

Research

# Una Comparación entre los Métodos de Valoración de la Composición Corporal de Laboratorio y de Campo

Vivian H Heyward<sup>1</sup><sup>1</sup>Regents Professor Emerita, University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, Estados Unidos.**Palabras Clave:** antropometría, pliegues cutáneos, pesaje hidrostático, bioimpedancia eléctrica

## INTRODUCCION

La composición corporal es un componente clave del perfil de salud y aptitud física de un individuo. La obesidad o la grasa corporal excesiva constituyen un serio problema para la salud que reduce la expectativa de vida incrementando el riesgo de desarrollo de enfermedad arterial coronaria, hipertensión, diabetes tipo 2, enfermedad pulmonar obstructiva, osteoartritis, y ciertos tipos de cáncer. Este artículo describe y compara métodos de laboratorio (pesaje hidrostático, pletismografía por desplazamiento de aire, y absorciometría dual de rayos X) y de campo (pliegues cutáneos, bioimpedancia, y antropometría) para determinar la composición corporal. Para cada método, son establecidas las posibles fuentes potenciales de error de medición y medios para minimizar estos errores.

Para clasificar el nivel de grasa corporal es usada la grasa corporal relativa (%BF). La Tabla 1 presenta estándares de %BF para hombres, mujeres, y niños, así como para adultos físicamente activos. Los valores de grasa, mínimos, promedio, y de obesidad varían con la edad, sexo y nivel de actividad. Por ejemplo, los valores promedio o medios para mujeres y hombres adultos (18 a 34 años) son de 13% para los hombres y 28% para las mujeres; los valores de grasa mínimos son 8% y 20%, respectivamente; y el estándar para la obesidad es >22% de BF para los hombres y >35% de BF para las mujeres.

Niveles de % de BF Recomendados para Adultos y Niños					
	NR*	Bajo	Medio	Alto	Obesidad
<b>Hombres</b>					
6 – 17 años	<5	5-10	11-25	26-31	>31
18 – 34 años	<8	8	13	22	>22
35 – 55 años	<10	10	18	25	>25
55+ años	<10	10	16	23	>23
<b>Mujeres</b>					
6 – 17 años	<12	12-15	16-30	31-36	>36
18 – 35 años	<20	20	28	35	>35
34 – 55 años	<25	25	32	38	>38
55+ años	<25	25	30	35	>35

**Tabla 1 A.** Estándares de porcentaje de grasa corporal para adultos, niños y adultos físicamente activos. \* NR: no recomendados. Datos de Lohman, Houtkooper, y Going (1997).

<b>Niveles de % de BF Recomendados para Adultos Físicamente Activos</b>			
	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
<b>Hombres</b>			
18 – 34 años	5	10	15
35 – 55 años	7	11	18
55+ años	9	12	18
<b>Mujeres</b>			
18 – 34 años	16	23	28
35 – 55 años	20	27	33
55+ años	20	27	33

**Tabla 1 B.** Estándares de porcentaje de grasa corporal para adultos, niños y adultos físicamente activos. Datos de Lohman, Houtkooper, y Going (1997).

## MODELOS DE COMPOSICION CORPORAL

Con el objetivo de hacer la determinación de la composición corporal más válida para su cliente, es necesario entender los modelos teóricos subyacentes. Usted debe recordar que el cuerpo está compuesto por agua, proteínas, minerales y grasa. El modelo de composición corporal de dos componentes (Brozek, Grande, Anderson, and Keys; Siri, 1961) divide al cuerpo en un componente de grasa y un componente corporal libre de grasa (FFB). El FFB consiste en todos los componentes químicos y tejidos residuales, incluyendo al agua, músculo (proteínas), y hueso (mineral). El modelo de dos componentes de composición corporal hace las siguientes cinco suposiciones:

1. La densidad de la grasa es  $0.901 \text{ g.cc}^{-1}$ .
2. La densidad del FFB es  $1.100 \text{ g.cc}^{-1}$ .
3. La densidad de los componentes de grasa y FFB (agua, proteína, minerales) es la misma para todos los individuos.
4. La densidad de los diferentes tejidos que componen al FFB es constante dentro de un individuo, y su contribución proporcional a los componentes magros permanece constante.
5. El individuo que es medido difiere del cuerpo de referencia solo en la cantidad de grasa; se asume que el FFB del cuerpo de referencia es 73.8% de agua, 19.4% de proteína, y 6.8% de mineral.

Este modelo de dos componentes ha servido como base para el método de hidrodensitometría (pesaje hidrostático). Con el uso de las proporciones asumidas de agua, mineral, y proteínas y sus respectivas densidades, las ecuaciones fueron derivadas para convertir la densidad corporal total del individuo (Db) desde el pesaje hidrostático a proporciones de grasa corporal relativa (% BF). Dos ecuaciones comúnmente usadas son la ecuación de Siri (1961),  $\%BF = (4.95/Db - 4.50) \times 100$ , y la ecuación de Brozek, Grande, Anderson y Keys (1963),  $\%BF = (4.57/Db - 4.142) \times 100$ . Estas dos ecuaciones producen estimaciones del %BF similares, que varían entre 1.0300 y 1.0900 g/cc. Por ejemplo, si la medición de la Db de un sujeto es 1.0500 g/cc., el %BF estimado, obtenido introduciendo estos valores en las ecuaciones de Siri y Brozek, es 21.4% y 21.0%, respectivamente.

Generalmente, las ecuaciones de modelos de 2 componentes proporcionan estimaciones exactas del %BF mientras se satisfagan las suposiciones básicas del modelo. Sin embargo, no hay garantía de que la composición de la masa magra corporal de un individuo dentro de un cierto subgrupo poblacional va a igualar exactamente los valores asumidos para el cuerpo de referencia. Los investigadores han reportado que la densidad de la FFB varía con la edad, sexo, etnia, nivel de grasa corporal y nivel de actividad física, dependiendo principalmente de la proporción relativa de agua y minerales que componen a la FFB (Baumgartner, Heymsfield, Lichtman, Wang, and Pierson 1991; Williams et al., 1993). Para ejemplo, la densidad promedio de la FFB de mujeres y hombres negros ( $\sim 1.106 \text{ g/cc.}$ ) es mayor a  $1.10 \text{ g/cc.}$ , debido a su mayor contenido de mineral ( $\sim 7.3\%$  FFB) y/o proteína corporal relativa (Cote and Adams 1993; Ortiz et al., 1992; Wagner and

Heyward, 2001). Debido a esta diferencia en la densidad de la FFB, la grasa corporal de las personas negras va a ser sistemáticamente subestimada cuando se usan ecuaciones del modelo de dos componentes para estimar el %BF. De hecho, fueron reportados valores negativos de %BF para jugadores de fútbol americano profesionales, cuyas Db medidas excedieron  $1.10 \text{ g}\cdot\text{cc}^{-1}$  (Adams, Mottola, Bagmall y McFadden, 1982). Asimismo, se estima que la densidad de la FFB de los niños es de solo  $1.086 \text{ g}/\text{cc}$ , debido a su relativamente bajo componente mineral (5.2% de la FFB) y mayores valores de agua corporal (76.6% de la FFB), en comparación con el cuerpo de referencia (Lohman, Boileu, y Slaughter, 1984). También, la densidad promedio de la FFB de los ancianos de ambos sexos es  $1.098 \text{ g}/\text{cc}$ , debido a su relativamente bajo valor de mineral corporal (6.2% de la FFB) en esta población (Heymsfield et al., 1989). Así, la grasa corporal relativa de niños y personas ancianas va a ser sistemáticamente sobreestimada usando ecuaciones del modelo de 2 componentes.

De este modo, para ciertos subgrupos poblacionales, los científicos han aplicado modelos de composición corporal multicomponente basados en la medición del agua corporal total y de los valores de mineral óseo. Con el enfoque multicomponente, se pueden evitar errores sistemáticos en la estimación de la grasa corporal reemplazando el hombre de referencia con cuerpos de referencia específicos de la población, que tienen en cuenta la edad (e.g., para niños, para personas ancianas), sexo, y etnia del individuo. La Tabla 2 proporciona fórmulas específicas para la población para convertir la Db a %BF. Usted notará que las fórmulas de conversión específicas para la población no existen todavía para todos los grupos de edades dentro de un grupo étnico. Usted puede tener que usar la fórmula de conversión específica para la edad desarrollada para hombres y mujeres blancos en estos casos. También, usted puede usar las fórmulas de conversión específicas para la población para mujeres anoréxicas y obesas solo cuando es obvio que su cliente es o anoréxico u obeso.

Población	Edad	Sexo	% BF	FFB <sub>d</sub> (g/cc)*
<b>Etnia</b>				
Afroamericanos	9-17	Mujeres	(5.24 / Db) – 4.82	1.088
	19-45	Hombres	(4.86 / Db) – 4.39	1.106
	24-79	Mujeres	(4.85 / Db) – 4.39	1.106
Indioamericanos	18-62	Hombres	(4.97 / Db) – 4.52	1.099
	18-60	Mujeres	(4.81 / Db) - 4.34	1.108
<b>Asiáticos</b>				
<i>Japonés Nativo</i>	18-48	Hombres	(4.97 / Db) – 4.52	1.099
		Mujeres	(4.76 / Db) – 4.28	1.111
	61-78	Hombres	(4.87 / Db) – 4.41	1.105
		Mujeres	(4.95 / Db) – 4.50	1.100
<i>Chinos, Indios, Malayos</i>		Hombres	(4.94 / Db) – 4.48	1.102
		Mujeres	(4.84 / Db) – 4.37	1.107
Caucásicos	8-12	Hombres	(5.27 / Db) – 4.85	1.086
		Mujeres	(5.27 / Db) – 4.85	1.086
	13-17	Hombres	(5.12 / Db) – 4.69	1.092
		Mujeres	(5.19 / Db) – 4.76	1.090
	18-59	Hombres	(4.95 / Db) – 4.50	1.100
		Mujeres	(4.96 / Db) – 4.51	1.101
	60-90	Hombres	(4.97 / Db) – 4.52	1.099
	Mujeres	(5.02 / Db) – 4.57	1.098	
Hispanos		Hombres	NA	NA
	20-40	Mujeres	(4.87 / Db) – 4.41	1.105
<b>Átletas</b>				
<i>Entrenados en fuerza</i>	24 ± 4	Hombres	(5.21 / Db) – 4.78	1.089
	35 ± 6	Mujeres	(4.97 / Db) – 4.52	1.099
<i>Entrenados en resistencia</i>	21 ± 2	Hombres	(5.03 / Db) – 4.59	1.097
	21 ± 4	Mujeres	(4.95 / Db) – 4.50	1.100
<i>Todos los deportes</i>	18-22	Hombres	(5.12 / Db) – 4.68	1.093
	18-22	Mujeres	(4.97 / Db) – 4.52	1.099
<b>Poblaciones Clínicas</b>				
<i>Anorexia Nerviosa</i>	15-44	Mujeres	(4.96 / Db) – 4.51	1.101
<i>Obesos</i>	17-62	Mujeres	(4.95 / Db) – 4.50	1.100
<i>Lesiones en la Columna Vertebral (paraplégicos/cuadriplégicos)</i>	18-73	Hombres	(4.67 / Db) – 4.18	1.116
		Mujeres	(4.70 / Db) – 4.22	1.114

**Tabla 2.** Fórmulas de conversión específicas de las poblaciones del modelo de 2 componentes. \* FFB<sub>d</sub>=densidad de la masa magra basada en valores promedio reportados en artículos de investigación seleccionados. NA=sin datos disponibles para este subgrupo de población.

## MÉTODOS DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACION DE LA COMPOSICION CORPORAL

En muchos marcos clínicos y de laboratorio, son usadas la densitometría y la absorciometría dual por rayos X para obtener medidas de referencia para la composición corporal. Para los métodos densitométricos, la densidad corporal total (Db) es estimada a partir del índice de la masa corporal/volumen corporal (Db=BM/BV). El volumen corporal puede ser medido usando tanto pesaje hidrostático como pletismografía por desplazamiento de aire.

## PESAJE HIDROSTATICO

El pesaje hidrostático (HW) constituye un método de laboratorio válido, confiable y ampliamente usado para determinar la Db total. El pesaje hidrostático proporciona una estimación del volumen corporal total (BV) a partir del desplazamiento del agua por el volumen corporal. De acuerdo al principio de Arquímedes, el peso perdido debajo del agua es directamente proporcional al volumen de agua desplazado por el volumen corporal. La Db total es una función de la cantidad de músculo, hueso, agua y grasa en el cuerpo.

Por años, la hidrodensitometría o pesaje hidrostático ha sido considerada por algunos expertos como el método gold standard a luz del relativamente pequeño error técnico asociado con la medición exacta de la Db (0.0015 g/cc o aproximadamente 0.7% BF) (Figura 1). Con el objetivo de alcanzar este grado de exactitud, la masa corporal total, el peso hidrostático, la temperatura del agua, y el volumen pulmonar residual (RV \*) deben ser medidos en forma precisa (dentro de 0.20 kg para la masa corporal, y el peso hidrostático,  $5 \cdot 10^{-4}$  °C para la temperatura del agua, y dentro de 100 ml para el RV). El error técnico de estimación asociado con la medición del RV (0.00139 g/cc.) es relativamente grande en comparación con las otras tres fuentes de error combinadas (0.0006 g/cc.) (Going, 1996).

Para propósitos de investigación, el RV debería ser medido y no predicho (Figura 2). Las ecuaciones de predicción del RV tienen errores estándar de estimación mayores a 500 ml (Morrow, Jackson, Bradley, and Hartung, 1986). El RV puede ser medido usando métodos de dilución de oxígeno, nitrógeno o helio de circuito cerrado o un método de washout de nitrógeno de circuito abierto (Going, 1996). Aunque las mediciones del RV en la tierra y en el agua coinciden bien, preferentemente el RV debería ser medido en el tanque simultáneamente con el pesaje hidrostático en vez de afuera del tanque antes de realizar el pesaje hidrostático. Las mediciones simultáneas del RV en el tanque producen estimaciones más válidas de la Db y consume menos tiempo y es más fácil de realizar para el cliente (Going, 1996).



**Figura 1.** Un cliente sumergido en el agua durante el pesaje hidrostático usando un sistema de plataforma con celda de carga.



### **Consideraciones Especiales para el Pesaje Hidrostático**

Algunos clientes pueden tener dificultades para realizar el test de pesaje hidrostático usando procedimientos estandarizados. Los resultados exactos de los resultados de los tests son altamente dependientes de la habilidad, cooperación y motivación del cliente. La siguiente sección establece el uso de procedimientos de pesaje hidrostático (HW\*) modificados, así como otras cuestiones e inquietudes acerca del uso de este método.

\* Nota del traductor: Las siglas RV, y HW, hacen alusión a residual volumen, y a hidrostatic weighing, todas las siglas en el manuscrito se dejan en su idioma original.

#### **¿Qué debería hacer cuando mi cliente no es capaz de expulsar todo el aire de los pulmones o de quedarse quieto mientras está debajo del agua?**

Usted puede encontrarse con clientes que se sienten incómodos expulsando todo el aire de sus pulmones durante el WH. En tales casos, usted puede pesar a estos individuos en su capacidad residual funcional (FRC) o capacidad pulmonar total (TLC) en vez de en RV. Thomas y Etheridge (1980) pesaron bajo el agua a 43 varones, comparando las densidades medidas en FRC (tomadas al final de la espiración normal mientras la persona estaba sumergida) y en RV (al final de una espiración máxima). Los dos métodos produjeron resultados similares. En forma similar, Timson y Coffman (1984) reportaron que la Db medida mediante HW en TLC (capacidad vital + RV) fue similar (diferencia de %BF menos al 0.3%) a la medida en RV, si la TLC era medida en el agua. Sin embargo, cuando la TLC fue medida fuera del agua, el método sobreestimaba a la Db en forma significativa. Cuando se usan estas modificaciones del método de HW, usted todavía debe medir el RV con el objetivo de calcular el FRC o la TLC de su cliente. También, asegúrese de sustituir el volumen pulmonar apropiado (FRC o TLC) para el RV en el cálculo del BV.

Debido a su menor Db, los clientes con mayores cantidades de grasa flotan más que los individuos más magros; de este modo, tienen más dificultad para permanecer quietos mientras están debajo del agua. Para corregir este problema, coloque un cinto de buceo pesado alrededor de la cintura del cliente. Asegúrese de incluir el peso del cinturón de buceo cuando se mide y se sustrae el peso adicionado del sistema de HW.

#### **¿Va a ser afectada la exactitud del test de HW si estimo el RV en vez de medirlo?**

Han sido desarrolladas varias ecuaciones de predicción para estimar el RV en base a la edad, talla, sexo y condición de fumador de los individuos. Sin embargo, las ecuaciones de predicción del RV tienen errores de predicción grandes (SEE=400 o 500 ml). Cuando el RV es medido, la precisión del método de HW es excelente ( $\leq 1\%$  BF). Sin embargo, este error de precisión se incrementa substancialmente ( $\pm 2.8\%$  a  $3.7\%$  BF) cuando el RV es estimado (Morrow et al., 1986). De este modo, es recomendable medir siempre el RV cuando se está usando el método de HW.

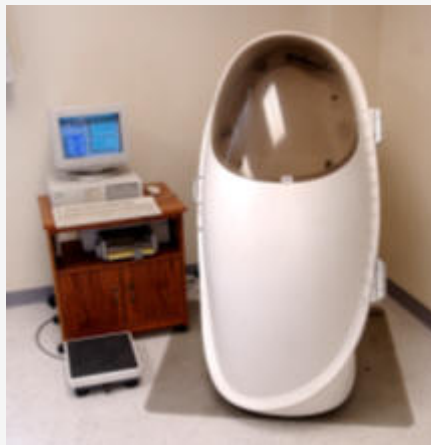
#### **¿Cuándo es el mejor momento durante el ciclo menstrual para realizar el pesaje hidrostático de una mujer?**

Algunas mujeres, particularmente aquellas para las cuales su peso corporal fluctúa ampliamente durante su ciclo menstrual, pueden tener estimaciones significativamente diferentes de la Db y el %BF cuando el pesaje hidrostático es realizado en diferentes momentos de su ciclo. Bunt, Lohman y Boileau (1989) reportaron que los cambios en los valores del agua corporal total debido a la retención de agua durante el ciclo menstrual explican en parte las diferencias en el peso corporal y la Db durante un ciclo menstrual. En promedio, la grasa corporal relativa de la mujer fue  $24.8\%$ BF en su menor peso corporal, en comparación a un promedio de  $27.6\%$ BF en su peso corporal pico durante su ciclo menstrual. Debido a que su peso corporal menor y pico ocurrieron en diferentes momentos durante el ciclo menstrual (varió de 0 a 14 días antes del inicio de la siguiente menstruación), el efecto de las fluctuaciones en el agua corporal total no puede ser rutinariamente controlado usando el mismo día del ciclo menstrual para todas las mujeres. Sin embargo, cuando usted está monitoreando los cambios en la composición corporal a través de un período de tiempo o estableciendo un peso corporal saludable para la mujer, es recomendable que el pesaje hidrostático se realice en el mismo momento dentro de su ciclo menstrual y fuera del período en el que ella percibe el peso corporal pico.

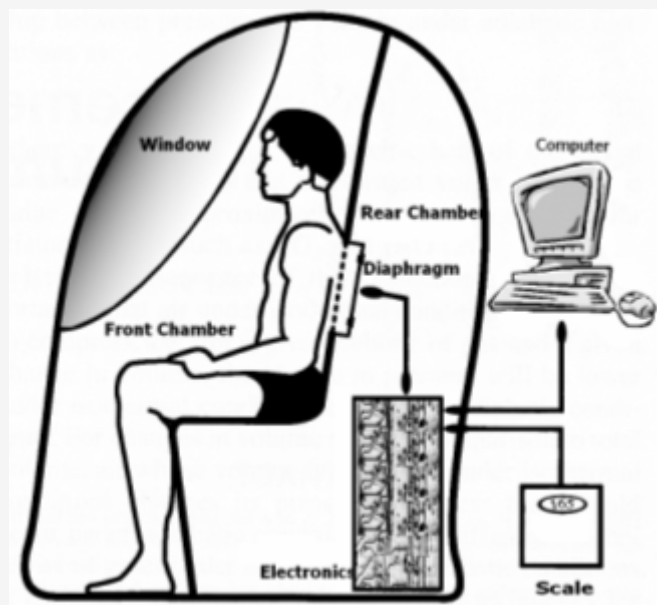
## PLETISMOGRAFIA POR DESPLAZAMIENTO DE AIRE

La pletismografía por desplazamiento de aire (ADP) es otro método usado para medir el volumen corporal y la densidad corporal. Este método usa desplazamiento de aire, en vez de desplazamiento de agua, para estimar el volumen corporal. Debido a que la ADP es rápida (usualmente toma 5 a 10 min) e implica requerimientos mínimos para el cliente y mínimas habilidades técnicas, ha probado ser una alternativa para el pesaje hidrostático. El método de ADP requiere el uso de un pletismógrafo para todo el cuerpo (e.g., Bod Pod). El Bod Pod es una cámara de fibra de vidrio en forma de huevo, de gran tamaño que usa relaciones de desplazamiento de aire y presión-volumen para medir el volumen corporal (ver Figura 3). El sistema Bod Pod actualmente consiste de dos cámaras: una cámara frontal en la cual el cliente se sienta durante la medición y una cámara posterior (de referencia). Un asiento de fibra de vidrio moldeado forma la pared entre las dos cámaras, y un diafragma móvil es montado aquí, el cual oscila durante la evaluación (Figura 4). Los diagramas oscilantes crean pequeños cambios de volumen, iguales en magnitud, pero opuestos en signo entre las dos cámaras que producen pequeñas fluctuaciones de presión. Este proceso es realizado dos veces, una vez con una cámara vacía y una vez con el cliente sentado en la cámara. El volumen corporal es calculado simplemente como la diferencia entre el volumen de la cámara cuando está vacía y cuando el cliente está sentado dentro de la misma.

El principio básico subyacente al uso de ADP para medir el volumen corporal se centra alrededor de la relación entre la presión y el volumen. A temperatura constante (condiciones isotérmicas), el volumen ( $V$ ) y la presión ( $P$ ) están inversamente relacionados. De acuerdo a la Ley de Boyle:  $P_1/P_2=(V_2/V_1)$ , donde  $P_1$  y  $V_1$  representan una condición apareada de presión y volumen, y  $P_2$  y  $V_2$  otra condición apareada.  $P_1$  y  $V_1$  corresponden a la presión y al volumen de la cámara Bod Pod cuando está vacía;  $P_2$  y  $V_2$  representan la presión y el volumen del Bod Pod con el cliente sentado en la cámara.



**Figura 3.** Equipo para realizar pletismografía por desplazamiento de aire- el Bod Pod.



**Figura 4.** Sistema de Bod Pod de dos cámaras.

Una suposición del método ADP es que los efectos isotérmicos de la ropa, cabello, volumen de gas torácico (TGV), y el área de superficie corporal en una cámara cerrada están controlados por el Bod Pod. Para establecer esto, los usuarios del Bod Pod son evaluados con muy poca ropa (traje de baño) y un gorro de baño para comprimir al cabello. Una estimación del área superficial corporal, calculada a partir de la talla y el peso del cliente, es usada para corregir los efectos isotérmicos en la superficie corporal. El volumen de gas torácico (TGV), o el volumen de aire en los pulmones y el tórax, es también medido directamente ó estimado por el Bod Pod para dar cuenta de las condiciones isotérmicas en los pulmones.

Numerosos estudios han sido realizados para evaluar la exactitud del Bod Pod para medir la Db. Varios investigadores reportaron solo pequeñas diferencias en la Db promedio ( $\leq 0.002$  g/cc) medida por el Bod Pod y HW (Fields et al., 2001; Vescovi et al., 2001; Yee et al., 2001); mientras que otros investigadores han reportado diferencias ligeramente superiores y estadísticamente significativas (0.003 g/cc a 0.007 g/cc) en adultos (Collins et al. 1999; Demerath et al., 2002; Dewit, Fuller, Fewtrell, Elia and Wells 2000; Millard-Stafford et al., 2001; Wagner, Heyward, and Gibson 2000). También, varios estudios reportaron “buenos” errores de predicción de grupo ( $EES \leq 0.008$  g/cc) en adultos (Fields, Hunter, and Goran 2000; Nunez et al., 1999; Wagner et al., 2000). En comparación con los modelos de composición corporal de múltiples componentes, los métodos de Bod Pod y HW tienen una exactitud de predicción similar (Fields et al., 2001). Debido a que la medición con el método Bod Pod es más cómoda que con el método HW, hay mucho interés en establecer la validez del método ADP para estimar el %BF en poblaciones especiales como niños, y ancianos, así como en poblaciones clínicas (Heyward y Wagner, 2004).

### **Consideraciones Especiales para el Método ADP**

La obtención de resultados exactos en las mediciones a través del método Bod Pod depende de un número de factores. Las siguientes preguntas y respuestas establecen estos factores:

#### ***¿Cómo son afectados los Resultados si mi Cliente tiene exceso de cabello?***

Tal como fue antes mencionado, el aire isotérmico, atrapado en el cabello del cuerpo, puede afectar los resultados de los tests. Para clientes con barba, el %BF puede ser subestimado en un 1% de BF; cuando se expone el cuero cabelludo (i.e., sin gorro de baño) la grasa corporal relativa es subestimada en aproximadamente 2.3% BF (Higgins, Fields, Hunter, Gower, 2001). Usar gorro de baño ajustado y afeitarse el exceso de bello facial o corporal va a asegurar la estimación más precisa del volumen corporal y de la Db usando este método.

#### ***¿Puedo usar el Bod Pod para medir la Composición Corporal de un Niño?***

Durante el procedimiento de evaluación de 20 segundos, el cliente debe permanecer muy quieto. El volumen corporal estimado a partir del método ADP puede variar si el cliente se está moviendo dentro de la cámara durante la medición. Fields y Goran (2000) comentaron que toma dos veces más tiempo medir niños en comparación con adultos,



principalmente debido a que los niños tienen a moverse durante la medición. Como resultado de esto, la confiabilidad test-retest del Bod Pod es menor en los niños ( $r=0.90$ ) que en los adultos ( $r=0.96$ ) (Demerath et al., 2002).

También, varios investigadores comentaron que el tamaño corporal puede afectar las estimaciones Bod Pod, observándose las mayores diferencias en los clientes más pequeños (Demerath et al., 2002; Lockner et al., 2000; Nunez et al., 1999). El índice ideal de volumen de la cámara/volumen del sujeto puede ser excedido para clientes, especialmente niños, que tienen un pequeño volumen corporal (Fields and Goran, 2000). Este es un área que requiere futuras investigaciones.

### ***¿Es absolutamente necesario que mi Cliente lleve un traje de baño y un gorro de baño durante la Medición Bod Pod?***

Los investigadores originales del Bod Pod reconocieron que el efecto isotérmico de la vestimenta conduce a subestimaciones del volumen corporal; ellos recomendaron que los clientes sean evaluados usando solo un traje de baño y un gorro de baño para minimizar este efecto (Dempster and Aitkens, 1995; McCrory et al., 1995). Mientras más ropa se usa, mayor es la capa de aire isotérmico y mayor la subestimación de volumen corporal. Por ejemplo, llevar una bata de hospital, en vez de un traje de baño, disminuye el %BF en aproximadamente 5% (Fields et al., 2000). Así, debe seguirse la recomendación con respecto a la ropa de llevar un traje de baño y un gorro de baño, ajustados.

### ***¿Necesito medir el TGV de mi Cliente o puedo usar el Valor predicho del TGV?***

Aunque McCrory et al. (1998) reportaron una diferencia no significativa (54 ml) entre el TGV medido y predicho, el error de estimación estándar (SEE) fue grande (442 ml), y algunos investigadores han reportado mayores diferencias promedio (344 a 400 ml) y SEE (650 ml) (Collins et al., 1999; Lockner et al., 2000). Dado que solo el 40% del valor del TGV es usado en los cálculos del volumen corporal, usar un TGV predicho tiene un efecto relativamente menor sobre el Db y las estimaciones de %BF en comparación a usar un RV predicho para el método de HW. No obstante, para una exactitud máxima, es recomendado que se use un valor de TGV medido, en vez de un valor predicho.

### ***¿Qué modelo o fórmula debo usar para convertir la Db a %BF?***

Como fue previamente discutido para el método HW, en el marco clínico y de investigación, usar un modelo multicomponente y una fórmula de conversión va a incrementar la exactitud grupal e individual de sus estimaciones de %BF. Sin embargo, la ecuación de default en el software del Bod Pod es la fórmula del modelo de dos componentes de Siri (1961) para adultos no negros, pero la fórmula para negros también está disponible. En el marco del campo, estas fórmulas de conversión de dos componentes pueden ser apropiadas para algunos de sus clientes, dependiendo de sus características demográficas. Para otros clientes, usted puede necesitar seleccionar una fórmula del modelo de dos componentes, específica para la población que sea apropiada.

## **ABSORCIOMETRIA DE RAYOS X DE ENERGIA DUAL**

La absorciometría de rayos X de energía dual constituye una alternativa al HW como método de referencia, debido a que es segura y rápida (una exploración o scan de todo el cuerpo toma 10 a 20 minutos), requiere una mínima cooperación del cliente, y, lo más importante, da cuenta de la variabilidad individual del contenido mineral óseo. El principio básico subyacente a la tecnología DXA es que la atenuación de los rayos X con fotones de alta y baja energía es mensurable y depende del grosor, densidad, y composición química del tejido subyacente. La atenuación, ó debilitamiento, de la energía de los rayos X a través del tejido adiposo, magro y óseo, varía debido a las diferencias en las densidades y composición química de estos tejidos. Se piensa que estos índices de atenuación a dos energías diferentes de rayos X son constantes para todos los individuos (Pietrobelli et al., 1996).

Es difícil evaluar la validez del método DXA debido a que cada uno de los tres diferentes fabricantes han desarrollado diferentes modelos y versiones de software a través de los años. Como muchos investigadores, y algunos clínicos han descubierto, los resultados de la composición corporal varían con el fabricante, modelo y versión de software. Así, parte de la variabilidad en los resultados reportada en los estudios de validación del DXA puede haber ocurrido debido a la utilización de diferentes scanners y versiones de software. Por lo tanto, los expertos, que han revisado los estudios acerca de DXA, han pedido mayor estandarización entre los fabricantes (Genton et al., 2002; Lohman 1996).

En comparación a las estimaciones de %BF de modelos multicomponentes, algunos investigadores reportaron que la exactitud de predicción del DXA es mejor que la del método HW (Clasey et al., 1999; Fields and Goran, 2000; Friedl et al., 1992; Prior et al., 1997; Wagner and Heyward, 2001; Withers et al., 1998). Sin embargo, el hallazgo opuesto (i.e., HW es más exacta que DXA) fue también reportado en algunos estudios (Millard-Stafford et al., 2001). En una revisión de estudios

de DXA que usó un software recientemente desarrollado, Lohman y colaboradores concluyeron que las estimaciones de DXA de %BF están dentro de 1 a 3% de las estimaciones de modelos multicomponentes (Lohman, Harris et al., 2000). Aunque han sido desarrolladas y validadas algunas ecuaciones de predicción de la composición corporal usando DXA como método de referencia, son necesarias futuras investigaciones antes de que el DXA pueda ser firmemente establecido como el mejor método de referencia.



**Figura 5.** Un cliente siendo explorado (scanned) usando absorciometría de rayos X de energía dual (DXA).

### **Consideraciones Especiales para el Método DXA**

La exactitud de los resultados de las mediciones con DXA depende de un número de factores. Estas preguntas y respuestas establecen algunos de estos factores.

#### ***¿El Tamaño Corporal y el Estado de Hidratación de mi Cliente van a afectar los Resultados del Test?***

El método DXA no debería ser usado para evaluar la composición corporal de clientes corpulentos, cuyas dimensiones excedan el largo y/o ancho de la cama de exploración (scanning bed). Con respecto a la hidratación, las investigaciones han reportado que las fluctuaciones normales en la hidratación tienen un pequeño efecto en las estimaciones mediante el método DXA (Lohman, Harris et al., 2000).

#### ***¿En términos de Comodidad y Conformidad del Cliente, es el DXA más apropiado que otros Métodos de Referencia?***

En comparación con otros métodos de referencia, el DXA requiere poco en cuanto a la participación y conformidad del cliente. Con el DXA, el cliente no necesita realizar maniobras de respiración que son requeridas para medir el RV en el pesaje hidrostático y TGV para la pletismografía por desplazamiento de aire.

#### ***¿Cómo afectan los Resultados los diferentes Tipos de Máquinas y Versiones Softwares del DXA?***

Tal como se mencionó anteriormente, la variabilidad entre los equipos de DXA es una gran fuente de error. Aunque son usados los mismos principios físicos por todos los fabricantes de DXA, los instrumentos difieren en como son generados los haces de alta y baja energía (filtros vs. interruptor de voltaje), geometría de la imagen (de acuerdo al tipo de haz), detectores de rayos X, metodología de calibración, y algoritmos usados (Genton et al., 2002). Las versiones de software recientes han mejorado la exactitud del DXA en comparación a las versiones que estaban disponibles en el inicio de 1990 (Kohrt 1998; Lohman, Harris et al., 2000; Tothill and Hannan, 2000), sin embargo, todavía necesita ser determinada la exactitud de estos dispositivos de DXA y versiones de software, más recientes (Genton et al., 2002). Debido a estas diferencias, nosotros recomendamos usar el mismo dispositivo y versión de software para evaluaciones longitudinales o transversales de comparación de composición corporal.

#### ***¿Es el método DXA seguro para mis Clientes, dado que los Rayos-X son usados para medir la Composición Corporal?***

El DXA es considerado un método seguro para estimar la composición corporal. La dosis de radiación promedio de la piel

es baja, similar a la exposición semanal típica a la radiación del medio ambiente. Todavía, los test de DXA no son recomendados para las mujeres embarazadas.

## RECOMENDACIONES

Debido a que cada uno de estos métodos de referencia (hidrodensitometría, plestismografía por desplazamiento de aire, y DXA) producen estimaciones indirectas de la composición corporal, ninguno puede ser distinguido como el “gold standard” para las determinaciones de la composición corporal in vivo. De hecho, muchos investigadores han obtenido mediciones de referencia de la composición corporal más válidas combinando estos métodos. Hay enfoques con modelos moleculares multicomponentes que ajustan la Db a partir de la densitometría para contemplar variaciones en el agua corporal total (medida por hidrometría) y mineral corporal total (medido por estimaciones de DXA del mineral óseo). Estos modelos tienen en cuenta la variabilidad interindividual en la hidratación y/o contenido mineral de la masa corporal magra; de este modo, pueden ser obtenidas estimaciones más exactas de la composición corporal en comparación a cuando se usa uno de estos métodos individualmente. Así, para propósitos de investigación, es recomendado que los tres métodos (i.e., densitometría, hidrometría, y DXA) sean usados conjuntamente con un modelo multicomponente con el objetivo de derivar mediciones de referencia válidas de %BF, FM, y FFM.

## MÉTODOS DE CAMPO PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN CORPORAL

Tres métodos frecuentemente usados por los fisiólogos del ejercicio para determinar composición corporal de individuos en el marco clínico y de campo son los pliegues cutáneos, el análisis de impedancia biológica, y la antropometría. Dada la opción de métodos y numerosas ecuaciones de predicción publicadas en la literatura, frecuentemente es difícil para el clínico seleccionar un método apropiado o ecuación de predicción que determine exactamente la composición corporal del cliente. Así, la validez del método de campo de la composición corporal y la exactitud predictiva de las ecuaciones necesitan ser cuidadosamente evaluados. El valor relativo de las ecuaciones de predicción es establecido por los investigadores comparando los valores predichos con las mediciones de referencia de la composición corporal. En general, las ecuaciones de predicción buenas tienen varias características en común: (a) uso de métodos de referencia aceptables para obtener mediciones de criterio de la composición corporal, (b) uso de muestras grandes, y seleccionadas aleatoriamente ( $n > 100$ ), (c) alta correlación entre la medición de referencia y los valores predichos ( $r > 0.80$ ), (d) error de predicción o error estándar, pequeño (Tabla 3), y (e) validación cruzada de la ecuación sobre muestras adicionales e independientes de la población con la cual fue desarrollada la ecuación.

SEE %BF	SEE Db (g/cc)	SEE FFM (kg)		Clasificación Subjetiva
		Hombres	Mujeres	
2.0	0.0045	2.0-2.5	1.5-1.8	Ideal
2.5	0.0055	2.5	1.8	Excelente
3.0	0.0070	3.0	2.3	Muy Bueno
3.5	0.0080	3.5	2.8	Bueno
4.0	0.0090	4.0	3.2	Aceptablemente Bueno
4.5	0.0100	4.5	3.6	Regular
5.0	0.0110	>4.5	>4.0	Pobre

**Tabla 3.** Estándares para los Errores de Predicción de Evaluación (SEE). Datos de Lohman (1992, pp. 3-4).

La exactitud predictiva de los métodos y las ecuaciones de campo es limitada por la ausencia de un único método “gold standard” para obtener mediciones de referencia in vivo de la composición corporal. Aunque la densitometría, hidrometría y

absorciometría de rayos-X de energía dual son frecuentemente usadas como métodos de referencia, estos métodos proporcionan solo una medición indirecta de la composición corporal y de este modo, están sujetos a errores de medición. Hasta el 50 % del error de predicción de las ecuaciones de los métodos de campo para la composición corporal puede ser atribuido a errores asociados con el método de referencia. Pocos estudios han usado los tres métodos juntos y modelos multicomponentes para derivar mediciones de referencia para el desarrollo y la validación cruzada de las ecuaciones de los métodos de campo. Así, muchas ecuaciones están limitadas en que proporcionan solo un modelo de 2 componentes para estimar la composición corporal. Para seleccionar el método y las ecuaciones de predicción más apropiados, deben ser tenidos en cuenta factores tales como edad, sexo, actividad física, nivel de adiposidad corporal, y etnia. Es importante asegurarse que estas características físicas de su cliente son similares a las de la muestra de validación usada para desarrollar o validar en forma cruzada la ecuación de predicción específica.

Para usar estos métodos de campo y ecuaciones, en forma apropiada, usted necesita entender las suposiciones y principios básicos, así como las fuentes potenciales de error de medición para cada método. Usted debe seguir de cerca los procedimientos de evaluación estandarizados, y debe practicar con el objetivo de perfeccionar su técnica de medición para cada método. Para más información detallada acerca de estos métodos de campo y como los mismos son aplicados a diferentes subgrupos poblacionales, ver Heyward y Wagner (2004).

## **METODO DE PLIEGUES CUTANEOS**

---

Los pliegues cutáneos (SKF) constituyen una medición indirecta del espesor del tejido adiposo subcutáneo en un sitio específico (Figura 6). La mayoría de las ecuaciones de SKF usan dos o más mediciones de SKF para predecir, ya sea la Db o el %BF. Para una descripción detallada de los sitios de los SKF y las técnicas de medición, ver Harrison (34). La exactitud y precisión de las mediciones de SKF son altamente dependientes de la habilidad del técnico, tipo de calibre de SKF, y factores del cliente. Toma una gran cantidad de tiempo y práctica desarrollar habilidad como técnico de SKF, deben ser cuidadosamente seguidos procedimientos estandarizados (Harrison et al., 1988). En comparación a los calibres de metal de alta calidad (e.g., calibres Lange o Harpenden), los calibres plásticos tienen menos precisión en la escala (~ 2 mm), no presentan tensión constante a través de todo el recorrido de movimiento, tienen una escala menor (~ 40 mm), y tienen menor consistencia cuando son usados por técnicos inexpertos (Lohman et al., 1984). En general, los pliegues cutáneos no deben ser medidos inmediatamente luego del ejercicio, debido a la posibilidad de acumulación de fluido extracelular (edema) en el tejido subcutáneo. También, el método de pliegues cutáneos no es recomendado para evaluar la composición corporal de individuos obesos. Frecuentemente, el grosor del pliegue cutáneo de un individuo obeso excede la apertura máxima del calibre. Aún los técnicos en pliegues cutáneos altamente experimentados tienen dificultad para medir el grosor de los pliegues cutáneos de individuos obesos.

El método de SKF puede ser usado para estimar la composición corporal de niños (blancos y negros) y adultos (Jackson and Pollock, 1978; Jackson, Pollock and Ward, 1980) de diversos grupos étnicos (negros, hispanos, y blancos), así como a atletas de ambos sexos (Tabla 4). En promedio, estas ecuaciones van a predecir en forma exacta la Db dentro de  $\pm 0.0080$  g/cc y estimaciones de %BF del modelo de 2 componentes dentro de 3.5% BF. Siempre que sea posible, se deben usar fórmulas de conversión específicas para la población para convertir la Db en %BF (Tabla 5). Las ecuaciones de SKF para niños estiman directamente el %BF en vez de la Db. Estas ecuaciones fueron desarrolladas usando modelos de composición corporal multicomponentes que incluyen mediciones de Db, TBW, y mineral óseo (Slaughter et al., 1998).



**Figura 6.** Medición del pliegue tricéptico.

Sitios de los Pliegues Cutáneos	Grupos Poblacionales	Ecuación	Referencia
$\Sigma SKF$ (Pecho + Abdomen + Muslo + Tríceps + Axilar Medial + Subscapular + Suprailíaco)	Mujeres Negras o Hispanas, 18-55 años	$Db (g/cc)^a = 1.0970 - 0.00046971(\Sigma SKF) + 0.00000056(\Sigma SKF)^2 - 0.00012828(edad)^*$	Jackson et al. (1980)
	Hombres negros o atletas varones, 18-61 años	$Db (g/cc)^a = 1.1120 - 0.00043499 (\Sigma SKF) + 0.00000055 (\Sigma SKF)^2 - 0.0002882 (edad)^*$	Jackson & Pollock (1978)
$\Sigma 4SKF$ (Tríceps + Suprailíaco anterior + Abdomen + Muslo)	Mujeres atletas, 18-29 años	$Db (g/cc)^a = 1.096095 - 0.0006952 (\Sigma 4SKF) - 0.0000011 (\Sigma 4SKF)^2 - 0.0000714 (edad)^*$	Jackson et al. (1980)
$\Sigma 3SKF$ (Tríceps + Suprailíaco + Muslo)	Mujeres Blancas o anoréxicas, 18-55 años	$Db (g/cc)^a = 1.0994921 - 0.0009929 (\Sigma 3SKF) + 0.0000023 (\Sigma 3SKF)^2 - 0.0001392 (edad)^*$	Jackson et al. (1980)
$\Sigma 3SKF$ (Pecho + Abdomen + Muslo)	Hombres blancos, 18-61 años	$Db (g/cc)^a = 1.109380 - 0.0008267(\Sigma 3SKF) + 0.0000016(\Sigma 3SKF)^2 - 0.0002574 (edad)^*$	Jackson & Pollock (1978)
$\Sigma 2SKF$ (Tríceps + Pantorrilla)	Niños blancos o negros, 6-17 años	$\%BF = 0.735(\Sigma SKF) + 1.0$	Slaughter et al. (1988)
	Niñas blancas o negras, 6-17 yr	$\%BF = 0.610(\Sigma SKF) + 5.1$	Slaughter et al. (1988)

**Tabla 4.** Ecuaciones de predicción de pliegues cutáneos.  $\Sigma SKF$ =sumatoria de los pliegues cutáneos (mm); \*Edad en años; <sup>a</sup>Uso de fórmulas específicas para la población para calcular el % BF a partir de la Db.

## METODO DE IMPEDANCIA BIOELECTRICA

El análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) es un método rápido, no invasivo y relativamente barato para evaluar la composición corporal en el marco del campo. Con este método, una corriente eléctrica de bajo nivel es pasada a través del cuerpo del cliente, y la impedancia (Z), o la oposición al flujo de la corriente, es medida con el analizador BIA. El método BIA tradicional implica la medición de la resistencia de todo el cuerpo usando configuraciones de electrodo tetrapolar desde la muñeca al tobillo, a una única frecuencia para el propósito de la estimación del TBW o FFM (Figura 7). Usted

puede estimar el agua corporal total de un individuo (TBW) a partir de la medición de la impedancia, debido a que los electrolitos en el agua corporal son excelentes conductores de la corriente eléctrica. Cuando el volumen del TBW es grande, la corriente fluye más fácilmente a través del cuerpo con menos resistencia (R). La resistencia al flujo de corriente es mayor en individuos con grandes cantidades de grasa corporal, ya que el tejido adiposo, con su relativamente bajo contenido de agua, es un pobre conductor de la corriente eléctrica. Debido a que el contenido de agua del componente FFB es relativamente grande (~73% de agua), la masa magra o libre de grasa (FFM) puede ser estimada a partir de las estimaciones de TBW. Los individuos con una gran FFM o TBW presentan menos resistencia a la corriente que fluye a través de sus cuerpos que aquellos sujetos con menos FFM. Para revisar información más detallada acerca de este método, ver Kushner (1992).



**Figura 7.** Cliente siendo medido con el método BIA tradicional para todo el cuerpo.

Las ecuaciones de predicción del análisis de impedancia bioeléctrica están basadas en modelos específicos para la población o generalizados. Estas ecuaciones proporcionan estimaciones aceptables de la FFM y TBW, debido a las relaciones teóricas y empíricas entre FFM, TBW, y mediciones de bioimpedancia. Muchas ecuaciones de BIA específicas para la población han sido desarrolladas para subgrupos homogéneos para explicar diferencias debido a edad, etnia, sexo, nivel de actividad física, y nivel de grasa corporal. Estas ecuaciones son válidas solo para individuos, cuyas características físicas son similares a las del subgrupo poblacional específico. Por ejemplo, una ecuación desarrollada para hombres jóvenes va a sobreestimar sistemáticamente la FFM de hombres de mayor edad (Deurenberg, van der Kooy, Evers, and Hulshof, 1990).

La Tabla 5 presenta ecuaciones de BIA generalizadas y específicas para la población comúnmente usadas. Con estas ecuaciones, usted puede estimar en forma exacta la FFM de sus clientes dentro de los valores recomendados,  $\pm 2.8$  kg para las mujeres,  $\pm 3.5$  kg para los hombres, y  $\pm 2.1$  kg para los niños (Lohman 1992). Para usar estas ecuaciones, se debe obtener R y Xc a partir del analizador BIA. El %BF de su cliente se debe estimar determinando la masa grasa (FM=BM-FFM) y dividiendo la FM por la masa corporal del cliente [%BF=(FM/BM).100].

Etnia	Sexo	Nivel de %BF (edad)	Ecuación	Referencia
<b>Indioamericanos, Negros, Hispanos o Blancos</b>	Hombres*	<20 %BF (17-62 años)	FFM (kg) = 0.00066360(HT <sup>2</sup> ) - 0.02117(R) + 0.62854(masa corporal) - 0.12380(edad) + 9.33285	Segal et al. 1988
		≥20 %BF (17-62 años)	FFM (kg) = 0.00088580(HT <sup>2</sup> ) - 0.02999(R) + 0.42688(masa corporal) - 0.07002(edad) + 14.52435	Segal et al. 1988
<b>Indioamericanos, Negros, Hispanos o Blancos</b>	Mujeres*	<30 %BF (17-62 años)	FFM (kg) = 0.000646 (HT <sup>2</sup> ) - 0.014 (R) + 0.421 (masa corporal) + 10.4	Segal et al. 1988)
		≥30% BF (17-62 años)	FFM (kg) = 0.00091186 (HT <sup>2</sup> ) - 0.01466 (R) + 0.29990 (masa corporal) - 0.07012 (edad) + 9.37938	Segal et al. 1988)
<b>Blancos</b>	Varones, Mujeres	8-15 yr	FFM (kg) = 0.62 (HT <sup>2</sup> /R) + 0.21 (masa corporal) + 0.10 (Xc) + 4.2	Lohman 1992
	Varones, Mujeres	10-19 yr	FFM (kg) = 0.61 (HT <sup>2</sup> /R) + 0.25 (masa corporal) + 1.31	Houtkooper et al. 1992

**Tabla 5.** Ecuaciones de predicción de BIA seleccionadas. \*Para clientes que son obviamente magros usar las ecuaciones correspondientes a <20%BF (hombres) y <30%BF (mujeres); para clientes que no son obviamente magros u obesos, calcular su FFM usando tanto las ecuaciones para magros como para obesos y luego promediar las dos estimaciones de FFM (Stolarezyk et al., 1997).

Con el objetivo de asegurar la exactitud predictiva de estas ecuaciones, los clientes deben seguir estrictamente cada Lineamiento de Evaluación para el Cliente del BIA. Además, deben seguirse procedimientos de evaluación estandarizados. Aunque la exactitud predictiva relativa del método BIA es similar al método de pliegues cutáneos, el BIA puede ser preferible por las siguientes razones: (a) el método no requiere un alto grado de habilidad técnica, (b) el método es más cómodo y menos molesto para el cliente, y (c) este método puede ser usado para estimar la composición corporal de individuos obesos.

<b>Lineamientos de Evaluación para el Cliente del BIA</b>
No comer o beber dentro de las 4 horas anteriores al test.
No ejercitarse dentro de las 12 horas anteriores al test.
Orinar dentro de los 30 minutos anteriores al test.
No consumir alcohol dentro de las 48 horas anteriores al test.
No consumir diuréticos dentro de los 7 días anteriores al test.
No evaluar mujeres que perciben que están reteniendo agua durante esa etapa de su ciclo menstrual.

**Tabla 6.**

Además de los analizadores tradicionales de bioimpedancia para todo el cuerpo, han sido comercializados analizadores de bioimpedancia para segmentos (i.e., tren inferior o tren superior). La Corporación Tanita comercializa en la actualidad cerca de 20 modelos diferentes de analizadores para el tren inferior (ver Figura 8) que varían en capacidad de peso, software y memoria, y producción de datos. En comparación a las estimaciones de FFM del modelo de 2 componentes obtenidas a partir de pesaje hidrostático, la FFM promedio de muestras de adultos heterogéneas es estimada razonablemente bien usando analizadores Tanita (SEE=3.5 a 3.7 kg) (Cable, Nieman, Austin, Hogen, and Utter, 2001; Utter, Nieman, Ward, and Butterworth, 1999). Ha habido también buena concordancia con las estimaciones de pliegues

cutáneos (SKF) del %BF en luchadores universitarios (Utter et al., 2001) y con estimaciones de FFM mediante DXA en niños (SPNG, Lau, Yu, Lam, y Nelson, 2001; Tyrrel et al., 2001).



**Figura 8.** Un cliente siendo medido por medio de BIA usando el analizador para el tren inferior Tanita™.



**Figura 9.** Un cliente siendo medido por medio de BIA usando el analizador Omron para el tren superior.

A fines de la década de 1990, Omron Healthcare desarrolló un analizador BIA de mano a mano, de bajo costo para uso doméstico (ver Figura 9). La ecuación del fabricante fue desarrollada y validada en forma cruzada en una muestra grande y diversa a partir de tres laboratorios, usando HW para obtener mediciones de referencia de %BF y FFM del modelo de 2 componentes (Loy et al., 1998). La exactitud de predicción del grupo (SEE) para estimar la FFM fue 3.9 kg para los hombres y 2.9 kg para las mujeres. En una validación cruzada independiente del analizador Omron, Gibson y colaboradores (2000) reportaron errores de predicción ligeramente menores (SEE=2.9 kg para el hombre y 2.2 kg para la mujer). Loy et al. (1998) también señalaron que las estimaciones de FFM promedio a partir del dispositivo Omron fueron similares a los valores obtenidos usando analizadores para todo el cuerpo (RJL y Valhalla). Finalmente, en un estudio de hombres japoneses, la exactitud de los analizadores para el tren superior (Omron, HBF-300), el tren inferior (Tanita,



TBF-102) y todo el cuerpo (Selco, SIF-891) fue comparada con mediciones de referencia de %BF del modelo de dos componentes, obtenidas a partir de HW. La diferencia promedio entre los valores de %BF de referencia y estimados fue ligeramente mayor para el Omron (2.2% BF) en comparación con los analizadores para todo el cuerpo (3.3%BF) y el tren inferior (3.2%BF) (Demura, et al., 2002). Sin embargo, los errores de estimación tendieron a ser mayores en los extremos inferior y superior de la distribución de %BF usando los dispositivos Omron y Tanita.

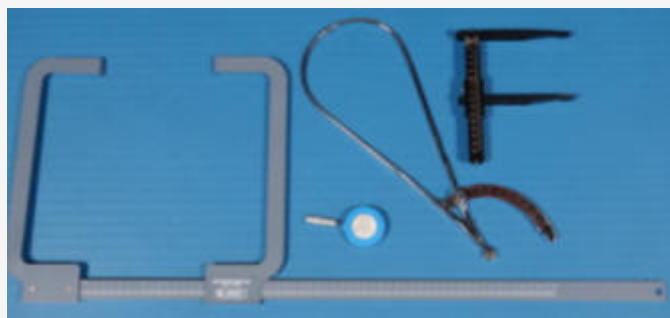
Omron desarrolló ecuaciones de predicción BIA para estimar la composición corporal de adultos físicamente activos. Estas ecuaciones están programadas en un nuevo analizador Omron (modelo HBF-306), junto con ecuaciones de predicción para adultos no activos y niños. Las variables de predicción en la ecuación del fabricante para esta unidad son la impedancia del tren superior, edad, sexo, talla, peso, y nivel de actividad física (i.e., "atleta" o "no atleta"). Los errores de predicción para los atletas (SEE=3.8% BF y 3.6% BF para hombres y mujeres atletas, respectivamente) fueron de algún modo menores que los de no atletas (SEE=4.5% BF) (Yamanoto, 2002).

Este dispositivo ha sido evaluado en muestra étnicamente diversas de poblaciones Europeas y Asiáticas. Generalmente la exactitud de predicción del grupo es buena para estos subgrupos poblacionales, pero los errores de predicción individuales pueden ser altos (Deurenberg-Yap et al., 2001; Deurenberg and Deurenberg-Yap, 2002). Deurenberg-Yap et al. (2001) señalaron que el 24% de las mujeres obesas y el 44% de los hombres obesos en su estudio habían sido mal clasificados (falsos negativos) en base a los datos del dispositivo Omron. En comparación a modelos multicomponentes, el SEE fue 4.5% BF; el error para estimar el %BF usando este analizador estuvo también relacionado a la edad, nivel de grasa corporal, e índice envergadura/talla de los sujetos (Deurenberg and Deurenberg-Yap, 2002).

## METODOS ANTROPOMETRICOS

Antropometría se refiere a la medición del tamaño y proporción del cuerpo humano. Usted puede usar circunferencias, grosor de los pliegues cutáneos, amplitud esquelética y longitudes segmentarias para evaluar el tamaño y las proporciones de los segmentos corporales. Las mediciones de los antropómetros esqueléticos, calibres deslizantes o de ramas curvas y cintas antropométricas son usadas para medir diámetros óseos, amplitud corporal, y circunferencias corporales (ver Figura 10 y 11). Las características de precisión (0.05 a 0.5 cm) y rango de la medición (0 a 210 cm) depende del tipo de antropómetro esquelético o calibre que usted está usando (Wilmore et al., 1988). Los instrumentos deben ser cuidadosamente mantenidos y deben ser calibrados periódicamente de modo que su exactitud pueda ser controlada y reestablecida. En comparación con las mediciones de pliegues cutáneos, estos métodos antropométricos son relativamente simples, son baratos, y no requieren un alto grado de habilidad técnica y entrenamiento. La exactitud y precisión de las mediciones antropométricas, sin embargo, están afectadas por la habilidad técnica y factores relacionados al cliente. Aunque los técnicos habilidosos pueden obtener valores similares cuando miden los perímetros de clientes obesos, es más difícil obtener mediciones consistentes para individuos obesos en comparación con individuos magros. Sin embargo, los perímetros son más adecuados que los pliegues cutáneos cuando se mide a clientes obesos por las siguientes razones:

- Usted puede medir los perímetros de individuos obesos sin tener en cuenta su tamaño, mientras que la apertura máxima del calibre de pliegues cutáneos puede no ser suficientemente grande para permitir la medición.
- La medición de los perímetros requiere menos habilidad técnica.
- Las diferencias entre los técnicos son más pequeñas para los perímetros en comparación con las mediciones de pliegues cutáneos.



**Figura 10.** Antropómetros esqueléticos y cinta antropométrica.



**Figura 11.** Medición del perímetro de la cintura.

Las ecuaciones antropométricas en la Tabla 7 usan mediciones de los perímetros, en una combinación con otras variables tales como edad, peso corporal, y talla, para estimar la Db o %BF de hombres y mujeres. Las ecuaciones antropométricas específicas para la población son válidas y sólo pueden ser aplicadas a individuos cuyas características físicas (edad, sexo, y nivel de grasa corporal) son similares a las de un subgrupo poblacional específico. Por ejemplo, las ecuaciones antropométricas desarrolladas para estimar la composición corporal de individuos obesos (Weltman, Levine, Seip, and Tran, 1988; Weltamn, Seip, and Tran, 1987) no deberían ser aplicadas a individuos no obesos. Las ecuaciones generalizadas, aplicables a individuos que varían en edad y grasa corporal, han sido desarrolladas para poblaciones heterogéneas de mujeres (15 a 19 años de edad; 13% a 63% de BF) y hombres (20 a 78 años de edad; 2% a 49% de BF) (Tran and Weltman, 1988, 1989).

Etnia	Sexo	Edad*	Ecuación	Referencia
Blancos	Mujeres	15-79	$Db (g/cc)^a = 1.168297 - 0.002824(Abdom C^b) + 0.0000122098(Abdom C^b)^2 - 0.000733128(\text{perímetro de cadera}) + 0.000510477(\text{talla}) - 0.000216161(\text{edad})$	Tran & Weltman, 1989
	Hombres	20-78	$\%BF = -47.371817 + 0.57914807 (Abdom C^b) + 0.025189114 (\text{perímetro de cadera}) + 0.21366088 (\text{perímetro cresta ilíaca}) - 0.35595404 (\text{peso corporal})$	Tran & Weltman, 1988
Blancos	Mujeres Obesas	20-60	$\% BF = 0.11077 (Abdom C^b) - 0.17666 (\text{talla}) + 0.14354 (\text{peso corporal}) + 51.033$	Weltman et al., 1988
	Hombres Obesos	24-68	$\% BF = 0.31457 (Abdom C^b) - 0.10969 (\text{peso corporal}) + 10.834$	Weltman et al., 1987

**Tabla 7.** Ecuaciones de predicción a partir de perímetros. \* Edad en años; <sup>a</sup> Uso de fórmulas de conversión específica de la población para calcular %BF; <sup>b</sup> Abdom C (cm) representa el perímetro abdominal promedio medida en dos sitios: (1) anteriormente a la distancia media entre el proceso xifoideo del esternón y el ombligo y lateralmente entre el extremo más bajo de la caja torácica y la cresta ilíaca

## RECOMENDACIONES

Es importante reconocer que la mayoría de los métodos de campo proporcionan solo una estimación a partir del modelo de dos componentes de la composición corporal. A luz de esta limitación, los siguientes métodos son recomendados para determinar la composición corporal de diferentes subgrupos poblacionales (ver las Tablas para las ecuaciones específicas):

- El método de la bioimpedancia para todo el cuerpo puede ser usado para determinar la FFM de los adultos (Indioamericanos, Negros, Hispanos y Blancos) y niños (Blancos y Negros).
- El método de los pliegues cutáneos puede ser usado para determinar la Db de adultos no obesos (Negros, Hispanos y Blancos) y atletas (hombres y mujeres), así como el %BF de niños (Negros y Blancos).
- El método de los pliegues cutáneos no debería ser usado para determinar la composición corporal de individuos obviamente obesos.
- Las ecuaciones antropométricas (perímetros) pueden ser usadas para determinar el %BF de hombres y mujeres obviamente obesos.

## REFERENCIAS

1. Adams, J., Mottola, M., Bagnall, K.M., and McFadden, K.D (1982). Total body fat content in a group of professional football players. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences* 7: 36-44
2. Baumgartner, R.N., Heymsfield, S.B., Lichtman, S., Wang, J., and Pierson, R.N (1991). Body composition in elderly people: Effect of criterion estimates on predictive equations. *American Journal of Clinical Nutrition* 53: 1-9
3. Bray, G.A., and Gray, D.S (1988). Anthropometric measurements in the obese. In Anthropometric standardization reference manual, ed. T.G. Lohman, A.F. Roche, and R. Martorell, 131-136. Champaign, IL: Human Kinetics
4. Brozek, J., Grande, F., Anderson, J.T., and Keys, A (1963). Densiometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences* 110: 113-140
5. Bunt, J.C., Lohman, T.G., and Boileau, R.A (1989). Impact of total body water fluctuations on estimation of body fat from body density. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 21: 96-100
6. Cable, A., Nieman, D.C., Austin, M., Hogen, E., and Utter, A.C (2001). Validity of leg-to-leg bioelectrical impedance measurement in males. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 41: 411-414
7. Callaway, C.W., Chumlea, W.C., Bouchard, C., Himes, J.H., Lohman, T.G., Martin, A.D., Mitchell, C.D., Mueller, W.H., Roche, A.F., and Seefeldt, V.D (1940). Circumferences. In Anthropometric standardization reference manual, ed. T.G. Lohman, A.F. Roche, and R. Martorell, 39-54. Champaign, IL: Human Kinetics
8. Clasey, J.L., Kanaley, J.A., Wideman, L., Heymsfield, S.B., Teates, C.D., Gutgesell, M.E., Thorner, M.O., Hartman, M.L., and Weltman, A (1999). Validity of methods of body composition assessment in young and older men and women. *Journal of Applied Physiology* 86: 1728-1738
9. Collins, M., Millard-Stafford, M., Sparling, P., Snow, T., Roskopf, L., Webb, S., and Omer, J (1999). Evaluation of the Bod Pod for assessing body fat in collegiate football players. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31: 1350-1356
10. Cote, D.K., and Adams, W.C (1993). Effect of bone density on body composition estimates in young adult black and white women. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 25: 290-296
11. Demerath, E.W., Guo, S.S., Chumlea, W.C., Towne, B., Roche, A.F., and Siervogel, R.M (2002). Comparison of percent body fat estimates using air displacement plethysmography and hydrodensitometry in adults and children. *International Journal of Obesity* 26: 389-397
12. Dempster, P., and Aitkens, S (1995). A new air displacement method for the determination of human body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 27: 1692-1697
13. Demura, S., Yamaji, S., Goshi, F., Kobayashi, H., Sato, S. and Nagasawa, Y (2002). The validity and reliability of relative body fat estimates and the construction of new prediction equations for young Japanese adult males. *Journal of Sports Sciences* 20: 153-164
14. Deurenberg, P., and Deurenberg-Yap, M (2002). Validation of skinfold thickness and hand-held impedance measurements for estimation of body fat percentage among Singaporean Chinese, Malay and Indian subjects. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 11: 1-7
15. Deurenberg, P., van der Kooy, K., Evers, P., and Hulshof, T (1990). Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged >60 y. *American Journal of Clinical Nutrition* 51: 3-6
16. Deurenberg-Yap, M., Schmidt, G., van Staveren, W.A., Hautvast, J.G.A.J., and Deurenberg, P (2001). Body fat measurement among Singaporean Chinese, Malays and Indians: A comparative study using a four compartment model and different two

- compartment models. *British Journal of Nutrition* 85: 491-498
17. Dewit, O., Fuller, N.J., Fewtrell, M.S., Elia, M., and Wells, J.C.K (2000). Whole body air displacement plethysmography compared with hydrodensitometry for body composition analysis. *Archives of Disease in Childhood* 82: 159-164
  18. Fields, D.A., and Goran, M.I (2000). Body composition techniques and the four-compartment model in children. *Journal of Applied Physiology* 89: 613-620
  19. Fields, D.A., Goran, M.I., and McCrory, M.A (2002). Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: A review. *American Journal of Clinical Nutrition* 75: 453-467
  20. Fields, D.A., Hunter, G.R., and Goran, M.I (2000). Validation of the Bod Pod with hydrostatic weighing: Influence of body clothing. *International Journal of Obesity* 24: 200-205
  21. Fields, D.A., Wilson, G.D., Gladden, L.B., Hunter, G.R., Pascoe, D.D., and Goran, M.I (2001). Comparison of the Bod Pod with the four-compartment model in adult females. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33: 1605-1610
  22. Friedl, K.E., DeLuca, J.P., Marchitelli, L.J., and Vogel, J.A (1992). Reliability of body-fat estimations from a four-compartment model by using density, body water, and bone mineral measurements. *American Journal of Clinical Nutrition* 55: 764-770
  23. Genton, L., Hans, D., Kyle, U.G., and Pichard, C (2002). Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition: Differences between devices and comparison with reference methods. *Nutrition* 18: 66-70
  24. Gibson, A., Heyward, V., and Mermier, C (2000). Predictive accuracy of Omron Body Logic Analyzer in estimating relative body fat of adults. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 10: 216-227
  25. Going, S.B. Densitometry. In Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors (1996). Human body composition. *Champaign, IL: Human Kinetics*,: 3-24
  26. Harrison, G.G., Buskirk, E.R., Carter, L.J.E., Johnston, F.E., Lohman, T.G., Pollock, M.L., Roche, A.F., and Wilmore, J.H (1988). Skinfold thicknesses and measurement technique. In *Anthropometric standardization reference manual*, ed. T.G. Lohman, A.F. Roche, and R. Martorell, 55-70. *Champaign, IL: Human Kinetics*
  27. Heymsfield, S.B., Wang, J., Lichtman, S., Kamen, Y., Kehayias, J., and Pierson, R.N (1989). Body composition in elderly subjects: A critical appraisal of clinical methodology. *American Journal of Clinical Nutrition* 50: 1167-1175
  28. Heyward, V.H., and Wagner, D.L (2004). Applied body composition assessment. 2nd ed. *Champaign, IL: Human Kinetics*
  29. Higgins, P.B., Fields, D.A., Hunter, G.R., and Gower, B.A (2001). Effect of scalp and facial hair on air displacement plethysmography estimates of percentage of body fat. *Obesity Research* 9: 326-330
  30. Houtkooper, L.B., Going, S.B., Lohman, T.G., Roche, A.F., and VanLoan M (1992). Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: A cross-validation study. *Journal of Applied Physiology* 72: 366-373
  31. Jackson, A.S., and Pollock, M.L (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition* 40: 497-504
  32. Jackson, A.S., and Pollock, M.L (1985). Practical assessment of body composition. *The Physician and Sportsmedicine* 13: 76-90
  33. Jackson, A.S., Pollock, M.L., and Ward, A (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 12: 175-182
  34. Jackson, A.S., Pollock, M.L., Graves, J.E., and Mahar, M.T (1988). Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. *Journal of Applied Physiology* 64: 529-534
  35. Kohrt, W.M (1998). Preliminary evidence that DEXA provides an accurate assessment of body composition. *Journal of Applied Physiology* 84: 372-377
  36. Kushner, R.F (1992). Bioelectrical impedance analysis: A review of principles and applications. *Journal of the American College of Nutrition* 11: 199-209
  37. Lockner, D., Heyward, V., Baumgartner, R., and Jenkins, K (2000). Comparison of air-displacement plethysmography, hydrodensitometry, and dual X-ray absorptiometry for assessing body composition of children 10 to 18 years of age. *Annals of the New York Academy of Sciences* 904: 72-78
  38. Lohman, T.G (1992). Advances in body composition assessment. Current issues in exercise science series. *Monograph no. 3. Champaign, IL: Human Kinetics*
  39. Lohman, T.G (1996). Dual energy X-ray absorptiometry. In Human body composition, ed. A.F. Roche, S.B. Heymsfield, and T.G. Lohman, 63-78. *Champaign, IL: Human Kinetics*
  40. Lohman, T.G., Boileau, R.A., and Slaughter, M.H (1984). Body composition in children and youth. In *Advances in pediatric sport sciences*, ed. R.A. Boileau, 29-57. *Champaign, IL: Human Kinetics*
  41. Lohman, T.G., Harris, M. Teixeira, P.J., and Weiss, L (2000). Assessing body composition and changes in body composition: Another look at dual-energy X-ray absorptiometry. *Annals of the New York Academy of Sciences* 904: 45-54
  42. Lohman, T.G., Houtkooper, L., and Going, S (1997). Body fat measurement goes high-tech: Not all are created equal. *ACSM's Health & Fitness Journal* 7: 30-35
  43. Lohman, T.G., Pollock, M.L., Slaughter, M.H., Brandon, L.J., and Boileau, R.A (1984). Methodological factors and the prediction of body fat in female athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 16: 92-96
  44. Lohman, T.G., Roche, A.F., and Martorell, R., eds (1988). Anthropometric standardization reference manual. *Champaign, IL: Human Kinetics*
  45. Loy, S., Likes, E., Andrews, P., Vincent, W., Holland, G.J., Kawai, H., Cen, S., Swenberger, J., VanLoan, M., Tanaka, K., Heyward, V., Stolarczyk, L., Lohman, T.G., and Going, S.B (1998). Easy grip on body composition measurements. *ACSM's Health & Fitness Journal* 2(5): 16-19
  46. McCrory, M.A., Gomez, T.D., Bernauer, E.M., and Mole, P.A (1995). Evaluation of a new displacement plethysmograph for measuring human body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 27: 1686-1691
  47. McCrory, M.A., Mole, P.A., Gomez, T.D., Dewey, K.G., and Bernauer, E.M (1998). Body composition by air displacement plethysmography by using predicted and measured thoracic gas volumes. *Journal of Applied Physiology* 84: 1475-1479
  48. Millard-Stafford, M.L., Collins, M.A., Evans, E.M., Snow, T.K., Cureton, K.J., and Roskopf, L.B (2001). Use of air displacement plethysmography for estimating body fat in a four-component model. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33:

49. Morrow, J.R., Jackson, A.S., Bradley, P.W., and Hartung, G.H (1986). Accuracy of measured and predicted residual lung volume on body density measurement. *Medicine & Science in Sport & Exercise* 18: 647-652
50. Norton, K., Marfell-Jones, M., Whittingham, N., Kerr, D., Carter, L., Saddington, K., and Gore, C (2000). Anthropometric assessment protocols. In *Physiological tests for elite athletes*, ed. C. Gore, 66-85. Champaign, IL: Human Kinetics
51. Nunez, C., Kovera, A., Pietrobelli, A., Heshka, S., Horlick, M., Kehayias, J., Wang, Z., and Heymsfield, S (1999). Body composition in children and adults by air displacement plethysmography. *European Journal of Clinical Nutrition* 53: 382-387
52. Ortiz, O., Russell, M., Daley, T.L., Baumgartner, R.N., Waki, M., Lichtman, S., Wang, S., Pierson, R.N., and Heymsfield, S.B (1992). Differences in skeletal muscle and bone mineral mass between black and white females and their relevance to estimates of body composition. *American Journal of Clinical Nutrition* 55: 8-13
53. Pietrobelli, A., Formica, C., Wang, Z., and Heymsfield, S.F (1996). Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: Review of physical concepts. *American Journal of Physiology* 271: E808-E816
54. Prior, B.M., Cureton, K.J., Modlesky, C.M., Evans, E.M., Sloniger, M.A., Saunders, M., and Lewis, R.D (1997). In vivo validation of whole body composition estimates from dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of Applied Physiology* 83: 623-630
55. Segal, K.R., Van Loan, M., Fitzgerald, P.I., Hodgdon, J.A., and Van Itallie, T.B (1988). Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: A four-site cross-validation study. *American Journal of Clinical Nutrition* 47: 7-14
56. Seip, R., and Weltman, A (1991). Validity of skinfold and girth based regression equations for the prediction of body composition in obese adults. *American Journal of Human Biology* 3: 91-95
57. Siri, W.E (1961). Body composition from fluid space and density. In *Techniques for measuring body composition*, ed. J. Brozek and A. Henschel, 223-224. Washington, D.C.: National Academy of Sciences
58. Slaughter, M.H., Lohman, T.G., Boileau, R.A., Horswill, C.A., Stillman, R.J., Van Loan, M.D., and Bembien, D.A (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology* 60: 709-723
59. Stolarczyk, L.M., Heyward, V.H., VanLoan, M.D., Hicks, V.L., Wilson, W.L., and Reano, L.M (1997). The fatness-specific bioelectrical impedance analysis equations of Segal et al.: Are they generalizable and practical?. *American Journal of Clinical Nutrition* 66: 8-17
60. Sung, R.Y.T., Lau, P., Yu, C.W., Lam, P.K.W., and Nelson, E.A.S (2001). Measurement of body using using leg to leg bioimpedance. *Archives of Disease in Childhood* 85: 263-267
61. Thomas, T.R., and Etheridge, G.L (1980). Hydrostatic weighing at residual volume and functional residual capacity. *Journal of Applied Physiology* 49: 157-159
62. Timson, B.F., and Coffman, J.L (1984). Body composition by hydrostatic weighing at total lung capacity and residual volume. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 16: 411-414
63. Tothill, P., and Hannan, W.J (2000). Comparisons between Hologic QDR 1000W, QDR 4500A, and Lunar Expert dual-energy X-ray absorptiometry scanners used for measuring total body bone and soft tissue. *Annals of the New York Academy of Sciences* 904: 63-71
64. Tran, Z.V., and Weltman, A (1988). Predicting body composition of men from girth measurements. *Human Biology* 60: 167-175
65. Tran, Z.V., and Weltman, A (1989). Generalized equation for predicting body density of women from girth measurements. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 21: 101-104
66. Tyrrell, V.J., Richards, G., Hofman, P., Gillies, G.F., Robinson, E., and Cutfield, W.S (2001). Foot-to-foot bioelectrical impedance analysis: A valuable tool for the measurement of body composition in children. *International Journal of Obesity* 25: 273-278
67. Utter, A.C., Nieman, D.C., Ward, A.N., and Butterworth, D.E (1999). Use of the leg-to-leg bioelectrical impedance method in assessing body-composition change in obese women. *American Journal of Clinical Nutrition* 69: 603-607
68. Utter, A.C., Scott, J.R., Oppliger, R.A., Visich, P.S., Goss, F.L., Marks, B.L., Nieman, D.C., and Smith, B.W (2001). A comparison of leg-to-leg bioelectrical impedance and skinfolds in assessing body fat in collegiate wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research* 15: 157-160
69. Vescovi, J.D., Zimmerman, S.L., Miller, W.C., Hildebrandt, L., Hammer, R.L., and Fernhall, B (2001). Evaluation of the Bod Pod for estimating percentage body fat in a heterogeneous group of adult humans. *European Journal of Applied Physiology* 85: 326-332
70. Wagner, D., and Heyward, V (2001). Validity of two-component models for estimating body fat of black men. *Journal of Applied Physiology* 90:649-656
71. Wagner, D., Heyward, V., and Gibson, A (2000). Validation of air displacement plethysmography for assessing body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32: 1339-1344
72. Weltman, A., Levine, S., Seip, R.L., and Tran, Z.V (1988). Accurate assessment of body composition in obese females. *American Journal of Clinical Nutrition* 48: 1179-1183
73. Weltman, A., Seip, R.L., and Tran, Z.V (1987). Practical assessment of body composition in adult obese males. *Human Biology* 59:523-535
74. Williams, D.P., Going, S.B., Massett, M.P., Lohman, T.G., Bare, L.A., and Hewitt, M.J (1993). Aqueous and mineral fractions of the fat-free body and their relation to body fat estimates in men and women aged 49-82 years. In *Human body composition: In vivo methods, models and assessment*, ed. K.J. Ellis and J.D. Eastman, 109-113. New York: Plenum Press
75. Wilmore, J.H., Frisancho, R.A., Gordon, C.C., Himes, J.H., Martin, A.D., Martorell, R., and Seefeldt, R.D (1988). Body breadth equipment and measurement techniques. In *Anthropometric standardization reference manual*, ed. T.G. Lohman, A.F. Roche, and R. Martorell, 27-38. Champaign, IL: Human Kinetics
76. Withers, R.T., LaForgia, J., Pillans, R.K., Shipp, N.J., Chatterton, B.E., Schultz, C.G., and Leaney, F (1998). Comparisons of two-, three-, and four-compartment models of body composition analysis in men and women. *Journal of Applied Physiology* 85: 238-245
77. Yamamoto, K (2002). Omron Institute of Life Science. *personal communication*

78. Yee, A.J., Fuerst, T., Salamone, L., Visser, M., Dockrell, M., Van Loan, M., and Kern, M (2001). Yee, A.J., Fuerst, T., Salamone, L., Visser, M., Dockrell, M., Van Loan, M., and Kern, M. *American Journal of Clinical Nutrition* 74: 637-642