

COMPARACIÓN ENTRE CÁLCULO DE REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES POR CALORIMETRÍA INDIRECTA Y FÓRMULAS DE PREDICCIÓN

COMPARISON BETWEEN CALCULATION OF NUTRITIONAL REQUIREMENTS BY INDIRECT CALORIMETRY AND PREDICTION FORMULAS

Ariana Belén Navarrete Naranjo ^{1*}

¹ Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4744-144X>. Correo: anavarrete3221@uta.edu.ec

* Autor para correspondencia: anavarrete3221@uta.edu.ec

Resumen

El gasto energético en reposo (GER), se define como la energía requerida para las funciones vitales, incluyendo las cerebrales, cardíacas y respiratorias. Su cálculo es crucial para evitar la sobreestimación o subestimación de necesidades energéticas, que pueda producir desbalances y trastornos nutricionales relacionados con la ingesta y absorción de nutrientes. Entre las ecuaciones predictivas más reconocidas se encuentran: Harris-Benedict, Mifflin-St y propuesta por la FAO. No obstante, estas ecuaciones presentan limitaciones, sesgos y amplios márgenes de error. En la actualidad, se recomienda el uso de métodos con mayor precisión, como la calorimetría indirecta (CI), considerada un método de primera línea debido a su carácter no invasivo y su precisión. Este método se basa en la medición del intercambio gaseoso, especialmente en la cuantificación del consumo de oxígeno (VO_2) y la producción de dióxido de carbono (VCO_2). La energía derivada de la oxidación de nutrientes, como: carbohidratos, proteínas y grasas, requiere oxígeno y produce dióxido de carbono en proporciones específicas. La presente investigación es de tipo cualitativo, basado en una revisión bibliográfica sistemática en la que se analizaron 40 estudios científicos obtenidos de bases de datos indexadas. Los resultados obtenidos evidencian el potencial, de la calorimetría indirecta frente a las ecuaciones predictivas, que resultan útiles en poblaciones heterogéneas, por lo que es imprescindible considerar el margen de error en su aplicación. Por otro lado, la calorimetría indirecta se posiciona como el *gold standard* en el cálculo del Gasto Energético en Reposo (GER) en pacientes críticos, ofreciendo una ventaja significativa en cuanto a la estimación precisa y terapia nutricional.

Palabras clave: gasto energético; evaluación metabólica; método predictivo; calorimetría; estimación energética

Abstract

Resting energy expenditure (REE) is defined as the energy required for vital functions, including brain, heart and respiratory functions. Its calculation is crucial to avoid overestimating or underestimation of energy needs, which can lead to nutritional imbalances and disorders related to nutrient intake and absorption. Among the most recognized predictive equations are: Harris-Benedict, Mifflin-St and the one proposed by the FAO. However, these equations have limitations, biases and wide margins of error. Currently, the use of more precise methods is recommended, such as indirect calorimetry (IC), considered a first-line method due to its non-invasive nature and precision. This method is based on the measurement of gas exchange, especially in the quantification of oxygen consumption (VO_2) and carbon dioxide production (VCO_2). The energy derived from the oxidation of nutrients, such as carbohydrates, proteins and fats, requires oxygen and produces carbon dioxide in specific proportions. This research is qualitative, based on a systematic bibliographic review in which 40 scientific studies obtained from indexed databases were analyzed. The results obtained show the potential of indirect calorimetry compared to predictive equations, which are useful in heterogeneous populations, so it is essential to consider the margin of error in its application. On the other hand, indirect calorimetry is positioned as the gold standard in the calculation of Resting Energy Expenditure (REE) in critical patients, offering a significant advantage in terms of accurate estimation and nutritional therapy.

Keywords: *energy expenditure; metabolic assessment; predictive method; calorimetry; energy estimation*

Fecha de recibido: 23/12/2024

Fecha de aceptado: 10/02/2025

Fecha de publicado: 18/02/2025

Introducción

El Gasto Energético en Reposo (GER), es la cantidad de energía que el cuerpo necesita para mantener sus funciones vitales en estado de reposo, su medición requiere de un ambiente controlado con factores de tipo: temperatura, ayuno, ausencia de estrés o actividad. Un desequilibrio entre la ingesta y el gasto energético provoca trastornos nutricionales, como la malnutrición y aumento de masa adiposa. Por ello, la estimación correcta del GER es clave para evaluar las necesidades individuales (Sánchez et al., 2020)

La energía utilizada en condiciones basales es el gasto energético basal (GEB), dependiente de cuatro factores: efecto termogénico de los alimentos, actividad física, temperatura y el factor de estrés bajo contextos clínico o patológico. La temperatura juega un rol crucial, ya que el cuerpo debe ajustar su metabolismo para mantener una homeostasis térmica incrementando el gasto energético en ambientes fríos para producir calor, mientras que es inferior en ambientes cálidos donde requiere disiparlo. En la tabla 1 se describen los factores que influyen en el gasto energético basal (Fleitas et al., 2021).

Tabla 1. Gasto energético total

Factor	Definición	Porcentaje
Efecto térmico alimentos	Energía utilizada para la digestión, absorción y eliminación de nutrientes, depende de la composición del alimento y la cantidad ingerida. (Olivo et al., 2024)	Representa 10% GET
Actividad física	Movimiento corporal que consume energía, puede ir desde sedentarismo hasta una actividad muy fuerte o exigente. (Fleitas et al., 2021)	De acuerdo al nivel de actividad (Tumani et al., 2020): -Sedentarios 1,2; -Moderados 1,55; -Atletas 1,9.
Factor de estrés	Estímulo sobre el gasto energético por factores patológicos o Infecciones graves, sepsis, quemaduras, y múltiples comorbilidades. (Ibáñez Moya, 2024)	Dependiente de la inflamación o patología: -Trauma menor: -1,2; -Cirugía mayor: 1,3-1,5; -Sepsis: 1,5- 1,8; -Quemadura: 2,0
Temperatura	Influye la termogénesis muscular. En exposición al frío el cuerpo aumenta la activación del tejido pardo y por ende la termogénesis. En el calor, se disipa la energía mediante la sudoración y vasodilatación (Barcellos et al., 2021)	Representa entre el 10-20% del GER

Actualmente el uso de ecuaciones de estimación resulta un método tradicional, limitado y con bajo nivel de precisión; el desarrollo de las fórmulas difiere de las características de la población actual, centrando su diagnóstico únicamente a grupos étnicos determinados, que se evaluaron con indicadores como el índice de masa corporal, edad, y etnia para permitir su categorización (López & Suárez, 2023).

En este contexto, la calorimetría indirecta (CI), ha surgido como una metodología moderna y viable, permitiendo estimar el cálculo del gasto energético en reposo (GER). Su aplicación en el área clínica está centrada en pacientes bajo condiciones metabólicas o críticas como: obesidad, enfermedad renal, cáncer, y pacientes de cuidado crítico; permitiendo obtener resultados precisos para la terapia nutricional (López et al., 2023).

Esta investigación tiene como objetivo evaluar la eficacia de los métodos de cálculo del Gasto Energético en Reposo (GER), comparando el enfoque tradicional basado en fórmulas de estimación con metodologías actuales que ofrecen mayor precisión, como la calorimetría indirecta (CI). Los resultados preliminares sugieren que el uso de métodos tradicionales, basados en fórmulas de estimación, puede conducir a una subestimación o sobrestimación del GER. Estas imprecisiones exponen a los pacientes a riesgos significativos, como estrés metabólico, procesos inflamatorios, mayor susceptibilidad a infecciones y un incremento en los niveles de mortalidad (Osuna-Padilla et al., 2020).

Materiales y métodos

La presente investigación corresponde a un enfoque cualitativo, con diseño no experimental, de revisión bibliográfica que permite diferenciar la metodología para obtener los requerimientos nutricionales de un individuo por calorimetría indirecta y fórmulas de predicción. La investigación tiene como objetivo analizar la validez de técnicas de medición por calorimetría frente al uso de fórmulas de estimación, mediante la aplicación de técnicas de búsqueda y organización bibliográfica.

La metodología empleada incluye una revisión de la literatura existente, permitiendo trazar una línea de evolución entre el uso de técnicas por calorimetría indirecta y fórmulas de estimación. Los términos de búsqueda empleados, se tomaron de tesauros académicos como MeSH: gasto energético, evaluación metabólica, método predictivo, calorimetría, estimación energética.

En el marco de investigación obtenido de bases de datos científicas de alto impacto, se obtuvieron 153 artículos: 12 Scielo, 31 Pubmed, 55 Scienedirect, 27 Redalyc, y 28 de Google académico, publicados en un intervalo de tiempo entre 2020 y 2025, en idioma inglés y español. Se seleccionaron los artículos de acuerdo a los factores de inclusión y exclusión, donde se obtuvieron finalmente 40 artículos, clasificados en la tabla 2.

Criterios de inclusión

- Artículos que cumplan la temporalidad
- Investigaciones que cumplan la temática
- Estudios aplicados en humanos, sin uso de fármacos.

Criterios de exclusión

- Artículos que no tengan revisión de pares
- Investigaciones de revistas no indexadas
- Estudios atemporales con diferente temática.

Tabla 2. Selección de artículos.

Base de datos	Total	Excluidos	Incluidos
Google Scholar	28	23	5
Scielo	12	5	8
Redalyc	27	27	0
Pubmed	31	15	16
ScienceDirect	55	43	11
Total	153	112	40

Resultados y discusión

A lo largo de los años, se han desarrollado diversas fórmulas de predicción del gasto energético, las cuales permiten estimar los requerimientos energéticos, basándose en las características específicas de la población. Su característica principal es el diseño a partir de datos obtenidos de individuos sanos, utilizando medidas estándar de peso, talla, sexo, etnia y edad. Sin embargo, su aplicación resulta controvertida, debido a la evidencia actual que enfatiza la necesidad de individualizar los tratamientos nutricionales, impulsando la

búsqueda de técnicas más precisas y modernas, como la calorimetría indirecta, que permiten una medición más exacta y personalizada del gasto energético. (Reale et al., 2020).

Fórmulas de predicción

Se han publicado más de 200 ecuaciones para el cálculo de los requerimientos energéticos, sometidas a varios estudios para su validez, donde se marca un margen de error entre el 5% a 15% en su precisión; especialmente en pacientes con malnutrición por exceso o déficit, donde existen alteraciones en la composición corporal, la presencia de edemas y factores adversos a la enfermedad que dificultan la fiabilidad de los datos obtenidos por fórmulas de predicción (Sordi et al., 2024; Moreno et al., 2023).

La ecuación más utilizada es la de Harris y Benedict, publicada en 1919; se desarrolló a partir de un estudio realizado en 239 individuos del Laboratorio de Nutrición de Carnegie en Boston, distribuidos por sexo: 136 hombres y 103 mujeres. Se establecieron dos ecuaciones diferenciadas por género, convirtiéndose en la ecuación más comparada con la calorimetría indirecta (CI) en individuos sanos. Además, se ha identificado un margen de error del 39%, una variación aproximada de 400 kcal por encima o por debajo del Gasto Energético Basal (GEB) (Talavera, 2024).

En 1990, Mark D. Mifflin, Sachiko St Jeor y colaboradores desarrollaron una ecuación para estimar el Gasto Energético Basal (GEB) en individuos sanos, utilizando una metodología más precisa, basada en la calorimetría indirecta (CI); tiene un margen de error estándar del 10%. El estudio incluyó un total de 498 participantes, 264 presentaron valores normales, mientras 234 tenían un Índice de masa corporal (IMC) de 30 kg/m², con indicador de sobrepeso u obesidad. Esta ecuación considera: edad, sexo, peso y talla, permitiendo una estimación más precisa del GEB. (Peña, 2024).

Las ecuaciones desarrolladas en 1985 por FAO/OMS/ONU, para estimar el gasto energético basal (GEB), se basaron en una muestra de 11000 individuos sanos, provenientes de Europa Occidental y América del Norte, que se dividieron en 6 grupos de edad. Estas ecuaciones representan un margen de error aproximado del 15%, que puede variar de acuerdo a varios factores: estado nutricional, composición corporal, nivel de actividad física (Pavlidou et al., 2023).

A nivel hospitalario, el uso de ecuaciones como Penn State en pacientes con ventilación mecánica, revela un porcentaje de sobreestimación del 64,6% frente al uso de la Calorimetría Indirecta (CI). Por lo que de acuerdo a este margen se sugiere no utilizar fórmulas de estimación en pacientes críticos; así mismo, el uso de la regla del pulgar a nivel hospitalario, se ajusta al peso actual del paciente, donde puede identificarse una alteración de los requerimientos. (Lee et al., 2021).

En la población pediátrica, el uso de ecuaciones predictivas resulta controversial; en un estudio aplicado en México con una población heterogénea sana, se utilizaron varias ecuaciones como: Schofield, con un margen de error de entre 5-10%; ecuaciones de Tverkaya y Lazzer con un margen de error de hasta el 15%, reflejando variabilidad en las necesidades energéticas por factores como: edad, sexo, estado nutricional y enfermedades (Ramírez et al., 2020). En la tabla 3 se muestra un resumen de las tablas más utilizadas para predicción de gasto energético.

Tabla 3. Resumen de ecuaciones predictivas.

Comparación entre cálculo de requerimientos nutricionales por calorimetría indirecta y fórmulas de predicción

Autor	Población estudiada	Ecuación	Aplicable
Harris – Benedict 1984	239 personas blancas, intervalo de edad entre 16-63 años.	HOMBRE: $66,47 + (13,75 \times \text{peso (kg)}) + (5 \times \text{talla (cm)}) - (6,75 \times \text{edad (años)})$ MUJER: $655,09 + (9,563 \times \text{peso (kg)}) + (1,84 \times \text{talla (cm)}) - (4,676 \times \text{edad (años)})$	Población sana
FAO/WHO/ONU 1987	11.000 personas, estudio por edad e IMC	0-3 años: Varones: $(60.9 \times \text{peso kg}) - 54$ Mujeres: $(61.0 \times \text{peso kg}) - 51$ 4-10 años: Varones: $(22.7 \times \text{peso kg}) + 495$ Mujeres: $(22.5 \times \text{peso kg}) + 499$ 11-18 años: Varones: $(17.5 \times \text{peso kg}) + 651$ Mujeres: $(12.2 \times \text{peso kg}) + 746$ 19-30 años: Varones: $(15.3 \times \text{peso kg}) + 679$ Mujeres: $(14.7 \times \text{peso kg}) + 496$ 31-60 años: Varones: $(11.6 \times \text{peso kg}) + 879$ Mujeres: $(8.7 \times \text{peso kg}) + 829$ Más de 60 años: Varones: $(13.5 \times \text{peso kg}) + 487$ Mujeres: $(10.5 \times \text{peso kg}) + 596$	Población sana
Owen y colaboradores 1988	44 mujeres, atletas sin especificación por etnia, rango de 18-65 años	Mujer: $795 + (7,18 \times \text{MC})$ Hombre: $879 + 10,2 \times \text{MC}$	Población sana
D. Mifflin y colaboradores 1990	498 personas, intervalo de edad 19-78 años	$GERH = (9.99 \cdot \text{peso}) + (6.25 \cdot \text{talla}) - (4.92 \cdot \text{edad}) + 5 (5)$ $GERM = (9.99 \cdot \text{peso}) + (6.25 \cdot \text{talla}) - (4.92 \cdot \text{edad}) - 161 (6)$ Donde GER es el gasto energético basal (kcal/día), (H) hombre y (M) mujer, peso (kg), talla (cm), edad (años).	Población sana
Gougeon y colaboradores, 2022	65 personas adultas con IMC promedio de 37 kg/m ²	$375 + (85 \times \text{MC}) - (48 \times \text{MG}) + (63 \times \text{GA})$	Pacientes con diabetes tipo 2

Comparación entre cálculo de requerimientos nutricionales por calorimetría indirecta y fórmulas de predicción

Huang y colaboradores, 2004	1088 personas, rango de edad promedio 44 -12 años, pacientes con diabetes tipo 2, IMC 35 kg/m ²	$71,767 - (2,337 \times \text{edad}) + (257,293 \times 0) + (9,996 \times \text{MC}) + (4,132 \times \text{A}) + (145,959 \times 1)$	Obesidad Pacientes con diabetes tipo 2
Oxford 2005	10522 personas entre ambos sexos	Mujeres: 0-3 años: $(0,246 \times \text{MC}) - 0,0965$ 3-10 años: $(0,0842 \times \text{MC}) + 2,12$ 10-18 años: $(0,0465 \times \text{MC}) + 3,18$ 18-30 años: $(0,0546 \times \text{MC}) + 2,33$ 30-60 años: $(0,0407 \times \text{MC}) + 2,90$ >60 años: $(0,0424 \times \text{MC}) + 2,38$ Hombres: 0-3 años: $(0,255 \times \text{MC}) - 0,141$ 3-10 años: $(0,0937 \times \text{MC}) + 2,15$ 10-18 años: $(0,0769 \times \text{MC}) + 2,43$ 18-30 años: $(0,0669 \times \text{MC}) + 2,28$ 30-60 años: $(0,0592 \times \text{MC}) + 2,48$ >60 años: $(0,0563 \times \text{MC}) + 2,15$	Sanos
Tverkaya 1990	287 niños y adolescentes de 7-14 años	$\text{GER (kcal/día)} = 65,3 \times \text{peso (kg)} + 25,6 \times \text{talla (cm)} - 4730$	Niños y adolescentes sanos.
Lizzer	38 adolescentes obesos (12-18 años)	$\text{GER} = 29,9 \times \text{peso (kg)} + 1432$	Adolescentes con diagnóstico de obesidad
Schofield	7173 personas, datos de edad y peso analizados	Hombres: $(15,057 \times \text{peso}) + 692,2$ (18-30 años) Mujeres: $(14,818 \times \text{peso}) + 486,6$ (18-30 años)	Adultos sanos
Penn State	Basada en ecuación de Mifflin-St Jeor con ajustes por gasto energético en UCI	Penn State 1998: $(\text{Mifflin} \times 0.96) + (\text{Ve} \times 31) + (\text{Tmax} \times 167) - 6212$ Penn State 2003: $(\text{Mifflin} \times 0.71) + (\text{Ve} \times 64) + (\text{Tmax} \times 85) - 3085$	Pacientes de Unidad de Cuidados Intensivos

Fuente: (Sánchez et al., 2020).

Calorimetría indirecta

La calorimetría indirecta, un método de laboratorio, conocida como el estándar de oro debido a su exactitud y precisión, relacionada con la medición del consumo de oxígeno y la producción de CO₂. Mediante el intercambio de estos gases se puede obtener con exactitud el gasto de energía, que resulta preciso, pero tiene costos elevados para su utilización (Boeira et al., 2024).

Es importante tomar en cuenta que para este método se debe cumplir estrictos protocolos previos, y durante la medición: el sujeto debe mantenerse despierto, en ayuno, sin realizar actividad física durante las 8 horas previas, y evitar el consumo de cafeína o alcohol. En cuanto al entorno, la temperatura de la habitación debe

oscilar los 22°C a 26°C reduciendo los mecanismos de producción o disipación de calor, en la máscara o boquilla (Peña, 2024).

El crecimiento del uso de esta técnica, experimenta un rápido crecimiento desde la perspectiva científica, en los últimos 10 años se aumentó en un 263% los resultados de “calorimetría indirecta y UCI” en pacientes de terapia intensiva, tanto como la recomendación clínica del uso de este método, especialmente en pacientes del área crítica sometidos a ventiladores o estancia mayor de 7 días (De Waele et al., 2021).

Los cambios metabólicos derivados de la sobrealimentación y subalimentación en pacientes críticos, puede afectar a la evolución clínica; cuando se utilizan fórmulas de predicción para el Gasto Energético Basal (GEB) en pacientes críticos, se puede producir sobrealimentación, favoreciendo la lipogénesis, hiperglucemia, y mayor producción de CO₂, dificultando el tratamiento de ventilación mecánica. Por lo contrario, la subalimentación, provoca: pérdida de masa muscular, retraso en procesos de cicatrización y depresión del sistema inmunológico (Sordi et al., 2022).

En este contexto, es esencial realizar un seguimiento continuo del estado nutricional del paciente y ajustar la terapia nutricional según su evolución clínica. Cuando la calorimetría indirecta (CI) no está disponible, el uso de ecuaciones predictivas se convierte en una alternativa viable. Además, factores como el estado inflamatorio, la composición corporal y el nivel de estrés metabólico pueden afectar los requerimientos energéticos, por lo que es crucial optimizar la administración de energía y nutrientes (Tatucu-Babet et al., 2020).

Discusión

Los métodos para estimar el Gasto Energético en Reposo (GER), han sido objeto de debate, especialmente en la comparación de ecuaciones predictivas frente el uso de calorimetría indirecta (CI); considerando la diversidad de poblaciones, las características y condiciones específicas. Es crucial identificar el método más preciso, tomando en cuenta el contexto clínico, que permita obtener resultados con mayor exactitud.

En pediatría el uso de fórmulas de estimación es controversial, en un estudio realizado por (Ramírez et al., 2020), con 43 escolares mexicanos de 7 a 12 años que tenían obesidad, se compararon ecuaciones con calorimetría indirecta (CI); los resultados muestran que la ecuación de Tverskaya presentó menor discrepancia con 89 kcal, mientras que Lazzer mostró mayor sobreestimación con 251 kcal. Por otra parte, el estudio de (Sanhueza et al., 2021), sugiere el uso de ecuaciones de Harris-Benedict y FAO, en concordancia con calorimetría indirecta (CI), en pacientes pediátricos con Síndrome de Down.

La validez del uso de calorimetría indirecta está respaldada por estudios que aplicaron el análisis de Bland-Altman, una técnica estadística para evaluar concordancia entre métodos de medición. Este análisis fue realizado con 38 individuos sanos, con una edad promedio de 24 años, mostrando un sesgo mínimo. Por otro lado, (Murray et al., 2023), observó que las ecuaciones predictivas son adecuadas para personas con peso normal y sobrepeso. Así mismo, los estudios de (Buch et al., 2021; Oliveira et al., 2021), proporcionaron evidencia sólida sobre la eficacia de la ecuación Ireton Jones (IJ) en personas con bajo peso corporal.

En programas de pérdida de peso, (Stubelj et al., 2020), con 33 personas de IMC de 29 kg/m², aplicando las ecuaciones de: Harris- Benedict, Mifflin, Owen y Wright, se concluyó que la fórmula de Owen es la adecuada

en este contexto. De manera similar, (Park et al., 2023), evaluó a 36 participantes con diabetes tipo 2, entre 20-60 años, en donde se determinó un sesgo menor a las ecuaciones de FAO/OMS.

En el área hospitalaria, el estudio de (Londoño et al., 2024) evaluó a 31 pacientes colombianos sometidos a ventilación mecánica, con ecuaciones predictivas frente a la calorimetría indirecta (CI), donde se encontró una sobreestimación del 64,6%. Resultados similares a los reportados por (López et al., 2023; Boeira et al., 2024) en 49 pacientes de UCI, con una mayor precisión de estimación en los requerimientos energéticos.

En pacientes oncológicos, se observan alteraciones en el metabolismo energético, que afectan al Gasto Energético en Reposo (GER), y requieren un soporte nutricional adecuado para compensar la malnutrición. Según (Barcellos et al., 2021), la aplicación de la calorimetría indirecta (CI), es un procedimiento de primera línea en la evaluación de requerimientos energéticos en cáncer. Así mismo, el estudio de revisión sistemática de (Mazzo et al., 2020), respalda que el uso de ecuaciones predictivas en tratamiento oncológico no se ajusta a los resultados esperados.

En receptores de órganos, la evidencia presentada por (Lee et al., 2021; Santos et al., 2021), evaluó la precisión de ecuaciones predictivas en 50 pacientes, destacando un menor sesgo en la fórmula de Penn State, frente al uso de fórmulas como: Harris-Benedict e Ireton-Jones. De manera similar, investigaciones en trasplante renal (Sordi et al., 2022; Tek et al., 2021), indicaron que la ecuación de Cunningham sobreestima el gasto energético en reposo (GER), debido a las variaciones en la masa libre de grasa, por lo que se sugiere el uso de calorimetría indirecta (CI). En esta línea, (Slingerland-Boot et al., 2022), recomienda el uso de la calorimetría indirecta Quark como gold standard en pacientes con ventilación mecánica.

Posterior al tratamiento intensivo, la evidencia de (Rousseau et al., 2022) en 55 adultos, con índice de masa corporal (IMC) promedio de 26,1 kg/m²; utilizó métodos como el Q-NRG basado en calorimetría indirecta (CI), permitiendo ajustar la administración energética, hallazgo respaldado por la revisión de (Sordi et al., 2022; Tatucu-Babet et al., 2020). El estudio de "The Tight Calorie Control Study" (TICACOS), en Israel implementó la terapia nutricional guiada por la (CI) en contextos de restricción calórica, permitiendo reducir la mortalidad asociada a infecciones, corroborada por investigaciones en 580 pacientes UCI (Osuna-Padilla et al., 2020; Singer et al., 2021; Reale et al., 2020)

Por último, en pacientes geriátricos con riesgo de malnutrición, en los estudios de (Batista et al., 2023; Ocagli et al., 2021) se utilizaron ecuaciones predictivas, Harris-Benedict y Mifflin-St. Jeor, para comparar y detectar la variabilidad en las estimaciones. Dado que se observó una heterogeneidad considerable (Clavero-Jimeno et al., 2024; Porter et al., 2024), recomienda ajustar los valores del cálculo de requerimientos energéticos, tomando en cuenta el nivel de actividad física o inactividad, permitiendo mejorar la precisión de la evaluación.

Conclusiones

La estimación de requerimientos energéticos debe fundamentarse de acuerdo al método más adecuado, dependiente de la situación clínica y las características del individuo. En contextos de grupos heterogéneos, el empleo de fórmulas predictivas puede resultar óptimo; mientras que, en pacientes críticos con enfermedades crónicas, trasplantados, oncológicos y otros grupos de alto riesgo, la utilización de métodos actuales como la calorimetría indirecta resulta indispensable, para obtener mediciones precisas que permitan mejorar la eficacia

del tratamiento dieto terapéutico, evitando complicaciones asociadas a la incorrecta administración de energía.

Referencias

- Barcellos, P. S., Borges, N., & Torres, D. P. M. (2021). Resting energy expenditure in cancer patients: Agreement between predictive equations and indirect calorimetry. *Clinical Nutrition ESPEN*, 42, 286–291. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.01.019>
- Batista, L. D., Valentini Neto, J., Grande de França, N. A., Lima Ribeiro, S. M., & Fisberg, R. M. (2023). Body composition affects the accuracy of predictive equations to estimate resting energy expenditure in older adults: An exploratory study. *Clinical Nutrition ESPEN*, 53, 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2022.11.021>
- Boeira, L. S., Machado, S. D., & Hoefel, A. L. (2024). Comparação da calorimetria indireta com fórmulas preditoras do gasto energético basal em lutadores e muay thai de um centro de treinamento na cidade de Caxias do Sul-RS. *RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, 18(109), 213–222. <https://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/2286>
- Buch, A., Diener, J., Stern, N., Rubin, A., Kis, O., Sofer, Y., Yaron, M., Greenman, Y., Eldor, R., & Eilat-Adar, S. (2021). Comparison of Equations Estimating Resting Metabolic Rate in Older Adults with Type 2 Diabetes. *Journal of Clinical Medicine*, 10(8), 1644. <https://doi.org/10.3390/jcm10081644>
- Clavero-Jimeno, A., Marmol-Perez, A., Dote-Montero, M., Ruiz, J. R., & Alcantara, J. M. A. (2024). Whole-body volume of oxygen consumption while walking: Agreement between measured and estimated values. *European Journal of Sport Science*, 24(10), 1516–1525. <https://doi.org/10.1002/ejsc.12180>
- De Waele, E., Jonckheer, J., & Wischmeyer, P. E. (2021). Indirect Calorimetry In Critical Illness: A New Standard of Care? *Current opinion in critical care*, 27(4), 334. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000844>
- Fleitas, J. Á., Franco, M. J., Franco, M., Franco, S., Franco, A., Formoso, J., Gauto, L., Giménez, V., & Delgado, L. (2021). *Requerimiento energético diario de un grupo de estudiantes universitarios*. <https://goo.gl/forms/xGf9qvGvJr2T55443>.
- Ibáñez Moya, F. C. (2024). *El gasto energético: estimación por calorimetría indirecta y fórmulas*. Eunate. <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/52297>
- Lee, S. J., Lee, H., Jung, Y., Han, M., Lee, S., & Hong, S. (2021). Comparison of Measured Energy Expenditure Using Indirect Calorimetry vs Predictive Equations for Liver Transplant Recipients. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 45(4), 761–767. <https://doi.org/10.1002/jpen.1932>
- Londoño-Londoño, L. M., Montoya-Bernal, Á. P., Arango, F., Escobar-Serna, J. F., Florián Pérez, M. C., & Trejos-Gallego, D. (2024). Concordancia entre la calorimetría indirecta y las ecuaciones predictivas para estimar gasto energético en reposo. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 7(1). <https://doi.org/10.35454/rncm.v7n1.496>

- Lopez, A., Gómez, M., & Gonzáles, P. (2023). Correlación de fórmulas para gasto energético con calorimetría indirecta en pacientes críticos. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.*, 18(61), 246–253. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11513400/>
- Lopez, L., & Suárez, M. (2023). *Fundamentos de nutrición normal* (Tercera Edición). Disponible en: https://editorialelateneo.com.ar/detalle-libro.php?id_lib=930&libro=Fundamentos+de+nutrici%C3%83%C2%B3n+normal&utm_source=chatgpt.com
- Mazzo, R., Ribeiro, F. B., & Vasques, A. C. J. (2020). Accuracy of predictive equations versus indirect calorimetry for the evaluation of energy expenditure in cancer patients with solid tumors – An integrative systematic review study. *Clinical Nutrition ESPEN*, 35, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2019.11.001>
- Moreno, M., Castaño, C., Mora, M., Rivera-Amezquita, L., & Bejarano, E. (2023). Tasa metabólica en reposo por calorimetría indirecta y ecuaciones de predicción en deportistas con amputación: Análisis de concordancia. *Revista chilena de nutrición*, 50(2), 194–204. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182023000200194>
- Murray, G., Thomas, S., Dunlea, T., Jimenez, A. N., Eiferman, D., Nahikian-Nelms, M., & Roberts, K. M. (2023). Comparison of predictive equations and indirect calorimetry in critical care: Does the accuracy differ by body mass index classification? *Nutrition in Clinical Practice*, 38(5), 1124–1132. <https://doi.org/10.1002/ncp.11017>
- Nicolalde, T., Álvarez, L., & Heredia, S. (2021). Validez de las ecuaciones predictivas del gasto energético en reposo en la población ecuatoriana. *Polo del conocimiento*, 6(62), 707–722. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3074/6712>
- Ocagli, H., Lanera, C., Azzolina, D., Piras, G., Soltanmohammadi, R., Gallipoli, S., Gafare, C. E., Cavion, M., Roccon, D., Vedovelli, L., Lorenzoni, G., & Gregori, D. (2021). Resting Energy Expenditure in the Elderly: Systematic Review and Comparison of Equations in an Experimental Population. *Nutrients*, 13(2), 458. <https://doi.org/10.3390/nu13020458>
- Oliveira, A. C. da S., de Oliveira, C. C., de Jesus, M. T., Menezes, N. N. B., de Gois, F. N., da Silva, J. T., & Santos, L. M. (2021). Comparison of Equations to Predict Energy Requirements With Indirect Calorimetry in Hospitalized Patients. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 45(7), 1491–1497. <https://doi.org/10.1002/jpen.2039>
- Olivo, J., León, B., Serrano, J., & León, M. (2024). Relación entre el Metabolismo Basal y la Actividad Física en Estudiantes Universitarios Ecuatorianos. *Arrancada*, 24. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9948285>
- Osuna-Padilla, I., Aguilar-Vargas, A., Rodríguez-Moguel, N. C., Villazón-De la Rosa, A., Osuna-Ramírez, I., Ormsby, C. E., & Reyes-Terán, G. (2020). Resting energy expenditure in HIV/AIDS patients: Development and validation of a predictive equation. *Clinical Nutrition ESPEN*, 40, 288–292. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.09.004>

- Park, J.-S., Cho, S.-R., & Yim, J.-E. (2023). Resting energy expenditure in Korean type 2 diabetes patients: comparison between measured and predicted values. *Nutrition Research and Practice*, 17(3), 464. <https://doi.org/10.4162/nrp.20217.3.464>
- Pavlidou, E., Papadopoulou, S. K., Seroglou, K., & Giaginis, C. (2023). Revised Harris–Benedict Equation: New Human Resting Metabolic Rate Equation. *Metabolites* 2023, Vol. 13, Page 189, 13(2), 189. <https://doi.org/10.3390/METABO13020189>
- Peña, A. (2024). *Comparación entre la determinación del requerimiento energético usando fórmulas y calorimetría indirecta en sujetos sanos, en riesgo y con diabetes mellitus tipo 2*. Universidad autónoma del estado de morelos. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2013.28.2.6188>
- Porter, J., Ward, L. C., Nguo, K., Ward, A., Davidson, Z., Gibson, S., Prentice, R., Neuhouser, M. L., & Truby, H. (2024). Development and validation of age-specific predictive equations for total energy expenditure and physical activity levels for older adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 119(5), 1111–1121. <https://doi.org/10.1016/j.ajcnut.2024.02.005>
- Ramírez, R., Balderas, D., & Sánchez P, et al. (2020). Comparación de 3 ecuaciones para estimar el gasto energético en reposo vs calorimetría indirecta en escolares con obesidad. *Rev Salud Publica Nutr*, 19(2), 1–8. <https://doi.org/10.29105/respyn19.2-1>
- Reale, R. J., Roberts, T. J., Lee, K. A., Bonsignore, J. L., & Anderson, M. L. (2020). Metabolic Rate in Adolescent Athletes: The Development and Validation of New Equations, and Comparison to Previous Models. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 30(4), 249–257. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2019-0323>
- Roberto Anaya Prado, Humberto Arenas Márquez, & Diego Arenas Moya. (2012). *Nutrición enteral y parenteral* (Segunda Edición). Disponible: <https://biblioteca.ucuenca.edu.ec/digital/s/biblioteca-digital/ark:/25654/445#?c=0&m=0&s=0&cv=0>
- Rousseau, A.-F., Fadeur, M., Colson, C., & Misset, B. (2022). Measured Energy Expenditure Using Indirect Calorimetry in Post-Intensive Care Unit Hospitalized Survivors: A Comparison with Predictive Equations. *Nutrients*, 14(19), 3981. <https://doi.org/10.3390/nu14193981>
- Sánchez, P. E., Polanco, J. P., & Rosero, R. J. (2020). Tasa metabólica basal ¿una medición sin fundamento adecuado? *Revista Colombiana de Endocrinología, Diabetes & Metabolismo*, 7(1), 30–36. <https://doi.org/10.53853/encr.7.1.565>
- Sanhueza, D., Vejar, N., Venegas, E., Carías, D., & Neira, C. (2021). ESTADO NUTRICIONAL Y GASTO ENERGÉTICO BASAL DE PACIENTES CHILENOS CON SÍNDROME DE DOWN. *Diaeta*, 39(174). <https://doi.org/10.5867/MEDWAVE.2006.06.3519>
- Santos, B. C., Correia, M. I. T. D., & Anastácio, L. R. (2021). Energy Expenditure and Liver Transplantation: What We Know and Where We Are. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 45(3), 456–464. <https://doi.org/10.1002/jpen.1985>

- Singer, P., De Waele, E., Sanchez, C., Ruiz Santana, S., Montejo, J. C., Laterre, P. F., Soroksky, A., Moscovici, E., & Kagan, I. (2021). TICACOS international: A multi-center, randomized, prospective controlled study comparing tight calorie control versus Liberal calorie administration study. *Clinical Nutrition*, 40(2), 380–387. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.05.024>
- Slingerland-Boot, H., Adhikari, S., Mensink, M. R., & van Zanten, A. R. H. (2022). Comparison of the Beacon and Quark indirect calorimetry devices to measure resting energy expenditure in ventilated ICU patients. *Clinical Nutrition ESPEN*, 48, 370–377. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2022.01.015>
- Sordi, A. F., Mariano, I. R., Silva, B. F., & Magnani Branco, B. H. (2022). Resting metabolic rate in bodybuilding: Differences between indirect calorimetry and predictive equations. *Clinical Nutrition ESPEN*, 51, 239–245. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2022.08.024>
- Stubelj, M., Teraž, K., & Poklar Vatovec, T. (2020). Predicting Equations and Resting Energy Expenditure Changes in Overweight Adults. *Slovenian Journal of Public Health*, 59(1), 33–41. <https://doi.org/10.2478/sjph-2020-0005>
- Talavera, J. (2024). *Gasto energético en reposo estimado mediante seis fórmulas predictivas y su comparación con la bioimpedancia en residentes de tres ciudades del Perú*. Universidad Ricardo Palma. <https://doi.org/10.37527/2024.74.2.004>.
- Tatucu-Babet, O. A., Fetterplace, K., Lambell, K., Miller, E., Deane, A. M., & Ridley, E. J. (2020). Is Energy Delivery Guided by Indirect Calorimetry Associated With Improved Clinical Outcomes in Critically Ill Patients? A Systematic Review and Meta-analysis. *Nutrition and Metabolic Insights*, 13. <https://doi.org/10.1177/1178638820903295>
- Tek, N. A., Yurtdaş, G., Cemali, Ö., Bayazıt, A. D., Çelik, Ö. M., Uyar, G. Ö., Güneş, B. D., Özbaş, B., & Erten, Y. (2021). A Comparison of the Indirect Calorimetry and Different Energy Equations for the Determination of Resting Energy Expenditure of Patients With Renal Transplantation. *Journal of Renal Nutrition*, 31(3), 296–305. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2020.05.004>
- Tumani, M. F., Pavez, C., Parada, A., Tumani, M. F., Pavez, C., & Parada, A. (2020). Microbiota, hábitos alimentarios y dieta en enfermedad inflamatoria intestinal. *Revista chilena de nutrición*, 47(5), 822–829. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000500822>
- Van Dessel, K., Verrijken, A., De Block, C., Verhaegen, A., Peiffer, F., Van Gaal, L., De Wachter, C., & Dirinck, E. (2024). Basal metabolic rate using indirect calorimetry among individuals living with overweight or obesity: The accuracy of predictive equations for basal metabolic rate. *Clinical Nutrition ESPEN*, 59, 422–435. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.12.024>