

Original

Métodos de composición corporal y modelo de cuatro compartimentos en escolares obesos chilenos

F. Vásquez¹, E. Diaz², L. Lera², L. Vásquez², A. Anziani² 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. Chile.

Resumen

Introducción: En Chile, la prevalencia de obesidad en los escolares es de 21,3%. El estudio y la intervención individual de esta malnutrición, hacen necesario contar no sólo con indicadores globales de estado nutricional, sino también, indicadores que entreguen información de la composición corporal.

Objetivo: Comparar las estimaciones de la grasa corporal de dilución isotópica, pletismografía y absorciometría radiográfica con el modelo de 4C en escolares obesos.

Métodos: Se trabajó con 61 niños obesos (IMC \geq p 95) de ambos sexos, entre 8 y 13 años, reclutados en un colegio de una comuna de la ciudad de Santiago. La determinación de composición corporal multicompartmental, consideró dilución isotópica, pletismografía y absorciometría radiográfica; utilizando como patrón de referencia el modelo de cuatro compartimentos de Fuller.

Resultados: En ambos sexos, el método que mejor concordancia mostró con el referente de 4 compartimentos fue la dilución isotópica ($r = 0,98$; $p < 0,01$). En niños, la dilución isotópica subestima la grasa corporal en -0,40 kg. Al contrario, la absorciometría radiográfica y la pletismografía sobreestiman la grasa corporal en 0,81 kg y 1,89 kg respectivamente. En mujeres, todos los métodos sobreestiman la grasa corporal, destacando con un menor valor la dilución isotópica (0,46 kg), luego la absorciometría radiográfica (0,52 kg) y la pletismografía (1,31 kg).

Conclusiones: La dilución isotópica con deuterio sería el método más sensible para estimar grasa corporal en estudios de investigación ya que muestra la mejor concordancia con el gold estándar del modelo multicompartmental.

(Nutr Hosp. 2012;27:1079-1085)

DOI:10.3305/nh.2012.27.4.5819

Palabras clave: *Composición Corporal. 4 Compartimentos, Dilución Isotópica. Absorciometría Radiográfica. Pletismografía.*

METHODS OF BODY COMPOSITION AND FOUR COMPARTMENTS MODEL IN OBESE SCHOOL CHILDREN

Abstract

Introduction: In Chile, the prevalence of obesity in schoolchildren is 21.3%. The study and individual intervention of this malnutrition, it is necessary to have not only global indicators of nutritional status, but also indicators that give information on body composition.

Objective: To compare estimates of body fat isotopic dilution, plethysmography and radiographic absorptiometry 4C model in overweight schoolchildren.

Methods: We worked with 61 obese (BMI \geq p 95) of both sexes, between 8 and 13 years, enrolled in a school in a district of the city of Santiago. The multicompartmental body composition determination, considered isotopic dilution, plethysmography and radiographic absorptiometry. Using as a reference standard four compartment model of Fuller.

Results: In both sexes, the method showed better agreement with the reference of 4 compartments was isotope dilution ($r = 0.98$, $p < 0.01$). In children, the isotopic dilution underestimates body fat in -0.40 kg. By contrast, DEXA and plethysmography overestimate body fat by 0.81 kg and 1.89 kg respectively. In women, all methods overestimate body fat, with less emphasis isotopic dilution value 0.46 kg, 0.52 kg after DEXA and plethysmography 1.31 kg.

Conclusions: The deuterium isotopic dilution would be the most sensitive method for estimating body fat in research studies because it shows the best agreement with the gold standard multicompartmental model.

(Nutr Hosp. 2012;27:1079-1085)

DOI:10.3305/nh.2012.27.4.5819

Key words: *Body Composition. 4 Compartments. Isotopic Dilution. Radiographic Absorptiometry. Plethysmography.*

Correspondencia: Fabián Vásquez V.
Escuela de Nutrición y Dietética.
Facultad de Medicina. Universidad de Chile.
Avenida Independencia 1027, Santiago, Chile.
E-mail: fvasquez@med.uchile.cl

Recibido: 22-II-2012.
Aceptado: 2-III-2012.

Abreviaturas

- MG: Masa grasa.
MLG: Masa libre de grasa.
4C: 4 compartimentos.
SM: Síndrome metabólico.
DEXA: Absorciometría radiográfica.

Introducción

La obesidad infantil en las últimas décadas, ha aumentado en una proporción alarmante, tanto en los países desarrollados como en los vías de desarrollo¹. Un balance energético positivo mantenido en el tiempo y provocado por el exceso en la ingesta de energía y/o la disminución de la actividad física, se traduce en un incremento creciente del peso corporal². En Chile, a partir de 1987, la prevalencia de obesidad en los escolares que ingresan al sistema escolar ha crecido progresivamente, variando del 5% al 21,3% en el año 2010^{3,4}. Los escolares chilenos muestran un consumo de lácteos, frutas y verduras, muy inferior a la recomendación y un elevado consumo de alimentos de alta densidad energética, provenientes de golosinas dulces y saladas, bebidas, chocolates, etc.⁵⁻⁷. Este consumo de alimentos es similar con los hábitos alimentarios de los niños en edad escolar en España, según Fernández San Juan⁸.

Con respecto a la actividad física, la evidencia disponible señala que los escolares presentan un patrón de actividad predominantemente sedentario, ya que invierten más de 10 h diarias en actividades de gasto mínimo (clases, computador y otro tipo de actividades sedentarias)⁹⁻¹¹.

La obesidad infantil se asocia a una serie de trastornos entre los que destacan la mantención de la obesidad en la etapa adulta, un crecimiento y maduración ósea acelerada y una tendencia a una pubertad más temprana. En las niñas obesas se observa trastornos del ciclo menstrual, insulinoresistencia, hirsutismo, acné y acantosis nigricans que constituyen el Síndrome de Ovario Poliquístico. Estudios longitudinales han demostrado que la obesidad infantil y el SM pediátrico incrementan el riesgo de Diabetes mellitus 2 y de SM en los adultos^{12,13}. Todos estos trastornos están directamente asociados a la magnitud y distribución de la grasa corporal, por lo que es importante contar con métodos que permitan estimarla adecuadamente y de esa forma conocer y ponderar el riesgo asociado¹⁴. Varios estudios coinciden en que el aumento de la grasa corporal es un indicador temprano de riesgo cardiovascular y se correlaciona directamente con la magnitud y la prevalencia de las alteraciones metabólicas¹⁵⁻¹⁷.

De esta forma, una adecuada evaluación de la composición grasa corporal en niños y adolescentes, adquiere una gran relevancia tanto para las investigaciones científicas como en la práctica clínica¹⁸. El uso de métodos de dos compartimentos, no resultan sensi-

ble para estimar los cambios a corto plazo que experimenta el obeso, lo que obliga a buscar métodos más sensibles para evaluar estos cambios, tanto en la fase del aumento como de la pérdida de peso. En la actualidad, se recomienda la evaluación de dos compartimentos en forma independiente (a lo menos) para evaluar dichos cambios: volumen de agua corporal y porcentaje de grasa corporal (idealmente por densitometría). El peso corporal, menos la suma de estos dos compartimentos, puede proporcionar información más adecuada sobre cambios en la masa muscular y ósea¹⁹.

El enfoque multicompartimental (4C) implica una evaluación independiente de la densidad corporal, agua corporal y huesos. Este enfoque puede dar cuenta de desviaciones en la calidad de la MLG, en parte, porque en el modelo de 4C las mediciones de los componentes individuales de la MLG (acuosa y hueso) son independientes y no asumen una densidad constante. Aunque este método es considerado un gold estándar, no es práctico, debido a su elevado costo y al equipo necesario para medir agua corporal total y la mineralización ósea. Por ello, a pesar de las numerosas ventajas se ha utilizado escasamente en la población pediátrica, en comparación con otras técnicas¹⁹. El objetivo de este estudio fue comparar las estimaciones de la grasa corporal obtenidas por dilución isotópica, pletismografía y absorciometría radiográfica en relación al modelo de 4C en escolares obesos.

Métodos

La muestra estuvo conformada por 61 escolares obesos (IMC \geq p 95 del CDC-NCHS) de ambos sexos, entre 8 y 13 años²⁰, seleccionados en un establecimiento educacional de una comuna de la ciudad de Santiago de Chile. La selección del colegio fue por conveniencia, sobre la base de la cercanía del colegio con el lugar de medición de las variables evaluadas y la necesidad de trasladar al niño en ayunas antes de su horario escolar. Entre los criterios de inclusión destacan IMC \geq percentil 95 del referente CDC-NCHS²⁰, asistencia en jornada completa al establecimiento educacional, asentimiento de los escolares y consentimiento firmado de los padres (madre, padre o cuidador), para participar en el estudio. Los criterios de exclusión considerados fueron diagnóstico médico de trastorno psicomotor, uso de fármacos que alteraran composición 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

El peso en kilos y la talla en centímetros, se midieron temprano en la mañana, con el escolar con un mínimo de ropa, de pie frente a la balanza, con los pies juntos al

centro de ésta, los brazos pegados 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. Se midieron los 4 pliegues cutáneos (bicipital, tricípital, subescapular y suprailíaco), con un caliper Lange de precisión milimétrica (1 mm), con la técnica descrita por Lohman et al.; en triplicado²¹.

Composición corporal

La composición de la grasa corporal y la MLG en kilos, se evaluaron por tres métodos diferentes: dilución isotópica, pletismografía y DEXA. Estas mediciones en conjunto, permiten obtener el mejor resultado para cuantificar la grasa corporal usando el modelo de 4 compartimentos de Fuller²². El modelo de Fuller fue considerado el “gold estándar”, porque toma en cuenta la variabilidad de todos sus componentes. Esta ecuación ha sido validada previamente en niños del mismo grupo etario²³.

La ecuación de Fuller del modelo de 4C es la siguiente:

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

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 de forma oral en una dosis de 4 gramos de óxido de deuterio al 99,8%, de acuerdo al peso corporal. 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 período de tres horas que corresponde al período de equilibración. Lo anterior, reduce al mínimo los cambios en el contenido total de agua corporal²⁴. 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 (postdosis) que fue congelado a temperatura de -20 °C. 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 pletismografía se utilizó un Pletismógrafo por desplazamiento de aire (BOD POD, mod 2000, Life Measurement, Inc, Concord, USA), que ha sido validado en niños. Los niños fueron medidos con el

mínimo de ropa (sólo interior), sin objetos metálicos y con una gorra de natación para comprimir el pelo. Posteriormente 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 minutos. Los niños y niñas, se colocaron en posición supina en la camilla de evaluación, en ropa interior y cubiertos con una bata.

Procesamiento y análisis estadístico de los datos

Los datos recolectados fueron expresados utilizando estadística descriptiva, a través de mínimos, máximos y tablas de frecuencias. A continuación, se hizo una descripción de todas las variables. Para las variables continuas se realizó el test de bondad de ajuste de Shapiro Wilk y test de homogeneidad de varianza. 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. Inmediatamente, se compararon por medio del test de Student o el test de Wilcoxon para muestras independientes. Se calculó la grasa corporal por medio del modelo de 4C de Fuller²². Los resultados de este modelo fueron confrontados con los obtenidos al aplicar los métodos de dilución isotópica, pletismografía y DEXA. Esta comparación se hizo usando el coeficiente de concordancia de Lin²⁵ y el método de Bland y Altman²⁶. 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

En la tabla I, se muestran las características antropométricas de la muestra por sexo. Los niños presentan valores significativamente mayores que las niñas, en las variables edad, peso, talla, IMC, zIMC, circunferencia braquial, circunferencia cintura y pliegue tricípital.

En composición corporal (tabla II), al comparar niños y niñas, hubo diferencia estadísticamente significativa en la cantidad de MLG (kg) pero no en el % de GCT, tanto en el Modelo de 4C, como en la dilución isotópica, DEXA y pletismografía.

La tabla III, presenta los coeficientes de correlación de concordancia de Lin²⁵, para los diferentes métodos

Tabla I
Características antropométricas 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	0,0081
Peso (kg)	67,5 ± 14,8	54,7 ± 15,2	0,0051
Talla (cm)	154,3 ± 10,6	144,8 ± 10,5	0,0011
IMC (kg/m ²)	26,5 (3,0)	27,0 (1,8)	0,042
IMC (ptje z)	2,9 (1,8)	2,5 (1,1)	0,032
Circunferencia braquial (cm)	28,8 ± 3,2	26,3 ± 3,2	0,0061
Circunferencia cintura (cm)	94,4 ± 9,7	88,3 ± 11,5	0,041
Bicipital (mm)	11,0 ± 2,6	10,5 ± 2,7	0,191
Tricipital (mm)	20,7 ± 4,9	19,2 ± 4,2	0,041
Subescapular (mm)	27,3 ± 7,5	25,7 ± 7,9	0,161
Supraíliaco (mm)	32,8 ± 8,0	30,2 ± 8,6	0,191

x: Promedio; DE: Desviación estándar; Me: Mediana; RI: Rango intercuartílico.
¹Test Student; ²Test Wilcoxon.

Tabla II
Composición corporal de la muestra por sexo, según los diferentes métodos (valores: $x \pm DE$)

Variables	Niños (n = 35)	Niñas (n = 28)	p
4C GC (%) [*]	39,4 ± 7,0	39,7 ± 5,9	0,7771
4C GC (kg) [*]	26,7 ± 8,6	22,4 ± 8,7	0,0511
4C MLG (kg)	40,7 ± 9,3	32,3 ± 7,4	0,0031
Dilución isotópica GC (%)	38,7 ± 6,3	41,1 ± 4,1	0,1011
Dilución isotópica MLG (kg)	41,1 ± 9,1	31,9 ± 7,7	0,00011
DEXA GC (%)	40,4 ± 6,3	41,0 ± 4,5	0,7031
DEXA MLG (kg)	39,9 ± 8,5	31,8 ± 7,4	0,00021
Pletismografía GC (%)	42,2 ± 8,1	42,0 ± 7,6	0,9081
Pletismografía MLG (kg)	38,8 ± 9,3	31,0 ± 7,4	0,00071

x: Promedio; DE: Desviación estándar.

¹Test Student.

^{*}Ecuación de Fuller.

para estimar grasa corporal (dilución isotópica, DEXA y pletismografía) con el “estándar de referencia” modelo de cuatro compartimentos (4C) de Fuller²², en niños y niñas. Los niños presentan un coeficiente de concordancia que fluctúan entre 0,96 a 0,98; en cambio en las mujeres van desde 0,97 a 0,98. En niños y niñas, el método que mostró mejor concordancia con el referente 4C fue la dilución isotópica (0,98).

A continuación, se presentan las concordancias por sexo, entre los métodos y el modelo de cuatro compartimentos, determinada por la prueba de Bland y Altman²⁶. En los niños (tabla IV), la dilución isotópica subestimó la grasa corporal en -0,40 kg. Al contrario, el DEXA y la pletismografía sobreestiman la grasa corporal en 0,81 kg y 1,89 kg respectivamente. En niñas (tabla V) todos los métodos sobreestiman la grasa cor-

Tabla III
Coefficiente de concordancia de Lin entre los diferentes métodos para determinar grasa corporal (dilución isotópica, DEXA y pletismografía) versus grasa corporal medida por cuatro compartimentos, en niños y niñas

Métodos	r	Niños (95% IC)	p	r	Niñas (95% IC)	p
Dilución isotópica	0,98	0,96-0,99	< 0,01	0,98	0,96-0,99	< 0,01
DEXA	0,97	0,94-0,99	< 0,01	0,97	0,95-0,99	< 0,01
Pletismografía	0,96	0,94-0,98	< 0,01	0,97	0,95-0,99	< 0,01

r: Correlación; 95% IC: Intervalo de confianza.

Tabla IV
Análisis de concordancia (Bland & Altman) entre los diferentes métodos para determinar grasa corporal (dilución isotópica, DEXA y pletismografía) versus grasa corporal medida por cuatro compartimentos, en niños

Métodos	x de la diferencia (kg)	DE	(95% IC)
Dilución isotópica	-0,40	1,75	-3,83 3,03
DEXA	0,81	2,08	-3,27 4,89
Pletismografía	1,89	1,51	-1,07 4,87

x: Promedio; DE: Desviación estándar; 95% IC: Intervalo de confianza.

Tabla V
Análisis de concordancia (Bland & Altman) entre los diferentes métodos para determinar grasa corporal (dilución isotópica, DEXA y pletismografía) versus grasa corporal medida por cuatro compartimentos, en niñas

Métodos	x de la diferencia (kg)	DE	(95% IC)
Dilución isotópica	-0,46	1,55	-2,58 3,50
DEXA	0,52	1,94	-3,27 4,33
Pletismografía	1,31	1,56	-1,75 4,38

x: Promedio; DE: Desviación estándar; 95% IC: Intervalo de confianza.

poral, destacando con un menor valor la dilución isotópica (0,46 kg), al compararla con el DEXA (0,52 kg) y la pletismografía (1,31 kg).

Discusión

La estimación de la grasa corporal total (kg y %), no muestra diferencias por sexo tanto en el modelo de 4C, como en los métodos utilizados en la determinación de la composición corporal. No obstante, se observaron diferencias estadísticamente significativas al comparar la MLG en kilos en hombres y mujeres, tanto con la dilución isotópica, como con el DEXA y pletismografía. Esto es esperable en sujetos obesos donde la grasa corporal refleja la magnitud de la retención calórica pero la MLG muestra las diferencias propias del sexo. Estos resultados son similares a la investigación de Park y cols.²⁷, quienes evaluaron las diferencias de MG y MLG en relación al género.

Con respecto a los coeficientes de correlación de concordancia de los diferentes métodos para estimar grasa corporal (dilución isotópica, DEXA y pletismografía) con el “estándar de referencia” el modelo de 4C de Fuller²², en ambos sexos se observó un mayor coeficiente de concordancia con la dilución isotópica (r = 0,98). Los mismos resultados fueron obtenidos por Field y Goran²⁸, cuya muestra estuvo conformada por escolares de 9 a 14 años y se utilizó la misma metodología de este estudio. Sin embargo, en otro trabajo realizado en escolares obesos de 13-14 años, la concordancia entre dilución isotópica y el modelo de 4C fue menor (0,96 y 0,92 en niños y niñas respectivamente). La concordancia del DEXA con el modelo de 4C, en niños fue r = 0,97, resultado semejante al trabajo de Gately y cols.²⁹, mientras que en niñas fue distinto al compararlo con la misma investigación (0,97 versus 0,90). En relación al mismo estudio, los resultados de concordancia de pletismografía son iguales en varones r = 0,96 y diferentes en mujeres 0,93 vs 0,96.

En ambos sexos, el método del agua deuterada muestra la estimación más cercana al modelo de 4C. En los varones, la dilución isotópica subestimó la grasa corporal en $-0,40 \pm 1,75$ kg, similar aunque menor a lo observado en el estudio de Roemmich et al.³⁰, donde los valores fluctuaron entre $-0,77 \pm 1,04$ y $-0,87 \pm 0,96$ kg, dependiendo del estadio de desarrollo puberal. En las mujeres, hay una sobreestimación de $0,46 \pm 1,55$ kg, resultados opuestos a los obtenidos en las investigaciones de Gately y cols.²⁹ y Roemmich y cols.³⁰, quienes encontraron una subestimación de la grasa corporal de $-0,6 \pm 3,9$ kg y $-0,5 \pm 0,96$ a $-0,94 \pm 0,91$ kg.

En niños y niñas el DEXA sobreestima la grasa corporal ($0,81 \pm 2,08$ y $0,52 \pm 1,94$ kg, respectivamente) en cifras menores a las observadas en una investigación que incorporó sólo escolares obesos donde la sobreestimación alcanzó valores de $1,7 \pm 3,8$ kg en hombres y $2,2 \pm 4,4$ kg en mujeres. Por el contrario, un estudio en niños y niñas eutróficos y con malnutrición por exceso, el DEXA subestimó la grasa corporal ($-3,43 \pm 9,09$ y $-1,13 \pm 8,41$ respectivamente).

Con relación a la pletismografía, en ambos sexos hubo una sobreestimación de la grasa corporal, mayor en varones que en mujeres ($1,89 \pm 1,51$ kg y $1,31 \pm 1,56$ kg respectivamente). Gately y cols.²⁹ coinciden en la sobreestimación pero esta fue similar en ambos sexos ($1,8 \pm 3,5$ kg y $1,8 \pm 4,2$ kg respectivamente). Field y Goran²⁸, también demuestran una subestimación de la grasa corporal utilizando la pletismografía de $1,7$ kg.

Los resultados de nuestro estudio muestran que el método de la dilución isotópica tiene la mejor concordancia con el modelo de 4C; lo que coincide con un estudio comparativo que lo valida frente a otros métodos²³. Este último trabajo fue realizado en un grupo de escolares de 8 a 12 años de edad, en los que se comparó la estimación de grasa corporal de varios métodos bicompartimentales en relación con la referencia de 4 compartimentos y se demostró que el método más sensible para medir grasa corporal en niños fue la dilución isotópica²³.

Una de las debilidades de este estudio es que sólo incluye niños obesos, por lo que no puede extrapolarse a toda la población infantil. A pesar de los resultados obtenidos, consideramos que la antropometría (IMC, Perímetro de cintura, ecuaciones predictoras de grasa corporal) sigue siendo un estimador útil de la composición corporal cuando no exista otro método disponible o para ser utilizado en estudios grupales o de seguimiento poblacional. Sin embargo, cuando se requiere una mejor estimación de la grasa corporal como es el caso de estudios de investigación o evaluar las variaciones a mediano y corto plazo en pacientes con sobrepeso y obesidad, el método de dilución isotópica con deuterio es el más sensible si no se dispone de modelo multicompartimental.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el Proyecto Domeyko de la Universidad de Chile. También agrade-

cemos 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. Martínez 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]. 2008 [citado 30 Junio de 2011]. Disponible en: URL:http://sistemas.junaeb.cl/estadosnutricionales_2010/index2.php
5. Burrows R, Montoya A, Gattas V, Díaz E, Sciaraffia V, Lera L. Hábitos de ingesta y actividad física en escolares de enseñanza básica y media según tipo de establecimiento al que asisten. *Rev Med Chil* 2008; 136: 53-63.
6. Loaiza S, Atalah E. Factores de riesgo de obesidad en escolares de primer año básico de Punta Arenas. *Rev Chil Pediatr* 2006; 77 (1): 20-26.
7. Olivares S, Bustos N, Moreno X, Lera L, Cortez S. Actitudes y prácticas sobre alimentación y actividad física en niños obesos y sus madres en Santiago, Chile. *Rev Chil Nutr* 2006; 33 (2): 170-179.
8. Fernández San Juan P. M. Dietary habits and nutritional status of school aged children in Spain. *Nutr Hosp* [revista en la Internet]. 2006 Jun [citado 2012 Feb 22]; 21(3): 374-378. Available from: URL:http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000300014&lng=es.
9. Atalah E, Urteaga C, Rebolledo A, Delfín S, Ramos R. Patrones alimentarios y de actividad física en escolares de la Región de Aysén. *Rev Chil Pediatr* 1999; 70 (6): 483-490.
10. Olivares S, Kain J, Lera L, Pizarro F, Vio F, Moron C. Nutritional status, food consumption and physical activity among Chilean school children: a descriptive study. *Eur J Clin Nutr* 2004; 58 (9): 1278-1285.
11. Olivares S, Bustos N, Lera L, Zelada ME. Estado nutricional, consumo de alimentos y actividad física en escolares mujeres de diferente nivel socioeconómico de Santiago de Chile. *Rev Med Chil* 2007; 135 (1): 71-78.
12. Sun SS, Liang R, Huang TT, Daniels SR, Arslanian S, Liu K, Grave GD, Siervogel RM. Childhood obesity predicts adult metabolic syndrome: the Fels Longitudinal Study. *J Pediatr* 2008; 152 (2): 191-200.
13. Morrison JA, Friedman LA, Wang P, Glueck CJ. Metabolic syndrome in childhood predicts adult metabolic syndrome and type 2 diabetes mellitus 25 to 30 years later. *J Pediatr* 2008; 152 (2): 201-6.
14. Treche HM, García AM. Métodos para la evaluación de la composición corporal en humanos. Indicadores bioquímicos para la evaluación del estado nutricional. Editorial La Habana Cuba. FACES; 1996: 11-89.
15. Wattigney W, Harsha D, Srinivasan S, Webber L, Berenson G. Increasing impact of obesity on serum lipids and lipoproteins in young adults. The Bogalusa Heart Study. *Arch Intern Med* 1991; 151: 2017-2022.
16. Freedman D, Kettel-Khan L, Dietz W, Srinivasan S, Berenson G. Relationship of childhood obesity to coronary heart disease risk factors in adulthood. The Bogalusa Heart Study. *Pediatrics* 2001; 108 (3): 712-718.
17. Geib HC, Parhofer KG, Schwandt P. Parameters of childhood obesity and their relationship to cardiovascular risk factors in healthy prepubescent children. *Int J Obes* 2001; 25: 830-837.
18. Wells JCK, Fewtrell MS. Is body composition important for paediatricians? *Arch Dis Child* 2008; 93: 168-172.

19. Lohman TG. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exer Sports Sci Rev* 1986; 14: 325-357.
20. 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/>
21. 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.
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. Wells J, Fuller N, Dewit O, Fewtrell M, Elia M, Cole T. Four-component model of body composition in children: density and hydration of fat-free mass and comparison with simpler models. *Am J Clin Nutr* 1999; 69 (5): 904-12.
24. Schoeller DA. Hydrometry. In: Roche A, Heymsfield S, Lohman TG, editors. Human body composition. New York: Human Kinetics, 1996: 25-43.
25. Lin LI. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics* 1989; 45 (1): 255-268.
26. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 1 (8476): 307-310.
27. Park H, Park K, Kim MH, Kim GS, Chung S. Gender differences in relationship between fat-free mass index and fat mass index among Korean children using body composition chart. *Yonsei Med J* 2011; 52 (6): 948-52. doi: 10.3349/ymj.2011.52.6.948
28. Fields DA, Goran MI. Body composition techniques and the four-compartment model in children. *J Appl Physiol* 2000; 89 (2): 613-620.
29. Gately PJ, Radley D, Cooke CB, Carroll S, Oldroyd B, Truscott JG, Coward WA, Wright A. Comparison of body composition methods in overweight and obese children. *J Appl Physiol* 2003; 95 (5): 2039-2046.
30. Roemmich JN, Clark PA, Weltman A, Rogol AD. Alterations in growth and body composition during puberty. I. Comparing multicompartiment body composition models. *J Appl Physiol* 1997; 83 (3): 927-935.