

TAMAÑO Y COMPOSICIÓN CORPORAL EN NIÑOS MEXICANOS I: IMPLICACIONES EN EL USO DEL BOD POD, DXA Y DILUCIÓN CON DEUTERIO EN LA EVALUACIÓN DE LA MASA GRASA Y MASA LIBRE DE GRASA.

Erik Ramírez López y Mauro E. Valencia Juillerat*

Centro de Investigación en Nutrición y Salud Pública, Facultad de Salud Pública y Nutrición, Universidad Autónoma de Nuevo León (Monterrey, N.L., México)

*División de Nutrición, Área de Nutrición y Metabolismo, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (Hermosillo, Son., México)

E-mail: erik.rale@gmail.com



Introducción

Países como México, experimentan el fenómeno de la transición nutricional, donde la epidemia de obesidad coexiste con problemas de desnutrición. Esto hace necesario la evaluación precisa de la composición corporal con énfasis en la masa grasa y la masa libre de grasa (MLG), componentes que son de interés clínico y epidemiológico. En los niños, los cambios en el crecimiento y la maduración sexual, repercuten en variaciones en la relación entre la masa grasa y la MLG (agua, masa ósea y masa muscular principalmente), lo cual representan una dificultad adicional para la evaluación de la exactitud composición corporal.

El análisis de cadáveres es el método más directo y exacto para el estudio de la composición corporal. No obstante, se dispone de técnicas indirectas no invasivas como: el método de dilución con Deuterio (D_2O), la pletismografía por desplazamiento de aire (con el BOD POD) y la absorciometría dual de rayos X (DXA). Con estas técnicas, es posible medir componentes específicos como la masa mineral ósea, el agua corporal y la densidad del cuerpo. La combinación de las tres técnicas y sus mediciones específicas, permite desarrollar lo que se conoce como un modelo de 4 compartimentos en composición corporal (4C: 1, masa ósea; 2, agua corporal total; 3, masa grasa y 4 un componente residual anhidro, conformado fundamentalmente por: proteína, y glucógeno en menor grado). Por separado, cada técnica permite obtener estimaciones confiables de la masa grasa y de la MLG, en lo que se conoce como un modelo de 2 compartimentos (2C). Los modelos de 2C y 4C han sido considerados como métodos de referencia, es decir, modelos contra los cuales se comparan o validan otras técnicas (doblemente indirectas), más sencillas, prácticas y menos costosas como la antropometría y la bioimpedancia eléctrica. Estas técnicas más sencillas, están basadas en algoritmos de estimación o ecuaciones predictoras de los componentes de grasa o MLG. No obstante, en composición corporal, sólo el modelo de 4C se considera el método de componentes múltiples de referencia o de oro ("gold estándar") (1). Por otra parte, los modelos de referencia de 2C varían en complejidad y requieren de considerar algunos supuestos que pueden alterar su confiabilidad respecto al modelo de 4C (2). En México, algunas instituciones han comenzado a utilizar técnicas y modelos de 2C y componentes múltiples en niños y púberes; por esta razón, el objetivo del presente trabajo, es discutir el uso de estos modelos y las implicaciones que tienen en la evaluación de la composición corporal.

Modelos de 2 compartimentos

a. Densitometría, BOD POD.

A mediados de los años 90s, el BOD POD surgió como una técnica práctica para evaluar la composición corporal en adultos y niños. En México, al menos 11 instituciones cuentan con este equipo y ha sido validado en adultos mayores con el modelo de 4 compartimentos (4C).

El BOD POD, mide el volumen corporal al usar el concepto de desplazamiento de aire por un sujeto y la relación entre presión y volumen de la ley de Boyle y Mariotte. Con la medición del volumen y añadiendo el peso corporal (masa), se obtiene la densidad (3). En 1961, Siri (4) derivó una ecuación para estimar la proporción de grasa corporal al usar densidades conocidas de la masa grasa (0.9g/cm^3) y de la MLG (1.1 g/cm^3). El cálculo de estas densidades se realizó en un análisis con 3 cadáveres de adultos varones de 18, 27 y 33 años. La ecuación de Siri, supone que la densidad de la MLG permanece constante y no cambia con la edad. En niños, no es posible partir de este supuesto, ya que los cambios en la masa ósea y proporción de agua corporal modifican la densidad de la MLG. Para ajustar este supuesto, en 1989, Lohman (5), publicó factores de corrección de la densidad de la MLG para el cálculo de la grasa corporal en niños de 5 a 16 años. Los factores de corrección se derivaron a partir del mismo procedimiento que usó Siri. Deurenberg y Weststrate (6) en 1989, propusieron también otros factores para la densidad de la MLG. Aunque el BOD POD tienen una aceptación importante para la evaluación de la composición corporal en niños, la aplicación de los factores de corrección para la densidad de la MLG es válida sólo para niños caucásicos, y se requieren de estudios e validación en otros grupos étnicos y grupos con condiciones físicas diferentes (7,8). Además, existe discusión en cuanto a que los factores de corrección de Lohman, pueden ya no representar a los niños contemporáneos (9). Los usuarios generalmente emplean la ecuación de Siri por defecto, ya que es la que emplea el equipo, y sólo las versiones más recientes del BOD POD incluyen las ecuaciones para niños. Es necesario agregar, que en los estudios de validación del BOD POD, se ha observado una interindividual amplia en las mediciones de la grasa corporal. Por esta razón, la evaluación de la grasa corporal con el BOD POD en niños mexicanos, requiere de validaciones específicas empleando los factores de corrección mencionados, o de lo contrario, desarrollar modelos de 4C.

Una de las ventajas que caracterizan al BOD POD es que es posible evaluar a niños desde los 4 años. Otra ventaja, es que la medición del volumen pulmonar residual es menos compleja que con el antiguo sistema de peso bajo el agua (underwater weighing): del que también se obtiene la densidad corporal (10). El BOD POD tiene buen grado de precisión y permite obtener datos longitudinales de la MLG y masa grasa en sujetos con sobrepeso, a pesar de que en ellos se ha reportado una mayor hidratación y mineralización ósea (11). Los errores de medición en el BOD POD son originados por el movimiento del sujeto dentro del equipo, los accesorios del sujeto, la temperatura ambiente y la presencia de enfermedades respiratorias. En ocasiones, es posible que a los niños se les dificulte la medición del volumen pulmonar, ya que esto implica el soplar aire exhalado a través de un tubo de plástico en ciertos intervalos de tiempo y de forma consistente. Aunque se dispone de ecuaciones para predecir el volumen pulmonar la recomendación es medirlo, o usar ecuaciones específicas para niños. Se encuentra disponible un nuevo pletismógrafo, el PEA-POD, para la evaluación de la densidad a partir de los primeros 6 meses de edad, el cual está en proceso de evaluación (12).

En comparación con el modelo de 4C, el BOD POD puede tener un error de medición individual de 7% de grasa corporal (13,14). No obstante, tiene la mejor exactitud junto con el método de D_2O . Entre las poblaciones donde se ha validado el BOD POD se encuentran principalmente niños caucásicos (15). Los equipos y métodos validados con el BOD POD como método de referencia incluyen equipos y ecuaciones para antropometría y bioimpedancia eléctrica.

b. Hidrometría, dilución isotópica con óxido de deuterio.

La técnica de dilución con óxido de deuterio (D_2O), es ampliamente utilizada en investigación. En nuestro país, se ha empleado como parte del desarrollo de ecuaciones de predicción de la composición corporal en adultos mayores (16).

El método de D_2O se considera un modelo de referencia de 2C. En este caso, lo que se mide es el agua corporal total (ACT). La técnica se basa en el principio de dilución, para lo cual se emplean isótopos estables “no radiactivos”: el más común es el deuterio (2H_2O). El análisis se realiza con una muestra de un fluido biológico como sangre, orina o saliva. Lo más práctico es usar saliva para cuantificar la concentración natural o basal de deuterio en el cuerpo (~150 ppm), y después de haber administrado a los niños una dosis de D_2O al 99% de Átomo (posdosis). El análisis de la muestra biológica se realiza por espectrometría de masas de relaciones isotópicas, o espectrometría de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR). Este método de análisis esta cobrando cada vez más importancia porque ha sido validado exitosamente con espectrometría de masas (17). Finalmente, para obtener el cálculo de ACT, en la relación entre la concentración basal y posdosis de D_2O , se aplica el principio de dilución (18)

Para el cálculo del compartimento de la MLG, se establece el supuesto de que la hidratación o proporción de ACT de este compartimiento es de 73.2% en el adulto ($ACT/0.732 = MLG$). Sin embargo, es importante considerar que en niños y púberes (6 a 14 años), la hidratación de la MLG puede fluctuar entre 78% y 74% (20). Por lo tanto, utilizar un factor de hidratación constante como el de 73.2, es inadecuado en niños. Para resolver este problema, Fomon, et. al., 1982 (19), Lohman, 1989 (20) desarrollaron factores de corrección para la hidratación de la MLG. Al igual que los factores de corrección de la densidad de la MLG para el BOD POD, los factores de corrección de la hidratación de la MLG para el método de D_2O , deben de preferencia ser validados en poblaciones específicas. Es posible que los niveles de hidratación varíen entre grupos étnicos y en niños con obesidad, por lo que es importante determinar o validar estos factores de hidratación.

Una ventaja muy importante de la hidrometría con la técnica de D_2O , es que posibilita su uso en niños desde el nacimiento, ya que requiere de poca colaboración del sujeto. Se podría decir que es la única técnica de referencia aceptable para todos los grupos de edad. Es un método fácil de trasladar, por lo que es ideal en estudios de campo y también en estudios clínicos. Además, si se dispone de un FTIR, es posible obtener resultados inmediatos de ACT por D_2O , lo que permite expandir las aplicaciones clínicas. Por otra parte, el método de D_2O puede ser inexacto en presencia de enfermedades o condiciones que generen deshidratación o sobrehidratación, por ejemplo, ejercicio exhaustivo. Por ésta razón, es importante considerar un protocolo estandarizado en condiciones de campo. Por otra parte, debido a que la hidratación puede ser mayor en niños obesos, quizás sea necesario considerar otros posibles ajustes, como ampliar el tiempo de equilibrio (21).

En comparación con el modelo de 4C, el método de D_2O puede tener un error de medición individual de 10% de grasa corporal (22,23). No obstante, su exactitud es igual de aceptable que la del BOD POD. Las poblaciones donde se ha validado la técnica de D_2O incluyen principalmente niños caucásicos y afroamericanos. Los equipos y métodos validados con el método de D_2O incluyen equipos y ecuaciones para antropometría y bioimpedancia eléctrica.

c. Absorciometría dual de rayos X, DXA.

Otro componente de la MLG que se supone constante es la masa ósea; sin embargo, esta varía de acuerdo con el género y condiciones fisiológicas específicas. La masa ósea se calcula por medio de DXA empleando una fuente de rayos X que pasa por un filtro, que a su vez, convierte el haz de rayos X policromático en picos de energía baja y alta. Esta técnica también permite medir la composición del cuerpo entero, dentro de un modelo que se podría considerar como de tres compartimentos por sí mismo: masa ósea, grasa, tejido blando. El contenido de grasa de los tejidos blandos se estima a partir de una atenuación que se supone es constante en la grasa pura y en el tejido magro sin mineral óseo. Debido a sus características, DXA es bien aceptado en estudios desde lactantes, porque es fácil de aplicar y tiene un enorme potencial de investigación en pediatría. No obstante, una limitación importante es la poca

disponibilidad de programas o software para lactantes y niños. Por otra parte, con DXA, la exposición a radiación es baja, del orden de 20% la radiación de fondo de un día a nivel del mar. Sin embargo, es necesario contar con aprobación de los comités de ética institucionales: la aplicación de DXA tiene restricción en mujeres embarazadas (24).

En México, un número mayor de instituciones cuentan con DXA, y es necesario discutir sus características en la medición de la composición corporal, particularmente en la estimación de la masa grasa. Las estimaciones del DXA de la masa grasa y MLG varían de acuerdo con la edad, el grado de adiposidad, y en algunos casos la presencia de enfermedades. Las diferencias entre las estimaciones en la proporción de grasa también varían entre fabricantes, los dos principales son: GE Lunar Corporation y Hologic, Inc. Cada fabricante utiliza un algoritmo en la estimación de la composición corporal que depende además del modelo del equipo (25,26).

Con DXA, más que con cualquier otro equipo de 2C, se ha reportado una mayor variabilidad en las estimaciones de la grasa corporal, y ese error se debe en gran parte al grosor anteroposterior del sujeto evaluado (27,28). La sobreestimación de la grasa corporal puede ser mayor en niños obesos y menor en niños con menos proporción de grasa (29). Se ha recomendado el uso de programas pediátricos brindados por los fabricantes, pero estos parecen no mejorar la confiabilidad de las estimaciones (30). Algunos autores, atribuyen estas discrepancias a los algoritmos de los programas de cómputo que corrigen la hidratación de la MLG, las proporciones corporales, el grosor de los pliegues, la maduración ósea, entre otros (31). Por lo tanto, los estudios en niños basados en DXA deben interpretarse con precaución, tanto que, para algunos, aun no representa un método de referencia (32). No obstante, para otros autores, ha sido el método de referencia para el desarrollo de ecuaciones antropométricas (33).

Las estimaciones precisas de la masa grasa y MLG con DXA, dependen también del tamaño corporal y del resultado que se busque en cierta región corporal (34). En algunos púberes con exceso de peso corporal, puede ser difícil fijarlos dentro del scanner adecuadamente. La composición en la zona troncal, representa más, una predicción en comparación con las extremidades: la predicción de tejido blando es el resultado del cálculo en píxeles entre una proporción relativa de tejido graso y magro que no contienen hueso (35). En la parte troncal: la pelvis, las costillas y la medula espinal, ocultan gran parte de tejido blando, por lo que la estimación de la masa grasa y MLG se calcula a partir de píxeles adyacentes al tejido que no contiene hueso (36,37). Como consecuencia, el peso corporal total reportado en el DXA es sólo una estimación, y generalmente resulta inferior o mayor al peso medido en una balanza. Por esto, es necesario un ajuste proporcional de los datos reportados de los tejidos blandos. No obstante, en contraste con la estimación de los tejidos blandos, los datos de la masa ósea tienen una excelente exactitud, aunque también varían hasta un 10% de acuerdo con el fabricante (38). El DXA requiere de más estudios de validación con el modelo de 4C en lactantes y niños. Cuando se actualiza un programa de cómputo o se dispone de un nuevo modelo, se deben comparar los datos antiguos y nuevos de composición corporal, para conocer si estos mejoran la precisión de las estimaciones. Por otra parte, aunque se dispone de algunos datos de referencia de composición corporal para niños en los modelos de DXA recientes, estos son específicos para poblaciones caucásicas, y la validación en otros grupos étnicos es asunto pendiente.

El DXA es útil para comparar la dirección de los cambios en la composición corporal entre dos grupos pero puede ser difícil cuantificar las diferencias de forma exacta. Los cambios agudos en la ganancia o pérdida de peso también alteran la exactitud de los cálculos (39,40). No obstante, DXA parece ser más confiable en detectar cambios en un mismo sujeto y por lo tanto ser útil en estudios longitudinales. A pesar estas limitaciones mencionadas, DXA tiene un enorme potencial en pediatría, por ejemplo, como herramienta clínica para la predicción de comorbilidades en niños (41).

En comparación con el modelo de 4C, DXA tiene una precisión baja, ya que puede tener un error de medición individual de 13% de grasa corporal (42,43). También presenta la menor exactitud en comparación con el BOD POD o

el método de dilución con D₂O. El proceso de validación del DXA ha sido menos exitoso en niños con obesidad y en otros grupos étnicos. Entre las poblaciones donde se ha validado se encuentran: niños caucásicos, afroamericanos, hispanoamericanos y latinos. Los equipos y métodos validados con DXA como método de referencia incluyen: equipos y ecuaciones para antropometría, y bioimpedancia eléctrica de mono y multifrecuencia.

El contenido mineral óseo y el agua corporal están influidos por la maduración química que ocurre durante el crecimiento. La aplicación de los supuestos para la MLG que emplean los modelos de 2C, puede afectar la exactitud en la evaluación de la composición corporal. No obstante, existe una técnica estándar que minimiza los supuestos y permite obtener una evaluación de mayor exactitud de la composición corporal: éste es el modelo de 4 compartimentos.

El modelo de 4 compartimentos

El modelo de 4C es el estándar de referencia o estándar de oro en composición corporal, y permite evaluar la precisión, exactitud y el sesgo de los modelos de 2C así como de las técnicas más sencillas o doblemente indirectas, como la antropometría. En la Tabla 1, se describen las ventajas y limitaciones de los modelos de 2C y 4C. En nuestra población, la validación de modelos de referencia de 2C y técnicas doblemente indirectas, es indispensable para su aplicación en estudios epidemiológicos y clínicos.

Tabla 1. Características de los modelos de referencia de 2 y 4 compartimentos en la evaluación de la composición corporal

		*Supuestos **corrección	y Aplicaciones y observaciones	y Ventajas	Desventajas
BOD	POD	*Densidad constante de MLG. **Factores de corrección de la densidad de la MLG por sexo y edad	Útil para evaluar cambios en estudios longitudinales ya que es menos afectado por cambios en la masa grasa	Práctico para su uso en escolares y lactantes. Preciso en las mediciones	Los factores de corrección para la MLG grasa pueden no ser validos para niños contemporáneos y otros grupos étnicos. Enfermedades que afectan la masa magra y mineralización ósea repercuten en las mediciones. Menor precisión en niños muy delgados u obesos
DXA,	densitometría	*Atenuación constante de masa grasa y MLG. *El área analizada y la excluida no difieren en composición. **Programas Pediátricos	Útil para evaluaciones regionales de composición corporal con énfasis en el tejido magro. Su uso es limitado en comparaciones longitudinales ya que el tamaño del sujeto y el nivel de grasa corporal afectan las mediciones	Mediciones exactas en extremidades. Permite obtener mediciones simultáneas del tejido óseo, masa grasa y masa libre	La exactitud de la medición es afectada en sujetos que exceden en el peso >160 Kg., ancho > 65 cm. y grosor >25cm. La estimación del tejido blando en la zona troncal es menos exacta. Las mediciones de composición corporal difieren entre fabricantes.

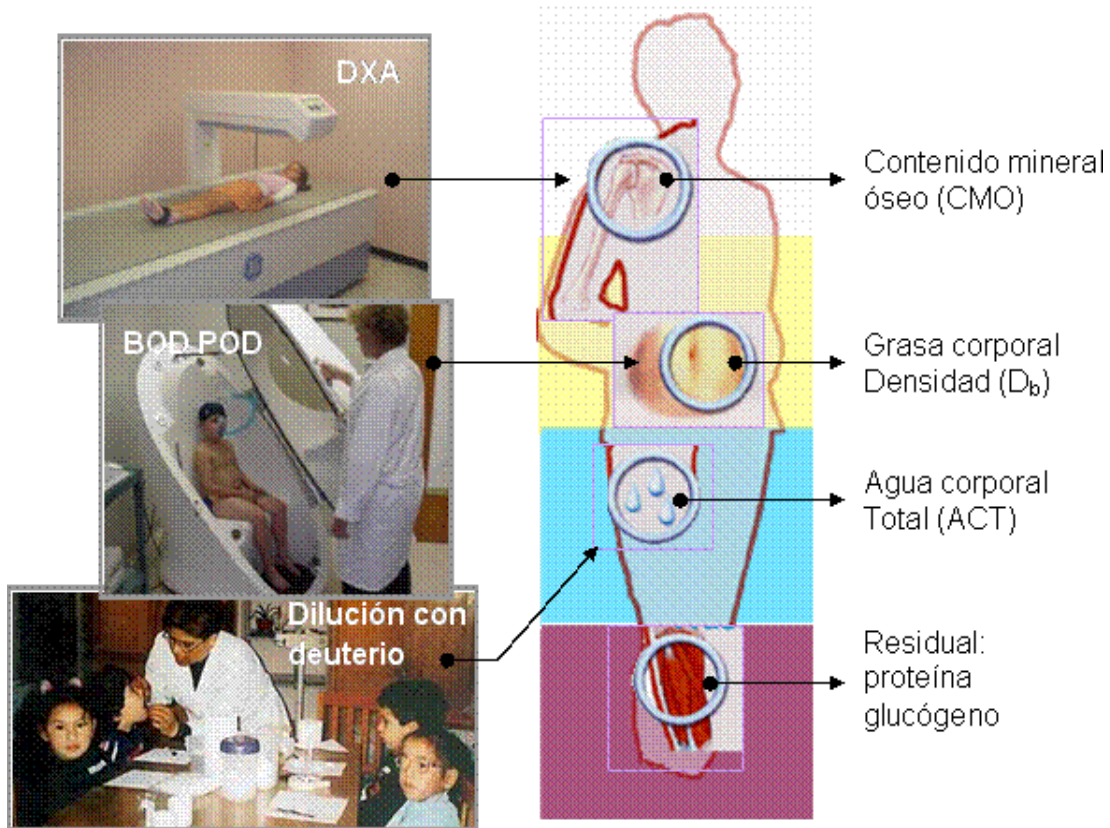
modificaciones en los algoritmos.

D₂O, dilución con deuterio, hidrometría	*Hidratación constante de la MLG de grasa	Permite estimar la MLG y el agua corporal total. Es posible elegir los factores de hidratación más adecuados. Puede ser cooperación y es validación apropiada para la necesario ajustar los resultados en poblaciones estudios de campo MLG por sexo y con prevalencia de edad. sobrepeso	Aceptable para Los factores de hidratación pueden no ser validos para porque otros grupos étnicos, por lo que requieren de una
4 componentes	*Densidad constante de la fracción proteica y de glucógeno	Método de referencia para estudios de validación de precisión. Evita los modelos más simples. Es necesario elegir la mediciones de los ecuación adecuada de 4C modelos de 2C **densidad residual para considerar la = 1.404/cm ³ conversión del mineral óseo reportado por el DXA	Es exacto y Costoso, requiere de equipo y personal especializado

Modificado: MLG, masa libre de grasa; 2C, dos compartimentos; 4C, cuatro compartimentos (44)

El desarrollo de los modelos de 4C y la obtención de la masa grasa, requiere de una ecuación donde se integren las mediciones específicas del BOD POD, DXA y D₂O, es decir: densidad corporal, masa ósea y agua corporal total (Ver Figura 1). Es frecuente emplear la ecuación sugerida por Lohman para componentes múltiples (45). No obstante, de forma reciente, esta ecuación tuvo una modificación. El término mineral óseo (Mo) empleado por Lohman, es el contenido mineral óseo (CMO) reportado por el DXA, que representa el hueso convertido en cenizas (46). Bartok-Olson y colaboradores (47) indicaron que en la ecuación general de Lohman, mineral corporal total (MCT) debe ser el término correcto, por lo que el CMO del DXA, debe ser convertido a MCT al multiplicarlo por un factor de 1.22, o según lo requiera la ecuación de componentes múltiples que se use. Un problema adicional con el uso del CMO para el modelo de 4C, es que entre los modelos Lunar DPX y el 1000 X de Hologic, se ha observado una diferencia en la estimación del CMO en un 10% (48). No obstante, se reconoce que los equipos Hologic estiman en menor medida el CMO que los equipos Lunar.

Figura 1. Modelo de 4 Compartimentos en niños



$$\text{Masa Grasa kg} = (2.749 / D_b - 0.714 \text{ ACT} + 1.146 \text{ CMO} - 2.0503)$$

Conclusiones

Los modelos de referencia de 2C, se emplean con mayor frecuencia en pediatría para el estudio de la composición corporal; pero su aplicación es complicada debido a los cambios en la maduración química durante el crecimiento y a los supuestos y factores de corrección que deben ser utilizados para mejorar su exactitud. En nuestro país, es preferible validar los modelos de 2C con el uso de modelos de componentes múltiples como el de 4C, especialmente en poblaciones pediátricas de distintos grupos étnicos y con ciertas características físicas como los deportistas. El BOD POD, es de las técnicas más prácticas para la composición corporal, pero al igual que el método de dilución con deuterio, es necesario validar los factores de corrección propuestos para la densidad e hidratación de la MLG. El DXA tiene el mayor potencial en investigación pediátrica, pero para obtener una mejor exactitud, requiere de validaciones en las estimaciones de la masa grasa y la MLG: principalmente en estudios de intervención. Aunque costoso y difícil de desarrollar, el único modelo diseñado para reducir los supuestos de los modelos de 2C, es el modelo de 4C.

Resumen

Esta revisión explora la aplicación de dos modelos de análisis de composición corporal en niños. La validez del BOD, POD, DXA y del método de dilución con deuterio para estimar la grasa corporal y la masa libre contra el modelo de cuatro compartimentos es analizado. Estas técnicas están disponibles en algunas universidades e institutos de investigación en México. Hay que tener precaución particularmente cuando el DXA y BOD POD son usados como “prueba de oro” en estudios clínicos. La aplicación de estas metodologías requiere una apropiada validación en niños mexicanos.

Palabras Clave: composición corporal, niños mexicanos, BOD POD, DXA, dilución con deuterio

Abstract

This review explores the application of two compartment models of body composition analysis in children. The validity of BOD POD, DXA, and the deuterium dilution method to estimate body fat and free mass against the four compartment model is analyzed. These techniques are available in several universities and research institutes in Mexico. Caution is necessary particularly when DXA and BOD POD are used as “gold standard” in clinical studies. The application of these methodologies requires an appropriate validation in mexican children.

Key words: body composition, mexican children, BOD POD, DXA, deuterium dilution technique.

Referencias

1. Withers, R.T., J. Laforgia and S.B. Heymsfield 1999. Critical Appraisal of the Estimation of Body Composition Via Two-, Three-, and Four-Compartment Models. *Am. Hum. Biol.* 11: 175-185.
2. *Idem.*
3. Dempster, P. and S. Aitkens 1995. A new air displacement method for the determination of human composition. *Med. Sci. Sport. Excer.* 27: 1992-1997.
4. Siri, W. E 1961. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In *Techniques for measuring body composition* [J. Brozek, A. Henschel] Ed. National Academy of Sciences. National Research Council. 223-244 pp.

5. Lohman, T.G. 1989. Assessment of body composition in children. *Pediatr. Exerc. Sci.*1: 19- 30.
6. Weststrate, J.A. and P. Deurenberg 1989. Body composition in children: proposal for a method for calculating body fat percentage from total body density or skinfold thickness measurements. *Am. J. Clin. Nutr.* 50:1104-1115.
7. Wells, J.C.K., N.J. Fuller, O. Dewit, M. Fewtrell, M. Elia and T. Cole 1999. Four-component model of body composition in children: density and hydration of fat-free mass and comparison with simpler models. *Am. J. Clin. Nutr.* 69: 904-912.
8. Gately, P.J, D. Radley, C.B. Cooke, S. Carrol. B. Oldroyd, J.G. Truscott, W.A. Coward and A. Wright 2003. Comparison of body composition methods in overweight and obese children. *J. Appl. Physiol.* 95: 2039-2046.
9. Wells, J.C.K. and M.S. Fewtrell 2006. Measuring body composition. *Arch. Dis. Child.* 91: 612-617.
10. Wells, J.C.K., *et al, Op. cit.*
11. Haroun, D, J.C Wells, J.E Williams, N.J Fuller, M.S Fewtrell and M.S Lawson 2005. Composition of the fat-free mass in obese and nonobese children: matched case-control analyses. *Int. J. Obes.* 29: 29-36.
12. Kenneth, J.E, Y. Manjiang, R.J. Shypailo, A. Orlando, W. Wong and W.C. Heird 2007. Body-composition assessment in infancy: air-displacement plethysmography compared with a reference 4-compartment model. *Am. J. Clin. Nutr.* 85: 90-95.
13. Wells J.C.K., *et al, Op. cit.*
14. Gately P.J., *et al, Op. cit.*
15. Wells J.C.K., *et al, Op. cit.*
16. Huerta, R.H., J. Esparza-Romero, R. Urquidez, B.I. Pacheco, M.E. Valencia and H. Alemán-Mateo 2007. Validity of an equation based on anthropometry to estimate body fat in older adults. *Arch.Latinoam. Nutr.* 57: 357-365.
17. Caire G, A.M Calderón de la Barca, A.V Bolaños, M. E. Valencia, A.W. Coward AW, G. Salazar and E. Casuanueva 2002. Measurement of deuterium oxide by infrared spectroscopy and isotope ratio mass spectrometry for quantifying daily milk intake in breastfed infants and maternal body fat. *Food. Nutr. Bull.* 23.(Suppl 3): 38-41.
18. Whithers R.T., *et al, Op. cit.*
19. Fomon SJ, F. Haschke, E.E. Ziegler and S.E. Nelson 1982. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am. J. Clin. Nutr.* 35:1169-1175.
20. Lohman T.G., *et al, Op. cit.*
21. Wells J.C.K y M.S. Fewtrell., *Op cit.*
22. Wells J.C.K., *et al, Op. cit.*
23. Gately P.J., *et al, Op. cit.*

24. Wells J.C.K y M.S. Fewtrell., *Op cit.*
25. Wells J.C.K y M.S. Fewtrell., *Op cit.*
26. Lohman, T.G and Z. Chen 2005. Dual-Energy X-Ray Absorciometry. In Human Body Composition, [S.B. Heymsfield, T.G Lohman, Z.M. Wang, S.B. Going.] Ed. Human Kinetics. Cap.5 : 63-77.
27. *Idem.*
28. Wells J.C.K y M.S. Fewtrell., *Op cit.*
29. Sopher, A.B., J.C. Thornton, J. Wang, R.N Pierson Jr, S.B Heymsfield and M. Horlick 2004. Measurement of Percentage of Body Fat in 411 Children and Adolescents: A Comparison of Dual-Energy X-Ray Absorptiometry With a Four-Compartment Model. *Pediatrics*.113: 1285-1290.
30. Lohman T.G. and Z. Chen., *Op. cit.*
31. *Idem.*
32. Roubenoff, R., J.J. Kehayias, B. Dawson Hughes and S.B. Heymsfield 1993. Use of dual-energy x-ray absorptiometry in body-composition studies: not yet a "gold standard". *Am. J. Clin. Nutr.*, Nov 1993. 58: 589-591.
33. Huang. T.T., M.P. Watkins and M.I. Goran 2003. Predicting total body fat from anthropometry in Latino children. *Obes. Res.*11:1192-1199.
34. Lohman T.G. y Z. Chen., *Op. cit.*
35. Wells J.C.K y M.S. Fewtrell., *Op cit.*
36. *Idem.*
37. Lohman T.G. and Z. Chen., *Op. cit.*
38. *Idem.*
39. *Idem.*
40. Wells J.C.K y M.S. Fewtrell., *Op cit.*
41. *Idem.*
42. Wells J.C.K., *et al, Op cit.*
43. Gately P.J., *et al, Op cit.*
44. Wells J.C.K., *et al, Op. cit.*
45. Wang Z, W. Shen, R.T. Whithers and S.B. Heymsfield 2005. Multicomponent Molecular-Level Models of Body Composition Analysis. In Human Body Composition. [S.B. Heymsfield, T.G. Lohman, Z.M. Wang, S.B. Going S.B] Ed.

Human Kinetics, Cap.12: 63-77 pp.

46. Lohman T.G and Z. Chen., *Op. cit.*

47. Bartok Olson, C.J., D. A. Schoeller, J.C. Sullivan and R.R. Clark 2000. The "B" in the Selinger Four-Compartment Body Composition Formula Should Be Body Mineral Instead of Bone Mineral. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 904:342.

48. Lohman T.G and Z. Chen., *Op. cit.*



Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición
Ave. Dr. Eduardo Aguirre Pequeño y Yuriria
Col Mitras Centro, Monterrey, N.L. México 64460
Tels. (8)348-4354, 348-6080, 348-6447
respyn@fspyn.uanl.mx



Universidad Autónoma de Nuevo León
webmaster@uanl.mx