

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL: TENDENCIAS ACTUALES (III)

BODY COMPOSITION ASSESSMENT METHODS: ACTUAL TRENDS (III)

El método de los pliegues de grasa

El método de los pliegues se usa para estimar la CC en múltiples poblaciones y de diferentes características como son los niños y adultos⁵⁵ y de grupos étnicos diversos (Negros, Hispanos y Blancos)⁵⁶, así como de atletas masculinos y femeninos⁵⁷⁻⁶⁰ (Tabla 6).

Este método se basa en la medida del espesor de tejido subcutáneo adiposo en lugares específicos. Muchas ecuaciones de pliegues usan dos o más pliegues de grasa para predecir la densidad corporal y posteriormente el cálculo del % de GC. Una detallada descripción de la estandarización de los pliegues de grasa y resto de técnicas de obtención de las medidas antropométricas, las podemos consultar en diferentes textos⁶¹⁻⁶⁴, las referentes al Grupo Español de Cineantropometría, en castellano⁶² y el manual ISAK (International Society for Advancement in Kinanthropometry)⁶³ entre otros.

La exactitud y precisión de los pliegues de grasa son altamente dependientes de la habilidad del antropometrista, el tipo de caliper y de las características del sujeto de estudio.

Los pliegues de grasa no son un método recomendado para evaluar la CC en individuos obesos por la dificultad en su técnica y la gran variabilidad de las medidas⁶⁴.

Siempre que sea posible se deben utilizar fórmulas específicas para convertir la densidad

corporal en % de grasa corporal. Las ecuaciones de pliegues para niños directamente se estiman % GC en lugar de densidad corporal. Estas ecuaciones se desarrollaron usando un modelo multicomponente e incluyen medidas de densidad corporal mediante hidrodensitometría, agua corporal total y hueso⁵⁵.

Antropometría

La antropometría se refiere a la medida del tamaño y las proporciones del cuerpo humano. Las ecuaciones antropométricas de predicción calculan la densidad corporal lo cual nos permite estimar el % de grasa corporal y MLG combinando una serie de medidas como: peso, altura, diámetros y perímetros musculares⁶⁵.

Comparadas las técnicas de pliegues con las técnicas antropométricas son relativamente simples y baratas, pero requieren bastante habilidad y entrenamiento. La exactitud y precisión de las medidas antropométricas, siempre se pueden afectar por la habilidad del técnico y por las características de la persona medida.

La habilidad del técnico no es un gran problema si se estandarizan los procedimientos y las técnicas para localizar los lugares de medida, la posición del antropómetro, las medidas con la cinta y la aplicación de la tensión durante la medida.

Aunque técnicos experimentados pueden obtener valores similares cuando miden los perímetros de sujetos obesos, es más difícil obtener

José R. Alvero Cruz¹

Ángel M. Diego Acosta

Víctor J. Fernández Pastor

Jerónimo García Romero

Escuela de Medicina de la Educación Física y el Deporte Área de Educación Física y Deportiva Facultad de Medicina Universidad de Málaga ¹Antropometrista Nivel III de ISAK

CORRESPONDENCIA:

José R. Alvero Cruz. Edificio López de Peñalver. Campus de Teatinos. Universidad de Málaga. 29071 Málaga.
E-mail: alvero@uma.es

Aceptado: 13-05-2004 / Revisión nº 180

medidas consistentes y repetidas para esta población que en individuos delgados⁶⁶.

De cualquier modo la toma de circunferencias son preferibles a pliegues de grasa cuando se miden sujetos obesos por las razones siguientes:

Se pueden medir perímetros en individuos obesos, considerando que la toma de grandes pliegues de grasa excederían la abertura máxima del calibrador así como que las circunferencias requieren menos habilidad del técnico y la diferencia entre técnicos es más pequeña comparada con las medidas de pliegues de grasa⁶⁶.

Las ecuaciones antropométricas de predicción se presentan en Tabla 7 y se pueden usar para predecir la densidad corporal en mujeres⁶⁷ y la estimación del % de grasa para mujeres obe-

sas^{68,69} y hombres⁷⁰. En general, estas ecuaciones estiman la composición del cuerpo con un buen grado de exactitud (3,0-3,6%). Estas fórmulas predicen la grasa corporal, teniendo en cuenta variables como el sexo, la edad, así como la raza (Tabla 7).

Por último hacer una somera mención de las técnicas de RM (resonancia magnética y TC (tomografía computerizada, útil en algunos casos para la predicción de grasa intra-abdominal^{71,72} o bien para la valoración del volumen de tejido adiposo y la grasa corporal total en diferentes poblaciones⁷³⁻⁷⁶.

Hoy en día estas técnicas muy costosas, están en fase de constante investigación y tratan de darnos luz a nuevos modelos de estimación de la composición corporal.

Grupo	Sexo	Edad	Σ pliegues	Ecuación	Autor
Negros o hispanicos	M	18-55	Σ 7P	$Dc (g/cc) = 1.0970 - 0.00046971(\Sigma 7P) + 0.00000056(\Sigma 7P)^2 - 0.00012828(EDAD)$	Jackson & Pollock
Negros o atletas	H	18-61	Σ 7P	$Dc (g/cc) = 1.1120 - 0.00043499(\Sigma 7P) + 0.00000055(\Sigma 7P)^2 - 0.0002882(EDAD)$	Jackson & Pollock
Atletas	M	18-29	Σ 4P	$Dc (g/cc) = 1.096095 - 0.0006952 (\Sigma 4P) - 0.0000011 (\Sigma 4P)^2 - 0.0000714(EDAD)$	Jackson & Pollock
Blancas o anoréxicas	M	18-55	Σ 3P	$Dc (g/cc) = 1.0994921 - 0.0009929 (\Sigma 3P) + 0.0000023 (\Sigma 3P)^2 - 0.0001392(EDAD)$	Jackson & Pollock
Blancos	H	18-61	Σ 3P	$Dc (g/cc) = 1.109380 - 0.0008267(\Sigma 3P) + 0.0000016(\Sigma 3P)^2 - 0.0002574(EDAD)$	Jackson & Pollock
Chicos	H	6-17	Σ 3P*	$\%BF = 0.735 (\Sigma 3P^*) + 1.0$	Slaughter
Chicas	M	6-17	Σ 2P	$\%BF = 0.610 (\Sigma 2P) + 5.1$	Slaughter
Atletas	M	15-39	Σ 4P Σ 6P	$Dc = 1.09736 - .00068(SUM4^{**})$ $Dc = 1.10326 - .00031(AGE) - 0.00036(SUM6^{**})$	Whiters
Atletas	F	11-41	Σ 4P Σ 6P	$Dc = 1.17484 - 0.07229(\log_{10} SUM4)$ $Dc = 1.07878 - .00035(SUM6) + 0.00032(AGE)$	Whiters

TABLA 6.-
Ecuaciones de predicción de la densidad corporal a partir de los pliegues de grasa

Σ 7P: pectoral+abdominal+muslo+tríceps+subescapular+suprailíaco+axilar; Σ 4P: abdominal+muslo+tríceps+subescapular+ suprailíaco+axilar; Σ 3P: muslo+tríceps+subescapular; Σ 3P*: pectoral+ abdominal+muslo; Σ 2P: tríceps+gemelar; Dc: densidad corporal. A partir de este valor, convertirlo a %GC con la fórmula de Siri o similares; Whiters, 1987; **sum4p: tri+sub+supraespinal+gem; **sum 6pl: sum 4+abd+muslo

Raza	Sexo	Edad	Ecuación	Referencia
Blanca	Mujeres	15-79	$Db (g/cc)^a = 1.168297 - 0.002824 (PA) + 0.0000122098(PA)^2 - 0.000733128 (Pgluteo) + 0.000510477(HT) - 0.000216161(AGE)$	Tran
Blanca	Mujeres obesas	20-60	$\% BF = 0.11077 (PA) - 0.17666 (HT) + 0.14354 (peso) + 51.033$	Weltman
Blanca	Hombres obesos	24-68	$\% BF = 0.31457 (PA) - 0.10969 (peso) + 10.834$	Weltman

TABLA 7.-
Ecuaciones de predicción antropométricas

PA: perímetro abdominal medio entre los valores de perímetros entre xifoides y ombligo y entre últimas costillas y cresta ilíaca; P glúteo: perímetro glúteo; Db: densidad corporal; %BF: porcentaje de grasa corporal

Recomendaciones generales finales para la evaluación de la CC

Se debería intentar obtener valores de CC con técnicas como hidrodensitometría, hidrometría, DXA y pletismografía, en base a métodos multicomponente con el fin de ofrecer ecuaciones de predicción específicas en cada grupo de población.

Se recomienda evaluar la CC por subgrupos de edad y población ya que en cada uno de ellos podemos tener ecuaciones específicas.

El método de bioimpedancia eléctrica se puede usar para evaluar fácilmente la MLG y el agua tanto extracelular como intracelular.

Los pliegues como método de campo, se usan para estimar la densidad corporal de adultos no obesos.

En sujetos obesos no se debe evaluar solamente con los pliegues de grasa y si no también hacerlo con métodos antropométricos (perímetros).

RESUMEN

Se abordan aspectos sobre la valoración de los diferentes métodos de laboratorio y de campo utilizados en estudios de investigación, en clínica y en el campo de la salud, para la obtención de medidas válidas de composición corporal y se establecen recomendaciones sobre métodos específicos y ecuaciones de predicción.

Así mismo se analiza el estado actual acerca de la evaluación de la composición corporal, sujeta a las modificaciones constantes de los nuevos métodos así como las nuevas tecnologías que pueden estar disponibles en un futuro.

La densitometría (hidrodensitometría y pletismografía por desplazamiento de aire), la hidrometría, y el DEXA (dual-energy x-ray absorptiometry) son las técnicas comúnmente más utilizadas y validadas para obtener medi-

das de referencia en composición corporal y en investigación, por la mayoría de autores.

No obstante como estos métodos de referencia aportan medidas por métodos indirectos de composición del cuerpo, se podría afirmar que ninguno de ellos es el "mejor de referencia" para la evaluación de la composición del cuerpo "in vivo".

Las variables obtenidas con los tres métodos anteriores, pueden ser usados como forma de estimación multicomponente, para derivar medidas de referencias de composición corporal en investigación, desarrollo y aprobación de métodos de campo y ecuaciones de predicción.

Por otra parte los métodos como el análisis por impedancia bioeléctrica (BIA), los pliegues cutáneos de grasa y los métodos antropométricos, que son extensamente utilizados para la estimación de la composición corporal, en el campo de la condición física-salud.

La exactitud predictiva de estos métodos de campo y sus ecuaciones de predicción son aceptables, pero limitadas a las diferencias por sexo, etnia, edad y otros factores, por la ausencia de un único método de referencia.

Una gran cantidad de ecuaciones de predicción para la evaluación por métodos de campo, han sido desarrolladas y validadas usando el modelo clásico de composición corporal de dos componentes conjuntamente con un método de referencia. Por eso, el error de predicción de la estimación de la composición corporal que se obtuvo con estas ecuaciones puede ser mayor de lo esperado y sobre todo si la densidad de la masa libre de grasa del individuo difiere en gran medida del valor asumido por el modelo de los dos componentes.

Con estas precauciones se hacen en este trabajo recomendaciones con respecto a la selección de métodos y ecuaciones para su uso en grupos diversos de población.

Palabras clave: Modelos de composición corporal. Métodos de laboratorio. Métodos de campo.

SUMMARY

This review article focuses on several laboratory and field methods used in research studies, clinical practice and other health areas to obtain valid body composition values and suggest recommendations about specific methods and prediction equations.

Also current body composition background is up to date in both aspects, new calculation methods and new technologies that can be available in a near future.

Densitometry (hidrodensitometry and air displacement plethysmography), Hidrometry and DEXA (dual-energy x-ray absorptiometry) are methods commonly used and validated in order to have body composition reference values and in research on a majority of authors. Nevertheless this reference methods shows indirect values of body composition, we could conclude that any one of them is the "Gold Standard" for "In Vivo" determination of body composition.

Variables obtained with, the three mentioned methods, could be used to estimate measures in a multicomponent model, in order to have reference values in body composition in

research, develop and validation of field methods and prediction equations.

On the other hand, bioelectrical impedance analysis (BIA), skinfolds and anthropometric methods, are widely used in fitness area in order to estimate body composition. Predictive accuracy of this field methods an its prediction equations are acceptable, but limited by the differences by sex, race, age and other factors, by lack of a only one reference method.

A lot of predictive equations for predictive estimation by field method, have been developed and validated using the two component body composition classic model jointly with a reference method. Thus, the prediction errors of body composition estimation obtained with this equations could be greater than expected specially if fat free mass density of subjects have a great difference with the assumed value by the two components model.

Whith the mentioned cautions, there are suggested in this article recommendations about selecting methods and equations to be used in diverse population groups.

Key words: Body composition models. Laboratory methods. Field methods.

B I B L I O G R A F I A

- Brodie D, Moscrip V, Hutcheon R.** Body composition measurement: a review of hydrodensitometry, anthropometry, and impedance methods. *Nutrition* 1998;14: 296-310.
- Lohman TG.** Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review. *Hum Biol* 1981;53:181-225.
- Lohman TF, Roche AF, Martorell R.** *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Champaign IL: Human Kinetics, 1988.
- Roche AF.** Anthropometry and ultrasound. En: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG. *Human Body Composition*. Champaign IL: Human Kinetics, 1996;167-90.
- Behnke AR, Feen BG, Welham WC.** The specific gravity of healthy men. Body weight and volume as an index of obesity. *J Am Med Assoc* 1942;118:495-8.
- Selinger A.** *The body is a three component system*. (Ph D Thesis) Unrbana. Univ of Illinois, 1977.
- Moore FD, Olesen YH, McMurray JD, Parker HV, Ball MR, Boyden CM.** *The Body Cell Mass and Its Supporting Environment*. Philadelphia: PA Saunders, 1963.
- Wang J, Pierson RN, Heymsfield SB.** The five level model: a new approach to organizing body composition research. *Am J Clin Nutr* 1992;56:19-28.

9. **Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A.** Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann NY Acad Sci* 1963;113-40.
10. **Siri WE.** Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. En: Brozek J, Henschel A, editors. *Techniques for measuring body composition*. Washington DC: National Academy of Sciences, 1961;223-44.
11. **Going SB.** Densitometry. En: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. *Human body composition*. Champaign IL: Human Kinetics, 1996.
12. **Morrow JR, Jackson AS, Bradley PW, Hartung GH.** Accuracy of measured and predicted residual lung volume on body density measurement. *Med Sci Sports Exerc* 1986;18:647-52.
13. **Katch FI, Katch VL.** Measurement and prediction errors in body composition assessment and the search for the perfect equation. *Res Q Exerc Sport* 1980;51:249-60.
14. **McCrorry MA, Mole PA, Gómez TD, Dewey KG, Bernauer EM.** Body composition by air-displacement plethysmography by using predicted and measured thoracic gas volumes. *J Appl Physiol* 1998;84(4):1475-9.
15. **Behnke AR, Wilmore JH.** *Evaluation and regulation of body build and composition*. Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall, 1974.
16. **Bonge D, Donnelly JE.** Trials to criteria for hydrostatic weighing at residual volume. *Res Q Exerc Sport* 1989;60:176-9.
17. **McCrorry MA, Gomez TD, Bernauer EM, Mole PA.** Evaluation of a new air displacement plethysmograph for measuring human body composition. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1686-91.
18. **Wagner DR, Heyward VH, Gibson AL.** Validation of air displacement plethysmography for assessing body composition. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1339-44.
19. **Collins MA, Millard-Stafford ML, Sparling PB, Snow TK, Rosskopf LB, Webb SA.** Evaluation of the Bod Pod for assessing body fat in collegiate football players. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:1350-6.
20. **Baumgartner RN, Heymsfield SB, Lichtman S, Wang J, Pierson RN.** Body composition in elderly people: effect of criterion estimates on predictive equations. *Am J Clin Nutr* 1991;53:1345-53.
21. **Lohman TG.** *Advances in body composition assessment. Current issues in exercise science series (monograph 3)*. Champaign IL: Human Kinetics, 1992.
22. **Williams DF, Going SB, Massett MP, Lohman TG, Bare LA, Hewitt MJ.** Aqueous and mineral fractions of the fat-free body and their relation to body fat estimates in men and women aged 49-82 years. En: Ellis KJ, Eastman JD, editors. *Human body composition: in vivo methods, models, and assessment*. New York: Plenum, 1992;109-13.
23. **Schoeller DA, Kushner RF, Taylor P, Dietz WH, Bandini L.** *Measurement of total body water: isotope dilution techniques. Report of the sixth Ross conference on medical research*. Columbus OH: Ross Laboratories, 1985.
24. **Lukaski HC.** Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr* 1987;46:537-56.
25. **Ferragut C, Cortadellas J, Navarro J, Arteaga R, Calbet JAL.** ¿Porque saltan más los jugadores de voleibol? *Archivos de Medicina del Deporte* 2002;92:449-58.
26. **Lohman TG.** Dual energy x-ray absorptiometry. En: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. *Human body composition*. Champaign IL: Human Kinetics, 1996;63-75.
27. **Hansen NJ, Lohman TG, Going SB, Hall MC, Pamerter RW, Bare LA.** Prediction of body composition in premenopausal females from dual-energy x-ray absorptiometry. *J Appl Physiol* 1993;75:1637-41.
28. **Going SB, Massett MP, Hall MC, Bare LA, Root PA, Williams DP.** Detection of small changes in body composition by dual-energy x-ray absorptiometry. *Am J Clin Nutr* 1993;57:845-50.
29. **Friedl KE, Deluca JP, Marchitelli LJ, Vogel JA.** Reliability of body-fat estimations from a four-compartment model by using density, body water, and bone mineral measurements. *Am J Clin Nutr* 1992;55:764-70.
30. **Prior BM, Cureton KJ, Modlesky CM, Evans EM, Sloniger MA, Saunders M.** In vivo validation of whole body composition estimates from dual-energy x-ray absorptiometry. *J Appl Physiol* 1997;83:623-30.
31. **Kohrt WM.** Body composition by DXA: tried and true? *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1349-53.
32. **Hart PD, Wilkie ME, Edwards A, Cunningham J.** Dual energy x-ray absorptiometry versus skinfold measurements in the assessment of total body fat in renal transplant recipients. *Eur J Clin Nutr* 1993;47:347-52.
33. **Wang J, Thornton Jc, Russell M, Burastero S, Heymsfield S, Pierson RN.** Asians have lower body mass index (BMI) but higher percent body fat than do whites: comparison of anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr* 1994;60:23-8.

34. Wang J, Thornton JC, Burastero S, Heymsfield S, Pierson RN. Bioimpedance analysis for estimation of total body potassium, total body water, and fat-free mass in white, black, and Asian adults. *Am J Hum Biol* 1995;7:33-40.
35. Roubenoff R, Kehayias JJ, Dawson-Hughes B, Heymsfield SB. Use of dual-energy x-ray absorptiometry in body-composition studies: not yet a "gold standard". *Am J Clin Nutr* 1993;58:589-91.
36. Heymsfield SB, Wang ZM, Withers RT. Multicomponent molecular level models of body composition analysis. En: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. *Human body composition*. Champaign IL: Human Kinetics, 1996;129-47.
37. Panotopoulos G, Ruiz JC, Guy-Grand B, Basdevant A. dual-energy x-ray absorptiometry, bioelectrical impedance and near infrared interactance in obese women. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(4):665-70.
38. Wagner DR, Heyward VH. Validity of two-component models for estimating body fat of black men. *J Appl Physiol* 2001;90:649-56.
39. Wagner DR, Heyward VH, Gibson AL. Validation of air displacement plethysmography for assessing body composition. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(7):1339-44.
40. Nunez C, Beyer J, Strain G, et al. En Internet: www.healthchecks.com.
41. Sardinha LB, Lohman TG, Teixeira PJ, Guedes DP, Going SB. Comparison of air displacement plethysmography with dual-energy X-ray absorptiometry and 3 field methods for estimating body composition in middle-aged men. *Am J Clin Nutr* 1998;68:786-93.
42. Gonzalez JM, Delgado M, Vaquero M. Modificaciones antropométricas con el entrenamiento de fuerza en sujetos de 50 a 70 años. *Archivos de Medicina del Deporte* 2003;94:121-8.
43. Baumgartner RN. Electrical impedance and total body electrical conductivity. En: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. *Human body composition*. Champaign IL: Human Kinetics, 1996:79-107.
44. Segal KR, Van Loan M, Fitzgerald PI, Hodgdon JA, Van Itallie TB. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *Am J Clin Nutr* 1988;47:7-14.
45. Stolarczyk LM, Heyward VH, Van Loan M, Hicks VL, Wilson WL, Reano LM. The Segal fatness-specific bioimpedance equations: are they valid and generalizable? *Am J Clin Nutr* 1997;66:8-17.
46. Houtkooper LB, Going SB, Lohman TG, Roche AF, Vanloan M. Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a cross-validation study. *J Appl Physiol* 1992;72:366-73.
47. National center for health statistics. Plan and operation of the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Vital Health Stat* 1994;1:32.
48. Goran MI, Driscoll P, Johnson R, Nagy TR, Hunter G. Cross - calibration of body-composition techniques against dual x-ray absorptiometry in young children. *Am J Clin Nutr* 1996;63:299-305.
49. Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, Lukaski HC, Schoeller D, Friedl K, et al. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition whit the use a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr* 2003;77:331-40.
50. Lukaski Hc, Bolonchuck Ww, Hall Cb, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1986;60:1327-32.
51. Conlisk EA, Hass JD, Martínez EJ, Flores R, Rivera JD, Martorell R. Predicting body composition from anthropometry and bioimpedance in marginally undernourished adolescents and young adults. *Am J Clin Nutr* 1992;55:1051-9.
52. Deurenberg P, Van Der Kooy K, Leenen R, Weststrate JA, Seidell JC. Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. *Int J Obesity* 1991;15:17-25.
53. Deurenberg P, Van Der Kooy K, Evers P, Hulshof T. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged > 60 years. *Am J Clin Nutr* 1990;51:3-6.
54. Stolarczyk LM, Heyward VH, Hicks VL, Baumgartner RN. Predictive accuracy of bioelectrical impedance in estimating body composition of Native American women. *Am J Clin Nutr* 1994;59:964-70.
55. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan M. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol* 1988;60:709-23.
56. Zillikens MC, JM Conway. Anthropometry in Blacks: Applicability of generalized skinfold equations and differences in fat patterning between blacks and whites. *Am J Clin Nutr* 1990;52:45-51.
57. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density in men. *Br J Nutr* 1978;40:497-504.

58. Withers RT, Craig NP, Bourdon PC, Norton KI. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *Eur J Appl Physiol* 1987;56:191-200.
59. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc* 1980;12:175-82.
60. Withers RT, Whittingham NO, Norton KI, La Forgia J, Ellis MW, Crockett A. Relative body fat and fatness anthropometric prediction of body density of female athletes. *Eur J Appl Physiol* 1987;56:169-80.
61. Harrison GG, Buskirk ER, Lindsay Carter JE, Johnston FE, Lohman TG, Pollock ML. Skinfold thicknesses and measurement technique. En: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign IL: Human Kinetics, 1988;55-70.
62. Aragonés MT, Casajús JA, Rodríguez F, Cabañas MD. Protocolos de medidas antropométricas. En: Esparza F (Ed.) *Manual de Cineantropometría* GREC-FEMEDE, 1993.
63. **International standards for anthropometric assessment.** International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2001
64. Norton K, Whittingham N, Carter JEL, Kerr D, Gore C, Marfell-Jones M. Measurement techniques in anthropometry. En: K Norton, T Olds (Eds). *Anthropometrica*. Sydney: UNSW Press.
65. Callaway CW, Chumlea WC, Bouchard C, Himes JH, Lohman TG, Martin AD. Circumferences. En: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign IL: Human Kinetics, 1988;39-54.
66. Fernández JA, Aguilera RR. Estimación de la masa muscular por diferentes ecuaciones antropométricas en levantadores de pesas de alto nivel. *Archivos de Medicina del Deporte* 2001;86:585-91.
67. Bray GA, Gray DS. Anthropometric measurements in the obese. En: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign IL: Human Kinetics, 1988;131-6.
68. Tran ZV, Weltman A. Generalized equation for predicting body density of women from girth measurements. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21:101-4.
69. Weltman A, Seip RL, Tran ZV. Practical assessment of body composition in obese males. *Hum Biol* 1987;59:523-35.
70. Weltman A, Levine S, Seip RL, Tran ZV. Accurate assessment of body composition in obese females. *Am J Clin Nutr* 1988; 48:1179-83.
71. Han TS, Mcneill G, Seidell JC, Lean ME. Predicting intra-abdominal fatness from anthropometric measures: the influence of stature. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1997; 21:587-93.
72. Liu KH, Chan YL, Chan WB, Kong WL, Kong MO, Chan JC. Sonographic measurement of mesenteric fat thickness is a good correlate cardiovascular risk factors: comparison with subcutaneous and preperitoneal fat thickness, magnetic resonance imaging and anthropometric indexes. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003;27:1267-73.
73. Olhager E, Thuomas KA, Wigstrom L, Forsum E. Description and evaluation of a method based on magnetic resonance imaging to estimate adipose tissue volume and total body fat in infants. *Pediatr Res* 1998;44: 572-7.
74. Gerard EL, Snow RC, Kennedy RN, Frisch RE, Guimaraes AR, Bar RL, *et al.* Overall body fat and regional fat in young women quantification with MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 1991;157:99-104.
75. Hayes PA, Sowood PJ, Belyavin A, Cohen JB, Smith FW. Subcutaneous fat thickness measured by magnetic resonance imaging, ultrasound and callipers. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20:303-9.
76. Stewart KJ, De Regis JR, Turner KL, Bacher AC, Sung J, Hees PS, *et al.* Usefulness of anthropometrics and dual-energy x-ray absorptiometry for estimating abdominal obesity measured by magnetic resonance imaging in older men an women. *J Cardiopulm Rehabil* 2003;23:109-14.