



García-Hermoso, A.; Escalante, Y.; Domínguez, A.M.; Saavedra, J.M. (2013). Efectos de un programa de ejercicio y dieta en niños obesos: un estudio longitudinal. *Journal of Sport and Health Research*. 5(3):273-282.

Original

EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE EJERCICIO Y DIETA EN NIÑOS OBESOS: UN ESTUDIO LONGITUDINAL

EFFECTS OF EXERCISE PROGRAM AND DIET IN OBESE BOYS: A LONGITUDINAL STUDY

García-Hermoso, A.¹; Escalante, Y.¹; Domínguez, A.M.¹; Saavedra, J.M.¹

¹*Grupo de Investigación AFIDES. Facultad de Ciencias del Deporte. Cáceres. España*

Correspondence to:
Antonio García-Hermoso
Grupo de Investigación AFIDES
Facultad de Ciencias del Deporte.
Universidad de Extremadura.
Tel. (+34) 927 257460
Email: antoniogh@unex.es

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*



Received: 14-06-2012
Accepted: 10-10-2012



RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de un programa combinado de ejercicio físico y dieta hipocalórica a largo plazo (tres años y cuatro evaluaciones) sobre parámetros cineantropométricos y metabólicos en niños obesos. La muestra estuvo compuesta por diez niños de edades entre 8 y 11 años, que llevaron a cabo un programa de ejercicio físico multideportivo (tres sesiones de 90 minutos por semana) y una dieta hipocalórica (1500 kcal/día). Se llevó a cabo cuatro valoraciones de cineantropometría (talla, peso, masa grasa y masa magra) y ocho metabólicas (Colesterol Total, colesterol HDL, LDL, triglicéridos, insulina, glucosa, HOMA-IR, índice CT/HDL y LDL/HDL). Tras la intervención se observaron cambios en el zIMC, masa grasa, en el perfil lipídico (Colesterol Total, LDL e índice LDL/HDL), niveles de glucosa e insulina resistencia (HOMA-IR), principalmente a largo plazo (entre la línea base y el fin de la intervención). Las conclusiones que se pueden extraer del presente estudio fueron que un programa combinado de ejercicio físico y dieta produce una disminución del zIMC (IMC < p97), una mejora en el perfil lipídico (LDL e índice LDL/HDL) y en la insulina resistencia del sujeto obeso a largo plazo. Estos resultados constatan los beneficios de este tipo de programas en el control de la obesidad infantil.

Palabras clave: obesidad, ejercicio físico, dieta hipocalórica, intervención longitudinal, colesterol, insulina

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of a long-term exercise program (3 years) and hypocaloric diet on kinanthropometric and metabolic in obese children. The sample consisted of ten boys between 8 and 11 years, who conducted an aerobic multi-sport exercise program (three sessions, 90 minutes per week) and a hypocaloric diet (1500 kcal/day). There were four evaluations of the kinanthropometric (height, weight, fat mass and fat free mass) and eight metabolic parameters (Total Cholesterol, cholesterol HDL, LDL, triglycerides, insulin, glucose, HOMA-IR, ratio CT/HDL and LDL/HDL). Following the intervention, changes were observed on zBMI, fat free mass, in lipid profile (Total Cholesterol, LDL and ratio LDL/HDL), glucose levels and insulin resistance (HOMA-IR), mainly at long-term (between the baseline and the end of the intervention). The conclusions can be drawn from this study were that combined program of exercise and diet produces a decrease in zBMI (BMI < p97), an improvement in lipid profile (LDL and ratio LDL/HDL), and an improvements in insulin resistance of obese subject) at the long term. These results verify the benefits of such programs to control childhood obesity.

Keywords: obesity, physical exercise, hypocaloric diet, longitudinal intervention, cholesterol, insulin



INTRODUCCIÓN

La obesidad infantil ha sido descrita como el principal problema de salud en la infancia en los países desarrollados (Kelley & Kelley, 2007). Su prevalencia ha aumentado rápidamente en los últimos años (Lobstein, Baur, & Uauy, 2004) provocando alarma entre las agencias de salud pública, médicos de atención primaria, investigadores de la salud y el público en general (Han, Lawlor, & Kimm, 2010). Muchas de las consecuencias cardiovasculares que caracterizan a la edad adulta comienzan en la infancia a través de la obesidad, entre las que destacan la hiperlipidemia, hipertensión y la tolerancia anormal a la glucosa (Freedman, Dietz, Srinivasan, & Berenson, 1999). Así, los gobiernos a nivel internacional están actuando para poner en práctica estrategias para la prevención de la obesidad, persiguiendo hábitos de vida más saludables (Waters, et al., 2011).

La prevención, especialmente en los jóvenes, es universalmente considerado como el mejor método para revertir la creciente prevalencia mundial de obesidad (Han, et al., 2010). Es conocido que la modificación de los hábitos de vida puede reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares en la edad adulta (Freedman, et al., 1999). A pesar de todo ello, la evidencia científica sobre los efectos a largo plazo de programas que combinen el ejercicio físico y la dieta no es clara, especialmente en jóvenes y adolescentes (Waters, et al., 2011). En este sentido, son diversos los estudios que aplican ejercicio físico y dieta en el tratamiento de la obesidad infantil (Nemet, et al., 2005; Ribeiro, et al., 2005; Shalitin, et al., 2009; Woo, et al., 2004). Estos trabajos obtuvieron mejoras a corto plazo en diferentes parámetros cineantropométricos (IMC, zIMC) y metabólicos (LDL, TG) evaluados, si bien todos los trabajos tienen intervenciones inferiores a 12 meses. Una reciente revisión de la *Cochrane Library* sugiere la necesidad de la realización de estudios a largo plazo, proporcionaría información muy valiosa sobre la sostenibilidad de los efectos beneficiosos de estas intervenciones en niños obesos (Waters, et al., 2011). Así, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de un programa combinado de ejercicio físico y dieta hipocalórica a largo plazo (3 años y 4 evaluaciones) sobre parámetros cineantropométricos y metabólicos en niños obesos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sujetos

La muestra inicialmente estuvo compuesta por trece varones caucásicos. Tras los tres años de intervención la muestra final fue de diez niños ($10,5 \pm 0,9$ años) de la localidad de Cáceres. El criterio de inclusión fue que los niños tuviesen un índice de masa corporal (IMC) igual o superior al percentil 97 para la edad y el sexo según las curvas de la población escolar española (Hernández, et al., 1988) y fuesen sedentarios. Todos los padres de los niños completaron un formulario de consentimiento informado.

Diseño

El estudio que se presenta es un estudio pre-experimental. Las variables dependientes fueron los diferentes parámetros cineantropométricos y metabólicos evaluados, mientras que la variable independiente fue el programa combinado de ejercicio físico y dieta hipocalórica. Las variables cineantropométricas y metabólicas se midieron al inicio (línea base), 7° (1er año), 19° (2° año), y 31° mes (3er año). Todos los sujetos completaron un cuestionario general de datos personales y un cuestionario de hábitos alimentarios (consumo energético). Además, se cuantificó la actividad física diaria de todos los sujetos a través de acelerometría. El estudio fue aprobado por el Comisión de Bioética y Bioseguridad de la Universidad de Extremadura y respetó los principios de la Declaración de Helsinki.

Programa de Ejercicio Físico

El programa de ejercicio físico consistió en tres sesiones semanales de 90 minutos durante un período de tres años (2008 a 2010). El total de sesiones fue de 230 y la duración total del programa de 20.700 minutos. Las sesiones se llevaron a cabo en un pabellón polideportivo, bajo la supervisión de dos Doctorandos en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (AGH y AMD) y bajo la supervisión de dos Doctores en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (YE y JMS). El sesión constó de un calentamiento (15-20 minutos), una parte principal basada en juegos y actividades multideportivas de carácter aeróbico (de moderada a vigorosa intensidad) (60-65 min), y una vuelta a la calma (5-



10 minutos). Este trabajo aeróbico ha mostrado ser beneficioso en la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria en niños obesos (Saavedra, Escalante, & García-Hermoso, 2011). La intensidad de la sesión se controló mediante acelerometría para asegurar que todos los sujetos realizaron las actividades con la misma intensidad y poder controlar la misma. El acelerómetro utilizado fue el Caltrac (Hemokinetics, Madison, WI, EE.UU.). Dicho acelerómetro se programó para que funcionase como un monitor de actividad física. Este acelerómetro uniaxial contiene un elemento piezoeléctrico que evalúa la intensidad del movimiento en el plano vertical ("motion counts"). Se ha mostrado como un instrumento válido para estimar el gasto energético en niños (Maliszewski, Freedson, Ebbeling, Crussemeyer, & Kastango, 1991) siendo utilizado en otros estudios (Moore, et al., 2003; Sallis, Buono, Roby, Carlson, & Nelson, 1990). El acelerómetro Caltrac no registra actividades como el remo o la natación. Sin embargo, éstas no se llevaron a cabo durante el programa de ejercicio físico o durante la actividad física diaria registrada de los sujetos.

La adherencia al programa de ejercicio físico se evaluó mediante el porcentaje de asistencia a las sesiones de ejercicio. Tras cumplimentarse los tres años del programa de ejercicio, esta adherencia fue superior al 78%. Se cuantificó la intensidad de 13 sesiones anuales seleccionadas al azar, lo que permitió determinar objetivamente que todos los sujetos llevaban a cabo el mismo programa de ejercicio físico y que se seguía una progresión a lo largo de los tres años de intervención. No se cuantificaron todas las sesiones puesto que todos y cada uno de los acelerómetros tenían que ser programados y colocados, lo que conllevaba perder tiempo del programa de ejercicio físico.

Dieta hipocalórica

La dieta hipocalórica consistió en cinco comidas equilibradas repartidas durante todo el día que aportaban un total de 1500 kcal/día. Dicha dieta es similar a la de otro estudio con niños obesos (Golan & Crow, 2004). Esto significa una reducción de 400 kcal/día, de nuevo una reducción similar a estudios previos (Ben Ounis, et al., 2008; Elloumi, et al., 2009). En este sentido, se han realizado estudios que recomiendan dietas de entre 1500 y 1800 kcal/día en niños obesos en edad de crecimiento, de este modo su

crecimiento y desarrollo no se verían comprometidos (Epstein, Myers, Raynor, & Saelens, 1998). La dieta se distribuyó de la siguiente manera: 57% de carbohidratos, 17% de proteínas y 26% de grasas. Los alimentos fueron seleccionados de acuerdo a los hábitos alimentarios de los sujetos. Para el seguimiento por parte de los sujetos, se intentó inculcar la "dieta del semáforo" por ser muy intuitiva y fácil de seguir (Collins, Warren, Neve, McCoy, & Stokes, 2007). Este protocolo se ha llevado a cabo en otros estudios en población infantil obesa (Epstein, Paluch, & Raynor, 2001). La principal ventaja de esta dieta es que no prohíbe grupos completos de alimentos sino que invita a comerlos con moderación. Esta dieta consiste en seguir las pautas indicadas con los colores (rojo, amarillo y verde, tal y como se interpretan los semáforos). Se llevaron a cabo reuniones periódicas con los padres de los niños para el control y seguimiento de la dieta (por parte del Servicio de Pediatría y los investigadores responsables). En estas reuniones se concienciaba a los padres de la importancia y cumplimiento de la dieta, aportándoles una serie de recomendaciones generales, centradas en la alimentación básica de estilo de vida saludable: consumir cinco o más porciones de frutas y verduras todos los días, la disminución de las bebidas azucaradas tales como refrescos, bebidas deportivas, y el azúcar añadido, zumos de frutas, preparar las comidas en casa en vez de restaurantes, etc.

Valoraciones

Todos los sujetos llevaron a cabo las siguientes valoraciones: estado puberal, hábitos alimentarios, actividad física diaria, cineantropometría y valoración metabólica (sanguínea).

El estado puberal de los niños fue evaluado por el Servicio de Pediatría del Hospital San Pedro de Alcántara de Cáceres, a través de la valoración del desarrollo del vello púbico siguiendo los estadios de Tanner (Tanner, Whitehouse, & Takaishi, 1966). Por su parte los hábitos alimentarios se evaluaron a través de un cuestionario *ad-hoc* de tres días (jueves, viernes y sábado) rellenado por los padres. El peso de los alimentos se estimó a partir del registro de los padres. Así, se registró el promedio de los tres días (kcal/día). Se utilizó el programa informático NutriBer para calcular la ingesta diaria de alimentos (Mataix & García, 2006). La actividad física diaria se



valoró cada uno de los años con un acelerómetro uniaxial validado uniaxial (Caltrac) durante el período de tres días consecutivos (jueves, viernes y sábado). Los sujetos registraron al comienzo y final del día el número de “motion counts” del acelerómetro (Sallis, et al., 1990). Finalmente se registró la puntuación final del Caltrac como el promedio de los tres días (motion counts/día). De esta manera se confirmó que todos los sujetos realizaban una actividad física diaria similar.

Las medidas cineantropométricas se llevaron a cabo siguiendo el protocolo de la ISAK (Norton, et al., 1996): talla, peso, masa grasa y masa magra (bioimpedancia). Se utilizó el siguiente material estandarizado: estadiómetro y báscula (Seca, Berlin, Alemania), y un medidor de bioimpedancia (Bodystat® 1500, Bodystat-USA inc. Tampa, Florida). Se calculó el IMC (kg/m^2) y a partir de estos se determinó las desviaciones z del IMC (zIMC) (Hernández, et al., 1988). Finalmente, los parámetros metabólicos evaluados fueron: concentración plasmática del colesterol total (CT) (Chod-Pad), HDL (HDL-C plus analizador), trigliceridemia (Chod-Pad), glucosa (glucosa HK analizador,) e insulinemia (human insulin RIA kit, Linco Research, Missouri, USA). Para el cálculo del índice de resistencia a la insulina (HOMA-IR) se utilizó la siguiente fórmula (Matthews et al., 1985): $\text{insulina } (\mu\text{U}/\text{mL}) \times \text{glucosa } (\text{mg}/\text{dL}) / (22,5 \times 18,182)$. Del mismo modo, los siguientes parámetros fueron calculados: índice LDL/HDL y CT/HDL. Para ello, una muestra de sangre (20 ml) se obtuvo de una vena antecubital entre las 8:30-9:30 a.m. después del ayuno nocturno. Para la extracción de sangre pasaron al menos 24 horas desde la realización del programa ejercicio físico realizado.

Análisis estadístico de los datos

Todas las variables cumplieron homocedasticidad y normalidad comprobada a través del test de Levene y prueba de Kolmogorov-Smirnov, respectivamente. Se calcularon estadísticos descriptivos básicos, media y desviación típica. Se utilizó un ANOVA de medidas repetidas con post-hoc de Tuckey para comparar la interacción entre los diferentes momentos de evaluación (línea base, 1º año, 2º año y 3º año). Asimismo, se calculó el tamaño del efecto (TE) e intervalo de confianza (IC) utilizando las siguientes categorías para su valoración: pequeño si $0 < |d| > 0,2$;

medio si $0,2 < |d| > 0,5$; y largo si $|d| > 0,5$ (Cohen, 1988). El nivel de significación para todas las pruebas estadísticas se estableció en $p \leq 0,05$. Todos los cálculos se realizaron con el programa estadístico SPSS (versión 16.0).

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los descriptivos básicos (media y desviación típica) del estado puberal, actividad física diaria, parámetros cineantropométricos y sanguíneos a lo largo de los años tres años de intervención del programa combinado de ejercicio físico y dieta hipocalórica.

Se observaron diferencias en los parámetros cineantropométricos zIMC (línea base > 3º año; $p=0,008$; $\text{TE}=-2,44$) y en la masa grasa (línea base > 1º año; $p=0,044$; $\text{TE}=-1,45$) (Tabla 1). Respecto a los parámetros metabólicos se observaron cambios a en el colesterol LDL (línea base > 2º año; $p=0,047$; $\text{TE}=-1,13$; línea base > 3º año; $p=0,044$; $\text{TE}=-1,18$), en la glucosa en ayunas también a largo plazo (línea base > 2º año; $p=0,046$; $\text{TE}=-1,20$), en la insulina resistencia (índice HOMA-IR) (línea base > 3º año; $p=0,023$; $\text{TE}=-0,33$), y por último, en el índice LDL/HDL entre el inicio y diversas evaluaciones (línea base > 2º año; $p=0,040$; $\text{TE}=-1,24$; línea base > 3º año; $p=0,030$; $\text{TE}=-1,23$). En este sentido, no se observaron cambios ni el estado puberal, ni en la actividad física diaria, lo que indica que los cambios ocasionados por la intervención no pueden ser atribuidos a estas variables.



Tabla 1. Cambios en el estado puberal, actividad física diaria, parámetros cineantropométricos y metabólicos en niños con obesidad.

	Línea Base	1 ^{er} año	2 ^o año	3 ^{er} año	ANOVA		
	Media ± DT	Media ± DT	Media ± DT	Media ± DT	F	p	Dif.
	a	b	c	d			
Estado puberal							
Estadio Tanner	1,80 ± 0,63	1,90 ± 0,57	2,25 ± 0,46	2,37 ± 0,52	2,175	0,110	
Actividad física diaria							
Actividad física, counts/día	149,9±36,3	158,3±75,4	181,2±52,6	221,0±41,6	1,544	0,213	
Cineantropometría							
Talla, m	1,47 ± 0,09	1,50 ± 0,10	1,52 ± 0,10	1,56 ± 0,11	1,444	0,247	
Peso, kg	60,5 ± 11,8	59,1 ± 13,0	63,7 ± 14,3	64,3 ± 15,5	0,326	0,806	
IMC, kg/m ²	27,9 ± 3,90	26,2 ± 4,82	26,1 ± 4,77	27,0 ± 5,31	0,317	0,813	
zIMC	4,20 ± 2,81	1,16 ± 4,45	0,26 ± 4,39	-2,07 ± 2,22	4,243	0,012	a>d
Masa grasa, %	33,0 ± 2,92	29,1 ± 2,43	31,6 ± 3,44	30,4 ± 3,94	2,535	0,043	a>b
Masa magra, kg	38,1 ± 7,47	39,7 ± 7,42	41,1 ± 9,05	41,6 ± 9,17	0,331	0,803	
Parámetros metabólicos							
CT, mg/dl	161,7 ± 24,5	158,4 ± 18,2	150,6 ± 25,5	150,1 ± 24,3	0,437	0,728	
HDL, mg/dl	44,2 ± 11,6	49,9 ± 17,0	56,2 ± 17,5	54,6 ± 20,2	0,931	0,437	
LDL, mg/dl	101,3 ± 16,4	98,1 ± 19,0	81,9 ± 18,0	81,0 ± 18,2	3,092	0,041	a>c, d
TG, mg/dl	81,1 ± 57,2	53,9 ± 18,1	60,2 ± 26,6	60,4 ± 25,6	1,637	0,200	
Insulina, µU/ml	9,73 ± 2,41	9,61 ± 5,31	9,67 ± 4,07	9,5 ± 6,76	1,318	0,095	
Glucosa, mmol/l	87,6 ± 5,50	88,3 ± 4,85	81,1 ± 5,32	88,4 ± 8,06	3,205	0,036	a>c
HOMA-IR	2,08 ± 0,57	1,90 ± 1,37	1,71 ± 1,01	1,70 ± 1,64	5,447	0,004	a>d
LDL/HDL	2,42 ± 0,66	2,17 ± 0,79	1,59 ± 0,68	1,52 ± 0,82	2,478	0,050	a>c, d
CT/HDL	3,84 ± 0,97	3,41 ± 0,89	2,85 ± 0,84	2,96 ± 1,17	1,756	0,176	

IMC, índice de masa corporal; CT, colesterol total; TG, triglicéridos; HOMA-IR, insulino resistencia; p<0,05



DISCUSIÓN

El presente estudio realizó un seguimiento a largo plazo (tres años – cuatro evaluaciones) de los efectos de un programa combinado de ejercicio físico y dieta hipocalórica sobre los parámetros cineantropométricos y sanguíneos en chicos obesos. Los resultados indicaron que una intervención longitudinal a largo plazo de ejercicio físico y dieta genera mejoras en diversos parámetros metabólicos, destacando los cambios en el colesterol LDL e insulino resistencia. Asimismo, tras la intervención los sujetos dejaron de ser considerados obesos (IMC < p97 según sexo y edad) (Hernández, et al., 1988).

Si se analizan los cambios generados en los parámetros cineantropométricos, se observó una tendencia decreciente a lo largo de los años, obteniendo diferencias entre la línea base y la última evaluación en el valor z del IMC (zIMC) (Tabla 1). Esto confirma estudios previos a corto plazo (12-16 semanas) (Ribeiro, et al., 2005; Shalitin, et al., 2009). No obstante, los estudios anteriores utilizaron restricciones calóricas mayores (1200-1400 kcal/día), lo que podría explicar las mejoras a corto plazo obtenidas. Por su parte, el programa de ejercicio físico llevado a cabo por ambos estudios fue similar al del presente trabajo (3 sesiones semanales de 90 minutos) (Shalitin, et al., 2009). Sólo se observa una intervención a largo plazo de estas características, si bien los resultados no coinciden con los hallazgos del presente estudio, tras aplicar una intervención de 48 semanas en la que no se modificó significativamente el IMC de los sujetos (Woo, et al., 2004). En este caso, este estudio tan solo llevo a cabo 140 minutos semanales (2 sesiones de 70 minutos) de ejercicio físico, lo que pudo ser insuficiente. Por otro lado, se produjeron cambios a corto plazo tras el primer año de intervención en la masa grasa de los sujetos. De nuevo un estudio a corto plazo obtiene mejoras en este parámetro tras una intervención similar (Shalitin, et al., 2009), confirmando la eficacia de esta intervención en la reducción de la grasa corporal del sujeto obeso (Watts, Jones, Davis, & Green, 2005).

En lo referente a los parámetros metabólicos, se produjeron cambios en el perfil lipídico de los sujetos, concretamente en el colesterol LDL e índice LDL/HDL a largo plazo (Tabla 1). Esto parece confirmar que el ejercicio físico combinado con la

dieta, al igual que el ejercicio físico aislado (Escalante, Saavedra, García-Hermoso, & Domínguez, 2012), influyen positivamente sobre los niveles de lípidos en sangre en los sujetos obesos (Watts, et al., 2005). Confirmando estos resultados, son varios los estudios que avalan estos beneficios (Nemet, et al., 2005; Shalitin, et al., 2009), pese a que uno de los estudios utilizó un programa de ejercicio físico de menor duración semanal (2 sesiones semanales de 30-45 minutos) (Nemet, et al., 2005). No obstante, ambos abogan por estudios a largo plazo como indican las últimas revisiones al respecto (Waters, et al., 2011). En este sentido, otro estudio a largo plazo (Woo, et al., 2004) que aplicó una dieta de 900-1200 kcal/día confirmó mejoras en el índice LDL/HDL (TE=-0,23), si bien en el colesterol LDL no se producen cambios significativos pese a la restricción estricta de su intervención. Por último, respecto a la insulino resistencia de los sujetos, se observaron cambios en cuanto al nivel del glucosa en sangre y el índice HOMA-IR a largo plazo. Pese a que los valores se encontraban dentro de los rangos considerados como normales (Alberti, Zimmet, & Shaw, 2005), ambos parámetros se redujeron. Otros estudios de similares características, pero con una intervención dietética más estricta (900-1400 kcal/día), también obtuvieron cambios en ambos parámetros (Ribeiro, et al., 2005; Woo, et al., 2004), lo que indica los beneficios a corto y a largo plazo de intervenciones combinadas sobre la insulino resistencia de los niños obesos.

Limitaciones del estudio

Una serie de limitaciones de este estudio deben tenerse en cuenta. En primer lugar, la falta de un grupo control con el que comparar los resultados obtenidos y determinar la eficacia del programa de ejercicio físico. No obstante, debido a que la obesidad es una enfermedad, es complejo obtener una muestra de niños que no lleve a cabo un tratamiento para paliar esta patología. En segundo lugar, el número de sujetos en el estudio fue pequeño (n= 10), aunque el carácter longitudinal del estudio podría hacer que esta limitación fuese relativamente menor.

Futuras líneas de investigación

Se podrían analizar los diferentes parámetros estudiados una vez los sujetos alcancen la edad adulta (18 años). De esta manera se podría constatar si el



programa llevado a cabo genera hábitos saludables a largo plazo. Del mismo modo, este análisis permitiría determinar tendencias y evaluar la eficacia en el tiempo de las intervenciones realizadas.

CONCLUSIONES

Debido al número de sujetos del presente estudio (n=10), es recomendable interpretar con cautela dichas conclusiones. Las conclusiones que se pueden extraer del presente estudio fueron las siguientes: (i) un programa combinado de ejercicio físico y dieta produce una disminución del zIMC a largo plazo, dejando de ser obesos tras la intervención (IMC < p97); (ii) un programa combinado de ejercicio físico y dieta produce una mejora en el perfil lipídico de los sujetos obesos a largo plazo (LDL e índice LDL/HDL); (iii) un programa combinado de ejercicio físico y dieta a largo plazo produce mejoras en la insulina resistencia del sujeto obeso (glucosa plasmática en ayunas e índice HOMA-IR), pese a que sus valores se encontraban cercanos a los normalidad al inicio del programa.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Fondo Social Europeo (FEDER) y la Consejería de Economía, Comercio e Innovación del Gobierno de Extremadura (3PRI07B092). Durante la finalización de este trabajo YE realizó una estancia de investigación en la Metropolitan Cardiff University, Wales (Reino Unido) financiada por el Fondo Social Europeo y la Consejería de Economía, Comercio e Innovación del Gobierno de Extremadura (PO10012). Del mismo modo, AGH disfruta de una beca de Formación de Personal Investigador (FPI) de la citada Consejería (PRE08060). Finalmente, queremos agradecer la colaboración del Dr F.Arroyo (valoración del estado puberal), M.J.Durán (reclutamiento de la muestra), un revisor anónimo (mejora del manuscrito) y las familias y a los niños participantes en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alberti, K. G.; Zimmet, P.; Shaw, J. (2005). The metabolic syndrome--a new worldwide definition. *Lancet*, 366(9491), 1059-1062.
2. Ben Ounis, O.; Elloumi, M.; Ben Chiekh, I.; Zbidi, A.; Amri, M.; Lac, G., et al. (2008). Effects of two-month physical-endurance and diet-restriction programmes on lipid profiles and insulin resistance in obese adolescent boys. *Diabetes Metab*, 34(6 Pt 1), 595-600.
3. Collins, C. E.; Warren, J. M.; Neve, M.; McCoy, P.; Stokes, B. (2007). Systematic review of interventions in the management of overweight and obese children which include a dietary component. *Int J Evid Based Healthc*, 5(1), 2-53.
4. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*: Lawrence Erlbaum.
5. Elloumi, M.; Ben Ounis, O.; Makni, E.; Van Praagh, E.; Tabka, Z.; Lac, G. (2009). Effect of individualized weight-loss programmes on adiponectin, leptin and resistin levels in obese adolescent boys. *Acta Paediatr*, 98(9), 1487-1493.
6. Ebbeling, C. B.; Pawlak, D. B.; Ludwig, D. S. (2002). Childhood obesity: public-health crisis, common sense cure. *Lancet*, 360(9331), 473-482.
7. Epstein, L. H.; Myers, M. D.; Raynor, H. A.; Saelens, B. E. (1998). Treatment of pediatric obesity. *Pediatrics*, 101(Supplement 2), 554.
8. Epstein, L. H.; Paluch, R. A.; Raynor, H. A. (2001). Sex differences in obese children and siblings in family-based obesity treatment. *Obes Res*, 9(12), 746-753.
9. Escalante, Y.; Saavedra, J. M.; García-Hermoso, A.; & Domínguez, A. M. (2012). Improvement of the lipid profile with exercise in obese children: A systematic review. *Prev Med*, 54, 293-301.
10. Freedman, D. S.; Dietz, W. H.; Srinivasan, S. R.; Berenson, G. S. (1999). The relation of overweight to cardiovascular risk factors among children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*, 103(6 Pt 1), 1175-1182.
11. Golan, M.; Crow, S. (2004). Targeting Parents Exclusively in the Treatment of Childhood Obesity: Long-Term Results. *Obesity*, 12(2), 357-361.
12. Han, J. C.; Lawlor, D. A.; Kimm, S. Y. (2010). Childhood obesity. *Lancet*, 375(9727), 1737-1748.



13. Hernández, M.; Castellet, J.; Narvaiza, J. L.; Rincón, J. M.; Ruiz, I.; Sánchez, E.; et al. (1988). *Curvas y tablas de crecimiento*. Madrid: Garsi.
14. Lobstein, T.; Baur, L.; Uauy, R. (2004). Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obes Rev*, 5 Suppl 1, 4-104.
15. Maliszewski, A.F.; Freedson, P. S.; Ebbeling, C. J.; Crussemeyer, J.; Kastango, K. B. (1991). Validity of the Caltrac accelerometer in estimating energy expenditure and activity in children and adults. *Pediatric Exercise Science*, 3, 141-151.
16. Mataix, J.; García, L. (2006). *Nutriber*. Madrid, España: Fundación Universitaria Iberoamericana.
17. Moore, L. L.; Gao, D.; Bradlee, M. L.; Cupples, L. A.; Sundarajan-Ramamurti, A.; Proctor, M. H.; et al. (2003). Does early physical activity predict body fat change throughout childhood? *Preventive Medicine*, 37(1), 10-17.
18. Nemet, D.; Barkan, S.; Epstein, Y.; Friedland, O.; Kowen, G.; Eliakim, A. (2005). Short- and long-term beneficial effects of a combined dietary-behavioral-physical activity intervention for the treatment of childhood obesity. *Pediatrics*, 115(4), 443-449.
19. Norton, K.; Whittingham, N.; Carter, L.; Kerr, D.; Gore, C.; Marfell-Jones, M. (1996). Measurement techniques in anthropometry. *Anthropometrika*, 1, 25-75.
20. Ribeiro, M. M.; Silva, A. G.; Santos, N. S.; Guazzelle, I.; Matos, L. N. J.; Trombetta, I. C.; et al. (2005). Diet and exercise training restore blood pressure and vasodilatory responses during physiological maneuvers in obese children. *Circulation*, 111(15), 1915-1923.
21. Sallis, J. F.; Buono, M. J.; Roby, J. J.; Carlson, D.; Nelson, J. A. (1990). The Caltrac accelerometer as a physical activity monitor for school-age children. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 22(5), 698.
22. Saavedra, J. M.; Escalante, Y.; & García-Hermoso, A. (2011). Improvement of aerobic fitness in obese children: a meta-analysis. *Int J Pediatr Obes*, 6(3-4), 169-177.
23. Shalitin, S.; Ashkenazi-Hoffnung, L.; Yackobovitch-Gavan, M.; Nagelberg, N.; Karni, Y.; Hershkovitz, E.; et al. (2009). Effects of a twelve-week randomized intervention of exercise and/or diet on weight loss and weight maintenance, and other metabolic parameters in obese preadolescent children. *Horm Res*, 72(5), 287-301.
24. Tanner, J. M.; Whitehouse, R. H.; Takaishi, M. (1966). Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. I. *Archives of Disease in Childhood*, 41(219), 454-471.
25. Waters, E.; de Silva-Sanigorski, A.; Hall, B. J.; Brown, T.; Campbell, K. J.; Gao, Y.; et al. (2011). Interventions for preventing obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev* (12).
26. Watts, K.; Jones, T. W.; Davis, E. A.; Green, D. (2005). Exercise training in obese children and adolescents: current concepts. *Sports Med*, 35(5), 375-392.
27. Woo, K. S.; Chook, P.; Yu, C. W.; Sung, R. Y.; Qiao, M.; Leung, S. S.; et al. (2004). Effects of diet and exercise on obesity-related vascular dysfunction in children. *Circulation*, 109(16), 1981-1986.

