

Composición corporal

[Dr. Sergio Santana Porbén](#)¹ , [Lic. Alicia Espinosa Borrás](#)²

RESUMEN

Si bien la composición corporal de un individuo está determinada genéticamente, no es menos cierto que está sujeta a la constante de factores ambientales diversos (hábitos dietéticos, culturales, e incluso estéticos). También es imperativo establecer los cambios que ocurren en los diferentes compartimientos corporales en las distintas facetas de la relación salud-enfermedad.

Actualmente es posible reconstruir un sujeto a partir de componentes organizados jerárquicamente por niveles de complejidad creciente: atómico, molecular, celular e hístico. La comprensión de la organización hística de la composición corporal puede ayudar a los equipos básicos de trabajo dedicados a la provisión de cuidados nutricionales al paciente hospitalizado en la interpretación de los profundos cambios que la desnutrición energético-nutricional ocasiona en el estado nutricional.

DeCS: Composición corporal / Desnutrición energético-nutricional / Niveles de integración / Grasa / Tejidos magros.

El término de composición corporal denota un sistema de teorías y modelos físicos, matemáticos y estadísticos, expresiones de cálculo, y métodos analíticos orientados a comprender cómo está constituido el ser humano, y cómo interactúan entre sí los distintos elementos o compartimientos componentes a lo largo del ciclo biológico del ser humano, y en cada una de las facetas del proceso salud-enfermedad.

No puede entenderse al ser humano como la suma estática de elementos constituyentes o compartimientos corporales. La composición corporal de un ser humano tampoco puede asumirse como una propiedad prefijada de antemano, e invariable en sus propiedades a lo largo del tiempo. Si bien la composición corporal de un individuo está determinada genéticamente, no es menos cierto que también está sujeta a las influencias de factores ambientales como los hábitos dietéticos y alimentarios, culturales e incluso estéticos.

NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL DEL SER HUMANO

En razón de su complejidad, los componentes principales del organismo se organizan jerárquicamente en 5 niveles: 1) Atómico, 2) Molecular, 3) Celular, 4) Hístico (Orgánico), y 5) Global 1 (Fig. 1). Esta organización jerárquica es importante por sus connotaciones filosóficas y biológicas: cambios en los componentes jerárquicamente superiores siempre están precedidos de modificaciones en los elementos ubicados por debajo de ellos. A modo de ejemplo: la pérdida de tejido muscular esquelético (nivel hístico) observada en los cuadros de emaciación asociados a las enfermedades consuntivas ha sido precedida de cambios en los niveles celular (disminución del número y tamaño de los miocitos), molecular (aumento del agua extracelular) e incluso atómico (disminución del número de átomos de K).

Cl/Na/P/ Ca/N/K	Lípidos	Células	Tejido adiposo
H	Agua	Líquidos extracelulares	Músculo esquelético
C	Proteínas		Organos viscerales Sistemas celulares
O	Glucógeno	Sólidos	Residual
	Minerales	extracelulares	Esqueleto
Atómico	Molecular	Celular	Hístico/ Orgánico

Figura 1. Niveles de organización de la composición corporal.

NIVEL ATÓMICO

El 99 % del peso corporal del ser humano puede atribuirse a 11 átomos constituyentes.^{1,2} Si se asume un hombre de referencia con un peso de 70 Kg, entonces:

Átomo	Participación [%]	Comentario
Oxígeno	60,0	El principal componente elemental del agua corporal
Carbono	23,0	El principal componente elemental de la grasa corporal
Hidrógeno	10,0	
Nitrógeno	2,6	El principal componente elemental de la proteína corporal
Calcio	1,4	El principal componente elemental de los huesos

Total	97,0	
-------	------	--

El 3 % restante es aportado por minerales en cantidades traza (< 1,0 %): sodio, potasio, cloro, fósforo, magnesio, azufre.

Entonces, el peso corporal del individuo puede reconstruirse como la suma de los pesos de los 11 elementos:

$$\text{Peso corporal (Kg)} = \text{O} + \text{C} + \text{H} + \text{N} + \text{Ca} + \text{P} + \text{K} + \text{S} + \text{Na} + \text{Cl} + \text{Mg}$$

(Ecuación 1)

NIVEL MOLECULAR

El nivel molecular está integrado por 6 componentes principales:^{1,2}

Componente	Participación [%]	Comentario
Lípidos	Dependiente del sexo • Hombre: 20 – 25 • Mujer: 25 – 35	Triglicéridos en su mayoría Uno de los componentes con mayor variabilidad interindividual: • En sujetos bien entrenados: =10 % del peso • En obesos: Hasta el 50 %
Proteínas	15,0 – 16,0	Agua 60,0 • Agua intracelular: 34,0 % • Agua extracelular: 26,0 %
Glucógeno	0,5 – 1,0	
Minerales [óseos + no óseos]	5,3	

Entonces, el peso corporal del sujeto puede reconstruirse de la suma de los pesos de los componentes estimados:

$$\text{Peso corporal (kg)} = \text{grasa} + \text{agua} + \text{proteínas} + \text{glucógeno} + \text{minerales óseos} + \text{minerales no óseos}$$

(Ecuación 2)

El modelo bicompartimental es un modelo molecular clásico de composición corporal. Según este modelo, el peso corporal del individuo puede reconstruirse de acuerdo con la expresión:

$$\text{Peso corporal (kg)} = \text{compartimiento graso} + \text{compartimiento no-graso}$$

(Ecuación 3)

El compartimiento no-graso reúne los tejidos-libres-de-grasa (del inglés Fat-Free-Mass).

Está fuera del alcance de esta revisión una descripción detallada de este modelo bicompartimental. Los interesados pueden acudir a las referencias bibliográficas acotadas ^{1,2} para detalles adicionales.

NIVEL CELULAR.

A nivel celular se distinguen 3 componentes ^{1,2} :

- Células
- Líquidos extracelulares
- Sólidos extracelulares

La masa compuesta por las células corporales reúne el agua intracelular y los sólidos intracelulares. Debe destacarse que el K es el principal sólido intracelular, en contraposición con el Na, quien, a su vez, es el principal sólido extracelular.

Entonces, el peso corporal del sujeto se puede reconstruir como la suma de los pesos de los compartimientos estimados: ¥

$$\text{Peso corporal (kg)} = \text{células} + \text{líquidos extracelulares} + \text{sólidos extracelulares}$$

(Ecuación 4)

Nivel hístico (orgánico)

El nivel hístico se organiza de la manera siguiente: ^{1,2} Tejido adiposo, Músculo esquelético, Huesos, Órganos y vísceras:

se incluyen las vísceras (hígado, riñones, páncreas, cerebro, tracto gastrointestinal, corazón y pulmones) y los sistemas

celulares (médula ósea, elementos celulares de la sangre), y Residual.

Entonces, el peso corporal del sujeto puede reconstruirse de la suma de los pesos de los compartimientos estimados:

$$\begin{aligned} \text{Peso corporal (kg)} &= \text{tejido adiposo} \\ &+ \text{músculo esquelético} \\ &+ \text{huesos} \\ &+ \text{órganos y vísceras} \\ &+ \text{residual} \end{aligned}$$

(Ecuación 5)

El nivel hístico de organización de la composición corporal permite integrar y comprender los desórdenes en la economía introducidos por las enfermedades. A modo de ejemplo: 1) la obesidad se expresará por un incremento del tamaño del compartimiento grasa; 2) el envejecimiento repercute negativamente sobre el tamaño del compartimiento muscular esquelético, como un fenómeno biológico denominado sarcopenia;^{4,5} y 3) en dependencia de la forma de instalación, la desnutrición puede afectar negativamente los compartimientos grasa y muscular, e incluso, el visceral.^{6,8}

NIVEL GLOBAL

En este nivel se incluyen propiedades del cuerpo como un todo: talla, peso, índice de masa corporal, superficie corporal, densidad corporal.¹

Algunos de los métodos analíticos usados en la determinación del tamaño de los compartimientos corporales se muestran en la tabla 1.

TABLA 1. *Métodos analíticos usados en la determinación del tamaño de los compartimientos corporales Nivel de organización: Atómico.*

Método analítico	Activación neutrónica <i>in vivo</i> Conteo corporal total
------------------	---

Comentario	<p>El sujeto se bombardea con neutrones emitidos por una fuente conocida.</p> <p>Los neutrones bombardeados se insertan en los núcleos de los elementos constituyentes del organismo, lo que resulta en su activación energética y ocupación subsiguiente de un nivel energético superior (pero menos estable)</p> <p>Los núcleos excitados e inestables emiten el exceso de energía en forma de fotones gamma, a fin de regresar a un nivel energético inferior, pero más estable energéticamente, y que se corresponde con la configuración atómica nativa</p> <p>Los fotones gamma pueden ser detectados, segregados y asignados a los elementos que los originaron</p> <p>Se cuantifica así el número de átomos que se excitaron después del bombardeo neutrónico.^{18,19}</p>
Conteo corporal total de 40 K	<p>El potasio orgánico se presenta como dos isótopos: el 39 K, uno no radiactivo, es la especie predominante (99,9882 %).</p> <p>Sin embargo, la parte restante (0,0118%) corresponde a una especie radiactiva: ⁴⁰ K</p> <p>Entonces, el contenido corporal de potasio (TBK) se obtendría como:</p> <p>TBK (mmol) = 40 K / 0.000118</p> <p>TBK (mmol) = 40 K * 8474,58 20, 21</p>

*TABLA 1. Métodos analíticos usados en la determinación del tamaño de los compartimientos corporales.
Nivel de organización: Molecular.*

Método analítico	Comentario
Agua corporal: diluotometría	<p>Sustancias especificadas (urea, agua marcada) se distribuyen de forma conocida entre los compartimientos líquidos de la economía (interior de la célula, líquidos extracelulares).</p> <p>La cantidad excretada de la sustancia en una muestra de orina después de administración de una cantidad conocida sirve entonces para evaluar el tamaño del agua corporal.²²</p>
Proteínas: conteo total del nitrógeno corporal	<p>(Casi) Todo el nitrógeno corporal se concentra en las proteínas.</p> <p>Si se conoce el contenido total del nitrógeno corporal, se puede estimar la proporción de las proteínas corporales de la expresión:</p> <p>1 g N = 6,25 g proteínas.²³⁻²⁴</p>
Minerales óseos: DEXA	<p>Los tejidos difieren en su capacidad de atenuar rayos X de diferentes energías después de irradiación del sujeto.</p> <p>Las diferencias en la atenuación hística pueden servir</p>

	para estimar el contenido corporal de los minerales óseos. ²⁵
Grasa: conteo total del carbono corporal	El 77% del carbono corporal se concentra en la grasa corporal. Conocido del contenido corporal de carbono, el contenido de grasa corporal se estima, a su vez, de la relación: Grasa corporal = carbono / 0,77 Grasa corporal = carbono * 1,2987. ²⁶
Glucógeno	El carbono representa el 44 % del glucógeno. Si se conoce el contenido corporal de carbono, el contenido de glucógeno se estima, a su vez, de la relación: Glucógeno = carbono * 0,444. ²⁶

TABLA 1. *Métodos analíticos usados en la determinación del tamaño de los compartimientos corporales.*
Nivel de organización: Celular.

Método analítico	Comentario
Conteo total del potasio corporal	El 99 % del potasio corporal se concentra en el interior de la célula. Conocido el contenido total de potasio del organismo, entonces se puede estimar el tamaño de la masa celular corporal de la expresión: BCM (kg) = 8,33 * TBK (mol). ^{20, 27}

TABLA 1. *Métodos analíticos usados en la determinación del tamaño de los compartimientos corporales.*
Nivel de organización: Hístico.

Método analítico	Comentario
Antropometría	El 50 – 60 % de la grasa corporal se concentra en los planos subcutáneos Entonces, los pliegues grasos cutáneos pueden servir para estimar el tamaño del compartimiento grasa. ¹⁴ Fórmulas de cálculo apropiadas permiten estimar, además, el tamaño del compartimiento muscular. ¹⁵
Imagenología: TAC/RMN	Se pueden obtener cortes axiales del sujeto en planos seleccionados. Se pueden aislar y estimar las áreas de los diferentes tejidos en cada corte axial Las áreas calculadas pueden servir entonces para

	estimar el tamaño de los diferentes órganos y tejidos componentes de la economía. ²⁸
Bioimpedancia eléctrica	Los tejidos difieren entre sí en su permisividad al paso de la corriente eléctrica: el tejido graso posee una alta resistividad al paso de la corriente, mientras que los tejidos magros son mejores conductores (por el contenido de agua y electrólitos). Estas relaciones pueden servir entonces para estimar el tamaño de los compartimientos graso y muscular. ²⁹
DEXA	Los tejidos difieren en su capacidad de atenuar rayos X de diferentes energías después de irradiación del sujeto. Las diferencias en la atenuación hística pueden servir para estimar el tamaño de los compartimientos graso y magro. ³⁰

PROPIEDADES DE LOS COMPONENTES DEL NIVEL HÍSTICO DE COMPOSICIÓN CORPORAL

Tejido graso

La grasa corporal tiene un comportamiento diferenciado según el sexo del paciente. En los hombres, la grasa corporal puede representar entre el 20 al 25 % del peso corporal. Las mujeres se caracterizan por un porcentaje superior de la grasa corporal en relación con el peso, y puede estar entre el 25 y el 35%.¹

La grasa corporal se descompone en: subcutánea, retroperitoneal, intra-abdominal e intramuscular.² Del 50 al 60% de la grasa corporal se concentra en los planos subcutáneos, lo que permite entonces su estimación a partir de la medición de los pliegues cutáneos 2 (tabla 1). Sin embargo, los otros componentes de la grasa corporal no dejan de ser importantes. A modo de ejemplo: 1) la disminución de la grasa retroperitoneal por debajo de un valor crítico se asocia con ptosis renal y sepsis urinaria recurrente; y 2) el envejecimiento se asocia con un aumento de la grasa intramuscular.⁹

TABLA 1. *Métodos analíticos usados en la determinación del tamaño de los compartimientos corporales. Nivel de organización: Hístico (Continuación).*

Método analítico	Comentario
------------------	------------

Excreción urinaria de creatinina	El 98 % de la creatina está concentrada en el músculo esquelético. En el proceso de recambio del tejido muscular, la creatina liberada se hidroliza irreversiblemente a creatinina, y ésta, a su vez, se filtra libremente por el riñón. La excreción urinaria de creatinina puede servir, entonces, para estimar el tamaño del compartimiento muscular esquelético: 1 g creatinina = 17 - 22 kg de músculo. ¹⁶
Excreción urinaria de nitrógeno ureico	El recambio de los aminoácidos constituyentes de las proteínas corporales origina urea, que se filtra libremente por el riñón. La urea contiene el 80 – 90 % del nitrógeno urinario. La excreción urinaria de nitrógeno ureico sirve entonces para estimar el tamaño de la suma de los compartimientos visceral y muscular. ³¹

TEJIDO MUSCULAR ESQUELÉTICO

El tejido muscular esquelético representa del 30 al 35 % del peso corporal del sujeto, diferencias respecto del sexo aparte.¹⁰

El 75 % del músculo esquelético se concentra en las extremidades del sujeto.¹¹

Aunque constituye una reserva energética de tercer orden en los estados de ayuno prolongado no complicado, el tejido muscular esquelético se convierte en una fuente de energía de primer orden en los estados clínicos de respuesta a la agresión: los aminoácidos constituyentes de la proteína muscular se convierten en a -cetoácidos, que, por medio de las rutas gluconeogénicas, se convierten en glucosa para suplir necesidades energéticas incrementadas.¹² Esta respuesta a la agresión, por demás fisiológica, puede, si no reconoce y modula oportunamente, conducir a una depleción importante de los tejidos magros, y con ello, iniciar el complejo entramado de la disfunción múltiple de órganos.^{6,13} Por otro lado, las profundas alteraciones que introduce el envejecimiento corporal en la composición corporal del sujeto han sido objeto de intensa investigación. Se ha podido establecer que el envejecimiento trae consigo una disminución del tamaño del compartimiento muscular,⁴⁻⁵ que es particularmente notable en los miembros inferiores,¹¹ unida a un incremento de la grasa intramuscular.⁹

UNA APLICACIÓN CLÍNICA: LA DESNUTRICIÓN ENERGÉTICO-NUTRIMENTAL (DEN)

Los modelos teóricos y métodos analíticos propios de la composición corporal pueden ser utilizados para caracterizar el estado nutricional del sujeto, y elaborar inferencias sobre su respuesta a la intervención médico-quirúrgica.

Caso clínico 1: paciente masculino, de 60 años de edad, que debutó con una neoplasia de la unión gastroesofágica. Se realizó una esofagectomía intratorácica, con una esofagogastrostomía según Ivor-Lewis. El paciente egresó con un estado aparente de buena salud. Un año después, reingresó con un cuadro grave de marasmo, y una disfagia casi total, agravada en los últimos 3 meses.

El estado de su composición corporal se describe a continuación:

Indicador	Valor esperado	Valores observados	
		Momento inicial	1 Año después
Talla (cm)	167		
Peso (kg)	64,3	73,0	44,0
Índice de masa corporal (kg/m ²)	23,0	26,2	15,8
Grasa corporal (kg)	12,9 ^a	18,2 ^b	5,3 ^b
Grasa corporal (%)	100,0	141,0	41,0
Músculo esquelético (Kg)	19,3 ^c	29,5 ^d	12,9
Músculo esquelético (%)	100,0	152,8	66,8

^a Estimada para una relación: grasa corporal/peso corporal = 20,0 1

^b Estimada a partir del pliegue cutáneo tricípital, según los algoritmos de cálculo descritos por *Durnin y Womersley*.¹⁴

^c Estimado para una relación: músculo esquelético/peso corporal = 30,0 10

^d Estimado a partir de la circunferencia del brazo, según la relación establecida por *Heymsfield* y cols.¹⁵

Es de notar la reducción considerable del tamaño de la grasa corporal y del músculo esquelético que se ha acumulado durante el último año de evolución de la enfermedad del paciente.

Caso clínico 2: paciente femenino, de 50 años de edad, conocida por padecer de una úlcera duodenal péptica crónica, que ingresó por epigastralgia, y vómitos de retención causados por una estenosis pilórica. En el interrogatorio se estableció que la paciente estaba en semiinanición en los 2 meses previos al ingreso. En el momento de su captación por el Grupo de Apoyo Nutricional de la institución acumulaba 15 días de suspensión de la vía oral.

El estado de su composición corporal se describe a continuación:

Indicador	Valor esperado	Valor observado
Talla (cm)	167	
Peso (kg)	65	34,5
Índice de Masa Corporal (kg/m ²)	23,3	12,4
Grasa corporal (kg)	19,5 a [100,0 %]	2,95 b [15,0 %]
Músculo esquelético (kg)	20,0 c [100,0 %]	8,2 d [41,0 %]

^a Estimada para una relación: grasa corporal/peso corporal = 30,0 1

^b Estimada a partir del pliegue cutáneo tricipital, según los algoritmos de cálculo descritos por *Durnin y Womersley*.¹⁴

^c Estimado a partir de la excreción urinaria de creatinina esperada para la talla del sujeto, según los algoritmos establecidos por Barreto Penié, Santana

^d Estimado a partir de la excreción observada de creatinina, según la relación establecida por *Heymsfield* y cols.¹⁶

Se puede apreciar: 1) una reducción concomitante de los compartimientos muscular y grasa, como corresponde al patrón del ayuno prolongado, no complicado, y 2) un valor del índice de masa corporal incompatible con la vida (IMC < 14,0 kg/m²).

AGRADECIMIENTOS

Dr. Angelo Pietrobelli (Escuela de Medicina de la Universidad de Verona, Verona, Italia), por la colaboración brindada en la redacción de este artículo.

TABLA 2. Ecuaciones empleadas en la reconstrucción del peso corporal del sujeto.

Nivel de organización	Ecuación
Atómico	PC = O + C + H + N + Ca + + P + K + S + Na + Cl + Mg
Molecular	PC = grasa + agua + proteínas + + glucógeno + + minerales [óseos + no óseos]
Celular	PC = células + líquidos extracelulares + sólidos extracelulares
Hístico	PC = tejido adiposo + + músculo esquelético + + huesos + órganos y vísceras + + residual

PC : peso corporal

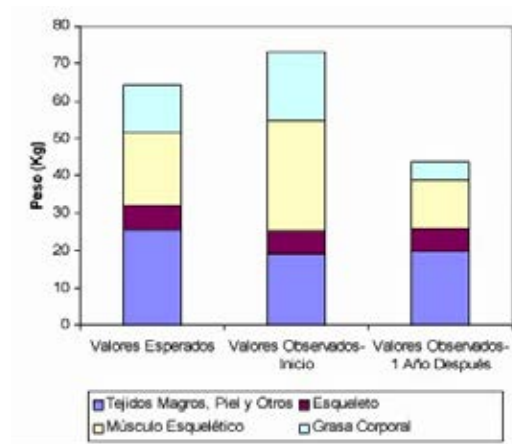


Figura 2. Caso clínico 1. El caso de la neoplasia de esófago.

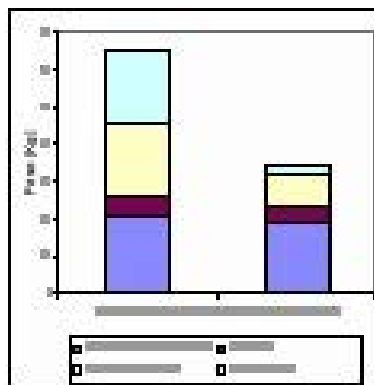


Figura 3. Caso clínico 2. El caso de la estenosis pilórica benigna.

SUMMARY

Although the body composition of an individual is genetically determined, it is becoming apparent that it is under the constant influence of several environmental forces (dietetic, cultural, as well as aesthetical habits and costumes). It is also imperative to establish the changes occurring in the different body compartments in the several facets of the health-sickness relationship. It is possible nowadays to reconstruct a particular human being from its components organized by levels of increasing complexity: atomic, molecular, cellular and tissular. The comprehension of the tissue level of organization of body composition might help the health care groups dedicated to the provision of nutritional care to the hospitalized patient in the understanding of the profound changes that Energy Nutrient Malnutrition (ENM) brings about in the nutritional wellbeing.

Subject headings: Body composition /Energy Nutrient Malnutrition / Levels of organization / Fat / Lean Tissues.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pietrobelli A, Heymsfield SB, Wang ZM, Gallagher D. Multi-component body composition models: recent advances and future directions. *Eur J Clin Nutr* 2001;55:69-75.
2. Pietrobelli A, Heymsfield SB. Establishing body composition in obesity. *J Endocrinol Invest* 2002;25:884-892.
3. Moore FD, Oleson KH, McMurray JD, Parker HV, Ball MR. The body cell mass and its supporting environment. Saunders Publishing. Philadelphia 1963.
4. Lee RC, Wang ZM, Heymsfield SB. Skeletal muscle mass and aging: regional and whole-body measurement methods. *Can J Appl Physiol* 2001;26:102-22.
5. Waters DL, Baumgartner RN, Garry PJ. Sarcopenia: current perspectives. *J Nutr Health Aging* 2000;4:133-9.
6. Barac-Nieto M, Spurr GB, Lotero H, Maksud MG. Body composition in chronic undernutrition. *Am J Clin Nutr* 1978;31:23-40.
7. Arora NS, Rochester DF. Effect of body weight and muscularity on human diaphragm muscle mass, thickness, and area. *J Appl Physiol* 1982;52:64-70.
8. Koch J. The role of body composition measurements in wasting syndromes. *Semin Oncol* 1998;25(Suppl 6):12-9.
9. Abate N, Burns R, Peshock M, Garg A, Grundy SM. Estimation of adipose tissue mass by magnetic resonance imaging: validation against dissection of human cadavers. *J Lipid Res* 1994;35:1490-6.

10. Heymsfield SB, Gallagher D, Visser M, Núñez C, Wang ZM. Measurement of skeletal muscle: laboratory and epidemiological methods. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1995;50:35-40.
11. Gallagher D, Visser M, De Meersman RE, Sepúlveda D, Baumgartner RN, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB. Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. *J Appl Physiol* 1997;83:229-39.
12. Garrow JS. Is there a body protein reserve? *Proc Nutr Soc* 1982;41:373-9.
13. Heymsfield SB, Stevens V, Noel R, McManus C, Smith J, Nixon D. Biochemical composition of muscle in normal and semistarved human subjects: relevance to anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr* 1982;36:131-42.
14. Durnin JVG, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 17 to 72 years. *Br J Nutr* 1974;32:77-97.
15. Heymsfield SB, McManus C, Smith J, Stevens V, Nixon DW. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr* 1982;36:680-90.
16. Heymsfield SB, Arteaga C, McManus C, Smith J, Moffitt S. Measurement of muscle mass in humans: validity of the 24-hour urinary method. *Am J Clin Nutr* 1983;37:478-94.
17. Barreto Penié J, Santana Porbén S, Consuegra Silverio D. Intervalos de referencia locales para la excreción urinaria de creatinina en una población adulta. *Nutr Hosp* 2003;18:41-50.
18. Beddoe AH, Streat SJ, Hill CL. Clinical body composition assessment using in vivo neutron activation analysis (IVNAA). En: *In vivo body composition studies* (Editores: Ellis KJ, Yasumura S, Morgan WD). Institute of Physical in Medicine. Bocardo Press Ltd. Londres: 1987:25-37.
19. Pierson RN Jr., Wang J, Heymsfield SB, Dilmanian FD, Weber DA. High precision in vivo neutron activation analysis: a new era for compartmental analysis on body composition. En: *In vivo Body Composition Studies* (Editores: Yasumura S, Harrison J, McNeil GG, Woodhead AD, Dilmanian FD). Plenum Press. New York: 1990:317-35.
20. Ellis KJ. Human body composition: in vivo methods. *Physiol Rev* 2000;80:649-80.
21. Pietrobelli A, Wang ZM, Heymsfield SB. Techniques used in measuring human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 1998;1:439-48.
22. Schoeller DA, Jones PJH. Measurement of total body water by isotope dilution: a unified approach to calculations. En: *In vivo body composition*

- studies (Editores: Ellis KJ, Yasumura S, Morgan WD). Institute of Physical in Medicine. Bocardo Press Ltd. Londres: 1987:131-7.
23. Morgan DB, Burkinshaw L. Estimation of non-fat body tissues from measurements of skinfold thickness, total body potassium and total body nitrogen. Clin Sci (Lond) 1983;65:407-14.
 24. Foster MA, Fowler PA, Fuller MF, Knight CH. Non-invasive methods for assessment of body composition. Proc Soc Nutr 1988;47:375-85.
 25. Tothill P. Dual energy X-ray absorptiometry for the measurement of bone and soft tissue composition. Clin Nutr 1995;14:263-8.
 26. Wang ZW, Heshka S, Pierson RN Jr., Heymsfield SB. Systematic organization of of body composition methodology: overview with emphasis on component-based methods. Am J Clin Nutr 1995;61: 457-65.
 27. Forbes GB. Human body composition. Springer-Verlag. New York: 1987.
 28. Despres JP, Ross R, Lemieux S. Imaging techniques applied to the measurement of human body composition. En: Human Body Composition (Editores: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG). Human Kinetics. Champaign, Illinois: 1996:149.
 29. Yanovski SZ, Heymsfield SB, Lukaski HC. Bioelectrical impedance analysis. Am J Clin Nutr 1996;64:387-532.
 30. Fuller NJ, Laskey MA, Ellia M. Assessment of the composition of major body regions by dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA), with special reference to limb muscle mass. Clin Physiol 1992;12:253-66.
 31. Konstantinides FN. Nitrogen balance studies in clinical nutrition [Review]. Nutr Clin Pract 1992;7:231-8.

¹ [Especialista de II Grado en Bioquímica Clínica. Diplomado en Nutrición Humana. Grupo de Apoyo Nutricional. Hospital "Hermanos Ameijeiras".](#)

² [Licenciada en Enfermería. Máster en Nutrición en Salud Pública. Grupo de Apoyo Nutricional. Hospital "Hermanos Ameijeiras".](#)

¥ Otro modelo propugna otra organización del nivel celular 3 : Grasa, Masa celular corporal (del inglés Body Cell Mass): reúne el contenido graso intracelular y el componente celular no-graso, y Líquidos extracelulares, Sólidos extracelulares.