

El gasto energético en reposo, medido contra estimado, en pacientes críticamente enfermos

Abel Hernández-Chávez,* Federico Corona-Jiménez,** José Luis Gutiérrez-De La Rosa,***
Abel Hernández-Jiménez,** Gustavo Cumplido-Hernández,** Paulo López-Guillén**

Resumen

Se determinaron las diferencias entre el método de calorimetría indirecta (Ci) y el método de Harris - Benedict, para la evaluación de los requerimientos calóricos en pacientes críticamente enfermos, utilizándose un procedimiento manual en la Ci. Se evaluaron 40 pacientes por ambos métodos. En el método de Harris-Benedict, se añadieron factores de actividad y lesión de acuerdo a cada caso. La Ci se basó en el análisis de gases (O_2 y CO_2) de una muestra de aire inspirado y expirado por el paciente, mediante las ecuaciones de Weir y las tablas de Lusk. El análisis de calorimetría indirecta contra Harris - Benedict solo, es decir, sin factor de actividad o lesión, no presentó diferencias estadísticamente significativas. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas cuando se compararon calorimetría indirecta y Harris - Benedict con factores de actividad y lesión. Se demostró mayor precisión y confiabilidad en el paciente en estado crítico, del método de calorimetría indirecta ($p < 0.05$ y $p < 0.001$, respectivamente). Harris-Benedict no mostró una correlación apropiada en estos pacientes, concordando con lo reportado en la literatura. El procedimiento de medición calorimétrica empleada, tiene validez y puede ser utilizado en todo hospital de segundo nivel de atención.

Palabras clave: Nutrición, calorimetría indirecta, requerimientos calóricos, unidad de cuidados intensivos.

Summary

Differences between the indirect calorimetry (Ic) and Harris-Benedict method (HBM) to assess the calorie demand in critically ill patients were determined using a manual procedure to measure Ic. Forty patients were evaluated by both methods. Activity and lesion factors were included for HBM regarding each case. Ic was based on gas analysis (O_2 and CO_2) of an expired/inspired sample by means of Weir equation and Lusk tables. The comparison between Ic and HBM alone did not show differences. Results showed statistically significant differences when Ic and HBM plus activity and lesion factors were compared. Ic showed higher confidence and precision in critically ill patients ($p < 0.05$ and $p < 0.001$, Student's *t* test). Conclusions: The HBM failed to show an appropriate correlation in these patients as other published data. The procedure manual in Ic has value and can be use in second level hospitals.

Key words: Intensive care unit, caloric requirements, indirect calorimetry, nutrition.

* Jefe de la Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional de Occidente, Instituto Mexicano del Seguro Social, Universidad de Guadalajara.

** Médico adscrito a la Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional de Occidente, Instituto Mexicano del Seguro Social.

*** Jefe del Servicio de Nutrición Parenteral, Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional de Occidente, Instituto Mexicano del Seguro Social. Correspondencia y solicitud de sobretiros: Abel Hernández Chávez. Calle Compostela # 1982, Col. Chapultepec Country, C.P. 44610, Guadalajara, Jalisco, México. Tel.: (3) 653-16-07.

Introducción

Desde que en 1919 Harris y Benedict plantearon su fórmula, ésta ha sido empleada en forma constante para determinar los requerimientos calóricos de los pacientes que requieren soporte nutricional.

Puesto que dicha fórmula se basa en estudios de personas sanas, hombres, mujeres y niños, se ha cuestionado su utilidad;¹ sin embargo, se ha comprobado su eficacia, basada en una correcta predicción del gasto energético que es del 90% en individuos sanos, el 50% en sujetos enfermos y menos del 40% en los pacientes críticamente enfermos.²

El aporte calórico crónico en los pacientes críticamente enfermos propicia una serie de complicaciones que frecuentemente alteran el curso clínico y añaden factores de riesgo que ensombrecen el pronóstico.³

Bajo estas circunstancias, es necesario buscar nuevos métodos de evaluación de los requerimientos calóricos⁴ o la revalidación de procedimientos antiguos.^{5,6} Para calcular estos requerimientos se emplean diferentes métodos, que van desde el empleo de instrumentos acoplados a procesadores de datos (calorimetría directa), hasta fórmulas manuales empleando constantes metabólicas (calorimetría indirecta).

El uso de la calorimetría directa empleando un metabolímetro, se ha popularizado en los últimos 10 años; si bien es un método apropiado en la evaluación del paciente en estado crítico, su uso se ve restringido por los altos costos de su operación.⁸

La calorimetría indirecta se basa en el conocimiento del cociente respiratorio de los alimentos (QR); es decir, la relación que existe entre el bióxido de carbono (CO₂) producido y el oxígeno (O₂) consumido por gramos de sustrato alimentario metabolizado (carbohidratos, lípidos o proteínas). Lusk y posteriormente Weir proporcionaron datos y fórmulas que permiten elaborar un procedimiento manual por calorimetría indirecta,⁶ sin necesidad de metabolímetro y cuyos resultados son comparables a aquellos observados por métodos sofisticados.

Justificación

El paciente en estado crítico tiene por definición, un gasto metabólico diferente y nos plantea de manera permanente la necesidad de proporcionarle los requerimientos que demanda su condición fisiopatológica. Se requiere en consecuencia, aportarle nutrientes que hagan factible disponer de sustancias y elementos que representen verdaderos aportes metabólicos para la producción de energía y neosíntesis de sustancias que ocupe la célula. Lo anterior nos lleva a procurar en cada caso, el individualizar la prescripción de nutrientes y establecer un balance que predictivamente lo lleve a condición de anabolismo, situación en la que el médico colabora al tener en cuenta este aspecto para el rescate y la preservación de la homeostasis.

A lo largo de los últimos 60 años, diversos procedimientos se han ensayado para calcular las necesidades calóricas del paciente, su rendimiento y su aprovechamiento. Sin embargo, en el ambiente de la unidad de cuidados intensivos, en donde los pacientes se encuentran con una gran carga de factores agravantes que les confieren diferencias particulares con el resto de los pacientes, se plantea la necesidad de buscar alternativas metodológicas sencillas, prácticas y de bajo costo, que puedan aplicarse en nuestra realidad.

Objetivos

El objetivo general fue comparar la utilidad de los métodos de calorimetría indirecta con el método de Harris-Benedict, para la predicción de los requerimientos metabólicos en el paciente críticamente enfermo.

Los objetivos particulares fueron:

1. Determinar las diferencias que existen entre los métodos predictivos (Harris Benedict) y la calorimetría indirecta, al evaluar los requerimientos energéticos del paciente críticamente enfermo.
2. Estandarizar la técnica de la calorimetría indirecta.

3. Validar la utilidad práctica del procedimiento manual calorimétrico en la evaluación en pacientes en estado crítico.

$$\text{TMB Mujeres} = 665 + (9.6 \times \text{peso corporal/Kg.}) + (1.8 \times \text{altura}) - (4.7 \times \text{edad})$$

Se aplicaron los factores de corrección para actividad: paciente encamado 1.2, ambulatorio 1.3, fiebre $1.13^{\circ\text{C}} > 37$. Los factores de corrección para lesión fueron: cirugía electiva; 1.1- 1.2, infección 1.2-1.6 ; sepsis: 1.4-1.8 , trauma: 1.1-1.8

Material y métodos

Límite Temporal. En el período comprendido entre el 1 de enero y el 28 de febrero de 1994, se estudiaron a aquellos pacientes que llenaron los siguientes requisitos:

Criterios de inclusión. Pacientes adultos (de 18 años de edad) admitidos a la Unidad de Cuidados intensivos del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional de Occidente IMSS. Todos los pacientes se encontraron bajo asistencia mecánica ventilatoria, con posibilidades de permanencia en la unidad por un tiempo mayor de 72 horas.

Criterios de no inclusión. Aquellos pacientes que a su ingreso presentaron inestabilidad hemodinámica, falla renal o muerte cerebral.

Criterios de exclusión. Si los pacientes desarrollaron cualquiera de los criterios anteriores durante su seguimiento.

Se emplearon en el procedimiento: dispositivos de tubo en "Y", con doble válvula de flujo unidireccional para entrada y salida de aire, bolsa colectora de aire con capacidad de 16 litros, espirómetro manual mecánico y un analizador de gases en sangre (*Instruments Laboratories* modelo: II.- 1304).

Diseño experimental. Selección del paciente, colección de orina de 24 horas para determinación de nitrógeno uréico en orina (NUU). Se midió volumen minuto de aire espirado y se colectaron muestras de aire inspirado y espirado por unidades de tiempo (1 minuto) a todos los pacientes. Las determinaciones anteriores se realizaron a cada paciente un mínimo de tres ocasiones en 24 horas. Tomando en cuenta y registrando los diferentes grados de actividad del paciente, es decir, sedado o dormido, activo y despierto.

Para los requerimientos energéticos con el método de Harris-Benedict, se emplearon las siguientes ecuaciones:

Tasa metabólica basal (TMB)

$$\text{TMB Hombres} = 66 + (13.7 \times \text{peso corporal/Kg.}) + (5 \times \text{altura}) - (6.8 \times \text{edad})$$

La calorimetría indirecta mide el consumo de oxígeno (VO_2), y la producción de bióxido de carbono (VCO_2) permite el cálculo del gasto de energía por medio de ecuaciones. El VO_2 es el mayor determinante de gasto de energía.

Para determinar el gasto de energía se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Gasto de Energía} (3.94 \times \text{VO}_2) + (1.11 \times \text{VCO}_2)$$

Obteniéndose con esta fórmula el gasto energético en reposo⁶

Para el cociente respiratorio no protéico (CrNP), se empleó la siguiente ecuación:

$$\text{CrNP} = 1.44 \text{ VCO}_2 \text{ (mL/min.)} - 4.754 \text{ nitrógeno urinario (g) 24 Horas.}$$

$$1.44 \text{ VCO}_2 \text{ (mL/min.)} - 5.923 \text{ nitrógeno urinario (g) 24 Horas.}$$

Para los pacientes con nutrición parenteral se aplicaron las modificaciones de la tabla de Lusk⁶

Método de Weir

En este método se emplean ecuaciones en las que no se toma en cuenta el cociente respiratorio no protéico.

Se determina el VO_2 y la VCO_2 de la manera antes descrita.

- Se determina el Gasto Energético (GE) con la siguiente fórmula:

$$\text{GE} = [(3.94 \times \text{VO}_2) + (1.11 \times \text{VCO}_2)] \times 1.44 \text{ (Kcal/DÍA)}$$

El consumo de gramos de carbohidratos se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{CH} = [(4.11 \times \text{VCO}_2) + (2.9 \times \text{VO}_2) - (2.53 \times \text{N.U.})] \text{ (N.U. nitrógeno uréico)}$$

Se determinan los gramos de grasas aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Lípidos} = [(1.68 \times \text{VO}_2) - (1.68 \times \text{VCO}_2) - (1.94 \times \text{N.U.})]$$

Los gramos obtenidos de carbohidratos y lípidos se multiplican por 4 y por 9 respectivamente para obtener el total de Kcal. Para las proteínas se multiplica 6.25 por gramos de nitrógeno.

Manejo estadístico

En el manejo de los datos cuantitativos se emplearon medidas de tendencia central y dispersión. Para comparar los datos cuantitativos y evaluar las diferencias entre los diferentes promedios, se empleó la prueba de t de Student de dos colas, con un nivel de significación = 0.05. La distribución de la muestra es la distribución t de Student con $gl = 39$. Interpretación: al obtener un valor igual o mayor para la región crítica, se rechaza la hipótesis nula (no hay diferencia en los promedios) y se acepta la hipótesis alterna (los promedios difieren). Para la correlación lineal se empleó el coeficiente de correlación de Pearson, con objeto de evaluar la relación entre los promedios obtenidos en las mediciones estadísticas.

Resultados

Se evaluaron 40 pacientes adultos admitidos en la Unidad de Cuidados Intensivos con edades promedio de 46 ± 18 años. La mayoría de éstos correspondió al sexo masculino (26), con una proporción de 2:1 con relación al sexo femenino (14). Los diagnósticos se encuentran reseñados en el cuadro I. La mayoría fueron pacientes postoperados con grados diversos de sepsis.

Los resultados en la estimación de los requerimientos calóricos por la fórmula de Harris-Benedict basal, no mostraron diferencia significativa al compararse con la calorimetría indirecta ($p=1.860 < p=0.05$ Prueba t de Student). Cuando se analizaron los resultados del promedio y las desviaciones en los pacientes, se apreció la tendencia a la sobreestimación en Harris-Benedict más factor de actividad, tal como se observa en el cuadro II. Además se encontró que la diferencia porcentual

entre ambos métodos fue del 22.5%. Al comparar los resultados de la calorimetría indirecta con los obtenidos por la fórmula de Harris-Benedict, con factor de actividad o factor de lesión, se encontró una diferencia significativa, ya que estos últimos dos registros tuvieron valores por encima del estimado con la calorimetría indirecta ($p > 0.05$ Prueba t de Student. $r=0.4239$) y ($p > 0.001$ Prueba t de Student. $r=0.5795$) respectivamente.

Cuadro I. Características de pacientes estudiados

Padecimiento	Núm.		Post-operado	
	Fem.	Masc.		
Sepsis Abdominal	12	4	8	12
Traumatismo Craneano	12	3	9	10
Enfermedad Vascular Cerebral	8	2	6	5
Pancreatitis	3	2	1	3
Tétanos	2	2	0	0
Revasc. Art. Coronaria	1	0	1	1
Parálisis Hipokalémica	1	0	1	0
S. Guillain - Barré	1	1	0	0
Totales	40	14	26	31

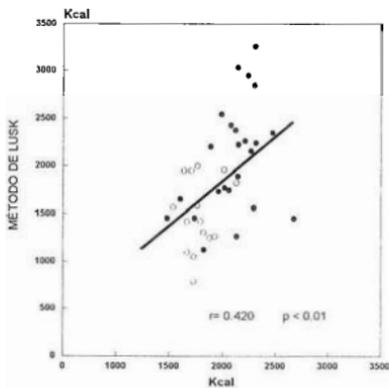
Cuadro II. Resultados de la determinación de valores Harris-Benedict contra calorimetría indirecta (kcal/día).

Basal	Harris- Benedict		Calorimetría indirecta	
	Factor Actividad	Factor Lesión	Método Lusk	Método Weir
1601±242	1921±290	2633±483	1779±546	1778±537
Promedio±Desviación estándar				

Las figuras 1, 2 y 3 muestran la distribución de los datos en un esquema de coeficiente de correlación y los resultados de acuerdo al análisis de regresión lineal.

En los pacientes de nuestra serie, el promedio del consumo de oxígeno (VO_2), la producción de bióxido de carbono (VCO_2), el coeficiente respira-

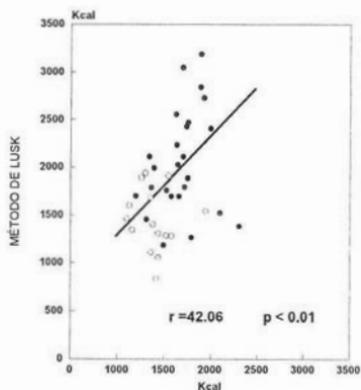
torio no protéico (Crnp), los gramos de carbohidratos, lípidos y proteínas consumidos; la composición porcentual del total de calorías y la relación de calorías no protéicas por gramo de nitrógeno, se reseñan en el cuadro III,



HARRIS BENEDICT — FACTOR DE ACTIVIDAD

- VALORES (KCAL) CON MÉTODO DE HARRIS-BENEDICT
- VALORES (K CAL) CON MÉTODO DE LUSK

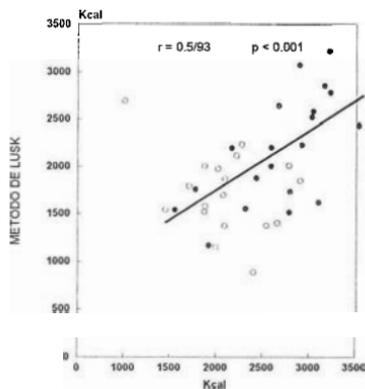
Figura 1.



HARRIS BENEDICT — FACTOR DE ACTIVIDAD

- VALORES (KCAL) CON MÉTODO DE HARRIS-BENEDICT
- VALORES (K CAL) CON MÉTODO DE LUSK

Figura 2



HARRIS BENEDICT — FACTOR DE ACTIVIDAD

- VALORES (KCAL) CON METODO DE HARRIS-BENEDICT
- VALORES (K CAL) CON METODO DE LUSK

Figura 3

Cuadro III. Patrón típico de requerimientos energéticos en el paciente críticamente enfermo

Kilocalorías en 24 horas	1779	
Carbohidratos (g/día)	172	42 %
Lípidos (g/día)	73	38 %
Proteínas (g/día)	81	20 %
Consumo de oxígeno VO_2 (L/día)	360	
Producción de CO_2 (L/día)	308	
CrNP	0.86	
Relación calorías/g nitrógeno	127/1	
Excreción de nitrógeno (g/día)	13	

CrNP= Cociente respiratorio no protéico.

Discusión

La enorme variabilidad de la respuesta orgánica ante la agresión o trauma, ha hecho difícil la cuantificación de los requerimientos calóricos, sobre todo en los pacientes en estado crítico.^{2,3}

Los métodos estimativos tradicionales, han sido relegados por otros más exactos, pero su uso en forma generalizada no ha sido posible por los altos

costos del equipo y su operación, principalmente en nuestro medio, tales como el método de termomodulación o calorimetría indirecta, empleando calorímetro.

Por lo anterior, se justifica el uso de procedimientos como el referido en este estudio, que sea válido al compararse con los resultados publicados con base al calorímetro.

En cuanto a la comparación de los métodos que aquí se plantean, la diferencia encontrada (22.5%), es congruente con las diferencias reportadas en la literatura, éstas últimas realizadas con metabolímetro, por lo que nuevamente se puntualiza la utilidad del procedimiento manual.

Por el otro lado, aunque la diferencia no es estadísticamente significativa entre ambos métodos cuando se utiliza la fórmula de Harris-Benedict sola, lo cual en caso necesario daría la pauta para el manejo si no se dispone de calorimetría, otra alternativa más laboriosa y menos exacta es inferir con base en Harris-Benedict, sumando el factor de lesión, el consumo calórico, mediante el coeficiente de correlación, ya que como se observa, éste tiene un margen de predicción en alrededor del 60%.

La sobreestimación de los requerimientos metabólicos de los pacientes graves, puede acarrear consecuencias desagradables como hiperglicemia, diuresis osmótica, estados hiperosmolares, infiltración grasa de hígado, excesiva producción de bióxido de carbono y deterioro en la función respiratoria.^{7,10} Se ha observado que en el cálculo del factor estrés se dan sobrestimaciones y el paciente aparece más grave de lo que realmente está, por ejemplo, por el empleo del ventilador, soporte hemodinámico, diálisis, etc.)

Por lo que es necesario partir de las mediciones lo más cercano a la realidad y evitar complicaciones como las mencionadas previamente.^{1,10} El algoritmo empleado aquí, es aplicable en cualquier paciente en estado crítico, tomando en cuenta los factores de corrección, por lo que se plantea el método de calorimetría indirecta como la mejor opción para cuantificar los requerimientos calóricos en pacientes críticamente enfermos.

Así mismo, las diferencias entre calorimetría indirecta y el método de Harris-Benedict con ajus-

tes, son estadísticamente significativas, y este procedimiento es de fácil implementación y reproducible en cualquier unidad de cuidados intensivos.

Conclusiones

La calorimetría indirecta es un método confiable y preciso para el cálculo del gasto energético en el paciente de la Unidad de Cuidados Intensivos.

El empleo de este algoritmo es aplicable y reproducible en los pacientes en estado crítico.

Las diferencias entre las fórmulas de Harris-Benedict y la calorimetría indirecta en estados basales, son mínimas.

En el paciente en estado crítico, al aplicar los factores de corrección para la fórmula de Harris-Benedict, se produce dispersión de los requerimientos reales.

Referencias

1. Cortez V, Nelson I. Errors in estimating energy expenditure in critically ill surgical patients. *Arch Surg* 1989;124:287
2. Lazlo J, Stephen A, Peter W y cols. Clinical application of the metabolic cart to the delivery of total parenteral nutrition. *Crit Care Med* 1991;18:1320
3. Berger R, Adams L. Nutritional support in the critical care setting. *Chest* 1989;96:139.
4. Severino L, Grana M, Mazzanti T y cols. Energy expenditure and gas exchange measurements in postoperative patients: thermomodulation versus indirect calorimetry. *Crit Care Med* 1992;20:1273.
5. Weissman Ch, Kemper M, Elwyn D y cols. The energy expenditure of the mechanically ventilated critically ill patient. *Chest* 1986;89:254.
6. Mc Clave S, Snider H. Use of indirect calorimetry in clinical nutrition. *NCP* 1992;7:207
7. Damask M, Weissman Ch, Askanazi J y col. A systematic method for validation of gas exchange measurements. *Anesthesiology* 1982;57:213.
8. Weissman Ch, Komper M, Askanazi J, Hyman Y. A systematic method for validation of gas exchange measurements. *Anesthesiology* 1986;84:673
9. Benotti P, Biastrian B. Metabolic and nutritional aspects of weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1989;17:181.
10. Cleaver F. Nutritional support in the patient with the systemic inflammatory response syndrome. *Am J Surg* 1993;165:688.