

Análisis de la concordancia entre métodos de la composición corporal en adultos mayores

Analysis of concordance between body composition methods in elderly

María Elena Díaz Sánchez, Manuel Hernández-Triana, Dayany Matos Romero,
Iraida Wong Ordoñez, Vilma Moreno López

Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos, Cuba

Correspondencia: María Elena Díaz Sánchez, Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. Infanta 1158 entre Clavel y Llinás. Centro Habana. La Habana, CP: 10300, Cuba. E mail: maryelen@infomed.sld.cu.

Palabras claves: Composición corporal; Envejecimiento; Antropometría.

Key Words: Body composition; Elderly; Anthropometry.

Resumen

En las últimas décadas se ha ampliado el desarrollo de los métodos indirectos para la determinación de la composición corporal, haciéndose necesaria la comparación entre las distintas técnicas para conocer el grado de sobrestimación o subestimación de las fracciones corporales, independientemente de que cada procedimiento ofrece un error estándar probable en el estimado. En este trabajo se realizó el análisis de la concordancia de las estimaciones del porcentaje de grasa corporal total obtenidas a partir de diferentes métodos: antropométrico (a través de ecuaciones de predicción de Durnin y Womersley), bioimpedancia y deuterio. Para las comparaciones se utilizaron los datos de un grupo de ancianos entre 60 y 70 años. Los resultados más notables indican que la antropometría reproduce en mayor o menor medida al método de dilución isotópica y se comprueba que el nivel de concordancia entre los métodos puede variar por sexo y la sobrestimación o subestimación de la fracción obtenida puede explicarse por la naturaleza de la muestra matriz, las características del método en sí y el estado físico de los sujetos evaluados.

Abstract

Since the last decades increases the development of indirect methods of body composition determination. It requires the comparison between different techniques to know the degree of overestimation or sub estimation of the body fractions, independently of the probable standard error in the estimation. The present paper shows the analysis of concordance on the estimation of the percentage of total body fat obtained by different methods: anthropometry (through Durnin and Womersley regression equations), bioimpedance, and deuterium isotopic dilution. In the comparisons, data of elder people between 60 to 70 years old were used. Main results indicate that the anthropometry reproduce better the isotopic dilution method, and confirms that the level of concordance between different techniques could variate by sexes and that the accuracy of the body component obtained can be explained by the nature of the matrix sample, the proper characteristics of the method and the physical status of the individuals.

Introducción

Dado el desarrollo que han tenido en los últimos años las técnicas indirectas de determinación de la composición corporal se han ampliado los estudios comparativos, sin que hasta el presente se pueda comprobar con exactitud cuál es el verdadero estándar de oro, que sirva como referencia a los distintos procedimientos. Generalmente se ha aceptado que la densitometría por pesaje subacuático sea este patrón de referencia, sin que medien estudios que permitan la comparación universal de los distintos métodos.

La estimación de la composición corporal por hidrometría es un procedimiento empleado con anterioridad, pero actualmente la manera más precisa para determinar el agua total del cuerpo, que es el mayor contribuyente de la masa magra corporal total, es a través de la dilución isotópica, siendo uno de los marcadores el isótopo de deuterio. Esta metodología asume que este isótopo del hidrógeno puede intercambiarse con todos los fluidos corporales al cabo de un cierto tiempo. Para el cálculo del agua corporal se emplea usualmente una constante de hidratación del 73.2%, aunque se sabe que este valor puede variar con la edad y el estado nutricional, lo que constituye una limitación del método cuando se emplea el esquema de dos compartimentos; a partir de esta constante se puede estimar posteriormente la masa libre de grasa y por diferencia la masa grasa. Algunos trabajos sugieren que esta técnica ha sido lo suficientemente validada en diferentes poblaciones como para constituir un patrón de referencia o “estándar de oro” en la determinación de la fracción magra, al igual que la pesada hidrostática para la obtención del compartimento graso (Shoeller et al, 1986; Barrera et al, 1996).

La antropometría sigue siendo el método sencillo y accesible para obtener una simple estimación de los tejidos; cuando se emplea como variable dentro de una ecuación de regresión con otros procedimientos indirectos se convierte en un método doblemente indirecto, en el cual hay que considerar una fuente compleja de errores, que incluyen la técnica en sí, el error del estimado de la regresión, el correspondiente al método de base y el de la muestra matriz, entre otros.

Otro de los procedimientos más expandidos es la bioimpedancia eléctrica (Macías, 2009), que se basa en las diferencias de conductividad y propiedades eléctricas de los tejidos corporales (magro y graso). La masa magra es un excelente conductor, porque contiene la mayor cantidad de electrolitos; es así como la aplicación de una corriente bajísima (no percibida por el cuerpo humano) genera la posibilidad de medir el agua corporal total, de aquí la masa magra y por diferencia la grasa (Oldham, 1996). Una limitación es que pierde precisión en los casos extremos y que existen diferencias entre los modelos de los aparatos: mano-pie, mano-mano y pie-pie.

En términos generales, la mayoría de las ecuaciones o validaciones entre métodos de la composición corporal se han desarrollado para poblaciones más jóvenes y son pocas las diseñadas para los sujetos envejecidos (Huerta et al, 2007). El propósito de este trabajo es hacer una comparación de algunos de los métodos que permiten estimar la composición corporal en adultos mayores.

Materiales y métodos

Se analizaron los datos de la composición corporal de un grupo de 147 ancianos participantes en un estudio sobre gasto energético y actividad física realizado en una comunidad urbana de la provincia de Villa Clara, Cuba. Para el presente estudio se utilizó el porcentaje de grasa corporal total determinado a través de diferentes procedimientos. Las técnicas empleadas obedecen a las características particulares de los diferentes métodos.

Se efectuaron determinaciones hidrométricas por dilución isotópica de deuterio con el método del “plateau”, analizadas por espectrometría de masas. A partir del agua corporal total, con una constante de hidratación del 73.2% se determinó la masa magra y por diferencia la grasa.

Se determinó la bioimpedancia eléctrica con la técnica de Lukaski (1985), con un analizador de la composición corporal BODYSTAT de frecuencia única de 50 Khz. El porcentaje de grasa se obtuvo con las ecuaciones del aparato.

Se efectuó un estudio antropométrico con las técnicas recomendadas para determinar la densidad corporal con las ecuaciones de predicción de Durnin y Womersley (1974) para sujetos mayores de 50 años, a partir de 4 pliegues cutáneos (tríceps, bíceps, subescapular y suprailíaco); el porcentaje de grasa corporal total se obtuvo con la fórmula de Siri (1951) y se identifica en el artículo como determinación por Antropometría (D-W). Se calculó además el índice de masa corporal (IMC) para tener de un diagnóstico de referencia del estado nutricional.

La estadística descriptiva proporcionó la información de la media y su intervalo de confianza (IC) al 95% para el porcentaje de grasa corporal. El poder de reproducción se estimó a través del coeficiente de correlación. Se evaluó el grado de concordancia entre los distintos procedimientos a través de métodos gráficos con el diagrama de cajas y bigotes y el de Bland y Altman (1986), y con la prueba de Wilcoxon para datos con pareamiento.

Resultados

La Tabla 1 muestra los coeficientes de correlación bivariada entre los distintos métodos de la composición corporal para el cálculo del porcentaje de grasa total del cuerpo. El nivel de reproducibilidad es adecuado, mayor entre la antropometría (D-W) y la determinación obtenida por deuterio. En los hombres hay cierta independencia entre antropometría (D-W) y bioimpedancia, debida a una gran sobrestimación de esta última en sujetos con deficiencia energética, según el IMC hallado para este grupo; si se excluyen los casos con esta problemática el valor del coeficiente sube a un 0.37, alcanzando una reproducibilidad aun baja, pero estadísticamente significativa.

	Hombres	Mujeres
	r	r
Deuterio x Bioimpedancia	0.45 ***	0.68 ***
Deuterio x Antropometría (D – W)	0.79 ***	0.86 ***
Bioimpedancia x Antropometría (D – W)	0.12 ns	0.68 ***

Tabla 1. Coeficientes de correlación entre métodos de la composición corporal. *** $p < 0.0001$, ns: no significativo

Table 1. Correlation coefficients between the body composition methods

La evaluación del estado de nutrición por el IMC de los ancianos interviene en los resultados; el 13% de los mismos presenta una deficiencia energética crónica, con los criterios de la OMS (Shetty y James, 1984). El 65% de las mujeres y el 40% de los hombres caen dentro del rango normal y los restantes en diferentes categorías de sobrepeso. Con el porcentaje de grasa, los niveles de clasificación dados por el BODYSTAT tienden en una gran frecuencia hacia el exceso de grasa; la distribución de las categorías tradicionales empleada para el deuterio y antropometría (D-W) tiene una mayor coherencia, sobre todo en las mujeres, con porcentajes semejantes para la baja grasa y para el exceso.

La Fig. 1 presenta las comparaciones considerando el método gráfico de Bland y Altman con todos sus supuestos. El análisis se realiza planteando “la mejor estimación posible” de la variable en cuestión (% de grasa) dada por el promedio de las mediciones obtenidas con los dos métodos, contra la diferencia media de ambos. La magnitud de esta diferencia indica el sesgo entre estas dos mediciones de la misma variable.

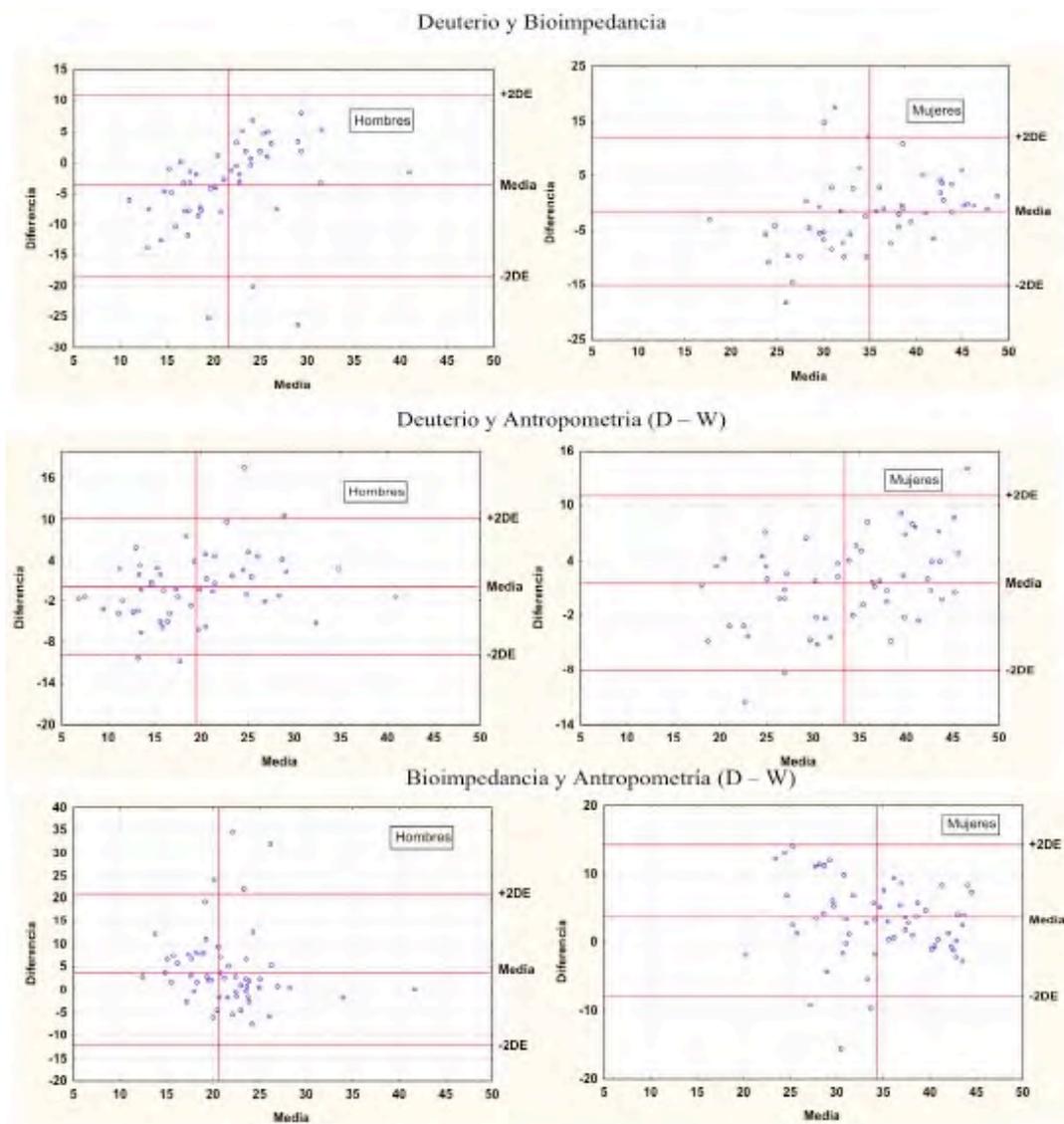


Figura 1. Análisis de la concordancia: % Grasa (Método de Bland y Altman)
Figure 1. Analysis of the concordance: % Fat (Bland y Altman method)

En un primer nivel de análisis se puede contrastar los dos métodos doblemente indirectos con el análisis por deuterio.

Al comparar el % de grasa obtenido por deuterio y la bioimpedancia en los hombres se observa en la nube de puntos un patrón de discordancia claramente definido entre ambos métodos. La bioimpedancia tiende a sobrestimar al deuterio por debajo del promedio y a subestimar por encima de manera creciente. La diferencia promedio entre ambos métodos es de 3.2 % de grasa, con un margen de error de un 15%. En las mujeres también explica una baja concordancia, pero no existe ningún patrón concreto. Existe una diferencia promedio en valor absoluto de 1.6 % de grasa, pero con un margen de error de un 14%. Aquí, en términos medios, la bioimpedancia tiende a sobrestimar al deuterio.

En la comparación entre el deuterio y antropometría para las mujeres se observa que en términos promedios la antropometría está subestimando al deuterio en un 1.5% de grasa, existiendo un margen de error de un 10 %. En los hombres existe una concordancia entre los métodos deuterio y la ecuación de predicción basada en la antropometría (D-W); aunque el

margen de error es de un 10%, en promedio los métodos difieren no más de un 0.18% de grasa, lo que implica una mejor concordancia con respecto a las mujeres.

En una segunda fase del estudio se decidió contrastar el comportamiento de los dos métodos doblemente indirectos, bioimpedancia y la predicción del % de grasa por antropometría (D-W).

En los hombres los valores de la bioimpedancia sobrestiman la cantidad de grasa total en un 4% con un nivel de error del 16%, existiendo grandes diferencias entre los sujetos muy magros. En las mujeres la predicción por antropometría (D-W) subestima los valores que proporcionan la bioimpedancia en un 3.2%, con un error del 11% de determinado por 2DE.

La Tabla 2 muestra la media y los límites de confianza del porcentaje de grasa corporal obtenido por deuterio, bioimpedancia y por antropometría (D-W). El valor emanado de la técnica de bioimpedancia excede el hallado con los otros dos métodos. Los resultados de la antropometría (D-W) para la fracción relativa de la adiposidad parecen corresponderse con los de la dilución isotópica por deuterio.

	Hombres		Mujeres	
	Media	IC 95%	Media	IC 95%
Deuterio	19.57	17.45 – 21.69	34.07	31.57 – 36.58
Bioimpedancia eléctrica	23.63	22.19 – 25.07	36.31	34.71 – 37.91
Antropometría (D – W)	18.97	17.52 – 20.42	32.62	30.78 – 34.46

Tabla 2. Valores del porcentaje de grasa¹ por diferentes métodos.¹ Ancianos entre 60 y 70 años. IC: Intervalo de Confianza

Table 2. Values of percent of body fat¹ by different methods.¹ Elder people between 60 and 70 years of age. IC: Confidence interval

Los intervalos de confianza (IC) explican mejor estos resultados. En los hombres el valor de la media encontrada por deuterio cubre el IC de la grasa predicha por antropometría (D-W) y viceversa; pero la cifra promedio hallada por la bioimpedancia sale fuera de los IC antes mencionados, sugiriendo una diferencia. En las mujeres se repite el patrón encontrado para el deuterio y la antropometría (D-W), así como evidencia la distinción entre esta última y la bioimpedancia; sin embargo hay una zona de duda entre la media encontrada con el método de la bioimpedancia que se incluye dentro del IC del deuterio sugiriendo una semejanza.

En la Fig. 2 se presenta el diagrama de ploteo de cajas y bigotes y el resultado de la prueba no paramétrica de Wilcoxon para datos con pareamiento. Con este procedimiento gráfico respaldado por la prueba estadística se analizan las diferencias entre los métodos en cada sexo, para evaluar la concordancia entre los mismos.

La diferencia deuterio-bioimpedancia es negativa para los dos sexos, indicando que los valores del % grasa a partir de la dilución isotópica son menores que con el otro método, siendo más pronunciado en los hombres. Comparando el IC para estimar la diferencia con respecto a un error menor del 3% permisible para la técnica isotópica, el valor encontrado en los hombres, que es estadísticamente significativo, rebasa este límite por lo que se puede afirmar la baja concordancia entre los métodos. En las mujeres, al observar el IC y la prueba Wilcoxon se advierte una significación estadística en la discordancia; pero al comparar el IC con un valor permisible para la técnica isotópica, se concluye que la discrepancia encontrada no se debe tener en consideración y que ambos métodos no difieren.

La diferencia deuterio-antropometría no arroja en promedio grandes diferencias respecto a la concordancia total. Sin embargo los patrones en cada sexo son ligeramente diferenciados. En los hombres, tanto la prueba Wilcoxon como el IC permiten afirmar que existe reproducción del deuterio por la antropometría (D-W). En las mujeres la prueba estadística proporciona una ligera significación, que es reforzada al observar los IC, y se afirmaría que existen diferencias estadísticamente significativas entre los puntajes de estos dos métodos; pero como el IC superior no rebasa el valor de la diferencia máxima tolerable de grasa corporal para el deuterio, se puede afirmar que aunque el nivel de reproducción no es adecuado, la antropometría (D-W) sí reproduce en las mujeres con cierta confiabilidad biológica la determinación por deuterio de la composición corporal.

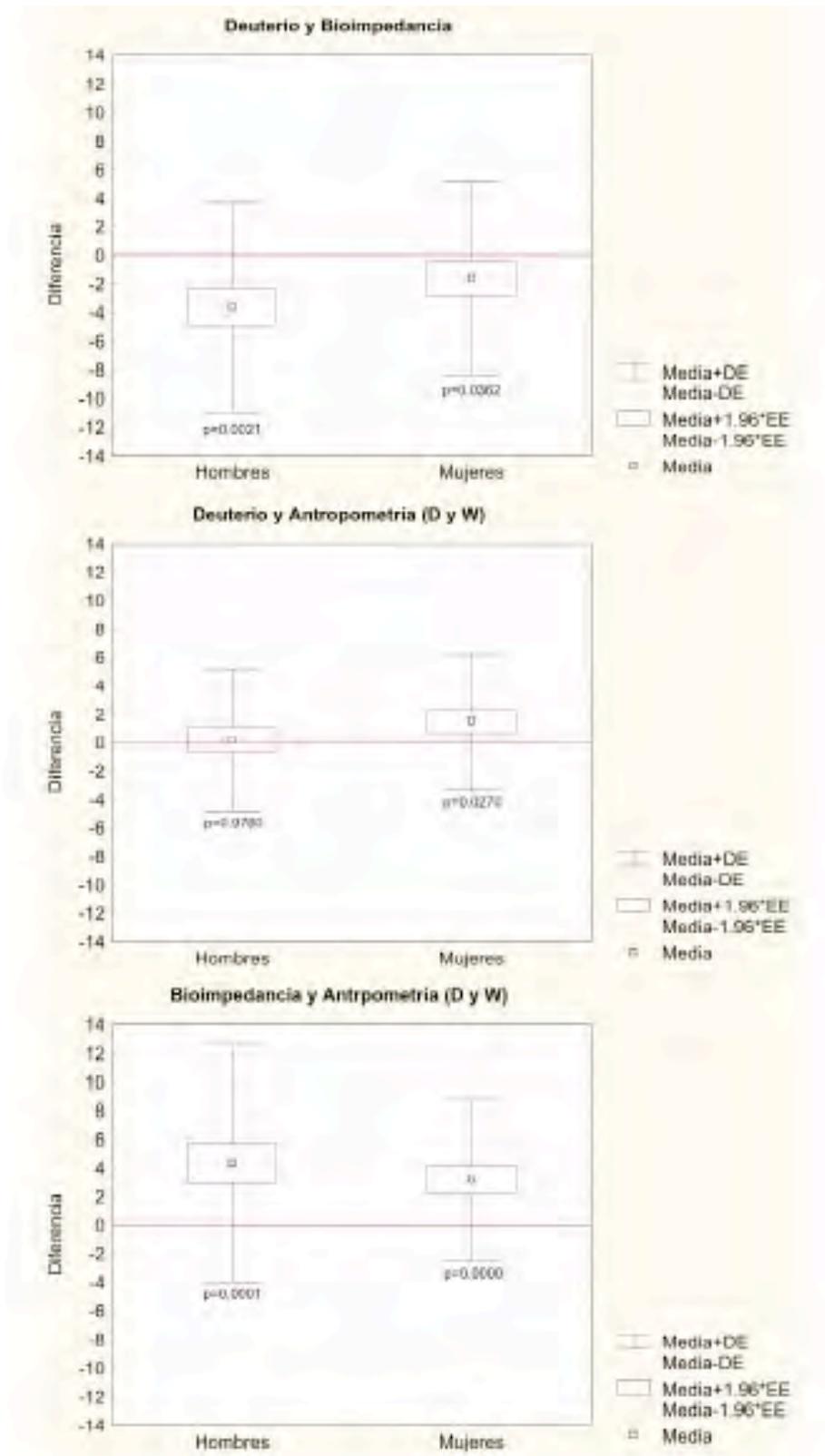


Figura 2. Análisis de la concordancia: Ploteo de cajas y bigotes de la diferencia entre métodos de la composición corporal (% Grasa). Prueba de Wilcoxon para datos con pareamiento
Figure 2. Concordance analysis: box and whisker plot of difference between body composition methods (% Body Fat) Wilcoxon test for paired data

La diferencia bioimpedancia-antropometría (D-W) es estadísticamente significativa en cada sexo, siendo ligeramente más apreciable en los hombres, con valores mayores de los IC y también mayor dispersión de los datos.

Discusión

Varias razones de orden biológico pueden influir en el mayor o menor grado de concordancia entre los métodos de la composición corporal analizados, sin que ello determine su rechazo total.

El software del BODYSTAT exige la entrada de dos variables antropométricas, la estatura medida y el peso. Esta estatura está subestimada en los ancianos debido a su declinación por el proceso involutivo, cifosis y problemas posturales, que puede alterar el valor de la impedancia y por ende la masa magra, provocando una sobrestimación en el % grasa, que no se puede determinar porque se desconoce la ecuación de regresión que contiene el instrumento. Broekhoff et al (1992) indica que una subestimación de 5 cm causaría una subvaloración de la masa magra entre 0.7 y 1.9 Kg. en determinado tipo de impedanciómetro. Por otra parte se sabe que con un mismo peso y talla puede haber diferencias en los estimados de la composición corporal (Blanchard, 1990). En los otros métodos este factor no influye directamente en la determinación pues no utilizan la estatura en el cálculo intermedio de donde se deriva el % de grasa.

Algunas referencias indican que las ecuaciones de Durnin y Womersley (1974), basadas solo en pliegues cutáneos, no incluyen una medición de la adiposidad abdominal, que está ciertamente incrementada en los adultos mayores, por lo que se subestima la cantidad de grasa total (Borkan et al 1986). Otra razón planteada es que la disminución de la elasticidad de la piel en estas edades puede ocasionar un incremento en la compresión de los tejidos, lo cual resulta en una subestimación de la masa grasa total determinada por los pliegues cutáneos (Broekhoff et al 1992). No obstante, las ecuaciones de Durnin y Womersley (1974) son de gran aceptación y se aplican en distintos grupos de edades; datos recientes reafirman su validez en la predicción de la composición corporal de los ancianos (Rech et al, 2010).

Estudios que incluyen la comparación entre distintos grupos de edades indican que las ecuaciones de Durnin y Womersley (1974) producen cifras más altas de estimación de la cantidad de grasa respecto a la bioimpedancia, al utilizar esta última técnica como un método de referencia, pero sugiriéndose que en los ancianos los valores entre estos dos procedimientos son más próximos (Blanchard et al, 1990). Otros autores han expuesto que las ecuaciones de Durnin y Womersley (1974) sobrestiman la cantidad de grasa en individuos con índice de masa corporal por debajo de 25 y por encima de 35, pero que funciona bien en el rango de 25-35 (Webster et al, 1984). De cualquier manera el IMC no tiene la capacidad para diferenciar el componente graso de la facción magra, siendo esta su principal limitante (Heyward, y Stolarczyk, 1996), no obstante es aun lo más utilizado.

En adultos por debajo de los 60 años se ha reportado sobrestimación de la masa grasa por antropometría (D-W) respecto a la bioimpedancia (pie-pie), con valores de 5.9% en hombres y de 9.3% en las mujeres (Aristizabal et al, 2007), sugiriéndose que las diferencias son debidas a los fundamentos básicos de los dos métodos.

Las ecuaciones por antropometría estiman la densidad corporal a partir de la sumatoria de pliegues cutáneos para calcular los porcentajes de grasa corporal y la masa libre de grasa; el análisis de impedancia bioeléctrica estima el contenido de agua corporal total a partir del índice de bioimpedancia, incluye el peso y la talla para luego calcular los porcentajes de masa libre de grasa y de grasa corporal. En este mismo sentido, existen diferencias debidas al tipo de impedanciómetro. Los que no son de cuerpo entero (mano-pie), no consideran las diferencias que aporta el otro segmento del cuerpo; en el caso del modelo pie-pie se adiciona el hecho, que la posición del individuo puede generar una acumulación de líquidos en las extremidades inferiores y alterar los valores de bioimpedancia, por eso el mano-pie es el más recomendado (Kyle et al, 2004).

Blanchard et al (1990) indica que las diferencias entre los métodos son mayores debido a que la magnitud del error del estimado de cada uno de ellos interviene en esta comparación. A

esto se le puede añadir que cada método responde a las características de la muestra matriz en la cual intervienen factores como el estado nutricional, el nivel de actividad física, la edad, el sexo, así como otras determinantes que interactúan dentro de la fuente de errores, que incrementan la dispersión y la cuantía de la diferencia entre las estimaciones de la grasa corporal. Un elemento también de gran importancia, es el tipo de compartimento corporal que calcula cada método. La influencia de todos estos aspectos provoca diferencias en los resultados e interpretaciones que aparecen en la literatura sobre el tema.

Datos obtenidos en ancianos, muestran que la bioimpedancia sobrestima la cantidad de grasa total respecto al deuterio (considerado como estándar de oro) y a las predicciones por antropometría, pero mediante esta última se hallan valores más altos respecto al método de referencia (Barrera *et al* 1997). De acuerdo con el procedimiento de Bland y Altman, la comparación entre antropometría y deuterio en el estudio antes mencionado evidencia que el error de estimación es directamente proporcional a la cantidad de grasa corporal, subestimándose con los pliegues en los individuos más magros y sobrestimándose en los más obesos.

Una interpretación acerca la sobrestimación de la grasa a partir de la bioimpedancia en los ancianos pudiera ser que al predominar en ellos la adiposidad intrabdominal y concentrarse también la mayor cantidad de agua corporal en el tronco, hay una posibilidad de que queden islotes de tejido magro sin medir, rodeados de grasa, subestimándose así la masa magra y sobrestimando la grasa total en el modelo bicompartimental (Baungartner *et al*, 1989). Otra explicación sería que la bioimpedancia de frecuencia única mide el agua extracelular y no la intracelular, por lo que produce una subestimación de la masa magra y sobrestima por tanto, la grasa total (Vincent *et al*, 1995).

En la actualidad y contrariamente a las ideas anteriores, se plantea subestimación en el porcentaje de grasa obtenido en sujetos obesos de amplio rango de edades, al aplicar en ellos ecuaciones basadas en bioimpedancia que han sido desarrollada para individuos normopesos (Bellido *et al*, 2009), porque la obesidad conlleva cambios en las propiedades eléctricas de los tejidos originadas por alteraciones en el compartimento de agua corporal y cambios en la propia geometría del cuerpo (Deurenberg, 1996; Kyle *et al*, 2004)

Entre los modelos predictivos por antropometría más nuevos que aparecen en la literatura, el realizado y validado por Gausse-Nilsson y Dey (2005) en ancianos ha sido criticado por solo incluir individuos de 75 años, lo que indica que no considera aumento y distribución de la grasa conforme se incrementa la edad y esto tiene implicaciones en la reproducibilidad del método. Reportes anteriores se recomiendan la utilización de ecuaciones de regresión propias o validadas para los ancianos (Zepeda *et al*, 2002) que incluyan variables que explique los cambios morfológicos particulares del proceso de envejecimiento.

Ecuaciones de predicción antropométricas desarrolladas un poco más recientemente en ancianos, tomando como referencia la hidrodensitometría por deuterio, explican su variabilidad por la pérdida del contenido mineral óseo, como componente más denso y por el agua corporal total, que es la fracción más abundante (Huerta *et al*, 2007); no adjudican ninguna razón para un sesgo, porque los individuos se mueven en un amplio rango de edad y variaciones en el estado nutrición. En comparaciones del porcentaje de grasa, realizadas en mujeres de 18 a 40 años por hidrodensitometría y las ecuaciones de predicción de Durnin y Womersley se observan diferencias significativas, una sobrestimación por estas últimas con una pobre validez y baja concordancia (Aristizabal *et al* 2008), explicada por diferencias de la distribución de la grasa corporal en la zona de la cresta ilíaca, con un aporte del 40% a la suma de los pliegues cutáneos, no recomendándose su empleo para la toma de decisiones en este grupo. No obstante estos resultados, y la necesidad de realizar estudios de validación, las ecuaciones de Durnin y Womersley se siguen aplicando en la población adulta, aun conociendo que los supuestos teóricos básicos no se cumplen totalmente en las diferentes edades.

En los ancianos cubanos todos los procedimientos empleados para la comparación sugieren, que en general, hay bastante buena reproducibilidad entre los diferentes métodos de estimación de la composición corporal, pero la bioimpedancia sobrestima al deuterio y a la antropometría (D-W), sobre todo en los casos más extremos, no siendo muy adecuada para los sujetos que componen la muestra. La predicción por pliegues cutáneos tiene menores diferencias con el

patrón de referencia, siendo aquellas menores que el error del estimado para la dilución isotópica. Resultados estos que se corresponden con la validación hecha por Barreras et al (1997).

Se ha planteado que el gráfico de Bland y Altman permite probar que el error metodológico se distribuye de manera aleatoria en todo rango de contenido de grasa, comprobado por una correlación no significativa entre el error de la técnica y el porcentaje de grasa corporal, mediante la regresión (Aleman, 2000). Se ha expresado también que la comparación del promedio de las dos mediciones del % de grasa permite visualizar relaciones entre el error de la medición y “el posible valor verdadero” de la variable, indicando que si las diferencias están normalmente distribuidas, el 95% de ellas se encuentran distribuidas entre $\pm 2DE$ (Barrera et al, 1997).

Estos límites de concordancia, quizás resulten bastante amplios para determinar el sesgo. Con el diagrama de cajas y bigotes se puede analizar más estrechamente la dispersión de los datos, al recurrir a los intervalos de confianza de la diferencia entre los métodos, apoyándose en una prueba estadística para identificar si existen o no patrones de discordancias significativos y tener la posibilidad de evaluar la magnitud de la diferencia teniendo en cuenta su significado desde el punto de vista biológico. Basado en todos estos procedimientos se puede concluir que el método antropométrico empleado, a partir de las ecuaciones de Durnin y Womersley es el que más se acerca a la dilución isotópica, como “gold standard” de uno de los compartimentos de la composición corporal.

Agradecimientos. Al Dr. Pedro Monterrey por su soporte en el análisis estadístico de los datos.

Referencias

- Alemán, H., 2000, Nivel de actividad física, requerimientos de energía y composición corporal en personas activas de la tercera edad, residentes en una región rural de Cuba, Chile y México. PhD Tesis, Universidad de Sonora, México.
- Alemán-Mateo, H. 2007. Validez de una ecuación basada en antropometría para estimar la grasa corporal en adultos mayores. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57, 357-365.
- Aristizbal, J. C., Restrepo, M. T., Estrada, A., 2007, Evaluación de la composición corporal de adultos sanos por antropometría e impedancia bioeléctrica. *Biomédica*, 27, 216-224.
- Aristizbal, J. C., Restrepo, M. T., Estrada, A., 2008, Validación por hidrodensitometría de ecuaciones de pliegues cutáneos utilizadas para estimar la composición corporal en mujeres. *Biomédica*, 28, 404-413.
- Barrera, M. G., Salazar, G., Gajardo, H., Gatas, V., Coward, A., 1997, Análisis comparativo de los métodos de evaluación de la composición corporal. *Revista Médica de Chile*, 125, 1335-1342.
- Baugartner, R. N., Chumlea, W. C., y Roche A.F., 1989, Estimation of body composition from bioelectric impedance of body segments. *American Journal of Clinical Nutrition*, 50, 221-226.
- Bellido, D., Carreira, J., y Bellido, V., 2009, Composición corporal por impedancia bioeléctrica de arco inferior en individuos con sobrepeso y obesidad de población española. *Revista Española de Obesidad*, 7, 385-394.
- Blanchard, J., Conrad, K. A., y Harrison, G. G., 1990, Comparison of methods for estimating body composition in young and elderly women. *Journal of Gerontology*, 45, B119-B124.
- Bland, J. M. y Altman D. G., 1986, Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *Lancet*, 1, 307-310.
- Broekhoff, C., Voorrips, L. E., Weijenberg, M. P., Witvoet, G. A., van Staveren W. A., y Deurenberg P., 1992, Relative validity of different methods to assess body composition in apparently healthy elderly women. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 36, 148-156.
- Deurenberg, P., 1996, Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64, 449S-452S.
- Deurenberg, P., van de Kooy, K., Leenen, R., Evers, P., y Hulshof, T., 1990, Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a Population aged > 60 y. *American Journal of Clinical Nutrition*, 51, 3-6.

- Gause-Nilsson, I., y Dey, D. K., 2005, Percent body fat estimation from skin fold thickness in the elderly. Development of a population-based prediction equation and comparison with published equations in 75-year-olds. *Journal of Nutrition and Health and Aging*, 9,19-24.
- Huerta, R., Esparza-Romero, J., Urquidez, R., Pacheco, B. I., Valencia, M. E., y Alemán.Mateo, H., 2007, Validez de una ecuación basada en antropometría para estimar la grasa corporal en adultos mayores. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57, 357-365.
- Heyward, V.H., Stolarczyk, L. M., 1996, Body composition basics. En: Heyward VH, Stolarczyk LM, editors. *Applied body composition assessment*. Champaign IL: Human Kinetics Publishers. p.2-20.
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M. Manuel- Gómez, J., Lilienthal Heitmann, B., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., M W J Schols, A., Pichard, C ., 2004, Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 23, 1430-53.
- Lukaski, H. C., Johnson, P. E., y Bolonchuck, W. W., 1985, Assessment of fat free mass using bio-electrical impedance measurements of the human body . *American Journal of Clinical Nutrition*, 41, 810-817.
- Macías, N., 2009, Bioimpedancia eléctrica principios y aplicaciones. *Cuadernos de Nutrición*, 32, 163-169.
- Oldham, N.M., 1996, Overview of bioelectrical impedance analyzers. *American Journal Clinical Nutrition*, 64, s405-s12.
- Rech, C. R., Cordeiro, B. A., Petroski, E. L., Guedes de Vasconcelos, A. 2010, Utilização da espessura de dobras cutâneas para a estimativa da gordura corporal em idosos. *Revista de Nutrição de Campinas*, 23, 17-26.
- Schoeller, D., Van Santen, A., Peterson, D. W., Dietz, W., Jaspán, J., y Klein, P. D., 1980, Total body water measurements in humans with ¹⁸O and ²H labeled water. *American Journal of Clinical Nutrition*, 33, 2686-2693. * DA Schoeller,
- Svensend, O. L., Haarbo J., Heitmann, B. L., Gotfredsen, A., y Chirstiansen C., 1991, Measurement of body fat in the elderly by dual energy absorpsiometry, and bioelectrical impedance anthropology. *American Journal of Clinical Nutrition*, 53, 1117-1123.
- Visser, M., Deurenberg, P y van Stantden, E. T., 1995, Multifrequency bioelectrical impedance for assessing total body water and extracellular water in elderly subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, 49, 256-266.
- Webster, J. D., Hesp, R., y Garrow, J. S., 1984, The composition of excess weight in obese estimated by body density, total body water and total body potassium *Human Nutrition and Clinical Nutrition*, 38C, 299-306.
- Zepeda-Zepeda, M. A., Irigoyen-Camacho, M. E., Velázquez- Alva, M. C., 2002, Métodos y técnicas de la composición corporal y su uso en la tercera edad. *Nutrición Clínica*, 5, 88-97.