

158

Simple + mente física



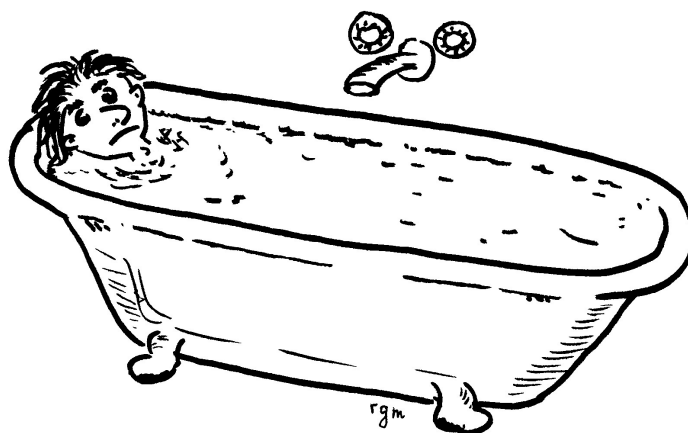
Baño contra la fiebre

(20 febrero 2012)

Un procedimiento habitual para reducir la fiebre consiste en tomar un baño con agua templada.¹ Si una persona adulta (~70 kg de masa) tiene fiebre alta (~40 °C), ¿cuánto tiempo ha de permanecer sumergida en agua templada (~20 °C) para que su temperatura se reduzca a la normal del cuerpo humano (~37 °C)?:

- (a) 5 min o menos.
- (b) 15 min, aproximadamente.
- (c) 30 min o más.
- (d) no importa el tiempo que permanezca sumergida.

Los tiempos anteriores pueden considerarse como orientativos, admitiéndose un margen de diferencia unos cinco minutos.



AVISO: El objeto de **Simple+mente física** no va más allá del placer que proporciona plantearse y resolver sencillas cuestiones razonando (y experimentando) de acuerdo con principios básicos de la física. No hay ningún tipo de compensación, excepto la satisfacción personal y no van dirigidas a ningún grupo de personas en particular (es decir, están abiertas a todo el mundo).

El primer día hábil de cada semana se presentará una nueva cuestión y la respuesta a la cuestión de la semana anterior.

Rafael Garcia Molina, Departamento de Física - CIOyN, Universidad de Murcia (rgm@um.es)

<http://bohr.inf.um.es/miembros/rgm/s+mf/>

¹ Recuérdese que, en última instancia, es el médico quien ha de decidir el tratamiento a seguir.

Resp.: Supongamos que un hombre adulto tiene 70 kg de masa y 1.8 m² de superficie corporal; en el caso de una mujer, las características son 58 kg y 1.6 m².

La energía térmica que debe perder una persona de masa m para que su temperatura disminuya desde T_{fiebre} hasta T_{normal} es

$$Q = m c (T_{\text{fiebre}} - T_{\text{normal}}), \quad (1)$$

donde $c = 0.84 \text{ kcal}/(\text{kg K}) = 3500 \text{ J}/(\text{kg K})$ es el calor específico promedio del cuerpo humano.

La transferencia de energía entre la persona (con temperatura T_{fiebre}) y el agua de la bañera (cuya temperatura es T_{agua}) se produce por conducción. El ritmo al que pierde energía térmica la persona es proporcional a su superficie A y a la diferencia de temperaturas, e inversamente proporcional a la distancia d que separa las regiones que se hallan a diferente temperatura (el interior del cuerpo humano y el agua en la bañera):

$$\frac{Q}{t} = k A \frac{(T_{\text{fiebre}} - T_{\text{agua}})}{d}. \quad (2)$$

La constante de proporcionalidad $k = 0.20 \text{ J}/(\text{m s K})$ es la conductividad térmica promedio del cuerpo humano. La conducción térmica tiene lugar típicamente a través de la piel y el tejido adiposo, cuyo espesor supondremos que vale $d = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}$.

A partir de las ecuaciones (1) y (2) se obtiene que el tiempo t necesario para que la temperatura de la persona disminuya desde T_{fiebre} hasta T_{normal} cuando está sumergida en agua a T_{agua} es

$$t = \frac{m c (T_{\text{fiebre}} - T_{\text{normal}}) d}{k A (T_{\text{fiebre}} - T_{\text{agua}})}. \quad (3)$$

Tras sustituir los correspondientes valores numéricos en la expresión anterior, se obtiene el siguiente rango de resultados, según sean los valores de la temperatura de la fiebre y del agua:

para $T_{\text{fiebre}} = 39 \text{ }^\circ\text{C}$ y $T_{\text{agua}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$: $t_{\text{hombre}} \simeq 12 \text{ min}$ y $t_{\text{mujer}} \simeq 11 \text{ min}$,

para $T_{\text{fiebre}} = 39 \text{ }^\circ\text{C}$ y $T_{\text{agua}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$: $t_{\text{hombre}} \simeq 13 \text{ min}$ y $t_{\text{mujer}} \simeq 12 \text{ min}$,

para $T_{\text{fiebre}} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ y $T_{\text{agua}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$: $t_{\text{hombre}} \simeq 17 \text{ min}$ y $t_{\text{mujer}} \simeq 16 \text{ min}$,

para $T_{\text{fiebre}} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ y $T_{\text{agua}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$: $t_{\text{hombre}} \simeq 19 \text{ min}$ y $t_{\text{mujer}} \simeq 18 \text{ min}$.

Como puede comprobarse, el tiempo de inmersión es mayor cuanto más alta es la fiebre y menos fresca está el agua. Pero en general, el promedio de los diferentes casos considerados está alrededor de los 15 min, que corresponde a la respuesta (b).

Conviene notar que la estimación anterior se basa en varias suposiciones que simplifican los cálculos. De hecho, los valores promedio para la superficie corporal, el espesor de la capa externa del cuerpo humano y las características térmicas del cuerpo humano pueden variar de una persona a otra. Tampoco se ha tenido en cuenta que la persona continuará generando calor mientras está dentro de la bañera o que la temperatura del agua de la bañera no permanece constante, sino que aumenta ligeramente mientras dura la inmersión.

A pesar de las aproximaciones, el cálculo aproximado que se ha realizado proporciona un valor que coincide con la práctica cotidiana que recomienda permanecer un mínimo de un cuarto de hora en la bañera para que disminuya la fiebre.

Miscelánea (frases, anécdotas, curiosidades...): Nihil est in intellectu quod prius non fuerit in sensu - No hay nada en la mente que no esté ya en los sentidos. [santo Tomás de Aquino (1225-1274)]