

# Valores de referencia de subrogados de masa músculo-esquelética, estimados por análisis de impedancia bioeléctrica (bia), en una muestra adulta española con sobrecarga ponderal: un estudio transversal

Fernando Rojo (1), Ramón de Cangas (1), Jose Ramón Bahamonde (2).

(1) Dpto. Investigación en Nutrición de Precisión, Centro Salud Nutricional, Gijón (Asturias). (2) Facultad Padre Ossó, Universidad de Oviedo, Oviedo (Asturias).

E-mail: [nutriciondeprecision@nutricionprecision.com](mailto:nutriciondeprecision@nutricionprecision.com)

DOI: <https://doi.org/10.53435/funj.00864>

Recepción (primera versión): 1-Enero-2022

Aceptación: Abril-2022

Publicación online: N° Abril 2022

## Resumen:

La Masa Musculo-Esquelética modula el Gasto Energético en Reposo y la flexibilidad metabólica, y presenta una enorme plasticidad en respuesta a distintas intervenciones. La heterogeneidad de métodos para su estimación conlleva un sesgo en el desarrollo de criterios diagnósticos y consensos y dificulta la comparación entre estudios. Además, sus valores absolutos no permiten comparar individuos, debido a su falta de escalado. Nuestro objetivo fue determinar los percentiles de índice de masa libre de grasa (FFMI), índice de masa libre apendicular (ALMI) e índice de masa músculo-esquelética (SMMI), según sexo en una muestra adulta española con sobrecarga ponderal. Estudio transversal [n=304; 102 hombres (H), 202 mujeres (M), >18 años] e  $0,36 < \text{Índice de Edema (EI; ECW/TBW)} < 0,39$ . Se midió altura (SECA 222) y % FM, FFM, FFMI, LM, LMI, SMM y EI (BIA Inbody 770).  $\text{FFMI} = 18,08 \pm 2,35$

(H:  $20,47 \pm 1,90$ ; M:  $16,88 \pm 1,48$ ) kg/m<sup>2</sup>,  $\text{ALMI} = 7,52 \pm 1,10$  (H:  $8,65 \pm 0,84$ ; M:  $6,95 \pm 0,69$ ) kg/m<sup>2</sup> y  $\text{SMMI} = 10,02 \pm 1,48$  (H:  $11,55 \pm 1,16$ ; M:  $9,24 \pm 0,92$ ) kg/m<sup>2</sup>. El P10 de FFMI, ALMI y SMMI fue 18,56/15,02; 7,74/6,05 y 10,41/8,12 kg/m<sup>2</sup>. Las mediciones del análisis de bioimpedancia (BIA) son dispositivo-dependiente. Por tanto, se recomienda recurrir a los valores de FFMI, ALMI y SMMI escalados a la altura al cuadrado sólo si se utiliza Inbody 770. Cabe señalar que éste induce un sesgo sistemático, sobreestimando en  $5,95 \pm 5,06$  kg (LC: 0,89 a 11,02) la FFM frente a DEXA.

## Palabras clave:

- Masa Libre de Grasa (FFM)
- Masa Magra (LM)
- Masa Músculo-Esquelética (SSM)
- Alometría
- Exponente de escalado

# Reference values of surrogates of skeletal muscle mass, estimated by means of bioelectrical impedance analysis (bia), in a spanish adult sample with overweight or obesity: a cross-sectional study

## Abstract:

The Skeletal Muscle Mass drivers the Resting Energy Expenditure and the metabolic flexibility and displays a large plasticity in response to various interventions. The heterogeneity of methods for its estimation comes with it a bias in the development of diagnostic criteria and consensus and hinders the comparison between studies. Besides its absolute values do not allow to compare individuals due to the lack of scaling. Our aim was to determine the percentiles of Fat Free Mass Index (FFMI), Appendicular Lean Mass Index (ALMI) and Skeletal Muscle Mass Index (SMMI) according to sex in a Spanish adult sample with overweight or obesity. Cross-sectional study [n=304; 102 males (M), 202 women (W), >18 years old, both sexes] and  $0,36 < \text{Edema Index (EI)} = \text{ECW/TBW} < 0,39$ . Height (SECA 222) and % FM, FFM, FFMI, LM, LMI, SMM and EI (BIA Inbody 770) were measured.  $\text{FFMI} = 18,08 \pm 2,35$  (M:  $20,47 \pm 1,90$ ;

W:  $16,88 \pm 1,48$ ) kg/m<sup>2</sup>,  $\text{ALMI} = 7,52 \pm 1,10$  (M:  $8,65 \pm 0,84$ ; W:  $6,95 \pm 0,69$ ) kg/m<sup>2</sup> and  $\text{SMMI} = 10,02 \pm 1,48$  (M:  $11,55 \pm 1,16$ ; W:  $9,24 \pm 0,92$ ) kg/m<sup>2</sup>. The P10 of FFMI, ALMI and SMMI was 18.56/15.02; 7.74/6.05; 10.41/8.12 kg/m<sup>2</sup>. The Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) measurements are device dependent. Therefore, it is recommended to resort to the values of FFMI, ALMI and SMMI escalated to height to the power of 2, only if Inbody 770 is used, It is worth noting that it leads to a systematic bias, overestimating FFM in  $5.95 \pm 5.06$  kg (CL: 0.89 to 11.02) against DEXA.

## Keywords:

- Fat Free Mass (FFM)
- Lean Mass (LM)
- Skeletal Muscle-Mass (SSM)
- Allometry
- Scaling exponent

## Introducción

La ciencia de la composición corporal estudia el conjunto de elementos que integran la masa total de un individuo a distintos niveles (atómico, molecular, orgánico, tisular y cuerpo-entero). Con ese propósito están disponibles toda una serie de métodos (Absorciometría Dual de Rayos X -DEXA-, Tomografía Axial Computerizada -CT-, Imagen por Resonancia Magnética -MRI-) basados en diferentes modelos según el número de compartimentos (2C, 3C, etc.) que presentan distintos grados de validez (1).

Los métodos más utilizados en clínica para la estimación de la composición corporal son el Análisis de Impedancia Bioléctrica (BIA) y el método de los Pliegues Cutáneos (SFM) por su coste asequible, facilidad de manejo y no invasividad (1).

La estimación de la cantidad de Masa Grasa (FM) y su distribución en Tejido Adiposo Subcutáneo (SFT) y Visceral (VAT) ha monopolizado la investigación biomédica en nutrición y actividad física en la salud y la enfermedad, probablemente por la su implicación en la fisiopatología de las Enfermedades Crónicas No Transmisibles (NCTD) (2), en detrimento de la monitorización de la Masa Libre de Grasa (FFM), Masa Magra (LM) y Masa Músculo-Esquelética (SMM) (3).

Aunque hace 15 años Wolfe y colaboradores ya vaticinó la importancia del SMM en la salud y la enfermedad y enfatizó su subestimación, no ha sido hasta hace un lustro que el estudio de la fisiología y metabolismo de la SMM ha despertado el interés de la comunidad biomédica por ser una expresión de la Masa Celular Corporal (BMC), el principal determinante del Gasto Energético en Reposo (REE) en valor absoluto, contribuir a la flexibilidad metabólica, sintetizar y liberar mioquinas que permiten una comunicación cruzada con otros tejidos de la periferia como el hígado y hueso y presentar una enorme plasticidad en respuesta a intervenciones nutricionales, de actividad física y farmacológicas (3).

El tejido muscular se clasifica en tres tipos según su estructura (histología) y función en: liso, cardiaco y esquelético. El último, denominado también estriado o voluntario, interviene en la locomoción, dependencia funcional y metabolismo intermediario.

El método de referencia para la estimación de la SMM es la MRI y CT y ambas son intercambiables (4). Sin embargo, su elevado coste, la necesidad de personal cualificado y su calibración periódica los restringen a un escenario de investigación.

La BIA ha sido validada para estimar la FFM, LM, Masa Magra Apendicular (ALM) y SMM en una amplia variedad de

población sana y enferma (v.g. cáncer de colon) con distintas edades y grados de adiposidad. (5-8).

Se han propuesto distintos subrogados de SMM. Los más utilizados son FFM, LM, SMM y ALM. Sin embargo, existe cierta confusión en la literatura donde se emplean en ocasiones erróneamente como sinónimos la FFM y LM y la ALM y SMM, dificultando la comparación de estudios.

La alometría es la ciencia biológica que estudia los cambios relativos de las dimensiones de las distintas partes que integran un organismo, en relación con el tamaño del mismo durante el crecimiento. Las relaciones alométricas son de la forma:  $y = \alpha x^\beta$  donde  $\alpha$  y  $\beta$  son constantes y se denominan exponentes alométricos. Si  $\beta = 1$  se dice que los cuerpos presentan similitud geométrica o que son isométricos. El modelo alométrico  $y = \alpha x^\beta$  en su forma logarítmica se usa para determinar los exponentes de escalado (9).

La alometría establece que no se deberían comparar valores brutos de cualquier parámetro de composición corporal. Se necesita ajustar éste para comparar individuos con distintos fenotipos de SMM. Esto requiere escalar los datos, obteniendo un valor de SMM relativo. Los estudios recurren al peso total, altura, altura al cuadrado, etc., aunque mayoritariamente a la altura al cuadrado y en ocasiones por el peso. Existe una amplia variedad de subrogados: Índice de Masa Libre de Grasa (FFMI), Índice de Masa Libre Apendicular (ALMI), Índice de Masa Musculo-Esquelética (SMMI) y SM relativa. Se precisan una estandarización de los subrogados de FFM para lograr una mayor armonización de los estudios y facilitar su comparación. Además, se requieren estudios que proporcionen valores de referencia en muestras adultas españolas sanas y clínicas.

El objetivo del estudio es determinar los percentiles de FFMI, ALMI y SMMI, según sexo en una muestra adulta española afecta de sobrecarga ponderal.

## Material y Medios

Estudio transversal en una muestra de pacientes que acudían a consulta para bajar masa grasa (n=304; H: 102, M: 202) y criterios de inclusión (>18 años, ambos sexos) e  $0,36 < \text{Índice de Edema (EI; ECW/TBW)} < 0,39$ . En la consulta inicial se midieron la altura (SECA 222) y peso, % FM, FFM, FFMI, LM, LMI, SMM y EI (BIA Inbody 770, InBody Co., LTD, South Korea), donde  $\text{FFMI} = \text{FFM}/T^2$ ,  $\text{ALM} = \Sigma(\text{LMra} + \text{LMla} + \text{LMrl} + \text{LMll})$ ,  $\text{ALMI} = \text{ALM}/T^2$  y  $\text{SMMI} = \text{SMM}/T^2$ . Se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS V.25 (SPSS Inc, Chicago, USA).

## Resultados

En la tabla 1 figura la estadística descriptiva de la muestra estudiada. En la Tabla 2 y Tabla 3 constan los percentiles de la FFM y sus subrogados estudiados en hombres y mujeres respectivamente.

| VARIABLE (MEDIA±SD)       | MUESTRA TOTAL | HOMBRES     | MUJERES     |
|---------------------------|---------------|-------------|-------------|
| N                         | 304           | 102         | 202         |
| EDAD (AÑOS)               | 42±12         | 40±13       | 43±12       |
| PESO (KG)                 | 80±16,65      | 89,76±17,26 | 75,18±14,03 |
| ALTURA (M)                | 1,67±0,08     | 1,75±0,07   | 1,63±0,06   |
| BMI (KG/M <sup>2</sup> )  | 28,55±5,15    | 29,29±5,17  | 28,18±5,11  |
| %FM                       | 35,41±9,84    | 28,60±9,33  | 38,84±8,18  |
| FM (KG)                   | 29,07±11,48   | 26,94±12,80 | 30,14±10,63 |
| EI                        | 0,379         | 0,376       | 0,381       |
| FFM (KG)                  | 51±10,58      | 62,82±8,07  | 45,04±5,41  |
| FFMI (KG/M <sup>2</sup> ) | 18,08±2,35    | 20,47±1,90  | 16,88±1,48  |
| LM (KG)                   | 48,05±9,99    | 59,24±7,57  | 42,39±5,10  |
| ALM (KG)                  | 21,27±4,88    | 26,60±3,77  | 18,58±2,67  |
| ALMI (KG/M <sup>2</sup> ) | 7,52±1,10     | 8,65±0,84   | 6,95±0,69   |
| SMM (KG)                  | 28,30±6,40    | 35,47±4,80  | 24,68±3,31  |
| SMMI (KG/M <sup>2</sup> ) | 10,02±1,48    | 11,55±1,16  | 9,24±0,92   |

SD: Desviación Estándar. BMI: Índice de Masa Corporal. FM: Masa Grasa. EI: Índice de Edema. FFM: Masa Libre de Grasa. FFMI: Índice de Masa Libre de Grasa. LM: Masa Magra. ALM: Masa Magra Apendicular. ALMI: Índice de Masa Magra Apendicular. SMM: Masa Músculo-Esquelética. SMMI: Índice de Masa Músculo-Esquelética

Tabla 1. Estadística descriptiva de las variables

| VARIABLE | P10   | P25   | P50   | P75   | P90   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FFM      | 54,35 | 57,92 | 61,80 | 67,72 | 74,79 |
| FFMI     | 18,56 | 19,52 | 20,23 | 21,64 | 22,66 |
| LM       | 51,28 | 54,62 | 58,35 | 63,92 | 70,50 |
| ALM      | 22,43 | 24,36 | 26,22 | 28,64 | 32,55 |
| ALMI     | 7,74  | 8,17  | 8,67  | 9,16  | 9,78  |
| SMM      | 30,45 | 32,5  | 34,85 | 38,50 | 42,54 |
| SMMI     | 10,41 | 10,98 | 11,39 | 12,34 | 12,91 |

FFM: Masa Libre de Grasa. FFMI: Índice de Masa Libre de Grasa. LM: Masa Magra. ALM: Masa Magra Apendicular. ALMI: Índice de Masa Magra Apendicular. SMM: Masa Músculo-Esquelética. SMMI: Índice de Masa Músculo-Esquelética

Tabla 2. Percentiles de FFM y sus subrogados en hombres

| VARIABLE | P10   | P25   | P50   | P75   | P90   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FFM      | 38,43 | 41,30 | 44,80 | 48,75 | 52,40 |
| FFMI     | 15,02 | 15,82 | 16,81 | 17,78 | 19,06 |
| LM       | 35,96 | 38,97 | 42,15 | 45,92 | 49,20 |
| ALM      | 15,22 | 16,72 | 18,28 | 20,33 | 22,05 |
| ALMI     | 6,05  | 6,53  | 6,91  | 7,38  | 7,88  |
| SMM      | 20,5  | 22,45 | 24,60 | 26,72 | 29,01 |
| SMMI     | 8,12  | 8,59  | 9,22  | 9,79  | 10,60 |

FFM: Masa Libre de Grasa. FFMI: Índice de Masa Libre de Grasa. LM: Masa Magra. ALM: Masa Magra Apendicular. ALMI: Índice de Masa Magra Apendicular. SMM: Masa Músculo-Esquelética. SMMI: Índice de Masa Músculo-Esquelética

Tabla 3. Percentiles de FFM y sus subrogados en mujeres

## Discusión

Los estudios que han evaluado el FFMI y sus subrogados en muestras adultas españolas, tanto sanas como clínicas, son relativamente escasos y sus principales limitaciones son el pequeño tamaño muestral y que la estimación de aquellos no es el principal desenlace del estudio, sino su relación con determinadas variables fisiológicas (v.g. rigidez arterial, perfil transcriptómico y/o proteómico de ciertos tejidos y calidad del sueño) en enfermedades que cursan habitualmente con una reducción de la FFM o sus subrogados (e.g. bronquiectasia, cáncer, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y particularmente la sarcopenia) o intervenciones nutricionales (v.g. glutamina). El subrogado de FFM más utilizado en España como desenlace primario es el ALMI utilizado en el diagnóstico de sarcopenia.

Este es el primer estudio que tengamos constancia que evalúa la FFM y sus subrogados en una muestra adulta española con sobrecarga ponderal. La SM está unida estructural y funcionalmente al hueso tanto en animales como en el ser humano. Aunque la SMM parece escalar isométricamente al peso corporal en mamíferos, se ha encontrado una alometría ligeramente positiva en primates (potencia=1,05) y no primates (potencia=0,99). Estas relaciones estructurales de escalado son congruentes con estudios en humanos que revelan que los individuos de mayores dimensiones (definidos por la altura) presentan un Gasto Energético Basal (BEE) menor que sus homólogos de menor altura. La altura es un rasgo fenotípico de la dimensión corporal. El Índice de Quetelet (IQ) o Índice de Masa Corporal (BMI) pone de relieve la relación matemática entre el peso (P) y la talla (T). El peso aumenta con el cuadrado de la altura tras ajustar por edad y adiposidad:  $P(\text{kg}) = \alpha \times T(\text{m})^2$  donde  $\alpha = \text{constante} = \text{BMI}$ . Una de las teorías que soportan esta hipótesis es que los individuos de mayor altura presentan más soporte estructural, es decir SMM.

Heymsfield SB y colaboradores realizaron un estudio preliminar en una muestra de 1.757 sujetos extraídos de diferentes estudios y encontraron que la FFM se escalaba a la altura a potencias de 2,05 y 1,86; el Tejido Adiposo Libre de Grasa (ATFM) a exponentes de 2,20 y 2,09 y SMM a potencias de 2,08 y 1,98 en mujeres y hombres, respectivamente (10). Los mismos autores analizaron la relación de escalado entre la FFM y la altura en una cohorte de 13.186 adultos norteamericanos blancos no hispánicos (NHW), negros NH y americanos mejicanos del National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999-2004 y hallaron exponentes de escalado de 2,09 y 1,86 en hombres y mujeres blancos NH con independencia del sexo y la adiposidad (11).

También los mismos autores examinaron la relación de escalado entre la LM y la altura en una muestra mayor del estudio NHANES 1999-2006 (17126 individuos) y hallaron que aquella se escala a la altura a potencias sustancialmente más elevadas que 2: 2,87 y 2,4 en hombres y mujeres NHW respectivamente. El hallazgo fue más acusado en las extremidades inferiores (12).

El principal inconveniente de nuestro estudio es el pequeño tamaño muestral, así como el valor del exponente de escalado empleado. La FFM y LM se escala normalmente a un exponente de 2. Sin embargo, Benn RT y colaboradores sugería ajustar el peso (la FFM y LM en nuestro caso) a la altura elevada a un valor específico del exponente de escalado, que debería haber sido obtenido previamente en la población de interés, como demuestran los datos del estudio NHANES (10). Un diseño metodológico óptimo habría sido determinar el exponente de escalado a priori en nuestra población de interés. Sin embargo, el estudio de Benn RT se consultó a posteriori. Otra opción sería reanalizar los datos utilizando los valores  $\beta$  del NHANES, pero se incurriría en el error de extrapolarlos de una población norteamericana a una española. La alta variabilidad de valores  $\beta$ , que son población específicos, impiden este abordaje a gran escala.

## Conclusiones

La estimación de la FFM, LM, SMM y ASM debería formar parte de la rutina de la monitorización de la composición corporal, al igual que sucede con la FM y el VAT en la clínica diaria. La comparación de valores de FFM y sus subrogados requiere su ajuste a la altura elevada a un exponente de escalado desconocido a priori. Por este motivo se precisan estudios previos que determinen la relación alométrica entre el peso corporal y sus componentes (FM, FFM, LM, etc.) para desvelar el exponente de escalado en una gran muestra de la población de estudio. Además, se requieren valores de referencia de FFM y sus subrogados en muestras tanto sanas como clínicas, con objeto de contribuir a la medicina de precisión. Esto permitirá la comparación de valores de estudios de composición corporal en España y otros países. Cabe señalar la ausencia de una estandarización concerniente a la nomenclatura de la FFM y sus subrogados en la literatura, donde a menudo se intercambian erróneamente acrónimos como ALMI y SMMI. Por este motivo es prioritario armonizar la terminología.

## Conflictos de intereses

Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses.

## Derechos de autor

Los autores declaran que el artículo (texto y tablas) es íntegramente original e inédito, no habiéndose publicado previamente en ninguna otra publicación.

## Bibliografía

1. Heymsfield SB, Ebbeling CB, Zheng J, et al. Multi-component molecular-level body composition reference methods: evolving concepts and future directions. *Obes Rev*. 2015;16(4):282-94.
2. Goossens GH. The Metabolic Phenotype in Obesity: Fat Mass, Body Fat Distribution, and Adipose Tissue Function. *Obes Facts*. 2017;10(3):207-15.
3. Wolfe RR. The underappreciated role of muscle in health and disease. *Am J Clin Nutr*. 2006;84(3):475-82.
4. Faron A, Sprinkart AM, Kuetting DLR, et al. Body composition analysis using CT and MRI: intra-individual intermodal comparison of muscle mass and myosteatosis. *Sci Rep*. 2020;10(1):11765.
5. Ræder H, Kværner AS, Henriksen C, et al. Validity of bioelectrical impedance analysis in estimation of fat-free mass in colorectal cancer patients. *Clin Nutr*. 2018 Feb;37(1):292-300.
6. De Rui M, Veronese N, Bolzetta F et al. Validation of bioelectrical impedance analysis for estimating limb lean mass in free-living Caucasian elderly people. *Clin Nutr*. 2017;36(2):577-84.
7. Yamada Y, Nishizawa M, Uchiyama T et al. Developing and Validating an Age-Independent Equation Using Multi-Frequency Bioelectrical Impedance Analysis for Estimation of Appendicular Skeletal Muscle Mass and Establishing a Cutoff for Sarcopenia. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(7):809.
8. Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RN et al. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol* (1985). 2000;89(2):465-71
9. Gayon J. History of the concept of allometry. *American Zoologist*, 2000; 40 (5): 748-58.

10. Heymsfield SB, Gallagher D, Mayer L, Beetsch J, Pietrobelli A. Scaling of human body composition to stature: new insights into body mass index. *Am J Clin Nutr*. 2007 Jul;86(1):82-91
11. Heymsfield SB, Heo M, Thomas D, Pietrobelli A. Scaling of body composition to height: relevance to height-normalized indexes. *Am J Clin Nutr*. 2011;93(4):736-40.
12. Heymsfield SB, Hwaung P, Ferreyro-Bravo F, Heo M, Thomas DM, Schuna JM Jr. Scaling of adult human bone and skeletal muscle mass to height in the US population. *Am J Hum Biol*. 2019;31(4):e23252.

©2022 seco-seedo. Publicado por bmi-journal. Todos los derechos reservados.

