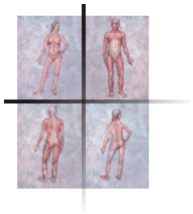
CAPÍTULO 7



ESTIMACIÓN ANTROPOMÉTRICA DE LA GRASA O ADIPOSIDAD

Kevin Norton

1. INTRODUCCION

Los perfiles antropométricos son comúnmente utilizados como base para evaluar el nivel de grasa corporal tanto en deportistas como en otros miembros de la comunidad en general. Existen distintas formas en las cuales las personas utilizan estas mediciones antropométricas básicas para cuantificar los niveles generales y regionales de grasa corporal. Sin embargo, con el tiempo, muchos de estos métodos han sido aplicados sin apreciar los errores y las Suposiciones asociadas con su uso.

Este uso no crítico de las estimaciones de la grasa corporal es una de las áreas con mayor abuso de la antropometría. Este capítulo apuntará a los principales problemas asociados con la estimación de la adiposidad, utilizando ecuaciones de regresión y sugerirá caminos para minimizar las inconsistencias en esta aplicación de la antropometría.

2. CAMBIOS EN LA GRASA CORPORAL A LO LARGO DE LA VIDA

Las reservas de grasa corporal cambian a lo largo de toda la vida en forma tal que, basados en una población, es bastante predecible, como se muestra en la Figura 1. Los datos transversales demuestran que desde niveles relativamente altos de adiposidad en el primer año de vida, las reservas de grasa subcutánea disminuyen lentamente hasta sus niveles más bajos entre los 6 y 8 años de edad (Tanner, 1978, pp. 17-19). Después, la grasa subcutánea aumenta progresivamente a lo largo de la mayor parte de los años de desarrollo, excepto por una notable caída alrededor de la explosión puberal (cerca de los 11 a 12 años en las niñas, y 14 a 16 años en los varones). A partir de este punto, las reservas de grasa subcutánea aumentan, alcanzando un pico durante la quinta década de vida para los hombres, y sexta para las mujeres, cayendo posteriormente a medida que avanza la edad. Esta última disminución en la adiposidad externa es, probablemente, un resultado de mortalidad selectiva ya que se sabe que la adiposidad es un factor de riesgo para el desarrollo de numerosas enfermedades (ver Capítulo 12).

Debido a que la mayoría de la gente está preocupada acerca de su nivel de adiposidad, la estimación de las reservas de grasa corporal es un procedimiento común realizado en establecimientos tales, como centros de salud y gimnasios. En forma similar, la relación establecida entre exceso de adiposidad y disminución en la performance deportiva ha producido que la evaluación de la grasa se vuelva una parte integral de la preparación fisiológica de los deportistas. En ambos ejemplos, el método utilizado para determinar el nivel de grasa, normalmente incluye mediciones de pliegues cutáneos. A menudo, estas mediciones de los pliegues son luego utilizadas para predecir la grasa corporal total usando algunas de las numerosas ecuaciones de predicción disponibles en la literatura. Si se utiliza este método existen importantes suposiciones y limitaciones las cuales deben ser comprendidas por el evaluador con el fin de poder realizar una estimación equilibrada del nivel de grasa corporal. De esta forma, se puede brindar información significativa y apropiada a la persona que fue evaluada. Es este nivel de sofisticación el que se necesita para comprender la apreciación de los errores asociados con la conversión de los pliegues cutáneos medidos en la estimación de la grasa corporal total. Es precisamente la falta de tal conocimiento lo que ha provocado el deterioro de este procedimiento en el pasado, y lo sigue haciendo en la actualidad.

3. LA UTILIZACION DE ECUACIONES DE REGRESION PARA PREDECIR LA DENSIDAD CORPORAL Y LA GRASA CORPORAL

Es importante una medición precisa de la grasa corporal, por lo que se han desarrollado una variedad de métodos de evaluación (ver Capítulo 8). Este rango

de procedimientos va desde la estimación visual de la grasa corporal (Eckerson, Housh, & Johnson, 1992) hasta métodos con tecnología más sofisticada como el uso de la conductividad eléctrica total del cuerpo (Malina, 1987), el ultrasonido (Katch, 1983), y el "scanning" con rayos infrarrojos (McLean & Skinner, 1992), entre otros. Sin embargo, la mayoría de estos métodos requieren de un equipamiento costoso, de un tiempo considerable, junto con evaluadores experimentados y, por lo general, no son adecuados para evaluar grandes números de personas. Por el contrario, la evaluación de sitios antropométricos como el espesor de los pliegues cutáneos es segura, requiere de muchos menos gastos y tiempo, y puede utilizarse regularmente para controlar el progreso de una persona ante un programa de entrenamiento y/o una intervención alimentaria. La medición de los pliegues brinda también tanto una evaluación relativamente precisa como directa de la cantidad de grasa subcutánea y, por lo tanto, tiene una validez considerable. Es decir, mide directamente el espesor de la piel y del tejido adiposo subyacente (predominantemente grasa). Como consecuencia de ello, la medición del espesor subcutáneo a encontrado aplicación en diversas disciplinas incluyendo la Anatomía, la Biomecánica, la Epidemiología, las Ciencias del Ejercicio, La Medicina, la Farmacia, y la Pediatría.

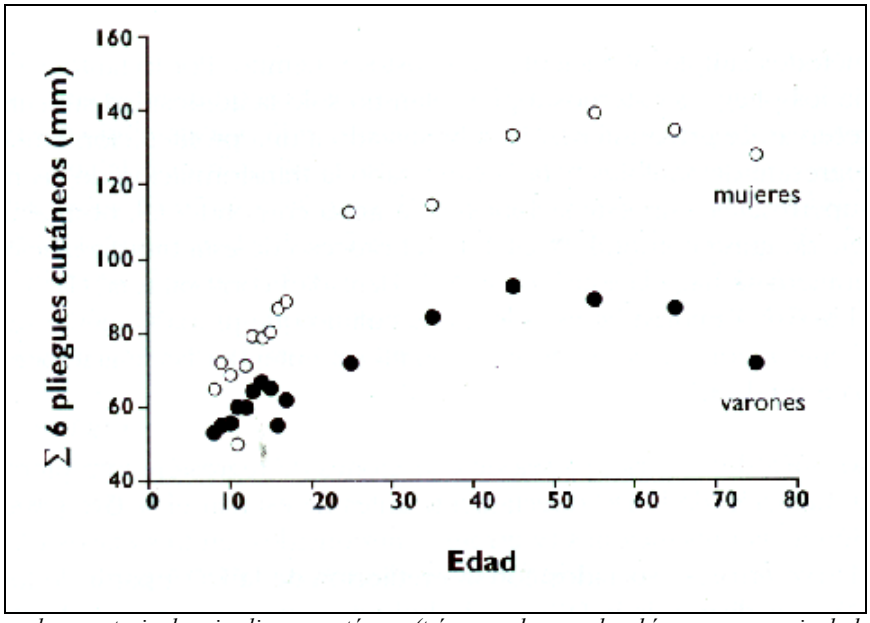


FIGURA 1. *Cambios en la sumatoria de seis pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, bíceps, supraespinal abdominal, y pantorrilla medial) a partir de los 7 años, y a lo largo de toda la vida. Los datos son transversales y fueron calculados a partir de la Base de Datos Antropométricos de Australia (AADBase), 1995 (n= ~ 3200).*

Sin embargo, los pliegues cutáneos son mediciones superficiales que, a través del tiempo, han sido asociados con procedimientos para estimar la adiposidad corporal total, incluyendo la grasa almacenada internamente alrededor de los órganos. Debido a que se sabe de los riesgos importantes asociados con los depósitos de grasa corporal ubicados como reservas profundas (tal como la grasa abdominal), el desafío ha sido cuantificar la grasa corporal total usando métodos simples y eficientes, en costos y tiempo. Por lo tanto, se supone que las mediciones de los pliegues externos representan no sólo la adiposidad subcutánea sino también las reservas de grasa interna. Esto ha llevado a un a proliferación en el número de ecuaciones de regresión disponibles para llevar a cabo la transformación de las mediciones antropométricas superficiales a las estimaciones de la grasa corporal total, normalmente expresada en porcentaje de grasa corporal (% GC). En el proceso de esta transformación es muy común que primero se haga la estimación de la densidad corporal total (DC), antes de estimar finalmente el % GC. También ha llevado a una cultura que probablemente sea demasiado familiar con el término "porcentaje de grasa corporal" sin entender las limitaciones de los métodos utilizados para predecirlo.

Los métodos de uso, ya sea de ecuaciones de regresión para predecir la DC y el % GC, como la medición de la DC directamente antes de estimar el % GC, pueden ser revisados en relación a las presunciones (y errores) introducidos, en tres etapas distintivas:

(1) Los errores asociados con la predicción de la DC a partir de los datos antropométricos; (2) la medición de la DC usando hidrodensitometría (peso hidrostático); y (3) los errores involucrados en la transformación de la DC al % GC [es decir, un modelo de dos compartimentos, masa grasa (MG) y masa magra (MM) o masa libre de grasa, ver Capítulo 8]. Este enfoque está ilustrado en la Figura 2.

3.1 Desarrollo de ecuaciones de predicción antropométricas

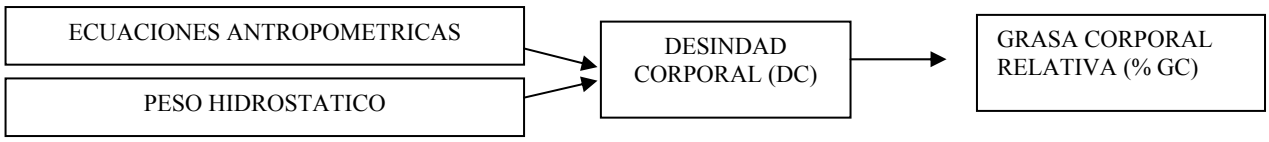


FIGURA 2. *Procedimiento general para estimar el % GC a partir de la DC. La DC puede medirse ya sea en forma directa (utilizando el peso hidrostático), o estimada utilizando antropometría de superficie.*

Existen más de 100 ecuaciones disponibles en la literatura científica para la predicción de la DC (y consecuentemente, del % GC), a partir de las mediciones antropométricas. Algunas de las ecuaciones más comúnmente utilizadas, que también están conformes con las descripciones de los sitios antropométricos presentados en el Capítulo 2, están incluidas en el Apéndice. Debido a que estas ecuaciones son específicas para una población, quien las implemente debería saber que la población evaluada debería ser similar a aquella en la cual la ecuación original fue desarrollada. Las similitudes en edad, promedio de adiposidad, y niveles de actividad física de las poblaciones original y experimental (y el sexo correcto) son más apropiadas cuando se utilizan estas ecuaciones de predicción. Además, el antropometrista debería asegurarse una congruencia absoluta entre los puntos anatómicos utilizados en el estudio original y aquellos a usar en la población experimental. De ser posible, se debería utilizar el mismo tipo de calibre para pliegues cutáneos que el descripto en el reporte original.

La mayoría de las ecuaciones de predicción son desarrolladas usando métodos de laboratorio como la densitometría hidrostática. El procedimiento incluye la medición de la DC de un grupo de sujetos en el laboratorio utilizando la técnica del peso hidrostático, basada en el principio de Arquímedes. El mismo establece que cuando un cuerpo se sumerge en un líquido, experimenta un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del líquido desalojado. Debido a que la densidad de un objeto se define como su peso por unidad de volumen, entonces la DC se puede determinar si se conoce el peso del sujeto en el aire y cuando está completamente sumergido en el agua:

$$DC = \frac{peso(gr)}{volumen(cm^{3})}$$

$$\mathbf{DC = \frac{\text{peso del cuerpo en el aire (gr)}}{\text{Peso del cuerpo (gr) – peso del cuerpo en el agua (gr)}}}$$

Se realizan posteriores ajustes para tener en cuenta la densidad del agua y el volumen residual del sujeto, de manera que la ecuación final es:

$$\mathbf{DC = \frac{\text{Peso del cuerpo en el aire (gr)}}{\text{Peso del cuerpo (gr) – peso del cuerpo en el agua (gr)}} - \frac{\text{volumen residual}}{\text{densidad del agua}}}$$

La DC calculada (gr.cm3) se vuelve entonces la variable dependiente “y”, mientras que una serie de mediciones antropométricas tomadas en el sujeto, inmediatamente antes del peso hidrostático, se transforman en variables independientes “x1”, “x2”,”x3”,...etc.,y se usan para predecir “y”. Luego se desarrolla una ecuación de regresión múltiple para predecir la DC a partir de la mejor combinación (de más peso) de variables antropométricas (por Ej., varios pliegues cutáneos, y posiblemente otras variables como perímetros y diámetros óseos).

Entonces, hay distintas ecuaciones disponibles para estimar el % GC a partir de la DC. Estas transformaciones son posibles debido a investigaciones previas (Brozek, Grande, Anderson, & Keys, 1963; Siri, 1961, pp. 108-117) que han utilizado cadáveres para calcular las densidades y las proporciones relativas de los componentes químicos (agua, proteínas, minerales óseos y minerales no

óseos) de los distintos tejidos corporales. La ecuación más frecuentemente utilizada es la propuesta por Siri (1961), en donde:

$$\%GC = \frac{495}{DC} - 450$$

Esta ecuación supone que las densidades de la MM y la MG son de 1.1000 y 0.9000 gr.cm-3, respectivamente. Desafortunadamente, las densidades determinadas a partir de los estudios originales con cadáveres fueron aplicadas uniformemente en la población entera, sin tener en cuenta la considerable variación individual en las proporciones y densidades de estos tejidos.

Por lo tanto, puede haber un error sustancial asociado con el uso de las ecuaciones de predicción basadas en la antropometría para estimar el % GC. El error incluye tanto el error en la predicción de la DC a partir de ecuaciones de regresión, como el error biológico en la transferencia de la DC a un valor de % GC. Si la DC se mide en el laboratorio, entonces el error de predicción de la ecuación de regresión es reemplazado por el error de medición (normalmente menor). A continuación se resumen las presunciones y errores asociados, erados en estos procedimientos.

3.2 Error en la ecuación de predicción

Debido a que se ha mostrado que los pliegues cutáneos son los predictores antropométricos mas poderosos de la DC y del % GC, ellos son los elementos antropométricos fundamentales utilizados en las ecuaciones de regresión. Cuando se utilizan estas ecuaciones para predecir la DC, se introduce el error debido a la violación de al menos tres presunciones, tal como se muestra en la Figura 3.

- En primer lugar, se presume que hay una compresibilidad constante de la piel y grasa subcutánea, y que el grosor de la piel en cualquier sitio no es variable a través de toda la población. Se ha observado que la compresibilidad de la piel varía hasta el doble, en análisis cadavéricos (Martin, Ross, Drinkwater, & Clarys, 1985), y se sabe que el espesor de la piel varía entre la población, siendo mayor en los hombres que en las mujeres y que disminuye con la edad (Clarys, Martin, Drinkwater, & Marfell-Jones, 1987). Por lo tanto, estos factores son claramente fuentes de posible error (Martin y cols., 1985).
- En segundo lugar, debido a que sólo se miden unos pocos pliegues cutáneos, no se tienen en cuenta los patrones individuales de distribución de la grasa cuando se predice la adiposidad corporal total. Por lo tanto, se presume que los pliegues seleccionados son representativos de la masa grasa subcutánea del cuerpo. Entonces, es aconsejable incluir una selección de pliegues en la ecuación para predecir la DC y el %GC que incluyan la parte alta y baja del cuerpo, el tronco, y las extremidades.
- En tercer término, la relación entre espesor del pliegue y grasa corporal total, a menudo, se presume como lineal. La grasa corporal total está, por lo tanto, siendo predicha en base a una proporción fija de grasa interna y externa donde la grasa externa es cuantificada a través de la medición de un pequeño número de pliegues cutáneos seleccionados. La relación entre la masa grasa subcutánea y la masa grasa corporal total podría (Martin y cols., 1985) o no tener una relación lineal (Roche, 1987).

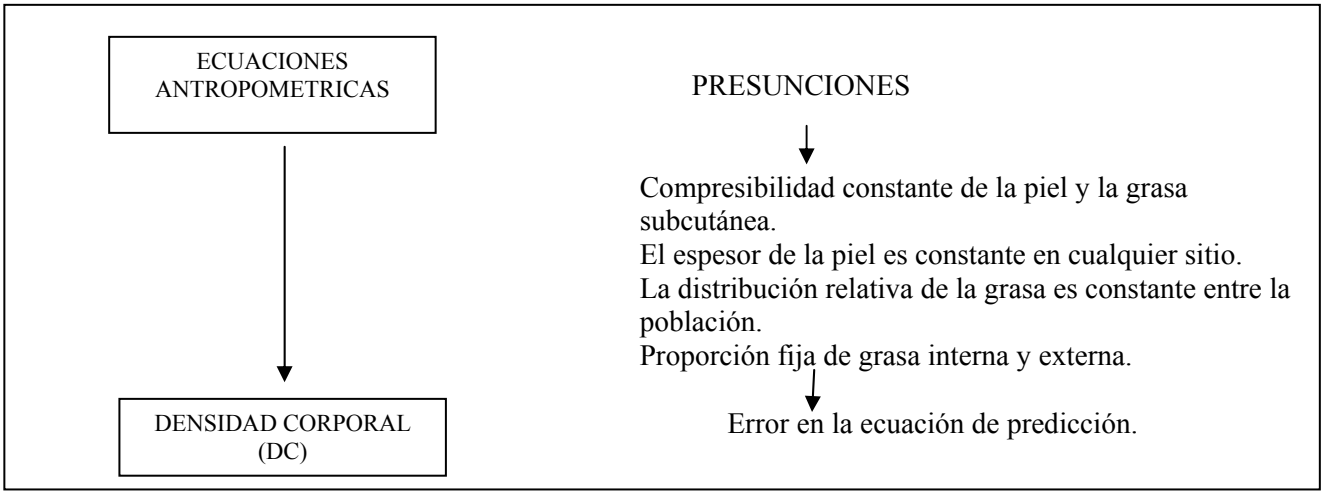


FIGURA 3. *Presunciones asociadas con la estimación antropométrica de la DC, resultante en un error en la ecuación de predicción.*

Cuando los cadáveres fueron examinados para investigar los patrones de grasa corporal, el porcentaje de grasa subcutánea en relación a la grasa corporal total varió de 20 a 70 %, de acuerdo a factores tales como la edad, grado de adiposidad, sexo, y técnica de medición (Allen y cols., 1956; Brodie, 1988a, 1988b; Brown & Jones, 1977; Chien y cols., 1975; Keys & Brozek, 1953). El cociente entre grasa interna/externa aumenta con la edad, es mayor en las mujeres (Brodie, 1988a, 1988b), y podría disminuir (Allen y cols., 1956) o permanecer igual (Martin y cols., 1985) en relación al nivel de adiposidad. Jackson y Pollock (1982), por ejemplo, desarrollaron una ecuación generalizada para predecir el % GC en base a una relación no lineal entre los cambios en las sumatoria de pliegues y los cambios correspondientes en la DC medida. Su ecuación fue la ecuación cuadrática e mejor ajuste y podría reflejar el efecto de una mayor cantidad relativa de grasa localizada externamente, a medida que aumenta la adiposidad (Allen y cols., 1956). También podría indicar que las personas más obesas tienden a tener componentes más densos en la MM (por ej., los huesos). Sin embargo, hay un mayor contenido de grasa en el tejido adiposo con el aumento en la adiposidad corporal total (Martin y cols., 1985), lo cual tendería a negar estos efectos. Cualquiera sea la causa, una determinada disminución en el espesor de los pliegues cutáneos resulta en un mayor aumento en la DC, ya que la suma de los pliegues es menor (por ej., una persona más magra). Por lo tanto, una determinada disminución en la grasa subcutánea no resulta en un aumento constante en la DC. Este fenómeno se muestra, a continuación, en la Figura 4.

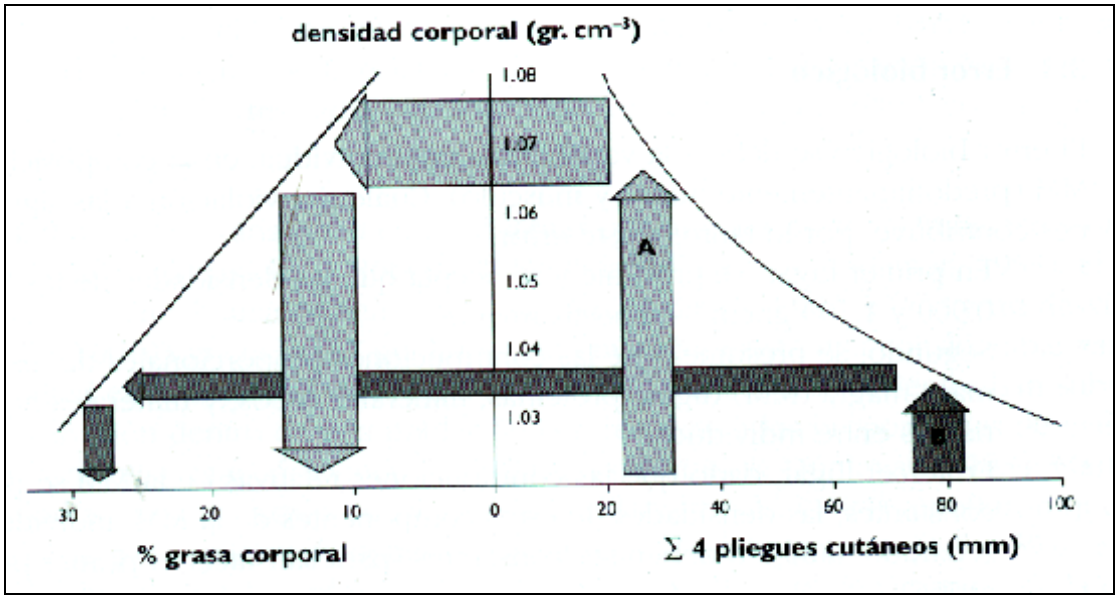


FIGURA 4. *Ejemplo de la disminución en el porcentaje estimado de CC para una disminución de 10 mm en el espesor de los pliegues cutáneos, en dos personas que difieren en la adiposidad corporal.*

En esta figura, dos personas con distinta adiposidad, pierden ambas 10 mm de la **Σ**4 pliegues cutáneos. El sujeto A comienza con un nivel más bajo de adiposidad en comparación con el sujeto B, por lo tanto hay un mayor aumento estimado en la DC, y consecuente reducción en e1 % GC. Esto puede ser muy desconcertante para el individuo con sobrepeso al que, dada la misma disminución en el nivel absoluto de la **Σ** 4 pliegues, se le dice (quizás) que el % GC se alteró solamente en 2 o 3 %.

Se ha observado que la variancia en la compresibilidad de los pliegues, el espesor de la piel, el (contenido graso en el tejido adiposo, la proporción entre las reservas internas y externas de grasas, y los patrones de grasa externa dentro de la población, pueden causar grandes errores en la predicción de la DC a partir de los pliegues cutáneos. Se ha observado que los errores introducidos cuando se utilizan las ecuaciones de regresión múltiple para predecir la DC varían en más del doble, en casos extremos (Lohman, 1981; Lohman, Pollock, Slaughter, Brandon & Boileau, 1984; Withers, Norton, Craig, Hartland & Venables, 1987; Withers y cols., 1987).

A partir de las ecuaciones de estimación más precisas, Withers, Craig, y cols. (1987), y Withers, Whittingham, y cols. (1987), utilizando deportistas,

reportaron errores de predicción de la DC (Error de Estimación Standard; SEE) de 0.00533 y 0.00508 gr.cm^{-3}. Estos datos fueron equivalentes a un error de 2.4 y 2.3 % GC para ecuaciones desarrolladas en estos atletas de alto rendimiento, mujeres y varones, respectivamente. Otros estudios con grupos de deportistas también han indicado errores de predicción relativamente pequeños, que varían entre 0.0061 y 0.0080 gr.cm^{-3} (2.7-3.6 % GC) en gimnastas y corredores de larga distancia, respectivamente (Lewis, Haskell, Perry, Kovacevic, & Wood, 1978; Sinning, 1978). En grupos no deportivos, este error normalmente es mayor, y varía entre 0.0057 y 0.0125 gr.cm-3 (2.6-5.9 % GC) de acuerdo a factores tales como la técnica de medición y la homogeneidad de la muestra (Withers, Norton, y cols., 1987; Womersley, Durnin, Boddy, & Mahaffy, 1976). A pesar de la naturaleza problemática de la predicción de la DC a partir de variables antropométricas, muchas ecuaciones de predicción aún gozan de una aplicación muy difundida (por ej., Durnin & Womersley, 1974), si bien normalmente incluyen errores de predicción relativamente grandes.

3.3 Error biológico

El error biológico se debe a la variabilidad interindividual en la composición y densidad de la MM (predominantemente hueso y músculo). Cualquier violación a las siguientes presunciones contribuye, por lo tanto, a este error:

- En primer lugar, se presume y se acepta que las densidades de las MG y MM es de 0.900 y 1.100 gr.cm^{-3}, respectivamente.
- Segundo, se presume que las contribuciones proporcionales de los componentes de la masa magra (MM) (agua, proteínas, minerales óseos, y minerales no óseos) son invariables entre individuos.
- En tercer lugar, dado que las contribuciones relativas de la MM se presume que son constantes, las densidades de estos componentes de la MM, individualmente o por separado, también deben ser constantes (para satisfacer el primer punto, enunciado arriba).

Estas presunciones y los errores resultantes se ilustran en la Figura 5.

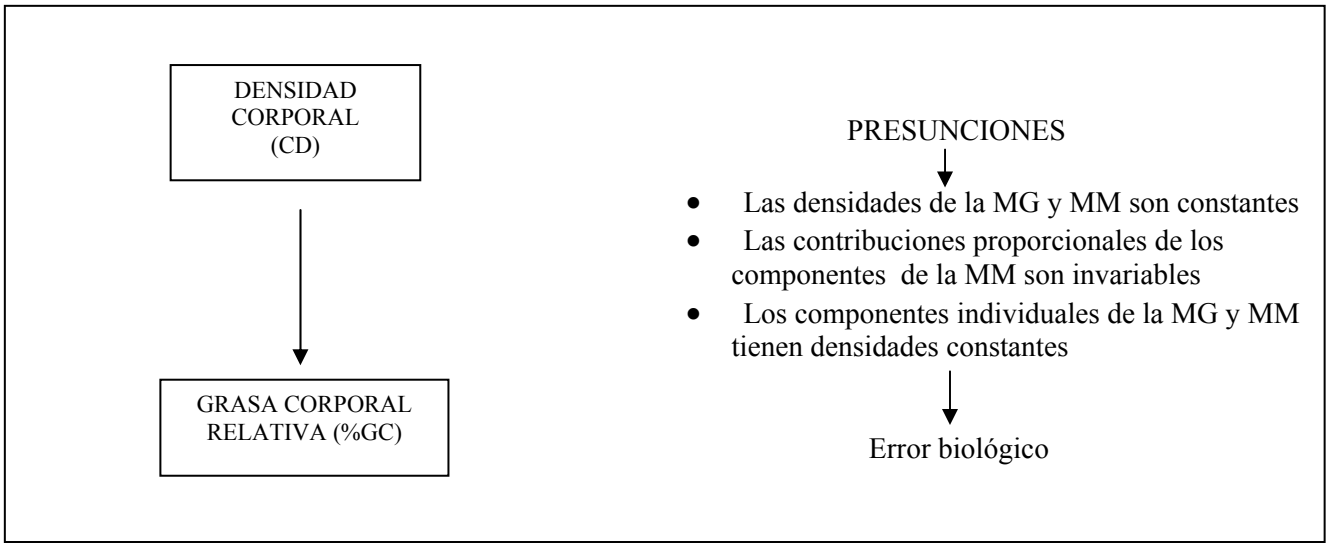


FIGURA 5. *Presunciones asociadas con la estimación del ^{0}/o CC a partir de la DC, resultante en error biológico*

Las presunciones subyacentes a la derivación de las ecuaciones utilizadas para predecir el % GC a partir de la DC (Sin, 1956) son aplicables para cualquier población, independientemente de la edad, el sexo, el nivel de entrenamiento, y el origen étnico. La investigación original utilizada en la elaboración de la ecuación para permitir la transformación de la DC a % GC se basó en la disección de tres cadáveres solamente (Brozek y cols., 1963), con una edad promedio de 65 años.

La densidad de la MG varía poco en las distintas poblaciones de seres humanos y otros mamíferos (Allen, Krzywicki, & Roberts, 1959; Fidanza, Keys, & Anderson, 1953). El tejido adiposo en los seres humanos tiene una densidad media de 0.900 gr.crrí^{3} y un desvío standard de 0.00103 gr.cní^{3}, a 37 grados C.

Sin embargo, existe una considerable variabilidad interindividual en la densidad de la MM. Análisis cadavéricos más recientes han subrayado el grado de variación dentro de una población con respecto a las proporciones de masas ósea, muscular, y residual que componen la MM (Clarys, Martin, & Dninkwater, 1984; Martin y cols., 1985). Basados en la disección de 25 cadáveres, Clarys y cols. (1984) reportaron que la proporción del peso magro, compuesto por músculos, estaba entre el 41.9 y 59.4 %, mientras que para los huesos estaba entre el 16.3 y 25.7 **%.** El coeficiente de variación de la densidad muscular fue sólo del 1 % aproximadamente, pero la densidad de la masa ósea varió considerablemente dentro y entre individuos (Ross y cols., 1984). Esto llevó a la conclusión que la densidad de fa MM, probablemente, varía con un desvío standard *de 0.02 gr.crn^3 (Martin,* Dninkwater, Clarys, & Ross, 1986). Clarys y cols. (1984) utilizaron cadáveres de edad similar (media +/- DS = 76 +/- 9 años, rango 55-94 años) a los analizados por Brozek y cols. (1963), lo cual podría hacer que las generalizaciones para poblaciones más jóvenes sean inapropiadas. Es probable que las poblaciones más jóvenes y sanas sean mucho más homogéneas con respecto a las densidades y proporciones relativas de los tejidos que componen la MM, en comparación con las de poblaciones más añosas y enfermas.

La transformación de la DC a % GC involucra, por lo tanto, algunos problemas potencialmente serios. Por ejemplo, en promedio, los deportistas tienen huesos y músculos más densos

(Adams, Mottola, Bagnall, & McFadden, 1982; Chuliheck, Sale, & Webher, 1995; Martin & klcColloch, 1987) lo cual lleva a una subestimación del % GC (Wilmore, 1983). Este error también ocurrirá si la proporción de hueso en el cuerpo se incrementa. Estos factores podrían ayudar a explicar los valores extremadamente bajos que se han reportado, incluyendo valores negativos para el % GC, en jugadores profesionales de fútbol americano (Adams y (mIs., 1982) y en corredores de fondo (Behnke & Wilmore, 1974). Por el contrario, los individuos mayores que han disminuido la densidad ósea a causa de la desmineralización ósea o pérdida de hueso (como en el caso de la osteoporosis), tendrán una sobreestimación de su 1 nivel de grasa corporal. Estos errores se remarcan en la Figura 6, mostrando el rango de densidades de MM normalmente encontrado en poblaciones generales y específicas, y su efecto sobre los niveles predictivos de grasa corporal. Esta figura sigue la lógica que, más que una sola y simple línea que describe la relación entre DC y % GC (tal como la descripta por la ecuación de Siri), hay muy probablemente una «familia» de curvas como se muestra en la figura (basadas en las presentadas por Martin y cols., 1986). Por lo tanto, de acuerdo a factores tales como el estado de entrenamiento, y la presencia o ausencia de enfermedad, una persona podría ser ubicada en cualquiera de un número de curvas. Si, por ejemplo, la 1 elación real colocara a una persona en la curva de densidad de MM de 1.07, mientras que la ecuación de Sin presume 1.10 gr.cnV, entonces una DC medida de, digamos 1.06 gr.cm^{-3}, resultaría en un porcentaje real de GC del 5 %, en comparación con el 17 % estimado por Siri. Observar que una diferencia determinada entre las densidades real y supuesta de MM produce un mayor error absoluto para las personas con una alta DC (o bajo % GC como los deportistas o adultos jóvenes magros), en comparación con individuos obesos con baja DC.

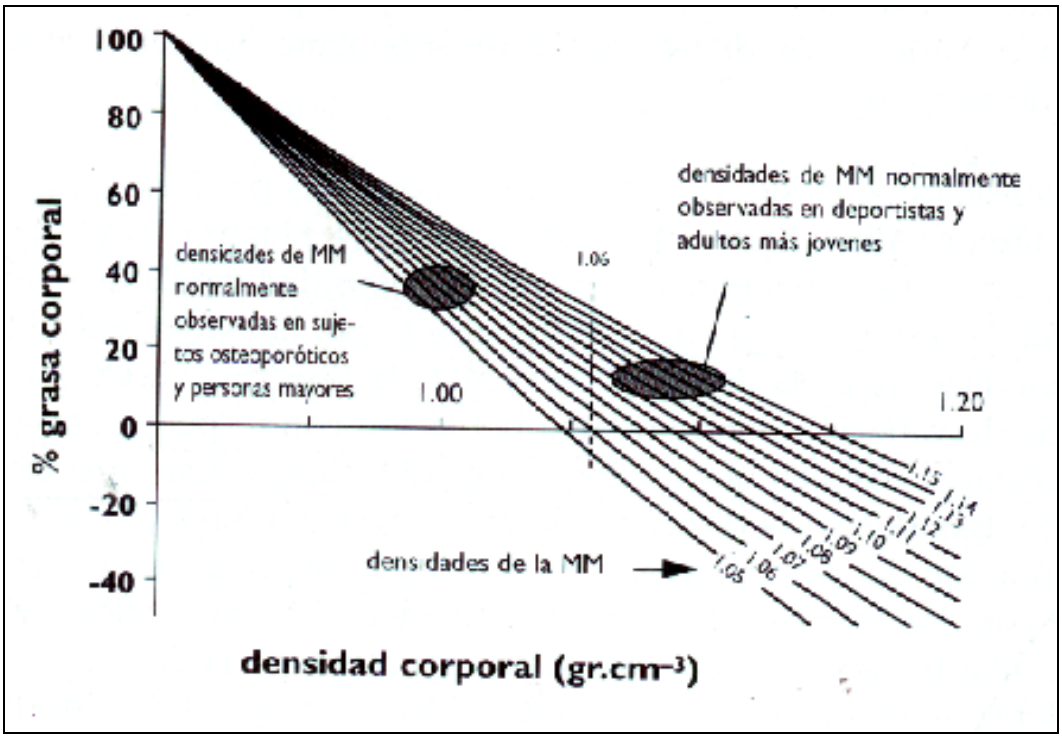


FIGURA 6. *Efecto de las alteraciones en la densidad de la masa magra (MM) sobre las estimaciones subsiguientes del* ***CC,*** *utilizando la ecuación de Siri (1961), en un rango de densidades corporales. La línea vertical a una DC 1.06 cm se refiere al ejemplo discutido en el texto.*

No es sorprendente que se haya desafiado la precisión de las transformaciones de la DC a % CG (Womersley y cols., 1976; Martin y cols., 1986). Siri (1961), por ejemplo, estimó que el error en la transformación de DC a % GC involucraba un desvío standard de 0.0084 $gr.cm^3$ (~ 3.7 % GC) en la población total. Lohman (1981) formuló la hipótesis de que este desvío podría ser algo menor, cerca de 0.006 $gr.cm^{-3}$ (~ 2.6 % GC) en muestras relativamente homogéneas, tales como atletas altamente entrenados, donde la variación interindividual en la densidad de la MM es menor que entre la población en general. Por lo tanto, la utilidad de predecir el % GC ha aumentado por el desarrollo de ecuaciones para deportes y para poblaciones específicas. Se han desarrollado ecuaciones para distintos grupos específicos, incluyendo corredores de fondo (Pollock y cols., 1977), gimnastas (Sinning, 1978), deportistas varones (Withers, Graing, y cols., 1987), deportistas mujeres (Withers, Whittingham, y cols., 1987), y una variedad de otros subgrupos (ver Brodie, 1988a, 1988b, para una revisión).

3.4 Error de medición en la densitometría hidrostática

Cuando se utiliza el peso hidrostático para medir la DC, el error de medición o técnico por lo general es pequeño. Durnin y Taylor (1960) han estimado que el error de medición de esta técnica es aproximadamente de 0.0020 $gr.cm^{-3}$ (~ 0.9 % GC), y depende de distintas características del sistema utilizado para obtener la DC. Los dos más importantes son la medición (o estimación) de gases en el sistema respiratorio cuando se toma el peso, y el peso del deportista cuando se sumerge (Withers, 1983). Una medición directa del volumen pulmonar del deportista durante la inmersión, utilizando técnicas como la dilución de helio o el lavado de nitrógeno, producirá menores errores en la medición de la DC que cuando el volumen pulmonar es estimado a partir de mediciones antropométricas, o cuando se presume un volumen constante para todos los sujetos (Withers, Borkent, & Ball, 1990). Sin embargo, las mediciones del volumen pulmonar requieren de equipamiento especializado y de considerable experiencia técnica y, por lo tanto, normalmente es predicho a partir del tamaño corporal. Otros posibles factores contribuyentes al error de medición incluyen la precisión para obtener la temperatura del agua y el peso del deportista en el aire (Withers, 1983).

3.5 Error total

Si se presume que las variancias de error discutidas anteriormente son independientes y aditivas, entonces se puede calcular es SEE para la estimación del % GC, tanto a partir de ecuaciones de predicción como de la DC medida. Dado que Siri (1961) estimó que el

desvío standard del error biológico podría llegar hasta 0.0084 gr.cm^{-3} (~ 3.6 % GC) en la población en general, lo cual más tarde fue ajustado a 0.006 gr. Cm^{3} (~2.6 % GC) para muestras homogéneas (Lohaman, 1981), entonces el error total (ecuación de regresión y error biológico) utilizando la mejor ecuación de predicción de Withers, Craig, y cols., (1987) para varones, podría ser

$$\text{Error total} = \sqrt{0.00508^2 + 0.006^2\, gr.cm^{-3}}$$

o igual a aproximadamente 3.4 % GC en la media. De forma similar, si se mide la DC, entonces el error total (error técnico y biológico), podría ser

$$\text{Error total} = \sqrt{0.002^2 + 0.006^2\, gr.cm^{-3}}$$

o aproximadamente 2.7 % en la media (Lohman, 1981). Por lo tanto, la DC medida, lleva a una estimación más precisa de la MG, en comparación con el uso de aún la mejor ecuación de regresión basada en la antropometría, actualmente disponible. Este error se puede reducir aún más, hasta casi 2.6 %, a través de cuidadosos procedimientos técnicos (Norton, Craig, Withers, & Whittingham, 1994; Withers, Cnaig, y cols., 1987). Sin embargo, éste es probablemente el límite de precisión utilizando estas técnicas. El análisis del error está resumido en la Figura 7.

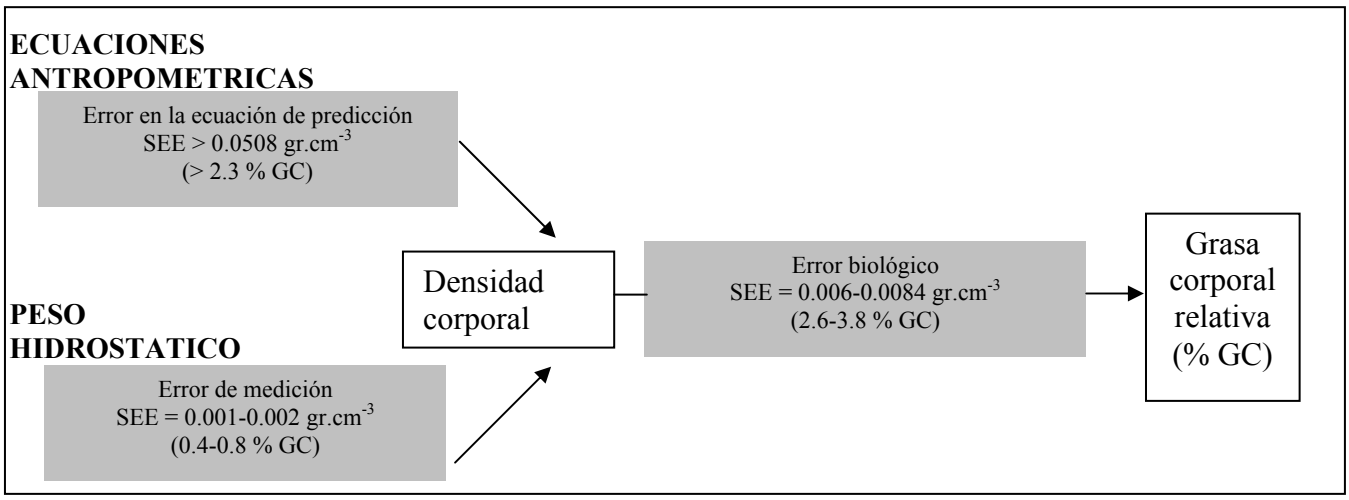


Figura 7. *Errores asociados con la estimación del % GC, a partir de mediciones antropométricas y a partir del peso hidrostático*

Nro. Test

Nombre: BROWN, LISA

Fecha de nacim.: 2/7/72

Fecha evaluación: 5/6/94

Código posterior del sujeto: 2223

Sexo: M ☐ F ☒

País de nacimiento: AUSTRALIA

Altura de la caja: —

Peso (kg): 58.3 Talla (cm): 167.3

Lab: ID del evaluador ☐☐☐: ☐

Deporte: CORREDORA RECREACIONAL

Intensidad	Frecuencia	Duración
Muy baja	≤ 2	< 3
Caminata	≥ 3	3-12
Intensa		> 12

	Nro.	Sitio	Medic. 1	Medic. 2	Medic. 3	Mediana
PLIEGUES CUTANEOS (mm)	1	Tríceps				13.5
	2	Subescapular				10
	3	Bíceps				5.4
	4	Cresta ilíaca				9.8
	5	Supraespinal				6.1
	6	Abdominal				8.9
	7	Muslo (frontal)				34.4
	8	Pantorrilla medial				12.4
	9	Axila medial				6.7
PERIMETROS (cm)	10	Cabeza				55.3
	11	Cuello				32.7
	12	Brazo (relajado)				25.8
	13	Brazo (flexionado en tensión)				26.9
	14	Antebrazo (máximo)				24.9
	15	Muñeca (estiloides distal)				15.3
	16	Tórax (mesoesternal)				97.8
	17	Cintura (mínima)				73.3
	18	Glúteos (cadera, max)				99.4
	19	Muslo (1 cm del glúteo)				54.1
	20	Muslo (medial tro-tib-lat)				49.4
	21	Pantorrilla (máximo)				36.2
	22	Tobillo (mínimo)				23.3
LONGITUDES (cm)	23	Acromial-radial				30.8
	24	Radial-estiloidea				24.5
	25	Medioestiloidea-datiloidea				18.4
	26	Altura illoespinal				91.8
	27	Altura trocantérea				83.7
	28	Trocantérea-tibia lateral				39.8
	29	Tibia lateral hasta el piso				45
	30	Tibia medial-maleolar medial				36.1
	31	Biacromial				37.7
DIAMETROS LONGITUDES (cm)	32	Biillocrestídeo				29.2
	33	Longitud del pie				23.8
	34	Talla sentado				90.7
	35	Tórax transverso				27.6
	36	Tórax antero-post.				18.5
	37	Húmero				6.59
	38	fémur				9.53
SITIOS DEPORTIVOS ESPECIFICOS	39					
	40					
	41					
	42					

***FIGURA 8**. Detalles del sujeto para un perfil antropométrico completo.*

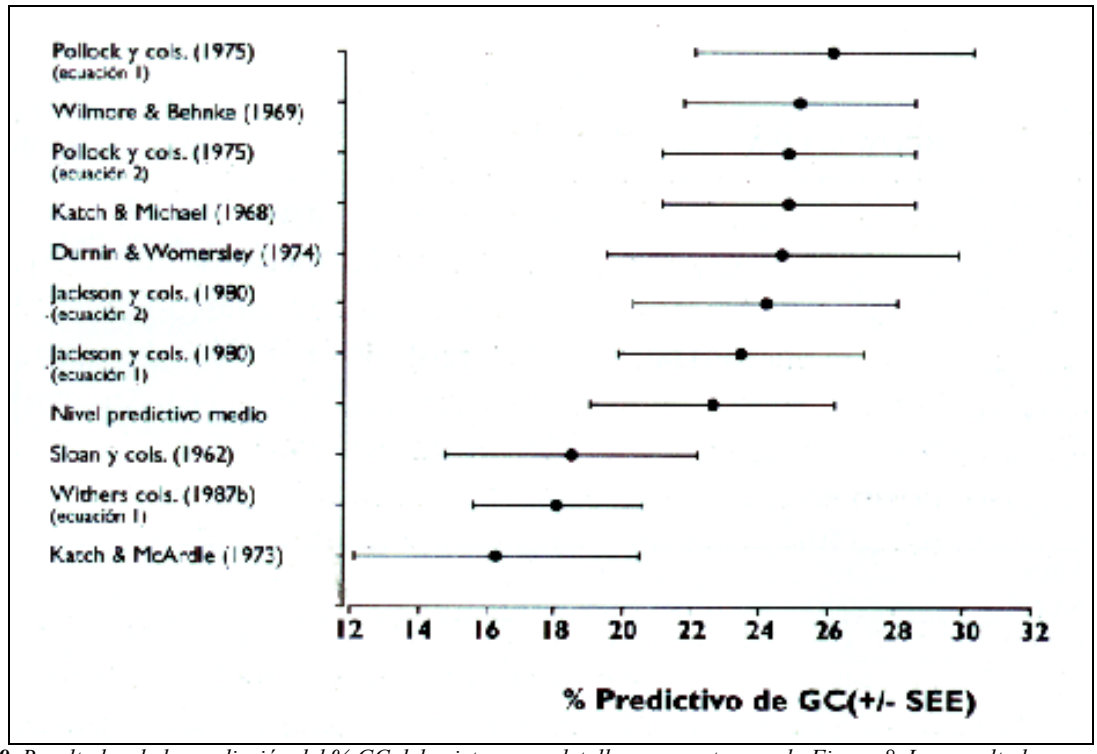


FIGURA 9. *Resultados de la predicción del % GC del sujeto cuyos detalles se muestran en la Figura 8. Los resultados representan los valores medios +/- 1 error standard de la estimación (SEE), tal como fue reportado por los autores originales (ver Apéndice). También, como referencia, se muestra la media general (+/- DS) del % GC estimado.*

4. APLICACION DE LAS ECUACIONES DE PREDICCION

Para mostrar el posible rango de valores estimados de DC y % GC se presenta el siguiente ejemplo. Consideremos la persona cuyos detalles antropométricos se muestran en la proforma antropométrica (Figura 8).

Basados en los en los sitios de medición evaluados, y en el sexo del sujeto y en otras informaciones demográficas tales como su edad y nivel de actividad física, se puede llevan a cabo un análisis para predecir la DC y el % GC utilizando un número de ecuaciones compatibles, seleccionado de la literatura. Los resultados de este análisis se muestran en la Figura 9. Las ecuaciones específicas utilizadas, junto con otras que tienen descripciones de los puntos anatómicos esencialmente equivalentes a las señaladas en este libro, se presentan en detalle, al final de este capítulo.

Esta figura muestra el rango de «scores» o valores del % GC calculado predictivamente para un mismo sujeto. Se estimó que esta joven tenía, en promedio, 22.7 +/- 3.7 % GC. Sin embargo, los niveles estimados variaron, según las distintas ecuaciones, desde un porcentaje bajo del 16.3 % hasta uno elevado del 26.2 % GC. Cuando es expresado en términos relativos, esto representa un rango de 44 % del valor medio estimado de todas las ecuaciones. Observar que esto no tiene en cuenta el SEE alrededor de los niveles individuales del % estimado de GC. Por ejemplo, supongamos que hay distintas ecuaciones posibles para elegir (como se muestra en la Figura 9), y que cualquiera de estas ecuaciones se elige al azar. En el peor de los casos (+/- 2 x SEE) podría resultar en un posible rango de valores «reales» de % GC entre 7.9 y 34.4 % GC [es decir, desde el valor medio predictivo más bajo (menos 2 x SEE) hasta el valor medio predictivo más alto (más 2 x SEE)]. Pon lo tanto, si se utiliza una ecuación de predicción, es aconsejable reportar el nivel estimado de % GC +/- un rango de error, quizás usando 1 x SEE para la ecuación que se ha elegido.

5. EL CONTROL O MONITOREO DE LOS PLIEGUES CUTANEOS Y OTROS INDICES DE COMPOSICION CORPORAL

Un procedimiento confiable y relativamente simple para monitorear los niveles intraindividuales de GC se logra midiendo, en forma rutinaria, el grosor de los

pliegues cutáneos sin una posterior transformación a % GC.

La evaluación del peso corporal y del grosor de los pliegues, a menudo, es adecuada para el control del nivel de GC de un individuo. Esta metodología ha sido utilizada durante varios años en deportistas de alto rendimiento en institutos deportivos en toda Australia (Craig y cols., 1993; Telford, Tumilty & Damm, 1984). El procedimiento elimina el error en la transformación del grosor de los pliegues (mm) a una estimación de la DC (gr.cm^3), y finalmente a la predicción del % GC.
Recientemente, se han preparado tablas normativas para la sumatoria de pliegues cutáneos en deportistas australianos (Norton y cols., 1994). Sin embargo, debido a que utilizando este método no se puede hacer una estimación de la masa grasa a perder, no ha resultado la elección más deseable para los profesionales en el área de la salud y el «fitness». Para aquellos que adoptan esta técnica se recomienda una serie de sitios de pliegues, de modo de reducir los posibles problemas debidos a los patrones individuales de adiposidad (reducción desigual de grasa/aumento en sitios específicos) durante los cambios de peso. Se cree que estos patrones individuales de reducción y aumento están relacionados con diferencias regionales en la sensibilidad de los adipocitos a las hormonas lipolíticas (Smith, Hammersten, Bjorntonp, & Kral, 1979). Posiblemente, ésta sea la razón por la cual muchos individuos tienen dificultad en reducir los depósitos de grasa en sitios específicos.

Es recomendable que los profesionales de la salud y del «fitness» desarrollen su propia base normativa de datos para pliegues cutáneos (y otras variables antropométricas). Esta información puede utilizarse luego como guía cuando se asesora a los individuos interesados en su nivel de adiposidad corporal.

6. RESUMEN

El antropometnista dispone de distintas opciones para cuantificar el nivel de grasa corporal que tiene un individuo. Para la mayoría de las personas, es suficiente reportar simples sumatorias de los pliegues cutáneos. Sin embargo, todavía se lleva a cabo, con frecuencia, la transformación de los pliegues a DC y luego a % GC. Esto se debe a que:

- No hay pérdida de información cuando se convierten los pliegues a DC y % GC.
- Las estimaciones de la masa grasa sólo se pueden realizar utilizando este procedimiento.
- A menudo, es una importante herramienta pedagógica para mostrar la relación entre las mediciones antropométricas superficiales y las reservas totales de grasa corporal.
- En la medida que se utilizan procedimientos antropométricos consistentes, es sensible a cambios como resultado de intervenciones alimentarias y/o de entrenamiento.

El error señalado en este capítulo, durante la transformación de las mediciones antropométricas a % GC debe ser considerado y retransmitido al sujeto a través de un rango de porcentaje estimado de GC. Es recomendable que las personas que utilicen estos procedimientos reporten un rango de % GC estimado igual a la media predictíva +/- 1 DS, para la DC y % GC, en la misma forma que se sugiere para la precisión de mediciones repetidas de los pliegues cutáneos.

7. APENDICE - ECUACIONES DE PREDICCION

A continuación se presenta un resumen de las ecuaciones de predicción de la DC, encontradas en la literatura científica. No es una lista completa, pero identifica algunas de las ecuaciones de predicción más comúnmente utilizadas. Todas las ecuaciones presentadas utilizan variables antropométricas independientes cuyos sitios son esencialmente equivalentes a los presentados en el Capítulo 2. En algunos casos, las descripciones originales utilizan una terminología levemente diferente, si bien los puntos anatómicos son los mismos. Para estas ecuaciones se ha sustituido la terminología utilizada a lo largo de este libro. El lector debería conocer que los detalles que se desarrollan a continuación podrían determinan lo apropiado de utilizar cualquiera o cualquier grupo de ecuaciones de predicción para un individuo.

Referencias		
Durnin & Womersley (1974), n = 209 **varones**:		
variable	**Media+/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC ($gr.cm^{-3}$) % GC (Siri, 1961) Grupo étnico: País: Características de la muestra Calibre utilizado para PC:	- - - - -	17.0-72.0 150.0-193.0 49.8-121.4 0.990-1.087 5.0-50.0 no especificado Escocia Los sujetos fueron deliberadamente seleccionados para representar una variedad de tipos corporales (voluntarios de una clínica de obesidad, clubes locales de salud, organizaciones deportivas, compañías de ballet, y otras fuentes). Harpenden
Ecuacion de regresion multiple	**R**	**SEE**
DC =1.1765 –0.0744 ($\log_{10} X_1$) Donde, X1 (mm): Σ4 pliegue cutáneos (triceps, biceps, subescapular, cresta aliaca, en mm)	0.7-0.9	0.0103

Durnin & Womersley (1974), n = 227 **mujeres:**		
variable	**Media =/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC ($gr.cm^{-3}$) % GC (Siri, 1961) Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	- - - - -	16.0-68.0 146.0-178.0 42.3-121.5 0.968-1.078 10.0-61.0 no especificado. Escocia. Igual que la de los varones. Harpenden
Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
DC = 1.1567 –0.717 ($\log_{10} X_1$) Donde , X1 (mm): Σ4 pliegues cutáneos (tríceps, bíceps, subescapular, suprailiaco, en mm)	0.7-0.9	0.0116

Forsyth & Sinning (1973), n = 50 **varones:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC ($gr.cm^{-3}$) **%** GC (Brozek y cols. 1963)	- 179.0 +/- 0.56 77.20 +/- 8.71 1.072 +/- 0.0102 12.2 +/- 4.1	19.0-22.0 - - - -
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	No especificado. EEUU. Participantes de equipos universitarios. Lange	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
DC = 1.10647 – 0.00162(X_1) – 0.00144(X_2) – 0.00077(X_3) + (0..00071(X_4)	0.84	0.006
Donde , X_1 = pliegue subescapular (mm), X_2 = pliegue abdominal (mm), X_3 = pliegue triccipital (mm), X_4 = pliegue de la axila medial (mm)		

Referencia		
Jackson, Pollock, & Ward (1980), n = 249 **mujeres:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC (gr.cm^{-3}) **%** GC (Siri, 1961)	31.44 +/- 10.8 165.02 +/- 6.00 57.15 +/- 7.59 1.044 +/- 0.016 24.1 +/- 7.2	18.2-55.0 146.0-181.0 36.0-87.0 1.002-1.091 4.0-44.0
Grupo étnico: No especificado. País: EEUU Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	Amplio rango de mujeres quienes tenían estructura corporal considerablemente variable Lange	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
(1) DC = 1.24374 – 0.03162 ($\log_{10} X_1$) – 0.00066(X_4)	0.859	0.0081
(2) DC = 1.221389 – 0.04057 ($\log_{10} X_2$) – 0.00016(X_3) Donde , X_1 = Σ4 pliegues cutáneos (tríceps, abdominal, muslo frontal, cresta iliaca, en mm), X2 = pliegue subescapular (mm), X_2 = Σ_3 pliegues cutáneos (tríceps, muslo frontal, cresta iliaca, en mm), X_3 = edad (años), X_4 = perímetro de glúteos (cm).	0.838	0.0087

Katch & McArdle (1973), n = 53 **varones:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC (gr.cm^{-3}) **%** GC (Siri, 1961)	19.3 +/- 1.5 176.4 +/- 7.0 71.4 +/- 8.6 1.0646 +/- 0.0138 15.3 +/- 5.7	- - - - -
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	Caucásico. EEUU Estudiantes universitarios de educación física Lange	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
DC = 1.09655 – 0.00049 – 0.00103(X_1) – 0.00056(X_2) + (0..00054(X_3)	0.86	0.0072
Donde, X_1 = pliegue triccipital (mm), X_2 = pliegue subescapular (mm), X_3 = pliegue abdominal (mm)		

Katch & McAaardle (1973), n = 69 **mujeres:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC (gr.cm^{-3}) **%** GC (Brozek y cols., 1963)	20.3 +/- 1.8 160.4 +/- 11.3 59.0 +/- 7.8 1.0394 +/- 0.0152 25.6 +/- 6.4	- - - - -
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	No especificado. EEUU Estudiantes universitarias de Educación Física. Largue	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
DC = 1.09246 – 0.00049(X_1) – 0.00075(X_2) – 0.00710(X_3) + 0..00121(X_4)	0.84	0.0086
Donde, X_1 = pliegue subescapular (mm), X_2 = pliegue de la cresta iliaca (mm), X_3 = diámetro biepicondilar del humero (cm), X_4 = perímetro del muslo (cm).		

Katch & Michael (1968), n =64 **mujeres**		
Variable	**Media + /-DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC ($gr.cm^{-3}$) % GC (Brozek y cols.,1961)	 165.9 +/- 4.27 58.38 +/- 6.70 1.049 +/- 0.011 21.5 +/- 5.7	19.0-23.0 152.4-179.3 44.65-72.16 1.011-1.067 3.8-37.7
Grupo étnico País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	no especificado EEUU. voluntarias universitarias no especificado	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
DC = 1.12569 – 0.001835(X_1) – 0.002779(X_2)+ 0.005419(X_3) – 0.0007167(X_4)	0.70	0.008183
Donde, X_1 = pliegue triccipital (mm), X_2 = perímetro de glúteo (pulgadas), X_3 = perímetro de brazo flexionado (pulgadas), X_4 = pliegue subescapular (mm):		

Lewis, Haskell, Perry, Kovacevic, & Wood, (1978), n = 42 **mujeres:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC ($gr.cm^{-3}$) **%** GC (Brozek y cols., 1961)	42.3 +/- 8.4 166.1 +/- 5.6 57.6 +/- 6.6 1.052 +/- 0.012 20.5 +/- 5.4	30.0-59.0 155.0-180.0 46.3-77.0 1.030-1.078 9.1-30.5
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	Caucásico. EEUU 38 corredoras de media y larga distancia, algunas de ellas de nivel nacional e internacional. Cuatro sujetos nadaron en eventos de "endurance", a nivel nacional. Lange.	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
DC = 0.97845 – 0.0002(X_1) – 0.00088(X_2) – 0.00122(X_3) + 0..00234(X_4)	0.78	0.00795
Donde, X_1 = pliegue triccipital (mm), X_2 = estatura (cm), X_3 = pliegue subescapular (mm), X_4 = perimetro de brazo relajado (cm).		

Pollock, Laughridge, Coleman, Linneurd, & Jackson, (1975), n = 83 **mujeres:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC ($gr.cm^{-3}$) **%** GC (Brozek y cols., 1961)	20.2 +/- 1.2 166.1 +/- 5.9 57.53 +/- 7.44 1.0427 +/- 0.0141 24.8 +/- 6.4	18.0-22.0 - - - -
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	No especificado EEUU Estudiantes universitarios Lange.	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
(1) DC = 1.0852 – 0.0008 (X_1) – 0.0011(X_2) (2) DC = 1.0836 – 0.0007 (X_1) – 0.0007(X_2) + 0.0048(X_3) – 0.0088(X_4)	0.775 0.826	0.0091 0.0082
Donde, X_1 = pliegue cresta iliaca (mm), X_2 = pliegue del muslo frontal (mm), X_3 = perímetro de muñeca (cm), X_4 = diámetro biepicondilar del fémur (cm).		

Sloan, Burt, & Blyth (1962), n = 50 **mujeres:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC (gr.cm^{-3}) **%** GC (Brozek y cols., 1961)	20.2 +/- 1.7 165.0 +/- 0.69 55.5 +/- 5.9 1.0467 +/- 0.0122 22.9 +/- 5.6	17.0-25.0 153.0-177.0 39.0-76.7 1.0172-1.0687 13.2-36.6
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	No especificado EEUU Estudiantes universitarios Calibre del Laboratorio Medico de Nutrición.	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
DC = 1.0764 – 0.00081(X_1) – 0.00088(X_2)	0.74	0.0082
Donde, X_1 = pliegue de las cresta iliaca (mm), X_2 = pliegue triccipital(mm)		

Sloan, (1967), n = 50 **varones:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC (gr.cm^{-3}) **%** GC (Brozek y cols., 1961)	- 177.26 70.57 1.0754 +/- 0.0200 10.8 +/- 5.14	18.0-26.0 163.0-191.0 57.80-85.70 - -
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	No especificado Sudáfrica Estudiantes universitarios Calibre del Laboratorio Medico de Nutrición.	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
DC = 1.1043 – 0.001327(X_1) – 0.001310(X_2)	0.861	-
Donde, X_1 = pliegue del muslo frontal (mm), X_2 = pliegue subescapular (mm).		

Thorland, Johnson, Tharp, Housh, & Cisar (1984), n = 141 **varones:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC (gr.cm^{-3}) **%** GC (Brozek y cols., 1961)	17.43 +/- 0.96 176.52 +/- 8.60 67.45 +/- 11.30 1.0798 +/- 0.0096 9.0 +/- 3.8	- - - - -
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	No especificado EEUU Deportistas de nivel nacional en eventos de atletismo, gimnasia, saltos ornamentales, y lucha libre. Lange	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
DC = 1.1091 – 0.00052(X_1) – 0.00000032(X_2)	0.82	0.0055
Donde, X_1 = Σ7 pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, axila medial, cresta iliaca, abdominal, muslo frontal, pantorrilla medial, en mm).		

Thorland, Johnson, Tharp, Housh, & Cisar (1984), n = 133 **mujeres:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC (gr.cm^{-3}) **%** GC (Brozek y cols., 1961)	16.51 +/- 1.39 166.02 +/- 7.26 54.51 +/- 7.93 1.0661 +/- 0.0105 14.5 +/- 4.3	- - - - -
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	No especificado EEUU Deportistas de nivel nacional en eventos de atletismo, gimnasia, saltos ornamentales, y lucha libre. Lange	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
DC = 1.0987 – 0.00122(X_2) – 0.00000263(X_2)^2	0.82	0.0060
Donde, X_1 = Σ3 pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, axila medial, cresta iliaca, en mm).		

Wilmore & Behnke (1969), n = 133 **varones:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC (gr.cm^{-3}) **%** GC (Siri., 1961)	22.04 +/- 3.10 177.32 +/- 7.17 75.60 +/- 11.04 1.0657 +/- 0.0125 14.6 +/- 5.5	16.80-36.80 159.00-193.40 53.20-121.20 1.0310-1.0902 4.0-30.1
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	No especificado EEUU Estudiantes universitarios. Lange	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
DC = 1.08543 – 0.000886(X_1) – 0.00040(X_2)	0.800	0.0076
Donde, X_1 = pliegue abdominal (mm), X_2 = pliegue del muslo frontal (mm).		

Wilmore & Behnke (1970), n = 128 **mujeres:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC (gr.cm^{-3}) **%** GC (Siri., 1961)	21.41 +/- 3.76 164 +/- 6.61 8.58 +/- 7.14 1.0406 +/- 0.0099 25.7 +/- 4.5	17.80 +/- 47.80 146.10-180.40 41.31-81.600 1.0168-1.0678 13.6-36.8
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	No especificado EEUU Estudiantes universitarios. Lange	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
DC = 1.06234 – 0.00068(X_1) – 0.00039(X_2) - 0.00025(X_3)	0.676	0.0074
Donde, X_1 = pliegue subescapular (mm), X_2 = pliegue triccipital, X_3 = pliegue del muslo frontal (mm).		

Wilmore, Craig, Bourdon, & Norton (1987a), n = 207 **varones:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC (gr.cm^{-3}) **%** GC (Siri., 1961)	24.2 +/- 4.7 180.0 +/- 8.3 74.68 +/- 10.54 1.0761 +/- 0.0085 10.0 +/- 3.7	25.4-39.1 154.1-215.1 53.30-117.34 1.0465-1.0968 1.3-23.0
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	No especificado Australia Representantes provinciales de badmington, básquetbol, ciclismo, hockey sobre césped, lacrosse, fútbol, gimnasia, levantamiento de potencia, patín carrera, fútbol americano, squach, natación, atletismo, voleibol: el 36% de nivel internacional. Harpenden.	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
(1) DC = 1.0988 – 0.0004(X_1)	0.749	0.0058

Donde, X_1 = Σ7 pliegues cutáneos (tríceps, subescapular , bíceps, supraespinal, abdominal, muslo frontal, pantorrilla medial, en mm).
(1) Esta ecuación de regresión no fue incluida en la publicación de Withers y cols. (1987ª)

Withers, Norton, Craig, Hartland & Venables (1987b), n = 135 **mujeres:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC (gr.cm^{-3}) **%** GC (Siri., 1961)	22.3 +/- 3.7 165.6 +/- 5.3 58.15 +/- 7.44 1.0456 +/- 0.0123 23.4 +/- 5.6	17.4-35.2 152.9-178.6 43.63-93.57 0.9916-1.0743 10.8-49.2
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	No especificado Australia Muestra representativa de distintos tipos corporales y niveles de actividad fisica habitual. Harpenden.	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
(1) DC = 1.20953 – 0.08294($\log_{10} X_1$)	0.863	0.00625
(2) DC = 1.16957 – 0.066447 ($\log_{10} X_1$) – 0.000506(X_2) + 0.00170(X_3) + (0.00606(X_4)	0.893	0.00568

Donde, X_1 = Σ6 pliegues cutáneos (tríceps, subescapular , supraespinal, abdominal, muslo frontal, pantorrilla medial, en mm); X_2 = perímetro de glúteos (cm); X_3 = perímetro antebrazo (cm); X_4 = diámetro biepicondial del humero (cm).
(1) Esta ecuación de regresión no fue incluida en la publicación de Withers y cols. (1987ª)

Withers, Whittingham, Norton, Laforgia, Ellis, & Crockett (1987c), n = 182 **mujeres:**		
variable	**Media +/- DS**	**Rango**
Edad (años) Altura (cm) Peso (kg) DC (gr.cm^{-3}) **%** GC (Siri., 1961)	22.5 +/- 5.2 167.1 +/- 8.2 59.23 +/- 8.80 1.05665 +/- 0.01162 18.5 +/- 5.2	11.2-41.4 138.4-183.8 26.95-87.63 1.01895-1.08171 7.6-35.8
Grupo étnico: País: Características de la muestra: Calibre utilizado para PC:	No especificado Australia Representantes provinciales de badmington, básquetbol, hockey, lacrosse, squash, gimnasia, levantamiento de potencia, remo, atletismo, cestobol, fútbol, sofbol, y voleibol; 27% de nivel intenacional. Harpenden.	

Ecuación de regresión múltiple	**R**	**SEE**
DC = 1.20953 – 0.08294($\log_{10} X_1$)	0.834	0.00643
Donde, X1 = Σ4 pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, supraespinal, pantorrilla media, en mm)		

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Adams.j., Mottola, M.. Bagnall. K,N,, & McFadden. K,D. (1982>.
Total body fat content in a group of professional football players.
Canadian journal of Applied Sports Science, 7,36-40.

AIlen,T.H.. Krrywhcki, H.J.. & Roberts.J.E. (1959).
Density, fat, water and solids in freshly isolated t~ssues.
Journal of Applied Physíology, 14, 1005-1008.

Allen.T.H, Peng. MT., Chen. lCR, Huang,T.F.. Chang, C.. & Fang -lS, (1956).
Prediction of total adiposity *from* skinfolds and the curvilinear relationshhp between external and internal adiposhty.
Metabolism, 5, 346-352,

Behnke.A,R,. &Wilmorore.J.H. (1974).
Evaluatlon and regulation of body build •nd composition.
New Jersey: Prentice-Hall.

Brodie, D.A. (1988ª).
Techniques for measuring body composition (Part 1).
Sports Medicine, 5,11-40.

Brodie. DA. (1 988b).
Techniques for measuring body composition (Part II>.
Sports Medicine, 5, 74-98.

Brown,W,J,,&Jones, P.R.M. (1977),
The distribution of fat in relatlon to habitual physical activit»
Annais of Human Biology. 4, 537-550.

Brozek.J.. Grande, F.,Anderson.j,T. & Keys A. (1963).
Densltometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions.
Annais of the NewYoricAcadcmy of Sciences. 110. 113-140.

Chilibtck. RD.. Sale, D.C., &Webber, CE. (1995).
Exercise and bone mineral density.
Sports Medicine, 9, 03-122.

Chien. S. Peng, MT.. Chen. KB, Huang,T.F., Chang. C., & Fang ES. (1975).
Longitudinal studies on adipose tissue and its distributlon in human subiects.
Journal of Applied Physiology.39. 825-830.

Clarys.J.P. Nartin.A,D., & Drinkwater, DI. (1984).
Cross tissue weights ¡n the human body by cadaver dissection.
Human Biology, 56, 459-473.

Clarys.j.P.. Martin.A,D.. Drinkwater, D,T.. & MaI*Il-Jones, Mi. (1987).
The skinfold: myth and reality.
Journal of Sports Sciences, 5, 3-33.

Craig, NR, Norton. Kl.. ~ourdon. RC..Woolford, SM., StanefT., Squires. B., OIds,T.S.. Conyers, RA.]., &Walsh CE).'. (1993).
Aerobic and anaerobic indices contributlng to track endurance cycling performance.
European journal of Applied Physlology,67, 150-158.

Durnin,J. VG.A., &Taylor.A. <1960).
Reproduciblllity of measuremonts of density of the human body as determined by underwater weighing.
Journal of Applltd PhysIoIogy, 15, 42-144,

Durnin,j.V.O.A.. &Womers}eyj. (1974).
Body fat assessed tren tota~ body density and ts estimation from skinfbld thicicness: rneasuremerts on 481 men and women aged ¡6 to 72 years.
British Journal of Nutrltion 32, 77-91,

Eckerson,J.M., Housh,TJ., & Johnson. G.O. (1992).
The validity of visual estimations of percent body fat in lean males.
Medicine and Sdence In Sports and Exercise. 24, 615-618,

Fidanza, F., Keys,A.. & Anderson. J.T (1953).
Density of body fat in man and other mamrnals
Jourrnal of Applied Physiology, 6, 252-256,

Forsyth, HL.. & Sinning,WE. (1973).
The anthropometric estimation of body density and leant body weight of rnale athletes.
Medicine and Science in Sports. 5, 174-180.

JacksonA,S., Pollock ML., & Ward.A, (1980).
Gerleralized equationz for prodicting body derisity of women.
Medicine and Science in Sports and Exercise, 12, 75-182.

Katch, FI. (1 983)
Reliability and individual differences in ultrasound assessment of subcutaneous fat: effects of body position.
Human Biology, 55, 789-797.

Katch. F.I., & McArdle, W.D. (1973)
Predktion of body density frorn simple anthropometric measurements in college-age men and women.
Human Blology, 45, 445-454.

Katch, FI.. & Michael. E.D. (1968).
Prediction of body density from skinfold and girth measurements of college females.
Journal of Applied Physiology, 25, 92-94.

Keys.A., & Brozek, J, (1953).
Body fat in adult man.
Physiological Reviews 33, 245-325.

Lewis. S., Haskell.W.L., Ferry. C., Kovacevic. C,, & Wood, RD. (1978).
Body composition of middle-aged female endurance athletes.
In F. Landry & WA.R. Orban (Eds.) **Biomechanics of Sports and Kinantbropometry. Book 6** (pp. 321-328), Honda: Symposia Specialists Inc.

Lohman,TG. (1981).
Skinfolds and body density and their relationsbip to body fatness: a review.
Human Biology,53, 181-225.

Lohman,T.G, Pollock, ML., Slaughter, M.H.. Brandon. L. J. & Boileau. RA. (1984).
Methodologlcal factors and the prediction of body fat in female athletes.
Medicine and Scienct in Sports and Exercise. 16, 92-96.

Malina. KM. (1987).
Bioelectric methods for estimating body coniposition: an overview and discussion.
Human Biology. 59, 329-335.

Martin.A.D., Drinkwater. Di. Clarys,J.P., & Ross.W.D. (1986).
The inconsistoncy of the fat-free mass: A reapraisal with implications for densiometry.
In T Reilly, J .Watkins, & J. Borms (Eds), **Kinanthropometry III** (pp. 92-97). London: E. & EN, Spon.

Martin.A.D., & Mccolloch. R,C (1987).
Bone dynarnics: stross, strain and fracture.
Journal of Sports Sciences, 5, 155-163.

Martin,A.D., Ross.WD., Drinkwater, D.T.,& Clarys.j.P. (1985).
Prediction of body fat by skinfold callper: assumptions and cadaver evidence.
International Journal of Obesity, 9, 31 -39.

McLean, K.P.. & Skinner. J.S. (1992).
VaIidity of Futrex-5000 for body composition determination.
Medicine and Science in Sports and Exercise, 24, 253-258.

Norton, K.l., Craig, N,P.,Withers, RT., & Whittlngham. N.O. (1994).
Assessing the body fat of athletes.
Australian Journal of Science and Medicinen Sports, 26, 6-13.

Pollock. ML., Gettman, LR,.Jackson, A.,Ayres,J..Ward, A.. & Linnerup,A.C. (1977).
Body cornposltion of elite class dlstance runners.
Annals of the NewYork Academy of Sciences, 301, 361-370.

Pollock, ML., Laughridge, E.E., Coleman. E.. Linnerud. A.C., & Jackson, A. (1975).
Prediction of body density in young and middle-aged women.
JournaI of Applied Physiology, 38, 745-749.

RocheA.F1 (1987).
Sorne aspects of the criterion rnethods for the measurement of body composition.
Human Biology, 59, 209-220.

Sinning,WE. (1978).
Anthroponietrlc estimation of body density, fat and lean body wehght mn women gynl fl asts.
Medicine and Sclence in Sports. lO, 243-249.

Siri ,W.E. (1961).
Body volume measurement by gas dilution.
In J. Brozok,A. Henschel, (Eds.), **Techniques for Measuring Body Coniposition**.
Washington. DC: NationaI Academy of Sciences, National Research Council,
(pp. 108-l1 7).

Sloan.AW, Burt, ji., & Blyth, C.S. (1962).
Estirnation of body fac in young women.
Journal of Applied Physlology, 17, 967-970.

Sloan, A. W (1967).
Estirnation of body fat in young men.
Journal of Applied Physiology, 23, .311-315.

Smith, U., Hamrnersten. J., Bjorntorp. R. & Kral J.G. (1979).
Regional differences and effect of weight reduction on fat ccli rnetabolism.
European Journal of Clinical Investigation, 9, 327-332.

Tanner. J.M. (1978).
Foetus into man (pp. 17-19).
London: Open Books.

Telford, R. . Turnilty. D., & Darnm. G. (1984).
Skinfold rneasurements in well-performed Australian athletes.
Sports Science and Medicine Quarterly, 1, 13-16.

Thonland, WG., Johnson. O.G,. Tharp, G.D.. Housh.T.J., & Cisar, C.J. (1984).
Estimation of body density in adolescent athletes.
Human Biology, 56, 439-448.

Wilmore. J.H. (1983).
Appetite and body composition consequent to physical activity
Research Quarterly for Exercise and Sport, 54, 415-425.

Wilmore,J.H., & Behnke.A.R. (1969).
An anthropometric estirnation of body density and lean body weight irt young men.
Journal of Applied Physioiogy 27, 25-31.

Wilmore, J.H., & Behnke,A.R. (1970)
An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young women.
American Journal of clinical nutrition, 23, 267-74.

Withers. R.T. (1983).
The measurement of relative body fat: assumptions, iirnitations and rneasuroment error
Transactions of the Menzies Foundation, 5, 83-89.

Withers, R.T.. Borkent, M., & Ball C.T. (1990).
A comparison of the effects of measnred. preducted estimated and constant residual volumes on the body density of male athletes.
International Journal of Sports Medicine, 11, 357-361.

Withers. R.T. Craig, N.P., Bourdon, P.C.. & Norton, K.I. (1987).
Relative body fat and anthropometnic prediction of body density of rnale athletes.
European Journal ofApplied Physioiogy, 56, 191-200.

Whiters, R.T., Norton, K.I. Craig, NR, Hartiand, M,C,. &Venabies,W (1987).
The relative body fat and anthropometnic prediction of body density of South Australian females aged 17-35 years.
European Journal of Applied Physioiogy, 56, 181-190.

Withers. R.T. Whjttingham. N.O., Norton. K.I. Laforgia.J.. Eiiis, MW. & Crockett.A, (1987).
Relative body fat and anthropometric prediction of body density of female athletes.
European Journal of Applied Physiology, 56, 169-180.

Womersiey.J., Durnin. J.V.G.A., Boddy, K., & Mahaffy. M. (1976).
Influence of muscular development, obesity and age on the fat-free mass in adults.
Journal of Applied Physiology, 41, 223-229.