

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

BODY COMPOSITION ASSESSMENT METHODS: ACTUAL TRENDS (II)

Pletismografía por desplazamiento de aire

Desde hace pocos años, la Hidrodensitometría esta siendo desplazada por la pletismografía debido a que con esta técnica no es necesario sumergir al individuo en agua, lo cual comporta ciertas dificultades de colaboración en algunos sujetos.

Con este método se trabaja dentro de burbuja con una doble cámara interconectada con un sistema de diafragma que permite el cálculo del volumen corporal. Se trabaja con el mismo principio que relaciona la presión y el volumen. Estudios preliminares obtienen buenas correlaciones con la Hidrodensitometría^{14,17} en sujetos adultos y no en niños.

Hidrometría

La hidrometría es el método que permite la medida del agua total del cuerpo (ACT), se limita también cuando se usa individualmente para derivar referencias de medidas de composición corporal.

Con este método la concentración de isótopos de hidrógeno (deuterio o tritio) en los fluidos biológicos (saliva, plasma y orina) tras equilibrio se mide y se estima el ACT²³. Este método asume que la distribución e intercambio del isótopo por el cuerpo es similar y proporcional a la distribución e intercambio de agua y la masa libre de grasa.

De cualquier modo y debido al intercambio del isótopo con hidrógeno no acuoso en el cuerpo, el ACT es sobrestimada de un 1 a 5% según Lukasky²⁴. Usando este método en relación con el modelo molecular en dos componentes para estimar la MLG, se asume que la hidratación de la MLG es constante para todos los individuos (alrededor del 73% de FFM). No obstante el ACT fluctúa extensamente dentro y entre individuos dependiendo de la edad, el género, el nivel de adiposidad y existencia o no de enfermedad.

Por otra parte, Siri¹⁰ estimó que la variabilidad biológica (2%) en la hidratación de la MLG, produciría un error substancial en la estimación de la masa grasa (2,7%) para la población general.

Absorciometría dual fotónica de rayos X: DXA

La absorciometría dual fotónica de rayos X (DXA) es una tecnología nueva que esta ganando reconocimiento como método de referencia para investigación en composición corporal²⁵. Este método se basa en el fraccionamiento de tres compartimentos puesto que se divide el cuerpo en masa total mineral, mineral libre y tejido graso.

La precisión de DXA para medir % GC se estima en 1,2%^{26,27}. DXA es un método muy fiable, y hay una buena correlación entre los

**José R.
Alvero
Cruz¹**

**Ángel M.
Diego Acosta**

**Víctor J.
Fernández
Pastor**

**Jerónimo
García
Romero**

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

CORRESPONDENCIA:

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

Aceptado: 13-05-2004 / Revisión nº 180

valores de % GC estimado por hidrodensitometría (Dc ajustado para la masa mineral total del sujeto y al ACT) y DXA²⁸⁻³⁰. Además de obtener estimaciones de la masa grasa y tejido libre de grasa, también es posible que el DXA pueda realizar mediciones segmentarias y regionales de CC (tronco, extremidades superiores derecha e izquierda, tronco, extremidades inferiores derecha e izquierda y cabeza) (Tabla 2).

DXA es una alternativa atractiva frente a la Hidrodensitometría, como un método de referencia porque es rápido (un cuerpo total es examinado entre 3 y 20 minutos, seguro, requiere mínima cooperación y muy importante, es que tiene en cuenta la variabilidad interindividual en el contenido mineral del hueso. Este método se afecta menos que la hidrodensitometría y la hidrometría por las variaciones del ACT.

Kohrt³¹ estimó que un 5% de diferencia en la hidratación del MLG (78 vs 73%) produciría 0,5 Kg de error de la grasa y MLG, sugiriendo que el estado de hidratación tenga un efecto pequeño sobre las estimaciones de tejidos blandos por el método DXA.

De cualquier modo, Lohman²⁶ señaló que el grosor del pliegue y la variación en la distribución de grasa afectaría la exactitud de DXA para estimar el tejido blando.

También la estandarización de la tecnología DXA es necesaria antes de que pueda ser universalmente aceptada como un método de referencia para la evaluación de CC. La estimación de la grasa por DXA depende del fabricante

(Hologic vs Norland vs Lunar), así mismo del mecanismo de adquisición de datos (lápiz o barra) y de la versión del software que analiza los datos²⁶. Así es algo difícil establecer la validez de DXA en la evaluación de CC, comparado con otros métodos de referencia (hidrodensitometría y modelos multicomponente). A pesar de esto, muchos investigadores empiezan a usar el DXA para desarrollar y validar métodos de campo de la composición del cuerpo y ecuaciones de predicción³²⁻³⁴.

En el futuro es muy probable que métodos de CC adicionales se desarrollen y ecuaciones de predicción, se validen utilizando DXA como un método de la referencia, sobre todo para grupos de población especiales para quien la hidrodensitometría no es una práctica factible (lesiones medulares y tercera edad). De cualquier modo y más allá de las investigación y la estandarización de esta tecnología se puede establecer firmemente como un método de referencia^{26,31,35}.

Aunque en verdad, cada uno de estos tres métodos (densitometría, hidrometría y DXA) arrojan estimaciones indirectas de la composición corporal, realmente no se les puede designar especialmente a ninguno como el método perfecto, aunque todos ellos estén considerados como los mejores para obtener medidas de referencia.

Hay una aproximación a modelos moleculares multicomponentes, que ajustan la Dc (densitometría), por las variaciones en el agua corporal total (ACT) realizado por hidrometría y el contenido mineral total realizado por DXA. Estos modelos^{13,28} tienen en cuenta la variabilidad interindividual en la hidratación y/o volumen

Region	BMC (grams)	Fat (grams)	Lean (grams)	Lean+BMC (grams)	Total (grams)	% Fat (%)
L Arm	163,0	323,0	3092,6	3255,5	3578,6	9,0
R Arm	185,5	384,5	3193,9	3379,4	3763,9	10,2
Trunk	749,0	2064,0	26933,8	27682,8	29747,2	6,9
L Leg	517,1	1089,4	8786,6	9303,8	10393,1	10,5
R Leg	534,1	1203,8	9207,9	9742,0	10945,8	11,0
Sub total	2148,7	5065,0	51214,8	53363,5	58428,6	8,7
*Head	530,3	801,4	3795,1	4325,4	5126,9	15,6
Total	2679,0	5866,5	55009,9	57689,0	63555,4	9,2

*Assumes 17,0% brain fat; LBM 73,2% water

TABLA 2.-
Informe DXA
(Cedido con permiso
de Dr. López Calbet
JA. Universidad de
Las Palmas de Gran
Canaria)

mineral de la MLG. Por ello estos modelos multicomponente son procedimientos más exactos para la estimación de la CC. Existen muchas combinaciones de métodos validados con modelos multicomponente³⁶⁻³⁹.

Para propósitos de investigación, se recomienda que los tres métodos se usen en relación con un modelo multicomponente para derivar referencias válidas de medidas como % Grasa corporal, Masa Grasa y la MLG.

Las correlaciones entre el métodos antropométrico y los métodos de referencia (Hidrodensitometría, DXA y BIA) en composición corporal son altas y estadísticamente significativas⁴⁰ (Tabla 3).

Sardinha, *et al.*⁴¹ aportan otras correlaciones entre diferentes métodos de estimación de la grasa corporal como se puede observar en la Tabla 4.

MÉTODOS DE CAMPO DE EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (CC)

Son tres los métodos mas utilizados por fisiólogos del ejercicio para evaluar la CC: los análisis de bioimpedancia eléctrica, el método de los pliegues cutáneos de grasa y las técnicas antropométricas.

Bioimpedancia eléctrica (BIA)

Dado que la opción de varios métodos y ecuaciones para la predicción son numerosos

en la literatura, a menudo es difícil por parte del investigador, seleccionar un método apropiado o ecuación de predicción que evalúe la CC de forma precisa y adecuada a la población de estudio⁴². Por ello la validez del método de campo de la CC y la exactitud de predicción de las ecuaciones utilizadas se necesitan evaluar cuidadosamente, para su valoración y cálculo más adecuados.

Es un método rápido, barato y no invasivo para la evaluación de la CC. La impedancia mide la oposición al flujo de una corriente por el cuerpo entero. La resistencia al flujo presente será más grande en individuos con cantidades grandes de tejido adiposo dado que este es un conductor pobre de la electricidad debido a su bajo volumen de agua relativo. Los tejidos acuosos con gran disolución de electrolitos son grandes conductores eléctricos y no así la grasa y el hueso.

Normalmente se utilizan dos electrodos en pareja situados en la muñeca y en el tobillo, normalmente a una frecuencia de medida de 50 kHz para calcular un valor de impedancia corporal. La bioimpedancia asume que el cuerpo es un cilindro conductor con una longitud propor-

	ANTROP	HD	DXA	BIA
ANTROP	1	0,657	0,757	0,745
HD		1	0,822	0,834
DXA			1	0,887
BIA				1

TABLA 3.- Diferentes correlaciones entre métodos antropométricos y de referencia

ANTROP: antropometría; HD: hidrodensitometría; DXA: absorciometría dual fotónica de rayos X; BIA: bioimpedancia eléctrica, todas ellas significativas (p < 0,05)

	50 Hz	BIS	ADP	D-W	DXA	J-P	BMI
50 Hz	1						
BIS	0,64	1					
ADP	0,84	0,63	1				
D-W*	0,83	0,48	0,75	1			
DXA	0,88	0,68	0,93	0,85	1		
J-P**	0,81	0,51	0,79	0,95	0,87	1	
BMI	0,86	0,47	0,77	0,84	0,81	0,83	1

50 Hz: BIA a 50 Hz; BIS: bioimpedancia eléctrica espectroscópica; ADP: pletismografía; D-W: fórmula de Durnin-Womersley; *Pliegues pectoral-tríceps-subescapular; DXA absorciometría dual fotónica de rayos X; J-P: fórmula de Jackson y Pollock; **Pliegues tríceps-bíceps-subescapular-suprailíaco; BMI: índice de masa corporal

TABLA 4.- Todas las correlaciones (p < 0,01)

cional a la altura del sujeto (Ht), variable que suele incluirse en todas las fórmulas de estimación así como la resistencia (R) y la reactancia (X). Los cambios en el volumen extracelular y la concentración de electrolitos tendrán su variación en el valor de R y X.

Los analizadores de BIA, mas conocidos son: BIA 101 RJL Systems, Valhalla 1990 B, Byodynamics 310, Animeter, Tanita, Holtain, Xitron 4000B, entre otros, todos ellos validados para estudios de CC.

En general las ecuaciones de predicción deben tener características en común, como la utilización de métodos de referencia aceptables para obtener medidas criterio de CC. y la utilización de grandes muestras (n > 100) (Tabla 5).

Pocos estudios han utilizado todos estos métodos juntos así como con modelos multicomponente para ofrecer medidas de referencia para el desarrollo y validación de ecuaciones de métodos de campo. Seleccionar el método más apro-

piado y factores de predicción incluidos en la ecuación como son la edad, la talla, la actividad física, el nivel de grasa corporal, y la etnia se necesitan tomar en consideración.

El volumen de agua de la MLG es relativamente grande (se estima alrededor del 73%), y por ello se puede estimar la MLG a partir del volumen de ACT. Individuos con una MLG grande y gran cantidad de ACT tienen menos resistencia de la corriente sobre los fluidos comparada con individuos con MLG menor^{42,43}.

Existen muchas ecuaciones de predicción de la MLG corporal en multitud de poblaciones⁴⁴⁻⁴⁶ y también utilizadas para estudios epidemiológicos⁴⁷. Podemos encontrar ecuaciones específicas según la edad, su relación a la masa libre de grasa, habiéndose desarrollado para niños⁴⁸, adolescentes^{48,49}, y personas mayores^{50,51}. Otros autores han desarrollado ecuaciones para etnias específicas diferenciando la masa libre de grasa en relación al origen indio-americano⁵², americano asiático⁵³ o asiático^{53, 54}.

Sexo	% grasa(Edad)	Ecuación de predicción	Etnia	Autor
H	< 20%(17-62)	$MLG(kg) = 0.0006636(HT^2) - 0.2117(R) + 0.62854 (Peso) - 0.1238 (edad) + 9.33285$	Indios americanos Negros, Hispánicos, Blancos	Segal
H	> 20%(17-62)	$MLG(kg) = 0.0008858(HT^2) - 0.2999(R) + 0.42688 (Peso) - 0.07002 (edad) + 14.52435$	Indios americanos Negros, Hispánicos, Blancos	Segal
M	< 30%(17-62)	$MLG(kg) = 0.000646(HT^2) - 0.014(R) + 0.421 (Peso) - + 10.4$	Indios americanos Negros, Hispánicos, Blancos	Segal
M	> 30%(17-62)	$MLG(kg) = 0.00091186(HT^2) - 0.01466(R) + 0.29990 (Peso) - 0.07012 (edad) + 9.37938$	Indios americanos Negros, Hispánicos, Blancos	Segal
H,M	(8-15)	$MLG(kg) = 0.62(HT^2/R) + 0.21 (Peso) + 0.10 (Xc) + 4.2$	Blancos	Lohman
H,M	(10-19)	$MLG(kg) = 0.61(HT^2/R) + 0.25 (Peso) + 1.31$	Blancos	Houtkooper
H,M	(5-8)	$MLG(kg) = [0.16(HT^2/R)] + 0.067 (Peso) + 0.11 (Triceps) - 0.16 (subescapular) + 0.43 (sexo) + 2.41$	Niños	Goran
M	(5-8)	$MLG(kg) = [0.16(HT^2/R)] + 0.067 (Peso) + 0.11 (Triceps) - 0.16 (subescapular) + 2.41$	Niñas	Goran
H	(12-94)	$MLG(kg) = - 10.68 + 0.65 (HT^2/R) + 0.17 (Peso) + 0.02 (R)$	Blancos y negros	Sun
M	(12-94)	$MLG(kg) = - 9.53 + 0.69 (HT^2/R) + 0.17 (Peso) + 0.02 (R)$	Blancos y negros	Sun
H,M		$MLG(kg) = - 4.03 + 0.734 (HT^2/R) + 0.116 (Peso) + 0.096 (Xc) + 0.984 (Sexo)$		Lukaski

TABLA 5.-
Ecuaciones de predicción de la masa libre de grasa por bioimpedancia eléctrica (BIA)

HT: altura X: Reactancia R: Resistencia

Para asegurar la exactitud de predicción de estas ecuaciones, los sujetos deben seguir estrictamente una serie de normas como son:

1. No comer ni beber en las 4 horas previas al test
2. No realizar ejercicio antes de 12 horas
3. No orinar antes de 30 min
4. No consumir alcohol 48 horas antes
5. No tomar diuréticos 7 días antes

6. No realizar la valoración en fase lútea

7. No tener elementos metálicos en el cuerpo (anillos, pulseras, pendientes, piercings, etc.)

Aunque la relativa exactitud predictiva de la BIA es similar al método de los pliegues, la BIA sería preferible porque el método no requiere un alto grado de habilidad técnica, el método es más confortable y menos intrusivo para el sujeto y además se puede usar para estimar CC en individuos obesos⁴⁴.