



## Revisión

### Modelos de composición corporal basados en antropometría: revisión sistemática de literatura

#### *Body composition models based on anthropometry: systematic literature review*

Francisco Eraso-Checa<sup>1,2</sup>, Ricardo Rosero<sup>2,3</sup>, Carlos González<sup>2,4</sup>, David Cortés<sup>3,5</sup>, Eder Hernández<sup>2,6,7</sup>, Juan Polanco<sup>8</sup>, Carolina Díaz-Tribaldos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Ingeniería Electrónica. Universidad CESMAG. Pasto, Colombia. <sup>2</sup>Grupo de investigación RAMPA. Universidad CESMAG. Pasto, Colombia. <sup>3</sup>Clínica de Obesidad y Metabolismo KyloGrammo. Bogotá D.C., Colombia. <sup>4</sup>Programa de Ingeniería de Sistemas. Universidad CESMAG. Pasto, Colombia. <sup>5</sup>Facultad de Medicina Universidad Antonio Nariño. Bogotá D.C., Colombia. <sup>6</sup>Departamento de Medicina Interna. Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia. <sup>7</sup>Clínica de Obesidad y Control Metabólico. Centro de Investigación. Hospital Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia. <sup>8</sup>AUNA-Clinica Las Américas. Medellín, Colombia

### Resumen

La determinación de la composición corporal se realiza a través de métodos de medición que requieren el uso de equipos especializados de difícil adquisición y manipulación. Por esta razón, diferentes autores han desarrollado modelos matemáticos para su cálculo. El objetivo de esta revisión fue analizar los trabajos realizados en modelos matemáticos para la determinación de variables de composición corporal a partir de medidas antropométricas, respondiendo las siguientes preguntas: ¿cuál es la variable corporal que el modelo predice?, ¿cuáles son las variables de entrada para el desarrollo del modelo?, ¿cómo es la tipificación de pacientes en cada modelo?, ¿qué método de análisis de datos es utilizado? y ¿cómo se evaluó el modelo? Se limitó la búsqueda a las revistas que se encuentran en los repositorios de las áreas de Medicina, Enfermería, Bioquímica, Biología, Salud, Farmacología, Inmunología, Ingeniería y Matemáticas. Se encontraron 424 artículos que se redujeron a 30 al aplicar el proceso de revisión sistemática de literatura. Se observa que los estudios analizados se orientan a la predicción de variables relacionadas con la masa grasa corporal. Los resultados de evaluación encontrados para masa libre de grasa, masa grasa y tasa metabólica basal difieren dependiendo de la técnica de comparación y los segmentos corporales analizados. La evaluación se basa principalmente en correlación intraclass, correlación de Pearson y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y se denota una buena correlación para la población objeto de estudio.

#### Palabras clave:

Antropometría.  
Composición corporal.  
Modelos de composición corporal.

### Abstract

The body composition determination is carried out through measurement methods that require the use of specialized equipment that is difficult to acquire and manipulate. Therefore, different authors have developed mathematical models for its calculation. The target of this review was to analyze the work carried out on mathematical models of body composition variables from different anthropometric measurements, answering the following questions: what is the corporal variable that the model predicts?, what are the input variables for model development?, how is the patients typification in each model?, what data analysis method has been used?, and how has been the model evaluated? The search was limited to journals found in repositories in the areas of Medicine, Nursing, Biochemistry, Biology, Health, Pharmacology, Immunology, Engineering, and Mathematics. Four hundred and twenty-four articles were found, which were reduced to 30 by applying the systematic literature review process. The analyzed studies are oriented to the prediction of variables related to body fat mass. The evaluation results found for fat-free mass, fat mass and metabolic rate differ according to the comparison technique and the body segments analyzed. The evaluation is mainly based on the intraclass correlation, the Pearson correlation and the coefficient of determination ( $r^2$ ), and they present a good correlation for the population under study.

#### Keywords:

Anthropometry. Body composition. Body composition models

Recibido: 27/07/2022 • Aceptado: 12/02/2023

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de interés.

Eraso-Checa F, Rosero R, González C, Cortés D, Hernández E, Polanco J, Díaz-Tribaldos C. Modelos de composición corporal basados en antropometría: revisión sistemática de literatura. *Nutr Hosp* 2023;40(5):1068-1079

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.04377>

#### Correspondencia:

Francisco Eraso-Checa. Grupo de investigación RAMPA. Universidad CESMAG. Ctra. 20a, 14-54. Pasto, Colombia  
e-mail: [feraso@unicesmag.edu.co](mailto:feraso@unicesmag.edu.co)

## INTRODUCCIÓN

El análisis de la composición corporal constituye una parte fundamental en la valoración del estado nutricional de los seres vivos. Para llevar a cabo un adecuado análisis es necesario delimitar los diferentes componentes, fraccionamiento del que resultarán distintos modelos de composición corporal. El primero de ellos, propuesto por Matiegka en 1921, desarrolla un modelo tetracompartimental (1), basado en cuatro componentes básicos: la masa grasa, la masa muscular, la masa ósea y la masa residual. Posteriormente, Behnke (2) postula el análisis de la composición corporal bicompartimental basado en la aplicación del principio de Arquímedes, en el cual el peso corporal estaba representado por dos componentes fundamentales, la masa grasa y la masa libre de grasa. A partir de este, se desarrolla el modelo de Keys y Brozek (3), quienes dividen la composición corporal en cuatro componentes básicos: masa grasa, masa ósea, agua y proteína. Estos modelos cambiarían en los noventa, cuando Berral (4) desarrolla el modelo pentacompartimental, que cuenta con un primer *nivel atómico* o elemental ( $O^2$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $H$ ,  $N^+$ ); un segundo nivel, conocido como *molecular* o químico, compuesto por agua, lípidos, proteínas, glucógeno y minerales; el tercer nivel o *celular*, que se refiere a masa celular, líquidos extracelulares, sólidos extracelulares y grasa; el cuarto nivel, conocido como *histológico* o tisular, que contempla elementos como músculo esquelético, músculo no esquelético, tejidos blandos, el tejido adiposo y el hueso; y finalmente, el quinto nivel, que se conoce como nivel corporal total o global.

Al determinar los compartimientos corporales, y clasificar al individuo según su morfotipo y fenotipo corporal, se debe realizar una adecuada valoración del estado nutricional, pues esta permite cuantificar las reservas corporales y, por tanto, detectar y corregir problemas en los que existe un exceso de grasa indistintamente del índice de masa corporal (IMC) o condiciones donde se puede observar masa muscular disminuida (sarcopenia). Así, a través del estudio de la composición corporal, contextualizada con los datos clínicos y metabólicos del paciente, se pueden evaluar y sugerir opciones nutricionales que podrían mejorar los hallazgos observados, además de optimizar la actividad física con una prescripción de ejercicio más individualizada según compartimientos corporales.

Los métodos de análisis de composición corporal pueden ser directos, indirectos y doblemente indirectos (5). Los directos están relacionados con la manipulación de tejidos en una práctica que solo puede ser realizada con cadáveres, mientras que los indirectos corresponden a la tomografía axial computarizada (TAC), la resonancia magnética nuclear (RMN), la absorciometría dual de rayos X (DEXA), la hidrodensitometría y la pletismografía. Estos métodos tienen la desventaja de requerir equipos especializados y ser de alto costo. Los métodos doblemente indirectos son los más utilizados, y corresponden a los métodos de análisis por impedancia bioeléctrica (BIA) y antropometría (6).

El TAC determina el área muscular de sección transversal y grasa abdominal mediante el uso de un escáner de emisión de rayos X (7) y tiene una precisión  $r^2$  de 0,99 y un coeficiente

de variación entre 1,2 % y 4,3 % (8). La RMN permite la acción de un campo magnético en núcleos atómicos de hidrógeno aplicados a los tejidos del cuerpo, de tal forma que se generan imágenes relacionadas con la distribución del tejido musculoesquelético y adiposo (9). La DEXA estima masa muscular, masa grasa y densidad mineral ósea mediante la aplicación del efecto fotoeléctrico y el efecto Compton, debido a la modificación de la longitud de onda de un fotón de rayos X (8,10). La hidrodensitometría permite medir el volumen corporal de acuerdo al principio de Arquímedes, mediante el desplazamiento del volumen de agua generado cuando un cuerpo se sumerge en un depósito de agua. El cuerpo del individuo se pesa antes de ser sumergido y, una vez sumergido, se mide el volumen residual corporal. La densidad corporal se calcula dividiendo el peso corporal por el volumen corporal ajustado (11,12). La pletismografía utiliza la ley de Boyle para determinar la relación entre presión y volumen y, por medio de la densitometría, establece la composición corporal; cuenta con una precisión  $r^2$  de entre 0,84 y 0,9 (13,14).

La BIA mide la resistencia o impedancia del cuerpo a una corriente eléctrica pequeña, indetectable para el sujeto. Debido a que el tejido magro contiene un alto nivel de agua y electrolitos, actúa como un conductor eléctrico, mientras que el tejido graso actúa como aislante. A partir de esta diferencia, se logra estimar compartimientos como la masa libre de grasa restando la masa grasa del peso corporal total (15).

Todas las técnicas de medición indirecta dependen de equipos cuyo costo puede ser elevado, con acceso restringido y requerimiento de entrenamiento para su adecuada operación. En el caso del TAC y la DEXA, no es factible su uso continuo en un mismo paciente para hacer múltiples mediciones en cortos periodos de tiempo, dado el riesgo de afectar la salud por radiación. Aunque la BIA es de bajo o nulo riesgo en salud, requiere un mínimo nivel de entrenamiento e interpretación para su realización. En el mercado se dispone de diferentes marcas de dispositivos BIA, sin embargo, su uso en el contexto médico requiere de equipos con comprobada validación para la medición de los diferentes compartimientos, sumado a un número suficiente de frecuencias y canales de corriente que permitan discriminar la distribución del agua intracelular y extracelular como estimadora de la integridad celular.

Las técnicas basadas en antropometría, mediante la medición de las dimensiones corporales como peso, talla, pliegues cutáneos y circunferencias, sumado al cálculo de índices como el IMC, el índice cintura-cadera (ICC) y el índice cintura-altura (ICA), permiten una cuantificación de los compartimientos que, aunque menos precisa, es económica y no es compleja ni riesgosa para los pacientes (16). El grosor de pliegues cutáneos, que puede medirse en más de 19 lugares, es un predictor de obesidad debido a que entre el 40 % y el 60 % de la grasa se encuentra en la región subcutánea (17). La medición de circunferencia se puede realizar en más de 17 lugares y estiman la masa musculoesquelética (MME) y la distribución de grasa. La medición del ancho de los huesos no es tan utilizada, pero permite evaluar crecimiento en niños y tamaño del marco corporal (17).

Existen modelos de composición corporal basados en antropometría que utilizan ecuaciones o sistemas de ecuaciones

matemáticas para determinar una variable corporal no medible, específicamente masa grasa y muscular, a partir de las mediciones antropométricas como el índice de conicidad o índice cadera-cintura (18). Para el desarrollo de estos modelos, los diferentes autores correlacionan los valores antropométricos con los resultados de los métodos indirectos y doblemente indirectos, para luego hacer validaciones en poblaciones específicas, logrando mejorar la confiabilidad del modelo en estas poblaciones.

El presente artículo presenta un proceso de revisión sistemática de literatura de 30 artículos que desarrollan modelos de composición corporal basados en antropometría, para determinar variables específicas como porcentaje de grasa corporal (PGC), masa grasa corporal (MGC), masa libre de grasa (MLG), masa musculoesquelética (MME) y tasa metabólica basal (TMB), comparados con alguna de las técnicas directas o indirectas y evaluados mediante el test Bland-Altman, análisis de correlación de Pearson, índice de correlación intraclase, coeficiente de Lin, t de Student, los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) y el error relativo.

## MÉTODOS

Este trabajo utiliza la metodología de revisión sistemática de literatura (RSL) de la Universidad de Keele, la cual permite resumir la evidencia existente de los modelos de composición corporal basados en antropometría, proporcionando un marco de entendimiento y una delimitación de la evidencia empírica, identificando las brechas en la literatura actual que permitan sugerir áreas para futuras investigaciones en este campo (19).

## CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Los criterios de inclusión para la selección de los estudios científicos fueron: a) estudios observacionales descriptivos (estudios de correlaciones, serie de casos, estudios poblacionales; estudios analíticos: estudio de casos y controles y pruebas diagnósticas; y estudios experimentales; b) literatura que diera respuesta a cinco preguntas: 1. ¿cuál es la variable corporal que el modelo predice?, 2. ¿cuáles son las variables de entrada para el desarrollo del modelo?, 3. ¿cómo es la tipificación de pacientes en cada modelo?, 4. ¿qué método de análisis de datos es utilizado en cada estudio? y 5. ¿cuál es la métrica de evaluación utilizada en cada uno de los modelos?; c) estudios en humanos, independiente de su peso; y e) sujetos adultos (mayores de 18 años).

Por otro lado, como criterios de exclusión se establecieron: a) estudios científicos publicados en forma de resumen, comunicaciones cortas y/o cuyos datos no estuviesen publicados; b) reportes de caso; c) estudios sin resultados publicados; d) estudios en infantes; e) estudios en animales; y f) estudios con pacientes con otras enfermedades que puedan afectar la composición corporal, como anorexia, enfermedades oncológicas o reumatológicas y población con limitaciones en movilidad por amputaciones, entre otros.

## ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

La búsqueda de artículos se realizó en bases de datos informatizadas *on-line* relevantes en áreas de Medicina, Enfermería, Bioquímica, Biología, Salud, Farmacología, Inmunología, Ingeniería y Matemáticas, hasta 2022, en idiomas inglés, español, francés y portugués. Las bases usadas fueron: PubMed, Scopus, Science Direct e IEEE Xplore. La cadena de búsqueda contiene palabras y frases clave acompañadas de sinónimos, expresiones alternativas y operadores booleanos. La búsqueda y la cadena de palabras utilizada fue la siguiente: (*body AND composition AND models OR body AND index*) AND (*anthropometric AND equations OR kineanthropometric*). El no modificar la cadena de búsqueda, en los diferentes repositorios, asegura una revisión imparcial de resultados y el uso de diferentes repositorios asegura una búsqueda exhaustiva (20,21).

## EXTRACCIÓN DE DATOS

Todas las variables metodológicas fueron extraídas, registradas y analizadas en todos los artículos por los investigadores. Aquellos artículos que no especificaron explícitamente alguna de las variables anteriores recibieron la categorización en dicha sección de “no encontrado”, sin ser eliminados del proceso de análisis por este hecho. Este método de extracción de datos ha sido recomendado por Cochrane Collaboration Back Review Group para la realización de revisiones sistemáticas (20).

## SELECCIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE ARTÍCULOS SEGÚN CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

En la primera búsqueda se encontró un total de 424 artículos, y al aplicar criterios de inclusión y exclusión se redujo la cifra a 216 documentos. De estos artículos preseleccionados, se descartaron 144 por estar repetidos o por revisión de título y resumen.

A continuación, se procedió a descargar los documentos resultantes y se empleó la escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro) (23) para analizar la calidad metodológica de todos los artículos seleccionados. La escala PEDro es una herramienta diseñada para evaluar la calidad metodológica de los diseños clínicos y empleada en numerosas revisiones bibliográficas. La escala PEDro presenta un total de once ítems. El ítem 1 hace referencia a la validez externa del estudio, mientras que los ítems 2-9 hacen referencia a la validez interna y los ítems 10 y 11 indican si la información estadística aportada por los autores permite interpretar los resultados de forma adecuada. Todos los ítems de esta lista están dicotomizados como “sí”, “no” o “no informa”. Cada ítem contestado como “sí” suma un punto, mientras que los ítems contestados como “no” o “no informa” no reciben puntuación alguna. Esto permitió realizar una selección más específica, corroborando que los artículos respondieran las preguntas

de investigación, principalmente las preguntas 1, 2 y 5. De esta forma, se llegó a una selección de un total de 72 artículos, es decir, un 16,9 % del material original.

**EVALUAR LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS**

Los criterios de calidad para la evaluación de los artículos seleccionados corresponden a la claridad de la respuesta a las preguntas formuladas en el literal a, especialmente las preguntas 1, 2 y 5.

Se realizó la lectura completa de los 72 artículos, teniendo en cuenta el rigor en el análisis e interpretación de los datos para la elaboración de los modelos, la metodología utilizada, el método de análisis de datos y la validación. De esta forma, se obtuvieron 38 artículos y de estos, se descartaron ocho debido a que su población corresponde a menores de 18 años. El repositorio final es de 30 artículo analizados.

**INTERPRETAR, ANALIZAR Y DESARROLLAR UNA SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS**

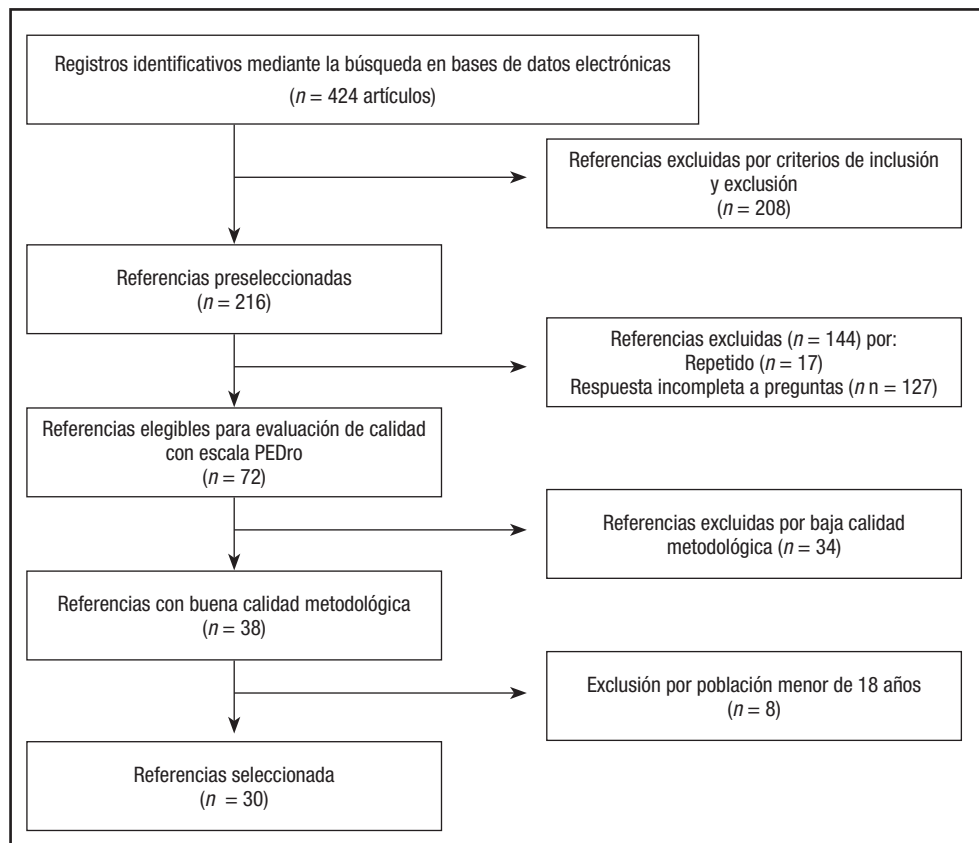
Los documentos filtrados y depurados se organizaron teniendo en cuenta los metadatos correspondientes a autores, título, año de publicación y resumen. El análisis se realiza a partir de las respuestas a los elementos del literal a, organizando los artículos por variables de salida, específicamente de carácter muscular

o graso; variables de entrada, teniendo en cuenta la cantidad o complejidad de las medidas; tipo de población, debido a que los modelos pueden ser válidos únicamente para poblaciones con características particulares; el método de análisis numérico, generalmente estadístico; y la forma de evaluación de estos proyectos, que se relacionan con herramientas cuantitativas como el Test Bland-Altman, análisis de correlación de Pearson, índice de correlación intraclass, coeficiente de Lin, t de Student, los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) y el error relativo. Esta evaluación se realiza comparando los resultados obtenidos por las ecuaciones y los valores de la variable de salida medidos por la técnica indirecta utilizada en cada uno de los trabajos.

**RESULTADOS**

**GENERALIDADES**

Los documentos analizados presentan dos tipos de metodología: la primera corresponde al desarrollo de ecuaciones a partir de valores encontrados por los métodos de análisis de composición corporal basados en equipos médicos y la segunda permite la validación de ecuaciones, desarrolladas por otros autores, en contextos específicos. La figura 1 presenta de manera cuantitativa el total de documentos resultantes de cada etapa y denota que solo el 7 % del total artículos encontrados se determinó apto para análisis de datos.



**Figura 1.** Diagrama de flujo de PRISMA para selección de artículos.

## VARIABLE DE PREDICCIÓN

Analizadas las 30 fuentes, se observa una tendencia general orientada al cálculo de grasa corporal, bien sea MGC o PGC. El 66 % de los artículos revisados predice una de estas variables, 14 de ellos (47 %) calculan PGC, 13 lo hacen de manera exclusiva y uno incluye la variable MGC. Siete calculan MGC (23 %), cuatro de ellos lo hacen de manera exclusiva, dos incluyen la predicción de músculo representado por MME y el restante incluye PGC. Ocho artículos (27 %) elaboran ecuaciones para determinar músculo (MME) y cinco de estos lo hacen de manera exclusiva. Un artículo calcula MLG en conjunto con MME. Finalmente, solo dos artículos (7 %) se enfocan en el cálculo de energía representada en la tasa metabólica basal (TMB).

La tabla I presenta el resumen cuantitativo de las variables de predicción por artículo. Estas se agrupan de acuerdo al conjunto de variables que procesa cada documento.

**Tabla I. Resultados variables de predicción**

Variable que predice	Cantidad	Referencia
MGC	4	(27-30)
MGC MME	2	(24,31)
MLG	2	(22,25)
MLG MME	1	(32)
MME	5	(33-37)
PGC	13	(11,12,26,38-47)
PGC MGC	1	(23)
TMB	2	(21,48)
Total general	30	

*MGC: masa grasa corporal; MME: masa musculoesquelética; MLG: masa libre de grasa; PGC: porcentaje de grasa corporal; TMB: tasa metabólica basal.*

## VARIABLES DE ENTRADA

Las variables de entrada o variables independientes utilizadas por los artículos para el desarrollo de sus sistemas de ecuaciones fueron disímiles entre sí. A pesar de que los documentos predicen una misma variable, los parámetros utilizados para su cálculo no necesariamente fueron los mismos.

Las variables independientes utilizadas para el desarrollo de los modelos varían de acuerdo con la variable de predicción y los procesos metodológicos propios de cada proyecto.

Las variables encontradas se clasifican según sexo, edad, raza y medidas antropométricas como: peso, talla, circunferencias, pliegues, ancho de huesos y otras medidas como impedancia, volumen corporal, agua, contenido mineral y disolución isotópica.

La tabla II detalla la cantidad de documentos que incluyen una determinada variable. La talla es el elemento que más se repite en las ecuaciones revisadas, pero no corresponde a un 100 % de inclusión; 23 de los 30 la utilizan en sus ecuaciones, lo que corresponde a un 77 %. La segunda variable más usada fue el peso (63 %) y el 43 % de los estudios incluyen la edad. La medida antropométrica de pliegues de tríceps también tuvo una participación significativa dentro documentos, con un 30 %, al

**Tabla II. Cuantificación de variables de entrada por proyecto**

Variables de entrada	Total documentos que la usan
Sexo	8
Edad	13
Raza	2
<i>Antropometría</i>	
Peso	19
Talla	23
<i>Circunferencias</i>	
Antebrazo	2
Brazo	5
Cadera	6
Pantorrilla	4
Cintura	13
Cuello	1
Muslo	5
Pierna	1
Glúteo	1
Muñeca	1
Pecho	1
<i>Pliegues</i>	
Pecho	1
Axila	3
Tríceps	9
Bíceps	7
Subescapular	6
Abdominal	2
Muslo	3
Pantorrilla	4
Suprailiaco	6
Ancho de huesos	1
<i>Otros</i>	
Impedancia	4
Volumen corporal	2
Agua corporal	2
Contenido mineral	2

igual que la de circunferencia de cintura, con un 43,3 %; el sexo se registra ocho veces (26,7 %), pero las demás variables son utilizadas por menos de diez documentos.

Además de las variables antropométricas, cuatro de los referentes (21-25) incluyen dentro de sus ecuaciones medidas de impedancia o resistencia. Se observó que dos artículos (26,27) basan sus cálculos en el modelo de cuatro componentes de Fuller 4C, que incluye datos de volumen corporal, agua y contenido mineral.

Once de 18 estudios que predicen grasa, bien sea a nivel de masa en kilogramos o porcentaje, se apoyan en la medida de circunferencias para la realización de sus cálculos y cuatro referentes que calculan músculo hacen uso de estas mediciones. Ocho estudios de 18 que predicen grasa utilizan las medidas de pliegues y solo uno que predice músculo utiliza los pliegues en sus ecuaciones. En la tabla VI se encuentran las ecuaciones por referente.

### TIPIFICACIÓN DE PACIENTES

La población analizada total suma 13.130 pacientes, sin embargo, las poblaciones entre los estudios no son comparables entre sí, dadas las diferencias en las características demográficas y las condiciones físicas y de morbilidad de cada grupo poblacional.

La tabla III contiene la tipificación de pacientes de cada uno de los 30 estudios analizados: siete de ellos solo analizan mujeres, siete solo analizan hombres, cuatro no especifican el sexo y el resto incluyen información de ambos sexos. El estudio que menos participantes reclutó corresponde a una población de 34 individuos italianos con obesidad (IMC > 30 kg/m<sup>2</sup>). La mayor densidad de población de los estudios revisados fue de 2.225 pacientes italianos con obesidad (IMC > 30 kg/m<sup>2</sup>).

**Tabla III. Caracterización población estudios revisados**

Referencia	Población	Hombres	Mujeres	Edades	Raza	País	Condición
(32)	498	166	332	> 50	NE	Taiwán	Sana
(31)	257	257	0	34,8-53,8	Caucásica	Suiza	Atletas de alto rendimiento
(11)	74	74	0	20,3-48,5	NE	Reino Unido	NE
(38)	1.031	0	1.031	NE	Caucásica	Italia	Sana - Clasificados por nivel de obesidad
(48)	101	0	101	26,3-46,3	NE	Brasil	Obesidad clase III (IMC > 40 kg/m <sup>2</sup> )
(39)	700	398	302	20-62	NE	Israel	Sana
(40)	810	283	527	18-59	Asiática	Japón	Sana
(41)	40	15	25	61-84	Caucásica	Italia	NE
(33)	986	611	375	> 65	NE	Australia	NE
(34)	763	345	418	18-69	Asiática	China	NE
(30)	600	292	308	18-65	Asiática	Indonesia	NE
(26)	78	25	53	18-20,4	NE	Estados Unidos	Sana
(35)	34	0	34	39,7-54,9	Caucásica	Italia	Obesidad (IMC > 30 kg/m <sup>2</sup> )
(21)	2.225	797	1.428	18-65	NE	Italia	Obesidad (IMC > 30 kg/m <sup>2</sup> )
(22)	72	35	37	60-83	NE	NE	NE
(23)	102	45	57	30-45	NE	Italia	Diabetes
(24)	115	32	83	18-60	NE	NE	Obesidad severa (IMC > 40 kg/m <sup>2</sup> )
(25)	116	61	55	49,3-82,25	NE	Georgia	86 problemas crónicos corazón, 30 sanos
(42)	132	52	80	> 60	NE	Brasil	NE
(43)	127	NE	NE	60-91	NE	Brasil	NE
(44)	78	29	49	35-68	NE	Brasil	Sobrepeso y obesidad (IMC > 30 kg/m <sup>2</sup> )
(28)	416	194	222	18-88	NE	Escocia	NE
(36)	1.262	837	425	> 40	NE	Japón	NE
(12)	151	0	151	18-59	NE	Colombia	NE

(Continúa en página siguiente)



**Tabla III (Cont.). Caracterización población estudios revisados**

Referencia	Población	Hombres	Mujeres	Edades	Raza	País	Condición
(45)	642	234	408	18-80	NE	Grecia	NE
(29)	196	0	196			Grecia	Posmenopausia
(46)	130	0	130	18-35	NE	Brasil	NE
(47)	1.136	518	618	18-81	Asiática Caucásica	Irlanda	NE
(37)	131	131	0	18-36	NE	Brasil	Estudiantes universitarios Educación física
(27)	127	NE	NE	26,4-45,2	Caucásica (104) Afroamericana (19) Hispanica (3)	Estados Unidos	NE

NE: no especificada.

En cuanto a particularidades, los estudios no son específicos en ellas, de manera explícita: cuatro estudios trabajan con población completamente sana; dos, con atletas en formación o de alto rendimiento; dos, con población que padece algún tipo de morbilidad; y cinco estudios se enfocan en población con sobrepeso y obesidad.

## MÉTODOS DE ANÁLISIS

Todos los estudios desarrollan un comparativo cuantitativo con alguno de los métodos de análisis de composición corporal, directos, indirectos o doblemente indirectos, e incluso se observan trabajos que comparan con más de un método. De los 30 trabajos analizados, 20 utilizan DEXA; 15 lo hacen de manera exclusiva, pero cinco lo utilizan en conjunto con otros métodos como BIA (5), pletismografía (1) e hidrodensitometría (1). En once artículos se correlacionan los resultados de las ecuaciones con el método de impedancia bioeléctrica; seis lo hacen de manera exclusiva y cinco lo combinan con DEXA. Los cuatro artículos restantes utilizan otros métodos, como se observa en la tabla IV.

## MÉTRICA DE EVALUACIÓN

La tabla V, presenta las métricas de evaluación de cada uno de los documentos consultados. Las técnicas utilizadas pueden ser muy diferentes entre sí, pero todos los trabajos parten del análisis de Bland-Altman para comparación de técnicas de medición sobre una misma variable o para verificación de reproducibilidad y la evaluación la realizan mediante diversas técnicas como el índice de correlación intraclass (ICC) (cinco estudios lo utilizan), el coeficiente (r) de correlación de Pearson (nueve estudios), el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) (14 estudios), el error relativo (SEE) (cinco estudios), la distribución de probabilidad  $p$  de la  $t$  de Student (cuatro estudios), el coeficiente de Lin (tres estudios) y el área bajo la curva (un estudio). Dos documentos no reportan la técnica de evaluación utilizada.

Los resultados de evaluación encontrados difieren dependiendo de la técnica de comparación y la variable de salida. Los valores del índice de correlación intraclass reportados por los

**Tabla IV. Herramientas de análisis de composición corporal, directos, indirectos o doblemente indirectos, usadas como comparador cuantitativo**

Etiquetas de fila	Total documentos
DEXA	15
DEXA BIA	3
DEXA BIA Hidrodensitometría	1
DEXA BIA Pletismografía	1
Hidrodensitometría	1
BIA	6
Pesaje bajo el agua	1
RMN	1
Técnica de dilución de óxido de deuterio	1
<b>Total general</b>	<b>30</b>

DEXA: absorciometría rayos x; BIA: impedancia bioeléctrica;  
RMN: resonancia magnética nuclear.

estudios analizados se encuentran entre 0,62 y 0,976. Los índices de correlación de Pearson revisados se encuentran entre 0,7 y 0,96, pero la mayoría de los estudios sitúan esta métrica por encima de 0,8, es decir, que la correlación encontrada es significativamente acertada. En cuanto al coeficiente de determinación ( $r^2$ ), sus valores son diversos para cada estudio, pero principalmente son mayores de 0,7 y menores de 0,93. En la mayoría de los casos se realiza una segregación por sexo, de tal forma que la métrica de evaluación para una misma técnica difiere para hombres y mujeres.

La tabla VI sintetiza las ecuaciones resultantes en cada uno de los estudios analizados. Para aquellos estudios que trabajan con ecuaciones de terceros, se presenta el nombre de la ecuación utilizada con mejor evaluación.

**Tabla V.** Evaluación de modelos

Referencia	ICC Índice correlación intraclase	PCC Coeficiente relación Pearson (r)	Coeficiente de determinación (r <sup>2</sup> )	Error relativo (SEE)	t de Student (p)	Coeficiente de Lin
(32)			Mujeres 0,9 Hombres 0,85			
(31)	Ec. Ball 0,62 Ec. Lee 0,53					
(11)		≥ 0,7	0,85		≥ 0,05	
(38)			0,758			
(48)			0,8			
(39)			Hombres 0,78 Mujeres 0,65			Hombres 0,89 Mujeres 0,86
(49)		Peterson 0,88				Peterson 0,8
(49)		DEXA Ec. CunBAE 0,93 Ec. BAI 0,9 BIA 0,74 ADP Ec. CunBAE 0,4 Ec. BAI 0,9				
(33)						
(34)			0,9-0,93		0,05	
(30)		0,82-0,86	0,67-0,74	4,7-5,4 %		
(26)				3,40 %		
(35)			0,123-0,504	4-11 %		
(21)			Modelo 1: Hombres 0,621 Mujeres 0,688 Modelo 2: Hombres 0,647 Mujeres 0,707			
(22)		Ec. 1. 0,94 Ec. 2. 0,96				
(23)		Ec. 1. 0,87 Ec. 2. 0,94			Ec. 1. < 0.0001 Ec. 2. < 0.0001	
(24)		DEXA MME 0,864				
(25)						
(42)						DEXA Ec. D&W Hombres 0,861 Mujeres 0,726
(43)				Hombres Lean 11,48 % Mujeres Ec. Deurenberg 22,88 %		

(Continúa en página siguiente)



Tabla V (Cont.). Evaluación de modelos

Referencia	ICC Índice correlación intraclase	PCC Coeficiente relación Pearson (r)	Coeficiente de determinación (r <sup>2</sup> )	Error relativo (SEE)	t de Student (p)	Coeficiente de Lin
(44)		Deurenberg 0,865 Lean 0,862 CunBae 0,905				
(28)			Hombres 0,79 mujeres 0,84			
(36)		DEXA 0,969 BIA Hombres 0,907 Mujeres 0,795	DEXA 0,938 BIA Hombres 0,843 Mujeres 0,634		< 0,001	
(12)	Ec. 1 0,77 Ec. 2 0,76					
(45)	Ec. 1 0,955 Ec. 2 0,976					Ec. 1 0,914 Ec. 2 0,0951
(29)			0,835			
(46)		0,768	0,591			
(47)	Hombres 0,92 Mujeres 0,86			Hombres 3,4 % Mujeres 4,1 %		
(37)	0,85		0,73			
(27)						

Tabla VI. Ecuaciones desarrolladas por los estudios revisados

Referencia	Ecuaciones	Observaciones
(32)	MLG = 27,479 + 0,726*peso - 3,383*sexo - 0,672*IMC + 0,514*circunferencia antebrazo - 0,245*circunferencia cadera MME = -4,287 + 0,202*peso - 0,166*circunferencia cadera - 1,484*sexo + 0,173*circunferencia pantorrilla + 0,096*talla + 0,243*circunferencia antebrazo	Masa en kg Medidas en cm Sexo: hombre = 1, mujer = 2
(31)	MGC = 0,465 + 0,180*(S7SF) - 0,0002406*(S7SF) <sup>2</sup> + 0,0661*edad MME = Talla*(0,00744*CAG <sup>2</sup> + 0,00088*CTG <sup>2</sup> + 0,00441*CCG <sup>2</sup> ) + 2,4*sexo - 0,048*edad + raza + 7,8	Raza: caucásico = 0, Afro = 1
(38)	PGC = 0,920*peso - 0,004*peso <sup>2</sup> - 0,326*talla + 0,263*cadera + 147,110*log(cintura) - 32,309*sqrt(cintura) - 332,116	
(43)	TMB = -139,947 - 586*edad - 12,195*peso + 7316*talla + 3856*cintura + 12,639*MLG + 24,475*MGC	
(39)	PGCh = 10,1 - 0,239*talla + 0,808*circunferencia abdomen - 0,518*circunferencia cuello PGCm = 19,2 - 0,239*talla + 0,808*circunferencia abdomen - 0,518*cuello	
(40)	PGC = 10,558*sexo + 0,069*edad + 0,667*IMC + 0,314*circunferencia abdomen - 35,881	Sexo: hombre = 1, mujer = 2
(41)	PGC = -44,988 + 0,503*edad + 10,689*sexo + 3,172*IMC - 0,026*IMC <sup>2</sup> + 0,181*IMC*sexo - 0,02*IMC*edad - 0,005*IMC <sup>2</sup> *sexo + 0,00021*IMC <sup>2</sup> *edad	
(33)	MME = 10,047427 + 0,353307*peso - 0,621112*IMC - 0,022741*edad + 5,096201 (si es hombre)	
(30)	PGC = 17,026 + 0,509*pliegue tríceps + 0,342*pliegue cresta iliaca - 5,594*sexo	Sexo: hombre = 1, mujer = 0
(26)	MGC = [(2,747*VC) - (0,710*ACT)] + [(1,460*CMO) - (2,050*peso)]	

(Continúa en página siguiente)

**Tabla VI (Cont.). Ecuaciones desarrolladas por los estudios revisados**

Referencia	Ecuaciones	Observaciones
(21)	Modelo 1 Hombres TMB = 13,3*peso - 2,54*edad + 866 Mujeres TMB = 13,5*peso - 2,40*edad + 584 Modelo 2 Hombres TMB = 11,5*peso - 3,32*edad + 6,15*BI-Index + 46,1*PhA + 313 Mujeres TMB = 12,3*peso - 2,10*edad + 4,96*BI-Index + 42,7*PhA + 143	
(22)	MLG = 0,671*10**talla²/Resistencia + 3,1*genero + 3,9 MLG = 0,360*10**talla²/Resistencia) + 0,359*peso + 4,5*genero - 20*circunferencia muslo + 7,0	
(23)	PGC = 22,3*R*IMC - 2,2 MGC = 1,1*talla²/R - 3,1	
(24)	MME = 13,861 + 0,259*talla²/Z - 0,085*edad - 3,983*sexo	Sexo: hombre = 0, mujer = 1
(25)	MLG = 11,78 + 0,499*talla²/R + 0,134 *peso + 3,449*sexo	Sexo: hombre = 1, mujer = 0
(42)	Dhombres = 1,1765 - 0,0744 log ΣSF Dmujeres = 1,1339 - 0,0645 log ΣSF PGC = (4,95/D) - 4,50)*100%	
(43)	Deurenberg: PGC = 1,2*IMC + 0,23*edad - 10,8*sexo - 5,4 Lean: PGChombres = 1,33*IMC + 0,236*edad - 20,2	Sexo: hombre = 1, mujer = 0
(44)	Deurenberg: PGC = 1,2*IMC + 0,23*edad - 10,8*sexo - 5,4 Lean: PGChombres = 1,33*IMC + 0,236*edad - 20,2 PGCmujeres = 1,21*IMC + 0,262*edad - 6,7 CunBae: PGC = - 44,988 + 0,503*edad + 10,689*sexo + 3,172*IMC - 0,026*IMC² + 0,181*IMC*sexo - 0,02*IMC*edad - 0,005*IMC²*sexo + 0,00021*IMC²*edad	Deurenberg: Sexo: hombre = 1, mujer = 0 CunBae: Sexo: Hombre = 0, mujer = 1
(28)	MGChombres = 0,198*peso + 0,478*cintura - 0,147*talla - 12,8 MGC mujeres = 0,789*peso + 0,0786*edad - 0,342*talla + 24,5	
(36)	MME = 2,955*sexo + 0,255*peso - 0,130*circunferencia cintura + 0,308*circunferencia pantorrilla + 0,081*talla - 11,897	Sexo: hombre = 1, mujer = 0
(12)	PGC1 = 11,76 + 0,324*pliegue tríceps + 0,133*pliegue pantorrilla media + 0,347*pliegue abdomen + 0,068*edad - 0,135*talla PGC2 = 11,37 + 0,404*pliegue tríceps + 0,153*pliegue axilar + 0,264*pliegue abdomen + 0,069*edad - 0,099*talla	
(45)	Ec1 PGC = -0,615 - 10,948*sexo + 0,321*circunferencia cintura + 0,502*circunferencia cadera - 0,39*circunferencia antebrazo - 19,768*talla Ec 2, PGC = -27,787 - 5,515*sexo - 8,419*talla + 0,145*circunferencia cintura + 0,27*circunferencia caderas + 7,509 log(pliegue muslo) + 20,09 log(ΣSF pliegues bíceps, tríceps, suprailiaco, subescapular) - 0,445 circunferencia antebrazo	Sexo: hombre = 1, mujer = 0
(29)	MGC = -31,913 + 0,333*circunferencia cintura + 0,840*IMC + 0,064*(pliegues bíceps + tríceps)	
(46)	PGC = - 11,85 + 0,2394*circunferencia cintura + 0,713*circunferencia brazo - 0,676*circunferencia antebrazo + 0,502*circunferencia cadera - 0,357*circunferencia muslo - 0,121*peso	
(47)	PGChombres = 0,1*edad + 7,6 log(pliegue tríceps) + 8,8 log(pliegue axila) + 11,9 log (pliegue supraespinal) - 11,3 PGCmujeres = 0,1*edad + 39,4 log(circunferencia cintura) + 4,9 log(pliegue axila) + 11 log (pliegue bíceps) + 9,1 log(pliegue pantorrilla) - 73,5	
(37)	Ecuación de Lee MME = talla*(0,00744*circunferencia brazo² + 0,00088*circunferencia muslo² + 0,00441*circunferencia pierna²) + 2,4*sexo - 0,048*edad + Raza + 7,8	Sexo: hombre = 1, mujer = 0 Raza: asiáticos = -2, afrodescendientes = 1,1, caucásicos = 0
(27)	Ecuación de Wang MGC = 2,748*volumen corporal - 0,699*Total agua + 1,129*mineral huesos - 2,051*peso	

MGC: masa grasa corporal; MME: masa musculoesquelética; MLG: masa libre de grasa; PGC: porcentaje de grasa corporal; TMB: tasa metabólica basal; IMC: índice de masa corporal; ΣSF: suma del grosor de pliegues cutáneos en pecho, axilar, tríceps, subescapular, abdominal, suprailiaco, hermético; CAG: pliegues cutáneos de brazo; CTG: pliegues cutáneos de muslo; CCG: pliegues cutáneos de pantorrilla; VC: volumen corporal en litros (pletismografía); ACT: agua corporal total en litros (dilución isotópica); CMO: contenido mineral óseo en kg (DEXA); BI-Index: índice de bioimpedancia; PhA: ángulo de fase; R: resistencia del cuerpo; Z: impedancia del cuerpo; ΣSF: sumatoria de ancho de pliegues tríceps, bíceps, subescapular y suprailiaco.

## DISCUSIÓN

Al analizar la literatura en relación a composición corporal, se advierte que los investigadores se encuentran interesados específicamente en la cuantificación de masa corporal, principalmente, los compartimientos de grasa y músculo, siendo este último menos valorado. Esto podría deberse a que los investigadores asocian los compartimientos analizados como predictores adecuados de enfermedades, entre ellas, obesidad, sarcopenia y enfermedades asociadas.

Cada uno de los referentes consultados, salvo aquellos que se basan en el modelo 4C que utiliza agua y contenido mineral, no utilizan las mismas variables antropométricas para el cálculo de MGC, PGC, MME, MLG o TMB, por lo tanto, no se evidencia un estándar proveniente de una correlación significativa entre variables de entrada y variables de salida.

El principal método de comparación es DEXA, pero también es muy común el uso de BIA. En ambos casos se requieren equipos especializados que pueden ser de diferentes características. En el caso del DEXA, no se considera prudente su uso frecuente debido al peligro de afectar la salud del paciente por exposición a la radiación. También es importante mencionar que DEXA es adecuado para la cuantificación de masa grasa, pero a nivel de masa muscular no es tan específica, para lo cual el TAC provee el estándar adecuado (7).

Las métricas de evaluación son variadas, pero se analizan las variables principalmente mediante el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ). Los valores resultantes pueden no ser comparables entre estudios debido a que las poblaciones son diferentes y con muchas especificidades, es decir, que cada población tiene características particulares especialmente relacionadas con edades, condiciones físicas y condiciones de salud.

## CONCLUSIONES

Los estudios analizados se orientan mayoritariamente a la predicción de variables relacionadas con la masa de grasa corporal, específicamente MGC o PGC, siendo en realidad una variable similar pues el PGC es la cuantificación porcentual del MGC. Su validación puede realizarse con base en cualquier método indirecto o doblemente indirecto, siendo los más utilizados DEXA y BIA. Las ecuaciones encontradas se evalúan principalmente mediante el coeficiente de determinación y el de correlación, pero los resultados, en todos los estudios positivos, se adaptan a las poblaciones objeto de estudio y sus especificidades. La generalización de estos modelos no es aconsejable en otro tipo de poblaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Matiegka J. The testing of physical efficiency. *Am J Phys Anthropol* 1921;4(3):1-70.
2. Behnke R, Feen BG, Welham WC. The specific gravity of healthy men. *J Am Med Assoc* 1942;118(7):495. DOI: 10.1001/jama.1942.02830070001001
3. Keys A, Brozek J. Body fat in adult man. *Physiol Rev* 1953;33(3). DOI: 10.1152/physrev.1953.33.3.245
4. Berral FJ, Escribano A, Berral CJ, Lancho JL. Body composition of top performance athletes determined by a modification of Kerr's method. *Med Sci Sport Exerc* 1992;4-6.
5. Costa O, Alonso D, Patrocinio C, Candia R, Paz J. Organización de la composición corporal. *Arch Med Deport* 2015;32(6):387-94.
6. Martínez EG. Composición corporal: su importancia en la práctica clínica y algunas técnicas relativamente sencillas para su evaluación. *Salud Uninorte* 2010;26(1):98-116.
7. Ayvaz G, Çimen AR. Methods for body composition analysis in adults. *Open Obes J* 2011;3(62-9). DOI: 10.2174/1876823701103010062
8. Thibault R, Genton L, Pichard C. Body composition: why, when and for who? *Clin Nutr* 2012;31(4):435-47. DOI: 10.1016/j.clnu.2011.12.011
9. Lukaski H. Sarcopenia: assessment of muscle mass. *J Nutr* 1997;127(5):994-7. DOI: 10.1093/jn/127.5.994S
10. Pietrobelli A, Formica C, Wang Z, Heymsfield SB. Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 1996;271(6):34-6. DOI: 10.1152/ajpendo.1996.271.6.E941
11. Provyn S, Sesboué B, Sutton L, Scafoglieri A, Tresignie J, Bautmans I, et al. Contrôle de qualité global de 157 formules de prédiction de l'adiposité chez l'homme - Une étude originale. *Sci Sport* 2011;26(3):131-42. DOI: 10.1016/j.scispo.2010.08.005
12. Aristizabal JC, Estrada-Restrepo A, García AG. Development and validation of anthropometric equations to estimate body composition in adult women. *Colomb Med* 2018;49(2):154-9. DOI: 10.25100/cm.v49i2.3643
13. Fields DA, Goran MI, McCrory MA. Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *Am J Clin Nutr* 2002;75(3):453-67. DOI: 10.1093/ajcn/75.3.453
14. Sant'Anna MSL, Priore SE, Franceschini SCC. Métodos de avaliação da composição corporal em crianças. *Rev Paul Pediatr* 2009;27(3):315-21. DOI: 10.1590/S0103-05822009000300013
15. Lee SY, Gallagher D. Assessment methods in human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2008;11(5):566-72. DOI: 10.1097/MCO.0b013e32830b5f23
16. González Jiménez E. Composición corporal: estudio y utilidad clínica. *Endocrinol Nutr* 2013;60(2):69-75. DOI: 10.1016/j.endonu.2012.04.003
17. Wang J, Thornton JC, Kolesnik S, Pierson RN. Anthropometry in body composition. An overview. *Ann N Y Acad Sci* 2000;904:317-26. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2000.tb06474.x
18. Bose K, Mascie-Taylor CGN. Conicity index and waist-hip ratio and their relationship with total cholesterol and blood pressure in middle-aged European and migrant Pakistani men. *Ann Hum Biol* 1998;25(1):11-6. DOI: 10.1080/03014469800005392
19. Keele S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Tech Report. Ver. 2.3 EBSE Tech Report. EBSE; 2007.
20. van Tulder M, Furlan A, Bombardier C, Bouter L. Updated method guidelines for systematic reviews in the Cochrane Collaboration Back Review Group. *Spine (Phila. Pa.)* 1976;28(12):1290-9. DOI: 10.1097/01.BRS.0000065484.95996.AF
21. Marra M, Cioffi I, Sammarco R, Santarpia L, Contaldo F, Scalfi L, et al. Are raw BIA variables useful for predicting resting energy expenditure in adults with obesity? *Nutrients* 2019;11(2):216. DOI: 10.3390/nu11020216
22. Deurenberg P, Van Der Kooij K, Evers P, Hulshof T. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged > 60 y. *Am J Clin Nutr* 1990;51(1):3-6. DOI: 10.1093/ajcn/51.1.3
23. Buscemi S, Maneri R, Di Noto A, Verga S. Assessment of body composition in humans with different body size. Comparison of plicometry and bio-impedance methods. *Ann Ital Med Int* 1994;9(4):223-7.
24. Ballesteros-Pomar MD, González Arnáiz E, Pintor de la Maza B, Barajas Galindo D, Ariadel Cobo D, González Roza L, et al. Bioelectrical impedance analysis as an alternative to dual-energy x-ray absorptiometry in the assessment of fat mass and appendicular lean mass in patients with obesity. *Nutrition* 2022;93:111442. DOI: 10.1016/j.nut.2021.111442
25. Gulatava N, Tabagari N, Tabagari S. Bioelectrical impedance analysis of body composition in patients with chronic heart failure. *Georgian Med News* 2001;315:94-8. Available from: www.geomednews.org
26. Smith-Ryan E, Blue MNM, Hirsch KR, Brewer GJ. Application of a dual energy x-ray absorptiometry derived 4-compartment body composition model: non-discriminatory against leanness and sex. *Clin Nutr ESPEN* 2020;40:401-5. DOI: 10.1016/j.clnesp.2020.09.033

27. Smith-Ryan E, Mock MG, Ryan ED, Gerstner GR, Trexler ET, Hirsch KR. Validity and reliability of a 4-compartment body composition model using dual energy x-ray absorptiometry-derived body volume. *Clin Nutr* 2017;36(3):825-30. DOI: 10.1016/j.clnu.2016.05.006
28. Al-Gindan YY, Hankey CR, Govan L, Gallagher D, Heymsfield SB, Lean MEJ. Derivation and validation of simple anthropometric equations to predict adipose tissue mass and total fat mass with MRI as the reference method. *Br J Nutr* 2015;114(11):1852-67. DOI: 10.1017/S0007114515003670
29. Kanellakis S, Kourlaba G, Moschonis G, Vondrou A, Manios Y. Development and validation of two equations estimating body composition for overweight and obese postmenopausal women. *Maturitas* 2010;65(1):64-8. DOI: 10.1016/j.maturitas.2009.10.012
30. Hastuti J, Kagawa M, Byrne NM, Hills AP. Anthropometry to assess body fat in Indonesian adults. *Asia Pac J Clin Nutr* 2018;27(3):592-8.
31. Knechtle B, Wirth A, Knechtle P, Rosemann T, Rüst CA, Bescós R. Comparación de la masa grasa y muscular estimada en atletas varones de ultra-resistencia utilizando la bioimpedancia eléctrica y diferentes métodos antropométricos. *Nutr Hosp* 2011;26(6):1420-7.
32. Chien KY, Chen CN, Chen SC, Wang HH, Zhou WS, Chen LH. A community-based approach to lean body mass and appendicular skeletal muscle mass prediction using body circumferences in community-dwelling elderly in Taiwan. *Asia Pac J Clin Nutr* 2020;29(1):94-100.
33. Yu S, Appleton S, Chapman I, Adams R, Wittert G, Visvanathan T, et al. An anthropometric prediction equation for appendicular skeletal muscle mass in combination with a measure of muscle function to screen for sarcopenia in primary and aged care. *J Am Med Dir Assoc* 2015;16(1):25-30. DOI: 10.1016/j.jamda.2014.06.018
34. Wen X, Wang M, Jiang CM, Zhang YM. Anthropometric equation for estimation of appendicular skeletal muscle mass in Chinese adults. *Asia Pac J Clin Nutr* 2011;20(4):551-6.
35. Cavedon V, Milanese C, Zancanaro C. Are body circumferences able to predict strength, muscle mass and bone characteristics in obesity? A preliminary study in women. *Int J Med Sci* 2020;17(7):881. DOI: 10.7150/ijms.41713
36. Kawakami R, Miyachi M, Tanisawa K, Higuchi M, Muraoka I, Oka K, et al. Development and validation of a simple anthropometric equation to predict appendicular skeletal muscle mass. *Clin Nutr* 2021;40(11):5523-30. DOI: 10.1016/j.clnu.2021.09.032
37. Gobbo LA, Cyrino ES, Petroski EL, Cardoso JR. Validation of anthropometric equations for the estimation of muscular mass by dual energy X-ray absorptiometry in male college students. *Rev Bras Med Esporte* 2008;14(4):376-80. DOI: 10.1590/S1517-86922008000400011
38. De Lorenzo A, Nardi A, Iacopino L, Domino E, Murdolo G, Gavrilu C, et al. A new predictive equation for evaluating women body fat percentage and obesity-related cardiovascular disease risk. *J Endocrinol Investig* 2014;37:511-24. DOI: 10.1007/s40618-013-0048-3
39. Lahav Y, Epstein Y, Kedem R, Schermann H. A novel body circumferences-based estimation of percentage body fat. *Br J Nutr* 2018;119(6):720-5. DOI: 10.1017/S0007114518000223
40. Minematsu K, Takamura N, Goto K, Honda S, Aoyagi K, Moji K, et al. A proposed method for the evaluation of body fat in Japanese adults that predicts obesity. *Nutr Res* 2011;31(2):113-21. DOI: 10.1016/j.nutres.2011.01.008
41. Lara J, Siervo M, Bertoli S, Mathers JC, Battezzati A, Ferraris C, et al. Accuracy of three novel predictive methods for measurements of fat mass in healthy older subjects. *Aging Clin Exp Res* 2014;26(3):319-25. DOI: 10.1007/s40520-013-0169-8
42. Silveira EA, Barbosa LS, Rodrigues APS, Noll M, De Oliveira C. Body fat percentage assessment by skinfold equation, bioimpedance and densitometry in older adults. *Arch Public Heal* 2020;78(1). DOI: 10.1186/s13690-020-00449-4
43. Silveira EA, Barbosa LS, Noll M, Pinheiro HA, De Oliveira C. Body fat percentage prediction in older adults: agreement between anthropometric equations and DXA. *Clin Nutr* 2021;40(4):2091-9. DOI: 10.1016/j.clnu.2020.09.032
44. Martins GQ, Matheus SC, Dos Santos DL, Both DR, Farinha JB, Da Silveira Martins M. Comparação de equações antropométricas para estimativa da gordura corporal em indivíduos com excesso de peso. *Nutr Clin Diet Hosp* 2015;35(3):27-33.
45. Kanellakis S, Kouriaba G, Moschonis G. Development and validation of two equations based on anthropometry, estimating body fat for the Greek adult population. *Obesity* 2017;25(2):408-16. DOI: 10.1002/oby.21736
46. Salamunes CC, Stadnik AMW, Neves EB. Estimation of female body fat percentage based on body circumferences. *Rev Bras Med Esporte* 2018;24(2):97-101. DOI: 10.1590/1517-869220182402181175
47. Leahy S, O'Neill C, Sohun R, Toomey C, Jakeman P. Generalised equations for the prediction of percentage body fat by anthropometry in adult men and women aged 18-81 years. *Br J Nutr* 2013;109(4):678-85. DOI: 10.1017/S0007114512001870
48. De Oliveira AP, Ferreira Nicoletti C, Cortes de Oliveira C, De Souza Pinhel MA, Gomes Quinhoneiro DC, Yumi Noronha N, et al. A new resting metabolic rate equation for women with class III obesity. *Nutrition* 2018;49:1-6. DOI: 10.1016/j.nut.2017.11.024
49. Douglas TD, Kennedy MJ, Quirk ME, Yi SH, Singh RH. Accuracy of six anthropometric skinfold formulas versus air displacement plethysmography for estimating percent body fat in female adolescents with phenylketonuria. *JIMD Rep* 2013;10:23-31. DOI: 10.1007/8904\_2012\_196