



Original

Evaluación longitudinal de la composición corporal por diferentes métodos como producto de una intervención integral para tratar la obesidad en escolares chilenos

Fabián Vásquez¹, Erik Díaz², Lydia Lera², Loretta Vásquez², Aleyrina Anziani², Bárbara Leyton² y Raquel Burrows²

¹Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. ²Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos (INTA), Universidad de Chile.

Resumen

Introducción: En Chile, el principal problema nutricional de la población infantil, lo constituye la obesidad. El alarmante incremento de la obesidad infantil, ha generado la imperiosa necesidad de desarrollar programas de prevención y tratamiento, pero los resultados han sido poco alentadores ya que no han logrado el impacto esperado en el estado nutricional de la población objetivo. Para lo cual es necesario utilizar otras estrategias, como la incorporación del ejercicio físico de fuerza muscular.

Objetivo: Determinar el impacto de una intervención integral (ejercicio físico, educación alimentaria y apoyo psicológico) en la composición corporal de escolares obesos al finalizar la intervención y en la post-intervención.

Métodos: La muestra fue de 61 niños obesos (IMC \geq p 95) de ambos sexos, entre 8 y 13 años, que participaron en una intervención integral para tratar la obesidad infantil a corto plazo (3 meses) y mediano plazo (12 meses). Se evaluó la composición corporal por dilución isotópica, pletismografía, absorciometría radiográfica y el modelo de cuatro compartimentos de Fuller.

Resultados: En ambos sexos se produjo un incremento significativo en el tiempo en MLG (kg) por 4C, en GC (%) por dilución isotópica en niños se redujo en la post-intervención, mientras en las niñas disminuyó significativamente en el tiempo y en MLG (kg) por dilución isotópica aumentó significativamente en ambos sexos. En relación a la magnitud y dirección de los cambios en el tiempo, sólo hubo diferencia significativa por sexo en MLG (%) por dilución isotópica, el incremento fue significativamente mayor en niños, como producto de la intervención ($p=0,000$).

Conclusiones: Una intervención que incluye ejercicio físico programado mejora la composición corporal, pero su efecto se revierte a mediano plazo si el entrenamiento cesa. Lo anterior, reafirma la necesidad de la sostenibilidad de las intervenciones en el tiempo.

(Nutr Hosp. 2013;28:148-154)

DOI:10.3305/nh.2013.28.1.6149

Palabras clave: *Intervención. Ejercicio físico. Fuerza muscular. Composición corporal.*

Correspondencia: Fabián Vásquez V.

Escuela de Nutrición y Dietética de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

Avenida Independencia 1027 Santiago (Chile).

E-mail: fvasquez@med.uchile.cl

Recibido: 03-IX-2012.

Aceptado: 26-XI-2012.

LONGITUDINAL ASSESSMENT OF BODY COMPOSITION BY DIFFERENT METHODS AS PRODUCT OF A INTEGRAL INTERVENTION FOR TREATING OBESITY IN CHILEAN CHILDREN SCHOOL

Abstract

Introduction: In Chile, the main nutritional problem of children, is obesity. The alarming increase in childhood obesity, has generated an urgent need to develop prevention and treatment programs, unfortunately, the results have been disappointing because they have not achieved the expected impact on the nutritional status of the target population. For this it is necessary to use other strategies, such as incorporating exercise of muscle strength.

Objective: To determine the impact of an integral intervention (exercise, nutritional education and psychological support) in the body composition of obese school children after the intervention and post-intervention.

Methods: The sample consisted of 61 obese children (BMI \geq p 95) of both sex, between 8 and 13 years old, who participated in an integral intervention for treating childhood obesity in the short term (3 months) and medium term (12 months). Body composition was assessed by isotope dilution, plethysmography, radiographic absorptiometry and four-compartment model of Fuller.

Results: There was a significant increase over time in FFM (kg) by 4C in both sex, GC (%) by isotope dilution in boys was reduced in the post-intervention, while in girls decreased significantly over time and FFM (kg) by isotope dilution significantly increased in both sex. According to the magnitude and direction of change in time, there was only significant difference by sex in FFM (%) by isotope dilution, the increase was significantly higher in boys a result of the intervention ($p = 0,000$).

Conclusions: An intervention that includes programmed exercise improves body composition. However, its effect is reversed in the medium term if training ceases. This reaffirms the need for sustainability of interventions over time.

(Nutr Hosp. 2013;28:148-154)

DOI:10.3305/nh.2013.28.1.6149

Key words: *Intervention. Physical exercise. Muscle strength. Body composition.*

Abreviaciones

IMC: Índice de masa corporal.
GC: Grasa corporal.
MLG: Masa libre de grasa.
4C: 4 compartimentos.
DEXA: Absorciometría radiográfica.

Introducción

La malnutrición por exceso en la población escolar de Chile, evidenciada mediante las cifras de prevalencia de sobrepeso y obesidad, ha aumentado sostenidamente, situación similar a otros países^{1,2}. A partir de 1997, la prevalencia de obesidad en los escolares chilenos, ha continuado aumentando, alcanzando un 23,1% en el año 2010^{3,4}.

La obesidad se asocia a un conjunto de factores de riesgo cardiovasculares, denominado síndrome metabólico, que determina un mayor riesgo de diabetes mellitus II, enfermedades cardiovasculares isquémicas y muerte prematura. La obesidad infantil produce una serie de consecuencias de distinto tipo en los preescolares, escolares y adolescentes, entre las cuales destacan una asociación significativa entre el aumento de grasa corporal con el incremento progresivo de la presión arterial (tanto sistólica como diastólica), colesterol-LDL, triglicéridos, resistencia a insulina que produce mayor riesgo de enfermedad cardiovascular, hipertensión arterial, diabetes mellitus y muerte temprana en la etapa adulta⁵⁻⁹. Otro aspecto no menor, son las consecuencias psicosociales en los escolares y adolescentes obesos, en donde son objeto temprano y sistemático de discriminación por sus pares, dado por su mayor tamaño corporal lo que altera la apreciación de su edad real. A esto se suma la poca habilidad para desarrollar actividades deportivas o juegos, lo cual aumenta esta discriminación y rechazo, contribuyendo al aislamiento y a su negativa autoimagen corporal que persiste en la etapa adulta. Estudios longitudinales han demostrado una repercusión en la sociabilidad y en las condiciones socioeconómicas futuras de los adolescentes obesos^{6,8,10}.

La acumulación excesiva de grasa corporal produce un alto impacto en la salud de los individuos obesos, que afecta negativamente su condición física, vitalidad y en general su calidad de vida. Estos trastornos pueden mantenerse hasta la vida adulta, si no hay intervenciones orientadas a tratar de contener la epidemia de la obesidad y prevenir el incremento de las consecuencias negativas asociadas a la malnutrición por exceso¹¹. Tales intervenciones debieran ser efectivas en lograr la restauración de la homeostasis (cardiovascular y metabólica) corporal que no siempre se logra con las iniciativas actualmente en uso. Por ello es que el presente estudio pretende evaluar el impacto de en la composición corporal de una intervención integral que incluye educación alimentaria, ejercicio físico de fuerza y

apoyo psicológico. El ejercicio físico de entrenamiento muscular, ha sido utilizado como terapia tanto en la prevención como en el tratamiento de personas con resistencia a insulina, observándose a la par con la mejoría en la funcionalidad muscular una mejora en la captación y transporte de glucosa y en la oxidación de lípidos^{12,13}. Este tipo de ejercicio ha evidenciado también una gran eficacia en mejorar la sensibilidad insulínica y la función vascular en niños¹²⁻¹⁵. Sin embargo, una vez que este ejercicio se suspende, los beneficios a la salud logrados se debilitan o desaparecen^{16,17}. El objetivo de este estudio fue establecer el impacto de una intervención integral en la composición corporal de escolares obesos como producto de la intervención (3 meses) y post-intervención (12 meses).

Métodos

La muestra fue de 61 escolares obesos de ambos sexos, entre 8 y 13 años, seleccionados de una escuela municipalizada de la comuna de Macul, de Santiago de Chile. La escuela fue escogida por conveniencia, debido a la cercanía del colegio con el lugar de medición de las variables medidas y la necesidad de trasladar al niño en ayunas antes de su horario escolar. Los criterios de inclusión fueron IMC \geq percentil 95 del referente CDC-NCHS¹⁸, asistencia en jornada completa al establecimiento educacional, asentimiento de los escolares y consentimiento firmado del adulto responsable del niño. Se establecieron como criterios de exclusión el diagnóstico médico de trastorno psicomotor, uso de fármacos que alteraran composición la corporal, actividad física, ingesta alimentaria y/o parámetros bioquímicos. Esta investigación fue aprobada por el Comité de Ética, del INTA de la Universidad de Chile.

Antropometría

Se evaluó el peso (kg) y la talla (cm), temprano en la mañana, con el niño (a) con un mínimo de ropa, de pie frente a la balanza, con los pies juntos al centro de ésta, los brazos apegados al cuerpo, la cabeza erguida formando una línea paralela al suelo al unir el ángulo del ojo y el nacimiento de la oreja. Se utilizó una balanza electrónica de precisión (SECA®) con cartabón incluido, con una precisión de 10 gramos y 0,1 centímetros. Para los cuatro pliegues cutáneos (bicipital, tricípital, subescapular y suprailíaco), se usó un caliper Lange de precisión milimétrica (1 mm), con la técnica descrita por Lohman et al.¹⁹

Caracterización de la intervención

Durante tres meses, el grupo participó de cinco sesiones educativas grupales de nutrición y alimenta-

ción, en las cuales se les presentó información sobre aspectos relacionados con alimentación saludable. También asistieron a cinco sesiones con psicólogo para favorecer en los niños la capacidad de reconocer y descubrir: el sentido y significado personal de sus hábitos alimentarios; la toma de conciencia acerca de los factores personales, ambientales, emocionales y relacionales involucrados en la conducta alimentaria; y facilitar un proceso individual que promoviera un cambio hacia un estilo de vida más saludable. La intervención con ejercicio se llevó a cabo en el establecimiento educacional, por lo que cada niño debió asistir tres veces a la semana en días no consecutivos, a una sesión de 45 minutos (30 en total). La intervención se enfocó en el entrenamiento de fuerza muscular local, mediante la realización de ejercicios que hacían llegar hasta la fatiga a 6 grupos musculares: bíceps (izquierdo y derecho), hombros (izquierdo y derecho), pectoral (izquierdo y derecho), abdominales, gemelos (izquierdo y derecho) y muslo (izquierdo y derecho). Para este fin se utilizaron mancuernas (brazos) y el peso corporal (piernas). El objetivo de este entrenamiento fue lograr la recuperación de la funcionalidad muscular, tanto en capacidad funcional como en trabajo, ambos perdidos por efecto de la inactividad física. El circuito de trabajo empleado fue el método que ha sido denominado «1 2 3», que consiste en 1 minuto de ejercicio conducente a la fatiga de un grupo muscular aislado, con 2 minutos de descanso, repetidos en 3 ocasiones^{20,21}.

Composición corporal

La composición de la grasa corporal y la MLG en porcentaje y en kilos, se evaluaron por tres métodos diferentes: dilución isotópica, DEXA y pletismografía. Los resultados de estas mediciones fueron el insumo para determinar la grasa corporal por el modelo de 4 compartimentos de Fuller²². El modelo de Fuller es considerado el «gold estándar», para establecer la grasa corporal total porque toma en cuenta la variabilidad de los componentes corporales.

Ecuación de Fuller:

$$GC (Kg) = [(2.747 * VC) - (0.710 * ACT)] + [(1.460 * CMO) - (2.050 * P)]$$

VC= volumen corporal en litros (pletismografía), ACT= agua corporal total en litros (dilución isotópica), CMO= contenido mineral óseo en kg. (DEXA) y P= peso corporal (kg).

La dilución isotópica con Deuterio, permite determinar el agua corporal total. El isótopo se administró vía oral, una dosis de 4 gramos de óxido de deuterio al 99,8%, de acuerdo al peso corporal del menor. El agua corporal se midió mediante la determinación de la concentración de óxido de deuterio, de acuerdo al método de Plateau. Esto requirió que los sujetos estuvieran en

ayuno total durante un periodo de tres horas (equilibración del isótopo). Reduciendo al mínimo los cambios en el contenido total de agua corporal²³. Se tomó una muestra de saliva (basal), aproximadamente 2 ml. Luego, se dio la dosis de deuterio y una cantidad adicional de 20 ml de agua corriente. Al cabo de tres horas, durante la cual no hubo micción, ni ingesta adicional de líquido o alimentos, se tomó la segunda muestra de saliva (post-dosis), congelándose a -20°C. Posteriormente, para el análisis de la concentración de deuterio en la saliva, se descongeló la muestra, equilibrando en gas de hidrógeno y añadiendo platino al 5% en aluminio durante tres días. La relación deuterio/hidrógeno en el gas liberado se analizó mediante Espectrometría de masas (Hydra, Europa Scientific, Crewe, Cheshire, United Kingdom).

En la pletismografía²⁴ se utilizó un Pletismógrafo por desplazamiento de aire (BOD POD, mod 2000, Life Measurement, Inc, Concord, USA). Los niños fueron medidos con el mínimo de ropa (sólo interior), sin objetos metálicos y con una gorra de natación para comprimir el pelo. A continuación, los niños fueron pesados en una balanza calibrada con una precisión de 5 g. El sistema realiza primero una medición de presión de la cámara vacía, luego se mide su exactitud empleando un cilindro de calibración de 50 litros de volumen y a continuación se mide el sujeto en 2-3 oportunidades. El volumen corporal obtenido por este método se usó para la ecuación de cuatro compartimentos. La absorciometría radiográfica de energía dual (dual-energy X-ray absorptiometry DEXA) para estimar la densidad mineral ósea se realizó en un Ghc Lunar Prodigy DPX-NT (Lunar Radiology, WI, USA) de última generación, que evalúa el cuerpo entero mediante un barrido de cinco minutos²⁵. Los niños y niñas, se colocaron en posición supina en la camilla de evaluación, en ropa interior y cubiertos con una bata.

Todas estas mediciones se realizaron al inicio del estudio, tres meses y al año de haber iniciado la intervención.

Procesamiento y análisis estadístico de los datos

Según la naturaleza de las variables se llevó a cabo estadísticas descriptivas, en aquellas que cumplieron las hipótesis de normalidad se usó el promedio y la desviación estándar poblacional, en caso contrario la mediana y el rango intercuartílico. Para establecer las diferencias por sexo, se utilizó el test de Student o el test de Wilcoxon para muestras independientes. La grasa corporal se calculó por medio del modelo de 4C de Fuller²². Posteriormente, se compararon los resultados obtenidos en la línea de base (0 mes), final de la intervención (3 meses) y post-intervención (12 meses), utilizando ANOVA con medidas repetidas (paramétrico). También, se analizó la interacción de las variables entre en el tiempo, utilizando la prueba ANOVA sexo*tiempo. Se estableció un $p < 0,05$ el punto de

corte para la significancia estadística. Los datos del estudio fueron analizados con el programa STATA versión 10.0.

Resultados

La tabla I presenta las características antropométricas de la muestra por sexo. Los niños tienen valores significativamente mayores que las niñas, en las variables edad, peso, talla, IMC, zIMC, circunferencia braquial, circunferencia cintura y pliegue tricipital.

En la tabla II, se muestran los resultados de composición corporal por sexo, en el tiempo. Al comparar niños y niñas, hubo diferencia estadísticamente significativa, sólo en niños en las variables GG (%) por 4C, con una reducción sostenida en el tiempo, MLG (%) por 4C, con un incremento en el tiempo, MLG (%) por dilución isotópica, aumentó al término de la intervención y se redujo en la post-intervención, MLG (kg) por DEXA,

Tabla I
Características antropométrica de la muestra por sexo
(Valores: $x \pm De$, Me y RI)

Variables	Niños (n = 33)	Niñas (n = 28)	$p^{1,2}$
Edad (años)	12,4 ± 1,5	10,9 ± 2,0	0,008 ¹
Peso (kg)	67,5 ± 14,8	54,7 ± 15,2	0,005 ¹
Talla (cm)	154,3 ± 10,6	144,8 ± 10,5	0,001 ¹
IMC (kg/m ²)	26,5 (3,0)	27,0 (1,8)	0,04 ²
IMC (puntaje z)	2,9 (1,8)	2,5 (1,1)	0,03 ²
Circunferencia braquial (cm)	28,8 ± 3,2	26,3 ± 3,2	0,006 ¹
Circunferencia cintura (cm)	94,4 ± 9,7	88,3 ± 11,5	0,04 ¹
Bicipital (mm)	11,0 ± 2,6	10,5 ± 2,7	0,19 ¹
Tricipital (mm)	20,7 ± 4,9	19,2 ± 4,2	0,04 ¹
Subescapular (mm)	27,3 ± 7,5	25,7 ± 7,9	0,16 ¹
Suprailíaco (mm)	32,8 ± 8,0	30,2 ± 8,6	0,19 ¹

x: promedio; DE: desviación estándar; Me: mediana; RI: rango intercuartílico
¹ Test Student ² Test Wilcoxon

Tabla II
Cambios en la composición corporal de la muestra en el tiempo, según sexo (Valores: $x \pm DE$)

Variables	Sexo	0 Mes	3 Meses	12 Meses	p^1	p^2
4C GC (%)*	1	39,4 ± 7,0	38,8 ± 7,5	38,0 ± 6,9	0,018	0,296
	2	39,9 ± 5,9	40,9 ± 4,2	39,4 ± 5,0	0,078	
4C GC (kg)*	1	26,7 ± 8,6	27,0 ± 9,0	26,5 ± 9,2	0,929	0,807
	2	22,4 ± 8,7	23,4 ± 7,6	22,9 ± 8,1	0,651	
4C MLG (%)	1	60,6 ± 7,1	61,2 ± 7,5	62,0 ± 6,9	0,018	0,296
	2	60,1 ± 5,9	59,0 ± 4,2	60,6 ± 5,0	0,078	
4C MLG (kg)	1	40,7 ± 9,3	42,3 ± 10,5	42,5 ± 10,0	0,000	0,167
	2	32,3 ± 7,4	32,9 ± 7,5	34,2 ± 7,7	0,001	
Dilución isotópica GC (%)	1	38,7 ± 6,3	38,7 ± 6,1	37,4 ± 5,9	0,000	0,296
	2	41,1 ± 4,1	40,9 ± 4,3	40,3 ± 4,5	0,032	
Dilución isotópica GC (kg)	1	26,3 ± 8,1	27,0 ± 8,6	26,1 ± 8,6	0,522	0,652
	2	22,8 ± 7,9	23,4 ± 7,8	23,4 ± 7,9	0,956	
Dilución isotópica MLG (%)	1	61,2 ± 6,3	78,3 ± 18,2	62,6 ± 5,9	0,000	0,000
	2	58,9 ± 4,1	60,9 ± 13,3	59,7 ± 4,5	0,668	
Dilución isotópica MLG (kg)	1	41,1 ± 9,2	42,3 ± 9,8	42,9 ± 9,8	0,000	0,106
	2	31,9 ± 7,7	32,9 ± 7,2	33,7 ± 7,5	0,001	
DEXA GC (%)	1	40,4 ± 6,3	40,2 ± 5,8	39,9 ± 6,2	0,084	0,050
	2	41,0 ± 4,5	41,2 ± 4,9	41,8 ± 5,2	0,146	
DEXA GC (kg)	1	27,6 ± 8,7	28,2 ± 9,1	27,9 ± 9,5	0,581	0,527
	2	22,9 ± 8,3	23,7 ± 8,6	24,5 ± 8,9	0,006	
DEXA MLG (%)	1	59,6 ± 6,3	59,8 ± 5,8	60,1 ± 6,2	0,084	0,050
	2	59,0 ± 4,5	58,8 ± 4,9	58,2 ± 5,2	0,146	
DEXA MLG (kg)	1	39,9 ± 8,5	41,1 ± 8,9	41,0 ± 8,9	0,000	0,065
	2	31,8 ± 7,4	32,5 ± 6,3	32,7 ± 6,4	0,418	
Pletismografía GC (%)	1	42,2 ± 8,1	41,6 ± 8,4	41,4 ± 7,5	0,410	0,714
	2	42,0 ± 7,6	42,3 ± 5,4	42,8 ± 6,0	0,884	
Pletismografía GC (kg)	1	28,6 ± 9,3	29,0 ± 10,2	29,4 ± 10,3	0,818	0,896
	2	23,7 ± 9,5	24,2 ± 8,2	25,0 ± 9,1	0,597	
Pletismografía MLG (%)	1	57,8 ± 8,0	58,4 ± 8,4	58,6 ± 7,5	0,396	0,775
	2	57,8 ± 7,7	57,7 ± 5,4	57,2 ± 6,0	0,842	
Pletismografía MLG (kg)	1	38,8 ± 9,3	40,2 ± 9,9	40,6 ± 9,7	0,006	0,762
	2	31,0 ± 7,4	32,1 ± 7,0	32,2 ± 6,8	0,314	

x: promedio; DE: desviación estándar 1: Niños; 2: Niñas * Ecuación de Fuller. ¹ANOVA medidas repetidas ²ANOVA Sexo*tiempo

con un incremento a los tres meses y una reducción a los doce meses y MLG (kg) por pletismografía, aumentó significativamente en el tiempo. En el caso de las niñas, hubo un incremento significativo en GC (kg) por DEXA. En ambos sexos se produjo un incremento significativo en el tiempo en MLG (kg) por 4C, en GC (%) por dilución isotópica en niños se redujo en la post-intervención, mientras en las niñas disminuyó significativamente en el tiempo y en MLG (kg) por dilución isotópica aumentó significativamente en ambos sexos.

Otro análisis realizado fue evaluar cómo se dio la magnitud y dirección de los cambios a través del tiempo, al comparar por sexo. Sólo hubo diferencia significativa entre niños y niñas en la variable MLG (%) por dilución isotópica. En niños, el incremento fue significativamente mayor como producto de la intervención ($p=0,000$) (fig. 1).

Discusión

En esta investigación, se analizaron los resultados de una intervención integral (ejercicio físico, educación alimentaria y apoyo psicológico) en relación a los cambios en composición corporal por sexo (GC y MLG), utilizando diferentes métodos. Un análisis general muestra una reducción de la GC y un incremento de la MLG al término de la intervención con una reversión de los cambios en la post-intervención. La mayoría de las intervenciones que han utilizado esta modalidad de ejercicio han evaluado la grasa corporal al término de la intervención y seguimiento posterior. Ferguson et al.²⁶, estudió el efecto de 4 meses de ejercicio de fuerza sobre la resistencia insulínica utilizando un modelo de intervención cruzada en niños obesos de 7 a 11 años, observando una reducción de grasa corporal de 2,2%

($p<0,001$), evaluado por DEXA. Otro estudio, también con DEXA, investigó el efecto de un programa de fuerza muscular durante ocho semanas en niños con sobrepeso u obesidad, mostró una disminución de la grasa corporal de 2,6% ($p=0,003$)²⁷. A su vez, una intervención con ejercicio físico de fuerza muscular durante 10 semanas en niños con sobrepeso, de 5 a 10 años, que incluyó además tres sesiones de nutrición al niño y dos de educación alimentaria para los padres, mostró mayor disminución del porcentaje de grasa corporal en los intervenidos que en los controles (DEXA) ($p=0,00051$)²⁸. Resultados similares encuentran Owens et al.²⁹, quienes estudiaron el impacto de un programa de ejercicio durante cuatro meses en niños obesos, de 7 a 11 años observando una reducción del porcentaje de grasa corporal ([DELTA] = -2.2% en los intervenidos ($p<0,01$)). También se ha visto en niños eutróficos al igual que en los con sobrepeso, que el ejercicio de fuerza muscular, reduce significativamente la adiposidad central y total y aumenta la masa libre de grasa en asociación con la fuerza muscular^{30,31}. El ejercicio de alta intensidad es el que está asociado con un mayor consumo de oxígeno y oxidación de grasa post-ejercicio comparado con el ejercicio de baja intensidad³². Sin embargo, cabe señalar una extensa revisión que estudió el efecto de los programas de ejercicio físico en la composición corporal de niños obesos, determinó mediante regresión lineal paso a paso, que la mayor varianza asociada con cambios en la composición corporal después del ejercicio, esta asociada a la grasa corporal inicial, a la intensidad y tipo de ejercicio³³.

En los individuos obesos, las actividades físicas de baja y moderada intensidad, generalmente han sido consideradas como los estímulos óptimos para promover la oxidación de grasa pero esta idea proviene de la fisiología del ejercicio en deportistas. Lo que se encuen-

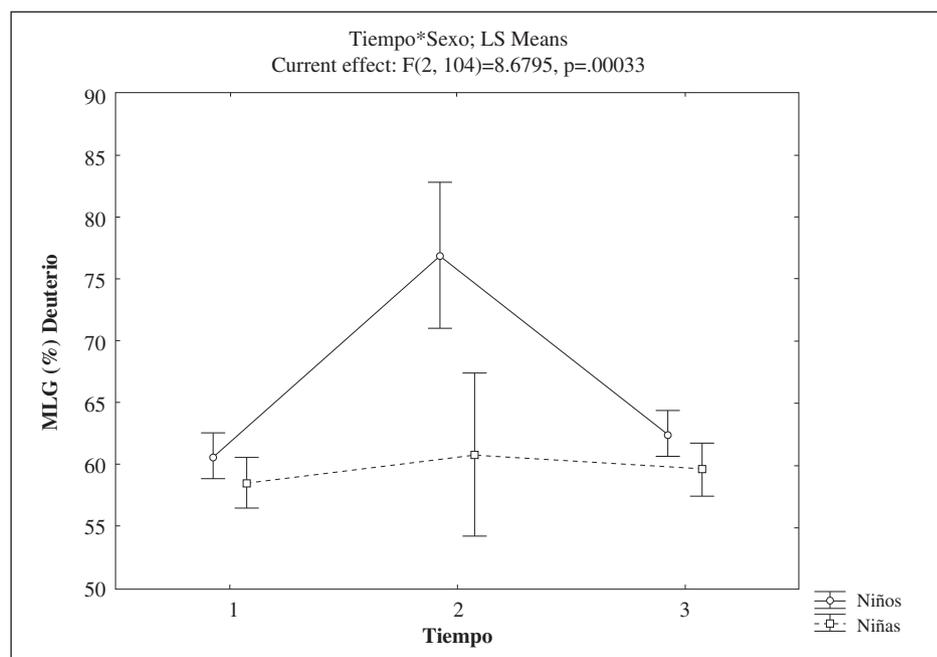


Fig. 1.— Interacción de MLG (%) por dilución isotópica en el tiempo, según sexo. (Valores: $x \pm DE$).

tra habitualmente en obesos es que aún a bajas intensidades su metabolismo energético es provisto a partir de glucosa y muy poca o nada de participación de las grasas³⁴. El manejo de la intensidad del esfuerzo físico es individual y por ello cada caso debe ser evaluado y ajustar la intensidad a su propia capacidad. El ejercicio de alta intensidad permite restablecer el funcionamiento muscular cuando es dosificado (intensidad, duración y frecuencia)³⁵. Estudios en adultos han evidenciado que el ejercicio físico de alta intensidad mejora la adiposidad total y central^{36,37}. Los resultados de estudios en niños eutróficos, sobrepeso y obesos, señalan que este tipo de ejercicio también mejora significativamente la adiposidad central y total, aumenta la masa libre de grasa en asociación con la fuerza muscular^{32,38}.

Esta investigación permitió evidenciar en escolares obesos, el impacto del ejercicio físico como herramienta terapéutica en la recuperación de su composición corporal, al inicio, término y en la post-intervención. Se demuestra que una intervención que incluye ejercicio físico programado mejora la composición corporal, pero su efecto se revierte a mediano plazo si el entrenamiento cesa. Esta evidencia reafirma la necesidad de sustentabilidad de las intervenciones en el tiempo, entregando información relevante a la hora de formular intervenciones para prevenir y tratar la obesidad infantil, en donde la comunidad educativa debe asumir un rol activo, que permitan la proyección de estas intervenciones³⁹⁻⁴¹.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el Proyecto Domeyko de la Universidad de Chile. También agradecemos la participación activa y motivada de las comunidades educativas que participaron en este estudio.

Referencias

1. Ebbeling C, Pawlak D, Ludwig D. Childhood obesity: public-health crisis, common sense cure. *Lancet* 2002; 360(9331): 473-482.
2. Martinez JA. Body-weight regulation: causes of obesity. *Proc Nutr Soc* 2000; 59(3): 337-345.
3. Muzzo S, Cordero J, Ramirez I, Burrows R. Trend in nutritional status and stature among school age children in Chile. *Nutrition* 2004; 20: 867-973.
4. Chile. Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas. Mapa Nutricional [En Línea]. 2010 [citado 30 Junio de 2011]. Disponible en: URL: http://sistemas.junaeb.cl/estadosnutricionales_2010/index2.php
5. Daniels SR. Complications of obesity in children and adolescents. *Int J Obes (Lond)* 2009; 33 Suppl 1: S60-S65.
6. Dezenberg CV, Nagy TR, Gower BA, Johnson R, Goran MI. Predicting body composition from anthropometry in pre-adolescent children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1999; 23(3): 253-259.
7. Freedman D, Khan LK, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson G. Relationship of childhood obesity to coronary heart disease risk factors in adulthood: the Bogalusa Heart Study. *Pediatrics* 2001; 108(3): 712-718.
8. Must A, Strauss RS. Risks and consequences of childhood and adolescent obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1999; 23 Suppl 2: S2-S11.

9. Whitaker R, Wright J, Pepe M, Seidel K, Dietz WH. Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity. *N Engl J Med* 1997; 337(13): 869-873.
10. Gortmaker SL, Must A, Perrin JM, Sobol AM, Dietz WH. Social and economic consequences of overweight in adolescence and young adulthood. *N Engl J Med* 1993; 329(14): 1008-1012.
11. Stein CJ, Colditz GA. The epidemic of obesity. *J Clin Endocrinol Metab* 2004; 89(6): 2522-2525.
12. Hawley JA. Exercise as a therapeutic intervention for the prevention and treatment of insulin resistance. *Diabetes Metab Res Rev* 2004; 20(5): 383-393.
13. Hawley JA, Lessard SJ. Exercise training-induced improvements in insulin action. *Acta Physiol (Oxf)* 2008; 192(1): 127-135.
14. Shaibi GQ, Cruz ML, Ball GD, Weigensberg MJ, Salem GJ, Crespo NC, et al. Effects of resistance training on insulin sensitivity in overweight Latino adolescent males. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38(7): 1208-1215.
15. Watts K, Beye P, Siafarikas A, O'Driscoll G, Jones TW, Davis EA, et al. Effects of exercise training on vascular function in obese children. *J Pediatr* 2004; 144(5): 620-625.
16. Chang C, Liu W, Zhao X, Li S, Yu C. Effect of supervised exercise intervention on metabolic risk factors and physical fitness in Chinese obese children in early puberty. *Obesity Reviews* 2008; 9(Suppl 1): 135-141.
17. Misra A, Alappan NK, Vikram NK, Goel K, Gupta N, Mittal K, et al. Effect of supervised progressive resistance-exercise training protocol on insulin sensitivity, glycemia, lipids, and body composition in Asian Indians with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2008; 31(7): 1282-1287.
18. National Center for Health Statistical (NCHS) - Centers for Disease Control and Prevention (CDC) [Online]. [2002?] [citado 16 Enero de 2008]. Available from: URL: <http://www.cdc.gov/GrowthCharts/>
19. Lohman TG, Boileau RA, Slaughter RA (1984). Body composition in children. In: Lohman TG. Editor. Human body composition. New York: Human Kinetics, pp 29-57.
20. Chile. Ministerio de Salud. Programa de Alimentación Saludable y Actividad Física para la Prevención de Enfermedades Crónicas en Niñas, Niños, Adolescentes y Adultos [En Línea]. 2008 [citado 07 Diciembre de 2010]. Disponible en: URL: <http://webhosting.redsalud.gov.cl/minsal/archivos/alimentosynutricion/estrategiaintervencionorientacionespasaf2008.doc>
21. Díaz E, Saavedra C. Ejercicio y restauración metabólica. Nutrición, salud y bienestar. Revista para profesionales de la Salud (12), 26-40. 2008. Santiago: Nestlé Chile S.A.
22. Fuller NJ, Jebb SA, Laskey MA, Coward WA, Elia M. Four-component model for the assessment of body composition in humans: comparison with alternative methods, and evaluation of the density and hydration of fat-free mass. *Clin Sci (Lond)* 1992; 82(6): 687-93.
23. Schoeller DA. Hydrometry. In: Roche A, Heymsfield S, Lohman TG, editors. Human body composition. New York: Human Kinetics, 1996: 25-43.
24. Goin SB. Densitometry. In: Roche A, Heymsfield S, Lohman TG. Editors. Human body composition. New York: Human Kinetics, 1996: 3-23.
25. Lohman TG. Dual Energy X-Ray Absorptiometry. In: Roche A, Heymsfield S, Lohman TG. Editors. Human body composition. New York: Human Kinetics, 1996: 63-78.
26. Ferguson MA, Gutin B, Le NA, Karp W, Litaker M, Humphries M, et al. Effects of exercise training and its cessation on components of the insulin resistance syndrome in obese children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1999; 23(8): 889-895.
27. McGuigan MR, Tataschiere M, Newton RU, Pettigrew S. Eight Weeks of Resistance Training Can Significantly Alter Body Composition in Children Who Are Overweight or Obese. *J Strength Cond Res* 2009; 23(1): 80-85.
28. Woo KS, Chook P, Yu CW, Sung RY, Qiao M, Leung SS, et al. Effects of diet and exercise on obesity-related vascular dysfunction in children. *Circulation* 2004; 109(16): 1981-1986.
29. Owens S, Gutin B, Allison J, Riggs S, Ferguson M, Litaker M, et al. Effect of physical training on total and visceral fat in obese children. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31(1): 143-148.

30. Bamman MM. The exercise dose response: key lessons from the past. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2008; 294(2): E230-E231.
31. Doyle-Baker PK, Venner AA, Lyon ME, Fung T. Impact of a combined diet and progressive exercise intervention for overweight and obese children: the B.E. H.I.P. study. *Appl Physiol Nutr Metab* 2011; 36(4): 515-525.
32. Benson AC, Torode ME, Fiatarone Singh MA. The effect of high-intensity progressive resistance training on adiposity in children: a randomized controlled trial. *Int J Obes (Lond)* 2008; 32(6): 1016-1027.
33. LeMura LM, Maziekas MT. Factors that alter body fat, body mass, and fat-free mass in pediatric obesity. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 487-496.
34. Yoshioka M, Doucet E, St-Pierre S, Almeras N, Richard D, Labrie A. et al. Impact of high-intensity exercise on energy expenditure, lipid oxidation and body fatness. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001; 25: 332-339.
35. Doucet E, Imbeault P, Almeras N, Tremblay A. Physical activity and low-fat diet: is it enough to maintain weight stability in the reduced-obese individual following weight loss by drug therapy and energy restriction? *Obes Res* 1999; 7: 323-333.
36. Kay SJ, Fiatarone MA. The influence of physical activity on abdominal fat: a systematic review of the literature. *Obes Rev* 2006; 7: 183-200.
37. González G, Hernández S, Pozo P, García D. Asociación entre tejido graso abdominal y riesgo de morbilidad: efectos positivos del ejercicio físico en la reducción de esta tendencia. *Nutr Hosp* 2011; 26(4): 685-691.
38. Treuth MS, Hunter GR, Pichon C, Figueroa-Colon R, Goran MI. Fitness and energy expenditure after strength training in obese prepubertal girls. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 1130-1136.
39. Medina-Blanco RI, Jiménez-Cruz A, Pérez-Morales ME, Armendáriz-Anguiano AL, Bacardí-Gascón M. Programas de intervención para la promoción de actividad física en niños escolares: revisión sistemática. *Nutr Hosp* 2011; 26(2): 265-270.
40. Aryana M, Li Z, Bommer WJ. Obesity and physical fitness in California school children. *Am Heart J* 2012; 163(2): 302-312.
41. Taber DR, Chiqui JF, Chaloupka FJ. Association and diffusion of nutrition and physical activity policies on the state and district level. *J Sch Health* 2012; 82(5): 201-209.