

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/279550913>

Anthropometric equation for assessment of percent body fat in adult males of the Canary Islands, Spain

Article · February 1997

CITATIONS

20

READS

97

4 authors, including:



Jose A Calbet

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

328 PUBLICATIONS 10,196 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Chavarren Javier

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

25 PUBLICATIONS 891 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Cecilia Dorado

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

112 PUBLICATIONS 2,466 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Influencia del polimorfismo del receptor de andrógenos en la masa ósea, masa muscular y condición física en niños y niñas [View project](#)



The role of the myokine interleukin-15 and its alpha receptor in exercise and metabolism. [View project](#)

Una ecuación antropométrica para la determinación del porcentaje de grasa corporal en varones jóvenes de la población canaria

J.A. López Calbet, O. Armengol Ramos, J. Chavarren Cabrero y C. Dorado García

Departamento de Educación Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

antropometría, grasa corporal, densitometría, factores sociodemográficos

FUNDAMENTO: No se han publicado ecuaciones específicas para la población canaria. El objetivo de este estudio es desarrollar y validar una ecuación antropométrica para la determinación del porcentaje de grasa corporal (%GC) en varones adultos de la población canaria, utilizando absorciometría fotónica dual de rayos X (DEXA) como método patrón.

SUJETOS Y MÉTODOS: Participaron en este estudio 169 varones, 22 de ellos sedentarios y 147 deportistas. Los sujetos fueron seleccionados entre estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, y entre la población residente en las Islas Canarias. Aproximadamente, un 70% de los sujetos habían nacido en las Islas Canarias, mientras que el resto procedían de otras regiones de España. En todos los sujetos se tomaron medidas antropométricas conforme al protocolo O-Scale y se determinó el %GC mediante DEXA (QDR-1500, Hologic). Los 147 deportistas, de 18,2 a 36,2 años de edad ($23,6 \pm 3,3$), de una talla de 155,1 a 206,0 cm ($177,3 \pm 7,7$), con una masa corporal entre 49,4 y 103,3 kg ($73,5 \pm 9,5$) y con un %GC determinado por DEXA, comprendido entre el 1,8 y el 30,1% de la masa corporal ($12,1 \pm 4,5\%$), constituyeron el grupo utilizado para desarrollar la ecuación. Posteriormente, la validez de la ecuación obtenida se comprobó en el grupo de sujetos sedentarios.

RESULTADOS: Mediante regresión múltiple lineal obtuvimos la siguiente ecuación para predecir el %GC:

$$\%GC = 23,59943 \times [\log_{10} \Sigma (\text{pliegues cutáneos: tricipital, abdominal, iliocrestal, anterior del muslo y de la pierna, en mm})] + [15,99428 \times (\text{perímetro abdominal/perímetro torácico})] + [0,19299 \times \text{edad, en años}] - 45,88485 \quad (R = 0,92, \text{Error estándar} = 1,8 \%GC, p < 0,001).$$

Al aplicar la ecuación anterior a los sujetos sedentarios, ésta predijo valores de %GC ligeramente inferiores a los obtenidos por DEXA ($17,8 \pm 5,3\%$ y $19,6 \pm 7,8\%$, respectivamente, $p < 0,05$), siendo el coeficiente de correlación intraclass entre ambas técnicas de $R = 0,92$. Así mismo, en nuestra población, esta ecuación permite predecir el %GC con mayor precisión que las ecuaciones de Durnin y Womersley, Yuhasz, Sloan y que la ecuación de Katch y McArdle.

CONCLUSIONES: Este estudio demuestra la validez de la ecuación desarrollada para estimar el %GC en adultos jóvenes de la población canaria, independientemente de su grado de actividad física.

Anthropometric equation for assessment of percent body fat in adult males of the Canary Islands, Spain

BACKGROUND: Yet there are no anthropometric equations specific for the Canary Islands adult population. The purpose of this study was to develop an anthropometric equation specific for the Canary Islands adult male population, using dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) as the reference method.

SUBJECTS AND METHODS: One hundred and sixty-nine males, twenty-two with a sedentary lifestyle and the rest participating in different kinds of sports, were recruited from students at the Physical Education Faculty at the University of Las Palmas de Gran Canaria and from people living in Gran Canaria. About 70% of subjects were born in the Canary Islands, while the rest mostly originated from other regions of Spain. In each subject, anthropometric measurements were taken and %BF assessed by DEXA (QDR-1500, Hologic). The one hundred forty-seven active subjects were used to develop the equation, while the twenty-two sedentary subjects were used to cross-validate the equation. Active subjects age, weight, height and percent body fat (%BF) were 23.6 ± 3.3 years ($18.2-36.2$), 73.5 ± 9.5 kg ($49.4-103.3$), 177.3 ± 7.7 cm ($155.1-206.0$) and $12.1 \pm 4.5\%$ ($1.8-30.1$), respectively.

RESULTS: A stepwise multiple regression was used to develop the following equation:

$$\%BF = 23.59943 \times [\log_{10} \Sigma (\text{triceps, abdominal, iliac crest, front thigh and calf skinfolds in mm})] + [15.99428 \times (\text{abdominal girth/thoracic girth})] + [0.19299 \times \text{age in years}] - 45.88485 \quad (R = 0.92, \text{EES} = 1.8\% \text{GC}, p < 0.001).$$

Cross-validation showed that the aforementioned equation predicted %BF ($17.8 \pm 5.3\%$) slightly lower than that obtained with DEXA ($19.6 \pm 7.8\%$, $p < 0.05$). The intraclass correlation coefficient between both procedures was $R = 0.92$. In addition, in our sedentary subjects, this equation was more precise than the Durnin and Womersley, Yuhasz, Sloan, and Katch and McArdle equations.

CONCLUSIONS: This study shows the validity of our equation to estimate the percentage of body fat in Canary Islands adult males, independent of the level of physical activity.

Med Clin (Barc) 1997; 108: 207-213

Correspondencia: Dr. J.A. López Calbet.

Departamento de Educación Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus Universitario de Tafira. 35017 Las Palmas de Gran Canaria.

Manuscrito aceptado el 9-4-1996

La valoración de la composición corporal resulta de interés en el estudio de alteraciones endocrinas y nutricionales. Así mismo, la determinación del porcentaje de grasa corporal (%GC) es crucial en estudios epidemiológicos y en los ámbitos de la rehabilitación y de la medicina del deporte. Se han descrito numerosas técnicas para determinar el %GC, la mayoría de las cuales se han validado de forma indirecta. En el último medio siglo, el procedimiento patrón para el estudio del %GC ha sido la determinación de la densidad corporal por pesada hidrostática, aplicando el principio de Arquímedes^{1,2}. A partir de la densidad corporal se puede calcular el %GC, asumiendo que tanto la densidad del tejido adiposo (0,9 g/ml) como la densidad de la masa magra (1,1 g/ml) son constantes en los seres humanos^{2,3}. Sin embargo, pequeñas alteraciones en el grado de hidratación comportan importantes errores en la estimación hidrodensitométrica de la masa grasa (MG)^{4,5}. El contenido de agua del tejido adiposo es mínimo, por lo que cambios tan pequeños como de un 1 a un 3%, en el contenido de agua corporal pueden ocasionar desviaciones en la estimación del %GC entorno a 2 unidades del valor de %GC⁵. Además, la masa magra está integrada, entre otros, por tejido óseo cuyo grado de mineralización presenta importantes diferencias en función del sexo, la raza, la edad, el grado de actividad física, hábitos nutricionales, hábitos tóxicos, etc.⁶. En los sujetos con baja densidad mineral ósea la hidrodensitometría sobreestima el %GC y viceversa^{7,9}.

Por otro lado, la hidrodensitometría es una técnica relativamente compleja, que requiere de gran colaboración por parte del paciente. Este problema se ha intentado solucionar a través del desarrollo de otros procedimientos, que reciben el nombre de doblemente indirectos. Las técnicas más simples son las antropométricas, que a partir de la medición de pliegues cutáneos, circunferencias y diámetros, permiten calcular la densidad corporal a través de ecuaciones desarrolladas por regresión múltiple. Posteriormente la densidad corporal se transforma en %GC mediante las ecuaciones de Siri o Brozek^{2,3}.

Desde el inicio de los años ochenta ha sido posible determinar la densidad corporal mediante técnicas absorciométricas¹⁰, que emplean radiaciones ionizantes, la absorciometría fotónica dual o DPA, la tomografía axial computarizada (TAC) y la absorciometría fotónica dual de rayos X (DEXA). El desarrollo de la DEXA ha supuesto un importante avance tecnológico. A diferencia de los primeros instrumentos disponibles de DPA, que utilizaban una fuente radiactiva (generalmente ¹⁵³Gd), capaz de proporcionar fotones con dos picos energéticos, los instrumentos más nuevos utilizan como fuente radiactiva un generador de rayos X de doble energía, lo que ha permitido reducir considerablemente la irradiación administrada con cada exploración y aumentar la precisión de las medidas¹¹. Además, la DEXA presenta ciertas ventajas sobre otros procedimientos empleados en la evaluación de la composición corporal. En primer lugar, permite dividir la masa corporal en tres componentes, el componente graso, el componente magro y el componente mineral óseo, por lo que disminuye considerablemente el error que comporta la variabilidad de la densidad de la masa magra en la estimación hidrodensitométrica de la composición corporal. La masa de estos componentes puede ser determinada con una exactitud igual o superior a la de cualquier otro procedimiento disponible para la medición de la composición corporal, tanto in vitro^{11,12} como in vivo¹³. En segundo lugar, es una técnica muy fiable y de gran validez. Finalmente, es un procedimiento seguro y de fácil aplicación, tanto para el operador como para el paciente. Por estas razones, la DEXA se está imponiendo como método patrón para el desarrollo de ecuaciones antropométricas que permitan predecir directamente el %GC^{14,15}. La mayoría de las ecuaciones antropométricas existentes se basan en predecir la densidad corporal (modelo bicompartimental), por lo que no pueden evitar el error asociado a la variabilidad que presenta la composición de la masa magra^{5,14,16}. Por ello, se ha recomendado el desarrollo de ecuaciones basadas en modelos tri o tetracompartimentales, que permitan predecir directamente el %GC, a partir de mediciones antropométricas^{14,15}. Así, se reduce la imprecisión de las técnicas que primero predicen la densidad corporal y después, a partir de la densidad corporal, realizan una segunda predicción del %GC aplicando las ecuaciones de Siri o Brozek^{2,3}, obtenidas en la población estadounidense hace casi 50 años.

A las limitaciones anteriores, debemos añadir que las ecuaciones antropométricas existentes son específicas de población, por lo que cuando se aplican a po-

blaciones distintas de la original, su validez es aún menor^{16,17}. Lamentablemente, ninguna de las ecuaciones existentes ha sido obtenida en la población española. Incluso, algunas ecuaciones teóricamente generalizadas, es decir, que se pueden aplicar a poblaciones con grandes diferencias de edad y composición corporal, fallan si se explican a deportistas¹⁶ o a sujetos con bajo %GC¹⁸.

Así pues, el objetivo de este estudio ha sido desarrollar y validar una ecuación antropométrica que permita predecir directamente el porcentaje de grasa corporal, en deportistas jóvenes de la población canaria, utilizando como método patrón la DEXA.

Sujetos y métodos

Dieron su consentimiento voluntario para participar en este estudio 188 varones, que fueron seleccionados mediante anuncios entre estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, y entre la población residente en las Islas Canarias. De los 386 estudiantes de sexo masculino matriculados en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, manifestaron su interés por ser incluidos en el estudio 123 sujetos. De éstos, seis fueron excluidos por encontrarse lesionados o convalecientes de lesiones que afectaban al aparato locomotor. Un sujeto fue excluido por ser portador de tornillos y placas metálicas en el antebrazo. Igualmente, otro estudiante fue excluido por estar diagnosticado de espondilitis anquilosante. Siete sujetos fueron rechazados al haber completado ya la muestra. Es decir, fueron incluidos 108 estudiantes del total de sujetos varones matriculados en nuestra facultad, lo que representa un 28% del total de estudiantes varones de nuestra facultad. Además, 41 sujetos fueron seleccionados entre los deportistas de distintos clubes de fútbol, ciclismo, voleibol, atletismo y baloncesto de Gran Canaria, mediante anuncios efectuados directamente en los clubes. Dos sujetos de este grupo fueron excluidos al no poder completar todas las exploraciones.

También se incluyeron en el estudio 22 de los 24 sujetos sedentarios que manifestaron su interés. Se definió la condición de sedentario como aquel sujeto que no practicaba ni había practicado ningún tipo de deporte, o actividad laboral que requiera ejercicio físico, en los 5 años anteriores. Los sujetos sedentarios fueron reclutados mediante anuncios difundidos por el Campus Universitario y entre las amistades de nuestros estudiantes. Dos de los sujetos sedentarios fueron excluidos por imposibilidad de determinar el grosor del pliegue abdominal con el plícometro. Por lo que la muestra final estuvo integrada por 169 varones, 147 deportistas y 22 sedentarios. Aproximadamente, un 70% de los sujetos habían nacido en las islas Canarias, mientras que el resto procedían de otras regiones de España.

El tamaño muestral se calculó para que la muestra fuera representativa del %GC de los deportistas jóvenes de la población Gran Canaria, con una precisión de una unidad en valor de %GC y un intervalo de confianza del 95%. Puesto que la desviación estándar del %GC en nuestra población es desconocida, empleamos para el cálculo del tamaño muestral la desviación estándar del estudio de Sinning¹⁶, efectuado con 265 deportistas jóvenes de la población norteamericana, que ascendió a 4,4, en unidades de %GC. Así determinamos un tamaño muestral mínimo de 75. No obstante, para disminuir el error tipo II, incluimos hasta un total de 147 deportistas en la muestra empleada en el desarrollo de la ecuación antropométrica. Así pues, la muestra empleada para desarrollar la ecuación antropométrica estuvo integrada por 15 practicantes de atletismo (3 saltadores, un lanzador, un decatleta, 5 velocistas, 5 corredores de fondo y mediofondo), 8 jugadores de baloncesto, 15 jugadores de voleibol, 29 futbolistas, 8 jugadores de baloncesto, 12 ciclistas, 4 jugadores de balonma-

no, 4 practicantes de triatlón, un practicante de lucha canaria, 2 culturistas y 58 sujetos que practicaban varios deportes. Todos los sujetos del grupo de deportistas dedicaban a entrenamientos y/o competiciones al menos 4 h a la semana. No obstante, el grado de dedicación a la práctica deportiva fue muy variable, pues algunos deportistas profesionales, entre entrenamientos y competiciones, superaban las 24 h semanales de ejercicio físico.

La **tabla 1** expone las características físicas de los sujetos integrantes de ambos grupos.

En todos los sujetos se tomaron las medidas antropométricas incluidas en el protocolo de O-Scale System¹⁹, es decir, la masa corporal, la talla, los pliegues cutáneos y las circunferencias, o perímetros, relacionados a continuación.

El *pliegue tricóspital*: verticalmente, en la parte posterior del brazo a media distancia entre acromion y el borde superior de la cabeza del radio. El *pliegue subescapular*: de 1 a 2 cm por debajo del ángulo de la escápula, con una inclinación de 45°. El *pliegue bicóspital*: verticalmente, a la misma altura que el pliegue tricóspital, pero en la cara anterior del brazo. El *pliegue iliocrestal*: por encima de la cresta ilíaca, en la línea axilar media. Se toma con una inclinación de 45°, de arriba hacia adelante y abajo. El *pliegue abdominal*: verticalmente, de 3 a 5 cm a la izquierda de la cicatriz umbilical. El *pliegue anterior del muslo*: verticalmente, en el punto medio de la línea que une el pliegue inguinal y el borde superior de la rótula. Esta medida se tomó con el sujeto en bipedestación, pero apoyando la pierna sobre un taburete de tal forma que la rodilla quede doblada a 90°. El *pliegue medial de la pierna*: verticalmente, en la máxima circunferencia de la pierna, en su cara medial. Este pliegue también se midió en bipedestación con la rodilla flexionada a 90° y el pie apoyado sobre un taburete.

Todos los pliegues cutáneos fueron medidos mediante un plícometro Holtain®, que ejerce una presión constante de 10 g/mm² y tiene una precisión de 0,1 mm. Cada pliegue se determinó por triplicado, eligiendo el valor medio de las tres mediciones. Aquellas medidas que se apartaron dos o más desviaciones estándar de la media fueron descartadas y nuevamente repetidas. Las lecturas del grosor de los pliegues se efectuaron hacia el cuarto s de la aplicación del plícometro, para reducir la variabilidad asociada a diferencias de comprensibilidad cutánea²⁰.

Así mismo, se midió el *perímetro torácico*: en la cuarta articulación condrocostal, al final de una espiración normal. El *perímetro abdominal o umbilical*: a la altura del ombligo, al final de una espiración normal. Este pliegue, según el protocolo de O-Scale System, debería medirse en la zona de menor circunferencia abdominal, entre la cresta ilíaca y el borde costal. Sin embargo, la determinación del índice perímetro abdominal/perímetro glúteo está estandarizada midiendo el perímetro abdominal a la altura del ombligo, por lo que optamos por esta última posición. El *perímetro del brazo*: a media distancia entre acromion y el borde superior de la cabeza del radio. El *perímetro del brazo flexionado*: en la misma localización que el anterior, pero con el brazo en flexión a 90° y en contracción isométrica máxima. El *perímetro del antebrazo*: en la zona de mayor circunferencia del antebrazo. El *perímetro de la muñeca*: en la zona de menor circunferencia, en la articulación de la muñeca. El *perímetro glúteo*: máximo perímetro en la región glútea, con el sujeto en bipedestación. El *perímetro superior del muslo*: de 1 a 2 cm por debajo del pliegue glúteo. El *perímetro medio del muslo*: a la misma altura que el pliegue anterior del muslo. El *perímetro de la pierna*: en la zona en que el vientre muscular es más voluminoso, cuando la rodilla está apoyada en un taburete y flexionada a 90°. El *perímetro del tobillo*: en la zona de menor circunferencia, justo por encima de maléolo interno.

Todos los perímetros fueron medidos tres veces con una cinta métrica metálica inextensible, de 1 mm de precisión. Como valor correspondiente a cada perímetro se tomó la media de las tres mediciones efectuadas. Cuando alguna medida se apartó dos o más desviaciones estándar de la media, ésta fue descartada y repetida. La talla se midió en bipedestación con los talones, los glúteos, la espalda y la región occipital en contacto con el plano del tallímetro. Estas medidas se efectuaron mediante un tallímetro de 1 mm de precisión, manteniendo la cabeza en el plano de

Frankfort. La masa corporal se midió mediante una báscula de 50 g de precisión, calibrada a 50,0, 70,0 o 90,0 kg, mediante masas patrón de la clase M1. Todas las medidas antropométricas fueron efectuadas por dos de los autores, ambos con cierta experiencia en este tipo de mediciones²¹. Seguidamente, se determinó el %GC mediante DEXA (DEXA, QDR-1500, Hologic). El equipo de DEXA se calibró según las especificaciones del fabricante, mediante un fantoma de columna lumbar y fue operado en el modo de máxima resolución. Los sujetos fueron escaneados en posición supina, junto con una barra de calibración de diferentes grosores y densidades. También se estimó el %GC aplicando algunas de las ecuaciones antropométricas más utilizadas en la valoración de la composición corporal²², como son las ecuaciones de Yuhasz²³, Durnin y Womersley¹⁸, Sloan²⁴ y la ecuación de Katch y McArdle²⁵.

Análisis estadístico

La ecuación antropométrica se obtuvo por regresión múltiple lineal. Sólo se incorporaron en la ecuación las variables, cuya inclusión en el modelo resultó en un aumento significativo (p < 0,05) del coeficiente de regresión múltiple. Para determinar qué pliegues y perímetros incluir en la ecuación se estudió gráficamente la relación entre cada pliegue y perímetro con la variable dependiente (%GC medido por DEXA). Así mismo, se comprobó gráficamente esta relación para todas las combinaciones posibles de los 7 pliegues medidos, tomados como la suma de 2, de 3, de 4, de 5, de 6 y de 7 pliegues, respectivamente. Igualmente, se determinó el índice de correlación de Pearson entre %GC y cada una de estas combinaciones de pliegues. La mejor correlación entre %GC y pliegues, se obtuvo con la suma de 5 pliegues (tricipital, abdominal, iliocrestal, anterior del muslo y de la pierna).

Cuando se observó una relación curvilínea entre %GC medido por DEXA y alguna de las variables independientes, se procedió a linealizarla mediante aquella transformación que minimizó el error cuadrático medio de la regresión lineal simple entre ambas variables. Los análisis de regresión lineal simple se efectuaron con las hipótesis nulas de a = 0 y b = 0. Las diferencias entre deportistas y sedentarios, en las variables antropométricas, se verificaron mediante análisis multivariante. La comparación de medias entre grupos, se efectuó mediante la prueba de la t de Student para datos independientes, corrigiendo el error debido a las comparaciones múltiples con la técnica de Bonferroni (α = 0,05). Para determinar si la ecuación de regresión obtenida con los deportistas se podría generalizar a la población sedentaria, se efectuaron los siguientes análisis. Primero, procedimos conforme a Peña Sánchez de Rivera²⁶, a plantear la existencia de una sola ecuación antropométrica para explicar la relación entre las variables independientes y la variable dependiente en la totalidad de sujetos (deportistas y sedentarios conjuntamente), frente a la hipótesis alternativa de la existencia de una ecuación antropométrica para deportistas y otra diferente para sujetos sedentarios. Con tal fin, se determinó la suma de cuadrados de los residuos asociada al modelo de regresión al incluir a la totalidad de los sujetos (S_T). A continuación se calculó la suma de cuadrados de los residuos asociada al modelo de regresión al incluir únicamente a los deportistas (S_D) y al incluir sólo a los sujetos sedentarios (S_S). Posteriormente se determinó el valor de p para el estadístico F calculado como: $F_{(k+1, n_1+n_2-2(k+1))} = [(S_T - S_D - S_S)/(k + 1)] / [(S_D + S_S)/(n_1 + n_2 - 2(k + 1))]$. Donde «k» es el número de variables independientes, «n₁» el número de deportistas y «n₂» el número de sujetos sedentarios. En segundo lugar, se compararon los valores medios de %GC obtenidos

en los sujetos sedentarios por DEXA con los predichos por la ecuación desarrollada con los deportistas, mediante la prueba de la t de Student para datos apareados. En tercer lugar y último, se calculó el cociente de correlación intraclase definido como el cociente σ_i^2/σ_x^2 donde σ_x^2 es la variancia total observada y es igual a la suma de la variancia real más la variancia debida al error ($\sigma_x^2 = \sigma_r^2 + \sigma_e^2$). Estos parámetros se obtuvieron mediante análisis de la variancia²⁷. La relación entre los %GC obtenidos por DEXA y los estimados por procedimientos antropométricos se determinó mediante análisis de regresión lineal con hipótesis nula a = 0 y b = 1. Para estimar el grado de correspondencia entre la técnica patrón (%GC por DEXA) y el %GC calculado mediante las ecuaciones antropométricas desarrolladas con otras poblaciones, calculamos nuevamente el coeficiente de correlación intraclase. Seguidamente, comparamos las medias de %GC obtenidos con cada procedimiento mediante la prueba de la t de Student para datos apareados. Así mismo, calculamos el error técnico (ET) como la raíz cuadrada de $(\sum_{i=1}^n d_i^2)/2n$, donde «d_i» es la diferencia entre medidas en el sujeto «i» y «n» es el número de sujetos. El 95% de los valores de una medida determinada, en una muestra poblacional dada, deben hallarse en un intervalo igual al valor real de la medida ± dos veces el error técnico²⁸. El límite de significación estadística se estableció para toda p ≤ 0,05. La validez de los algoritmos que utiliza el densitómetro para transformar las densidades superficiales en valores de masa se verificó mediante análisis de regresión lineal con variable dependiente la masa corporal medida por DEXA y variable independiente la masa corporal obtenida por pesaje, para las hipótesis nulas a = 0 y b = 1.

Resultados

En las tablas 1 y 2 exponen los valores medios y rangos de fluctuación de las variables antropométricas y densitométricas, tanto del grupo empleado en el desarrollo de la ecuación antropométrica como en el grupo de sujetos sedentarios. Tal y como puede apreciarse en la tabla 3, la variable antropométrica que mejor correlacionó con el %GC fue el grosor del pliegue cutáneo abdominal (r = 0,78; p < 0,001). También mostraron correlaciones intensas con el %GC, los grosores de los pliegues cutáneos iliocrestal (r = 0,78; p < 0,001), tricipital (0,77; p < 0,001), anterior del muslo (r = 0,74; p < 0,001), de la pierna (r = 0,71; p < 0,001) y subescapular (r = 0,65; p < 0,001). De las posibles combinaciones de estos 6 pliegues, las que mejor correlacionaron con el %GC fueron la suma de los pliegues abdominal y anterior del muslo (r = 0,88; p < 0,001), la suma de los pliegues tricipital, abdominal, iliocrestal, anterior del muslo y de la pierna (Σ5p) (r = 0,89; p < 0,001) y el logaritmo decimal de esta última variable (log₁₀ Σ5p) (r = 0,91; p < 0,001).

También correlacionaron con el %GC, aunque menos intensamente, la circunferencia abdominal (r = 0,65; p < 0,001), la circunferencia glútea (r = 0,56; p < 0,001), la circunferencia del muslo (r = 0,54; p < 0,001), el cociente entre el perímetro abdominal y el perímetro torácico (r = 0,52; p < 0,001) y el cociente entre el perímetro abdominal y el perímetro glúteo (r = 0,42; p < 0,001). En cambio,

TABLA 1
VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS MEDIDAS EN LOS DEPORTISTAS Y EN LOS SUJETOS SEDENTARIOS

	Deportistas (n = 147)		Sedentarios (n = 22)	
	$\bar{X} \pm DE$	Rango	$\bar{X} \pm DE$	Rango
Edad (años)	23,6 ± 3,3	18,2-36,2	24,7 ± 4,5	19,0-36,6
Masa corporal (kg)	73,5 ± 9,5	49,4-103,3	72,2 ± 10,6	50,6-94,5
Talla (cm)	177,3 ± 7,7	155,1-206,0	175,4 ± 7,7	161,4-193,1
Ancho fémur (mm)	98,0 ± 7,6	41,0-120,0	99,4 ± 5,0	88,0-107,0
Ancho húmero (mm)	70,8 ± 5,3	58,0-105,0	71,4 ± 3,8	63,0-78,0
Perímetro antebrazo (cm)	27,0 ± 1,8	22,6-35,0	27,2 ± 1,4	24,6-30,0
Perímetro brazo relajado (cm)	29,4 ± 3,0	23,6-45,5	30,0 ± 2,7	25,0-35,0
Perímetro brazo flexionado (cm)	31,8 ± 3,1	21,1-48,5	31,6 ± 2,5	26,5-35,4
Perímetro muñeca (cm)	16,3 ± 1,2	14,2-26,5	16,1 ± 0,9	14,5-18,7
Perímetro torácico (cm)	91,8 ± 5,3	79,0-108,0	90,3 ± 6,4	79,0-103
Perímetro abdominal (cm)	80,2 ± 5,5	65,2-101,0	85,7 ± 7,4**	73,5-100,0
Perímetro glúteo (cm)	93,7 ± 4,8	79,3-108,0	94,4 ± 6,3	80,5-106,0
Perímetro muslo (cm)	57,3 ± 4,3	46,2-70,8	57,7 ± 5,1	48,0-66,5
Perímetro pierna (cm)	37,2 ± 2,4	31,6-43,5	37,5 ± 2,8	32,5-42,0
Perímetro tobillo (cm)	22,0 ± 1,6	16,6-32,1	22,4 ± 2,8	19,4-33,1
Relación abdomen/tórax	0,87 ± 0,04	0,79-0,97	0,95 ± 0,05**	0,85-1,11
Relación abdomen/cadera	0,85 ± 0,03	0,77-0,95	0,91 ± 0,06**	0,84-1,10
Pliegue tricipital (mm)	9,3 ± 3,9	3,6-27,0	13,8 ± 6,2**	4,1-28,0
Pliegue bicipital (mm)	4,2 ± 1,9	2,4-19,9	4,7 ± 2,1	2,7-11,9
Pliegue subescapular (mm)	9,5 ± 3,0	5,5-32,5	13,1 ± 6,1**	6,7-29,2
Pliegue iliocrestal (mm)	10,6 ± 5,6	3,6-44,0	17,0 ± 9,6*	4,5-40,0
Pliegue abdominal (mm)	11,3 ± 6,4	4,6-43,0	19,4 ± 9,6**	5,1-41,7
Pliegue anterior muslo (mm)	12,6 ± 6,2	3,9-40,8	17,9 ± 9,1*	3,7-38,1
Pliegue pierna (mm)	7,8 ± 3,5	3,2-28,0	10,6 ± 4,8*	3,7-23,3
Índice de masa corporal	23,3 ± 2,3	18,2-33,6	23,3 ± 3,0	19,4-30,6

*p < 0,05; **p < 0,001, al comparar los deportistas con los sedentarios.

TABLA 2
VARIABLES OBTENIDAS MEDIANTE DEXA EN LOS DEPORTISTAS Y EN LOS SUJETOS SEDENTARIOS

	Deportistas (n = 147)		Sedentarios (n = 22)	
	$\bar{X} \pm DE$	Rango	$\bar{X} \pm DE$	Rango
Masa magra (kg)	60,854 ± 7,374	41,253-87,195	54,338 ± 6,308**	44,652-67,925
Masa grasa (kg)	9,026 ± 4,175	1,629-28,893	14,548 ± 7,000**	2,807-28,029
Contenido mineral óseo (kg)	3,030 ± 0,428	1,872-4,236	2,714 ± 0,410*	2,114-3,747
Porcentaje de grasa corporal	12,1 ± 4,5	1,8-30,1	19,6 ± 7,8**	5,6-34,4

*p < 0,05; **p < 0,001, al comparar los deportistas con los sedentarios; DEXA: absorciometría fotónica dual de rayos X.

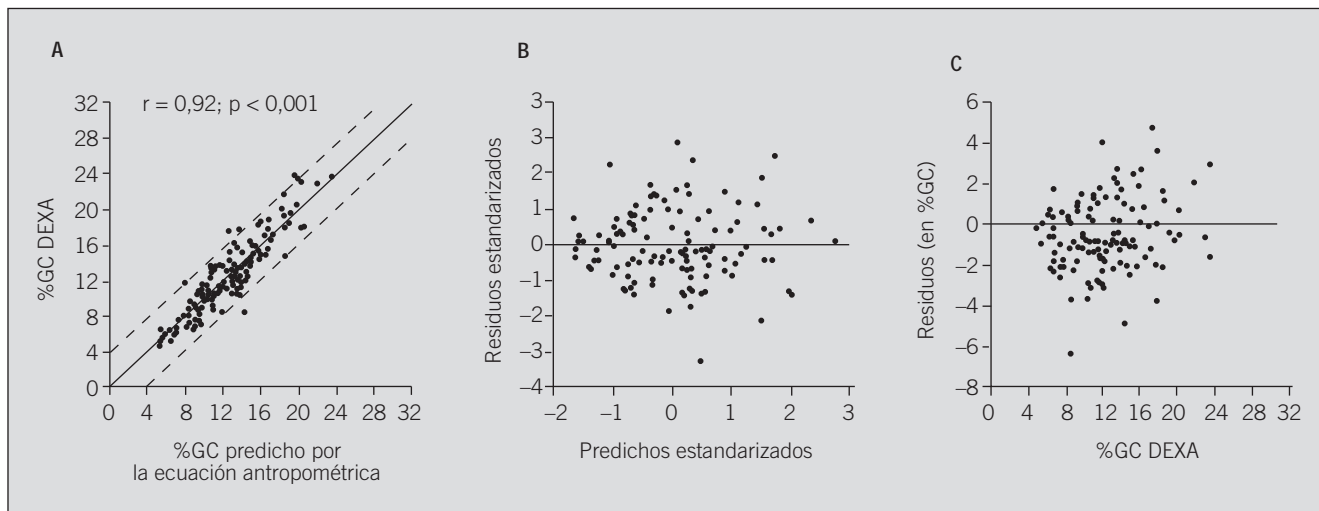


Fig. 1. Análisis gráfico del modelo de regresión múltiple para la predicción del %GC a partir de Log₁₀ Σ5 pliegues, la edad y la relación perímetro abdominal/perímetro torácico. A: relación entre el %GC predicho por el modelo de regresión múltiple y el %GC determinado por DEXA (r = 0,93; p < 0,001); B: distribución de los residuos estandarizados en función de los valores predichos estandarizados; C: distribución de residuos en función del %GC determinado por DEXA. Las líneas discontinuas de la figura 1A delimitan el intervalo de confianza del 95%; DEXA: absorciometría fotónica dual de rayos X.

el índice de la masa corporal (IMC = masa corporal/[talla]²) tan sólo permitió explicar un 15% de la variabilidad del %GC (r = 0,38; p < 0,001). Mediante regresión múltiple lineal obtuvimos la siguiente ecuación para el cálculo del %GC, a partir de parámetros antropométricos.

$$\%GC = 23.59943 \times [\log_{10} \Sigma(\text{pliegues cutáneos: tricipital, abdominal, ilio-crestal, anterior del muslo y de la pierna, en mm})] + [15.99428 \times (\text{perímetro abdominal/perímetro torácico})] + [0.19299 \times \text{edad, en años}] - 45.88485 (R = 0,92; p < 0,001).$$

El error estándar de la predicción del %GC con esta ecuación fue de un 1,8, en %GC. En la figura 1A se representa la relación entre los valores de %GC determinados por DEXA y los predichos por la ecuación de regresión múltiple. Se realizó el test de hipótesis para dicha relación conforme al modelo y = a + bx, para las hipótesis nulas a = 0 y b = 1. Así verificamos que la relación es lineal (r = 0,92; p < 0,001), aceptándose ambas hipótesis nulas, es decir, los valores de %GC medidos por DEXA son similares a los valores predichos por la ecuación. La presunción de linealidad del modelo no parece haber sido violada, pues los residuos estandarizados se distribuyen sin ningún patrón sistemático en relación a los valores predichos estandarizados (fig. 1B). Tampoco se observa ningún patrón sistemático en la distribución de residuos en relación al %GC medido por DEXA (fig. 1C). Existió una estrecha relación lineal entre la masa corporal determinada mediante pesaje y la masa corporal proporcionada por el densitómetro de rayos X (r = 1; p < 0,001; fig. 2). El punto de intercepción en la ordenada no fue a = 0, tal y como habíamos establecido en nuestra hipótesis nula, por lo que rechazamos la hipótesis nula con una p < 0,001. Por otro lado, la pendiente fue igual a 1, por lo que aceptamos la hipótesis nula (b = 1). Es decir, la DEXA subestima ligeramente el valor medio de la masa corporal (un 0,78%; p < 0,001), no obstante, el error técnico de esta medición es muy pequeño (0,52 kg) y el coeficiente de correlación intraclase excelente (R = 0,99).

masa corporal fue similar en ambos grupos, los sujetos sedentarios mostraron valores de MG más elevados (14,6 ± 7,0 y 9,0 ± 4,2 kg, sedentarios y deportistas respectivamente; p < 0,01) y valores de masa magra más bajos (54,3 ± 6,3 y 60,9 ± 7,4 kg; sedentarios y deportistas respectivamente; p < 0,01). A pesar de estas diferencias entre sedentarios y deportistas, es posible predecir el %GC de los sujetos sedentarios con la ecuación desarrollada para los deportistas, ya que la p para el estadístico F resultó no significativa. En la tabla 4 se exponen los valores de %GC predichos por las ecuaciones antropométricas, los coeficientes de correlación intraclase entre el %GC medido por DEXA y por antropometría, así como el correspondiente error técnico. Nuestra ecuación antropométrica fue la que mostró el coeficiente de correlación intraclase más elevado y el error técnico más bajo. Todas las ecuaciones antropométricas subestimaron el %GC medio determinado por DEXA. No obstante, nuestra ecuación predice un valor medio de %GC en los sedentarios sólo un 9% inferior al obtenido por DEXA (17,8 ± 5,3% y 19,6 ± 7,8%, respectivamente; p < 0,05), mientras que el resto de las ecuaciones subestiman en mayor grado el valor medio de %GC de los sujetos sedentarios.

Validación cruzada con sujetos sedentarios de la misma población

Tal y como puede apreciarse en las tablas 1 y 2, los sujetos sedentarios se caracterizaron por un %GC más elevado que los deportistas (19,6 ± 7,8 y 12,1 ± 4,5%, respectivamente; p < 0,01). Aunque la

TABLA 3

Coefficientes de correlación entre porcentaje de grasa corporal (GC) y las variables antropométricas más relevantes

P. Ab	P. II	P. Tr	P. Am	P. Pr	P. Sb	P. Bc	S2	S3	S4	S5	S6	S7	LogS5	Pr. Ab	Pr. GI	Pr. Ms	Ab/Tr
0,78	0,78	0,77	0,74	0,71	0,65	0,37	0,87	0,88	0,88	0,89	0,88	0,87	0,91	0,65	0,56	0,54	0,52

Pliegues: Ab: abdominal; II: ilio-crestal; Tr: tricipital; Am: anterior del muslo; Pr: medial de la pierna; Sb: subescapular; Bc: bicipital; S2: suma de los pliegues abdominal y anterior del muslo; S3: suma de los pliegues abdominal tricipital y anterior del muslo; S4: suma de los pliegues abdominal, ilio-crestal, tricipital y de la pierna; S5: suma de los pliegues abdominal, anterior del muslo, ilio-crestal, tricipital y de la pierna; S6: suma de los pliegues abdominal, anterior del muslo, ilio-crestal, tricipital, de la pierna y subescapular; LogS5: logaritmo de la suma de 5 pliegues; Ab/Tr: cociente entre perímetro abdominal y perímetro torácico. Todas las correlaciones presentadas fueron significativas (p < 0,001).

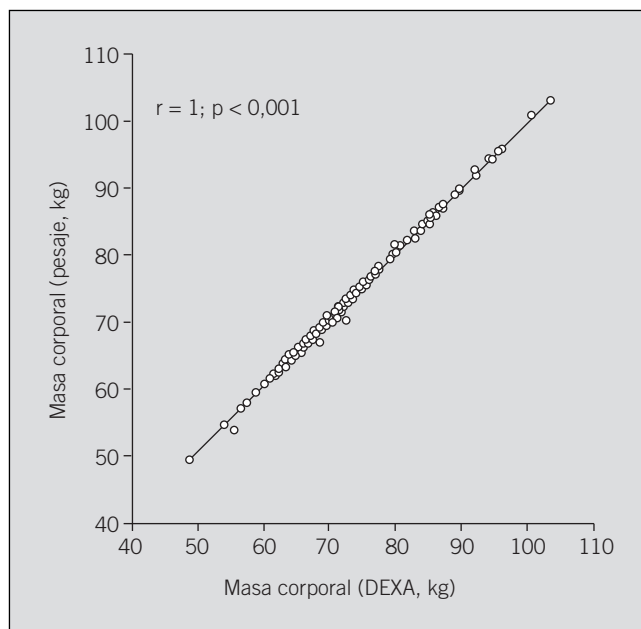
Discusión

En este estudio se ha desarrollado una ecuación antropométrica que permite estimar el porcentaje de grasa corporal en adultos jóvenes de la población canaria. Así mismo, se ha comprobado la validez de la ecuación cuando se aplica a sujetos con diferentes grados de actividad física y composición corporal. También se ha demostrado la validez de los algoritmos empleados por el densitómetro para transformar las distintas densidades superficiales en valores de masa, dada la estrecha relación observada entre la masa corporal determinada por pesaje y la obtenida por DEXA ($r = 0,99$). Resultados similares han sido comunicados por otros, empleando equipos Lunar⁷.

Uno de los aspectos más destacables de este estudio es el análisis del valor predictivo del %GC de distintos parámetros antropométricos, tanto aislados como combinados. El mejor predictor aislado del %GC, en los varones jóvenes de la población adulta canaria, es el grosor del pliegue cutáneo abdominal. El pliegue abdominal es un buen predictor del %GC posiblemente por la tendencia a almacenar grasa en la región abdominal que muestran los varones²⁹. La técnica de análisis estadístico empleada en este estudio permite descartar que esta asociación se deba al azar. No parece que el elevado valor absoluto del grosor del pliegue abdominal tenga que ver con su valor predictivo, pues otros pliegues, como por ejemplo el pliegue anterior del muslo, alcanzan grosores aún más elevados y, sin embargo, su valor predictivo es menor.

En su excelente revisión, Lohman⁵ recalca que los pliegues que mejor correlacionan con la densidad corporal son el abdominal, el tricipital y el del muslo. En un estudio reciente observamos que las mayores diferencias entre sujetos entrenados y sedentarios se establecen en los pliegues abdominal, suprailíaco y del muslo³⁰. Puesto que existen diferencias en la distribución regional del tejido adiposo, con un predominio truncal en los sujetos con mayor %GC²⁹, se pueden conseguir mejores correlaciones con el %GC al combinar varios pliegues, con lo que disminuye el error de predicción debido a la variabilidad en la distribución de la grasa corporal. En nuestra población,

Fig. 2. Relación entre la masa corporal determinada mediante pesaje y absorciometría fotónica dual de rayos X (DEXA) ($r = 1$; $p < 0,001$).



es posible explicar un 83% de la variabilidad en el %GC al emplear como predictor del %GC el Log_{10} de la suma de los pliegues tricipital, abdominal, iliocrestal, anterior del muslo y de la pierna. Sin embargo, es posible mejorar el valor predictivo de estos parámetros antropométricos introduciendo en la ecuación el cociente perímetro abdominal/perímetro torácico y la edad.

La mayoría de las ecuaciones antropométricas permiten estimar el %GC a partir únicamente de la medición de ciertos pliegues cutáneos, por lo tanto asumen una relación directa entre la MG subcutánea y la MG corporal total. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que la razón MG visceral/MG subcutánea no se correlaciona con la MG total³¹. Es decir, para un mismo volumen de MG subcutánea son posibles distintos volúmenes de MG visceral y, por lo tanto, de MG total. No obstante, la MG visceral representa del 18 al 20% de la MG total^{31,32}, de ahí que haya sido posible predecir la MG total mediante ecuaciones que sólo utilizan pliegues cutáneos como variables independientes. Parece pues, que la inclusión en la ecuación antropométrica de algún parámetro que se relacione con la MG visceral, puede disminuir el error en la estimación del %GC. Aunque con

DEXA no se puede medir directamente la MG visceral, sí es posible determinar la cantidad de grasa presente en la región del tronco. Esta incluye la MG visceral, que se localiza principalmente en la cavidad abdominal³¹, y la MG subcutánea del tronco. El predominio visceral de la grasa corporal se ha valorado indirectamente, a través de la medición del índice perímetro abdominal/perímetro glúteo, no obstante los estudios que han evaluado esta relación han dado lugar a resultados contradictorios. Tanto Baumgartner et al³³ como Kvist et al³² observaron que el índice perímetro abdominal/perímetro glúteo se relaciona con la razón MG visceral/MG subcutánea sólo en las mujeres. En cambio, Seidell et al³⁴ no encontraron relación entre el índice perímetro abdominal/perímetro glúteo y el cociente MG visceral/MG subcutánea, cuando los valores se ajustaron para el efecto debido a la variabilidad producida por la edad y el índice de masa corporal. De igual modo, Ross et al³¹ no encontraron una relación significativa entre el índice perímetro abdominal/perímetro glúteo y MG visceral, cuando se controlan los efectos de la edad y de la MG total. Por otro lado, el estudio de Van der Koy et al³⁵ demuestra que los cambios en la cantidad relativa de MG visceral producidos por el adelga-

TABLA 4

Fiabilidad de los valores de %GC obtenidos mediante ecuaciones antropométricas

	DEXA	Ecuación desarrollada ¹	Ecuación Durnin-W	Ecuación Yuhasz	Ecuación Sloan	Ecuación Katch-McArdle
Porcentaje de grasa corporal	19,6 ± 7,8	17,8 ± 5,3*	17,8 ± 5,6*	10,9 ± 3,4**	15,6 ± 7,8**	15,0 ± 5,9**
Coefficiente de correlación intraclass		0,92	0,91	0,21	0,86	0,78
Error técnico (en %GC)		2,6	2,8	7	4	4,3

* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$, al comparar con absorciometría fotónica dual de rayos X (DEXA). (1) Ecuación desarrollada con los deportistas.

zamiento no pueden ser predichos a través de los cambios detectados en el índice perímetro abdominal/perímetro glúteo. En este estudio, la inclusión en la ecuación de regresión del índice perímetro abdominal/perímetro glúteo no permite incrementar significativamente el coeficiente de correlación múltiple. Sin embargo, la inclusión de la relación perímetro abdominal/perímetro torácico disminuye significativamente el error de predicción (de 1,83 a 1,75, en valor de %GC). Este efecto de la relación perímetro abdominal/perímetro torácico puede ser debido a que este cociente correlaciona positivamente con la masa grasa de localización truncal ($r = 0,48$; $p < 0,001$) y con los grosores de los pliegues cutáneos iliocrestal ($r = 0,51$; $p < 0,001$) y abdominal ($r = 0,47$; $p < 0,001$). Además, la relación entre la masa grasa truncal y el índice perímetro abdominal/perímetro torácico, es de $r = 0,59$ ($p < 0,001$) cuando se ajusta para el efecto debido al grosor del pliegue cutáneo iliocrestal y de $r = 0,56$ ($p < 0,001$) si se ajusta para el efecto debido al grosor del pliegue cutáneo abdominal. Es posible pues, que la relación perímetro abdominal/perímetro torácico contribuya significativamente a la estimación del %GC al controlar parte de la variabilidad en el %GC, debida a diferencias en la MG visceral.

La inclusión de la edad en la ecuación de regresión permite reducir significativamente el error en la estimación del %GC (de 1,92 a 1,83, en valores de %GC), al menos por dos razones. En primer lugar, ya que existe una relación directa entre la MG visceral, tanto en valores absolutos como relativos a la MG total, y la edad^{31,34}. En segundo lugar, la inclusión de la edad en la ecuación permite controlar, al menos en parte, las diferencias en comprensibilidad cutánea debidas al envejecimiento³⁶.

La bondad del ajuste de nuestro modelo de regresión múltiple se sustenta en la ausencia de relación entre los residuos estandarizados y los valores predichos estandarizados (fig. 1B). Por lo que respecta al error estándar de predicción, nuestro modelo predice con menor error que los modelos de regresión múltiple de las ecuaciones antropométricas publicadas con anterioridad^{16,22,37}. La predicción del %GC mediante ecuaciones antropométricas es específica para los sujetos que pertenecen a la misma población de la que procede la muestra utilizada para desarrollar la ecuación. Además, los resultados obtenidos con una ecuación de regresión lineal no pueden ser extrapolados fuera del rango de valores incluidos en el desarrollo del modelo. En este sentido, debemos destacar la amplitud del rango de valores de las variables antropométricas en la muestra empleada para

el desarrollo de nuestra ecuación. Así, el rango de %GC abarcó desde 1,8 al 30,1%, el rango de tallas de 155,1-206 cm y el rango de masa corporal de 49,4-103,3. Sin embargo, el rango de edades se situó entre 18 y 36 años, por lo que se precisan nuevos estudios de validación antes de emplear esta ecuación en sujetos de más de 36 años de edad. Por otro lado, de todas las ecuaciones antropométricas desarrolladas para predecir el %GC ésta es la que incluye un mayor número de sujetos en este rango de edades.

La representatividad de la muestra poblacional empleada para desarrollar una ecuación antropométrica está condicionada en gran medida por la técnica de muestreo. Aunque, al utilizar sujetos voluntarios en este estudio no podemos descartar la existencia de un sesgo de selección, la robustez del modelo queda demostrada al ser capaz de predecir con muy poco error el %GC de sujetos sedentarios, cuyo valor medio de %GC se apartó notablemente del valor medio de %GC de la muestra poblacional utilizada para desarrollar la ecuación. La muestra escogida para desarrollar la ecuación es muy representativa del universo de deportistas de la población canaria, no sólo por la variedad de deportes incluidos, sino también por los distintos niveles de los deportistas analizados, ya que se incluyeron desde practicantes a nivel recreativo hasta profesionales. Además, los valores de las variables antropométricas de nuestra población de deportistas son muy parecidos a los comunicados por González Hermoso et al³⁸ para los varones de la población canaria adulta entre 20 y 39 años de edad. Así, al comparar los datos antropométricos obtenidos en nuestra población de deportistas con los proporcionados por el estudio de González Hermoso et al³⁸, observamos que nuestros deportistas presentaron valores de talla y masa corporal ligeramente superiores (177,3 frente a 172,3 cm y 73,5 frente a 71,3 kg, respectivamente, ambos $p < 0,05$), mientras que el IMC y el grosor del pliegue tricótipal fueron ligeramente inferiores en los deportistas (24,0 frente a 23,3, y 10,9 frente a 9,3 mm, respectivamente, ambos $p < 0,01$). Posiblemente este gran parecido entre los deportistas y los varones adultos de la población canaria, nos haya permitido predecir con escaso error el %GC de los sujetos sedentarios con la ecuación antropométrica desarrollada con los deportistas. No obstante, nuestra ecuación tiende a subestimar ligeramente el %GC en sujetos sedentarios, aunque este efecto desaparece si se excluyen de la muestra de sujetos sedentarios a los 4 sujetos con %GC superiores al 25%. Las ecuaciones de Durnin-Womersley, Yuhasz, Sloan y Katch-McArdle presentan en común el haber sido obtenidas en

la población americana, o canadiense, y el haber sido desarrolladas utilizando como método patrón hidrodensitometría. Se ha defendido que las únicas ecuaciones antropométricas que realmente pueden ser aplicadas de forma generalizada son las ecuaciones de Durnin y Womersley y de Jackson y Pollock¹⁷. Efectivamente, la ecuación de Durnin y Womersley permite predecir el %GC en nuestra población sedentaria no obstante, es menos precisa que nuestra ecuación. Además, tal y como demuestra el coeficiente de correlación intraclase, el mayor grado de concordancia entre %GC predicho y el medido directamente por DEXA, se alcanza cuando los valores de %GC han sido predichos con nuestra ecuación. Ninguna de las ecuaciones desarrolladas a partir de poblaciones físicamente activas²³⁻²⁵ resultó válida para predecir el %GC en nuestra población sedentaria, subestimándolo en mayor o menor medida.

Puesto que un 30% de los sujetos incluidos en la muestra de deportistas habían nacido en otras regiones de España y puesto que existe un gran parecido antropométrico entre la población canaria y los habitantes de otras regiones de nuestro país^{38,39}, es muy probable que nuestra ecuación sea generalizable a los varones jóvenes de la población española.

Estos resultados confirman la necesidad de desarrollar ecuaciones antropométricas específicas para nuestra población, utilizando técnicas patrón como la DEXA, exentas de las presunciones compartimentales que requiere la hidrodensitometría. Así mismo, tal y como han defendido otros autores el grado de obesidad debería valorarse a través de la determinación del %GC, abandonando la utilización del IMC, que sólo justifica en nuestra población un 15% de la variabilidad detectada en el %GC.

Agradecimiento

Nuestro mayor agradecimiento al Prof. Dr. Pedro Saavedra, del Departamento de Matemáticas de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, por sus valiosos consejos y por su inestimable ayuda en los cálculos estadísticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Behnke AR, Feen BG, Welham WC. The specific gravity of healthy men. *JAMA* 1942; 118: 495-498.
- Keys A, Brozek J. Body fat in adult man. *Physiol Rev* 1953; 33: 245-325.
- Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. En: Brozek J, Henschel A, editores. *Techniques for measuring body composition*. Washington: National Acad Sci National Res Council 1961; 223-244.
- Heymsfield SB, Wang J, Lichtman S, Kamen Y, Kehayias J, Pierson RN. Body composition in elderly subjects: a critical appraisal of clinical methodology. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 1.167-1.175.

5. Lohman TG. Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review. *Hum Biol* 1981; 53: 181-225.
6. Bailey DA, McCulloch RG. Bone tissue and physical activity. *Can J Sports Sci* 1990; 15: 229-239.
7. Johansson AG, Forslund A, Sjödin A, Mallmin H, Hambraeus L, Ljunghall S. Determination of body composition: a comparison of dual-energy x-ray absorptiometry and hydrodensitometry. *Am J Clin Nutr* 1993; 57: 323-326.
8. Snead DB, Birge SJ, Kohrt WM. Age-related differences in body composition by hydrodensitometry and dual-energy X-ray absorptiometry. *J Appl Physiol* 1993; 74: 770-775.
9. Wellens R, Chumlea C, Guo S, Roche AF, Reo NV, Siervogel RM. Body composition in white adults by dual-energy x-ray absorptiometry, densitometry, and total body water. *Am J Clin Nutr* 1994; 59: 547-555.
10. Lukashi HC. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr* 1987; 46: 537-556.
11. Mazess RB, Barden HS, Bisek JP, Hanson J. Dual-energy x-ray absorptiometry for total body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *Am J Clin Nutr* 1990; 51: 1.106-1.112.
12. Haarbø J, Gøtfredsen A, Hassager C, Christiansen C. Validation of body composition by dual-energy x ray absorptiometry (DEXA). *Clin Physiol* 1991; 11: 331-341.
13. Svendsen OL, Haarbø J, Hassager C, Christiansen C. Accuracy of measurements of body composition by dual-energy x-ray absorptiometry in vivo. *Am J Clin Nutr* 1993; 57: 605-608.
14. Martin AD, Drinkwater DT. Variability in the measures of body fat. Assumption or technique? *Sports Med* 1991; 11: 277-288.
15. Williams DP, Going SB, Lohman TG, Hewitt MJ, Haber AE. Estimation of body composition from skinfold thickness in middle-aged and older men: a multiple component approach. *Am J Hum Biol* 1992; 4: 595-605.
16. Sinning WE, Dolny DG, Little KD, Cunningham LN, Racaniello A, Siconolfi SF, Sholes JL. Validity of «generalized» equations for body composition analysis in male athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1985; 17: 124-130.
17. Alastrué Vidal A. Antropometría y obesidad [editorial]. *Med Clin (Barc)* 1994; 102: 16-19.
18. Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr* 1974; 32: 77-97.
19. Ward R, Ross WD, Leyland AJ, Selbie S. The Advanced O-Scale Physique Assessment System. Burnaby: Kinemetrix Inc, 1989.
20. Becque MD, Katch VL, Moffatt RJ. Time course of skin-plus-fat compression in males and females. *Hum Biol* 1986; 58: 33-42.
21. López Calbet JA, Ortega Santana F, Dorado García C, Armengol Ramos O, Sarmiento Ramos L. Valoración antropométrica en ciclistas de alto nivel. Estudio de una temporada. *Archivos de Medicina del Deporte* 1993; 10: 127-132.
22. Lohman TG. Advances in body composition assessment. Prediction equations and skinfolds, bioelectric impedance, and body mass index. En: Anderson J, Knight M, editores. *Advances in body composition assessment*. Champaign: Human Kinetics Books, 1992; 37-56.
23. Carter JEL, Yuhasz MS. Skinfolds and body composition of Olympic Athletes. En: Carter JEL, editor. *Physical structure of the olympic athletes. Part II: Kinanthropometry of olympic athletes*. Medicine Sport Sci. Basilea: Karger, 1984; 107-116.
24. Sloan AW. Estimation of body fat in young men. *J Appl Physiol* 1967; 23: 311-315.
25. Katch FI, McArdle WD. Prediction of body density from simple anthropometric measurements in college-age men and women. *Hum Biol* 1987; 45: 445-454.
26. Peña Sánchez de Rivera D. Diagnóstico y validación de modelos de regresión múltiple. En: Peña Sánchez de Rivera D, editor. *Estadística modelos y métodos. Dos modelos lineales y series temporales*. Madrid: Alianza Universidad, 1987: 411.
27. Baumgartner TA, Jackson AS. Reliability and objectivity. En: Baumgartner TA, Jackson AS, editores. *Measurement for evaluation in Physical Education and Exercise Science*. Dubuque, Iowa, Wm C Brown Publishers, 1987: 87-117.
28. Chumlea WC, Guo S, Kuczmarski RJ, Johnson CL, Leathy CK. Reliability for anthropometric measurements in the Hispanic Health and Nutrition Examination Survey (HHANES 1982-1984). *Am J Clin Nutr* 1990; 51 (Supl): 902-1.008.
29. Kissebah AH, Krakower GR. Regional adiposity and morbidity. *Physiol Rev* 1994; 74: 761-800.
30. López Calbet JA. Valoración fisiológica de la condición física en ciclistas altamente entrenados [tesis doctoral]. Universidad de Barcelona, 1993.
31. Ross R, Léger L, Morris D, De Gusise J, Guardo R. Quantification of adipose tissue by MRI: relationship with anthropometric variables. *J Appl Physiol* 1992; 72: 787-795.
32. Kvist H, Sjöström L, Tylén U. Adipose tissue volume determinations in women by computed tomography: technical considerations. *Int J Obes* 1986; 10: 53-67.
33. Baumgartner RN, Heymsfield SB, Roche AF, Bernardino M. Abdominal composition by computed tomography. *Am J Clin Nutr* 1988; 48: 936-945.
34. Seidell JC, Oosterlee A, Thijssen M, Burema J, Deurenberg P, Hautvast J, Josephus J. Assessment of intra-abdominal and subcutaneous abdominal fat: relation between anthropometry and computed tomography. *Am J Clin Nutr* 1987; 45: 7-13.
35. Van der Koy K, Leenen R, Seidell JC, Deurenberg P, Visser M. Abdominal diameters as indicators of visceral fat: comparison between magnetic resonance imaging and anthropometry. *Br J Nutr* 1993; 70: 47-58.
36. Himes JH, Roche AF, Siervogel RM. Compressibility of skinfolds and the measurement of subcutaneous fatness. *Am J Clin Nutr* 1979; 32: 1.734-1.740.
37. Baumgartner TA, Jackson AS. Evaluating adult fitness. En: Baumgartner TA, Jackson AS, editores. *Measurement for evaluation in Physical Education and Exercise Science*. Dubuque: Wm C Brown Publishers, 1987; 217-274.
38. González Hermoso F, Porta Aznárez RM, Herrero Segura A. Resultados del estudio antropométrico de la población canaria adulta 1985-1987. *Nutr Hosp* 1990; 238-248.
39. Ricart W, González-Huix F, Conde V. Valoración del estado de nutrición a través de la determinación de los parámetros antropométricos: nuevas tablas en la población laboral de Cataluña. *Med Clin (Barc)* 1993; 100: 681-691.