

Valoración de la composición corporal mediante cineantropometría e impedancia en escolares canarios*

P. Alguacil Martínez, J.A. Ruiz Caballero, M.C. González Jorge, J.M. Limiñana Cañal, P. Saavedra Santana, A. Palomino Martín, R. Trujillo Armas, A. Sierra López
Unidad de Apoyo a la Investigación del Complejo Hospitalario Materno Insular. Las Palmas de Gran Canaria

Resumen

Antecedentes: La evolución de los estudios cineantropométricos ha permitido determinar que para obtener la composición corporal de un sujeto sólo sea necesario estudiar los componentes graso y muscular. El presente estudio tiene por objetivo valorar la composición corporal en escolares canarios mediante cineantropometría e impedancia, y comparar ambas técnicas de medida.

Métodos: Diseño: estudio transversal. Sujetos: escolares canarios de entre 6 y 16 años de edad residentes en Gran Canaria y Tenerife. Selección de la muestra: muestreo aleatorio estratificado simple, a partir de una población infinita de niños entre 6 y 16 años de edad, con un nivel de significación del 95% y un margen de error del 5%, y de $p=q=0,5$. El tamaño de la muestra obtenido ajustado en función del porcentaje esperado de pérdidas es de 549 alumnos. Tratamiento estadístico: paquete informático SPSS 11.0. Se considera significativo el valor de $p \leq 0,5$. Comparación de los sistemas de medida mediante un modelo de regresión no lineal (método de Marquardt).

Resultados: Hemos estudiado a 563 escolares: 254 niños y 309 niñas. Los dos procedimientos tienden a coincidir asintóticamente. El coeficiente de determinación para el porcentaje de grasa (R^2) es de 0,93 y para la masa libre de grasa el R^2 es de 0,63.

Conclusiones: El modelo de regresión no lineal aplicado a un programa informático permite estimar la composición corporal corregida mediante datos obtenidos por impedancia, método con buena reproducibilidad a diferencia de la cineantropometría.

Palabras clave

Cineantropometría, composición corporal, impedancia, escolares canarios

Abstract

Title: Assessment of body composition among schoolchildren from the Canary Islands by means of kinanthropometry and impedance

Background: Kinanthropometric studies affirm that, to assess an individual's body composition, it is only necessary to establish his or her fat and muscle components. The purpose of this study was to assess body composition among schoolchildren from the Canary Islands by means of kinanthropometry and impedance, and to compare the two measuring techniques.

Methods: Design: Cross-sectional study. Subjects: Canary Island schoolchildren between the ages of 6 and 16 living on Gran Canaria and Tenerife. Sample selection: Stratified simple random sampling, from an infinite population of children between the ages of 6 and 16, with a level of significance of 95% and a margin of error of 5%, assuming that $p=q=0.5$. The required sample size, after adjustment for expected losses, was 549 schoolchildren. Statistical treatment: SPSS 11.0 statistical analysis application. A p value less than or equal to 0.5 was considered significant. The measuring systems were compared by means of a nonlinear regression model (the Marquardt method).

Results: We assessed 563 schoolchildren: 254 boys and 309 girls. The two procedures tended to coincide asymptotically. The coefficient of determination (R^2) was 0.93 for the percentage of body fat and 0.63 for fat-free body mass.

Conclusion: The application of the nonlinear regression model to a software application enables the estimation of corrected body composition on the basis of data obtained by means of impedance, which, unlike kinanthropometry, is a method with good reproducibility.

Keywords

Kinanthropometry, body composition, impedance, schoolchildren, Canary Islands

Introducción

Los componentes básicos que conforman la cineantropometría son el estudio de la proporcionalidad, la valoración del somatotipo y la composición corporal. Este último es probablemente

el más importante en la actividad física y el deporte, debido a la relación directa de los tejidos con la acción.

El primer autor en proponer un método racional y científico del estudio de la composición corporal fue el antropólogo checoslo-

vaco Jindrich Matiegka¹, quien propuso el fraccionamiento de las masas corporales en cuatro componentes principales: la masa ósea, la masa muscular, la masa grasa y una masa residual de órganos vitales y vísceras. Su interés era estudiar la eficiencia física y, más específicamente, obtener una relación entre la fuerza y la cantidad de masa muscular de un individuo.

Posteriormente, Behnke² introdujo el concepto de división del peso corporal en 2 componentes: la masa grasa y la masa magra. Aunque fueron Rathburn y Pace³ los primeros en desarrollar una ecuación para determinar el porcentaje de grasa.

La evolución de los estudios cineantropométricos ha permitido determinar que para obtener la composición corporal de un sujeto, sea atleta o no, sólo sea necesario estudiar los componentes graso y muscular.

Los primeros en relacionar los pliegues cutáneos y la densidad corporal fueron Brozek y Keys⁴. Estimaron la masa corporal basada en el modelo simple de dos componentes. Según De Rose⁵, sus ecuaciones constituyen los fundamentos de la composición corporal, a partir de las cuales se desenvuelven todos los métodos utilizados hoy para el fraccionamiento del peso.

La técnica más común para la determinación de la composición corporal es el uso de los pliegues, que es un método doblemente indirecto. La predicción de su fórmula está frecuentemente basada en la densitometría⁶.

El principio físico de la técnica de impedancia (BIA) es que la parte magra del cuerpo, que comprende aproximadamente el 73% del agua electrolítica, conduce la electricidad mucho mejor que la parte grasa del cuerpo, la cual es muy baja en contenido de agua (5-10%). Estas dos partes tienen, por tanto, una impedancia, o valor de resistencia, muy diferente a una corriente eléctrica de baja frecuencia. La sola medición de la impedancia refleja, por tanto, el grado de resistencia al paso de la corriente en el cuerpo; el agua es un buen conductor, pero no así la grasa.

Objetivo de trabajo

Comparar la composición corporal en escolares canarios obtenida mediante dos métodos de medida.

Material y métodos

- *Diseño*: estudio descriptivo transversal.
- *Sujetos*: escolares de la Comunidad Autónoma Canaria de entre 6 y 16 años de edad.
- *Fuente de datos*: Consejería de Educación, Cultura y Deportes.
- *Criterios de inclusión y exclusión*: escolares del sector público residentes en Canarias, sin antecedentes personales de problemas de salud importantes que afectaran al crecimiento o al rendimiento deportivo.

- *Selección de la muestra*: muestreo aleatorio estratificado simple, por grupos de edad y sexo a partir de una población infinita de niños entre 6 y 16 años de edad, para un nivel de significación del 95% y un margen de error del 5%. Se ha tomado el valor de $p=q=0,5$. El tamaño de la muestra obtenida ajustado en función del porcentaje esperado de pérdidas es de 549 alumnos.
- *Instrumentalización y determinaciones*: material cineantropométrico homologado e impedanciómetro. Determinaciones de medidas antropométricas: peso, talla, perímetros corporales, diámetros óseos y pliegues cutáneos. Medidas de porcentaje de grasa, peso de masa grasa, peso de masa magra, porcentaje de agua, peso de agua total, metabolismo basal estimado y energía estimada en función del nivel de actividad física.
- *Tratamiento estadístico*: utilizamos el paquete informático Statistical Package for Social Sciences (SPSS 11.0) para Windows. Para el estudio de la composición corporal de dichos escolares empleamos un modelo de regresión no lineal.

Resultados

Para comparar el porcentaje de grasa corporal y la masa libre de grasa, obtenido por ecuaciones antropométricas, con las medidas obtenidas por el método BIA, utilizamos un modelo de regresión no lineal.

Para comparar los métodos de medida se define la variable diferencia resultante entre las mediciones proporcionadas por cada uno de los referidos métodos. Sea la variable D igual a la diferencia del porcentaje de grasa obtenida mediante el método BIA y el porcentaje de grasa mediante la ecuación Yuhasz. La exploración de datos sugiere que la diferencia depende de la edad de los sujetos. En orden a buscar un modelo *ad hoc* para explicar la diferencia en función de los pesos, representamos gráficamente D frente a P (peso). La representación sugiere que un modelo adecuado de ajuste tiene la siguiente forma:

$$D = \alpha + e^{\beta \cdot P + \gamma (\text{sexo})} + \delta$$

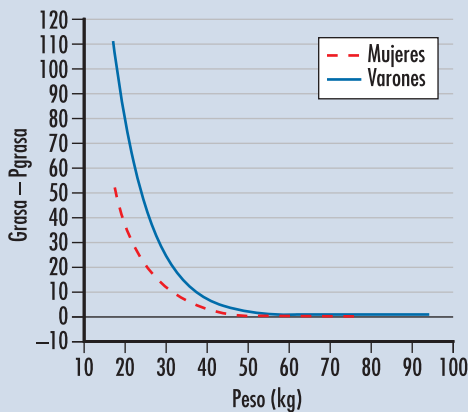
En este modelo la variable sexo se entiende obviamente como *dummy* y está definida como 1 para los varones y 0 para las mujeres. Esta definición parece la más natural de acuerdo con la representación gráfica. El parámetro α representa el valor asintótico de la diferencia. Si éste es cero, significa que a medida que crece P, las diferencias entre ambos métodos de medida tienden a cero, lo que supone que tienden a coincidir. Dado que el modelo considerado es no lineal, se ajustará por el método de mínimos cuadrados de Marquardt⁷. Finalmente, se obtiene el coeficiente de determinación R^2 como medida de bondad de ajuste.

Relación entre la diferencia de medias del porcentaje de grasa y la masa libre de grasa obtenidas por antropometría e impedancia. La tabla 1 muestra el ajuste de los coeficientes del modelo obtenido por el método de Marquardt.

TABLA 1

Ajuste de los coeficientes del modelo obtenido por el método de Marquardt para el porcentaje de grasa

Parámetro	Estimación	Error estándar	IC del 95%
α	-0,061761972	0,343176418	-0,7358-0,6123
β	-0,114970004	0,002958904	-0,1208-0,1092
γ	0,738800694	0,024365381	0,6909-0,7867
δ	5,990077813	0,062745622	5,8668-6,1133



Grasa - Pgrasa= Diferencia ajustada de valores medios de la masa grasa obtenidos por antropometría e impedancia

Figura 1. Ajustes por sexo de la diferencia (D) de medias de la masa libre de grasa obtenidas por antropometría e impedancia frente al peso (P)

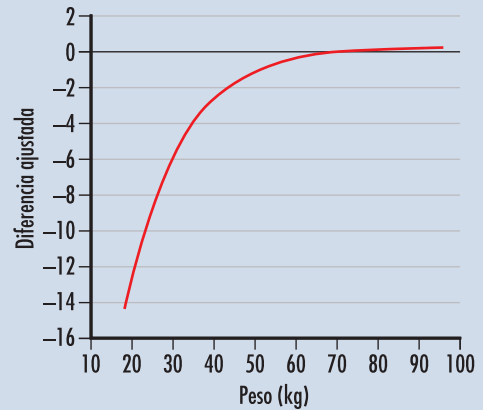
Dado que el intervalo de confianza para el parámetro α tiende a cero, éste no es significativamente distinto de cero. Ello supone que los dos procedimientos de medida tienden a coincidir asintóticamente. El parámetro γ es significativamente distinto de cero, lo que supone que hay diferencia en el procedimiento en función del sexo. El coeficiente de determinación para este ajuste es $R^2= 0,93$ (93%), lo que supone un valor bastante aceptable. El ajuste para la masa libre de grasa presenta un ajuste de $R^2= 0,63$ (63%). En la figura 1 se muestran los ajustes por sexo de la diferencia (D) frente al peso (P).

Puede observarse cómo a partir de 50 kg hay coincidencias en las predicciones según el sexo, y que los dos métodos de medición son similares. Para la masa libre de grasa, la representación gráfica correspondiente se muestra en la figura 2.

Los datos sugieren ahora el ajuste modificado:

$$D = \alpha - e^{\beta \cdot P + \gamma}$$

El ajuste de los datos para la masa libre de grasa se muestra en la tabla 2.



Diferencia ajustada= diferencia ajustada de valores medios de la masa libre de grasa obtenidos por antropometría e impedancia.

Figura 2. Ajustes de la diferencia (D) de medias de la masa libre de grasa obtenidas por antropometría e impedancia frente al peso (P)

TABLA 2

Ajuste de los coeficientes del modelo obtenido por el método de Marquardt para la masa libre de grasa

Parámetro	Estimación	Error estándar	IC del 95%
α	-0,231065014	0,317105179	-0,3919-0,8540
β	-0,074208791	0,006433346	-0,0869-0,0616
γ	3,996018604	0,133190468	3,7344-4,2576

Discusión

El método para el análisis de la composición corporal mediante impedancia (BIA), demostrado como una medida con muy buena reproducibilidad, no presenta los mismos niveles de fiabilidad con respecto a los métodos antropométricos clásicos según distintos autores. Así, Campos⁸, en su estudio comparativo mediante el análisis BIA, realizado en 18 voluntarios con medidas antropométricas, no encuentra diferencias significativas entre la grasa subcutánea, de acuerdo con Durnin y Womersley adaptada por edad y sexo, y la masa libre de grasa, por lo que propone que estos parámetros pueden ser estimados en individuos sanos por fórmulas antropométricas derivadas con la misma precisión que si se estima por medidas basadas en BIA. Otros autores⁹, sin embargo, aprecian una diferencia en los individuos de bajo peso y los sujetos obesos. Con medidas antropométricas se tiende a sobrestimar la medida de la masa grasa en sujetos de bajo peso y a infraestimarla en obesos, si bien ambos métodos mostraron una correlación positiva altamente significativa ($r= 0,84$; $p \leq 0,0001$). Recomiendan por tanto utilizar técnicas más rigurosas para medir la composición corporal de forma precisa, en particular

en los valores extremos de grasa. Swan et al.¹⁰, en otro estudio comparativo de ambos métodos, concluyen que la antropometría y la BIA son precisas para predecir el porcentaje de masa grasa y masa magra en mujeres en buena forma física, pero no son apropiadas para mujeres con grasa abdominal predominante. Mast et al.¹¹ examinaron la consistencia del análisis de impedancia bioeléctrica y medidas antropométricas de 2.286 niños de 5-7 años de edad en Kiel, al noroeste de Alemania. Los datos obtenidos con el uso de la BIA son inconsistentes y presentan desviaciones sistemáticas con respecto a la antropometría, sobrestimando la masa grasa. Las diferencias en los resultados estaban influenciadas por el índice de masa corporal (IMC), el sexo y la talla; se apreciaron inconsistencias para valores del IMC por debajo del percentil 10. Finalmente, estos autores recomiendan precaución respecto al uso de algoritmos para el análisis de los datos. En un trabajo realizado por Martín Moreno et al.¹² en Madrid, empleando ambos métodos y varios algoritmos antropométricos (Siri, Brozek, Deurenberg y BIA), se recomienda el uso de las ecuaciones de Siri-Brozek para el cálculo del porcentaje de masa grasa. Asimismo, los resultados sugieren el uso de BIA como un método alternativo válido.

En nuestro estudio y tras la revisión de los trabajos realizados por otros autores, nos planteamos el análisis de la diferencia de medias para el porcentaje de grasa y la masa libre de grasa obtenidos por ambos métodos de medida. Con la simple observación, apreciamos porcentajes de grasa altos en niños pequeños de bajo peso, diferencia que disminuye a medida que aumentan el peso del sujeto y la edad. El modelo de regresión no lineal elaborado presenta un R^2 del 93%, lo que supone un ajuste bastante aceptable. Dado que el intervalo de confianza para el parámetro α contiene el cero, éste no es significativamente distinto de cero. Ello supone que los dos procedimientos de medida tienden a coincidir asintóticamente. Puede observarse que a partir de los 50 kg hay coincidencias en las predicciones según el sexo, y que los dos métodos de medición son similares. Para la masa libre de grasa obtuvimos un R^2 del 63%. El modelo de regresión aplicado a un programa informá-

tico permite estimar la composición corporal corregida utilizando datos obtenidos a través de la impedancia, resulta más cómodo para el paciente y no requiere un entrenamiento especial, a diferencia de la cineantropometría. ■

Bibliografía

1. Matiegka J. The testing of physical efficiency. *Am J Phys Anthropol.* 1921; 4: 223-230.
2. Behnke AR. Physiologic studies pertaining to deep sea diving and aviation, especially in relation to the fat content and composition of the human body. *Harvey Lect.* 1942; 37: 198-226.
3. Rathburn EN, Pace N. Studies on body composition: the determination of total body fat by means of the body specific gravity. *J Biol Chem.* 1945; 158: 667-676.
4. Brozek J, Keys A. The evaluation of leanness-fatness in man: norms and interrelationships. *Br J Nutr.* 1951; 5: 194-206.
5. De Rose EH, Aragonés Clemente MT. La cineantropometría en la evaluación funcional del atleta. *Archivos de Medicina del Deporte.* 1984; 1-4: 29-36.
6. Lohman TG. Skinfolts and body density and their relation to body fatness: a review. *Human Biology.* 1981; 53(2): 181-225.
7. Seber GA, Wild CJ. *Nonlinear regression.* Wiley, 1989.
8. Campos AC, Chen M, Meguid MM. Comparisons of body composition derived from anthropometric and bioelectrical impedance methods. *J Am Coll Nutr.* 1989; 8(6): 484-489.
9. Vansant G, Van Gaal L, De Leeuw I. Assessment of body composition by skinfold anthropometry and bioelectrical impedance technique: a comparative study. *JPEN.* 1994; 18(5): 427-429.
10. Swan PD, McConnell KE. Anthropometry and bioelectrical impedance inconsistently predicts fatness in women with regional adiposity. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31(7): 1.068-1.075.
11. Mast M, Sonnichsen A, Langnase K, Labitzke K, Bruse U, Preub U, et al. Inconsistencies in bioelectrical impedance and anthropometric measurements of fat mass in a field study of prepubertal children. *Br J Nutr.* 2002; 87(2): 163-175.
12. Martín Moreno V, Gómez Gandoy JB, Antoranz González MJ. Measurement of body fat with bioelectric impedance, skinfold thickness, and equations based on anthropometric measurements. Comparative analysis. *Rev Esp Salud Pública.* 2001; 75(3): 221-236.