

NOTA TÉCNICA

ALGUNAS OPERACIONES METABÓLICAS DE APLICACIÓN PRÁCTICA

José Moncada Jiménez

Resumen: *En esta nota técnica se describe cómo estimar indirectamente la cantidad de energía utilizada al realizar ejercicio físico. Los cálculos son sencillos y se pueden utilizar para diseñar programas de acondicionamiento físico para mejorar la salud.*

A continuación se describe detalladamente cómo se podría utilizar la fórmula del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM, siglas en Inglés) (1995) para llevar a cabo una estimación del consumo de oxígeno (VO_{2est}) en $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$; y por consiguiente, para estimar el costo energético asociado a una actividad física (e.g., correr en una cancha de fútbol). La fórmula consiste de tres partes; primero, un componente de reposo (**R**), que se traduciría en el consumo de O_2 en reposo. Segundo, un componente horizontal (**H**), que representa el tiempo recorrido acarreado el peso del cuerpo horizontalmente (i.e., hacia adelante o hacia atrás, en este caso hacia adelante). Finalmente, un componente vertical (**V**), que representa la distancia recorrida por el cuerpo hacia arriba o hacia abajo (i.e., en este caso hacia arriba) en contra de la gravedad y de una pendiente. Esta fórmula se ha usado principalmente en pruebas de laboratorio en donde se puede cambiar la inclinación de la banda sin fin. Ya que se supone que no hay inclinación en las superficies donde corren los sujetos, ese componente se elimina. Entonces, la fórmula quedaría así:

$$VO_{2est} \text{ en } ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1} = R + H + V,$$

$$\text{ya que } V = 0,$$

$$VO_{2est} \text{ en } ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1} = R + H$$

El componente **R** lo definieron como $3.5 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, que por definición representa 1 MET, aunque McArdle, Katch, y Katch (1996), han definido 1 MET como $3.6 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. El componente **H** lo definieron como $\text{m} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 0.2$. Para este componente, 0.2 es la constante de regresión necesaria para convertir $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ en $\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

¿Cómo se aplicaría la fórmula del ACSM a un ejemplo de la vida real?

Por ejemplo, se tiene a un hombre de 18 años, que pesa 52.27 kg. Esta persona corrió la prueba de los 1 609 metros (1 milla) en un tiempo de 6 minutos y fracción (la fracción representa los segundos con base 100, es decir, la fracción .37 en realidad son 22 segundos). Ya que se tiene la distancia y el tiempo, se puede calcular la velocidad promedio. De este modo, $1\ 609 \text{ m} / 6.37 \text{ min} = 252.59 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Para calcular el $\text{VO}_{2\text{est}}$ en $\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ se tiene todos los datos necesarios: (a) peso; (b) tiempo; y (c) velocidad. Entonces, sabiendo que la fórmula del ACSM es

$R + H + V$, en donde

$$R = 3.5 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$H = 252.59 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 0.2$$

$$V = 0$$

$$\text{VO}_{2\text{est}} = 3.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} + 50.52$$

$$\text{VO}_{2\text{est}} = 54.02 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

Se podría decir que éstos cálculos fueron la parte más sencilla del ejemplo en cuestión. Ahora, la crítica que se ha hecho a este valor estimado ($\text{VO}_{2\text{est}}$) es que pareciera que es más preciso en pruebas de laboratorio en las cuales se gradúa la inclinación de la banda sin fin, en comparación con las pruebas de campo en las que se corre sin inclinación o pendientes (e.g., en una cancha de baloncesto o una cancha de fútbol). De acuerdo con el ACSM (1995) este valor podría desestimar entre el 15 - 20 % el valor real del VO_2 .

A pesar de ello, para tener una idea del gasto calórico en las personas (e.g., si no se tiene acceso a equipo adecuado), los valores calculados de esta manera brindan una idea de, por ejemplo, cuánto tiempo debería correr una persona que tiene exceso de peso en términos de exceso de grasa corporal.

Después de haber encontrado un estimado del consumo de oxígeno en mililitros por unidad de peso corporal (kg) por unidad de tiempo (minutos), lo que se podría hacer, es calcular cuántos METs representan ese valor. Hay que recordar que 1 MET representa un múltiplo de la tasa metabólica de reposo, y que es el equivalente a una cantidad de $250 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ en hombres, y $200 \text{ ml O}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ en mujeres (McArdle, Katch, & Katch, 1996). Así, de acuerdo con el ACSM (1995), lo que se debería hacer es dividir el valor que se obtuvo entre 3.5 (ó 3.6, de acuerdo con McArdle *et al.*, 1996):

$$\text{VO}_{2\text{est}} = 54.02 \text{ ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$3.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (Por definición, esto es 1 MET)}$$

$$\text{METs} = 54.02 / 3.5$$

$$\text{METs} = 15.44$$

De este modo, si se observa la Tabla 7-3 de la página 164 y 165 del manual del ACSM (1995) (Anexo 1), se puede observar que el costo promedio para una persona que corre en una superficie plana a una velocidad promedio de $6 \text{ min} \cdot \text{milla}$ es de 16.3 METs; y que para una persona que corre en una superficie plana a una velocidad promedio de $7 \text{ min} \cdot \text{milla}$ los METs promedio consumidos son 14.1. Pues bien, en el ejemplo propuesto se encontró que para esta persona de 18 años del género masculino, y que corrió en una superficie plana a una velocidad promedio de $6.22 \text{ min} \cdot \text{milla}$ (ó $252.72 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$), el costo fue de 15.44 METs, lo cual no se aleja significativamente de los valores reportados en dichas tablas. Es necesario recordar que cuando se llevan a cabo comparaciones entre personas, es recomendable utilizar unidades relativas (e.g., $\text{ml O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) en lugar

de unidades absolutas (i.e., METs), ya que se deben tomar en cuenta diferencias en el tamaño corporal.

Finalmente, luego de haber calculado los METs, se podría calcular las kilocalorías (kcal) que gastó corriendo. Pero primero, hay que hacer algunas conversiones (otra vez!):

$$\begin{aligned} \text{ml} \cdot \text{min}^{-1} &= \text{VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{Peso corporal} \\ \text{ml} \cdot \text{min}^{-1} &= 54.02 \cdot 52.27 \\ \text{ml} \cdot \text{min}^{-1} &= 2,823.63 \end{aligned}$$

pero además, se necesita convertir las unidades de $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$ a $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$, entonces se divide $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$ entre 1,000:

$$\text{L} \cdot \text{min}^{-1} = 2.82,$$

pero todavía hace falta otro paso. Ahora se podría multiplicar los $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ por 5 para determinar $\text{Kcal} \cdot \text{min}^{-1}$:

$$\begin{aligned} \text{Kcal} \cdot \text{min}^{-1} &= 2.82 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 5 \\ \text{Kcal} \cdot \text{min}^{-1} &= 14.10 \end{aligned}$$

Pero, ¿por qué multiplicar por 5? Pues bien, como se había indicado anteriormente, de acuerdo con el ACSM (1995), la cantidad de litros de O_2 multiplicada por 5 representa las Kcal consumidas. Muy bien, de esta manera se ha estimado cuántas kilocalorías (Kcal) gastó la persona corriendo la prueba de los 1 609 m. Ahora, fácilmente se puede calcular que si en 1 minuto gastó 14.10 Kcal, entonces en una hora podría haber gastado 846 Kcal manteniendo la misma intensidad y velocidad de carrera, cierto? Si no me cree entonces realice la siguiente operación: $14.10 \text{ Kcal} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 60 \text{ min}$.

De acuerdo con el ACSM (1995), para “quemar” o gastar una libra de grasa, se deben invertir 3,500 Kcal. Con los cálculos realizados se puede comprender la importancia práctica de la fórmula del ACSM. Si una persona catalogada como obesa de acuerdo con su porcentaje de grasa corporal desea reducir el peso graso, entonces se podría calcular aproximadamente cuántas Kcal debería gastar realizando diversos tipos de ejercicio (e.g., de tipo aeróbico). Claro, se deben tomar en cuenta otras variables propias del diseño de programas de ejercicio como la frecuencia, la intensidad y la duración de la actividad, así como la ingesta calórica diaria.

En conclusión, aunque el método descrito anteriormente para determinar el consumo de O_2 , los METs y las Kcal es indirecto, no se debe descartar su utilidad, especialmente cuando no se cuenta con instrumentos de laboratorio que brinden una medición más objetiva. Es recomendable que la población en general conozca y se familiarice con cálculos tan sencillos como los expuestos aquí, y que sobre todo, si tienen dudas, busquen la asesoría profesional especializada.

Referencias bibliográficas

- American College of Sports Medicine. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (5^{ta} ed.). Media, PA, EEUU: Williams & Wilkins, 1995.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance* (4^{ta} ed.). Media, PA, EEUU: Williams & Wilkins, 1996.

Anexo 1

Actividades recreativas en METs: Deportes, clases de ejercicios, juegos y bailes

| Actividad | Promedio | Rango |
|---------------------------------|----------|----------|
| Baloncesto | | |
| Competitivo | 8,3 | 7 - 12 + |
| Recreativo | - | 3 - 9 |
| Boxeo | | |
| En el cuadrilátero | 13,3 | - |
| De sombra | 8,3 | - |
| Ciclismo | | |
| Recreativo o para ir al trabajo | - | 3 - 8 + |
| 16 km • h ⁻¹ | 7,0 | - |
| Correr | | |
| 12 min • 1 609 m | 8,7 | - |
| 11 min • 1 609 m | 9,4 | - |
| 10 min • 1 609 m | 10,2 | - |
| 9 min • 1 609 m | 11,2 | - |
| 8 min • 1 609 m | 12,5 | - |
| 7 min • 1 609 m | 14,1 | - |
| 6 min • 1 609 m | 16,3< | - |

Modificado de ACSM (1995), p. 164-165,