

Uso de la bioimpedancia eléctrica para la estimación de la composición corporal en niños y adolescentes

Armando Sánchez Jaeger¹ y María Adela Barón²

Resumen. El análisis de la composición corporal constituye el eje central de la valoración del estado nutricional. Su estimación en el área pediátrica ha cobrado gran relevancia debido a la creciente prevalencia de la obesidad en las primeras etapas de la vida y los efectos adversos sobre la salud. La bioimpedancia eléctrica es uno de los métodos desarrollados para estimar la composición corporal; tanto en investigación como en el área clínica. Se fundamenta en la oposición de las células, tejidos o líquidos corporales al paso de una corriente eléctrica. Este método mide el agua corporal total y permite estimar la masa corporal libre de grasa y la masa grasa. Entre sus ventajas están el bajo costo, facilidad de transporte, inocuidad, sencillez en el manejo y la baja variabilidad interobservador. Este artículo hace una revisión de la bioimpedancia eléctrica como técnica para evaluar la composición corporal. Se presentan los aspectos relacionados a las suposiciones metodológicas, así como sus ventajas, limitaciones y aplicaciones de la bioimpedancia eléctrica en la estimación de la composición corporal en niños y adolescentes. Se concluye que la validez y aplicabilidad demostrada por la bioimpedancia eléctrica en estudios epidemiológicos, le permite ubicarse dentro de los métodos recomendables para el estudio de la composición corporal en niños y adolescentes. **An Venez Nutr 2009;22 (2): 105-110.**

Palabras clave: Descriptores, bioimpedancia eléctrica, composición corporal, agua corporal, niño, evaluación nutricional.

Use of bioelectrical impedance for the prediction of body composition in children and adolescents

Abstract. The analysis of body composition constitutes the center of nutritional state evaluation. Its estimation in the pediatric area has become highly relevant due to the growing prevalence of obesity in the first stages of life and the adverse effects on health. Bioelectrical impedance is one of the methods developed to estimate body composition in research as well as in clinic. Bioelectrical impedance is based on the opposition of cells, tissues or body fluids to the pass of an electric current. This method measures total body water and allows the estimation of fat and fat free body mass. Among its advantages are low cost, easy transportation and handling and low variability between observers. This article makes a revision of bioelectric impedance as a technique to evaluate body composition. Aspects related to its methodological assumptions are presented, as well as its advantages, limitations and applications in the estimation of body composition of children and adolescents. The applicability and validity shown by bioelectric impedance in epidemiologic studies place it next to reliable methods for the study of body composition. **An Venez Nutr 2009;22 (2): 105-110.**

Key words: Bioelectrical impedance, body composition, body water, children, nutritional assessment.

Introducción

El análisis de la composición corporal permite conocer las proporciones de los distintos componentes del cuerpo humano y su estudio constituye el eje central de la valoración del estado nutricional. La estimación del agua corporal total (ACT), de la masa grasa (MG), de la masa libre de grasa (MLG) y de la masa mineral ósea, permite la adecuada caracterización de la composición corporal, así

como la asociación temprana entre la deficiencia o exceso de estos compartimientos con la aparición del riesgo para algunas enfermedades crónicas (1,2). Una adecuada evaluación de la composición corporal en niños y adolescentes se debe fundamentar en el estudio de sus componentes o compartimientos, así como en el desarrollo y evaluación de los métodos indicados para su estimación (3).

Los componentes del cuerpo humano se distribuyen en cinco niveles de organización: atómico, molecular, celular, tisular y corporal, correspondiendo la suma de ellos al peso corporal total. El nivel atómico está formado principalmente por elementos que son responsables de más del 99% del peso total (minerales, electrolitos, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno). Estos elementos se combinan para formar compuestos químicos que se agrupan en categorías que definen el nivel molecular, siendo sus principales componentes el agua, los lípidos, las proteínas, los

1. Médico Cirujano. Magíster en Nutrición. Especialista en Nutrición Clínica. Investigador Titular. Instituto de Investigaciones en Nutrición (INVESNUT), Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

2. Lic. en Bioanálisis. Magíster en Nutrición. Investigador Titular. Instituto de Investigaciones en Nutrición (INVESNUT), Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

Solicitar copia a: Armando Sánchez Jaeger. Apartado Postal 3458, El Trigal. Valencia. Estado Carabobo. Venezuela. 2002-A. Teléfono 0241-8672852. E-mail: aasanche@uc.edu.ve y mbaron@uc.edu.ve

minerales y los carbohidratos. El nivel tisular está formado por el tejido adiposo, el músculo esquelético, el hueso y las vísceras y el nivel corporal total incluye la masa corporal, la estatura, los perímetros y los pliegues subcutáneos (4-6).

La estimación apropiada de la composición corporal en el área pediátrica ha cobrado gran relevancia debido a la creciente prevalencia de la obesidad en las primeras etapas de la vida y los efectos adversos sobre la salud. Ello ha propiciado el desarrollo y aplicación de métodos confiables y seguros, tanto en investigación como en el área clínica. Entre ellos están: el análisis de activación neutrónica, la resonancia magnética, la densitometría e hidrometría, la pletismografía por desplazamiento de aire, los métodos de dilución isotópica, la absorciometría dual de rayos X (DXA, por sus siglas en inglés), la antropometría y el análisis de la bioimpedancia eléctrica (7-9).

Este artículo hace una revisión de la bioimpedancia eléctrica como técnica para evaluar la composición corporal. Se presentan los aspectos relacionados a las suposiciones metodológicas, así como sus ventajas, limitaciones y aplicaciones de la bioimpedancia eléctrica en la estimación de la composición corporal en niños y adolescentes.

Principio del método

La bioimpedancia eléctrica se fundamenta en la oposición de las células, los tejidos o líquidos corporales al paso de una corriente eléctrica (10). La MLG contiene la mayoría de fluidos y electrolitos corporales, siendo un buen conductor eléctrico (baja impedancia u oposición), mientras que la MG actúa como un aislante (alta impedancia). El valor de la impedancia corporal (medida en ohm) proporciona una estimación directa del ACT y permite estimar indirectamente la MLG y la MG (11,12).

A pesar de que fue en el año 1962, cuando el fisiólogo francés Thomasset demostró que el ACT se estimaba a partir de la oposición del cuerpo a la corriente eléctrica, el uso específico de la bioimpedancia eléctrica para cuantificar aspectos de la composición corporal data de los años 80, en donde una gran variedad de equipos de una sola frecuencia estuvieron comercialmente disponibles para analizar la composición corporal y se usaron para estimar el ACT, la MLG y el porcentaje de grasa corporal (% GC) (5).

En el año 1991, se introdujo el primer instrumento de multifrecuencia para el análisis de la composición corporal, permitiendo estimar tanto el agua extracelular como el agua intracelular, logrando avances en el estudio de una variedad de condiciones clínicas, así como en la evaluación del efecto de la temperatura, el ejercicio y una

gran cantidad de factores que afectan la estimación de dichos compartimientos (13,14).

Supuestos metodológicos

El uso de la bioimpedancia eléctrica para estimar la composición corporal está basado en la consideración del cuerpo humano como un cilindro homogéneo y en las propiedades eléctricas de los tejidos corporales al paso de varias frecuencias de corrientes (únicas o múltiples). Los tejidos que contienen mucha agua y electrolitos, como el fluido cerebroespinal, la sangre o el músculo, son altamente conductores, mientras que la grasa, el hueso o los espacios con aire, como los pulmones, son tejidos altamente resistentes (5).

El método de estimación se basa en la aplicación de una corriente eléctrica de una intensidad muy pequeña, por debajo de los umbrales de percepción en el tejido a medir. Esta corriente produce una tensión eléctrica que es tan alta como mayor sea la impedancia que muestra el tejido evaluado al paso de dicha corriente. La impedancia eléctrica de un tejido biológico tiene dos componentes; resistencia y reactancia (15,16). La resistencia es la oposición al flujo de la corriente a través de las soluciones electrolíticas intra y extracelular; y la reactancia determina las propiedades dieléctricas o mal conductoras de los tejidos. La impedancia medida puede ser originada por el paso de corriente a diferentes frecuencias y al posicionar los electrodos sobre diferentes regiones cutáneas.

La mayoría de los equipos de monofrecuencia operan a 50 kHz, frecuencia escogida en parte por consideraciones de ingeniería y seguridad, pero también porque representa la principal frecuencia característica del tejido muscular. Sin embargo, las frecuencias características de los músculos pueden variar ampliamente entre los individuos de 30 a más de 100 kHz, razón por la cual los analizadores de multifrecuencia son aquellos que mejor se correlacionan con los métodos "Gold Standard" para la estimación de la composición corporal. En la bioimpedancia de multifrecuencia se utilizan varias frecuencias para determinar las características del agua corporal total y con los resultados obtenidos, se asume que la corriente a baja frecuencia sigue un recorrido extracelular, y que la corriente a frecuencias más elevadas transita libremente por las células (17,18).

Procedimientos de medición

La bioimpedancia eléctrica se mide de manera estándar, colocando al sujeto sobre una cama de material no conductivo (sin marcos metálicos que puedan distorsionar las medidas de impedancia). Los brazos deben estar separados ligeramente, de manera que no toquen los lados del tronco y las piernas deben estar separadas para

que los tobillos estén por lo menos a 20 cm. de distancia y los muslos no se toquen. Es muy importante adherirse a esta posición estándar, la cual se ha usado en todos los estudios de calibración, ya que las desviaciones producen grandes diferencias en la impedancia medida (19).

Se debe tomar en cuenta que el niño y el equipo estén aislados de cualquier objeto metálico por una distancia de por lo menos 50 cm. El sujeto puede estar vestido, con la excepción de medias y zapatos y debe estar con la vejiga totalmente vacía. Para mediciones de cuerpo completo mediante técnica de los cuatro electrodos, que se adhieren a la superficie dorsal de la mano y a la superficie anterior del pie. Las medidas de impedancia deben ser tomadas luego de un ayuno de dos horas y por lo menos de 8 a 12 horas después de un ejercicio fuerte u otros factores que puedan afectar la hidratación (10,19).

Reproducibilidad y precisión del método

Los estudios han demostrado que la bioimpedancia eléctrica es un método seguro, reproducible y confiable para valorar la composición corporal (10,12,19,20). En general, para la estabilidad y precisión de la medición de la bioimpedancia eléctrica es importante seguir el procedimiento estandarizado. En tal sentido, se debe considerar: la posición del cuerpo, ubicación de los electrodos, ejercicio reciente, consumo dietario y de fluidos, estado de hidratación del sujeto, temperatura corporal y ambiental (12,19). La confiabilidad de los instrumentos de bioimpedancia es muy alta. El error de medición de la mayoría de los equipos es menor de 0,5% (0,5 a 3 ohms) y se incrementa a frecuencias muy bajas (<10 kHz) y altas (>500 kHz) (21).

Ventajas y limitaciones del método

La bioimpedancia eléctrica es un método electro-físico por medio del cual se puede estimar el ACT, la MLG y el % GC de cada sujeto (19). Su bajo costo, rápida operacionalidad, poca dificultad técnica y su carácter no invasivo lo califican como uno de los métodos recomendados para estimar la composición corporal. Se realiza con un equipo portátil y es de gran utilidad para estudios de campo (12,22).

Para calcular el ACT y el % GC, se deben usar ecuaciones de predicción para bioimpedancia eléctrica; las cuales están basadas en poblaciones específicas (19). Un requisito de la bioimpedancia eléctrica es que las ecuaciones para transformar las medidas de resistencia y reactancia en la estimación del ACT, hayan sido validadas y se adapten a la población en la cual se va a utilizar (10).

En Venezuela la principal limitación de la aplicabilidad general de la bioimpedancia eléctrica es la falta de

ecuaciones debidamente validadas. En caso de no contar con una ecuación propia, lo más importante es hacer una cuidadosa selección de las que hayan sido desarrolladas en muestras de similar edad, sexo, raza y estado de salud de los sujetos en estudio.

Las ecuaciones generalmente contienen la estatura, el peso, la edad, el sexo y tienen la propiedad de transformar la impedancia en volúmenes (intracelular, extracelular), masas (grasa, celular), metabolismo basal, y otras variables de composición corporal (Na/K celular, densidad corporal) (18).

Para el cálculo de la composición corporal a través de bioimpedancia eléctrica, en el área pediátrica se cuentan con las siguientes ecuaciones de predicción:

Para el cálculo del agua corporal total (ACT) (23,24):

Entre 4 meses y 3 años: $0,67 (Talla^2 / Impedancia) + 0,48$

Entre 5 y 18 años: $0,60 (talla^2 / Resistencia) - 0,50$

Para el cálculo de la masa libre de grasa (MLG), expresadas en kilogramos (25,26):

En < 10 años: $4,83 + (0,640 \times Talla^2 / Resistencia)$

Entre 10 y 12 años: $-14,7 + (0,488 \times Talla^2 / Resistencia) + (0,221 \times Peso) + [(12,77 \times Talla) \times 0,01]$

Entre 10 y 14 años: $0,83 \times (Talla^2) + 4,43$

La mayoría de las ecuaciones publicadas para predecir la composición corporal han sido desarrolladas de sujetos sanos, lo que permite asumir que están en equilibrio de fluidos y electrolitos. Estas ecuaciones pueden producir errores impredecibles cuando son aplicadas a pacientes enfermos, que tienen estados de balance de fluidos y electrolitos anormales o que cambian rápidamente (19,22).

Aplicabilidad

En el área pediátrica se ha incrementado el uso de la bioimpedancia eléctrica para la valoración de la composición corporal y los datos se han validado con excelentes grados de concordancia a través de métodos tipo "Gold Standard", tales como: la técnica de dilución con oxido de deuterio y el DXA (27,28). En recién nacidos, la bioimpedancia ha sido validada por el método de dilución isotópica, encontrando una buena correlación entre ambos métodos para la estimación de la composición corporal (29); y a través de esta técnica, se ha evaluado la pérdida fisiológica de peso en 43 neonatos saludables adecuados a su edad gestacional, en quienes el peso y la bioimpedancia eléctrica fueron tomados diariamente a la misma hora durante los primeros tres días de vida. Tanto el ACT como el peso disminuyeron durante los primeros días de la vida, demostrando que no solo el ACT es la causante de la pérdida de peso en este grupo de recién

nacidos (22). En un estudio realizado en 38 recién nacidos caucásicos con bajo peso al nacer, se hallaron diferencias significativas en los parámetros bioeléctricos, así como en la composición corporal dadas por la MLG y el % GC, medidos por antropometría (30,31).

Por otro lado, en un estudio realizado en 118 recién nacidos de pretérmino, se observó que la información adicional que ofrecía la bioimpedancia eléctrica sobre la antropometría fue realmente escasa para estimar la MLG (11). Lo cual pudiera deberse al error de medición atribuido a la posición de los electrodos en los miembros superiores e inferiores en el grupo de edad evaluado. Esto trae como consecuencia una alteración en la precisión y exactitud de las mediciones de impedancia y por ende en la concordancia con otros métodos de evaluación de la composición corporal.

En los lactantes, se ha evaluado de manera eficiente la velocidad de ganancia del ACT, la MG, la MLG y el % GC en malnutridos por déficit luego de un período de suplementación dietaria, observando mayor ACT y MLG en el grupo suplementado, reforzando esto la capacidad de la bioimpedancia eléctrica en el seguimiento de los cambios de la composición corporal durante la suplementación (32).

En la edad preescolar y escolar, se han evaluado las concordancias entre la MG y la MLG evaluadas con diferentes métodos (bioimpedancia eléctrica, antropometría y DXA); Eisenman y col (28) evaluaron la composición corporal en 75 niños de 3 a 8 años a través de la antropometría y bioimpedancia eléctrica, utilizando métodos "*Gold Standard*" como referencia; encontrando excelentes grados de concordancia. Adicionalmente, estos autores validaron los datos antropométricos obtenidos mediante el uso de la bioimpedancia eléctrica.

Los trabajos de Lázzar y col (33) en adolescentes obesos entre 10 y 17 años reportaron una alta confiabilidad al utilizar bioimpedancia eléctrica, DXA y pletismografía por desplazamiento de aire y concluyeron que los % GC por los tres métodos estaban altamente correlacionados; sin embargo, se observó una tendencia sistemática de ser más altos los valores de DXA que aquellos derivados de la bioimpedancia eléctrica. También, se han publicado los percentiles derivados de la bioimpedancia eléctrica para la MG y la MLG en niños y adolescentes entre 8 y 17 años, por edad e índice de masa corporal (34,35).

Durante la adolescencia, la bioimpedancia eléctrica ha permitido detectar cambios en la composición corporal en las diferentes etapas de crecimiento y estadios de maduración sexual (36).

La aplicabilidad de la bioimpedancia eléctrica se evidenció igualmente, en el Tercer Censo Nacional de Salud y Nutrición de los Estados Unidos (NHANES III), en donde se usó una muestra representativa de la población de los Estados Unidos se transformaron los datos arrojados del análisis de bioimpedancia eléctrica en ecuaciones de predicción específicas para la composición corporal, estimando valores para el ACT, la MLG y el % GC para los grupos seleccionados por edad, género y raza. En diferentes grupos étnicos, mediante bioimpedancia eléctrica se observó que entre los 13 y los 19 años, los adolescentes México-americanos presentaron valores promedios mayores en el % GC que los blancos y negros no hispanicos en todas las edades (37). Del mismo modo, se han evaluado las diferencias en el % GC a través de la bioimpedancia eléctrica en 2329 adolescentes (1213 negros y 1116 blancos) entre los 9 y 19 años, confirmando el efecto de la raza y de la pubertad sobre la variabilidad de la composición corporal (38).

En Latinoamérica se ha evaluado la capacidad de la bioimpedancia eléctrica y de la antropometría para estimar la grasa corporal en un grupo de 50 niñas chilenas entre los 9 y los 11 años, observando concordancias entre ambos métodos (39). En Argentina, se evaluó la correlación entre métodos antropométricos (Índice de masa corporal y circunferencia de cintura) y la bioimpedancia eléctrica en 230 niños entre 4 y 6 años de edad y encontraron buena correlación entre ambos métodos (22). En Brasil, a través de la bioimpedancia eléctrica se pudo evaluar por primera vez la composición corporal y el estado nutricional de 83 niños indígenas entre 24 y 117 meses de edad, observándose grandes diferencias con grupos controles no indígenas, las cuales fueron atribuidas a la raza (40).

En Venezuela, el Instituto de Investigaciones en Nutrición (INVESNUT) de la Universidad de Carabobo está ejecutando estudios sobre composición corporal en niños a través de un modelo bicompartimental, que incluye la dilución isotópica con óxido de deuterio y la bioimpedancia eléctrica de multifrecuencia.

Se concluye que la validez demostrada por la bioimpedancia eléctrica en estudios epidemiológicos, le permite ubicarse dentro de los métodos recomendables para el estudio de la composición corporal en niños y adolescentes, siempre y cuando las ecuaciones de predicción utilizadas se adecuen a la población estudiada. Se recomienda que cada población diseñe sus propios valores de referencia con ecuaciones validadas con técnicas tipo "*Gold Standard*".

Referencias

1. Taylor R, Jones I, Williams S, Goulding A. Evaluation of waist circumference, waist-to-hip ratio, and the conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual-energy X-ray absorptiometry in children aged 3-19 y. *Am J Clin Nutr* 2000; 72:490-495.
2. Bray G, DeLany J, Harsha D, Volaufova J, Champagne C. Evaluation of body fat in fatter and leaner 10-y-old African American and white children: the Baton Rouge Children's Study. *Am J Clin Nutr* 2001; 73:687-702.
3. Wang Z, Heshka S, Pierson R, Heymsfield S. Systematic organization of body composition methodology: overview with emphasis on component based methods. *Am J Clin Nutr* 1995; 61:457-465.
4. Wang Z, Pierson R, Heymsfield S. The five models: a new approach to organizing body composition research. *Am J Clin Nutr* 1992; 56:19-28.
5. Pietrobelli A, Wang Z, Heymsfield S. Techniques used in measuring human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 1998; 1:439-448.
6. Wang Z, Deurenberg P, Heymsfield S. Cellular-level body composition model. A new approach to studying fat-free mass hydration. *Ann N Y Acad Sci* 2000; 904:306-311.
7. Mareike A, Sonnichsen K, Langnase K, Labitzke U, Bruse U, Muller M. Inconsistencies in bioelectrical impedance and anthropometric measurements of fat mass in a field study of prepubertal children. *Brit J Nutr* 2002; 87:163-175.
8. Casanova M. Técnicas de valoración del estado nutricional. *Vox Paediatrica* 2003; 11 (1):26-35
9. Wells J, Williams JE, Fewtrell M, Singhal A, Lucas A and Cole TJ. A simplified approach to analysing bio-electrical impedance data in epidemiological surveys. *Inter J Obes* 2007; 31: 507-14.
10. Ellis K. Human body composition: in vivo methods. *Physiol Rev* 2000; 80:649-680.
11. Quang N, Fusch G, Armbrust S, Jochum F, Fusch C. Body composition of preterm infants measured during the first months of life: bioelectrical impedance provides insignificant additional information compared to anthropometry alone. *Eur J Pediatr* 2007; 166:215-222.
12. Kuriyan R, Thomas T and Kurpa AV. Total body muscle mass estimation from bioelectrical impedance analysis & simple anthropometric measurements in indian men. *Indian J Med Res* 2008; 127(5): 441-46.
13. Segal K, Burastero A, Chun P, Coronel R, Pierson N, Wang J. Estimation of extracellular and total body water by multiple-frequency bioelectrical-impedance measurement. *Am J Clin Nutr* 1991; 54:26-29.
14. Goldfield G, Cloutier P, Mallory R, Prud'homme D, Parker T, Doucet E. Validity of foot-to-foot bioelectrical impedance analysis in overweight and obese children and parents. *J Sports Med Phys Fitness* 2006; 46(3): 447-53.
15. Piccoli A, Nescolarde L, Rosell J. Análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica. *Nefrología* 2002; 23 (3):228-238.
16. Kyle U, Genton L, Pichard C. Body composition: what is new? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2002; 5:427-433.
17. Cornish B, Thomas B, Ward L. Improved prediction of extracellular and total body water using impedance generated by multiple frequency bioelectrical impedance analysis. *Phys Med Biol* 1993; 38:337-346.
18. Dehghan M, Mercha AT. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutr J* 2008, 7: 26-33.
19. Ricciardi R and Talbot L. Use of bioelectrical impedance analysis in the evaluation, treatment, and prevention of overweight and obesity. *J Am Acad Nurse Pract* 2007; 19(5): 235-241.
20. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*. 2004; 23(5):1430-53.
21. Baumgartner R. Electrical impedance and total body electrical conductivity. En: Roche A, Heymsfield S, Lohman T, editors. *Human body composition. Human Kinetics*; 1996. p. 79-107.
22. Rodríguez P, Bermúdez E, Rodríguez G, Spina M, Zeni S, Friedman S y Exeni R. Composición corporal en niños preescolares: comparación entre métodos antropométricos simples, bioimpedancia y absorciometría de doble haz de rayos X. *Arch Argent Pediatr*. 2008; 106(2): 102-109.
23. Fjeld C, Freund J, Schoeller D. Total body water measured by ¹⁸O dilution and bioelectrical impedance in well and malnourished children. *Pediatr Res* 1990; 27: 98-102.
24. Davies P, Preece M, Hicks C. The prediction of total body water using bioelectrical impedance in children and adolescents. *Ann Hum Biol* 1988; 15:237-240.
25. Deurenberg P, Kuster G, Smith H. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in children and young adults is strongly age-dependent. *Eur J Clin Nutr* 1990; 44:261-268.
26. Houtkooper L, Lohman T, Going S, Hall M. Validity of bioelectrical impedance for body composition assessment in children. *J Appl Physiol* 1989; 66:814-821.
27. Demura S, Sato S, Kitabayashi T. Percentage of total body fat as estimated by three automatic bioelectrical impedance analyzers. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2004; 23(3):93-9.
28. Eisenman J, Heelan K, Welk G. Assessing body composition among 3-to 8-year-old children: anthropometry, BIA, and DXA. *Obes Res* 2004; 12(10):1633-40.
29. Hashimoto K, William W, Thomas A, Uvena J. Estimation of neonatal body composition: Isotope dilution versus Total-body electrical conductivity. *Biol Neo* 2002; 81:170-176.
30. Picoli A, Peruzzi L, Fanos V, Schena S, Pizzini C, Borgione S, Bertino E, Chiaffoni G, Coppo R, Tato L. Reference values of the bioelectrical impedance vector in neonates in the first week after birth. *Nutrition* 2002; 18(3):383-387.
31. Casanova M, Jiménez A, Torres S, Rodríguez I, Mariño A, Casanova M. Composición corporal del recién nacido de bajo peso. Análisis de las diferencias según la edad gestacional. *Vox Paediatr* 1999; 7:23-28.
32. Kabir I, Malek M, Rahman M, Khaled M, Mahalanabis D. Changes in body composition of malnourished children after dietary supplementation as measured by bioelectrical impedance. *Am J Clin Nutr* 1994; 59:5-9.
33. Lazer S, Bedogni G, Agosti F, De Col A. Comparison of dual-energy X-ray absorptiometry, air displacement plethysmography and bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in severely obese Caucasian children and adolescents. *Br J Nutr* 2008; 100(4):918-925.
34. Mueller W, Harrist R, Doyle S, Labarthe D. Percentiles of Body composition From Bioelectrical Impedance and Body Measurements in U.S. Adolescents 8-17 Years Old: Project HeartBeat. *Am J Hum Biol* 2004; 6:135-150.
35. Bosy-Weathal A, Danielzik S, Dorhofer R, Piccoli A, Muller M. Patterns of bioelectrical impedance vector distribution by body mass index and age: implication for body-composition analysis. *Am J Clin Nutr* 2005; 82(1):60-68.
36. Phillips S, Bandini L, Compton D, Naumova E. A longitudinal comparison of body composition by total body water and bioelectrical impedance in adolescent girls. *J Nutr* 2003; 133:1419-1425.
37. Chumlea W, Guo S, Kuczmarski R, Flegal K, Johnson C, Heymsfield S, Lukaski H, Friedl K, Hubbard V. Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *Inter J Obes* 2002; 26:1596-1609.
38. Morrison J, Barton B, Obarzanek E, Crawford P, Guo S, Schreiber G. Racial differences in the sums of skinfolds and percentage of body fat estimated from impedance in black and white girls, 9 to 19 years of age: the national heart, lung, and blood institute growth and health study. *Obes Res* 2001; 9:297-305.

39. Urrejola P, Hodgson M, Icaza M. Evaluación de la composición corporal en niñas usando impedanciometría bioeléctrica y pliegues subcutáneos. *Rev Chil Pediatr* 2001; 72(1):26-33.
40. Fagundes U, Kopelman B, García C, Baruzzi R, Fagundes Neto U. Nutritional status and body composition of two South American native populations-Alto Xingu and Ikpeng. *J Pediatr* 2004; 80(6):483-489.

Recibido: 12-01-2009

Aceptado: 31-05-2009