

Correlación de fórmulas para gasto energético con calorimetría indirecta en pacientes críticos

Correlation of equations for energy expenditure with indirect calorimetry in critically ill patients

Angélica López-Villegas^{1a}, Ma. Natalia Gómez-González^{1b}, Pedro Luis González-Carrillo^{1c}

Resumen

Introducción: la nutrición en la unidad de cuidados intensivos (UCI) es una piedra angular; sin embargo, los requerimientos energéticos son un tema controversial aún no resuelto. La calorimetría es el estándar de oro para calcular el gasto energético, pero es costosa y no está disponible en todas las áreas de las UCI. Se han desarrollado fórmulas para calcular el gasto energético basal (GEB) y hacer el proceso más sencillo.

Objetivo: validar las fórmulas predictivas de GEB comparado con el obtenido con calorimetría indirecta (CI) ventilatoria dentro de la valoración nutricia en los pacientes de UCI.

Material y métodos: estudio transversal analítico retrolectivo. Realizamos medición de GEB a los pacientes de la UCI de un hospital de tercer nivel con calorimetría indirecta ventilatoria y se compararon los resultados obtenidos con los de las fórmulas de Harris Benedict, Muffin-St. Jeor, Institute of Medicine y Faisy.

Resultados: se incluyeron un total de 49 pacientes; se encontró correlación moderada con significación estadística entre las medidas de GEB obtenidas por calorimetría indirecta, con las obtenidas por cuatro fórmulas predictivas que se estudiaron. La fórmula de Faisy obtuvo la corrección más fuerte con una $r = 0.461$ ($p = 0.001$).

Conclusión: la correlación entre el GEB obtenido por fórmulas predictivas y por CI es de ligera a moderada, debido a la heterogeneidad del paciente crítico y su naturaleza cambiante a lo largo de su enfermedad.

Abstract

Background: Nutrition in the Intensive Care Unit (ICU) is a cornerstone; however, energy requirements are a controversial issue that has not yet been resolved. Calorimetry is the gold standard for calculating energy expenditure, but it is expensive and not available in all ICU areas. Formulas have been developed to calculate basal energy expenditure (BAE) and make the process easier.

Objective: To validate the predictive formulas of BAE compared to that obtained with ventilatory indirect calorimetry (IC) within the nutritional assessment in ICU patients.

Material and methods: Analytical cross-sectional retrospective study. We performed BAE measurement on patients in the ICU of a third level hospital with ventilatory indirect calorimetry and compared the results obtained with those of the Harris Benedict, Muffin-St. Jeor, Institute of Medicine, and Faisy equations.

Results: A total of 49 patients were included; a moderate correlation with statistical significance was found between the BAE measurements obtained by indirect calorimetry, with those obtained by four predictive equations that were studied. The Faisy equation obtained the strongest correction with $r = 0.461$ ($p = 0.001$).

Conclusion: The correlation between the BAE obtained by predictive equations and by IC goes from mild to moderate, due to the heterogeneity of critical patients and their changing nature throughout their disease.

¹Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional del Bajío, Hospital de Especialidades No. 1, Servicio de Terapia Intensiva. León, Guanajuato, México



ORCID: [0000-0003-1575-7439^a](#), [0000-0001-9913-8533^b](#), [0000-0003-1235-9902^c](#)

Palabras clave
Calorimetría Indirecta
Metabolismo Energético
Cuidados Críticos
Fórmulas Predictivas
Estudios Transversales

Keywords
Calorimetry, Indirect
Energy Metabolism
Critical Care
Predictive Formulas
Cross-Sectional Studies

Fecha de recibido: 17/12/2022

Fecha de aceptado: 16/01/2023

Comunicación con:
Ma. Natalia Gómez González
 nataliag18@hotmail.com
 477 765 1589

Cómo citar este artículo: López-Villegas A, Gómez-González MN, González-Carrillo PL. Correlación de fórmulas para gasto energético con calorimetría indirecta en pacientes críticos. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2023;61 Supl 2:S246-53.

Introducción

La nutrición en el área de terapia intensiva es piedra angular. Las guías internacionales y nacionales recomiendan el inicio de esta tan pronto como sea posible, durante las primeras 24 a 48 horas de admisión a la unidad de cuidados intensivos (UCI),¹ esto debido a que los pacientes con enfermedad crítica muestran una respuesta hipercatabólica que tiene como objetivo asegurar niveles suficientes de sustratos circulantes. La administración inadecuada de calorías por medio de la dieta en los pacientes críticos conduce a la aparición de una serie de trastornos que incrementan la morbilidad infecciosa, la disfunción orgánica múltiple, la hospitalización prolongada y la mortalidad;^{2,3} lo anterior resulta en una rápida disminución de la masa corporal magra que excede la asociada a reposo en cama o a simple inanición.⁴

Los requerimientos energéticos se estiman diariamente utilizando fórmulas sencillas en las que se toma el peso como base, con aproximaciones de 25 hasta 30 kcal/kg de peso corporal/día, como recomiendan algunas guías.¹ Estas fórmulas tienen sus bemoles, sobre todo porque los pacientes de cuidados intensivos tienen características complejas relacionadas con el estrés metabólico al que están sometidos. La calorimetría sigue siendo recomendada y considerada el estándar de oro para calcular el gasto energético en el paciente en estado crítico; se trata de la manera más objetiva, además de que es personalizada y ayuda a dirigir la terapéutica nutricional.^{5,6} La calorimetría indirecta (CI) ventilatoria calcula el gasto energético basal (GEB) mediante la fórmula de Weir, en la que se cuantifica el consumo de oxígeno (VO₂) necesario para oxidar cada uno de los macronutrientes para proporcionar energía y la producción de dióxido de carbono (VCO₂).

La fórmula es:

$$\text{GEB (kcal/día)} = [3.94 (\text{VO}_2 \text{ mL/min}) + 1.11 (\text{VCO}_2 \text{ mL/min})] 1.44$$

La CI ventilatoria calcula también la relación entre el VCO₂/VO₂ o cociente respiratorio (QR). Se ha reportado un equilibrio metabólico en límites de 0.7-1.10, un valor < 0.7 es equivalente a lipólisis y uno > 1.10 se refiere a lipogénesis por exceso de carbohidratos.^{7,8}

Se han desarrollado muchas fórmulas predictivas para calcular el GEB con la finalidad de hacer del cálculo de las necesidades energéticas de los pacientes un proceso más sencillo y accesible. Estas fórmulas se basan en datos como el sexo, la edad, la temperatura, el volumen minuto, el peso y la talla, y entre ellas destacan la de Harris Benedict,⁹ Mifflin-St. Jeor,¹⁰ Institute of Medicine¹¹ y Faisy¹² por su amplia utilización en áreas de terapia intensiva.

Estas fórmulas se han usado ampliamente en diversas áreas, a pesar de que su uso nació y se validó inicialmente en paciente sanos. Se han estudiado en pacientes críticamente enfermos, con valores predictivos variables.^{13,14} Parece que la discordancia entre la calorimetría indirecta y las fórmulas predictivas está acentuada en pacientes en estado crítico.^{15,16}

Los pacientes con enfermedad grave y en estado crítico en fase aguda incrementan sus necesidades metabólicas dos o tres veces y estas pueden persistir elevadas durante un largo periodo de tiempo, incluso meses, en concordancia con la gravedad de la lesión inicial. Se ha demostrado que el estado de malnutrición al momento del egreso es inversamente proporcional a la capacidad funcional del paciente.¹⁷

La importancia de proveer a los pacientes críticos de un soporte energético personalizado y optimizado ha sido descrita en diversos estudios en los que se concluye que tanto la desnutrición como la sobrenutrición tienen impacto en la mortalidad, y este resultado es más evidente en aquellos sujetos con antecedente al ingreso a la UCI de patologías caracterizadas por desnutrición.¹²

Material y métodos

Estudio transversal analítico retrolectivo. Se llevó a cabo en la UCI de la Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE) Hospital de Especialidades No. 1 del Instituto Mexicano del Seguro Social, ubicado en el Centro Médico Nacional del Bajío en León, Guanajuato, México.

El objetivo primario fue obtener una validación de las fórmulas predictivas de requerimiento energético con el obtenido mediante CI ventilatoria dentro de la valoración nutricia en los pacientes de la UCI.

En cuanto a los criterios de selección, se seleccionaron pacientes en estado crítico, bajo ventilación mecánica, que ingresaron a la UCI, a quienes se les realizó una calorimetría indirecta ventilatoria y que tuvieran registro de peso, talla, temperatura corporal y volumen minuto en el expediente.

El peso se registró mediante el resultado obtenido por las básculas que tienen las camas de la UCI. La talla se tomó al momento del ingreso mediante una conta métrica flexible con el paciente en decúbito supino; la medición se llevó a cabo por dos integrantes de los médicos a cargo de los pacientes. El volumen minuto ventilatorio se obtuvo de las notas médicas. La calorimetría indirecta ventilatoria fue realizada por un solo médico especialista en Medicina del Enfermo en Estado Crítico con el entrenamiento para reali-

zar el estudio con un calorímetro indirecto (CCM-Express). A partir de los datos obtenidos se calcularon las necesidades energéticas predichas de los pacientes con el uso de las fórmulas y se registraron en la hoja de recolección de datos, junto con el obtenido a partir de la CI. De todas las fórmulas se obtuvo el resultado en kcal por día. Las fórmulas se exponen a continuación.

Harris Benedict

Hombres: $GEB = 66.5 + [13.75 \times \text{peso (kg)}] + [5.003 \times \text{talla (cm)}] - [6.775 \times \text{edad (años)}]$

Mujeres: $GEB = 655.1 + [9.563 \times \text{peso (kg)}] + [1.85 \times \text{talla (cm)}] - [4.676 \times \text{edad (años)}]$

Mifflin-St. Jeor

Hombres: $GET = [9.99 \times \text{peso (kg)}] + [6.25 \times \text{talla (cm)}] - [4.92 \times \text{edad (años)}] - 5$

Mujeres: $GER = [9.99 \times \text{peso (kg)}] + [6.25 \times \text{talla (cm)}] - [4.92 \times \text{edad (años)}] - 161$

Institute of Medicine

Hombres y mujeres: $GEB = 247 - (2.637 \times \text{edad}) + [401.5 \times \text{talla (m)}] + [8.6 \times \text{peso (kg)}]$

Faisy

Hombres y mujeres: $GEB = [(8 \times \text{peso}) + (14 \times \text{talla}) + (32 \times \text{VM}) + (94 \times \text{temp})] - 4834$

El cálculo de la muestra se obtuvo con base en los resultados publicados por Kamiyama *et al.*, con un nivel de significación del 5%, un riesgo de error alfa de 0.05, beta 0.20, con resultado de 42 pacientes.¹⁸

Consideraciones éticas

Los procedimientos del proyecto cumplieron con el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, con la Declaración de Helsinki en 1975 y sus enmiendas, así como con los códigos y normas internacionales vigentes para las buenas prácticas en la investigación clínica en materia de seguridad, confidencialidad y anonimato. En este estudio no se llevaron acciones que supusieran un riesgo añadido a los inherentes a los procedimientos utilizados para el diagnóstico y tratamiento del paciente, como exámenes de laboratorio o gabinete, que fueron explicados en su momento, y autorizados por el paciente o representante. El protocolo fue autorizado por

el Comité de Ética y de Investigación del Hospital de Especialidades No. 1 del Centro Médico Nacional del Bajío, con número de registro R-2022-1001-096.

Manejo estadístico de los datos

El análisis de los datos y el exploratorio se determinó mediante los valores de simetría y curtosis de las variables cuantitativas continuas, tuvieran o no distribución normal acorde a la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Las variables cuantitativas continuas con distribución normal se presentaron como media y desviación estándar (mediana y percentiles, en caso contrario). Las variables cualitativas se expresaron como frecuencias o proporciones.

Los resultados del GEB de la CI ventilatoria y de las fórmulas predictivas se analizaron mediante el paquete estadístico SPSS. Se realizó correlación de las variables cuantitativas por medio del coeficiente de correlación de Pearson o Spearman según el tipo de distribución de las variables. Para todos los análisis estadísticos inferenciales se consideraron como significativos valores de $p < 0.05$.

Resultados

Cuarenta y nueve pacientes fueron incluidos en el estudio. Las características demográficas y clínicas de la población de estudio se describen en el cuadro I. Del total de pacientes se registraron 29 hombres (59.2%) y 20 mujeres (44.8%), con una edad media de 55 ± 17 años. Con respecto a las medidas antropométricas se encontró para el peso una media 76.8 ± 14.4 kg, talla 163 ± 9.2 cm, superficie corporal 1.82 ± 0.2 m², índice de masa corporal (IMC) 28.2 ± 4.6 kg/m². La media de estancia en área de terapia intensiva fue de 7.7 ± 4.1 días. En cuanto a la gravedad del estado de salud se valoró con las escalas SOFA y APACHE II, con medias de 11.8 ± 3.1 y 5.6 ± 1.97 , respectivamente. Los resultados de la necesidad energética calculada por las diferentes fórmulas predictivas y por calorimetría indirecta del grupo de pacientes estudiados se muestran en el cuadro II. En la figura 1 se muestran los valores de gasto energético de cada uno de los pacientes que se estudiaron. El GEB medido por CI fue de 1538 ± 257.3 kcal/día, mientras que para cada una de las fórmulas predictivas fue de 1458 ± 249.8 kcal/día para Harris Benedict; de 1424 ± 157.5 kcal/día para la fórmula de Mifflin-St. Jeor; para la fórmula del Institute of Medicine la media fue de 1779 ± 240.1 kcal/día; por último, para Faisy fue de 2182 ± 547.9 kcal/día.

En cuanto a medidas de correlación de Pearson, se encontró que existía correlación entre la medición del GEB

Cuadro I Características basales de la población estudiada sometida a examen con calorimetría indirecta ventilatoria

Total	n = 49
Sexo femenino, n (%)	20 (± 44.8)
Edad, años, media (DE)	55.06 (± 17.01)
Peso, kg, media (DE)	76.8 (± 14.41)
Talla, cm, media (DE)	163.8 (± 9.22)
Superficie corporal, m ² , media (DE)	1.82 (± 0.20)
IMC, kg/m ² , media (DE)	28.2 (± 4.68)
Diagnóstico al momento del ingreso	
Médico (%)	18 (± 36.7)
Quirúrgico (%)	31 (± 63.2)
Días de estancia en UCI, media (DE)	7.7 (± 4.19)
Gasto energético basal, kcal, media (DE)	2182 (± 547.9)

IMC: índice de masa corporal; DE: desviación estándar; UCI: unidad de cuidados intensivos

Cuadro II Necesidades calóricas obtenidas por calorimetría indirecta y fórmulas predictivas

Resultado de la CI, kcal, media (DE)	1538 (± 257.3)
Harris Benedict, kcal, media (DE)	1458 (± 249.8)
Mifflin-St. Jeor, kcal, media (DE)	1424 (± 157.5)
Institute of Medicine, kcal, media (DE)	1779 (± 240.1)
Faysi, kcal, media (DE)	2182 (± 547.9)

CI: calorimetría indirecta; DE: desviación estándar

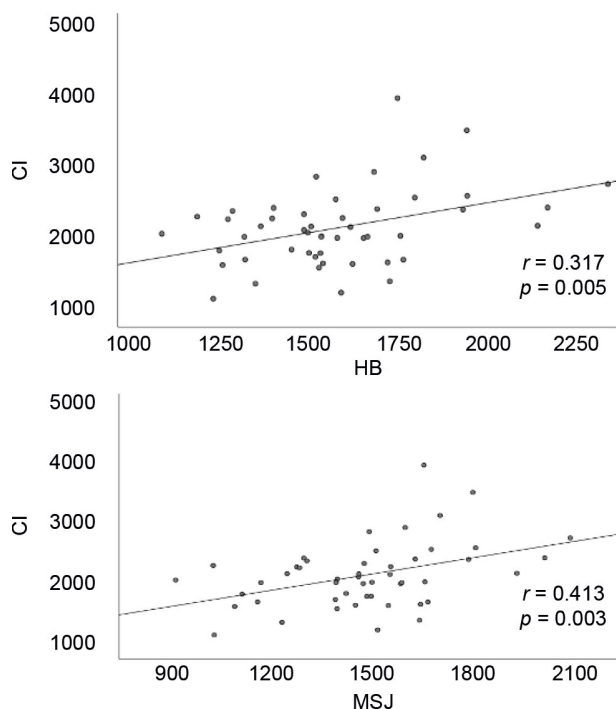
por calorimetría indirecta y las fórmulas predictivas, en su totalidad con un valor de p significativo. Para la fórmula de Harris Benedict se encontró una correlación moderada, con significación estadística, con un valor de $r = 0.398$ ($p = 0.005$). Para la fórmula de Mifflin-St-Jeor se encontró una correlación moderada con una $r = 0.413$ ($p = 0.003$). La fórmula del Institute of Medicine fue la que menor correlación obtuvo de entre las cuatro fórmulas, con un valor de $r = 0.317$ ($p = 0.02$).

Por último, la fórmula que mayor correlación obtuvo fue la de Faysi, con una correlación positiva moderada-alta $r = 0.46$ ($p = 0.001$). Esto probablemente sea resultado de la inclusión en la fórmula de variables que se acercan al estado catabólico del paciente, como la temperatura y el volumen minuto ventilatorio. Se muestran las gráficas de dispersión correspondientes a cada fórmula predictiva en las figuras 1 y 2.

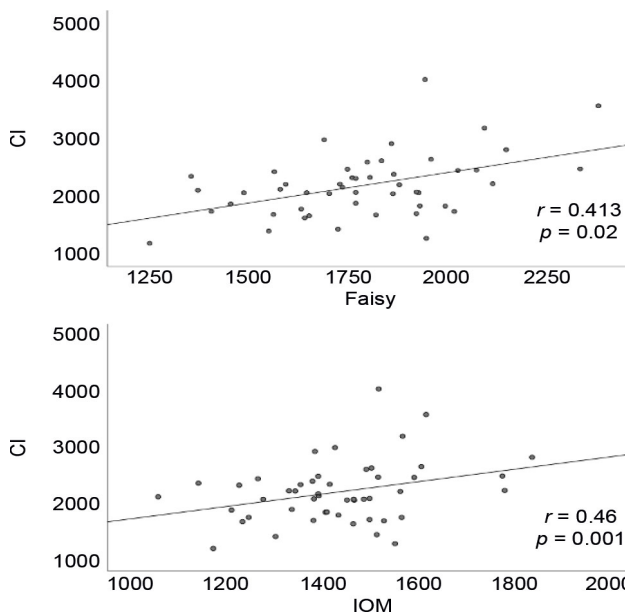
En la figura 3 se grafican las medidas que se obtuvieron en cada paciente para cada método

Discusión

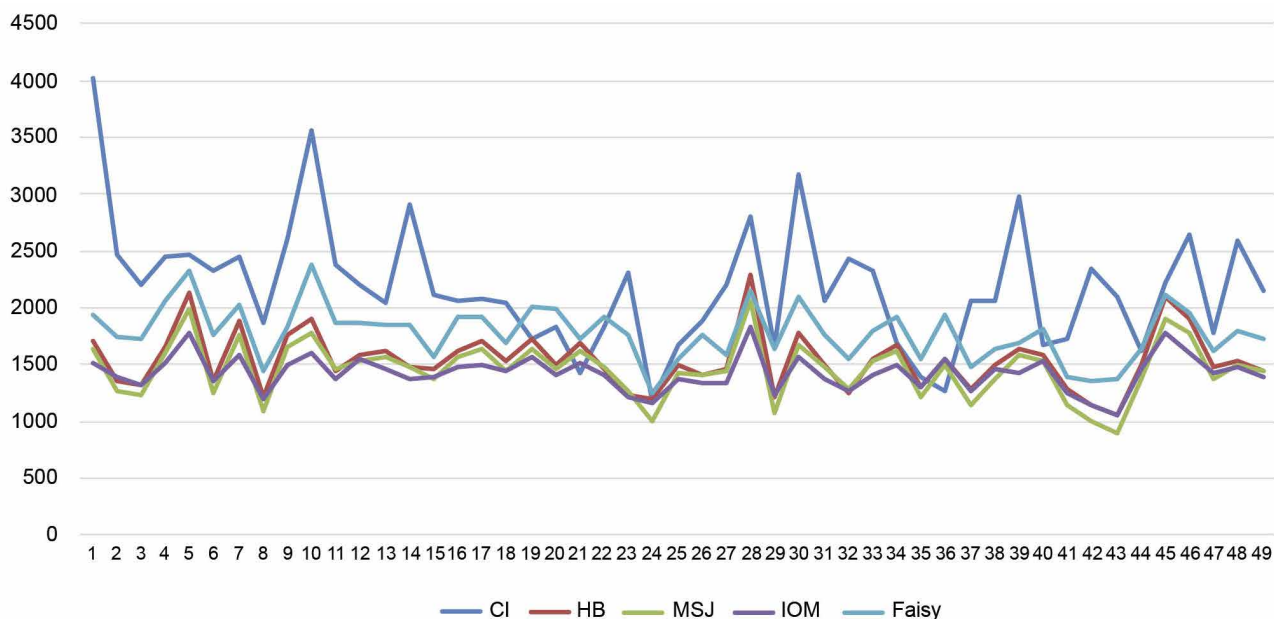
La administración de energía por medio de la dieta es un

Figura 1 Correlación entre el GEB obtenido por CI ventilatoria y la fórmula de Harris Benedict, y por fórmula de Mifflin-St. Jeor

CI: gasto energético obtenido por calorimetría indirecta ventilatoria; HB: gasto energético obtenido con la fórmula de Harris Benedict; MSJ: gasto energético obtenido a partir de la fórmula Mifflin-St. Jeor

Figura 2 Correlación entre el GEB obtenido por CI ventilatoria y la fórmula de Institute fo Medicine y por fórmula de Faysi

CI: gasto energético obtenido por calorimetría indirecta ventilatoria; Faysi: gasto energético obtenido a partir de la fórmula de Faysi; IOM: gasto energético obtenido con la fórmula Institute of Medicine

Figura 3 Gasto energético basal calculado por fórmulas predictoras y medido por calorimetría indirecta

CI: calorimetría indirecta; HB: Harris Benedict; MSJ: Mifflin-St. Jeor; IOM: Institute of Medicine

área de mejora continua entre los pacientes hospitalizados, principalmente entre los pacientes críticos. El cálculo inadecuado de las necesidades calóricas puede llevar al paciente a desnutrición y es causa de complicaciones y aumento en la morbilidad, lo cual incrementa el riesgo hasta 20 veces si se compara con un paciente con adecuado estado de nutrición. La incidencia de complicaciones va desde el 9% en pacientes con desnutrición moderada hasta el 42% con desnutrición severa.¹⁹ Hay diferentes maneras de evaluar el estado de nutrición de los pacientes; se han validado incluso escalas en población mexicana, como la CEN 16.²⁰ En el paciente críticamente enfermo se presenta por 2 condiciones importantes que hacen que la malnutrición sea frecuente: la incapacidad para comer lo suficiente para satisfacer sus necesidades y la respuesta metabólica aumentada frente a la lesión o enfermedad específica. El estado de nutrición de los pacientes al egresar de estas unidades es importante para el pronóstico vital y funcional.^{2,21} Por otro lado, un manejo nutricional óptimo, es decir, una obtención adecuada de requerimiento energético y proteico mediante la dieta se ha relacionado con disminución de la mortalidad.²²

El acercamiento al requerimiento calórico o energético del paciente en estado crítico no es una tarea sencilla. Se han estudiado y validado (con diferentes niveles de evidencia) algunos métodos bioquímicos, antropométricos, e inmunológicos, todos ellos con sus ventajas y desventajas

al utilizarlos. A pesar de esto, la calorimetría sigue siendo recomendada y considerada el estándar de oro para el cálculo del gasto energético en el paciente en estado crítico; es la manera más objetiva y tiene el agregado de que es personalizada y, como mencionamos antes, ayuda a dirigir la terapéutica nutricional.^{5,6} Sin embargo, este método es costoso y está poco disponible en las áreas de terapia intensiva, además de que requiere de personal calificado en su uso e interpretación.

Se han desarrollado fórmulas para calcular el GEB con la finalidad de hacer del cálculo de las necesidades energéticas de los pacientes un proceso más sencillo y accesible. La ecuación de Harris Benedict es la que se ha sometido a más pruebas de validación por el tiempo que ha transcurrido desde su formulación, en 1918.²³ Revisada en 1984, la fórmula de Harris Benedict fue una de las primeras ecuaciones de cálculo de requerimientos energéticos basales disponibles en la literatura médica. Se creó a partir de grupos de personas principalmente blancas, con un peso normal y sin ningún tipo de problema de salud concomitante conocido; probablemente se trate de personas más activas que el adulto promedio actual.⁹ Como la más antigua de las ecuaciones que todavía se usan en la actualidad, es quizás la más rigurosamente probada y validada, pero esto no la exenta de presentar limitaciones, como el hecho de que es un predictor más preciso entre hombres que entre mujeres, tiende a sobreestimar las necesidades calóricas en perso-

nas sanas y a infraestimarlas en personas con hipercatabolismo, como los enfermos en estado crítico.

La muestra del estudio que forma la base de la fórmula Mifflin-St. Jeor consistió en 498 personas con peso normal, sobrepeso, obesas y severamente obesas de 19 a 78 años, y se ha demostrado que con esa fórmula se hacen análisis más precisos para personas con sobrepeso y obesas que otras ecuaciones. Vale la pena señalar que se desconoce el origen étnico del grupo utilizado en la muestra del estudio de Mifflin-St. Jeor.¹⁰ Esta fórmula se aplica en áreas de la medicina como nutrición o endocrinología y acepta una variabilidad inexplicable del 30% en el consumo energético observada en su estudio; explica variables difíciles de predecir y de integrar, como la presión arterial, el aumento o la disminución de peso y los patrones fluctuación de peso, los patrones de alimentación y la composición dietética, así como el grado de obesidad o el estado de peso del individuo previo.¹⁰

En el estudio de Amirkalali *et al.* (2008) se compararon la fórmula de Harris Benedict y la de Mifflin-St. Jeor con calorimetría. Se incluyeron un total de 60 pacientes entre 18 y 60 años. No encontraron diferencias significativas, con un valor de $r = 0.5$ ($p < 0.001$) para la ecuación de Harris Benedict y un valor de $r = 0.4$ ($p < 0.001$) para la de Mifflin-St. Jeor. Sin embargo, excluyeron a pacientes con ventilación mecánica o necesidad de oxígeno suplementario.²⁴

Zusman *et al.* (2018) compararon Harris Benedict y Faysi, pero en una muestra de 1440 pacientes. En sus resultados reportan que con la ecuación de Faisy hay una menor diferencia de medias. Con la fórmula de Harris Benedict, con un factor de corrección de 1.3, se da la mayor correlación y concordancia, mientras que ninguna alcanzó $> 50\%$ de concordancia. La diferencia de todas las ecuaciones fue estadísticamente diferente de CI, excepto por la ecuación de Faysi ($p = 0.3$).¹⁴ Estos estudios no incluyeron población críticamente enferma. Hay que tener en cuenta que la fórmula de Faisy contempla factores para conocer el estado metabólico del paciente, como la temperatura y el volumen minuto ventilatorio.

La mayor corrección para la fórmula de Faysi es probablemente resultado de que esta se desarrolló en población críticamente enferma, principalmente caucásica y con datos de pacientes en la fase aguda (≤ 5 días).²⁵ Esta fórmula incluye en sus variables la temperatura y el volumen minuto. Esto es importante debido a que son factores que alteran el consumo energético en los pacientes. La ventilación mantiene la homeostasis ácido-base y el estado estable del dióxido de carbono en un individuo mediante la modulación del volumen minuto. La relación entre el volumen minuto ventilatorio que tiene el paciente y el GEB se predice porque la producción de dióxido de carbono (VCO_2) es parte de la

ecuación de Weir. En comparación con las fórmulas predictivas de requerimiento energético que usan solo variables “estáticas”, como las medidas antropométricas, es preferible incluir variables “dinámicas”, como la temperatura y la ventilación minuto, que son más consistentes con los requerimientos energéticos medidos por CI.^{12,14}

Un estudio reciente de Smetana *et al.*, publicado en 2021, que incluyó pacientes con enfermedad neurológica aguda, comparó las necesidades energéticas medidas por fórmulas que incluyen el peso como principal variable y la CI. Encontraron diferencias importantes entre la estimación basada en el peso y la estimación de la CI en pacientes con accidente cerebrovascular críticamente enfermos. Los autores concluyeron que los cálculos de requerimiento energético basados en el peso subestiman las necesidades calóricas en pacientes con evento cerebral hemorrágico;¹⁵ sin embargo, hay que tener en cuenta que a estos pacientes solo se les hicieron cálculos con base en el peso, sin tener en cuenta otras variables.

La ecuación del Institute of Medicine se validó en personas sanas y se usa en personas caucásicas principalmente. Se ha comparado con calorimetría indirecta en pacientes sanos y obesos, con buen resultado, con poca literatura disponible para pacientes en estado crítico.^{9,19}

También se deben considerar las limitaciones de cualquier ecuación predictiva para calcular los requerimientos energéticos. Las mediciones metabólicas directas son preferibles en individuos para los que se indica una determinación precisa o aquellos en los que otros factores pueden afectar el resultado de las fórmulas predictivas, como la fiebre, el tipo de lesión o enfermedad y pacientes con quemaduras extensas. Los agentes farmacológicos, como los analgésicos, los sedantes y los relajantes musculares, reducen el GEB, mientras que los vasopresores lo aumentan. El gasto energético puede fluctuar a lo largo de la enfermedad y puede aumentar debido a los efectos metabólicos inducidos por el estrés en pacientes críticamente enfermos.^{12,26} Esta fluctuación puede pasar inadvertida por el médico tratante y no modificar las necesidades calóricas del paciente, lo cual puede impactar en la mortalidad.^{26,27}

Sin embargo, la formulación de estas ecuaciones y su comparación contra calorimetría indirecta se ha realizado principalmente en sujetos sanos. Se ha estudiado en pacientes críticamente enfermos, con valores predictivos variables, por lo que su uso en área de terapia intensiva no está sustentado por la evidencia actual.^{13,14} Parece que la discordancia entre la calorimetría indirecta y las fórmulas predictivas está acentuada en pacientes en estado crítico.^{15,16}

Nuestro estudio tiene como principales fortalezas que

es el primero que se realiza en una unidad de terapia intensiva en América Latina con estas fórmulas, que son las principales usadas en este ámbito, hasta donde tenemos conocimiento; y que la validación se hizo buscando tanto correlación como concordancia en comparación con la medida de referencia, que es la calorimetría indirecta. En cuanto a las debilidades, la principal es el número de pacientes incluidos y que se realizó en pacientes de un solo centro. Son muchos los factores que influyen en la evolución y desenlace de nutrición de los pacientes en áreas de terapia intensiva.

Conclusión

De acuerdo con los datos presentados, la correlación entre el GEB obtenido por fórmulas predictivas y por CI es de ligera a moderada, probablemente debido a la heterogeneidad del paciente en estado crítico y su naturaleza cambiante a lo largo de su enfermedad. Una muestra más grande podría definir mejor el espectro de comportamiento de estos pacientes.

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno relacionado con este artículo.

Referencias

- Singer P, Blaser AR, Berger MM, Alhazzani W, Calder PC, Casaer MP, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. *Clin Nutr.* 2019;38(1):48-79. doi: 10.1016/j.clnu.2018.08.037
- Costelli P, Baccino FM. Mechanisms of skeletal muscle depletion in wasting syndromes: role of ATP-ubiquitin-dependent proteolysis. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2003;6(4):407-12. doi: 10.1097/01.mco.0000078984.18774.02
- Mourtzakis M, Wischmeyer P. Bedside ultrasound measurement of skeletal muscle. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2014;17(5):389-95. doi: 10.1097/MCO.0000000000000088
- Reintam Blaser A, Starkopf J, Alhazzani W, Berger MM, Casaer MP, Deane AM, et al. Early enteral nutrition in critically ill patients: ESICM clinical practice guidelines. *Intensive Care Med.* 2017;43(3):380-98. doi: 10.1007/s00134-016-4665-0
- Moonen HPFX, Beckers KJH, van Zanten ARH. Energy expenditure and indirect calorimetry in critical illness and convalescence: current evidence and practical considerations. *J Intensive Care.* 2021;9(1):1-13. doi: 10.1186/s40560-021-00524-0
- Delsoglio M, Achamrah N, Berger MM, Pichard C. Indirect calorimetry in clinical practice. *J Clin Med.* 2019;8(9):1-19. doi: 10.3390/jcm8091387
- Oshima T, Berger MM, De Waele E, Guttormsen AB, Heidegger CP, Hiesmayr M, et al. Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. *Clin Nutr.* 2017;36(3):651-62. doi: 10.1016/j.clnu.2016.06.010
- Yatabe T. Strategies for optimal calorie administration in critically ill patients. *J Intensive Care.* 2019;7(1):1-9. doi: 10.1186/s40560-019-0371-7
- Parra Carriedo A, Pérez-Lizaur AB. Comparación de la estimación del gasto energético basal por cuatro ecuaciones versus calorimetría indirecta en mujeres con peso normal, sobrepeso y obesidad. *Rev Endocrinol y Nutr.* 2012;20(2):63-6.
- Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr.* 1990;51(2):241-7. doi: 10.1093/ajcn/51.2.241
- Institute of Medicine. *Dietary Reference Intakes.* Washington, DC: The National Academies Press; [sin fecha de publicación].
- Faisy C, Guerot E, Diehl JL, Labrousse J, Fagon JY. Assessment of resting energy expenditure in mechanically ventilated patients. *Am J Clin Nutr.* 2003 Aug 1;78(2):241-9. doi: 10.1093/ajcn/78.2.241
- Wichansawakun S, Meddings L, Alberda C, Robbins S, Gramlich L. Energy requirements and the use of predictive equations versus indirect calorimetry in critically ill patients. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014;40(2):207-10. doi: 10.1139/apnm-2014-0276
- Zusman O, Kagan I, Bendavid I, Theilla M, Cohen J, Singer P. Predictive equations versus measured energy expenditure by indirect calorimetry: A retrospective validation. *Clin Nutr.* 2019; 38(3):1206-10. doi: 10.1016/j.clnu.2018.04.020
- Smetana KS, Hannawi Y, May CC. Indirect Calorimetry Measurements Compared With Guideline Weight-Based Energy Calculations in Critically Ill Stroke Patients. *Smetana KS, Hannawi Y, May CC. Indirect Calorimetry Measurements Compared With Guideline Weight-Based Energy Calculations in Crit. J Parenter Enter Nutr.* 2021;45(7):1484-90. doi: doi.org/10.1002/jpen.2035
- Morbitzer KA, Wilson WS, Chaben AC, Darby A, Dehne KA, Brown ER, et al. Energy Expenditure in Critically Ill Adult Patients With Acute Brain Injury: Indirect Calorimetry vs. Predictive Equations. *Front Neurol.* 2020;10:1426. doi: 10.3389/fneur.2019.01426
- Lee HY, Oh BM. Nutrition Management in Patients with Traumatic Brain Injury: A Narrative Review. *Brain Neurorehabil.* 2022;15(1). doi: 10.12786/bn.2022.15.e4
- Kamiyama J, Takazawa T, Yanagisawa A, Kanamoto M, Tobe M, Hinohara H, et al. Comparison between resting energy expenditure measured by indirect calorimetry and metabolic rate estimate based on Harris-Benedict equation in septic patients. *Biomed Res Clin Prac.* 2016;1(4):148-52. doi: 10.15761/BRCPP.1000123
- 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
- Ponce-Vega KA, Campos-Arroyo AG, Román-Gómez RA, Guzmán-Solorio M. Propuesta de una cédula de evaluación nutricional para identificar el riesgo nutricional. *Rev Mex Inst Mex Seguro Soc.* 2020;58(4):400-7. doi: 10.24875/RMIMSS.M20000064

21. Mourão F, Amado D, Ravasco P, Marqués Vidal P, Camilo ME. Nutritional risk and status assessment in surgical patients: A challenge amidst plenty. *Nutr Hosp*. 2004;19(2):83-8.
22. Gonzalez-Granda A, Schollenberger A, Haap M, Riessen R, Bischoff SC. Optimization of Nutrition Therapy with the Use of Calorimetry to Determine and Control Energy Needs in Mechanically Ventilated Critically Ill Patients : The ONCA Study , a Randomized , Prospective Pilot Study. *J Parenter Enter Nutr*. 2018;0(0). doi: 10.1002/jpen.1450
23. Harris JA, Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci*. 1918;4(12):370-3. doi: 10.1073/pnas.4.12.370
24. Amirkalali B, Hosseini S, Heshmat R, Larijani B. Comparison of Harris Benedict and Mifflin-ST Jeor equations with indirect calorimetry in evaluating resting energy expenditure. *Indian J Med Sci*. 2008;62(7):283-90.
25. Tah PC, Poh BK, Kee CC, Lee ZY, Hakumat-Rai VR, Mat Nor MB, et al. Do we need different predictive equations for the acute and late phases of critical illness? A prospective observational study with repeated indirect calorimetry measurements. *Eur J Clin Nutr*. 2022;76(4):527-34. doi: 10.1038/s41430-021-00999-y
26. Singer P, Anbar R, Cohen J, Shapiro H, Shalita-Chesner M, Lev S, et al. The tight calorie control study (TICACOS): A prospective, randomized, controlled pilot study of nutritional support in critically ill patients. *Intensive Care Med*. 2011;37(4):601-9. doi: 10.1007/s00134-011-2146-z
27. Heidegger CP, Berger MM, Graf S, Zingg W, Darmon P, Costanza MC, et al. Optimisation of energy provision with supplemental parenteral nutrition in critically ill patients: A randomised controlled clinical trial. *Lancet*. 2013;381(9864):385-93. doi: 10.1016/S0140-6736(12)61351-8