

G. Rodríguez Martínez<sup>1</sup>, A. Sarriá Chueca<sup>2</sup>, J. Fleta Zaragoza<sup>3</sup>, L.A. Moreno Aznar<sup>4</sup>, M. Bueno Sánchez<sup>5</sup>

*An Esp Pediatr 1998;48;111-115.*

### Introducción

La exploración del estado nutricional de un individuo es un amplio y complejo campo dentro de la medicina, compuesto por varios apartados, que a su vez poseen diferentes contenidos. Uno de estos apartados con entidad propia es el estudio de la composición corporal que completa la exploración del estado nutricional, junto con una buena historia clínica, encuesta dietética, exploración física, pruebas bioquímicas e incluso genéticas.

La innata curiosidad por conocer el estado nutricional, y en especial la composición corporal, es tan antigua como la vida misma. Las contestaciones más arcaicas a la eterna pregunta «¿de qué estamos hechos?» eran teorías dualistas que enfrentaban algo bueno a algo malo, positivo a negativo, ying-yang, etc.: un desequilibrio en algún factor ocasionaba problemas tanto físicos como psíquicos. Hipócrates, padre de la medicina, con su teoría de los “Cuatro Humores” (sangre, pituita, bilis negra y bilis amarilla), ofreció su propia explicación en la que un desequilibrio en dichos humores producía un determinado trastorno<sup>(1)</sup>.

Hasta el siglo XIX, según épocas y tendencias de la humanidad, se sucedieron diferentes corrientes, más filosóficas que científicas. Los estudios de Quetelet (1870) para obtener las medidas del hombre medio según la Ley de Gauss, fueron ideados para determinar las proporciones ideales para cada segmento corporal e iniciaron el concepto actual de antropometría. Estos estudios fueron continuados por diversos autores, entre ellos Richer (1890) que usó por primera vez un calibrador y Matiegka que creó una serie de ecuaciones para predecir los valores de la musculatura, estructura esquelética, grasa corporal y pliegues cutáneos.

La auténtica «revolución» en el campo de la composición corporal ha sido determinada, en primer lugar, por la introducción del concepto de los compartimentos corporales con sus diferentes características y, en segundo lugar, por la aparición de técnicas e instrumentos más sofisticados y precisos. Además, la informática permite almacenar rápidamente los datos, realizar cálculos, presentar gráficos laboriosos y comparar resultados.

### Exploración del estado nutricional y composición corporal

#### Interés por la exploración del estado nutricional

La capacidad para identificar individuos con riesgos nutricionales, así como el avance en el campo de la alimentación y la mejora de la calidad de vida global, ha hecho que el consejo dietético sea un importante mecanismo para el profesional que se ve involucrado en que el cuidado de la salud sea más efectivo. No hay que olvidarse de la actividad física, como una de las opciones más importantes, junto con la nutrición para conseguir este avance médico y social. La manera de controlar y cuantificar el estado nutricional es el instrumento clave para dirigir la práctica clínica.

En otras épocas las deficiencias nutricionales y los procesos infecciosos fueron causa de la mayoría de las enfermedades; en nuestros días lo siguen siendo en países pobres y grupos marginales de todo el mundo. Actualmente, la obesidad es la forma más común de malnutrición en países desarrollados<sup>(2)</sup>.

Desde hace algunos años, el Departamento de Pediatría de la Universidad de Zaragoza ha trabajado en todo lo referente al ámbito nutricional del niño, la exploración del estado nutricional y especialmente de la composición corporal<sup>(3)</sup>. Se obtuvieron índices antropométricos para el análisis del estado nutricional del niño<sup>(4,5)</sup> (Tabla I) y el estudio PAIDOS'84 contribuyó a la confección de gráficas nacionales percentiladas del grosor de los diferentes pliegues cutáneos<sup>(6)</sup>. La Pediatría, en general, considera una buena nutrición como esencial para el mantenimiento de la salud y del crecimiento en el niño, pero además, en este período de la vida se establecen los hábitos dietéticos y se suceden períodos críticos, que van a corresponder con fenómenos de hiperplasia e hipertrofia celular, que determinan la forma y composición corporal del individuo adulto<sup>(7)</sup>.

La obesidad y la aterosclerosis pueden tener su comienzo en edades tempranas<sup>(8)</sup>. No obstante, en la edad infantil las consecuencias fisiológicas y metabólicas suelen estar minimizadas, relacionándose principalmente con el riesgo de su aparición en la edad adulta<sup>(2)</sup>. Además de la obesidad hay que tener en cuenta el patrón de distribución de la grasa<sup>(9-13)</sup>. Ambas representan factores de riesgo de enfermedad cardiovascular y aparecen asociadas a otros factores de riesgo de las mismas, en lo que se conoce como síndrome plurimetabólico o síndrome X.

No hay que olvidar en este apartado el interés creciente por el estado nutricional en enfermedades crónicas (SIDA, fibrosis quística, procesos tumorales, etc.) o en entidades como la ano-

<sup>1</sup>MIR de Pediatría y áreas específicas. <sup>2</sup>Profesor Emérito. <sup>3</sup>Profesor Titular.

<sup>4</sup>Profesor Ayudante. E.U. Ciencias de la Salud, Universidad de Zaragoza.

<sup>5</sup>Catedrático y Director, Departamento de Pediatría, Radiología y Medicina Física, Facultad de Medicina.

Correspondencia: Gerardo Rodríguez Martínez. Departamento de Pediatría, Radiología y Medicina Física. Facultad de Medicina.

C/ Domingo Miral, s/n. 50009 Zaragoza.

Tabla I Índices antropométricos nutricionales del niño. Departamento de Pediatría de la Universidad de Zaragoza

Sexo	Edad (años)	Índices peso/talla <sup>2</sup>			Suma de los cuatro pliegues cutáneos*		
		Media	DE**	EEM***	Media	DE**	EEM***
Niños	5,5	15,69	1,24	0,13	22,33	3,91	0,42
Niños	6,5	15,84	1,79	0,16	23,68	5,36	0,48
Niños	7,5	15,74	1,59	0,13	23,31	5,21	0,42
Niños	8,5	16,12	1,69	0,14	24,21	6,43	0,55
Niños	9,5	16,36	1,47	0,12	25,87	7,15	0,62
Niños	10,5	16,90	1,78	0,15	28,09	8,86	0,76
Niños	11,5	17,28	1,84	0,15	28,66	10,82	0,91
Niños	12,5	18,12	1,97	0,19	30,89	11,84	1,15
Niños	13,5	18,69	2,03	0,18	31,05	12,13	1,09
Niños	14,5	19,04	2,05	0,26	28,05	9,75	1,23
Niñas	5,5	15,22	1,38	0,17	26,55	5,74	0,71
Niñas	6,5	15,44	1,49	0,13	27,13	6,22	0,55
Niñas	7,5	15,65	1,59	0,14	28,81	8,02	0,74
Niñas	8,5	16,03	1,90	0,18	34,56	11,45	1,12
Niñas	9,5	16,58	1,89	0,18	35,34	11,97	1,14
Niñas	10,5	17,10	2,18	0,22	36,11	12,49	1,26
Niñas	11,5	18,12	2,21	0,23	38,39	11,45	1,21
Niñas	12,5	18,64	2,01	0,20	39,08	10,98	1,09
Niñas	13,5	19,41	2,44	0,26	40,16	12,23	1,31
Niñas	14,5	19,91	2,47	0,33	43,91	11,43	1,55

(\*) Pliegues bicipital, tricipital, subescapular y suprailíaco. (\*\*) DE: Desviación estándar. (\*\*\*) EEM: Error estándar de la media.

rexia nerviosa<sup>(14)</sup>. La valoración del estado nutricional y la intervención dietética/nutricional precoz pueden evitar la pérdida de peso y las complicaciones que esto supone, tanto a nivel inunitario, como bioquímico<sup>(15)</sup>.

### Métodos para valorar la composición corporal

Existen numerosos métodos para valorar la composición corporal (Tabla II) que se basan en el análisis de las características químicas y/o la distribución anatómica de diferentes componentes del organismo. Sin embargo, no se puede considerar ninguno de estos métodos como «estándar de oro» o prueba ideal y hay que conocer sus limitaciones y su utilidad real en cada circunstancia<sup>(3)</sup>.

Las técnicas más utilizadas se apoyan en el estudio de los compartimentos corporales. Inicialmente fueron modelos bicompartimentales (ej.: compartimento grasa y no grasa) y posteriormente multicompartimentales con tres o más elementos. En cualquiera de ellos, el cuerpo de un individuo es el compendio de los diferentes compartimentos en que se divide.

Los compartimentos son más que una mera división morfológica del cuerpo, cada uno tiene características y propiedades diferentes que influyen en los procesos fisiológicos de homeostasis (intercambio iónico, ámbito endocrinológico, etc.). Por ejemplo, compartimentos como el sistema óseo o la grasa cor-

poral son tejidos activos que experimentan una serie de variaciones cíclicas y no cíclicas que deben ser consideradas. El estudio de los modelos multicompartimentales amplía el significado del modelo bicompartimental al tener en cuenta tres o más niveles moleculares diferentes que otorgan mayor poder discriminatorio.

El estudio de la composición corporal en niños, basado a veces en patrones adultos, conlleva dificultades añadidas debido a las peculiaridades propias de cada grupo de edad y sexo. El fenómeno de la maduración química de los compartimentos corporales sucede hasta que se alcanza, tras el crecimiento, la composición adulta. En los trabajos de Fomon<sup>(16)</sup> se observan cambios en el compartimento no grasa a lo largo de la infancia, sobre todo en la proporción del agua corporal, concentración iónica, densidad y masa proteico-muscular. Si el hecho anterior se une a los cambios en la distribución proporcional de la masa corporal, durante el crecimiento (altura sentado/altura total) y en ambos sexos<sup>(17)</sup>, es obvio que se encuentre poca documentación sobre la composición corporal en niños. Por otra parte y pese a las variaciones citadas, el porcentaje en peso de la masa grasa se mantiene en unos valores similares con la edad, desarrollo y crecimiento pondo-estatural (Fig. 1). Las teorías multicompartimentales proporcionan la información necesaria para el mejor estudio de los cambios en la composición corporal en el adulto y especialmente en el niño.

Tabla II Métodos para la valoración de la composición corporal

<b>Antropometría clínica</b>
Peso
Talla
Longitudes de los segmentos corporales
Perímetros y áreas corporales
Pliegues cutáneos
<b>Densitometría</b>
<b>Dilución isotópica</b>
Agua tritiada
Potasio 40
Análisis de activación de neutrones
<b>Excreción urinaria de metabolitos</b>
Creatinina
3-metilhistidina
<b>Absorciometría rayos X</b>
<b>Conductancia eléctrica</b>
Impedancia biolétrica (IB)
Conductividad total corporal (TOBEC)
<b>Técnicas de imagen</b>
Rayos X
Tomografía axial computarizada (TAC)
Resonancia nuclear magnética (RNM)
Ultrasonidos

### Teoría de los cinco niveles

La composición corporal de un individuo se puede analizar a partir de modelos basados en niveles estructurales crecientes y complementos del organismo como son el atómico, molecular, celular, tisular y corporal total<sup>(18)</sup> (Fig. 2). Cada uno de estos niveles es distinto, no se solapan y la suma de todos sus componentes equivale al peso corporal total (Tabla III). A nivel molecular los modelos que más información aportan son los de tres, cuatro y seis componentes.

Con el análisis clásico de los cadáveres se obtienen cinco componentes principales como son la grasa, agua total corporal, minerales óseos, minerales no óseos y proteínas. El glucógeno se determina con dificultad debido a su poco peso y a su rápida autólisis postmortem. En la figura 3 se compara este análisis con diferentes modelos del nivel molecular.

El componente lipídico, que habitualmente induce error al utilizarlo conceptualmente, puede ser clasificado fisiológicamente en lípidos esenciales y no esenciales. Los esenciales (10%) aparecen mayoritariamente formando parte de las membranas celulares y los no esenciales (90%), en forma de triglicéridos, proporcionan energía y aislamiento térmico, entre otras funciones. Los no esenciales se corresponden con el término **masa grasa** y están incluidos dentro del componente lipídico total<sup>(18)</sup> (Fig. 4).

Una característica importante que facilita el estudio de los niveles de composición corporal es que existen proporciones re-

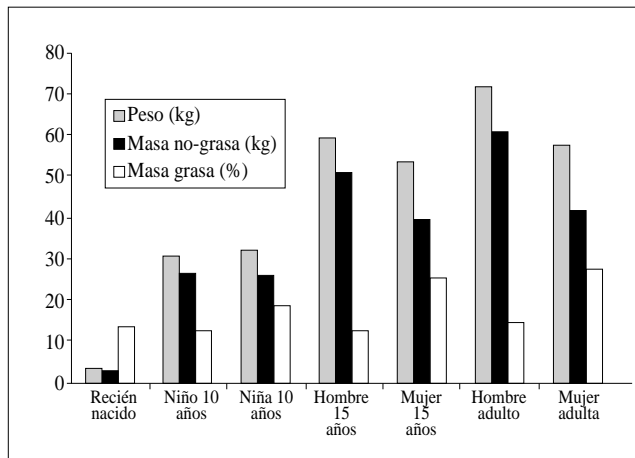


Figura 1. Evolución de los valores de algunos índices antropométricos de la composición corporal según sexo y edad.

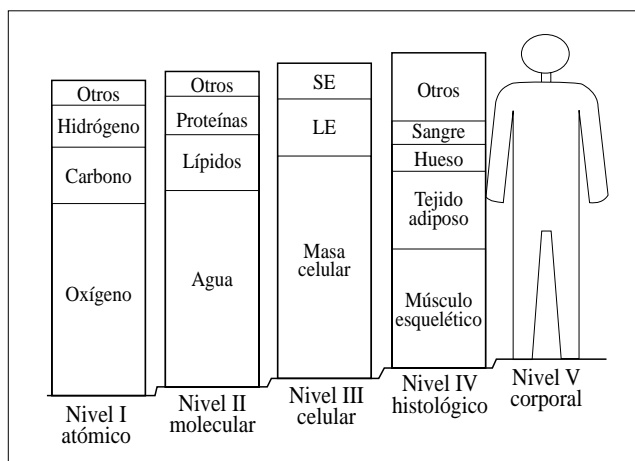


Figura 2. Modelo de los cinco niveles de composición corporal. LE: líquido extracelular; SE: sólidos extracelulares.

lativamente fijas entre diversos elementos de los compartimentos. Por ejemplo, el potasio radioactivo ( $K^{40}$ ) corresponde al 0,012% del potasio total corporal que a su vez sólo se encuentra en el compartimento no grasa en una determinada proporción<sup>(16)</sup>.

Hay más de 30 componentes importantes en los cinco niveles de composición corporal. Los métodos para cuantificar estos componentes in vivo pueden estar basados en la fórmula

$$C = f(Q)$$

donde  $C$  representa lo que se quiere medir,  $Q$  es una cantidad que se puede valorar y  $f$  una función matemática relacionando  $Q$  y  $C$ <sup>(19)</sup>.

La parte valorable ( $Q$ ) puede ser de tres formas. La primera, una **propiedad** como la densidad corporal, la resistencia eléctrica, la concentración isotópica, etc. Por ejemplo, se puede calcular el agua total corporal (ATC) mediante impedancia bio-

Tabla III Modelos multicompartimentales representativos de cuatro de los cinco niveles de composición corporal

Nivel	Modelo de composición corporal	Número de componentes
I. Atómico	PTC = H + O + N + C + Na + K + Cl + P + Ca + Mg + S	11
II. Molecular	PTC = MG + Agua + Pro + MTB + MTO + Glucógeno	6
	PTC = MG + Agua + Pro + M	4
	PTC = MG + Agua + Sólidos no grasos	3
	PTC = MG + MTO + Resto	3
	PTC = MG + MNG	2
III. Celular	PTC = MC + LE + SE	3
	PTC = MG + LE + SE + MCC	4
IV. Tisular	PTC = TA + TO + TM + Otros tejidos	4

LE: líquido extracelular; M: minerales; MC: masa celular; MCC: masa celular corporal; MG: masa grasa; MNG: masa no grasa; MTB: masa tejidos blandos; MTO: masa tejido óseo; Pro: proteínas; PTC: peso total corporal; SE: sólidos extracelulares; TA: tejido adiposo; TM: tejido muscular esquelético; TO: tejido óseo.

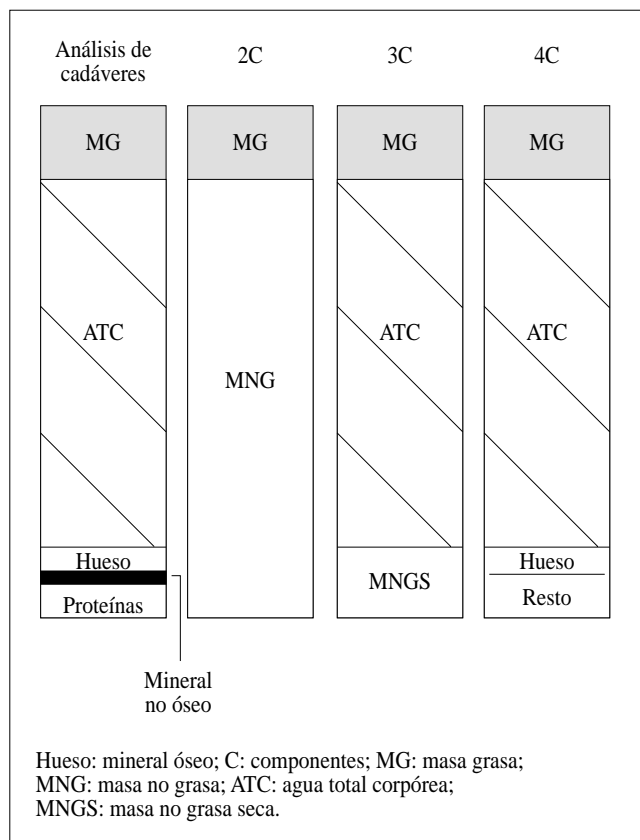


Figura 3. Modelos moleculares más usados y sus respectivos componentes.

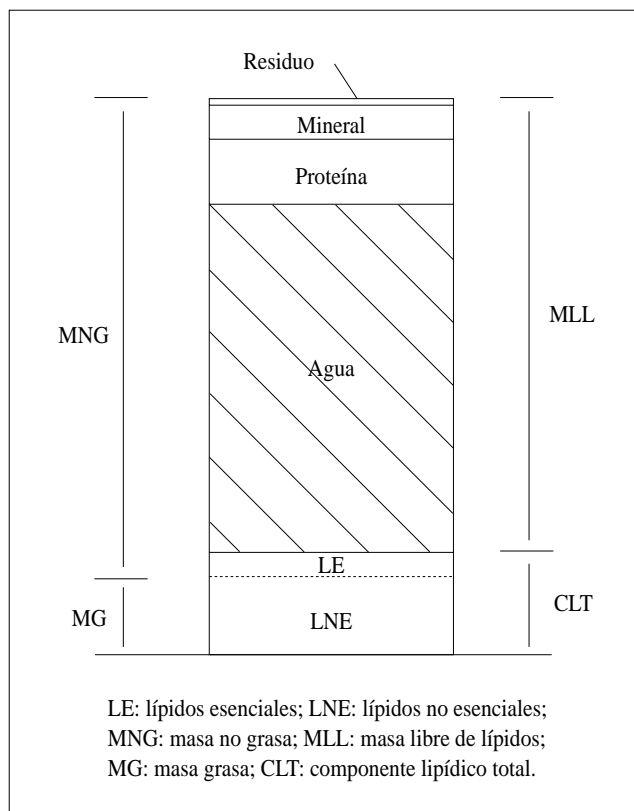


Figura 4. Modelos moleculares que reflejan la distinción entre el componente lipídico y no lipídico corporal.

létrica<sup>(20)</sup> o por dilución de algún isótopo. En la segunda forma  $Q$  es un **componente** ya valorado, por ejemplo el ATC, con el que se puede calcular la masa no grasa si se divide entre un coeficiente de hidratación<sup>(16)</sup>. En la tercera,  $Q$  pueden ser **propiedades** y **componentes** relacionados, como ocurre al valorar la

masa grasa en adultos a partir de unas propiedades (peso y coeficiente de hidratación) y un componente (ATC), según la fórmula

$$\begin{aligned} \text{Masa grasa} &= \text{Peso} - \text{Masa no grasa} \\ \text{Masa no grasa} &= \text{ATC}/0,73 \end{aligned}$$

Si se analiza la función matemática ( $f$ ) también puede ser, a su vez, de dos tipos. Un primero en el que se elige un método, para el estudio de la composición corporal, del que se obtiene una recta de regresión con las propias valoraciones y se confecciona la ecuación de predicción. Se establece entonces la función ( $f$ ) con la que se predice el valor del compartimento que se quiere medir ( $c$ ) a partir de una *propiedad o componente*.

El segundo tipo de función matemática está basado en un modelo ya establecido anteriormente en el que se utilizan proporciones que se asumen como constantes en un compartimento medido. Como ejemplo puede servir el anterior (Masa no grasa =  $ATC/0,73$ ). Un rasgo importante en este tipo es que se necesita asumir determinadas características como ciertas. En la fórmula anterior, cuando se calcula la masa no grasa se encuentra en una proporción constante en el adulto de edad media<sup>(16)</sup>. Como puede suponerse, esto no ocurre en todas las situaciones y la necesidad de asumir un hecho se puede convertir en un «arma de doble filo».

## Conclusiones

El objetivo de esta exposición ha consistido en conocer y revisar, de manera general, la exploración de la composición corporal e introducir los modelos multicompartimentales indagando en las bases de su metodología. El estudio de las diferentes teorías compartimentales permite que la elección del método se ajuste a las necesidades del investigador.

Al utilizar las ecuaciones ya ideadas para el estudio de la composición corporal hay que asumir innumerables suposiciones y proporciones, muchas de ellas tenuous, que quizás en un futuro haya que desechar al demostrarse que no son ciertas o simplemente porque la muestra y métodos no se pueden equiparar con los utilizados en la actualidad.

Es de desear que las teorías basadas en modelos multicompartimentales ayuden a realizar el esfuerzo que todavía se necesita en el estudio de la composición corporal. Este campo oferta un gran potencial para futuros trabajos de investigación y para la clínica médica; especialmente en Pediatría donde el estado nutricional del niño es de vital importancia.

## Bibliografía

- 1 Rey Ardid R. Desarrollo histórico de la Psicología. Época antigua. La Psicología filosófica. La Psicología como ciencia independiente. En: Rey Ardid R (ed). Psicología médica. Barcelona: Espaxs, 1981;17-32.
- 2 Bueno M. Obesidad. En: Cruz M (ed). Tratado de Pediatría. 7ª ed. Barcelona: Espaxs, 1993;719-30.
- 3 Sarría A. Methods for assessing fat patterning in children. En: Hernández M, Argente J (eds). Human growth: Basic and clinical aspects. Amsterdam: Elsevier, 1992;233-243.
- 4 Fleta J. Estudios antropométricos en relación con la obesidad en población infantil. Zaragoza. Facultad de Medicina de Zaragoza, 1983. Tesis doctoral.
- 5 Sarría A, Fleta J, Martínez T, Bueno-Lozano M, Rubio E, Bueno M. Índices antropométricos de composición corporal para el análisis del estado nutricional del niño. Premio Nutrición Infantil Nestlé. Asociación Española de Pediatría, 1988.
- 6 PAIDOS'84. Estudio epidemiológico sobre nutrición y obesidad infantil. 1985 Madrid: Jomagar.
- 7 Bueno M. Crecimiento y desarrollo en humanos. En: Bueno M (ed). Crecimiento y desarrollo humanos y sus trastornos, 2ª edición. Madrid: Ergon, 1996;3-28.
- 8 Strong JP, McGill HC. The pediatric aspects of atherosclerosis. *J Atheroscler Res* 1969; **9**:251-266
- 9 Legido A, Sarría A, Bueno M, Garagorri JM, Fleta J, Abos MD, Pérez González J. Relationship of body fat distribution to metabolic complications in obese prepubertal girls. *Clin Pediatr (Phila)* 1987; **26**:310-315.
- 10 Legido A, Sarría A, Bueno M, Garagorri JM, Fleta J, Ramos F, Abos MD, Pérez González J. Relationship of body fat distribution to metabolic complications in obese prepubertal boys: Gender related differences. *Acta Paediatr Scand* 1989; **78**:440-446.
- 11 Moreno LA, Fleta J, Mur I, Feja C, Sarría A, Bueno M. Indices of body fat distribution in spanish children aged 4.0 to 14.9 years. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1997; **25**:175-181.
- 12 Bueno M, Moreno LA, Quintela I, Fleta J, Roda L, Giner A, Sarría A. Relationship between postprandial lipemia and body composition in obese girls. *Ann N Y Acad Sci* 1997; **817**:375-377.
- 13 Sarría A, Moreno LA, Quintela I, Fleta J, Roda L, Giner A, Bueno M. Body fat distribution and postprandial lipemia in obese boys and girls. En: Szamosi T (ed). Current trends of prevention of atherosclerosis in childhood 2. Budapest, 1997; págs. 173-174.
- 14 Bueno M, Sarría A, Moreno LA, Ramos FJ. Eating disorders: Nutritional aspects. En: Ballabriga A (ed). Feeding from toddlers to adolescence. New York: Lippincott-Rave, 1996; **37**:221-230.
- 15 Kotler DP, Wang J, Pierson R, Holt PR. Body composition studies in patients with AIDS. *Am J Clin Nutr* 1985; **42**:1255-1265.
- 16 Fomon SJ, Haschke F, Ziegler EE, Nelson SE. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr* 1982; **35**:1169-1175.
- 17 Sarría A. Crecimiento de los segmentos corporales: valoración antropométrica. En: Bueno M (ed). Crecimiento y desarrollo humanos y sus trastornos, 2ª edición. Madrid: Ergon, 1996;29-42.
- 18 Wang ZM, Pierson RN, Heymsfield SB. The five level model: A new approach to organizing body composition research. *Am J Clin Nutr* 1992; **56**:19-28.
- 19 Wang ZM, Heshka S, Pierson RN, Heymsfield SB. Systematic organization of body composition methodology: An overview with emphasis on component-based methods. *Am J Clin Nutr* 1995; **61**:457-465.
- 20 Kushner RF, Choeller DA, Fjeld CA, Danford L. Is the impedance index (ht2/R) significant in predicting total body water? *Am J Clin Nutr* 1992; **56**:835-839.