

Evaluación de modelos matemáticos para estimar el peso y talla en pacientes adultos usando CRM, RMSE, Pearson y Bland Altman

Assessment of mathematical models to estimate weight and height in adult patients using CRM, RMSE, Pearson and Bland Altman

Rodrigo Alfredo MATOS CHAMORRO¹, Yuly Yujama LUCERO CCENCHO², María Nielsy MOLINA MIRANDA²

1 Facultad de Ingeniería y Arquitectura, EP de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú,

2 Facultad de Ciencias de la Salud, EP de Nutrición Humana. Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.

Recibido: 15/febrero/2022. Aceptado: 29/marzo/2022.

RESUMEN

Introducción: La disponibilidad de datos antropométricos (peso y talla) de pacientes con poca o nula movilidad son importantes en el tratamiento médico y nutricional, para estimar esos valores se han usado modelos matemáticos que reproducen con mayor fidelidad, por lo que es importante evaluar el método de estimación de los modelos.

Objetivo: Evaluar los modelos matemáticos de Rabito, Chumlea y HNHU para estimar peso y talla en pacientes adultos usando los métodos de ERM, RMSE, Pearson y Bland Altman.

Materiales y métodos: Se considera los datos de 31 pacientes entre 20 y 65 años. Los datos fueron altura de rodilla (AR), circunferencia de brazo (CB), circunferencia abdominal (CA), circunferencia de la pantorrilla (CP), media brazada (MB) y envergadura de brazo (EB) comprendidos en ocho modelos de Rabito para estimar peso y talla, cuatro del Hospital Nacional Hipólito Unanue (HNHU) y cuatro de Chumlea. La calidad de la estimación fue evaluada por los métodos de Correlación de Pearson, Error Relativo Medio (ERM), Raíz Cuadrado Medio del Error (RMSE) y Bland Altman. El nivel de asociación entre los métodos fue determinado por Pearson.

Correspondencia:

Rodrigo A. Matos: amatosch@upeu.edu.pe
Yuly Lucero: yoylucero@upeu.edu.pe
Molina Nielsy: nielsymolina@upeu.edu.pe

Los cálculos fueron desarrollados usando el software estadístico R 4.1.0.

Resultados: Las mediciones por el método de Pearson presenta una variación de 54%, el método ERM de 26.65%, por Bland Altman de 8.49% y RMSE 6.1%. Los métodos de RMSE y Bland Altman presentan una asociación de 0.72. Los modelos de Rabito 3M (RMSE=4.38) y Rabito 3F (RMSE=4.36) reproducen los valores de peso con mayor fidelidad y para la estimación de la talla los modelos de Rabito 2M (RMSE=3.64) y Rabito 2F (RMSE = 3.82).

Conclusiones: Los métodos RMSE y de Bland Altman tienen buena asociación, presentando buena estabilidad en las evaluaciones. Los modelos matemáticos de Rabito tienen buena estimación para peso y talla.

PALABRAS CLAVE

RMSE, Bland Altman, Rabito, Chumlea, evaluación modelos.

ABSTRACT

Introduction: The availability of anthropometric data (weight and height) of patients with little or no mobility are important for medical and nutritional treatment, to estimate these values mathematical models that reproduce with greater fidelity have been used, so it is important to evaluate the model estimation method.

Objective: To Assess the mathematical models of Rabito, Chumlea and HNHU to estimate weight and height in adult

patients using the ERM, RMSE, Pearson and Bland Altman methods.

Materials and methods: Data from 31 patients between 20 and 65 years old are considered. The data were knee height (RA), arm circumference (AB), abdominal circumference (AC), calf circumference (CP), mean arm length (MB), and arm span (EB) comprised of eight Rabito models for estimate weight and height, four from Hospital Nacional Hipólito Unanue (HNHU) and four from Chumlea. The quality of the estimation was evaluated by the Pearson Correlation, Relative Mean Error (ERM), Root Mean Square Error (RMSE) and Bland Altman methods. The level of association between the methods was determined by Pearson. Calculations were developed using R 4.1.0 statistical software.

Results: The measurements by the Pearson method present a variation of 54%, the ERM method of 26.65%, by Bland Altman of 8.49% and RMSE 6.1%. The RMSE and Bland Altman methods present an association of 0.72. The Rabito 3M (RMSE=4.38) and Rabito 3F (RMSE=4.36) models reproduce the weight values with greater fidelity and for height estimation the Rabito 2M (RMSE=3.64) and Rabito 2F (RMSE = 3.82) models.

Conclusions: The RMSE and Bland Altman methods have a good association, presenting good stability in the evaluations. Rabito's mathematical models have good estimates for weight and height.

KEYWORDS

RMSE, Bland Altman, Rabito, Chumlea, model evaluation.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de datos antropométricos (peso y talla) de pacientes en los centros de salud, son esenciales para soporte nutricional, ventilación mecánica, administración de fármacos, trasplante de órganos, entre otros. Pero muchas veces, cuando los pacientes presentan poca o nula movilidad, no pueden ser trasladados a los equipos de medición, como balanza y tallímetro. El estado crítico del paciente inmovilizado dificulta la obtención de estas mediciones, por lo que el profesional usa modelos matemáticos para estimar con mayor fidelidad, facilitando la información necesaria en la administración de fármacos, tratamiento médico y nutricional¹⁻³.

Pocos investigadores han desarrollado modelos matemáticos a partir de la combinación de datos antropométricos como circunferencia de cintura (CC) en cm, circunferencia de cadera (CCad) en cm, altura rodilla (AR) en cm, circunferencia braquial o de brazo (CB) en cm, pliegue cutáneo (PCT) en mm, etc. para estimar los valores de peso y talla, que adicionado a los datos bioquímicos pueden ser usados para la evaluación objetiva del paciente y establecer el tratamiento adecuado^{4,5}.

Rabito, ha desarrollado 8 modelos de estimación con población brasileña, 4 para peso y 4 para talla, para mujer y hombre, a partir de las medidas de circunferencia braquial o de brazo (CB), circunferencia abdominal (CA), circunferencia de pantorrilla (CP), pliegue sub escapular (PCS), altura de rodilla (AR), envergadura (longitud) de brazo (EB), media brazada (MB), sexo y edad. Chumlea desarrolló 4 ecuaciones con población estadounidense, 2 para peso y 2 para talla usando 4 medidas corporales CB, CA, PCS, AR y edad. Por otro lado, en la práctica hospitalaria se encontró otros modelos, como el usado en el Hospital Nacional Hipólito Unanue (HNHU) con autoría desconocida, hay 2 modelos para peso y 2 modelos para talla usados según edad del paciente y el género, en este estudio se usaron los que coincidían con la edad de la muestra empleando las medidas de AR, CB y edad⁶⁻¹¹.

Los modelos matemáticos para estimar peso y talla, a veces presentan dificultades de aproximación con el valor real. Para evaluar la estimación de los modelos se usan diversos métodos, como la correlación de Pearson¹², asociación basada en la regresión lineal, otros basados en la correspondencia de los valores reales y estimados como la Raíz Cuadrado Medio del Error (RMSE)¹³, el Error Relativo Medio (ERM)¹⁴ y el método de diferencia crítica de Bland Altman¹⁵. El objetivo de esta investigación fue evaluar los modelos matemáticos de Rabito, Chumlea y HNHU para estimar peso y talla en pacientes adultos usando ERM, RMSE, Pearson y Bland Altman.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio, se han tomado los datos de 31 pacientes ambulatorios de un centro de salud, con los siguientes criterios de inclusión: masculino y femenino con edades de 20 hasta 65 años de nacionalidad peruana sin discapacidad física, sin edemas en las extremidades inferiores, sin amputados, ni con fracturas, ni embarazo, ni obesidad y sin trastornos cognitivos.

La recolección de la información se realizó siguiendo las recomendaciones del protocolo Covid 19 y con el consentimiento informado de los participantes. La ficha de registros considera la edad (años), el sexo, la talla (cm) y el peso (kg); para la recolección del pliegue subescapular se usó el caliper Slim Guide calibrado, para las mediciones de altura rodilla (AR) en cm, circunferencia de brazo o braquial (CB) en cm, circunferencia abdominal (CA) en cm, circunferencia de pantorrilla (CP) en cm, media brazada (MB) en cm y envergadura de brazo (EB) en cm, se usó cinta antropométrica. La distribución normal de los datos fue evaluada por el método de Shapiro Wilk. Los modelos matemáticos para estimar el peso y la talla, se muestran en la tabla 1¹⁶.

Los métodos de evaluación de ajuste de estimación de los modelos usados son: el coeficiente de correlación de Pearson (Fórmula 1) como una medida de asociación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas, cuanto más cercano al va-

Tabla 1. Modelos matemáticos evaluados en el estudio para estimar el peso y talla

MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMACIÓN DEL PESO (Kg)		
Rabito ⁹	1	0,5030*CB + 0,5634*CA + 1,3180*CP + 0,0339*PSC(mm) – 43,1560
	2	0,4808*CB + 0,5646*CA + 1,3160*CP – 42,2450
	3M	0,5759*CB + 0,5263*CA +1,2452*CP – 37,793
	3F	0,5759*CB + 0,5263*CA +1,2452*CP – 42,6619
HNHU*	Masculino	19-59 años= 1,19*AR + 3,2*CB – 81,2
	Femenino	19-59 años= 1,01*AR + 2,81*CB – 61,04
Chumlea ¹¹	Masculino	1,73*CB + 0,98*CP + 0,37*PSC(mm) + 1,16*AR – 81,69
	Femenino	0,98*CB + 1,27*CP + 0,40*PSC(mm) + 0,87*AR – 62,35
MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMACIÓN DE LA TALLA (cm)		
Rabito ⁹	1M	55,08 – 0,07309*Edad + 0,5999*EB + 1,094*MB
	1F	52,115 – 0,07309*Edad + 0,5999*EB + 1,094*MB
	2M	60,288 – 0,06904*Edad +1,293*MB
	2F	57,051 – 0,06904*Edad +1,293*MB
Chumlea ¹¹	Femenino	84,88 – 0,24*Edad(años)+ 1,83*AR
	Masculino	64,19 – 0,04*Edad + 2,02*AR
HNHU*	Masculino	19 a 59 años= 1,18*AR + 71,85
	Femenino	19 a 59 años= 1,86*AR – 0,05*Edad + 70,25

*HNHU: Hospital Nacional Hipólito Unánue; CB -> circunferencia braquial o de brazo (cm); CP -> circunferencia de pantorrilla (cm); CA -> circunferencia abdominal (cm); PSC -> pliegue sub escapular (mm); AR -> altura de rodilla (cm); EB -> envergadura (longitud) de brazo (cm); MB -> media brazada (cm).

lor de 1 la asociación entre el valor estimado (y_i) y real (x_i) será mejor¹²

Fórmula 1. Coeficiente de correlación de Pearson

$$r = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] \cdot [n \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

El método del Error Relativo Medio (ERM) es calculado por la fórmula 2, el modelo tiene una mejor predicción cuánto más cercano a cero¹⁴.

Fórmula 2. Error relativo medio

$$ERM = \sqrt{\frac{\sum \left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{\hat{y}_i}\right)^2}{n}} \times 100$$

Según el método de la Raíz Cuadrado Medio del Error (RMSE), mostrado en la fórmula 3, cuanto más cercano a 1 será mejor la calidad de ajuste¹³.

Fórmula 3. Raíz del Error Cuadrado Medio (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$

Dónde:

y_i = Valor observado

\hat{y}_i = Valor estimado por los modelos

y_i = Media de los valores observados

n = Número de participantes

El método de la diferencia significativa de Bland-Altman, es la correspondencia entre los valores reales y estimados en forma aleatoria a niveles de 95% de confianza, cuánto menor sea la diferencia entre estos valores comprendidas en el rango correspondiente mejor será la calidad de ajuste^{17,18}. El nivel de asociación entre los índices obtenidos por los métodos para cada uno de los modelos fue determinado por la correlación de Pearson.

Los cálculos de estimación y evaluación de los modelos fueron realizados usando el software estadístico R 4.1.0

RESULTADOS

Los datos recopilados para las diferentes variables de estudios tienen una distribución normal, los resultados de la calidad de estimación de los modelos, evaluados por el RMSE, ERM, Pearson y Bland-Altman se muestran en la tabla 2.

La evaluación de la calidad de ajuste de los modelos mediante la correlación de Pearson muestra que los modelos de estimación de peso de Rabito 1, Rabito 2, Rabito 3M, Rabito

3F, Chumlea M y Chumlea F tienen valores mayores de 0.90, mientras que, para los modelos de HNHU los valores se encuentran entre 0.79 y 0.84. La calidad de ajuste para los modelos de estimación de talla tiene valores menores y varían de 0.41 a 0.81.

La calidad de ajuste de los modelos según el error relativo medio (ERM) muestra que los modelos generales de Rabito para peso tienen muy buena estimación (Rabito 1 = 2.87; Rabito 2 = 2.86), así como, el modelo de HNHU para varones (3.08), el modelo HNHU para mujeres muestra buena estimación (7.46), mientras que los otros modelos tienen calidad de ajuste regulares (Rabito 3M = 15.12; Rabito 3F = 14.36, Chumlea M = 14.07) y malo (Chumlea F = 29.35). En cuanto a los modelos para estimación de talla presentan muy buena calidad de ajuste (Rabito 2M = 2.67; Rabito 2F = 3.54; Chumlea M = 2.54; HNHU M = 0.70), y los modelos de Rabito 1M (6.10), Rabito 1F (6.58) y HNHU F (7.33) tienen buena estimación, solo el modelo de Chumlea F tiene mala calidad de estimación (21.24).

La calidad de ajuste según los coeficientes de la Raíz del Error Cuadrado Medio (RMSE) de los modelos de Rabito para

Tabla 2. Evaluación de modelos matemáticos según los métodos RMSE, ERM, Pearson y Bland-Altman

Medida	Modelo	RMSE	ERM	Pearson	Bland-Altman
Peso	Rabito 1	4,65	2,87	0,91	9,24
Peso	Rabito 2	4,68	2,86	0,91	9,18
Peso	Rabito 3M	4,38	15,12	0,95	6,44
Peso	Rabito 3F	4,36	14,36	0,94	7,66
Peso	HNHU M	7,05	3,08	0,79	14,28
Peso	HNHU F	6,37	7,46	0,84	12,57
Peso	Chumlea M	5,25	14,07	0,91	9,43
Peso	Chumlea F	5,98	29,35	0,93	8,36
Talla	Rabito 1M	4,04	6,10	0,81	5,79
Talla	Rabito 1 F	4,63	6,58	0,75	8,11
Talla	Rabito 2 M	3,64	2,67	0,73	6,98
Talla	Rabito 2F	3,82	3,54	0,81	7,28
Talla	Chumlea M	5,83	2,54	0,44	11,74
Talla	Chumlea F	9,74	21,24	0,52	11,27
Talla	HNHU M	5,55	0,70	0,41	11,37
Talla	HNHU F	5,47	7,33	0,62	9,65

M = Masculino, F = Femenino, HNHU = Hospital Nacional Hipólito Unanue, RMSE = Raíz Cuadrado Medio del Error (por sus siglas en inglés de Root Mean Square Error), ERM = Error Relativo Medio.

peso son muy buenos (4.65, 4.68, 4.38, 4.36), así como, para los modelos, HNHU y de Chumlea son buenos (7.05, 6.37, 5.25, 5.98), los modelos para la estimación de la talla presentan características similares.

La calidad de ajuste de los modelos generales de estimación de peso de Rabito, para masculinos y femeninos, por el método de la diferencia máxima de Bland Altman tienen muy buena estimación, como se muestra en la figura 1, la concordancia entre los valores reales de peso para masculinos y los valores estimados para el modelo de rabito 3 (6.44), comportamientos similares tienen los otros modelos estimados (9.24, 9.18, 7.66), así como, los modelos de Chumlea (9.43, 8.36) mientras que los modelos de HNHU tienen buena aproximación (14.28, 12.57), comportamiento similar presenta los modelos para la estimación de la talla.

La tabla 3 muestra el nivel de asociación, entre los valores de los modelos evaluados por los métodos de correlación de Pearson, ERM, RMSE y Bland Altman, los metodos de evaluación de RMSE y Bland Altman tienen una relación de 0.72, mientras que, con los otros métodos las relaciones son menores y hasta negativos.

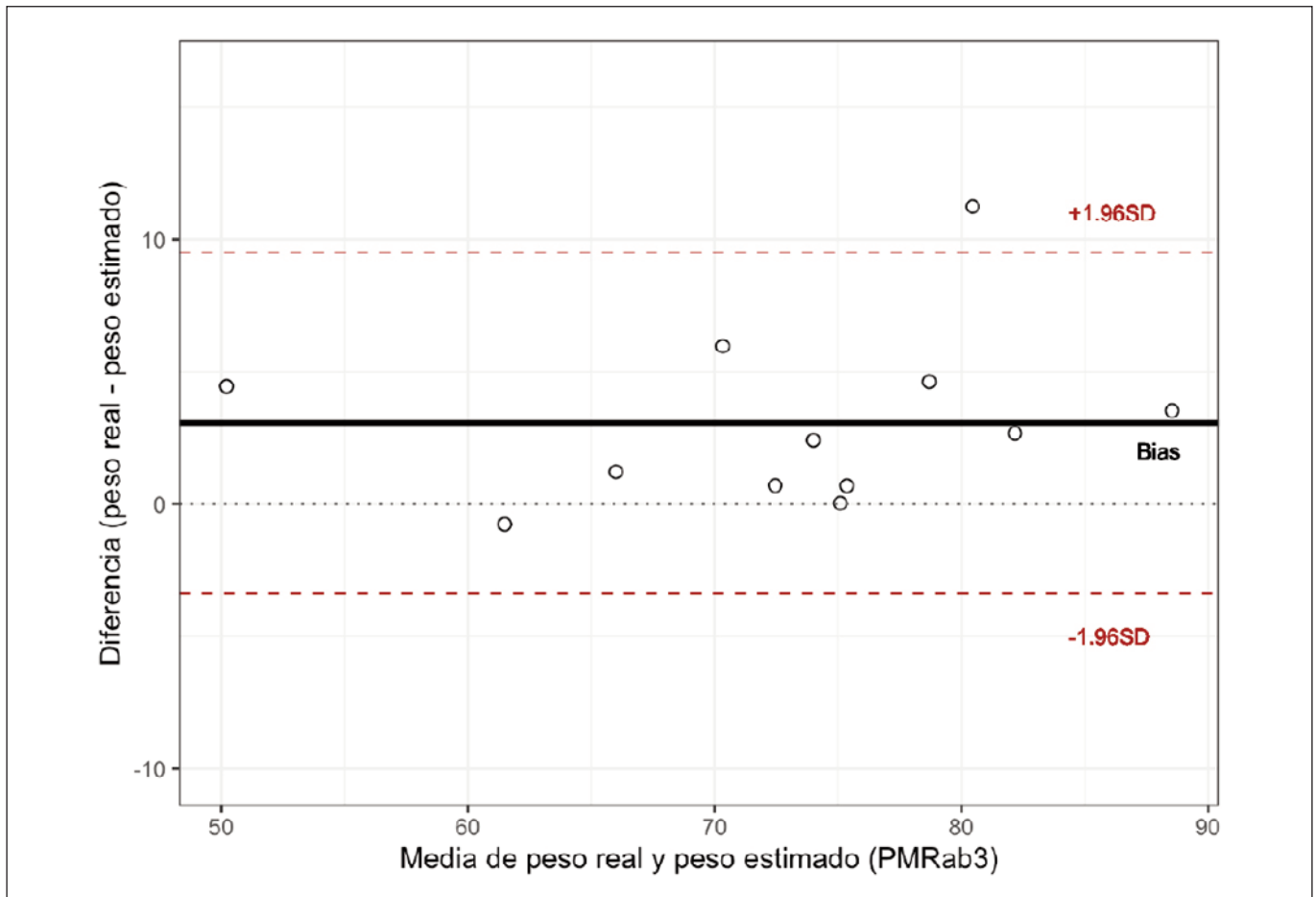
Tabla 3. Nivel de asociación entre los métodos de evaluación de estimación de modelos matemáticos

Métodos	ERM	Pearson	Bland-Altman
RMSE	0.39	-0.42	0.72
ERM		0.29	-0.17
Pearson			-0.43

DISCUSIÓN

La evaluación de la calidad de ajuste a través del método de la correlación de Pearson de los modelos de Rabito y Chumlea para estimar peso son muy buenas (>0.90), valores similares fueron reportados por Martín y Hernández¹² para ambos sexos (0.92), mientras que para los modelos de HNHU son buenas (0.79 y 0.84). La calidad de ajuste para los modelos de estimacion de talla varían de malo a bueno (de 0.41 a 0.81). En este estudio, el rango de variación de la calidad de ajuste evaluada por el método Pearson es de 54%, esta variación alta puede ser porque el método presenta inconsis-

Figura 1. Gráfico de Bland Altman para los valores estimados de peso según el modelo de Rabito 3M



tencia en las mediciones de evaluación de los modelos o realmente los modelos no predicen bien. En el estudio desarrollado por Mantilla Hernandez et al.¹⁹ para predecir la talla, la calidad de ajuste de predicción por la correlación de Pearson es de 0.88. Varios autores han cuestionado la correlación de Pearson como método de evaluación de la calidad de estimación de modelos, porque en el proceso de cálculo usa el método de mínimos cuadrados²⁰, usado para hacer el ajuste entre los valores reales y estimados, distorsionando la evaluación por aproximación, provocando un error en el cálculo de la estimación. Cardemil²¹ resalta que la correlación de Pearson no evalúa la concordancia, sino, la asociación lineal entre las mediciones (variables) que, aunque puedan correlacionar bien pueden concordar muy poco.

La evaluación de la calidad de ajuste de los modelos, según el error relativo medio (ERM), muestra que los modelos de Rabito para peso y el modelo de HNHU tienen muy buena estimación (<5 y <10), mientras que los otros modelos muestran estimaciones regulares y mala. En cuanto a los modelos para talla muestran muy buena calidad de ajuste. El rango de variación de medición de la calidad por este método es de 28.65%, bastante menor que el calculado por el método de Pearson. No se han encontrado reportes de evaluaciones de modelos para peso y talla con este método. El error relativo medio (ERM) es una medida de la calidad de ajuste de estimación de los modelos matemáticos de ingeniería cuando los puntos independientes son fijos¹⁴.

La evaluación de la calidad de ajuste de los modelos según el coeficiente de la Raíz Cuadrado Medio del Error (RMSE) tienen una variación de 6.1%, bastante menor que por los métodos de Pearson y ERM. De acuerdo al RMSE las estimaciones a través de los modelos de Rabito para peso son muy buenos (< 5) y los otros modelos, HNHU y de Chumlea son buenos (<10), los modelos para la estimación de la talla presentan características similares.

Chumlea et al.¹¹ realizó una investigación para predecir la estatura de adultos y niños (blancos y negros), con aplicación a personas con movilidad reducida o discapacitadas, entre 18 y 60 años, y la capacidad de estimación fue muy buena con RMSE = 4.12, al igual que Rativa²² reporta que los modelos de predicción para la talla tiene RMSE = 2.11

La calidad de ajuste de los modelos por la diferencia máxima de Bland Altman, con 2 desviaciones estándar, son muy buenas cuando la concordancia entre los valores reales y los valores estimados son más cercanos a cero, pero cuánto más se aleja la calidad de ajuste también varía, los modelos de estimación de Rabito para peso en masculinos y femeninos, así como, el de Chumlea tienen buena estimación (< 10), mientras que, los modelos de HNHU tienen regular estimación (< 15), comportamiento similar presenta los modelos para la estimación de la talla.

La variación de la evaluación de la calidad de ajuste de los modelos, según el método de Bland Altman es de 8.49%, un poco mayor que RMSE y bastante menor que por el método de Pearson y ERM.

El análisis de Bland-Altman, es simple y precisa de cuantificar la concordancia entre dos mediciones y puede ayudar al personal de salud, para comparar un nuevo método de medición contra otro o un estándar de referencia, la concordancia promedio, se evalúa comparando el promedio de las diferencias de las mediciones en un intervalo de confianza de 95%, esto se puede realizar con una prueba t de student. Para evaluar la concordancia es necesario evaluar la variabilidad de las diferencias, también se analiza el sesgo de las ecuaciones y su precisión^{4,21,23-25}.

Independientemente de las escalas de medición de los métodos, usados para evaluar la calidad de reproducción de datos de los modelos, debe existir alguna relación o asociación directa entre ellas como indicador de confiabilidad, no obstante, solo los métodos de RMSE y Bland Altman tienen buena asociación (0.72) (Tabla 3). Esto permite establecer que los métodos confiables para evaluar la calidad de ajuste, de reproducción de datos para peso y talla, a través de los modelos matemáticos pueden ser evaluados, en primera instancia, por el método Raíz Cuadrado Medio del Error (RMSE) y en segunda por el método de Bland-Altman.

De acuerdo a los métodos de RMSE y Bland Altman, los modelos de Rabito y Chumlea para estimar el peso tienen una buena aproximación a los valores reales, resultados similares fueron reportados por Rabito et al. y Chumlea cuando estos modelos fueron evaluados con el coeficiente de St. Laurent (0.8745), así como, otros estudios en población brasileña en más de 300 pacientes, sin embargo, el estudio conducido por Osuna et al. en población mexicana no obtuvieron buena estimación con valores de RMSE, sino, ligeramente superiores en contradicción a un estudio en población peruana, eso puede indicar que es necesario desarrollar modelos matemáticos de acuerdo a las características poblacionales^{9,11,16,19,26-30}.

En el análisis de los modelos de estimación de talla, el modelo de Rabito 2 para varones fue el más cercano a los datos reales, con RMSE de 3.645; esto no concordó con los estudios conducidos por Ferreira et al. en brasileños y el de Osuna et al. en mexicanos, quienes obtuvieron estimación no adecuadas en las poblaciones estimadas con los modelos de Rabito 1 y 2. De los métodos de Chumlea, la de varones tiene mejor estimación (RMSE = 5.83) pero la de mujeres varía ligeramente (RMSE = 9.74), mientras que, ese comportamiento no se muestra según el método de Bland Altman, aunque ambos métodos muestran buena calidad de aproximación^{11,16,26,31}.

CONCLUSIONES

- Los métodos de RMSE y Bland Altman son confiables y consistentes en la evaluación de la calidad de estimación de los modelos

- De acuerdo a los métodos de RMSE y Bland Altman, los modelos de Rabito 3M y Rabito 3F estiman mejor el peso, mientras que los modelos Rabito 2M y Rabito 2F estiman mejor la talla.
- Todos los modelos estudiados para la estimación de peso tienen buena calidad de estimación en el orden Rabito, Chumlea, HNHU y para talla Rabito, HNHU y Chumlea.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Peruana Unión por el financiamiento para el desarrollo de este trabajo de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Cáceres Lavernia H, Neninger Vinageras E, Menéndez Alfonso Y, Barreto Penié J. Intervención nutricional en el paciente con cáncer Nutritional intervention in cancer patient. *Revista Cubana de Medicina* [Internet]. 2016;55(1):59–73. Available from: <http://scielo.sld.cu>
- Tappenden KA, Quatrara B, Parkhurst ML, Malone AM, Fanjiang G, Ziegler TR. Critical role of nutrition in improving quality of care: An interdisciplinary call to action to address adult hospital malnutrition. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2013;37(4):482–97. DOI: 10.1177/0148607113484066
- García del Moral Martin R, Morales Laborías ME, Fernández López I, Rodríguez Delgado E, Díaz Castellanos MA. Subjective estimation of patient weight and height in the ICU. Non-advisable measures. *Med Intensiva*. 2013 Jan;37(1):50–7. DOI: 10.1016/j.medint.2012.03.016
- Ramírez López E, Negrete López NL, Tijerina Sáenz A. El peso corporal saludable: Definición y cálculo en diferentes grupos de edad. *Revista Salud Pública y Nutrición*. 2012;13(4). <https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2012/spn124f.pdf>
- Pérez-Flores JE, Chávez-Tostado M, Larios-del-Toro YE, García-Rentería J, Rendón-Félix J, Salazar-Parra M, et al. Evaluación del estado nutricional al ingreso hospitalario y su asociación con la morbilidad y mortalidad en pacientes mexicanos. *Nutr Hosp*. 2016;33(4):872–8. DOI: 10.20960/nh.386
- Montejo González JC, Culebras Fernández JM, García de Lorenzo y Mateos A. Recomendaciones para la valoración nutricional del paciente crítico. *Rev Méd Chile*. 2006;134:1049–56. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v134n8/art16.pdf>
- Veramendi-Espinoza LE, Zafra-Tanaka JH, Salazar-Saavedra O, Basilio-Flores JE, Millones-Sánchez E, Pérez-Casquino GA, et al. Prevalencia y factores asociados a desnutrición hospitalaria en un hospital general; Perú, 2012. *Nutr Hosp*. 2013;28(3):1236–43. DOI: 10.3305/nh.2013.28.4.6390
- Savino P. Desnutrición hospitalaria: grupos de soporte metabólico y nutricional Segunda parte. *Rev Colomb Cir*. 2012;27:146–57. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcci/v27n2/v27n2a7.pdf>
- Rabito EI, Mialich MS, Martínez EZ, García RWD, Jordao AAJ, Marchini JS. Validation of predictive equations for weight and height using a metric tape. *Nut Hosp*. 2008;23(6):614–8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19132271/>
- Balode A, Stolarova A, Villerusa A, Zepa D, Kalnins I, Vētra J. Estimation of body weight and stature in Latvian hospitalized seniors. *Papers on Anthropology*. 2015 Oct 21;24(2):27–36. DOI: 10.12697/poa.2015.24.2.03
- Chumlea WC, Shumei, Guo S, Steinba Ugh ML. Prediction of stature from knee height for black and white adults and children with application to mobility-impaired or handicapped persons. *Journal of the American Dietetic Association*. 1994;94(12):1385–91. [https://doi.org/10.1016/0002-8223\(94\)92540-2](https://doi.org/10.1016/0002-8223(94)92540-2)
- Martin O, Hernández RA. Predictive equations body weight for Venezuelan adults. *Antropo* [Internet]. 2013;29:133–40. Available from: www.didac.ehu.es/antropo
- Calasan M, Abdel Aleem SHE, Zobia AF. On the root mean square error (RMSE) calculation for parameter estimation of photovoltaic models: A novel exact analytical solution based on Lambert W function. *Energy Conversion and Management*. 2020 Apr 15;210. DOI: 10.1016/j.enconman.2020.112716
- Matos Chamorro RA. Evaluación de modelos matemáticos de GAB y BET en la descripción de isotermas de sorción de oca (*Oxalis tuberosa* mol.) y algunos derivados. [Huancayo - Perú]; 1993.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;307–10. <https://www-users.york.ac.uk/~mb55/meas/ba.pdf>
- Osuna-Padilla IA, Borja-Magno AI, Leal-Escobar G, Verdugo-Hernández S. Validación de ecuaciones de estimación de peso y talla con circunferencias corporales en adultos mayores Mexicanos. *Nutr Hosp*. 2015;32(6):2898–902. DOI: 10.3305/nh.2015.32.6.9760
- Bland JM, Altman DG. Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. *Lancet*. 1995;346:1085–7. doi=10.1.1.383.8972
- Bland M, Altman D. Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical Methods in Medical Research*. 1999;8(1):135–60. DOI: 10.1177/096228029900800204
- Mantilla Hernández JC, Cárdenas Durán N, Jácome Bohórquez JM. Estimation of Height from Measurements of the Tibia in Colombian Population. *Int J Morphol*. 2009;27(2):305–9. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v27n2/art04.pdf>
- Santana Probén S. El problema de la comparación de métodos. El caso de los errores proporcionales e iguales. *Rev Cubana Aliment Nutr*. 2013;23(1):179–92. <http://www.revalnutricion.sld.cu/index.php/rca/article/view/264/255>
- Cardemil F. Comparison analysis and applications of the Bland-Altman method: correlation or agreement? *Medwave*. 2017 Jan 25;17(01):1–6. DOI: 10.5867/medwave.2016.01.6852
- Rativa D, Fernandes BJT, Roque A. Height and Weight Estimation from Anthropometric Measurements Using Machine Learning Regressions. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*. 2018 Mar 28;6. DOI: 10.1109/JTEHM.2018.2797983

23. Myles PS, Cui J. Using the Bland-Altman method to measure agreement with repeated measures. Vol. 99, *British Journal of Anaesthesia*. Oxford University Press; 2007. p. 309–11. DOI: 10.1093/bja/aem214
24. Möller S, Debrabant B, Halekoh U, Petersen AK, Gerke O. An extension of the bland–altman plot for analyzing the agreement of more than two raters. *Diagnostics*. 2021 Jan 1;11(54):1–12. DOI: 10.3390/diagnostics11010054
25. Doğan NÖ. Bland-Altman analysis: A paradigm to understand correlation and agreement. *Turkish Journal of Emergency Medicine*. 2018 Dec 1;18(4):139–41. DOI: 10.1016/j.tjem.2018.09.001
26. Ferreira Melo AP, Kuerten de Salles R, Kunradi Vieira FG, Gonçalves Ferreira M. Methods for estimating body weight and height in hospitalized adults: a comparative analysis. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2014;16(4):475–84. DOI: 10.5007/1980-0037.2014v16n4p475
27. Rabito EI, Vannucchi GB, Marques V, Suen M, Lopes L, Neto C, et al. Weight and height prediction of immobilized patients. *Rev Nutr*. 2006;19(6):655–61. <https://doi.org/10.1590/S1415-527200600600002>
28. Souza R, Schimitt De Fraga J, Bertaso C, Gottschall A, Michielin Busnello F, Rabito EI, et al. Anthropometry assessment in the elderly: estimates of weight and height and agreement between BMI ratings. *Rev Bras Geriatr Gerontol*. 2013;16(1):81–90. DOI:10.1590/S1809-98232013000100009
29. Cereda E, Bertoli S, Battezzati A. Height prediction formula for middle-aged (30-55 y) Caucasians. *Nutrition*. 2010 Nov;26(11–12):1075–81. DOI: 10.1016/j.nut.2009.08.024
30. Bernal-Orozco MF, Vizmanos B, Hunot C, Flores-Castro M, Leal-Mora D, Cells A, et al. Equation to estimate body weight in elderly Mexican women using anthropometric measurements. *Nutr Hosp*. 2010;25(4):648–55. DOI: 10.3305/nh.2010.25.4.4508
31. Borba De Amorim R, Coelho MA, Cruz S, Borges De Souza-Júnior PR, Corrêa Da Mota J, González C. Stimating stature measurements applied on body mass index in the nutritional assessment of the elderly. *Rev Chil Nutr*. 2008;35(1):272–9. <https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v35s1/art03.pdf>