

## **FUNDAMENTOS DEL GASTO ENERGÉTICO**

ME. Gabriela Quiroz Olgún N.C.

Adscrita al Servicio de Nutriología Clínica del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

### **Introducción**

La energía que el cuerpo humano requiere para mantener sus funciones vitales es obtenida por la oxidación de los macro nutrientes provenientes de los alimentos. (1)

El gasto energético es considerado como un proceso de producción de energía proveniente de la combustión de sustratos (hidratos de carbono, lípidos, proteínas), en donde hay oxígeno consumido ( $O_2$ ) y producción de dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Parte de esta energía química es perdida en forma de calor y orina, y la energía restante es almacenada en moléculas de alta energía conocida como adenosín trifosfato (ATP). (2)

En las últimas décadas ha habido un creciente interés por estudiar el gasto energético (GE) en diferentes situaciones, como lo es el ejercicio, o en el ámbito hospitalario, para determinar el requerimiento energético de los pacientes críticamente enfermos que requieren nutrición parenteral o enteral, o en aquellos que se someten a procesos reductivos de peso. Así mismo han aparecido diversas herramientas que nos ayudan a obtener estos datos. Entre los más usados se encuentran la calorimetría indirecta (CI) y las fórmulas de predicción; siendo estas últimas las más utilizadas debido a la disponibilidad y facilidad de uso. Sin embargo, para que una fórmula pueda ser precisa, es necesario considerar ciertos aspectos como los componentes del GE y las cosas que pueden modificar su precisión.

El Gasto Energético Total (GET) representa la energía que el organismo consume; está constituido por la suma del gasto energético basal (GEB), también denominado la tasa metabólica basal (TMB), la termogénesis endógena (TE) y la actividad física (AF). (3) La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el GET como: “el nivel de energía necesario para mantener el equilibrio entre el consumo y el gasto energético, cuando el individuo presenta peso, composición corporal y actividad física compatibles con un buen estado de salud, debiéndose hacer ajustes para individuos con diferentes estados fisiológicos como crecimiento, gestación, lactancia y envejecimiento”. (4)

## **Gasto energético basal**

El Gasto Energético Basal (GEB) es la pérdida de calor o la fracción del gasto de energía total que se requiere para mantener los procesos vitales del cuerpo, como el metabolismo celular, la síntesis de proteínas, el equilibrio de iones, además de las actividades nerviosa, cardiovascular, respiratoria, digestiva, endócrina y la necesaria para el mantenimiento de la temperatura corporal. (5)

El GEB contribuye del 60 al 70% del requerimiento de energía diaria para la mayoría de los individuos sedentarios y cerca del 50% para aquellos que son físicamente activos. (6)

El GEB debe ser medido en condiciones ambientales estandarizadas como temperatura y humedad. El individuo debe estar en completo reposo después de al menos 8 horas de sueño y después de 12 a 14 horas de ayuno nocturno. (7)

## **Gasto energético en reposo**

El GEB es diferente al gasto energético en reposo (GER); este último se obtiene cuando la determinación se hace en reposo y en las condiciones descritas para el GEB pero no en ayuno, incluyendo por lo tanto la energía utilizada para el aprovechamiento biológico de los alimentos, además que el sujeto la mayoría de las veces se encuentra en estrés emocional. Estas mediciones, difieren en menos del 10% y ambos términos se tienden a utilizar indistintamente. En la actualidad se utiliza más la denominación del GER y habitualmente se determina por medio de ecuaciones predictivas. (8)

## **Métodos para determinar el Gasto Energético**

Existen muchos métodos para medir el Gasto Energético (GE), muchos de ellos utilizados con fines de investigación por ser más caros y otros son más accesibles aunque poco precisos. Entre ellos se encuentran la calorimetría indirecta, el agua doblemente marcada y las fórmulas de predicción.

## **Principios de la Calorimetría Indirecta (CI)**

Por CI se entiende el proceso de medición del gasto energético a partir de la cuantificación de los elementos del metabolismo de la combustión. La CI tuvo sus principios con las primeras discusiones sobre el intercambio de gases que inició Lavoisier y sus contemporáneos, quienes establecieron que el  $O_2$  y el  $CO_2$  eran gases importantes en el proceso de combustión y en el metabolismo de los animales y humanos. (9)

Boyle inventó un aparato que producía vacío y con esto inició los primeros experimentos sobre la combustión y el metabolismo. Lavoisier en París estudiaba

la combustión y oxidación de metales. (8) El dio el nombre de oxígeno al material absorbido por el metal cuando se calentaba en aire. El término de caloría, se introdujo para describir el calor generado tras la combustión. Más tarde Lavoisier realizó más experimentos para describir como los animales tomaban  $O_2$  y generaban  $CO_2$  junto con la producción de calor. El calor producido fue medido por calorímetro de hielo y ayudó a establecer las bases de la calorimetría. (10)

Todas las funciones biológicas requieren energía. Los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas contienen la energía que se utilizará para el trabajo biológico. Por ello se puede hablar, tanto de energía de los alimentos, como de energía utilizada en la realización de trabajo biológico. (11)

La caloría se define como la cantidad de calor necesaria para aumentar en  $1^\circ C$  la temperatura de 1 kg de agua desde  $14.5$  a  $15.5^\circ C$ . Para medir el valor energético de un nutrimento se puede usar un calorímetro. Para ello se quema el alimento en un recinto cerrado y se mide el calor liberado en dicha combustión. El calor liberado en la oxidación de un alimento se conoce como su calor de combustión, y representa el valor energético total de dicho alimento.

El valor energético de las grasas varía algo en relación con su composición en ácidos grasos. El calor de combustión medio de un gramo de grasa al oxidarse, se considera como de 9.4 kcal. El calor de combustión de un hidrato de carbono también es variable, dependiendo de la distribución de los átomos de la molécula. La glucosa tiene un calor de combustión de 3.74 y el almidón de 4.20 respectivamente. En general se usa el valor de 4.2 como el calor de combustión de un gramo de cualquier hidrato de carbono.

La energía liberada durante la combustión de una proteína depende, sobre todo, de la proporción de nitrógeno contenida en dicha proteína. Muchas proteínas contienen aproximadamente un 16% de nitrógeno y un calor de combustión medio de 5.65 kcal/gr (proteína de huevo, carne, soja). El calor de combustión medio de un gramo de proteína se considera de 5.65 kcal/gr.

El valor energético de un alimento en el organismo no es exactamente el mismo que su calor de combustión determinado por calorimetría. En el caso de las proteínas, el nitrógeno se combina con el hidrógeno para formar urea, que se elimina por la orina. Esta eliminación de hidrógeno representa una pérdida potencial de energía que disminuye el calor de combustión de la proteína en el cuerpo hasta 4.6 kcal/gr, en lugar de los 5.65 obtenidos en el calorímetro. En el caso de las grasas y los hidratos de carbono, el calor de combustión es muy similar al observado en el calorímetro.

Otro aspecto a considerar en la determinación de la energía total obtenida de un aliemento, es la eficacia del proceso digestivo. El coeficiente de digestibilidad es la proporción de alimento ingerido que se utiliza para ser metabolizado por el

organismo. Los coeficientes de digestibilidad de los hidratos de carbono son de aproximadamente del 97%, los de las grasas del 95% y los de las proteínas del 92%. (12)

## **Termogénesis**

La termogénesis obligatoria supone entre un 10 y 12% de la energía ingerida. Esta energía se utiliza para la absorción intestinal, las transformaciones bioquímicas y el acúmulo de nutrientes. La termogénesis inducida por los alimentos, o terigénesis posprandial, se puede medir también mediante calorimetría indirecta.

El primero en hablar de termogénesis inducida por la dieta fue Rubner, cuando decidió hacer calorimetrías a perros en ayuno, donde observó que el gasto energético medido de un perro era de 742 kcal. Al siguiente día le dio de comer y nuevamente tomó la calorimetría indirecta y observó que ahora el GE había cambiado y era de 1046 kcal, es decir una diferencia del 16% por lo que nuevamente lo puso en ayuno y observó un gasto similar al primero de 746 kcal. (13) Este experimento dio la pauta para introducir el concepto de termogénesis inducida por alimentos.

## **Factores que influyen en el GE**

El GER está determinado sobre todo por el peso corporal y es proporcional al tamaño corporal del individuo (talla), los individuos de mayor tamaño requieren mayor energía que los pequeños. (14) Con relación a la edad, el GER es mayor en niños que en adultos debido a sus requerimientos para el crecimiento. De forma evolutiva y expresada en función del peso corporal el GER es más alto en la vida prenatal, luego en los dos primeros años de vida y a partir de esa edad tiende a disminuir dado que la velocidad de crecimiento durante la edad escolar se lentifica. Posteriormente, se incrementa de nuevo durante la pubertad y a partir de los 30 años el GER disminuye un 0,4% anualmente, lo que está asociado con la reducción en la actividad metabólica de síntesis. También se han encontrado diferencias en el GER de acuerdo con el sexo, aún existen dudas sobre hasta qué punto éstas son debidas a la composición corporal o a influencias hormonales con independencia de la causa, pues está claro que el GER es mayor en hombres que en mujeres. Además, en mujeres fértiles se ha observado una variación de entre un 6 y 10% ocurrido a lo largo del ciclo menstrual. (15)

La temperatura corporal es otro factor que se debe tener en cuenta, los humanos pasan significativamente más tiempo en la zona neutral térmica, por lo cual cuando se encuentran en temperaturas superiores o inferiores requieren de energía para mantener la temperatura corporal. En seres humanos se incrementa el GER de 7 a 17% en periodos de fiebre o a una temperatura corporal elevada. Por cada grado centígrado que aumente la temperatura central, la exposición al calor también disminuye la ingesta de alimentos, sin embargo no se ha demostrado que la

exposición crónica al calor cambie el balance de energía suficiente para influir en el peso corporal en los seres humanos. Así mismo cuando se encuentran expuestos al frío también aumenta el gasto energético. La exposición a 16° C es suficiente para aumentar el gasto de energía por aproximadamente 160 kilocalorías por día y la exposición también aumenta la ingesta de alimentos. (16)

## Conclusión

El GE está influenciado por diversos factores como el peso, la edad, la talla y la temperatura corporal entre otras cosas. Existen muchos métodos que pueden ayudarnos a determinarlo, sin embargo dependerá de la disponibilidad de cada uno así como del costo o el grado de complejidad en el uso de cada uno de ellos.

En la actualidad la calorimetría es el estándar de oro para la predicción del GE, sin embargo resulta un instrumento caro y poco disponible en el sector salud. Así mismo, se requiere de personal capacitado y calificado para realizar la prueba además de poder interpretarla correctamente.

Debemos tomar en cuenta cada una de las variaciones que el GE tiene para poder tomar una cifra de manera correcta. El individualizar a nuestros pacientes hará que la decisión sobre que herramienta usar sea la más adecuada.

El conocer el GE de un paciente nos servirá ante todo, para poder dar una correcta prescripción del tratamiento nutricional y así poder minimizar tanto la sobrealimentación como la subalimentación.

## Referencias bibliográficas

- (1) Diener JRC. Calorimetría Indirecta. Rev Assoc Med Bras 1997; 43 (3): 245-53.
- (2) Labayen I, Lopes-Marqués J, Martínez JA. Métodos de medida del gasto energético. Nutr Clin 1997; 6 (16): 203.
- (3) Vargas M, Lancheros L, Barrera M. Gasto energético en reposo y composición corporal en adultos. 2011;59(1):43-58.
- (4) (WHO). WHO. Obesity: preventing and managing the global epidemic. 2000.
- (5) Guyton A, Hall J. Energética e metabolismo. In: Guyton A, Hall J, Eds. Tratado de fisiología médica. 10 ed: Editora ABPDEA 2002: 762- 8.
- (6) Oliveira FCE, Cruz ACM, Oliveira CG, Cruz ACRF, Nakajima VM, Bressan J. Gasto energético de adultos brasileños saludables: una comparación de métodos. Nutr Hosp 2008; 23 (6): 554-61.
- (7) Rodrigues AE, Marostegan PF, Mancini MC et al. Análise dataxa metabólica de repouso avaliada por calorimetria indireta em mulheres obesas com baixa e alta ingestão calórica. Arq Bras Endocrinol Metabol 2008; 52 (1): 76-84.
- (8) Vargas M., *Op cit.*
- (9) Simon Bursztein. Energy Metabolism. Indirect Calorimetry, and Nutrition. 1989. Williams & Wilkins USA
- (10) Holmes FL. Lavoisier and the chemistry of Life. Madison, The University of Wisconsin Press. 1985.
- (11) McArdle WD, Katch VL. Exercise physiology. Energy, nutrition and human performance. Philadelphia Lea and Febiger, 1991.

- (12) Maffeis C, Schutz Y, Zocante L, Miccolo R, Pinelli R. Meal-induced thermogenesis in lean and obese prepubertal children. *Am J Clin Nutr.* 1993;57:481-5
- (13) Simon Bursztein, *Op cit.*
- (14) Heymsfield SB, Pietrobelli A. Body size and human energy requirements: Reduced mass-specific total energy expenditure in tall adults. *Am J Hum Biol.* 2010;22(3):301–9.
- (15) Chiquete E, Tolosa P. Conceptos tradicionales y emergentes sobre el balance energético. *Rev Endocrinol y Nutr.* 2013;21(2):59–68.
- (16) Dhurandhar EJ, Keith SW. The aetiology of obesity beyond eating more and exercising less. *Best Pract Res Clin Gastroenterol.* Elsevier Ltd; 2014 Aug;28(4):533–44.