.

## Medidas antropométricas y de composición corporal

### Índice de masa corporal

El índice de masa corporal (IMC) fue calculado mediante la división de la masa corporal (MC) en kilogramos por la talla de cada individuo en metros al cuadrado.

### Perímetro de cintura

El perímetro de cintura fue medido basado en las de referencia de estandarización antropométrica de la International Society for Advances in Kineanthropometry (ISAK), correspondiente al punto más angosto del tórax.

### Porcentaje de masa grasa

Para estimar el porcentaje de masa grasa se midieron seis pliegues cutáneos utilizando un calíper (Slim Guide, USA). El pliegue tricipital (TPSF), subescapular (SSSF), supraespal (SISF), abdominal (ABSF), anterior del muslo (THSF) y pantorrilla medial (MCSF) fueron medidos siguiendo las referencias determinadas por la ISAK. Se midió tres veces cada pliegue y se utilizó la mediana para los análisis. El porcentaje de masa grasa fue estimado a partir de la fórmula de masa grasa de Deborah Kerr y la fórmula Yuhasz (18).

Fórmula de Deborah Kerr:

$$\Sigma ADIP = TPSF + SSSF + SISF + ABSF + THSF + MCSF$$

En donde,  $\Sigma ADIP$  = sumatoria de pliegues cutáneos.

$$Z ADIP = [\Sigma ADIP * (170,18 / talla (cm)) - 116,41] / 34,79$$

En donde 116,14 es sumatoria de los pliegues cutáneos de medidas Phantom y 34,79 es la desviación estándar de los pliegues cutáneos de Phantom.

$$M ADIP (kg) = [(Z ADIP * 5,85) + 25,6] / (170,18 / talla)$$

En donde, M ADIP = masa adiposa (kg), Z ADIP = score de proporcionalidad Phantom para la masa adiposa, 25,6 = constante del método para media de masa adiposa Phantom (kg), y 5,85 = constante del método para desvío estándar de la masa adiposa Phantom (kg).

Para determinar el porcentaje de masa grasa se utilizó la fórmula Yuhasz:

$$\% \text{ masa grasa hombres} = 0,1051 * \Sigma ADIP + 2,585$$

$$\% \text{ masa grasa mujeres} = 0,1548 * \Sigma ADIP + 3,580$$

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) de dos vías (4 grupos y 2 tiempos) para comparar el efecto del entrenamiento sobre las variables  $VO_{2peak}$ ,  $V_{max}$ , PAS, PAD, MC, IMC y porcentaje de masa grasa después de la intervención. Para aquellos grupos con diferencias significativas se utilizó el test de Fisher (LSD) para

realizar comparaciones múltiples. Además, se realizó un ANOVA de una vía para comparar los cambios (post-pre) de las variables entre los grupos. Se utilizó un valor de  $p \leq 0,05$ . Todos los análisis estadísticos se realizaron en el software PASW Statistics 19 para Mac (SPSS Inc, IBM, EE. UU.). Los datos se presentan como promedio  $\pm$  desviación estándar.

## RESULTADOS

### RENDIMIENTO FÍSICO

El ANOVA de dos vías mostró una interacción entre los factores y un efecto significativo (grupo x tiempo;  $p = 0,01$ ) para los cambios en  $VO_{2peak}$ . Como puede ser observado en la figura 1A, el  $VO_{2peak}$  aumentó en un 10,9% ( $2,38 \pm 0,63$  l/min a  $2,67 \pm 0,64$  l/min;  $p = 0,01$ ) y 4,0% ( $2,14 \pm 0,49$  l/min a  $2,23 \pm 0,51$  l/min;  $p = 0,004$ ) en el grupo HIIT/O3 y HIIT, respectivamente. Los grupos O3 ( $2,45 \pm 0,65$  l/min a  $2,43 \pm 0,69$  l/min;  $p = 0,89$ ) y control ( $2,52 \pm 0,59$  l/min a  $2,49 \pm 0,61$  l/min;  $p = 0,48$ ) no mostraron cambios significativos después de las 6 semanas. El  $VO_{2peak}$  mejoró significativamente más en HIIT/O3 ( $\Delta = 0,29 \pm 0,22$  l/min) en comparación al control ( $\Delta = -0,03 \pm 0,1$  l/min;  $p = 0,004$ ), HIIT ( $\Delta = 0,09 \pm 0,05$  l/min;  $p = 0,02$ ) y O3 ( $\Delta = -0,01 \pm 0,22$  l/min;  $p = 0,005$ ).

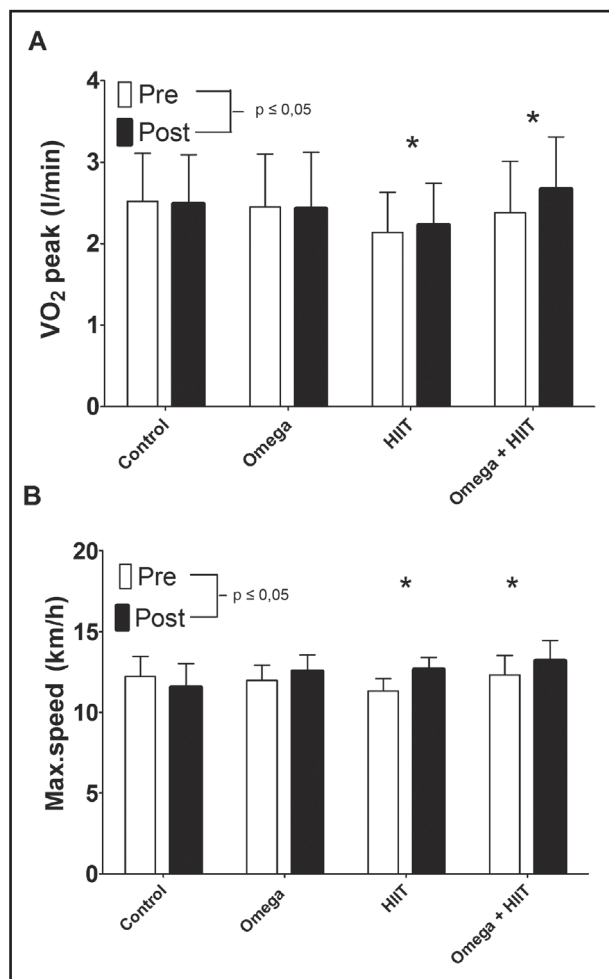
La  $V_{max}$  mostró un efecto significativo de interacción entre los grupos y tiempo ( $p = 0,002$ ). En la figura 1B se observa que los grupos HIIT/O3 y HIIT aumentaron su velocidad máxima en un 7,1% ( $12,3 \pm 1,2$  km/h a  $13,2 \pm 1,2$  km/h;  $p = 0,002$ ) y un 11,9% ( $11,3 \pm 0,8$  km/h a  $12,7 \pm 0,7$  km/h;  $p = 0,006$ ), respectivamente. El grupo O3 ( $11,9 \pm 0,9$  km/h a  $12,6 \pm 1,0$  km/h;  $p = 0,07$ ) y el grupo control ( $12,2 \pm 1,2$  km/h a  $11,6 \pm 1,5$  km/h;  $p = 0,12$ ) no mostraron cambios después del entrenamiento. Todos los grupos mejoraron estadísticamente en comparación al control.

### PRESIÓN ARTERIAL

El ANOVA de dos vías mostró una interacción y efecto significativo ( $p = 0,002$ ) para la PAS (Fig. 2A). La PAS disminuyó un -6,8% en el grupo O3 ( $125,1 \pm 10,9$  mmHg a  $116,6 \pm 5,9$  mmHg;  $p = 0,006$ ). Los grupos HIIT/O3 ( $114,43 \pm 9,29$  mmHg a  $115,14 \pm 7,78$  mmHg;  $p = 0,7$ ), HIIT ( $114,43 \pm 7,89$  mmHg a  $117,86 \pm 4,06$  mmHg;  $p = 0,3$ ) y control ( $116,00 \pm 6,32$  mmHg a  $120,86 \pm 4,6$  mmHg;  $p = 0,1$ ) no evidenciaron cambios después de las 6 semanas. La PAS bajó sus valores mayormente en el grupo O3 ( $\Delta = -8,57 \pm 5,47$  mmHg;  $p = 0,001$ ) en comparación con control. La PAD no presentó cambios significativos entre los grupos.

### COMPOSICIÓN CORPORAL

Las variables de composición corporal se pueden observar en la figura 3. La MC y el IMC no mostraron cambios significativos



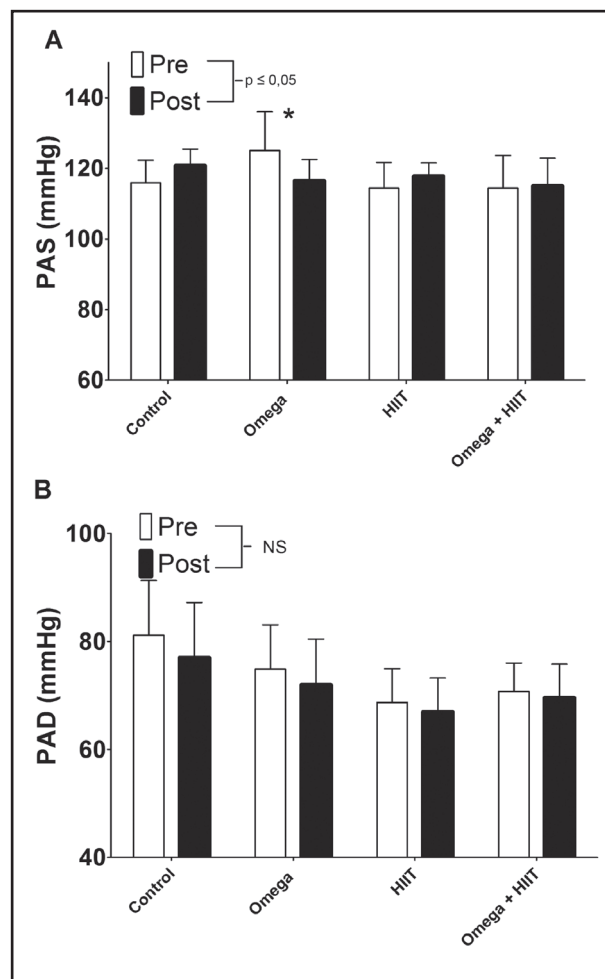
**Figura 1.**

Comparación del (A) consumo de oxígeno peak y (B) velocidad máxima entre grupos antes y después de la intervención. \*: Diferencia estadísticamente significativa entre pre vs. post.

después de la intervención en ninguno de los grupos ( $p = 0,06$  y  $p = 0,12$ , respectivamente). Por otro lado, el perímetro de cintura no mostró cambios significativos post-intervención ( $p = 0,6$ ). El porcentaje de masa grasa disminuyó en los tres grupos con intervención ( $p = 0,0005$ ). Como lo muestra la figura 3C, el grupo HIIT/O3 disminuyó un 19,2% ( $22,9 \pm 5,1\%$  a  $18,5 \pm 3,4\%$ ;  $p = 0,003$ ), el grupo HIIT disminuyó un 20,2% ( $22,9 \pm 6,3\%$  a  $18,3 \pm 4,9\%$ ;  $p = 0,001$ ), y el grupo O3 disminuyó un 15,2% ( $21,2 \pm 5,1\%$  a  $17,9 \pm 5,6\%$ ;  $p = 0,01$ ). Los grupos HIIT/O3 y HIIT disminuyeron ( $p < 0,05$ ) el porcentaje de grasa ( $\Delta = -4,4 \pm 1,9\%$  y  $\Delta = -4,6 \pm 1,6\%$ ) con respecto al control. El grupo O3 también disminuyó el porcentaje de grasa ( $\Delta = -3,9 \pm 2,6\%$ ;  $p = 0,00002$ ) en relación al control ( $\Delta = 0,8 \pm 1,0\%$ ).

## DISCUSIÓN

La presente investigación examinó el efecto del consumo de 2 g de suplementación con ácidos grasos omega-3 (O3) en

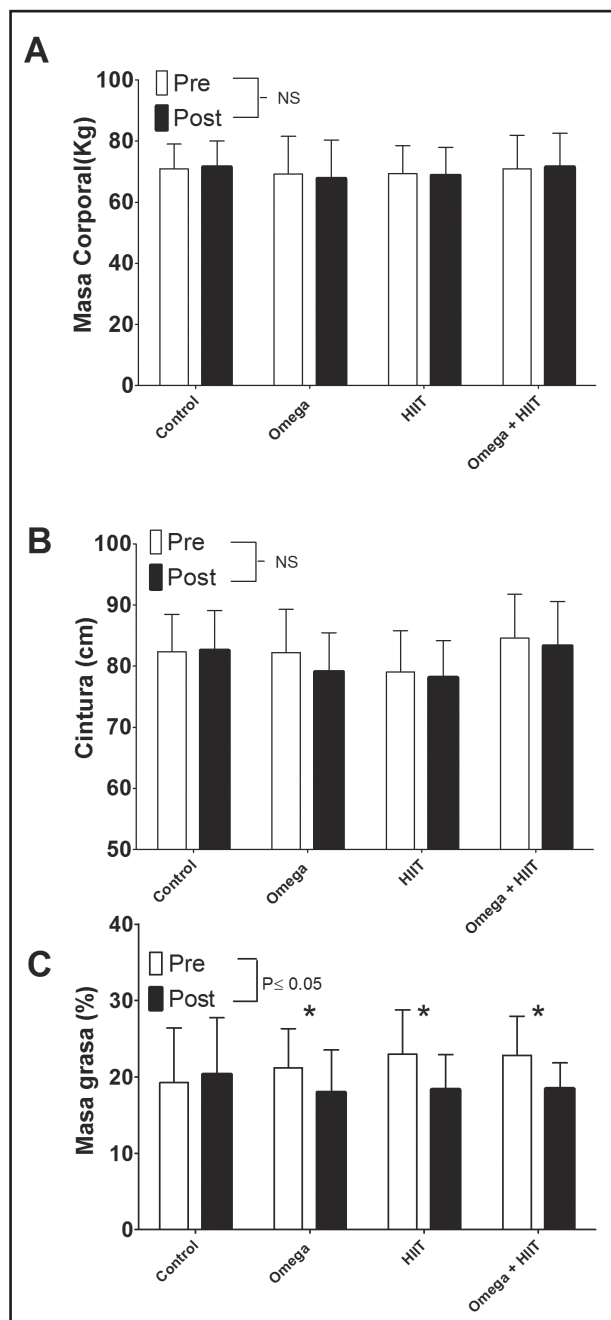


**Figura 2.**

Comparación de (A) PAS y (B) PAD entre los grupos antes y después de la intervención. \*: Diferencia estadísticamente significativa entre pre vs. post.

combinación con entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT) sobre el rendimiento físico, la presión arterial y composición corporal de sujetos sedentarios con sobrepeso. Nosotros hipotizamos que la suplementación de O3 en conjunto con un HIIT tendría un efecto potenciador sobre el rendimiento físico, presión arterial y composición corporal. Los resultados más importantes de este estudio fueron 1) el aumento del 10,9%  $VO_{2peak}$  en el grupo que combinó la suplementación de O3 con HIIT (HIIT/O3); 2) un aumento significativo de la velocidad máxima solo en los grupos que realizaron entrenamiento HIIT; 3) la disminución de la PAS en el grupo O3, y 4) una disminución del porcentaje de masa grasa en los tres grupos de intervención. Así, los resultados obtenidos en nuestro estudio nos permiten aceptar parcialmente nuestra hipótesis ya que sólo se potenció la capacidad aeróbica máxima con la combinación de suplementación de O3 y HIIT.

Nuestros resultados muestran que el HIIT por sí solo y el entrenamiento HIIT con suplementación de O3 aumentaron la capacidad aeróbica máxima (4% y 11%, respectivamente) en hombres y mujeres sedentarios con sobrepeso. En línea con nuestros resulta-



**Figura 3.**

Comparación de (A) masa corporal (MC), (B) circunferencia de cintura, y (C) Porcentaje de masa grasa entre grupos antes y después de la intervención. \*: Diferencia estadísticamente significativa entre pre vs. post.

dos, diversos estudios han evidenciado aumentos significativos del  $VO_{2max}$  después de entrenamientos de HIIT, con rangos de tiempo de entrenamiento entre 6-8 semanas en personas desentrenadas, entrenadas y con patologías (7,10,19). Gibala y cols. (7) mostraron que la mejoría del  $VO_{2max}$  después de un entrenamiento de HIIT podría ser debido a un aumento de la biogénesis mitocondrial, provocando un efecto beneficioso del sistema oxidativo. Además, Nodari y cols. (12) demostraron que la ingesta de  $2 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$  de

O3 por 12 meses en personas sedentarias aumentó significativamente el  $VO_{2max}$ , efectos que según Vaughan y cols. (17) se explicarían por un aumento de precursores de la biogénesis mitocondrial tales como el peroxisoma proliferador-activado receptor-gamma coactivador-1 alpha (PGC-1 $\alpha$ ). Nosotros especulamos que esto podría explicar el efecto oxidativo y potenciador del O3 combinado con los efectos del HIIT. De esta forma es posible que al combinar HIIT y O3 se produciría un aumento de proteínas involucradas en la biogénesis mitocondrial, incrementando de esta forma el efecto oxidativo potenciador sobre la capacidad aeróbica máxima. Interesantemente, nuestros resultados mostraron un incremento del  $VO_{2peak}$  en ambos grupos que realizaron entrenamiento de HIIT. Sin embargo, aquellos que realizaron el entrenamiento y además consumieron O3 mostraron un aumento significativamente mayor, evidenciando el efecto potenciador de la suplementación de O3 en conjunto con el protocolo de HIIT.

En relación con la velocidad máxima de carrera ( $V_{max}$ ), nuestros resultados mostraron un aumento significativo solo en los grupos que realizaron HIIT. Sin embargo, no se observó un efecto potenciador al combinar suplementación de O3 con HIIT en  $V_{max}$ . Los cambios en  $V_{max}$  en los grupos que realizaron HIIT coinciden con otros resultados observados en la literatura, en donde el protocolo HIIT ha generado aumentos en la capacidad aeróbica máxima y en  $V_{max}$  o carga de trabajo (20-22). La ausencia del efecto potenciador de la  $V_{max}$  podría ser debido a que los efectos observados a nivel muscular mediante la suplementación de O3 principalmente debido al aumento de la capacidad aeróbica y biogénesis mitocondrial y no necesariamente sobre la fuerza/potencia muscular (17). Rodacki y cols. mostraron un efecto potenciador sobre la fuerza muscular máxima al combinar suplementación de O3 y entrenamiento de resistencia muscular durante 12 semanas. Ellos atribuyeron el aumento de fuerza muscular a los efectos positivos del O3 sobre la permeabilidad de membrana y aumentos en la sensibilidad de acetilcolina (23). La fluidez de membrana aumentaría la velocidad de conducción y facilitaría el impulso nervioso, favoreciendo la contracción muscular. Es posible que la suplementación de O3 en nuestro estudio fue muy corta (6 semanas), por lo que no generó efectos sobre fuerza muscular, y subsecuentemente en la  $V_{max}$ .

El grupo O3 fue el único que mostró una disminución en PAS (-6.8%). Estos resultados concuerdan con lo descrito en el metaanálisis realizado por Miller y cols. (24) donde mostraron que la ingesta de O3 durante tres semanas redujo la PAS con dosis iguales o mayores a  $2 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$  en personas normotensas. Sin embargo, en el mismo metaanálisis se recomiendan dosis mayores a  $3 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$  de DHA y EPA para generar cambios en la PAD, lo cual explicaría la ausencia de cambios en PAD en nuestro estudio (24). Los grupos sometidos al HIIT no mostraron variaciones significativas en la PAD o PAS. Whyte y cols. (25) observaron que efectos en la presión arterial sistólica solo se observaron inmediatamente después de la realización de HIIT de alta intensidad en pacientes con sobrepeso y obesidad, pero estos efectos desaparecieron después de 72 horas. A la vez, Rognum y cols. (26), evidenciaron que un HIIT en pacientes con enfermedad coronaria no tuvo efectos sobre PAS o PAD. De esta forma, nuestros resultados

concuerdan con la literatura. Sin embargo, especulamos que de haber realizado un protocolo de entrenamiento de mayor duración (mayor a 16 semanas), pudo haber provocado mayores cambios a nivel cardiovascular debido a que entrenamientos más largos de HIIT han mostrado cambios de la función endotelial y morfología ventricular (7).

La figura 3C muestra una disminución de un 15%, 20% y 19% en el porcentaje de masa grasa en los grupos O3, HIIT y O3/HIIT, respectivamente; sin cambios significativos en circunferencia de cintura, IMC y MC. Estos cambios en masa grasa pero no en masa corporal total, podrían ser explicados por un aumento en masa muscular. Sin embargo, estos valores no fueron medidos en el estudio, actuando como una limitante de nuestro diseño experimental. Diversos estudios han evidenciado disminuciones significativas en MC (27, 28) y porcentaje de masa grasa después de suplementación de O3. Micallef y cols. (27) reportaron que la pérdida de MC y masa grasa inducida por la suplementación de O3 se debe en parte a que los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga aumentan la oxidación basal de ácidos grasos debido a los aumentos en la biogénesis mitocondrial. En un estudio con roedores, Nakatani y cols. (29) mostraron que el consumo de DHA y EPA inhiben la actividad de enzimas lipogénicas (*sterol regulatory element binding protein-1* o SREBP-1) y la activación del peroxisome proliferator-activated receptor (PPAR $\alpha$ ), afectando la síntesis de ácidos grasos en el hígado y tejido adiposo. Lo cual podría explicar el mecanismo mediante el cual la suplementación de O3 pudiera afectar sobre la masa grasa de los individuos. Adicionalmente, la suplementación de O3 ha evidenciado efectos en el sistema nervioso simpático, leptina y adiponectina, hormonas que están encargados de la regulación de masa grasa, disminución de la sensación de hambre y aumento de la saciedad posprandial (30). Por otro lado, Totland y cols. (31) explican la disminución del porcentaje de masa grasa mediante modificaciones fisiológicas de la suplementación de O3, tales como la inducción de la actividad termogénica del tejido adiposo, aumento de la expresión de las proteínas desacopladoras (UCP2) en el tejido adiposo, aumento de la oxidación de grasas en hepatocitos y adipocitos por aumento de enzimas (Carnitina palmitoil transferasa) del sistema de oxidación lipídica mitocondrial, asociado al consumo de EPA (31).

Por otro lado, el efecto del HIIT sobre la composición corporal está relacionado al aumento del gasto metabólico, lo que aumentaría la oxidación de las grasas y disminuiría los depósitos de grasa en el organismo (7,25). Es sabido que el ejercicio físico es un potente estimulador fisiológico que mejora la eficiencia metabólica de los músculos. Específicamente después de HIIT, se produce un aumento de las enzimas oxidativas y glicolíticas a través del aumento de los transportadores de los procesos oxidativos relacionados con la biogénesis mitocondrial, además de afectar en los procesos de translocación y metabolismo de lípidos, disminuyendo el porcentaje de masa grasa (7). De esta forma, nuestros resultados muestran que ambas intervenciones (suplementación de O3 y HIIT) realizadas por seis semanas, disminuyen el porcentaje de masa grasa. Sin embargo, el efecto "potenciador" buscado al combinar ambas

intervenciones no fue observado en la composición corporal. Estos resultados coinciden con los de Defina y cols. (32), quienes observaron que tras la suplementación de 3 g·día<sup>-1</sup> de O3 durante 24 semanas junto a un plan de entrenamiento y modificación de dieta en pacientes obesos, no potenció la baja de masa corporal o porcentaje de masa grasa por sobre el grupo control (solo dieta y ejercicio).

En conclusión, nuestros resultados sugieren que después de 6 semanas de suplementación con O3 y entrenamiento de HIIT se produce un efecto potenciador de la capacidad aeróbica máxima en sujetos con sobrepeso. A la vez, tanto la suplementación con O3 como el entrenamiento de HIIT reducen el porcentaje de masa grasa, pero sin un efecto potenciador. Por último, solo la suplementación con O3 provocó cambios significativos en la PAS. Por lo tanto, nuestros resultados nos permiten inferir que la ingesta de 2 g·día<sup>-1</sup> de O3 tiene efectos positivos relacionados con la salud, mejorando la composición corporal y disminuyendo la presión arterial. Se necesitan más investigaciones para respaldar esta información considerando mayores tiempos de suplementación y con control de la dieta para explicar los mecanismos de los beneficios encontrados de la combinación de suplementación de O3 y ejercicio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Jepsen R, Aadland E, Andersen JR, Natvig GK. Associations between physical activity and quality of life outcomes in adults with severe obesity: a cross-sectional study prior to the beginning of a lifestyle intervention. *Health Qual Life Outcomes* 2013;11:187.
- Basu A, Basu R, Shah P, Vella A, Rizza RA, Jensen MD. Systemic and regional free fatty acid metabolism in type 2 diabetes. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001;280(6):E1000-6.
- Rehn TA, Winett RA, Wisløff U, Rognum O. Increasing physical activity of high intensity to reduce the prevalence of chronic diseases and improve public health. *Open Cardiovasc Med J* 2013;7:1-8.
- Niebauer J, Cooke JP. Cardiovascular effects of exercise: role of endothelial shear stress. *J Am Coll Cardiol* 1996;28(7):1652-60.
- Wood PD, Stefanick ML, Williams PT, Haskell WL. The effects on plasma lipoproteins of a prudent weight-reducing diet, with or without exercise, in overweight men and women. *N Engl J Med* 1991;325(7):461-6.
- Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39(8):1423-34.
- Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol* 2012;590(Pt 5):1077-84.
- Perry CG, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL. High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. *Appl Physiol Nutr Metab* 2008;33(6):1112-23.
- Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med* 2002;32(1):53-73.
- Keteyian SJ, Brawner CA, Savage PD, Ehrman JK, Schairer J, Divine G, et al. Peak aerobic capacity predicts prognosis in patients with coronary heart disease. *Am Heart J* 2008;156(2):292-300.
- Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, Macdonald MJ, McGee SL, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol* 2008;586(1):151-60.
- Nodari S, Triggiani M, Campia U, Manerba A, Milesi G, Cesana BM, et al. Effects of n-3 polyunsaturated fatty acids on left ventricular function and functional capacity in patients with dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2011;57(7):870-9.

13. Mori TA. Omega-3 fatty acids and hypertension in humans. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2006;33(9):842-6.
14. Saravanan P, Davidson NC, Schmidt EB, Calder PC. Cardiovascular effects of marine omega-3 fatty acids. *Lancet* 2010;376(9740):540-50.
15. Mickleborough TD. Omega-3 polyunsaturated fatty acids in physical performance optimization. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2013;23(1):83-96.
16. Abbas M. Physiological Effects of Omega3 Unsaturated Fatty Acids in Healthy Subjects. *Parameters* 2013;160(4.73):171.1-3.1.
17. Vaughan RA, Garcia-Smith R, Bisoffi M, Conn CA, Trujillo KA. Conjugated linoleic acid or omega 3 fatty acids increase mitochondrial biosynthesis and metabolism in skeletal muscle cells. *Lipids Health Dis* 2012;11:142.
18. Ross WD, Kerr DA. Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición, clínica y medicina deportiva. *Revista de Actualización en Ciencias del Deporte*. Vol 1 N.º 3. 1993.
19. MacDougall JD, Hicks AL, MacDonald JR, McKelvie RS, Green HJ, Smith KM. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *J Appl Physiol* (1985) 1998;84(6):2138-42.
20. Macpherson RE, Hazell TJ, Olver TD, Paterson DH, Lemon PW. Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43(1):115-22.
21. Bayati M, Farzad B, Gharakhanlou R, Agha-Alinejad H. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces performance and metabolic adaptations that resemble 'all-out' sprint interval training. *J Sports Sci Med* 2011;10(3):571-6.
22. Astorino TA, Allen RP, Roberson DW, Jurancich M. Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, VO<sub>2</sub>max, and muscular force. *J Strength Cond Res* 2012;26(1):138-45.
23. Rodacki CL, Rodacki AL, Pereira G, Naliwaiko K, Coelho I, Pequito D, et al. Fish-oil supplementation enhances the effects of strength training in elderly women. *Am J Clin Nutr* 2012;95(2):428-36.
24. Miller PE, Van Elswyk M, Alexander DD. Long-chain omega-3 fatty acids eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid and blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Hypertens* 2014;27(7):885-96.
25. Whyte LJ, Gill JM, Cathcart AJ. Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism* 2010;59(10):1421-8.
26. Rognmo Ø, Hetland E, Helgerud J, Hoff J, Slørdahl SA. High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2004;11(3):216-22.
27. Micallef M, Munro I, Phang M, Garg M. Plasma n-3 Polyunsaturated Fatty Acids are negatively associated with obesity. *Br J Nutr* 2009;102(9):1370-4.
28. Thorsdottir I, Tomasson H, Gunnarsdottir I, Gisladdottir E, Kiely M, Parra MD, et al. Randomized trial of weight-loss-diets for young adults varying in fish and fish oil content. *Int J Obes (Lond)* 2007;31(10):1560-6.
29. Nakatani T, Kim HJ, Kaburagi Y, Yasuda K, Ezaki O. A low fish oil inhibits SREBP-1 proteolytic cascade, while a high-fish-oil feeding decreases SREBP-1 mRNA in mice liver: relationship to anti-obesity. *J Lipid Res* 2003;44(2):369-79.
30. Ohashi A, Matsushita Y, Kimura K, Miyashita K, Saito M. Conjugated linoleic acid deteriorates insulin resistance in obese/diabetic mice in association with decreased production of adiponectin and leptin. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2004;50(6):416-21.
31. Totland GK, Madsen L, Klementsens B, Vaagenes H, Kryvi H, Frøyland L, et al. Proliferation of mitochondria and gene expression of carnitine palmitoyl-transferase and fatty acyl-CoA oxidase in rat skeletal muscle, heart and liver by hypolipidemic fatty acids. *Biology of the cell / under the auspices of the European Cell Biology Organization* 2000;92(5):317-29.
32. DeFina LF, Marcoux LG, Devers SM, Cleaver JP, Willis BL. Effects of omega-3 supplementation in combination with diet and exercise on weight loss and body composition. *Am J Clin Nutr* 2011;93(2):455-62.