PubliCE, (PubliCE) 2004

Monograph

Errores Conceptuales en Estudios Antropométricos que Buscan Estimar la Composición Corporal

Paulo Sáez Madain

RESUMEN

Entre los factores que afectan de algún modo la interpretación y aplicación de formulas antropométricas para la valoración de la composición corporal, la parte conceptual juega un rol fundamental que debiera ser tomado en cuenta redefiniendo y especificando de mejor forma que es lo que mide cada formula y a que nivel de división corporal se esta llevando a cabo una determinada investigación, medición y evaluación en el campo de la antropometría. En el presente artículo, se evidencia el mal uso que se les da a términos como grasa, masa magra y tejido principalmente, lo que desencadena una serie de problemas al momento de querer saber de donde surgen los distintos métodos de estimación de la composición corporal y su valoración.

Palabras Clave: densitometría, plicómetro, tejido adiposo, contenido lipídico, masa magra, grasa

INTRODUCCION

Los errores en términos técnicos no solo pueden producir fallas en la interpretación de determinado concepto o cuerpo teórico, sino que además puede dificultar el ejercicio investigativo y todo lo que de él pueda surgir. Es el caso del estudio de la composición corporal, una de las áreas de la cineantropometría que más fórmulas ha generado, fórmulas que se justifican bajo procedimientos de validez que han sido ampliamente cuestionados.

El objetivo principal del presente artículo no se centra en redundar sobre errores técnicos y supuestos teóricos de estos procedimientos de validez, sino que, el acento está puesto en revisar aquellos términos conceptuales que han sido ampliamente utilizados en el área de la cineantropometría y que, por un error de definición, puede llevar a confusión.

DESARROLLO

Conceptos generales

El estudio de la composición corporal a sido de gran ayuda a la hora de poder cuantificar el efecto que tiene en la estructura corporal un plan dietario o hábitos alimenticios específicos, así como también, poder determinar cuantitativamente el efecto de un plan de entrenamiento, la monitorización de estados de desnutrición, establecer un

diagnóstico y clasificación de niveles de obesidad, etc.

Al hablar de composición corporal, establecemos divisiones del cuerpo en cuanto a sus componentes constituyentes, uno de los sistemas de clasificación del cuerpo es la que establece Wang y cols. (1992):

Nivel 1: Atómico: Hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, carbono, minerales.

Nivel 2: Molecular: Agua, proteínas, lípidos, hidroxi–apatita.

Nivel 3: Celular: Intracelular, extracelular.

Nivel 4: Anatómico: Tejidos muscular, adiposo, óseo, piel, órganos y vísceras.

Nivel 5: Cuerpo entero: Masa corporal, volumen corporal, densidad corporal.

Para poder estimar la composición del cuerpo existen una amplia variedad de métodos, estos pueden ser clasificados en tres grupos según Martin y Drinkwater (1991):

1. Métodos directos: Es un método que se basa en el procedimiento de disección de cadáveres. Es el único absolutamente válido y que no depende de supuestos teóricos.
2. Métodos indirectos: Llamados "in vivo". Se han considerado así porque para calcular cualquier parámetro lo hacen a partir de la medida de otro, como por ejemplo la utilización de la densidad corporal total para estimar la composición corporal, presuponiendo una teórica y constante relación cuantitativamente entre ambas variables.
3. Métodos doblemente indirectos: Resultan de ecuaciones derivadas de algún método indirecto, en la cual se encuentran las fórmulas bi–compartimentales basadas en la medición de los pliegues cutáneos para estimar el contenido lipídico corporal total. Estas fórmulas gozan de gran popularidad, debido a su bajo costo y fácil aplicación, en la actualidad ya se han reportado más de 100.

Para poder abordar de mejor forma el presente tema, se hace necesario llegar hasta los orígenes de su fundamentación, por lo que, la mención del método de validación es imprescindible.

Método de validación. Breve perspectiva histórica

Por mucho tiempo la densitometría por inmersión fue considerada el método patrón por excelencia, esto significó que todos los demás métodos debían buscar su validación científica en él. Esta afirmación llevó a Wilmore, en 1983, a denominarlo como el "gold estándar". Esto, obviamente incluyó a las formulas bi – compartimentales de división corporal basadas en la medición de los pliegues cutáneos y el pesado en inmersión se transformó en padre y ente regidor de sus respectivas fórmulas destinadas a la valoración de la composición corporal. Por lo tanto, errores en conceptos y supuestos teóricos que sustentan al pesado en inmersión como método para estimar la composición corporal son heredados en forma automática a las fórmulas bi–compartimentales que buscan su validación en él.

La densitometría está basada en el concepto o modelo de "2 componentes o división bi–compartimental del cuerpo": la masa lipídica y la masa libre de contenido lipídico (designadas según el autor) ó señaladas erróneamente por algunos como "masa grasa y masa magra".

Los primeros estudios en densitometría por inmersión datan de la década de los 40. Un académico de las fuerzas armadas de Estados Unidos llamado Albert Behnke, tenía dos preocupaciones que tenían un mismo fondo. Estaba preocupado por como se elegía a quienes estaban aptos para ingresar a las filas del ejercito y observó que algunos postulantes eran rechazados por presentar sobrepeso producto de poseer una estructura muscular importante (esto ocurría principalmente en jugadores de fútbol americano), además necesitaba de un método para diferenciar la composición del cuerpo ya que los buzos de la marina con mucho tejido adiposo corrían el riesgo de padecer trastornos debido a que el nitrógeno es soluble en lípidos del cuerpo. Producto de esto, Behnke se dedicó a investigar la composición corporal popularizando el modelo de dos componentes moleculares por medio de la determinación de la densidad corporal, el fundamento por el cual se apoya el uso de la densidad como factor predictivo de composición corporal es que los lípidos observados poseen una densidad menor que el tejido libre de contenido lipídico, por tanto, una persona con una mayor proporción de masa lipídica corporal, en comparación a una persona magra, tendrá una densidad corporal menor.

Para esto se utilizó el principio de Arquímedes que establece que el volumen de un objeto es igual a la cantidad de agua que desplaza al ser sumergido. Debido a que la densidad de un objeto se define como su peso por unidad de volumen, entonces la densidad corporal (Dc) se puede determinar si se conoce el peso del sujeto en el aire y cuando está completamente sumergido en el agua.

Si el grado de flotabilidad de un individuo refleja relativamente su cantidad de masa lipídica en relación al peso total y a la

masa libre de contenido lipídico, se hace evidente que, y siempre según el modelo de “2 componentes” existe una relación directa entre la densidad del cuerpo humano y su contenido de masa lipídica.

Los trabajos de Behnke entre los años 1932 y 1939 versaban sobre la difusión del nitrógeno gaseoso (N2) en el organismo humano, estudios que se mostraron determinantes en el rescate del submarino norteamericano “Squalus” que se hundió en el año 1939 a 150 metros de profundidad.

El reto que supuso para la época la realización de trabajos a tal profundidad, implicó el cálculo de nuevas mezclas respiratorias para los buzos. Para ello fue necesario estimar su composición corporal; ya que se comprobó que su mayor o menor afinidad a la peligrosa narcosis del nitrógeno dependía en gran medida de la cantidad y distribución del tejido adiposo.

En los estudios iniciales de buzos realizados por Behnke, 64 sujetos fueron divididos en dos grupos basados en su densidad corporal. La diferencia media en el peso corporal y el volumen corporal entre los grupos era 12.4kg y 13.29 litros respectivamente. La razón de estas diferencias medias (diferencia de masa/diferencia de volumen), era de 0.933g x ml-1, un valor dentro de la gama densitométrica de 0.92 a 0.96g x cc-1 para el tejido adiposo humano. Por lo tanto, la diferencia entre los grupos de densidad alta y baja era equivalente a la densidad del tejido adiposo. Cuando se determinó la densidad de un grupo de jugadores profesionales de fútbol americano que estaban por sobre los estándares de peso corporal considerado como ideal para ingresar al ejercito (17 de entre 25 jugadores presentaban una masa corporal excesiva, siendo considerados como obesos), presentaron una densidad media de 1.080g x cc-1 y un peso magro medio que era 20kg más alto que el de los buzos. Como declaro Behnke “de hecho, aquí estaba la presunta demostración de que la grasa podría separarse del hueso y del músculo in vivo”. Las conclusiones de estas observaciones derivó en que, a través de un artículo en el JAMA (Journal of the american Medical Association), alertara sobre lo inadecuado que puede resultar la utilización del índice de masa corporal (masa corporal en kilos / talla al cuadrado en metros) como criterio del grado de obesidad de una persona.

$$Dc = \frac{Peso\ del\ cuerpo\ en\ el\ aire\ (gr)}{\frac{Peso\ del\ cuerpo\ (gr) - Peso\ del\ cuerpo\ en\ el\ agua\ (gr)}{Densidad\ del\ agua}} - Volumen\ Residual$$

De densidad corporal a porcentaje de contenido lipídico

En sus primeros estudios Behnke solo se limitó a estimar la densidad corporal e inferir a través de esa medición que existía diferencias de composición corporal entre dos sujetos que presentarán la misma masa corporal, pero distinta densidad. Posteriormente, surgieron distintas ecuaciones para estimar, a través de la densidad corporal total, el porcentaje de masa lipídica. Estas ecuaciones se construyeron a partir de estudios que midieron la densidad de los lípidos en un primer paso y luego, años más tarde, se midió la densidad de la masa libre de contenido lipídico.

Los valores de densidad de 0.9 g/ml para los lípidos fueron obtenidos de estudios de Rathbum y Pace (1945) sobre el análisis químico de unos 50 cerdos de la India eviscerados y afeitados. Si bien fue Behnke quien en 1942 introdujo el concepto de división del peso corporal en dos componentes: la “masa grasa” y “la masa magra”, fueron Rathbum y Pace, en 1945, quienes desarrollaron la primera ecuación para determinar el porcentaje de contenido lipídico.

Fórmula de Rathbun y Pace (1945):

Porcentaje de contenido lipídico = {(5.548 / densidad corporal) – 5.044} x 100

Estudios posteriores realizados en el análisis químico de sólo tres cadáveres masculinos de 25, 35 y 46 años de edad, arrojaron una densidad para la masa libre de contenido lipídico de 1.1g/cm^{-3} (Brozek y col. 1963), esto constituyo, por algunos años, un referente para la consideración de la densidad de la masa libre de contenido lipídico, independiente de la edad, sexo, dote genética y grado y tipo de entrenamiento físico de los sujetos.

Entre las ecuaciones que han sido construidas gracias a investigaciones previas que han utilizado cadáveres para calcular las densidades y las proporciones relativas de los componentes químicos de los distintos tejidos corporales, las más conocidas son:

1. Siri (1961):

Porcentaje de Contenido lipídico = (4.95/Dc – 4.50) x 100

2. Brozek (1963):

Porcentaje de Contenido lipídico = (4.57/Dc – 4.142) x 100

En donde Dc significa densidad corporal.

La más popular es la de William Siri de 1961, que supone que las densidades de la masa libre de contenido lipídico y masa lipídica son de 1.1 y 0.901gr.cm^{-3}, respectivamente, en tanto que los valores asignados a estos componentes según la formula de Brozek es de 1.1033gr.cm^{-3} para la masa libre de contenido lipídico y de 0.88876gr.cm^{-3} para la masa lipídica. Estas dos formulas de conversión de densidad corporal a porcentaje de contenido lipidico producen estimaciones similares (entre 0.5 y 1.0 en el porcentaje de contenido lipídico) en un rango de entre 1.0300 a 1.0900gr.cm^{-3}.

Después de esta breve revisión histórica tendiente a fundamentar la técnica del pesado en inmersión para la estimación de la composición del cuerpo, se puede aseverar que dicha división se realiza a nivel molecular según el ya mencionado sistema de clasificación del cuerpo de Wang y col.

Conceptos de grasa, contenido lipídico y tejido adiposo

Una vez mencionado el método de validación utilizado por las fórmulas bi–compartimentales basadas en la medición de los pliegues, podremos proseguir con la parte conceptual.

La diferencia entre masa grasa y tejido adiposo, es que este último está compuesto por lípidos, agua, proteínas y electrolitos, en tanto, la grasa está compuesta únicamente por triglicéridos (un lípido). La grasa es un componente a nivel molecular, que no debe ser confundida con células grasas o tejido adiposo, que son componentes celulares y tisulares de la composición corporal respectivamente. En tanto que, dentro del conjunto de los lípidos, la grasa es solo una parte de ellos. Heymsfield y Wang (1993) advierten que estos términos generalmente son confundidos e intercambiados inapropiadamente. La designación de "grasa" a todos los lípidos presentes en el cuerpo hace que estos sean considerados con las mismas propiedades, en cuanto a densidad, que los triglicéridos. Si bien, los triglicéridos son el principal acumulo lipídico en los humanos y comprenden el fragmento más grande del compartimiento lipídico total, el resto de los lípidos que están presentes en la composición del cuerpo están muy lejos de los valores de densidad arrojados por los triglicéridos, esto puede haber sido producto de la forma en que Rathbun y Pace (1945) estudiaron y establecieron la densidad de los lípidos a través de estudios realizados en animales que dictaron la norma para las características de densidad del contenido lipídico en humanos.

Se debe tener en cuenta la heterogeneidad de los lípidos que conforman la llamada "masa grasa" de otras partes del organismo que además de triglicéridos pueden contener fosfolípidos, ésteres y derivados lipídicos como el colesterol. Este error conceptual a causado que se pasen por alto, por ejemplo, que el lípido del cerebro está compuesto de un 25% de triglicéridos, un 50% de fosfolípidos (1.035g/ml-1) y un 25% de colesterol (1.067g/ml-1). Con una densidad global del lípido del cerebro de 1.005; que en términos de densidad, la diferencia entre un valor de 1.005 y 0.9 es bastante significativa. Esta diferencia sistemática de la supuesta constancia del total de lípido en el cuerpo resultaría en un error muy pequeño, ya que el contenido lipídico del sistema nervioso no representa más de 200g (Forbes et al., 1991). Aún así, por lo anteriormente expuesto, el autor sugiere hablar de contenido lipídico y no de grasa.

El escaso protagonismo de los errores señalados en la determinación de la densidad del contenido lipídico a la hora de estimar la composición corporal a provocado que no se lo tome en cuenta, sin embargo, su incidencia se vuelve mayor en sujetos muy delgados en los cuales este aspecto representa un aporte porcentual más significativo que el resto de la población, por lo tanto, su papel es de mayor importancia en el calculo final de la densidad corporal total. Este aspecto puede explicar, en parte, el por que la relación entre la suma de los pliegues cutáneos y la densidad total del cuerpo es curvilínea y no lineal como se habría supuesto en la mayoría de las ecuaciones de regresión múltiple originales. Según Pollock y Jackson (1984), las ecuaciones que tienen presente este factor minimizan los grandes errores de pronóstico que se producen con las ecuaciones lineales en los extremos de la distribución de la densidad del cuerpo, en este caso, en el extremo más próximo a los individuos que presentan menos contenido lipídico corporal.

En relación al tejido adiposo, cabe señalar que es la masa diseccionable que incluye al tejido adiposo subcutáneo y el visceral, además de una limitada cantidad intramuscular, esta definición es propuesta en el estudio realizado por Deborah Kerr en 1988 y que dio nacimiento a su formula de cinco componentes.

Está formado por:

- Lípidos. Con una variabilidad entre, según articulo publicado por Garn y Gorman (1956), 5.2 y 94.1% del total del tejido adiposo, entre 42.4 y 94.1 según Martin (1984) o entre 60 y el 85% según Shephard (1991).
- Agua. Con una variabilidad de 14 al 34% (Martín y col. 1984) ó 4.4 al 53%.
- Tejido vascular y nervioso.

Una de las causas que pueden provocar el mal uso que se le da a los conceptos de “masa grasa” y tejido adiposo o de contenido lipídico y tejido adiposo es producto de que un método que hace una valoración de la composición del cuerpo midiéndolo a nivel anatómico (formulas de estimación de la composición corporal basadas en la medida de pliegues cutáneos) se lo pretende validar mediante otro método que hace una división del cuerpo a nivel molecular (método densitométrico).

También sería un error hablar de tejido graso, entendiendo como tejido: conjunto de células semejantes entre sí que tienen un origen común y la misma fisiología, la designación conceptual por tanto debiera regirse por el nombre de las células constituyentes y no por el elemento molecular predominante que obviaría al resto de los elementos que componen al tejido, el símil de considerar al concepto de tejido graso como correcto sería usar los nombres de tejido mineral para el óseo o de proteico para el muscular.

Conceptos de masa libre de grasa, masa libre de contenido lipídico y masa magra

Los lípidos presentes en el cuerpo no sólo se almacenan en el tejido adiposo subcutáneo, sino también en el tuétano de los huesos, además del corazón, los pulmones, el hígado, el bazo, los riñones, los intestinos, los músculos y por todo el sistema nervioso central. Este contenido lipídico es denominado por Behnke como “grasa esencial” ya que supone el funcionamiento fisiológico normal del ser humano. En el caso de las mujeres, en la llamada “grasa esencial” se incluye la existente en los pechos y órganos reproductivos y se la designa como “grasa específica del sexo”.

Behnke estimó que esta “grasa esencial” debería estar en un 3% para varones y un 12% en mujeres, valores debajo de los cuales no sería compatible la vida. Este porcentaje de contenido lipídico fue incluido dentro de la masa magra ya que forma parte de órganos y huesos. El concepto de masa magra, luego de esta breve explicación, pareciera que pudiera quedar mejor establecido, sin embargo, sigue resultando problemático desde el punto de vista de su valoración ¿Cómo poder determinar cuales son los lípidos esenciales y cuales no? Lo que evidencia que el cimiento de esta teoría se basa en supuestos, en los cuales se establecen en forma arbitraria rangos definidos para cada sexo, además, si se pretende realizar una división a nivel molecular del cuerpo, ¿Qué justifica que se mezclen proteínas, minerales y demás constituyentes químicos del cuerpo con los lípidos bajo un mismo concepto (masa magra)? Esto a significado que la masa libre de contenido lipídico y el peso magro todavía sean términos equívocos, y es posible ver distintas publicaciones que indican, por ejemplo, que la densitometría mide, para algunos, el peso magro (Nichols y Sheng, 1992; Roubenoff y Kehaias, 1991), o, en forma textual: “la masa libre de grasa” (masa libre de contenido lipídico) (Heitmann, 1991; Lohman, 1986; Lukaski, 198725). Para otros autores como Forbes (1987) ambos términos son sinónimos. Para evitar esto, Lohman recomienda que todos los investigadores adopten el concepto de “masa libre de grasa”, o mejor designado, según el autor, como masa libre de contenido lipídico, definido como la masa de todos los tejidos corporales menos la de los lípidos extraíbles.

Por tanto, la diferencia entre ambos conceptos, peso magro y peso de la masa libre de contenido lipídico, estriba en que el primero excluye los lípidos constituyentes de las membranas celulares y el sistema nervioso (Nichols y Sheng, 1992; Roubenoff y Kehaias, 1991), en tanto el segundo incluye todos los componentes no lipídicos del organismo, incluyendo los de las membranas celulares y el sistema nervioso (Heitmann, 1991).

En el caso específico de las mujeres, Behnke y Wilmore consideraron que el peso mínimo sería el peso magro que tendrían si fueran varones más el agregado de la llamada “grasa especifica del sexo” que se acumularía en las glándulas mamarias, la zona pélvica y el contenido lipídico subcutáneo situado en caderas, glúteos y muslos.

Haciendo un desglose de esta “grasa específica del sexo”, que constituye entre un 5 a un 9% más de contenido por concepto de “grasa esencial” en comparación al hombre, Behnke señala, en su mujer de referencia, un aporte de los senos de no más del 12.5% en ese concepto, suponiendo una cantidad estándar de contenido lipídico en esa zona anatómica específica, es decir, pasa por alto las diferencias interindividuales en ese aspecto. Los depósitos de contenido lipídico sustanciales específicos del sexo en la mujer lo constituyen las regiones pélvicas y de los muslos.

Se podría inferir que Behnke no tuvo rigor o tuvo cierta confusión en cuanto a definir a que nivel de división corporal estaba realizando sus estudios. El término “masa magra” pareciera aproximarse más a una división anatómica del cuerpo, en tanto que, “grasa esencial” y “masa grasa” resultan términos más próximos al nivel molecular.

Fórmulas de división del cuerpo de más de dos componentes

Esta confusión de términos y de niveles de división del cuerpo no sólo están presentes en los estudios de Behnke sino que también se encuentran en algunas fórmulas que se desarrollaron posteriormente y que han tratado de dividir la composición del cuerpo a más de dos compartimentos, soliendo mezclar componentes anatómicos como el tejido muscular, tejido óseo y lo correspondiente a vísceras o residual, con componentes moleculares como el concepto de grasa.

La pretensión de poder desarrollar un método de división corporal de más de dos componentes en el área de la

antropometría, se le reconoce su origen en trabajos realizados en 1921 por el antropólogo checoslovaco Jindrich Matiegka quien elaboró un método para la cuantificación del los pesos de cuatro componentes que nombró como: óseo, graso, muscular y residual (órganos y vísceras).

Varios investigadores reconocieron la notable contribución de Matiegka, pero esta aproximación antropométrica a la definición de proporciones y porcentaje de masas en el cuerpo fue largamente rechazada en la comunidad de la "composición corporal" porque se habían popularizado métodos tales como la densitometría para la estimación de la masa lipídica corporal, hasta que su idea fue retomada por Drinkwater y Ross en 1980, quienes desarrollaron una fórmula de división corporal en 4 componentes ["grasa" (contenido lipídico), masa muscular, masa ósea y masa residual] y demostraron la posibilidad de que los valores obtenidos por Ross y Wilson en un modelo llamado hoy de proporcionalidad o estratagema phantom que consiste en una lista de referencias arbitrarias de la estructura humana, de características unisexuadas, no etaria, no étnica y proveniente de diversos estudios de promedios poblacionales, podrían predecir, mediante ecuaciones matemáticas, los porcentajes de los mencionados componentes. El porcentaje de masas calculado y los pesos respectivos parciales en kilogramos, daban un peso "estructurado" que fue comparado con el peso real en 939 sujetos (varones y mujeres), por lo cual pudieron predecir el peso real del sujeto casi perfectamente (0,03%) con un aceptable error absoluto (+ 4,57%), sin embargo, y a pesar de su buen índice de predicción, el error no está en lo precisa que pueda resultar esta fórmula, sino que en su confusión conceptual que repercute también en errores en cuanto al nivel de división corporal que se pretende estudiar para estimar sus distintos componentes. Si entendemos que la validez de una prueba indica el grado en que ésta mide lo que debe medir, entonces esta prueba de estimación de la composición corporal sería inválida. Considerando que tanto el tejido muscular, óseo y visceral (conceptos de división corporal a nivel anatómico) poseen determinadas cantidades de lípidos y que el concepto de "grasa" (concepto de división corporal a nivel molecular), que en esta fórmula fue obtenida mediante los estudios realizados por Yuhasz que desarrollo un método bi–compartimental de división corporal (masa correspondiente a contenido lipídico y masa libre de contenido lipídico) que no contempla, por lo tanto, la existencia, además de lípidos, de agua, vasos y nervios que conforman al tejido adiposo principalmente, entonces cabe preguntarse ¿En qué compartimento son considerado todos aquellos elementos que no son "grasa" y que conforman al tejido adiposo? ¿Los tejidos muscular, óseo y visceral son considerados con su respectivo contenido lipídico o se los considera como masa libre de contenido lipídico? Si son considerados como masa libre de contenido lipídico entonces perderían su condición de tejidos.

Un gran impulso y ordenamiento de conceptos lo produjo en el campo de la cineantropometría el estudio de 25 cadáveres embalsamados y no embalsamados, cuya medición antropométrica y posterior disección fue llevada a cabo en Vrije Universiteit en Bruselas (Bélgica), los autores que participaron de este estudio evidenciaron que las proporciones de los componentes de los tejidos considerados en su estudio (tejido óseo, muscular, adiposo, residual y piel) presentan una gran variabilidad lo mismo que sus respectivas densidades. Este último punto, supondría que los componentes a nivel molecular de los distintos tejidos constituyentes del cuerpo, entre diferentes individuos, también se presentan en forma variable.

Considerando los resultados arrojados por el estudio realizado en cadáveres y la aplicación del modelo de proporcionalidad (estratagema phantom), Deborah Kerr desarrollo un modelo de fraccionamiento de la masa corporal en 5 componentes: Masa adiposa, masa muscular, masa ósea, masa de piel, masa de tejido residual. Definiéndolos de la siguiente manera:

Masa adiposa: tejido separable por disección grosera y que incluye la mayor parte de tejido adiposo subcutáneo, el tejido adiposo omental que rodea a los órganos y las vísceras y una pequeña cantidad de tejido adiposo intramuscular.

Masa muscular: todo el músculo esquelético del cuerpo, incluyendo tejido conectivo, ligamentos , nervios, vasos sanguíneos y sangre coagulada y una cantidad indeterminada de tejido adiposo no separable físicamente del músculo.

Masa ósea: tejido óseo, tejido conectivo, incluyendo cartílago, periosteo y músculo que no haya podido ser eliminado por raspado, nervios, vasos sanguíneos con sangre coagulada y lípidos contenidos en la cavidad medular.

Masa de piel: Masa anatómicamente diseccionable de tejido conectivo, músculo liso, algo de músculo estriado superficial, pelo, glándulas, tejido adiposo asociado, nervios y vasos sanguíneos con sangre coagulada. La piel así definida, es considerada en función de la superficie corporal, el grosor y la densidad de la misma.

Masa de tejido residual: órganos vitales y vísceras consistentes en tejido conectivo, nervios, vasos sanguíneos con sangre coagulada y tejido adiposo que no pudo ser físicamente diseccionado de los órganos del tracto gastrointestinal (excluyendo la lengua que se considera parte de la masa muscular de la cabeza), los órganos sexuales, remanente del mesenterio, el tracto bronquial, los pulmones, el corazón y los vasos mayores y todos los tejidos restantes y los fluidos no incluidos en las otras cuatro fracciones.

A pesar de que muchas de las fórmulas antropométricas que estiman el contenido lipídico corporal y la fórmula desarrollada por Kerr, consideran a la medición del o los pliegues cutáneos en sus ecuaciones, sus resultados a la luz de las definiciones de los componentes considerados por Kerr, no pueden ser comparables ya que estiman elementos diferentes.

Por un lado, las fórmulas antropométricas que tienen a la densitometría por inmersión como su patrón de validación estiman porcentaje de contenido lipídico, en tanto que, la fórmula desarrollada por Kerr estima masa adiposa.

Conclusiones

- Errores de conceptos no sólo causan problemas en la interpretación de los resultados de una medición antropométrica, sino que también, en la forma de llevar a cabo una investigación.
- Tanto el método de validación como la técnica que surge de este, deben trabajar con un nivel de división del cuerpo en común.
- En el área de la composición corporal se debe delimitar de la mejor forma posible el nivel de división corporal en el que se pretende llevar a cabo una medición, evitando mezclar conceptos de distintos niveles de división corporal.
- La técnica utilizada debe responder a un criterio de validez básico, debe medir lo que realmente pretende medir.
- Las tablas diseñadas para valorar la composición corporal en cuanto a aspectos de salud o rendimiento, son específicas a la fórmula que se consideró para su elaboración.

Agradecimientos:

A Francis Holway por su tiempo.

Dirección para envío de correspondencia

E-mail: pkarims@yahoo.com

REFERENCIAS

1. De Girolami, Daniel (2003). Fundamentos de valoración nutricional y composición corporal. *Editorial El Ateneo. Argentina*
2. Durnin, J.; Womersley, J (1977). Medición de la grasa corporal por densitometría corporal total y su estimación por medición del grosor de pliegues cutáneos. *Revista de Medicina del Deporte Chile, volumen 22. Chile*
3. Esparza, F (1993). Manual de cineantropometría. *Colección de monografías de medicina del deporte FEMEDE. Madrid*
4. Holway, F (2003). Composición corporal, primera parte. *Apuntes entregados en la certificación en cineantropometría dictado por la ISAK desde el 28 al 31 de julio del 2003, en la Universidad Mayor. Chile*
5. Holway, F (2003). Introducción a la cineantropometría. *puntes entregados en la certificación en cineantropometría dictado por la ISAK desde el 28 al 31 de julio del 2003, en la Universidad Mayor. Chile*
6. (2003). Master en Alto Rendimiento Deportivo. *Centro Olímpico de Estudios Superiores. España.*
7. Mazza, J (1993). Proporcionalidad y fraccionamiento de la masa corporal. *Actualización en ciencias del deporte. Vol. 1, no 1*
8. McArdle, W.; Katch, F.; Katch, V (1986). Fisiología del ejercicio. Energía, nutrición y rendimiento humano. *Editorial Alianza Deporte. España*
9. McDougall, D.; Wenger, H.; Green, H (2000). Evaluación fisiológica del deportista. *Editorial Paidotribo. Barcelona*
10. Martin, A.; Ross, W.; Drinkwater, D.; Clarys, J (1993). Predicción sobre el tejido adiposo corporal mediante técnica de calibre para pliegues cutáneos: suposiciones y evidencia cadavérica. *Actualización en Ciencias del Deporte vol. 1 n 4. Ediatada por Biosystem. Rosario*
11. Norton, K.; Olds, T (2000). Antropométrica. *Editado por Biosystem. Rosario*
12. Pacheco, J (1996). Valoración antropométrica de la masa grasa en atletas de élite. Métodos de estudio de composición corporal en deportistas. *Investigaciones en ciencias del deporte. Ministerio de Educación y Cultura. Consejo Superior de Deportes. España*
13. Ross, W.; Kerr, D (1998). Fraccionamiento de la masa corporal: un Nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva. *Proceedings de VI simposio internacional de actualización en ciencias aplicadas al deporte. Rosario*
14. Wilmore, J (2000). Composición corporal y reservas de energía del cuerpo. *La resistencia en el deporte. Editorial Paidotribo. España*