

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL: EVIDENCIAS ACTUALES (I)

BODY COMPOSITION ASSESSMENT METHODS: ACTUAL TRENDS (I)

LOS MÉTODOS MULTICOMPONENTE DE COMPOSICIÓN CORPORAL

Existen en la bibliografía un gran número de datos antropométricos sobre medidas de pliegues de grasa, perímetros, longitudes e índices basados en la relación peso-talla, que han conformado modelos para el desarrollo de fórmulas para predecir la composición corporal en diferentes grupos de edad¹⁻⁴:

Modelos bicompartimentales (2C)

Este es el modelo básico, donde el cuerpo es dividido en dos partes: la grasa (Fat) y el resto que se denomina la masa libre de grasa (FFM). La medición de la grasa siempre ha sido una prueba para los métodos y técnicas que pretenden determinarla. Si se realiza el cálculo de la FFM, por derivación de la masa total, se obtiene la masa grasa. Este modelo de 2 componentes (2C) está siendo utilizado desde hace más de 50 años y aún tiene un papel importante en la investigación de nuevas tecnologías para la valoración de la masa grasa. Los modelos de 2C se basan en la medida de la densidad corporal. El método más común para este cálculo es la hidrodensitometría (HD), que se basó en los trabajos de Behnke, *et al.*⁵ y posteriormente desarrollado en las Universidades con especial incidencia en el campo del fitness y los deportes

de alto rendimiento. El método hidrodensitométrico permite el cálculo del peso en seco, el peso en inmersión y el volumen que desplaza. Estas constantes permiten el cálculo de la densidad corporal. Una limitación de este método es el cálculo del volumen residual pulmonar (VRP) y el volumen corporal (VC).

Otros dos métodos como el K⁴⁰ y la dilución de agua radioactiva, están siendo utilizados para la medición de la FFM, asumiendo que las concentraciones de agua en FFM son de 0,732 l/kg (73,2%) y una cantidad de 68,1 mEq/kg de potasio corporal. El método de 2C asume que la densidad de FFM es constante, aunque esta circunstancia está demostrada que varía según la edad, la raza, los grupos étnicos, etc.

Modelos tricompartmentales (3C)

Este modelo requiere de las medidas de densidad corporal (hidrodensitometría) y de agua corporal total (ACT) mediante un método de dilución isotópica. Este modelo de partición en 3C divide a la FFM en dos partes: contenido de agua y materiales sólidos como proteínas y minerales. Por tanto, en sujetos con depleción proteica y/o mineral óseo (enfermos de cáncer, osteoporóticos), la estimación de la densidad para estos compartimentos implicará un error en la estimación de la cantidad de grasa.

**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

Modelos tetracompartimentales (4C)

Para precisar en las medidas de los compartimentos proteico y mineral. Los métodos empleados para medir estos componentes son el análisis de activación de y el DXA, que asumen que la densidad de la proteína corporal y el mineral óseo es de 1.34 Kg/l y 3.075 Kg/l respectivamente⁶.

Otra alternativa de 4C es la presentada por Moore⁷, en la cual la FFM se compone de: masa celular, agua extracelular y sólidos extracelulares, y estos componentes serían medidos respectivamente por K^{40} o K^{42} en plasma, dilución de bromo y DXA.

En el laboratorio y en las consultas clínicas, también se evalúa la composición corporal para identificar el riesgo de los individuos con un bajo o alto nivel de grasa corporal, pudiéndola medir de varias formas. Se pueden usar los datos de la composición corporal también para estimar pesos ideales para no depor-

tistas y determinar pesos ideales competitivos para atletas, sobre todo para participar en deportes en los que se usa el peso corporal, para la clasificación de la categoría competitiva.

Otros campos de estudio clínico son la supervisión del crecimiento, la maduración en relación a la edad y los cambios relacionados con la composición corporal.

Modelos multicompartimental de 5 componentes (5C)

Este modelo fue desarrollado por Wang, *et al*⁸. Se distinguen varios niveles:

- Nivel elemental o atómico: en el cual se incluían elementos como: oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, cloro, sodio, magnesio y la sumatoria de todos esos elementos sería el peso corporal.
- Nivel molecular: Compuesto por la masa grasa, agua corporal total, proteína corporal total, mineral óseo (2.941 x Calcio corporal total) y mineral en tejidos blandos.
- Nivel celular: Se incluyen la masa celular (CM), el agua extracelular (ECW), los sólidos extracelulares y la grasa
- Nivel de sistemas de tejidos: Se compone de el tejido adiposo (grasa + células), el tejido músculo esquelético, el tejido óseo y otros tejidos (piel, vísceras, sangre, etc) (Figura 1).

2C	Atómico	Molecular	Celular	Funcional
Fat	Na, K, Ca	Mineral	Fat	Otras
FFM	Carbono	Proteína	ECS	Sangre
	Hidrogeno	Fat	ECW	Hueso
	Oxígeno	Agua	Células	Tejido adiposo Músculo esquelético

Fat: grasa; FFM: fat free mass; Masa libre de grasa; ECS: extracelular solids; ECW: extracelular water

FIGURA 1.- Modelo básico de 2 compartimentos (2C) y modelos multicompartimentales de investigación en composición corporal: atómico, molecular, celular y funcional

Modelo	Ecuaciones para el cálculo del % grasa	Métodos adicionales	Autor
2C	$(4.57/Dc-4.142) \times 100$ $(4.95/Dc-4.5) \times 100$		Brozek Siri
3C	$(2.118/Dc-0.78) \times fTBW-1.354$ 100 $(6.386/Dc-3.96) \times fMIN-1.354$	D ₂ O DXA o NAA	Siri Lohman
4C	$(2.747/Dc-0.714) \times fTBW$ $+1.146 \times fBONE-2.053$	D ₂ O+DXA	Selinger

TABLA 1.- Ecuaciones utilizadas para estimar el % grasa, para modelos de Hidrodensitometría de 2C, 3C y 4C y métodos adicionales

2C/3C/4C: Dos/Tres/Cuatro componentes; Dc: Densidad corporal obtenida; DXA: Absorciometría dual fotónica de rayos X; NAA: Análisis de activación de neutrones; D₂O: Dilución de deuterio; fTBW: Total body water; Agua corporal total: Requiere medición de dilución de isótopos; fMIN: Mineral Total/Peso

En la Tabla 1 resumen se presentan los diferentes métodos para el cálculo del % de grasa, así como los métodos adicionales de estimación de los diferentes modelos de composición corporal.

MODELOS TEÓRICOS QUE USAN REFERENCIAS DE MEDIDAS DE COMPOSICIÓN CORPORAL

Para estudiar la composición corporal, la masa corporal se subdivide en dos o más comparti-

mientos, pudiendo utilizar diferentes modelos: atómicos, moleculares, celulares o tisulares⁸ (Figura 1). En la década de los años 60, se desarrollaron por Brozek⁹ y Siri¹⁰, modelos moleculares de dos componentes que se han utilizado extensamente para obtener referencias de mediciones de composición corporal y para validar métodos de campo y ecuaciones de predicción.

El clásico modelo de dos componentes divide el cuerpo en masa de grasa y masa libre de grasa (MLG). La masa de grasa (MG) consta de todos los lípidos del tejido adiposo y otros tejidos. Típicamente se estima la composición corporal por densitometría o hidrometría y se obtiene un fraccionamiento del cuerpo en dos componentes: Benhke, *et al*⁵.

(Peso corporal: masa grasa y masa libre de la grasa) PC: Masa Grasa (MG) + Masa Libre de Grasa (MLG). Las limitaciones de la técnica de los dos componentes son evidentes y residen en que la densidad de la masa libre de grasa no es constante en todos los tejidos corporales, como así se asumía anteriormente.

La MLG incluye agua, proteínas, y componentes minerales¹⁰. El fraccionamiento de los dos componentes de Siri asumía que la densidad de la grasa era de 0.901 g/cc y la de la MLG de 1.10 g/cc. Estas son similares en todos los individuos, y las densidades y proporciones relativas de agua, proteína y componentes minerales en la MLG son constantes para todos los sujetos, siendo las diferencias individuales debidas sólo a la cantidad de grasa.

Usar estas proporciones supuestas y sus densidades respectivas, permitió a Siri¹⁰ desarrollar su conocida fórmula para estimar la masa grasa (% GC) a partir de una densidad del cuerpo total (Dc), con la fórmula $\% GC = [(4,95/ Dc) - 4,50] \times 100$.

Brozek, *et al*⁹. trabajando con el fraccionamiento en dos componentes obtuvieron otros valores diferentes para la densidad de la grasa (0.88876 g/cc) y la MLG de 1.10333 g/cc. y la fórmula para el cálculo de grasa fue: $\% GC =$

$[(4,57/ Dc) - 4,142] \times 100$, y por tanto muy próxima a la de Siri¹⁰.

MÉTODOS DE REFERENCIA EN EL ÁREA DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

Existen varios métodos que se usan para obtener medidas de referencia en composición corporal, incluyendo las técnicas informatizadas (tomografía, resonancia magnética y análisis de la activación de neutrones), así como alternativamente a las anteriores técnicas existen la hidrodensitometría, la hidrometría, y el DEXA siendo las más utilizadas en investigación para obtener medidas de referencia de la composición corporal.

Todos estos métodos están sujetos al error de medida y tienen fundamentos básicos que no siempre son exactos.

Hidrodensitometría (HD)

Este antiguo método, hace referencia a la medida de densidad corporal total y a la estimación de la composición del cuerpo en base a la grasa y al tejido libre de grasa. La densidad corporal es la relación entre el peso y volumen del cuerpo; midiéndose este volumen del cuerpo por desplazamiento del agua.

Este método del desplazamiento del agua, también conocido como peso hidrostático o pesada hidrostática es considerado por todos los autores como el método referencia en virtud del pequeño error técnico asociado con la medida exacta de la densidad corporal (0.0015 g/cc) y aproximadamente un 0,7% en el cálculo de la grasa corporal. Para alcanzar este grado de exactitud, la masa total, el peso bajo el agua, la temperatura del agua, y el volumen pulmonar residual (VR) deben ser considerados la masa corporal tanto fuera, como dentro del agua y deben ser medidos con una precisión de 200 g.

Las medidas de VR se deben medir preferiblemente en el tanque de agua simultáneamente con el peso bajo el agua en lugar de fuera del

tanque. Las mediciones simultáneas del VR en el tanque, posee estimaciones más válidas de la densidad corporal¹¹. Para propósitos de investigación se recomienda medir el VR, y no predecirlo¹²⁻¹⁴ pues existen variaciones si se realiza de una u otra forma. Las ecuaciones de la predicción del VR típicamente tienen errores normales de estimación para volúmenes mayores a 500 ml^{12,14}. Se puede medir el VR utilizando un circuito cerrado de helio, nitrógeno, métodos de dilución del oxígeno o un método abierto de nitrógeno.

La técnica de la pesada hidrostática, requiere cooperación y necesita ser ejecutada varias veces para obtener una estimación exacta del peso debajo del agua. Aunque algunos investigadores han establecido criterios de selección basados en 10 ensayos de pesada bajo el agua^{13,15}, generalmente, la mayoría de sujetos alcanzan un valor de peso bajo el agua estable en 4 a 5 ensayos. Bonge y Donnelly¹⁶ recomiendan usar el promedio de tres ensayos dentro de 100 g de variación para medir el peso bajo el agua. Personas mayores, niños, personas con minusvalías físicas, individuos con enfermedades, no deberían realizar procedimientos de pesada hidrostática bajo el agua, por la dificultad inherente al procedimiento.

El volumen y la densidad corporal pueden ser medidos también por pletismografía. Investigaciones demuestran que el pletismógrafo por desplazamiento de aire Bod Pod®, permite de forma fiable y válida la estimación de la densidad corporal y % GC comparado al peso hidrostático en adultos⁹. La fiabilidad de Bod Pod® es un poco mejor que la Hidrodensitometría (CV = 1,7% y 2,3% para Bod Pod® e hidrodensitometría, respectivamente). En promedio habría un 0,3% de grasa corporal de

diferencia entre la masa grasa estimada por cada uno de estos instrumentos¹⁷. De cualquier modo, estudios recientes informan que el Bod Pod® sistemáticamente sobrestimó el % de grasa corporal (aproximadamente 2%) en hombres negros¹⁸ e infravaloró un 2% la grasa corporal en jugadores del fútbol¹⁹. Por ello, en este momento, sería prematuro recomendar el reemplazo de la hidrodensitometría con la pletismografía del desplazamiento del aire cuando evaluamos densidad corporal en estudios de investigación.

Común a los dos métodos para medir la densidad corporal total, una fuente potencial de error de la medida por ambos estos métodos es la fórmula de la conversión para estimar el porcentaje de grasa (% GC) desde la densidad corporal. Investigaciones muestran que las asunciones subyacentes al uso del fraccionamiento clásico en dos componentes, desarrollado por Brozek⁹ y Siri¹⁰, no se encuentra en muchos grupos de individuos. Por ejemplo la densidad de la MLG puede variar desde el valor supuesto (1.10 g/cc) debido al envejecimiento, al género, al nivel de grasa corporal, la actividad física, y la etnia²⁰⁻²². Además, estos modelos no son apropiados para evaluar la composición corporal en individuos con enfermedades en las cuales se alteran las proporciones de agua (desnutrición y obesidad, de proteínas (sida, cáncer), y del componente mineral (osteoporosis) en la masa libre de grasa.

Aunque los métodos densitométricos rinden unas medidas exactas de densidad corporal, Lohman²¹ especuló una variabilidad en la MLG de un error del 2,8% para el cálculo de la grasa corporal, cuando esta se estima a partir de la Dc, en una población homogénea (de similar edad, género y etnia).