

ESTIMACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO PARA EL ADULTO MAYOR

ENC. José Angel Torres Treviño, NC
Profesor de la Especialidad en Nutriología Clínica, Facultad de Salud Pública y Nutrición, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Introducción

En la historia del metabolismo energético, debemos reconocer al padre de la nutrición: el francés Antonio Laurent de Lavoisier, quien en 1783, junto al marqués Pierre-Simon Laplace, llevaron a cabo los experimentos necesarios para sentar las bases de la calorimetría directa e indirecta, vigentes hasta la actualidad.

En 1899 Adolph Magnus-Levy fue el primero en acuñar el término *Grundumsatz*, que en alemán significa: metabolismo basal, el término enfatizaba en la necesidad de cumplir con los siguientes requisitos: ausencia de actividad muscular, estado post-absortivo, mínima distracción emocional, desvelo, condición nutricional normal, ausencia de enfermedad o infección y ambiente térmico neutral, sin embargo tales requerimientos difícilmente se cumplían en la práctica, debido a que el término: 'metabolismo basal' se confundía con el nivel más bajo de gasto energético, lo cual, es incorrecto, pues durante el sueño y en estados de desnutrición, se observa un metabolismo menor que el basal, por ello, Krogh, en 1923, lo definió como: 'metabolismo estándar' detallando los criterios necesarios para la evaluación: 1) Con el sujeto descansado, acostado y despierto, 2) Con ayuno de 10-12 horas, 3) Temperatura ambiental de 22-26° C; y 4) Sin estrés emocional o familiar.

Aunque se cuenta con registros históricos sobre los requerimientos de energía propuestos desde 1890 por Carl Voit, Atwater en 1895 y Graham Lusk en 1918, estos fueron realizados según la ingesta dietética de energía. Fue hasta 1957 en que la FAO publicó el documento: '*Calorie requirements*', el cual utilizó por primera vez el término: 'gasto energético' para calcular el requerimiento de energía. El resultado del documento fue la formulación empírica de una ecuación simplificada en años posteriores, para la estimación de energía en ambos géneros. A continuación se muestra la fórmula (Tabla 1):

Tabla 1: Fórmula FAO, 1957
Hombres = $815 + 36.6 \cdot PC$
Mujeres = $580 + 31.1 \cdot PC$
PC: Peso Corporal

Desde 1981, en que el comité de expertos en requerimientos energéticos y proteicos de la FAO, OMS y la Universidad de las Naciones Unidas lanzaron la primer

publicación sobre este tema a nivel mundial, se han realizado diversas estimaciones en torno al requerimiento basal de energía en los diferentes grupos de edad (1).

También existe el método del agua doblemente marcada, considerado el *gold standard* para la determinación del gasto energético y el cual es utilizado en humanos desde hace 30 años. Para determinar la producción de CO₂ y el cociente respiratorio, el sujeto de estudio recibe una carga de dos isótopos estables: ²H y ¹⁸O, los cuales se combinan con los átomos de Hidrógeno y Oxígeno del cuerpo, al producirse energía, se libera CO₂ y agua, excretados por exhalación, así como por fluidos corporales, como: saliva, orina y sudor, la pérdida de ²H y ¹⁸O, refleja el índice por medio del cual el CO₂ es producido, lo que puede ser utilizado para estimar el gasto energético, utilizando la tasa de producción de CO₂ y el cociente respiratorio (2).

Fórmulas para la estimación del gasto energético

A continuación se describe la metodología utilizada por los autores originales en la elaboración de las ecuaciones para estimar el gasto de energía en reposo o el requerimiento basal de energía. Los resultados están expresados en *Mega Joules, para realizar la conversión a calorías, se requiere multiplicarlo por un factor de 238.8 respectivamente.

Harris-Benedict.

James Arthur Harris y Francis Gano Benedict, en 1919 publicaron la gran obra: “*A biometric study of basal metabolism in man*” en el Laboratorio de Nutrición de la *Carnegie Institution of Washington* en Boston, EU, quienes junto a un equipo de colaboradores, elaboraron una ecuación para estimar el requerimiento energético, utilizando por primera vez los principios de la entonces novedosa Biometría, implementando la rigurosa metodología propuesta por Magnus-Levy y haciendo coeficientes de correlación parcial, se crearon estudios de calorimetría indirecta en 239 sujetos (136 hombres y 103 mujeres) de 21 a 70 años, en población normal, atletas y vegetarianos, concluyendo que el peso y la talla tienen una relación independiente en la estimación del Requerimiento Metabólico Basal (RMB) (3), más de 60 años después, Daly (1985) concluiría en su estudio lo que el propio Benedict habría aceptado años después de la publicación en 1919, la ecuación sobreestima de un 10 a un 15% el RMB, especialmente en mujeres jóvenes, aun así, se considera la fórmula más conocida y ampliamente utilizada a nivel mundial (4).

Tabla 2. Fórmula Harris y Benedict, 1919
H= [66.473 + (13.752 x PC) + (5.003 x T) – (6.755 x E)] x 4.186
M= [655.096 + (9.563 x PC) + (1.850 x T) – (4.676 x E)] x 4.186
PC: Peso Corporal en kg, T: talla/estatura en cm, E: edad en años

FAO/WHO/UNU

Los expertos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación, la Organización Mundial de la Salud y la Universidad de las Naciones Unidas, en el tema de requerimientos energético – proteicos, realizaron en 1981 una cumbre en Roma, Italia, en donde Durnin y su equipo plantearon los resultados de una revisión científica sobre la tasa metabólica en reposo (TMR) y datos antropométricos de 2,238 individuos, presentando tablas para estimar la TMR a partir del peso, edad y género, fue entonces cuando se delegó la tarea de ampliar la muestra para la obtención de ecuaciones predictivas, a Schofield y su equipo, concluyendo con una serie de ecuaciones predictivas para ambos sexos, por grupos de edad en años: 0-3, 3-10, 10-18, 18-30, 30-60; y >60, las cuales conformaron las ecuaciones oficiales del documento de la FAO/WHO/UNU de 1985: *'Energy and Protein Requirements'*, utilizando una muestra de 114 estudios publicados sobre la TMR con un total de 7,173 individuos (5), sin embargo, fue el propio reporte de la FAO/WHO/UNU el que reconoció una sobreestimación del 10-11% en la población asiática y de los trópicos, lo que posteriormente fue corroborado por distintos autores en Caucásica y Asiática, así como una sobreestimación del 7% en población de individuos afro-americanos de 8 a 17 años.

Lo anterior está relacionado a la inclusión del 47% de la muestra de 3,388 individuos de nacionalidad italiana, quienes aparentemente tienen una mayor TMR por kilogramo de peso que los otros dos grupos étnicos mencionados, también fue debido a una inclusión de pocos pacientes asiáticos (322) y de los trópicos (615), esto fue reconocido por el propio Schofield y se replantearon las ecuaciones, excluyendo a la población italiana, para la obtención de la TMR, aunque solo para la población de 18 a 30 años.

Para población mayor de 60 años, se utilizó una muestra de 38 mujeres y 50 hombres, por lo que algunos autores han propuesto fórmulas alternas para la comparación y estimación de la TMR, debido al reporte de subestimación en éste grupo de edad, aun así, las ecuaciones de Schofield son ampliamente conocidas y utilizadas gracias a la aproximación para la estimación de la TMR (6).

Tabla 3. Fórmula FAO/WHO/UNU, 1985

$$H = [(8.8 \times PC) + (1128 \times T) - 1071] \times 4.186$$

$$M = [(9.2 \times PC) + (637 \times T) - 302] \times 4.186$$

PC: Peso Corporal en kg, T: talla/estatura en cm.

Fredrix

E. W. Fredrix, en 1990 publicó la primera ecuación específica para estimación del gasto energético en reposo (GER) en adultos mayores, en el Departamento de Biología Humana de la Universidad de Limburgo, en Maastricht, Holanda, junto a su equipo de colaboradores, identificaron que la población de adultos mayores en hospitales holandeses aumentaba, por lo que midieron el gasto energético en reposo de 40 adultos mayores sanos de 51 a 82 años, utilizando calorimetría indirecta con sistema de ventilación en campana, concluyendo que algunas ecuaciones comúnmente utilizadas, subestiman en 6% del GER en esta población, correlacionando significativamente el GER con la masa libre de grasa y el peso corporal. El análisis de regresión múltiple por pasos, mostró la mejor predicción del GER cuando se utilizaba la combinación de: peso corporal, sexo y edad, aun así, el resultado podría subestimarse o sobreestimarse en 225 calorías debido a la variación de parámetros entre pacientes, también midieron el gasto energético del sueño, concluyendo que era 7% más bajo que el GER (7).

Tabla 4. Fórmula Fredrix, 1990

$$H = [1,641 + (10.7 \times PC) - (9.0 \times E) - 203] \times 4.186$$

$$M = [1,641 + (10.7 \times PC) - (9.0 \times E) - 406] \times 4.186$$

PC: Peso Corporal en kg, E: edad en años

Mifflin-St Jeor

Mark D. Mifflin, Sachiko St Jeor y colaboradores, publicaron en 1990 una ecuación para predecir el gasto energético en reposo (GER) en individuos sanos, utilizando la base de datos del estudio RENO *Diet-Study*, que involucró un seguimiento de 5 años en 498 pacientes de un estudio aprobado por el comité de ética de la Universidad de Nevada, Reno, EU. Los participantes fueron estratificados en 5 grupos de edad: 20-29, 30-39, 40-49, 50-59 y >60, excluyendo a los de bajo peso y obesidad mórbida seleccionando la muestra con 264 individuos de IMC normal y 234 con obesidad, en quienes se evaluó el GER por medio de calorimetría indirecta. La ecuación se obtuvo por medio de un análisis de regresión múltiple, utilizando el GER como variable fija y relacionándola con el peso, altura y edad en ambos sexos, se logró la mayor relación entre el GER y la masa libre de grasa, también se encontró una relación significativa con la fórmula de Harris-Benedict, concluyendo que dicha fórmula sobreestima en un 5% el GER en comparación con la presentada por los autores (8).

Tabla 5. Fórmula Mifflin – St. Jeor, 1990

$$H = [(10 \times PC) + (6.25 \times T) - (5 \times E) + 5] \times 4.186$$

$$M = [(10 \times PC) + (6.25 \times T) - (5 \times E) + 161] \times 4.186$$

PC: Peso Corporal en kg, T: talla/estatura en cm, E: edad en años

Lührmann

P.M. Lührmann y su equipo de colaboradores publicaron en 2002 una ecuación específica para la estimación de la Tasa Metabólica en Reposo (TMR) en la población de Adultos Mayores, trabajo realizado en el Instituto de Ciencias Nutricionales de la Universidad de Giessen en Alemania.

Se evaluó la TMR por medio de calorimetría indirecta, en una muestra de 179 pacientes femeninos y 107 masculinos de la población de Giessen, quienes contaban con al menos 60 años y no padecían disfunción tiroidea. Se realizó un análisis de regresión lineal múltiple, paso a paso para estimar los mejores indicadores de la TMR, considerando el peso corporal, talla, edad y sexo.

Los resultados fueron comparados con los de las ecuaciones de la WHO de 1985 y se concluyó que no había diferencia significativa entre ambas ecuaciones para la población femenina, mientras que en la masculina, se encontró un volumen mayor de la TMR, que lo calculado por la fórmula de la WHO (9).

Tabla 6. Fórmula Lührmann, 2002

$$H = 3,169 + [(50 \times PC) - (15.3 \times E)] + 746$$

$$M = 3,169 + [(50 \times PC) - (15.3 \times E)]$$

PC: Peso Corporal en kg, E: edad en años.

Müller

Manfred J. Müller y sus colaboradores, publicaron en 2004, ecuaciones de referencia para la estimación del Gasto Energético en Reposo (GER) en el Instituto de Nutrición Humana y Ciencias de la Alimentación de la Universidad zu Kiel en Kiel, Alemania. Fue un estudio retrospectivo sobre el GER y la composición corporal de 2,528 individuos de 5 a 91 años, de 7 diferentes centros entre 1985 y 2002.

Se hizo una regresión de multi-variables para la estimación del GER, las pruebas de asociación entre los resultados de las ecuaciones generadas, fueron comparadas con las ecuaciones de la WHO de 1985, concluyendo que éstas últimas, sobreestimaron el GER en la población estudiada (10).

Tabla 7. Fórmula Müller, 2004

$$H = \{[(0.047 \times PC) - (0.01452 \times E) + 3.21] + 1.009\} * 238.8$$

$$M = \{[(0.047 \times PC) - (0.01452 \times E) + 3.21\} * 238.8$$

PC: Peso Corporal en kg, E: edad en años.

Henry

Henry publicó en 2005 nuevas ecuaciones para la estimación de la Tasa Metabólica Basal (TMB) en la Escuela de Ciencias Biológicas y Moleculares de la Universidad de *Oxford Brookes*, Reino Unido. Fue un estudio de revisión que incluyó una muestra final de 166 investigaciones publicadas sobre la TMB, con un total de 10,552 individuos, de la que se había excluido la población italiana y se incluía a 4,018 individuos de los trópicos. Los resultados en general mostraban valores más bajos que aquéllos mostrados por las ecuaciones de la FAO/WHO/UNU de 1985 (11).

Tabla 8. Fórmula Henry, 2005

$H = [(11.4 \times PC) + (541 \times T) - 256] \times 4.186$ $M = [(8.52 \times PC) + (421 \times T) + 10.7] \times 4.186$
PC: Peso Corporal en kg, T: Talla en cm.

Frankenfield

David Frankenfield publicó en 2010 una validación de 2 ecuaciones para estimar la Tasa Metabólica en Reposo (TMR) para adultos mayores con obesidad y críticamente enfermos, en el Departamento de Nutrición Clínica del Centro Médico Milton S. Hershey, de la Universidad de Penn State, en Hershey, Pensilvania, EU de América.

Estudio prospectivo de 50 pacientes con edad ≥ 60 años e Índice de Masa Corporal (IMC) ≥ 30 kg/m², las mediciones se realizaron por medio de calorimetría indirecta y calculadas con un 95% de intervalo de confianza, utilizando la fórmula modificada de la Universidad de Penn State (PSU), a partir de la ecuación de Mifflin y comparándola con el método propuesto. En la muestra se reportaron pacientes con traumatismo, quirúrgicos y bajo cuidados médicos, en el 36% del total se encontraron febriles durante las 24 horas previas al estudio y se usaron inotrópicos en el 44% de los casos.

No se encontró diferencia significativa entre los resultados de ambas fórmulas, sin embargo hubo un menor número de errores máximos en la ecuación propuesta, por lo que se reconoce una mayor exactitud en la misma y se sugiere su implementación en poblaciones con características similares a las presentadas en el estudio (12).

Tabla 9. Fórmula Frankenfield, 2010

$H = (PA \times 0.96) + T_{\max}(167) + V_E(31) - 6,212$
PA: peso actual en kg, T _{max} : Temperatura máxima en las últimas 24 horas (°C). V _E : minutos de ventilación (L/min).

Conclusiones

Se sugiere el uso de las ecuaciones presentadas en población con características similares a las presentadas por cada autor. La fórmula de la FAO/OMS/UNU de 1985 subestima la TMR en población de adultos mayores, Harris y Benedict sobreestima de un 5 a un 15% el RMB, Mifflin continúa siendo la ecuación más precisa en adultos mayores con obesidad y Frankenfield está indicada en mayores de 60 años en unidades de terapia intensiva. Henry y Müller son las ecuaciones más cercanas a la TMR por la selección de la muestra y metodología utilizada.

Referencias bibliográficas

- (1) Henry, C.J. (2005). Basal Metabolic Rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutr*, 8(7A), 1133-52.
- (2) Weir, J.B. (1990). New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *Nutrition*, 6(3), 213-21.
- (3) Harris J., & Benedict, F. (1919). Biometric study of basal metabolism in man. Washington DC: *Carnegie Inst of Wash.*
- (4) Henry, C.J. *Op Cit.*
- (5) FAO/WHO/UNU. (2005). Human energy requirements. Scientific background papers of the joint FAO/WHO/UNU expert consultation, Rome 17-24 October 2001. *Public Health Nutr*, 8, 929-1228.
- (6) Henry, C.J. *Op Cit.*
- (7) Fredrix, E.W., Soeters, P.B., Deerenberg, I.M., Kester, A.D., von Meyenfeldt, M.F. & Saris, W.H. (1990). Resting and sleeping energy expenditure in the elderly. *Eur J Clin Nutr*, 44(10), 741-7.
- (8) Mifflin, M.D., St Jeor, S.T., Hill, L.A., Scott, B.J., Daugherty, S.A. & Koh, Y.O. (1990). A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr*, 51(2), 241-7.
- (9) Lührmann, P.M., Herbert, B.M., Krems, C., Neuhäuser-Berthold, M. (2002). A new equation especially developed for predicting resting metabolic rate in the elderly for easy use in practice. *Eur J Nutr*, 41(3), 108-13.
- (10) Müller, M.J., Bosy-Westphal, A., Klaus, S., Kreyman, G., Lührmann, P.M., Neuhäuser-Berthold, M., Noack, R., Pirke, K.M., Platte, P., Selberg, O. & Steiniger, J. (2004). World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr*, 80(5), 1379-90.
- (11) Henry, C.J. *Op Cit.*
- (12) Frankenfield, D., Roth-Yousey, L. & Compher, C. (2005). Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc*, 105(5), 775-89.