

Composición corporal y envejecimiento: métodos y modelos aplicados al estudio del envejecimiento

*Manolo Mazariegos, MD**

IMPORTANCIA

El estudio del papel de la nutrición en el proceso de envejecimiento y en el estado de salud de los ancianos está recibiendo cada vez mayor interés científico. El objetivo final de la investigación sobre envejecimiento y nutrición es extender los años de vida productiva y satisfactoria. La nutrición puede contribuir a este fin, tanto a través de mejorar la salud, como la calidad de vida.

La forma en que esta hecho el cuerpo humano, es decir su composición corporal, es un factor determinante en términos de la salud y funcionalidad del anciano. La composición corporal viene siendo el resultado de un proceso cumulativo de factores intrínsecos y extrínsecos estrechamente concatenados durante todo el transcurso de la vida. Entre éstos se cuentan los factores genéticos, combinados con el ambiente, la nutrición, la morbilidad, el estilo de vida, etc. Todos estos factores van a tener algún grado de impacto en la forma en que el cuerpo estructura el conjunto de bloques de que esta compuesto.

Hay necesidad de mayor informacion sobre la composicion corporal del anciano (1). En general, el estudio de la composición corporal es necesario para evaluar malnutrición, la que a su vez puede ser por deficiencia (desnutrición) o exceso de algunos nutrientes (obesidad); tambien es útil para evaluar ingesta dietética, calcular balance energético o requerimientos nutricionales de individuos o grupos. La gerontología en especial, ofrece al

estudio de la composición corporal un campo único. Además de los cambios fisiológicos que a todo nivel de la economía del organismo ocurren con el envejecimiento, se observan tambien cambios muy significativos en la forma en que el cuerpo esta compuesto en términos de agua corporal total, masa magra, masa grasa, huesos, etc. Estos han podido ser conocidos sólo a través del desarrollo de métodos de composición corporal. Estos cambios involutivos en composicion corporal, cuando llegan a ser extremos, encuentran su expresión en síndromes clínicos asociados a la vejez, tales como osteoporosis (fracturas de cadera, columna lumbar y muñeca), pérdida de la capacidad funcional, alteraciones metabólicas (intolerancia a la glucosa, hiperlipidemias), morbilidad cardiovascular (infarto del miocardio, hipertensión, accidente cerebro vascular), y algunos otros síndromes relacionados a deficiencias nutricionales (la desnutrición con o sin caccexia del anciano, obesidad, y otros). La comparación del tipo y magnitud del cambio en el anciano con el perfil de composición corporal del "hombre estandard" (Reference Man) (2), va a determinar la caracterización del envejecimiento "normal" de su contraparte, el envejecimiento con morbilidad.

A pesar del desarrollo de nuevos métodos y modelos de composition corporal aplicados al anciano, todavía tenemos que enfrentar la dificultad en diferenciar los cambios asociados al verdadero envejecimiento de aquellos que no lo son.

Presentado en el Seminario:
Nutrición, Envejecimiento y Urbanización
Congreso Latinoamericano de Nutricion, San Juan Puerto Rico,
Septiembre 1991.

* Centro de Estudios en Sensoriopatías, Senectud e Impedimentos y Alteraciones Metabólicas (CeSSIAM), Hospital de Ojos y Oídos, "Dr. Rodolfo Robles V.", Diagonal 21 y 19 Calle, Zona 11, Guatemala, GUATEMALA, Centro América.

METODOS Y MODELOS DE COMPOSICION CORPORAL APLICADOS AL ENVEJECIMIENTO

Existen varios enfoques para el estudio de composición corporal que van a estar determinados por la disponibilidad de métodos y del interés científico y clínico de los investigadores. Por ejemplo, para los investigadores interesados en el estudio de la composición elemental del cuerpo, éste se encuentra estructurado principalmente de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, carbono, calcio y fósforo. Aproximadamente 96% de la composición corporal humana puede ser atribuida a estos 5 elementos (2).

Desde el punto de vista químico, el cuerpo puede ser dividido en cuatro componentes principales, tales como el agua, la grasa, proteína y mineral (3-8). Para los investigadores o clínicos interesados en los compartimentos de líquidos, energía y metabolismo, el cuerpo puede estar integrado de una masa celular (con un compartimento acuoso intracelular), la cual es el componente metabólicamente activo y consumidor de oxígeno (como lo definió Moore) (7,9); además se incluyen los componentes extracelulares (incluyendo agua extracelular) y grasos. Y todavía existe otro modelo denominado anatómico, el cual establece que el cuerpo humano está integrado por los siguientes componentes mineral, músculo esquelético, músculo-no esquelético, víscera y la grasa, los cuales pueden ser estudiados a través de tomografía axial computarizada (7).

Hasta ahora, sólo hemos presentado generalidades en cuanto a los distintos compartimentos, pero ahora nos gustaría presentar los diferentes modelos y métodos de composición corporal, tanto los tradicionales como los más modernos que actualmente son utilizados. Se hará énfasis en las ventajas y limitaciones que presentan cuando son aplicados al estudio del envejecimiento.

MODELOS TRADICIONALES. MODELOS DE DOS COMPARTIMENTOS

Los modelos tradicionales comúnmente utilizados para estudiar in vivo composición corporal, básicamente establecían que el cuerpo humano estaba compuesto de una parte grasa y una no-grasa llamada masa magra. Este concepto fue derivado de análisis químicos efectuados en cadáveres humanos y de animales. En la práctica, se requería la medición in vivo de al menos un componente y a través de simple sustracción con respecto a la masa total, era posible inferir indirectamente la magnitud del otro componente. Además, para obtener el resultado final, era necesario asumir que la proporción de las distintas fracciones de la masa magra se mantenía constante. La hidrodensitometría (HD) es el prototipo de esta metodología, pero tanto el conteo corporal de potasio-40, (40-K, CP), como la medición de agua corporal total (ACT) también han sido usados con el mismo propósito (10-13).

Hidrodensitometría (HD): Esta técnica se lleva a cabo a través de medir la densidad corporal, mientras el cuerpo humano es sumergido en el agua. El principio general es que la densidad corporal varía inversamente con la grasa corporal. Requiere asumir que la densidad de cada uno de los dos componentes es constante: 1.1 g/cc para la masa magra y 0.9 g/cc para la masa grasa (10). La masa magra es susceptible de variabilidad, puesto que no es homogénea sino integrada por fracciones de distinta naturaleza, tales como agua, proteína y minerales. Modificaciones o cambios en alguno de estos subcomponentes, ya sea debido a condiciones fisiológicas o de morbilidad, resultaría en cambios en la densidad de la masa magra, y de allí que el porcentaje de grasa corporal podría ser sub- o sobre-estimado (7,13). El envejecimiento mismo, está asociado con cambios significativos en los subcomponentes de la masa magra (tales como hueso, y agua) (3,15-18), que podrían inducir cambios en la densidad de la masa magra. En este sentido, la HD presenta limitaciones cuando se aplica a poblaciones ancianas.

Conteo Total de Potasio 40-K. Basado en las propiedades físicas radioactivas de la minúscula cantidad de 40-K que se encuentra naturalmente en el cuerpo, es posible cuantificar el potasio total. En la naturaleza el 40K existe en una proporción constante con respecto al potasio normal (0.0118%). Un contador total de 40K, permite cuantificar los rayos gamma que constantemente el cuerpo emite, y de este modo cuantificar el potasio total. El potasio es un marcador útil de la masa celular (MC), ya que aproximadamente 98.5% de éste se localiza dentro de las células. Asumiendo que la concentración K⁺ en la masa magra o en la masa celular es constante, es posible traducir el PT a cualquiera de estos compartimentos. Con el envejecimiento, como en algunos procesos de morbilidad, se ha documentado disminución de la concentración de K⁺ en la masa magra, limitando así su utilidad, para estimar masa magra, particularmente en el estudio del envejecimiento (19-24).

Agua corporal total (ACT). Por el uso de métodos de dilución, es muy fácil estimar los espacios acuosos corporales. Tritio (³HTO), deuterio (D₂O) (25), y Oxígeno-18 (H₂¹⁸O) (7), han sido usados como marcadores del espacio acuoso. Si se asume que la hidratación de la masa magra es constante (73.2%), entonces es posible estimar la masa magra y la masa grasa (12). Obviamente, la constancia de la hidratación de la masa magra podría ser únicamente aplicable a poblaciones normales y jóvenes, y por consiguiente podría no ser el caso en poblaciones ancianas.

En resumen, al utilizar modelos de dos compartimentos, cualquier error introducido en el cálculo de la grasa o la masa magra, se reflejará también en errores de estimación del compartimento complementario. Cualquier variación en las "constantes", ya sea asociada a condiciones fisiológicas o morbosas, desde el embarazo

hasta el envejecimiento, --es improbable que rindan estimaciones de composición corporal exactas (7). Por otro lado, estos modelos al asumir que la composición de la masa magra es "constante", no proporcionan información sobre las sub-fracciones de masa magra que son de importancia en el estudio del envejecimiento, tales como agua, mineral y proteína.

El modelo de dos compartimentos propuesto inicialmente por Siri (10) estaba basado en HD; luego fue mejorado al incluir agua total, con lo que se obviaba asumir una constante de hidratación de la masa magra. En aquel tiempo, el modelo de tres compartimentos fue una aproximación bastante avanzada, que eventualmente culminaría con los modelos más completos de hoy, como los de 4 o 6 compartimentos.

MODELOS DE CUATRO COMPARTIMENTOS.

Entre más subcompartimentos de la masa magra sean determinados independientemente, mejor será el modelo por cuanto no se necesitará hacer inferencias y se obvia el uso de constantes. Tienen el inconveniente de que el error introducido por cada uno de los métodos utilizados es aditivo. Este tipo de modelos que no asumen una constancia en cuanto a la composición de la masa magra, están libres de los efectos del envejecimiento, lo cual los hace atractivos al campo de la gerontología. Se describirán brevemente dos de los modelos de cuatro compartimentos más conocidos. El primero es el propuesto por Cohn y cols. (3-5), desarrollado en Brookhaven National Laboratory (Upton, Long Island, New York) a través del uso de técnicas de activación de neutrones. El segundo modelo, mucho más reciente y propuesto por Heymsfield y cols (6-8), producto del esfuerzo interinstitucional entre Brookhaven National Laboratory y Columbia University-St. Luke's/Roosevelt Hospital Center, ambos en New York.

1. El modelo de cuatro compartimentos propuesto por Cohn et al (3), sostiene que es posible evaluar cuatro componentes principales para reconstruir in vivo el cuerpo entero: mineral, agua total, proteína y grasa (Masa total = Masa Magra + Masa grasa; Masa Magra = Nitrogeno total + Mineral total + Agua Total). En forma muy breve describiremos este modelo, el cual está basado en la técnica de activación de neutrones (In Vivo Neutron Activation Analysis, IVNAA).

El contenido mineral: Aproximadamente 99% del calcio está localizado en la fracción de hidroxiapatita del hueso; además, el calcio total representa 34% de la ceniza ósea. Una de las técnicas de activación de neutrones permite cuantificar el calcio corporal total, y por ende calcular la fracción mineral.

Proteína Total: A través de otra técnica de activación de neutrones (Prompt Gamma Neutron Activation Analysis, PGNA), es posible medir la cantidad de nitrógeno total.

Considerando que casi todo el nitrógeno está en la forma de proteína y que ésta en promedio contiene 16% de nitrógeno, la mayoría de investigadores aceptan la relación entre proteína corporal total y nitrógeno como sigue: Proteína(kg) = 6.25 * nitrógeno total.

Agua Total: Como previamente se mencionó, esta puede ser medida por métodos de dilución usando isótopos. El espacio acuoso obtenido debe ser corregido, puesto que este espacio es más grande que ACT, lo cual varía según el método.

Grasa: Cohn y cols. propusieron que la grasa total = Masa total - Masa Magra. Más tarde, la implementación de la cuantificación directa de carbono total a través de otra técnica nuclear, hizo posible la determinación in vivo de grasa total (Inelastic Neutron Scattering, INS) (26). De acuerdo con esta técnica, la mayor parte del carbono está localizado en la fracción grasa, por lo que $\text{grasa total} = \text{carbono total} / 0.774$.

2. *Un modelo mejorado de cuatro compartimentos:* En el pasado era posible completar in vivo el modelo de cuatro compartimentos solamente usando técnicas de activación de neutrones. Estas, únicamente pueden ser llevadas a cabo en laboratorios muy sofisticados, son muy caras, y tienen la desventaja de ser bastante invasivas en cuanto a la dosis de radiación que recibe el sujeto.

Recientemente, Heymsfield, SB, y cols (6-8), propuso un modelo de cuatro compartimentos pero que no requería de la activación de neutrones, y que sin embargo rendía resultados comparables. La incorporación de la técnica de absorción dual de fotones (del inglés dual photon absorptiometry, DPA) dentro del armamentario del campo de composición corporal, hizo posible completar este modelo que es mucho menos caro y menos invasivo. DPA tiene la ventaja de proporcionar información sobre el compartimento mineral, tejido graso y el tejido blando no-graso (26-28).

El modelo de cuatro compartimentos propuesto por Heymsfield, et al, se integra de la manera siguiente: Masa grasa, que puede ser obtenida a través de HD o DPA. Los subcompartimentos de la masa magra, tales como ACT, a través de métodos de dilución; la fracción mineral, a través de DPA. El subcompartimento restante de la masa magra, que correspondería a tejido blando anhidro y que no es medido directamente, resulta siendo el de proteína. Este modelo tiene el potencial de difundirse extensamente, dado su enfoque teórico y su practicidad.

ENFOQUE DE LA COMPOSICION CORPORAL EN PAISES EN DESARROLLO.

Para nuestros países en desarrollo, que no cuentan ni con la tecnología ni el expertise apropiados, podría resultar incongruente hablar de los distintos modelos de composición corporal desarrollados por y para los países

desarrollados. Sin embargo hay todavía esperanza para nuestros países. Paralelamente al enorme interés en seguir desarrollando y sofisticando las técnicas de composición corporal como estándares de oro, existe también el esfuerzo de derivar modelos o tablas de conversión entre estos métodos avanzados y los más simples, susceptibles de ser utilizados fuera del laboratorio, y a nivel epidemiológico (7,29). El uso de técnicas simplificadas, pero convenientemente validadas y estandarizadas, tales como una antropometría completa, o la bioimpedancia eléctrica (30), que se encuentran disponibles casi donde quiera, permitirían el estudio de composición corporal del anciano en los países latinoamericanos.

A nivel de cuerpo entero, es posible la medición de una propiedad física del cuerpo humano y su traducción a la estimación de un compartimento corporal específico. Aún con sus limitaciones, la medición de la talla, el peso, la longitud de segmentos óseos, circunferencias, pliegues, diámetros, la brazada, y los cálculos derivados de estas mediciones, son algunas de las características físicas que permite conocer mucho de la composición corporal de las poblaciones ancianas. Por este medio es posible determinar la prevalencia de desnutrición u obesidad, adiposidad, patrones de distribución de la grasa, pérdida de estatura, grado de función, etc. Esta información, combinada con la obtenida por otros métodos tales como la impedancia eléctrica o hidrodensitometría, contribuiría enormemente nuestro conocimiento de composición corporal del anciano de Latinoamérica.

Para los países en desarrollo existe aún otro aspecto a considerar en los estudios de composición corporal. La mayoría de las ecuaciones comúnmente utilizadas para calcular composición corporal fueron generadas en poblaciones distintas a las de los países en desarrollo. En Latinoamérica, es muy común la falta de información o valores de referencia propias, lo que hace difícil la comparación de nuestros resultados. Por lo tanto, podría ser inapropiado tanto utilizar las ecuaciones como los datos de referencia provenientes de países desarrollados (31).

Finalmente, se debe considerar también el hecho que la mayoría de las poblaciones ancianas de Latinoamérica son relativamente jóvenes, por lo que nuestros focos de interés en el estudio de composición corporal en el anciano, podrían ser diferentes a los de países desarrollados.

Prioridades en gerontología: En el estudio del envejecimiento cuales son las estimaciones de composición corporal de interés especial? Obviamente, todos los cambios son interesantes por cuanto son parte de la biología de envejecimiento, la que es necesario conocer para poder discernir entre lo que es envejecimiento "normal" de lo que no lo es. Mucha de la morbilidad asociada comúnmente con el proceso de envejecimiento ha sido acompañada de patrones de cambio en la composición corporal del anciano.

Además, contrario a lo que sucede con la composición corporal durante el desarrollo desde la infancia hasta la adultez, --esencialmente una fase anabólica, -- ocurre en la vejez, un proceso netamente catabólico (1).

Los cambios en la cantidad de grasa corporal y en el patrón de su distribución (regionalización, central vs periférica), está íntimamente ligado con procesos mórbidos comunes al anciano, tales como aumento en el riesgo de hipertensión, accidente cerebrovascular, diabetes, enfermedad de la vesícula biliar, hiperlipidemias, infarto del miocardio, angina y posiblemente algunos cánceres (1).

Los cambios en la masa magra, y específicamente en sus subcompartimentos son de especial interés (11,14,22,32,33). Se conoce que el anciano es muy susceptible de sufrir desequilibrios hidroelectrolíticos, y de estar a riesgo de sufrir más frecuentemente efectos secundarios al uso de medicamentos. Esto puede encontrar su correlación con los cambios que se saben ocurren a nivel de los subcompartimentos de la masa magra (distribución de agua, por ejemplo) (16-18), acompañados de disminución en la función de órganos muy importantes de la economía, como riñón y el sistema endocrino.

La masa muscular esquelética, --otro subcompartimento de la masa magra--, que invariablemente disminuye con la vejez, ha sido relacionado con el grado de funcionalidad del anciano, y además refleja la reserva proteica, por lo que es un índice nutricional. Algunos trabajos recientes, a parte de relacionar la caída de la masa magra con la pérdida de función física, también la han relacionado con función inmune (32). Recientemente otros autores han sugerido que es posible modificar el curso de disminución de la masa magra en el anciano, ya sea a través de ejercicio (33) y/o farmacoterapia (hormonal, por ejemplo) (34), lo que se traduciría en mejoría de la función del anciano.

Existe también enorme interés en el estudio del metabolismo óseo, y de como se desarrolla el proceso de osteoporosis (15). Es importante conocer la prevalencia de osteoporosis en las diferentes poblaciones, y aún más importante, contar con la tecnología apropiada para identificar tempranamente aquellos ancianos a riesgo de sufrir desmineralización ósea.

CONCLUSION

El estudio de composición corporal del anciano promete ser de mucha significancia en el entendimiento de la biología del envejecimiento. En Latinoamérica el estudio del anciano es todavía incipiente, por lo que tenemos por delante la necesidad y al mismo tiempo la oportunidad de enriquecer la gerontología con las experiencias propias de nuestras poblaciones.

REFERENCIAS

1. Kuczmarski, R.J. Need for body composition information in elderly subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, 50:1150-7, 1989.
2. Snyder, W.S., M.J. Cook, E.S. Narset, L.R. Karhausen, G.P. Howells, I.H. Tipton. Report of the task group on Reference Man. Oxford: Pergamo Press, 1984.
3. Cohn, S.H., D. Vartsky, S. Yasumura, A. Sawitsky, I. Zanzi, A. Vaswani & K. Ellis. Compartmental body composition based on total body nitrogen, potassium, and calcium. *Am. J. Physiol.*, 239:E524-30, 1980.
4. Cohn, S.F., A.N. Vaswany, S. Yasumura, K. Yeun & K.J. Ellis. Improved models for determination of body fat by in vivo neutron activation. *Am. J. Clin. Nutr.*, 40:255-9, 1984.
5. Cohn, S.H. Noninvasive techniques for measuring body elemental composition. State of the art and future prospects. *Biol Trace. Elem. Res.*, 13:179-90, 1987.
6. Heymsfield, S.B., S. Lichtman, R.N. Baumgartner, J. Wang, Y. Kamen, A. Aliprantis & R.N. Pierson Jr. Body composition of humans: comparison of two improved four-compartment model that differ in expense, technical complexity, and radiation exposure. *Am. J. Clin. Nutr.*, 52:52-8, 1990.
7. Heymsfield, S.B. & M. Waki M. Body composition in humans: advances in the development of multicompartiment chemical models? *Nutr. Rev.*, 49:97-108, 1991.
8. Heymsfield, S.B., M. Waki, J. Kehayias, S. Lichtman, F.A. Dilmanian, Y. Kamen, J. Wang & R.N. Pierson Jr. Chemical and elemental analysis of human in vivo using improved body composition models. *Am. J. Physiol.* 1991, in press.
9. Moore, F.D., K.M. Olesen, J.D. McMurray, H.V. Parker, M.R. Ball & C.M. Boyden. The body cell mass and its supporting environment. Philadelphia, W. B. Saunders, 1963.
10. Siri, W.E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. En: *Techniques for measuring body composition*. Brozek J, Henschel A (eds); Washington, DC, National Academy Press 1961; p. 223-44.
11. Forbes, G.B. *Human Body Composition: Growth, Aging, Nutrition, and Activities*. New York, Springer Verlag, 1987.
12. Pace, N. & E.N. Rathburn. Studies on body composition. III The body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content. *J. Biol. Chem.*, 158:685-91, 1945.
13. Garrow, J.S., L. Garby & O. Lammert. Comparison of estimates of fat-free mass in normal and obese women from measurements of body potassium, body water and body density. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 44:213-17, 1989.
14. Heymsfield, S.B., J. Wang, S. Lichtman, Y. Kamen, J. Kehayas & R.N. Pierson Jr. Body composition in elderly subjects: a critical appraisal of clinical methodology. *Am. J. Clin. Nutr.*, 50:1167-75, 1989.
15. Heaney, R.P. Nutritional factors in bone health in elderly subjects: methodological and contextual problems. *Am. J. Clin. Nutr.*, 50:1182-9, 1989.
16. Edelman, I.S., H.B. Haley, P.R. Schloerb, D.B. Sheldon, B.J. Friishansen, G. Stoll & F.D. Moore. Further observations on total body water. I. Normal values throughout the life span. *Surg. Gyn. & Obst.*, 95(1):1-12, 1952.
17. Schoeller, D.A. Changes in total body water with age. *Am. J. Clin. Nutr.*, 50:1176-81, 1989.
18. Mazariegos, M., S.B. Heymsfield, Z.M. Wang, S. Lichtman, S. Burastero, M. Russell, J. Wang, J. Thornton, S. Yasumura & R.N. Pierson Jr. The hydration of the fat-free mass does not change in elderly women, but rather its distribution: a comparative study between younger and older women matched for weight and height. Resumen a ser presentado en American Society of Clinical Nutricion meeting 1992, Baltimore, MD.
19. Boddy, K., P.C. King, R. Hume, & Weyers E. The relation of total body potassium to height, weight and age in normal adults. *J. Clin. Path.*, 25:512-17, 1972.
20. Edmonds, C.J., B.M. Jasani & T. Smith. Total body potassium and body fat estimation in relationship to height, sex, age, malnutrition and obesity. *Clin. Sci. & Mol. Med.*, 48:431-40, 1975.
21. Flynn, M.A., G.B. Nolph, A.S. Baker, W.M. Martin & G. Krause. Total body potassium in aging humans: a longitudinal study. *Am. J. Clin. Nutr.*, 50:713-7, 1989.
22. Forbes, G.B. and J.C. Reína. Adult lean body mass declines with age: some longitudinal observations. *Metabolism*, 19(9):653-63, 1970.
23. Pierson, Jr R.N., J. Wang, J.C. Thornton, T.B. Van Itallie & E.W.D. Colt. Body potassium by four-pi 40K counting: an anthropometric correction. *Am. J. Physiol.*, 246(15):F234-9, 1984.
24. Edelman, I.S. & J. Leibman. Anatomy of body water and electrolytes. *Am. J. Med.* 27:256-77, 1959.
25. Heymsfield, S.B., R. Smith, M. Aulet, S. Lichtman, J. Wang & R.N. Pierson Jr RN. Appendicular skeletal muscle mass: measurements by dual photon absorptiometry. *Am. J. Clin. Nutr.*, 52:214-8, 1990.
26. Kehayias, J.J., S.B. Heymsfield, A.F. Lo Monte, J. Wang & R.N. Pierson Jr. In vivo determination of body fat by measuring total body carbon. *Am. J. Clin. Nutr.* 53:1339-44, 1991.
27. Mazzes, R.B., W.W. Peppler & H. Gibbons. Total body composition by dual-photon (153Gd) absorptiometry. *Am. J. Clin. Nutr.*, 40:834-9, 1984.
28. Wang, J., S.B. Heymsfield, M. Aulet, J.C. Thornton & R.N. Pierson Jr. Body fat from body density: underwater weighing vs dual photon absorptiometry. *Am. J. Physiol.*, 256(19):E829-34, 1989;
29. Pierson Jr., R.N., J. Wang, S.B. Heymsfield, M. Russel-Aulet, M. Mazariegos, M. Tierney, R. Smith, J.C. Thornton, J. Kehayias, D.A. Weber & F.A. Dilmanian. Measuring body fat: calibrating the rulers. Intermethod comparisons in 389 normal Caucasian subjects. *Am. J. Physiol.*, 261(24):E103-08, 1991.
30. Lukaski, H.C., P.E. Johnson, W.W. Bolonchuk & G.I. Lykken. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am. J. Clin. Nutr.*, 41:810-17, 1985.
31. Trowbridge, F.L., J.S. Marks, G. Lopez de Romana, S. Madrid, T.W. Boutton & P.D. Klein. Body composition of Peruvian children with short stature and high weight-for-

- height. II Implications for the interpretation for weight-for-height as an indicator of nutritional status. *Am. J. Clin. Nutr.*, 46:411-8, 1987.
32. Roubenoff, R & J.J. Kehayias. The meaning and measurement of lean body mass. *Nutr. Rev.*, 49(6):163-75, 1991.
 33. Fiatarone, M.A., E.C. Marks, N.D. Ryan, C.N. Meredith, L.A. Lipsitz & W.J. Evans. High-intensity strength training in nonagerarians. Effects on skeletal muscle. *J.A.M.A.*, 263:3029-34, 1990.
 34. Rudman, D., A.G. Feller, H.S. Nagraj, G.A. Gergarns, P.Y. Lalitha, A.F. Goldberg, R.A. Schlenker, L. Cohn, I.W. Rudman & D.E. Mattson. Effects of human growth hormone in men over 60 years old. *N. Eng. J. Med.*, 323(1):1-6, 1990.