

1.2 Termoregulación

La temperatura, entre las distintas partes del cuerpo, puede no necesariamente ser la misma (a veces puede estar la piel más fría que la parte interna del cuerpo). Por eso, cuando se habla de temperatura en el cuerpo se debe hacer referencia a la temperatura interna y no a la que presenta exteriormente el organismo.

Es sabido el hecho de que la temperatura corporal normal es cercana a los 37 °C, pero, ante el ejercicio físico, una variedad de factores puede afectar a aquella. Esto será parte de lo que desarrollemos en la presente sección del módulo para tratar de comprender como el cuerpo suele ajustarse para ayudar a mantener el balance del calor.

1.2.1 Equilibrio térmico y regulación de la temperatura

Tal como lo comentamos anteriormente, la termodinámica durante el reposo y el ejercicio suelen variar considerablemente. Las reacciones químicas del metabolismo energético producen ganancias calóricas que alcanzan niveles considerables durante la actividad muscular (Toner, 1996).

Tabla 2: Termodinámica durante el reposo y el ejercicio

Condición	Reposo	Ejercicio Máximo
Producción de calor corporal (1 l de consumo de O ₂ = 4,82 Kcal)	Aprox. 0,25 l x min de O ₂ Aprox. 1,2 Kcal x min	Aprox. 4 l x min de O ₂ Aprox. 20 Kcal x min
Capacidad del organismo para enfriar por evaporación (Evaporación de 1 ml de sudor = Aprox. 0,6 Kcal de pérdida de calor corporal)	Sudoración máxima Aprox. 30 ml x min = 18 Kcal x min	
Incremento de la temperatura central	Sin incremento	Aprox. 1°C cada 5-7 minutos.

Fuente: elaboración propia.

El hipotálamo aloja al centro que coordina la regulación de la temperatura. Para comprender un poco mejor su dinámica, podemos trazar un paralelo con el termostato de un climatizador, el cual calefacta de acuerdo con la información que recibe del ambiente.

1. Generalmente, si los receptores cutáneos detectan temperaturas más calientes o sube la temperatura de la sangre, el cuerpo hará los ajustes en un intento de perder calor. Primero, la sangre puede ser canalizada más cerca de la piel de manera que el calor interior se acerque al

exterior y se irradie más fácilmente. En paralelo, se inicia la sudoración y evaporación que se llevará el calor lejos del cuerpo.

Por el contrario, si los receptores de la piel detectan temperatura más fría o baja la temperatura de la sangre, entonces el cuerpo reaccionará para conservar el calor o aumentar la producción de este. Primero, la sangre será desviada lejos de la piel hacia la parte central del cuerpo, lo cual disminuye la pérdida de calor por radiación y ayuda a mantener los órganos vitales a la temperatura adecuada. Aquí es donde puede comenzar el temblor, que no es más que la contracción de los músculos, que producen calor extra al aumentar el índice metabólico.

Figura 4: Factores que intervienen en la regulación de la temperatura



Fuente: elaboración propia

1.2.2 Termorregulación y frío

Generalmente, la regulación de la temperatura central no requiere de un gran esfuerzo fisiológico. Al exponernos al frío extremo, sin embargo, es posible que se presente una pérdida excesiva de calor, razón por la cual la producción de calor corporal se incrementa por diferentes adaptaciones, a saber:

1. Adaptación vascular

Cuando estamos expuestos al frío, ocurre una vasoconstricción generalizada de los vasos sanguíneos (reducción del diámetro de los vasos), en la que disminuye el flujo de sangre que se dirige hacia la

superficie corporal para evitar la pérdida de calor.

2. Actividad muscular

En circunstancia de frío extremo, es común que involuntariamente comencemos a temblar, reacción que aumenta la producción de calor por parte de la musculatura esquelética. Así también, durante el movimiento intenso, mantiene una temperatura central constante, incluso en condiciones donde la temperatura ambiental es muy baja (hasta menos de 25 °C y menos de 30 °C, aproximadamente).

3. Producción hormonal

La adrenalina y la noradrenalina son dos hormonas “calorígenas” de la médula suprarrenal que incrementan la producción de calor en la exposición al frío. Así, se produce un aumento de la hormona tiroidea por parte de la glándula tiroides, lo cual intensifica el metabolismo en reposo y, en consecuencia, se genera una cantidad extra de calor.

1.2.3 Termorregulación y calor

Durante el ejercicio físico, disipar el calor eficientemente es fundamental para el organismo. Para que esto sea posible, la naturaleza nos dotó de mecanismos homeostáticos que, al activarse, o bien estimulan la pérdida de calor, o bien estimulan su ganancia, siempre buscando que nuestra temperatura central permanezca en valores constantes.

A través de diferentes procesos físicos, el calor corporal excesivo se disipa hacia el ambiente a fin de regular la temperatura de la siguiente manera:

1. Pérdida de calor por conducción

El intercambio por conducción implica una transferencia directa del calor de una molécula a otra por mediación de un líquido, un sólido o un gas.

La tasa de pérdida de calor por conducción depende de dos factores:

- el gradiente de temperatura entre la piel y las superficies circundantes;
- las características térmicas de las superficies.

Por ejemplo: la inmersión del organismo en agua fría de un sujeto con calor elevado puede generar una pérdida de calor considerable.

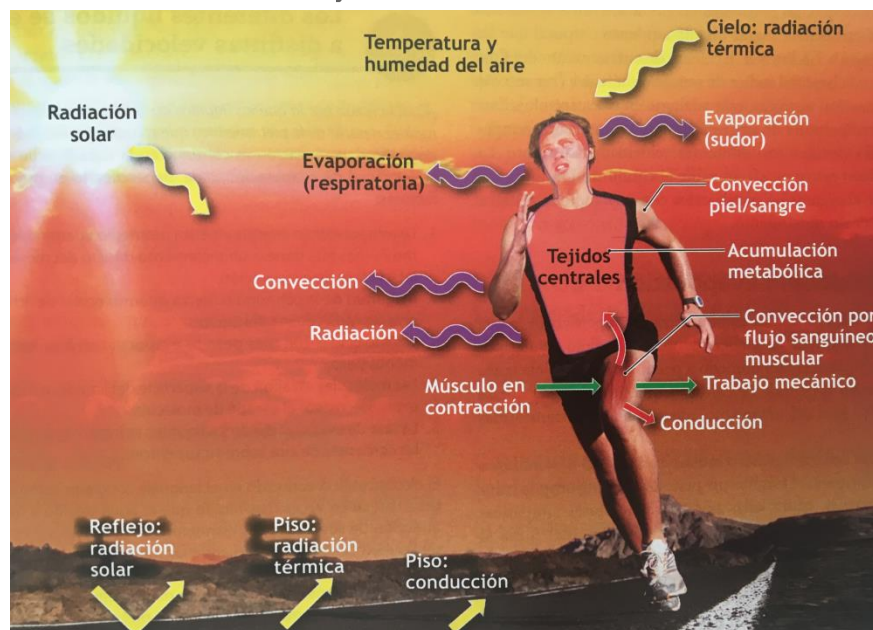
También recostarse sobre una piedra a la sombra para un sujeto que absorbió mucha temperatura durante su exposición al sol facilita cierta pérdida de calor corporal mediante conducción entre la superficie fría de la roca y la superficie más caliente del sujeto. Si nuestro cuerpo hace contacto con un objeto determinado, se presentará el intercambio de calor entre ambos cuerpos. La dirección de este intercambio depende del gradiente de calor de los cuerpos comprometidos (frío o caliente, tal como vimos en los ejemplos).

2. Pérdida de calor por radiación

Todos los cuerpos irradian calor en forma de ondas electromagnéticas, siendo el sol la principal fuente irradiadora de calor. Mientras la temperatura corporal sea mayor que la temperatura del ambiente, nuestro cuerpo podrá eliminar calor a través del mecanismo de la radiación. Entre más amplio sean los valores observados entre la temperatura corporal (TC) y la temperatura del medio ambiente (TA), más efectivo será el mecanismo de pérdida de calor por radiación.

Por ejemplo: no se suele sudar en condiciones de reposo, cuando nos encontramos en lugares muy fríos, precisamente por la efectividad del mecanismo de la radiación y esta diferencia de temperatura.

Figura 5: Producción de calor y transferencia



Fuente: recuperado de Katch, McArdle y Katch,

3. Pérdida de calor por convección

La efectividad de la pérdida de calor mediante conducción depende de la velocidad con la que el aire (o el agua) adyacente al organismo se intercambia una vez que se calienta.

Se habla de la pérdida de calor por convección cuando el objeto hace contacto directo con nuestra piel (a través del aire/agua). Mientras la temperatura corporal sea mayor que la temperatura del aire o del agua que nos rodea, nuestro organismo puede perder calor por medio del mecanismo de la convección, siempre y cuando existan corrientes de agua o de aire que continuamente estén remplazando el aire o el agua que entran en contacto directo con nuestra superficie corporal.

Por ejemplo: al introducirnos en una pileta donde el agua se encuentra a temperaturas muy bajas, si nos quedamos inmóviles durante cierto tiempo, desaparece un poco la sensación de frío. Ha sucedido que nuestro cuerpo se ha calentado mediante el uso del mecanismo de la convección, esto es, la capa de agua que está en contacto directo con nuestra superficie corporal. En el momento de cambiar de posición, se vuelve a sentir el agua fría, por cuanto la capa de agua que calentamos con anterioridad ha sido remplazada por una nueva capa que debemos calentar utilizando el mecanismo de la convección.

4. Pérdida de calor por evaporación

El agua que se evapora de las vías respiratorias y la superficie de la piel transfiere calor al ambiente de manera continua.

Cada litro de agua que se evapora extrae aproximadamente 580 kilocalorías del organismo y estas son transferidas al ambiente.

Hay tres factores que influyen sobre la cantidad total de sudor que se evapora a partir de la piel y las superficies pulmonares:

- la superficie expuesta al ambiente;
- la temperatura y humedad relativa del aire ambiental;
- las corrientes de convección de aire en torno al organismo.

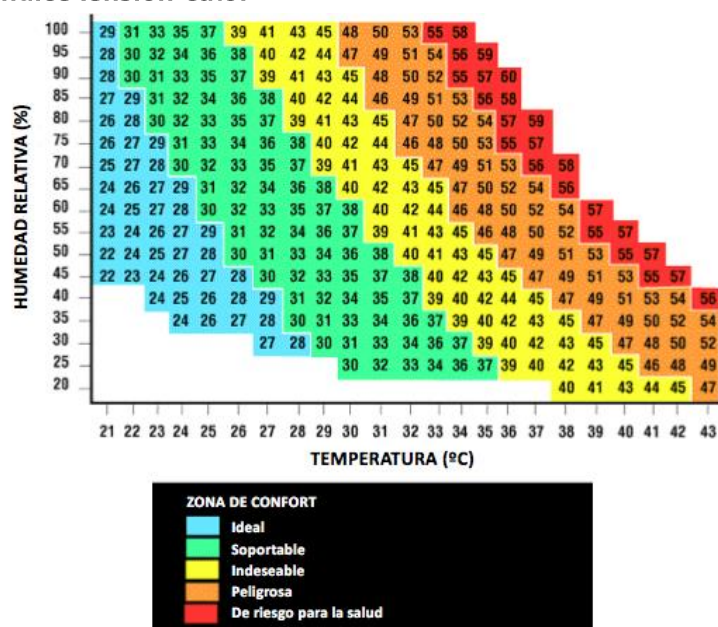
En lugares donde la temperatura ambiental es muy elevada, la conducción, la convección y la radiación pierden eficiencia para facilitar la pérdida de calor del organismo. Cuando la temperatura ambiental excede la corporal, el cuerpo gana calor por medio de estos tres mecanismos de transferencia térmica. En ambientes de este tipo, o cuando la conducción, la convección y la radiación no pueden disipar una carga calórica metabólica grande, la evaporación del sudor, a partir de la piel y de las vías respiratorias, constituye el único medio para la disipación del calor. Por lo general, los incrementos en la temperatura

ambiental inducen aumentos proporcionales en la tasa de sudoración.

En cuanto a la humedad relativa alta, se la considera como el factor más importante para determinar la eficiencia de la pérdida de calor por evaporación. Esta alude a la proporción de agua que tiene el aire ambiental a una temperatura específica, en comparación con la cantidad total de humedad que el aire podría contener y se expresa como un porcentaje. Por ejemplo, una humedad relativa de 40 % implica que el aire ambiental solo está utilizando el 40 % de su capacidad para portar humedad en el aire a esa temperatura específica. Cuando existe una gran humedad, la presión ambiental del vapor se aproxima a la de la piel húmeda, cercana a 40 mm Hg. En este caso, la evaporación disminuye en gran medida -incluso si se forman grandes cantidades de gotas de sudor en la piel- y, finalmente, resbalan. Esta forma de sudoración representa una pérdida inútil de agua que puede generar deshidratación y sobrecalentamiento, ya que se dificulta.

En la figura 6 podemos valorar las características de calor del ambiente y las recomendaciones que de ello derivan en cuanto a la actividad física y la temperatura ambiental, el calor radiante y la humedad relativa.

Figura 6: Índice tensión-calor



Fuente: adaptado de <http://www.ec.gc.ca>

1.2.4 Factores que modifican la tolerancia al calor

Comprendiendo que el calor es quien genera mayores desajustes cuando se está ejercitando, detallaremos los factores que interactúan con la tolerancia del sujeto en relación con los ajustes fisiológicos que

se puedan realizar por el organismo.

1. Aclimatación

Hablamos de aclimatación al calor cuando se produce un conjunto de cambios fisiológicos adaptativos para mejorar la tolerancia a este.

Durante el ejercicio, mejora el flujo sanguíneo cutáneo para facilitar la transferencia de calor desde el centro hasta la periferia. Esto, junto con una distribución más efectiva del gasto cardíaco, también ayuda a estabilizar la presión arterial durante la actividad. Esta aclimatación de la circulación es complementada por una disminución en el umbral de inicio de la sudoración. En consecuencia, el enfriamiento comienza antes de que la temperatura central experimente un incremento apreciable. La capacidad de sudoración, el factor más relevante para la aclimatación al calor, aumenta en forma temprana y casi se duplica después de 10 días de la exposición al calor. El sudor también se hace más diluido (menor pérdida de sal) y se distribuye de manera más generalizada sobre la superficie de la piel, lo que no parece ocurrir durante el entrenamiento para el ejercicio sin aclimatación (Hamouti, Del Coso, Ortega y Mora-Rodríguez, 2011).

La mayor aclimatación ocurre en la primera semana de exposición al calor y es completa después de los 10 días. El proceso solo requiere entre 2 y 4 horas de exposición diaria al calor. Los principales beneficios de la aclimatación se disipan en el transcurso de dos a tres semanas, después de regresar a un clima más templado.

2. Edad

Existen debates acerca de los efectos del avance de la edad sobre la tolerancia y la aclimatación al calor. Los últimos estudios demuestran que existen varios factores relacionados con la edad que afectan las dinámicas termorreguladoras, a pesar de que la capacidad para regular la temperatura central durante una tensión por calor sea equivalente entre adultos jóvenes y personas mayores. El envejecimiento retrasa el inicio de la sudoración y limita la magnitud de la respuesta de sudoración.

A su vez, los adultos mayores no se recuperan de la deshidratación con tanta facilidad como los jóvenes, debido a la existencia de un reflejo de sed reducido. Esto coloca a los ancianos en un estado crónico de deshidratación, con un volumen plasmático inferior al óptimo, lo que podría comprometer las dinámicas de la termorregulación del grupo de personas mayores.

3. Sexo

Tanto las mujeres como los hombres toleran la temperatura de igual manera ante un grado de aclimatación que fuere comparable. En estas circunstancias, ambos géneros se aclimatan al mismo grado.

Lo que debemos contemplar en estos casos es que la mujer típica tiene una superficie externa mayor por unidad de masa corporal expuesta al ambiente, razón por la cual favorece a la disipación del calor. Esto refiere a una ventaja geométrica.

En cuanto a las mujeres, también se debe considerar la fase del ciclo menstrual, la cual influye sobre el control vascular cutáneo que modifica la respuesta al flujo sanguíneo y la respuesta de sudoración. Las últimas evidencias sugieren que, en condiciones de alta temperatura y humedad, el desempeño para el ejercicio disminuye durante la fase lútea, quizás como consecuencia de la mayor sensibilidad térmica mediante la iniciación de la actividad (Janse de Jonge, 2003).

4. Nivel de entrenamiento

Una persona entrenada almacena menos calor tempranamente durante el ejercicio y arriba a un estado estable térmico más rápido y a una menor temperatura interior que una persona desentrenada.

El entrenamiento incrementa la sensibilidad y la capacidad de la respuesta de sudoración, de tal forma que esta se desencadena con una temperatura central más baja, lo que permite producir volúmenes elevados de sudor más diluido conservando diversos minerales (Chinevere et al., 2008).

5. Grasa corporal

Un exceso de grasa corporal representa una desventaja al ejercitarse durante altas temperaturas.

El calor específico de la grasa excede al del tejido muscular e incrementa la capacidad de aislamiento de la superficie corporal, lo cual retrasa la conducción del calor hacia la periferia. La persona obesa y de mayor tamaño también presenta un índice menor de área de superficie corporal respecto de la masa corporal para la evaporación efectiva del sudor, lo cual dificulta más la tarea.

Referencias

American College of Sports Medicine. (2007). Position Statement: Exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 377-90.

Chinevere, T. D. and cols. (2008). Effect of heat acclimation on sweat minerals. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(5), 86-91.

Food Standard Agency. (2002). McCance; Widdowson's The Composition of Foods (6.ta ed.). Cambridge; The Royal Society of Chemistry.

IOM (Institute of Medicine of the National Academies). (2004). Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate. 4: 73-185. National Academies Press, Washington, DC.

Janse de Jonge, X. A. (2003). Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 833-51.

Hamouti, N., Del Coso, J., Ortega, J. F., y Mora-Rodríguez, R. (2011). Sweat sodium concentration during exercise in the heat in aerobically trained and untrained humans. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2873-2881.

Sawka, M. N., Wenger, C. B., y Pandolf, K. B. (1996). Thermoregulatory responses to acute exercise-heat stress and heat acclimation. En C. M. Blatteis y M. J. Fregly, *Handbook of Physiology, Section 4: Environmental Physiology*, pp. 157-186. New York: Oxford University Press for the American Physiological Society.

Sawka, M. N., y Young, A. J. (2005). Physiological Systems and Their Responses to Conditions of Heat and Cold. En C. M. Tipton, M. N. Sawka, C. A. Tate y R. L. Terjung, *ACSM's Advanced Exercise Physiology*, pp. 535-563. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins.

Toner, M. M., y McArdle, W. D. (1996). *Human Thermoregulatory Responses to Acute Cold Stress with Special Reference to Water Immersion. Handbook of Physiology. Environmental Physiology, Vol. 1.* New York: Oxford University Press.