



COLEGIO HISPANO AMERICANO

Padres Escolapios

Depto. De Ciencias

Comprensión de la Naturaleza

Prof. Erika Acuña P y Ma. José Espinoza A.

Nivel: 4º medio

Guía 2: Termorregulación

La termorregulación es la capacidad del cuerpo para regular su temperatura. Los animales homeotermos tienen capacidad para regular su propia temperatura.

La temperatura normal del cuerpo de una persona varía dependiendo de su sexo, su actividad reciente, el consumo de alimentos y líquidos, la hora del día y, en las mujeres, de la fase del ciclo menstrual en la que se encuentren. La temperatura corporal normal, de acuerdo con la Asociación Médica Americana (American Medical Association), puede oscilar entre 36,5 y 37,2 °C.

La temperatura con que la sangre llega al hipotálamo será el principal determinante de la respuesta corporal a los cambios climáticos. Ya que el hipotálamo es el centro integrador que funciona como termostato y mantiene el equilibrio entre la producción y la pérdida de calor. Si la temperatura disminuye, aumenta la termogénesis y los mecanismos conservadores del calor:

El mantenimiento de la temperatura corporal, además depende del calor producido por la actividad metabólica y el perdido por los mecanismos corporales, así como de las condiciones ambientales.

La termogénesis, o generación de la temperatura se realiza por dos vías:

- Rápida: termogénesis física, producida en gran parte por el temblor y el descenso del flujo sanguíneo periférico
- Lenta: termogénesis química, de origen hormonal y movilización de sustratos procedentes del metabolismo celular.

El cuerpo humano tiene una temperatura interna de 37°C, mientras que la temperatura cutánea es de 33.5°C. El calor ganado y perdido por el cuerpo depende de múltiples factores.

Mecanismos de pérdida de calor

El animal siempre está perdiendo calor, ya sea ambientales o por procesos biológicos, éstos pueden ser externos o internos. Una vez producido el calor es transferido y repartido a los distintos órganos y sistemas.

Mecanismos externos

- **Convección:** Así se pierde el 12% del calor. Ocurre en todo fluido, hace que el aire caliente ascienda y sea reemplazado por aire más frío. La ropa disminuye la pérdida. Si existe una corriente de aire (viento o ventilador mecánico) se produce una convección forzada y la transferencia es mayor. Si no hay aire más fresco para hacer el reemplazo el proceso se detiene. Esto sucede, por ejemplo, en una habitación pequeña con muchas personas.
- **Radiación:** Como todo cuerpo con temperatura mayor que 26,5 °C, los seres vivos también irradian calor al ambiente por medio de ondas electromagnéticas. Es el proceso en que más se pierde calor: el 60%. La radiación es la propagación de energía a través del espacio vacío, sin requerir presencia de materia. Así es como el Sol, que está mucho más caliente que los planetas y el espacio de alrededor, nos transmite su energía y nos transmite su calor a si nosotros logramos estar en una temperatura normal.
- **Conducción:** En este proceso se pierde el 3% del calor, si el medio circundante es aire a temperatura normal. Es la transferencia de calor por contacto con el aire, la ropa, el agua, u otros objetos (una silla, por ejemplo). Si la temperatura del medio circundante es inferior a la del cuerpo, la transferencia ocurre del cuerpo al ambiente (pérdida), si no, la transferencia se invierte (ganancia). Si el medio circundante es agua, la transferencia aumenta considerablemente porque el coeficiente de transmisión térmica del agua es mayor que el del aire. Es el flujo de calor por gradiente y el fundamento físico es la transferencia de energía calorífica entre moléculas.
- **Evaporación:** Pérdida del 22% del calor corporal, mediante el sudor, debido a que el agua tiene un elevado calor específico, y para evaporarse necesita absorber calor, y lo toma del cuerpo, el cual se enfría. Una corriente de aire que reemplace el aire húmedo por el aire seco, aumenta la evaporación. La evaporación de agua en el organismo se produce por los siguientes mecanismos:
 - **Evaporación insensible o perspiración:** se realiza en todo momento y a través de los poros de la piel, siempre que la humedad del aire sea inferior al 100%. También se pierde agua a través de las vías respiratorias.
 - **Evaporación superficial:** formación del sudor por parte de las glándulas sudoríparas, que están distribuidas por todo el cuerpo, pero especialmente en la frente, palmas de manos, pies, zona axilar y púlica.

Cuando la temperatura ambiental excede a la corporal, el calor se gana por el metabolismo, radiación, convección y conducción y solo se pierde por la evaporación asociada al sudor. El grado de humedad del aire influye en la pérdida de calor por sudoración, ya que cuanto mayor sea la humedad del medio ambiente menor cantidad de calor podrá eliminarse por este mecanismo.

La adaptación del organismo a temperaturas extremas es fundamental en los deportes en los que se requiere un trabajo continuo (carreras de fondo, ciclismo, carreras de esquí, natación de aguas abiertas). Es necesario un conocimiento detallado sobre la influencia que ejercen el calor y el frío en el organismo del deportista, sobretodo durante la ejecución de cargas de entrenamiento y de competición de gran magnitud, así como nociones acerca de los mecanismos y de las vías de suministro utilizables para conseguir una eficaz adaptación individual a temperaturas altas y bajas.

La aclimatación del organismo del deportista a los cambios de temperatura del medio ambiente está orientada, básicamente, a la disipación de calor cuando la temperatura es alta y a mantener el calor si la temperatura es baja. Del total de energía generada por el organismo de una persona, entre un 60 y un 80% se transforma en calor que va al medio, y el resto, entre 20 y 40%, se transforma en energía útil para el trabajo. Cuando la temperatura ambiente es menor que la de la piel, la conservación del balance térmico no supone ningún problema para el organismo de la persona, ya que la pérdida de calor se facilita por la suma de la convección y la radiación, siendo las pérdidas por conducción marginales.

En el ejercicio, la intensidad de trabajo determina una mayor producción de calor, y esta carga de calor es tan grande que este mecanismo, aunque es el primero en activarse, no alcanza para eliminar el calor circulante que la sangre lleva hasta la piel. En estas condiciones, el único medio del que dispone el cuerpo para liberarse del calor es la evaporación. Para ello, se activan las glándulas sudoríparas, que serán las encargadas de eliminar el calor por medio del sudor. Por lo tanto, la evaporación es la forma más eficaz que el organismo tiene para disipar el calor durante el ejercicio, y la posibilidad de realizar este trabajo de termorregulación con eficacia es crucial para el deportista.

Mecanismos internos (controlados por el organismo).

- Voluntarios: Sacarse ropa o desabrigarse (Corteza cerebral)
- Involuntarios:
 - **Sudoración:** Cuando el cuerpo se calienta de manera excesiva, se envía información al área preóptica, ubicada en el cerebro, por delante del hipotálamo. Éste desencadena la producción de sudor. El humano puede perder hasta 1,5 L de sudor por hora.
 - **Transpiración insensible:** Cada persona, en promedio, pierde 800 ml de agua diariamente. Ésta proviene de las células e impregna la ropa, que adquiere el olor característico.
 - **Vasodilatación:** Cuando la temperatura corporal aumenta, los vasos periféricos se dilatan y la sangre fluye en mayor cantidad cerca de la piel para enfriarse. Por eso, después de un ejercicio la piel se enrojece, ya que está más irrigada.

Mecanismos de ganancia de calor

Mecanismos externos

- **Radiación directa del sol:** La superficie del cuerpo absorbe una gran cantidad de calor como radiación infrarroja. Se ha calculado que el cuerpo humano obtiene un 92 %
- **Irradiación desde la atmósfera:** La atmósfera actúa como una pantalla amplificadora frente a las radiaciones provenientes del Sol, y hace incidir las radiaciones infrarrojas directamente sobre el cuerpo.

Mecanismos internos

- Voluntarios: Abrigarse (Corteza cerebral)
- Involuntarios:
 - **Vasoconstricción:** En el hipotálamo posterior existe el centro nervioso simpático encargado de enviar señales que causa una disminución del diámetro de los vasos sanguíneos cutáneos; ésta es la razón por la cual la gente palidece con el frío.
 - **Piloerección:** La estimulación del sistema nervioso simpático provoca la contracción de los músculos erectores, ubicados en la base de los folículos pilosos, lo que ocasiona que se levanten. Esto cierra los poros y evita la pérdida de calor. También crea una capa densa de aire pegada al cuerpo, evitando perder calor por convección; esto es un signo genético de nuestro pasado animal (a los animales de pelo largo les permite formar una capa gruesa de aire aislante reduciendo la transferencia de calor al entorno).
 - **Termogénesis química:** El hipotálamo aumenta la producción de la hormona TRH, esta estimula la producción en la hipófisis de TSH, la cual a su vez incrementa la secreción de hormonas en la glándula tiroidea, y finalmente estas estimulan la producción de calor en todas las células del organismo. Este incremento no es inmediato, ya que necesita de varias semanas para que la glándula tiroidea se hipertrofie y alcance un nuevo nivel de secreción de tiroxina. Además, esta respuesta no está muy desarrollada en humanos pero sí es importante en otras especies animales.
Otro mecanismo presente en nuestro organismo, es la estimulación del Sistema nervioso simpático, ya que este incrementa la producción de adrenalina y noradrenalina, ocasionando un aumento de metabolismo celular y, por ende, del calor producido.
 - **Espasmos musculares o tiritones:** La musculatura esquelética se escapa del control voluntario y queda sometido al hipotálamo. El frío produce contracciones musculares involuntarias, que aumentan el tono muscular o contracción basal que tienen los músculos, y si es más intenso produce un temblor perceptible. Estas contracciones consumen energía que se transforma en calor. (Hay evidencias experimentales de que al enfriar la médula espinal se producen escalofríos.)

Nuestro organismo produce calor en las estructuras más profundas (músculos y vísceras), que están aisladas del ambiente por la grasa subcutánea y la piel. Aplica tus conocimientos a dos nuevos conceptos: **Termogénesis y Termólisis.**

- **Termogénesis:** nuestra fuente permanente de calor es la actividad metabólica basal, al favorecer el temblor, la excitación simpática de producción de calor y la secreción de hormonas tiroideas. Durante los escalofríos la producción de calor puede aumentar 4 ó 5 veces por estimulación del hipotálamo posterior, en el área llamada "centro motor primario del temblor". Las señales que provocan el temblor van por la médula espinal y a través de las motoneuronas anteriores llegan al músculo esquelético aumentando su tono.
- **Termogénesis química:** este mecanismo biológico es muy simple, la noradrenalina y la adrenalina circulantes en sangre provocan un aumento del metabolismo celular, pero también el enfriamiento (acción sobre el área preóptica hipotalámica anterior) aumenta la producción de la hormona liberadora de TSH (hormona estimulante del tiroides). Esta, a su vez, estimula la producción de hormonas tiroideas, lo que aumenta el metabolismo celular de todo el cuerpo.
- **Termogénesis física:** la estimulación de los centros simpáticos del hipotálamo posterior causan vasoconstricción cutánea. La vasoconstricción periférica favorece la conservación de la temperatura de la sangre circulante, al desplazarla a los tejidos más profundos.
- **Termólisis:** para controlar la temperatura, nuestro organismo utiliza mecanismos físicos de disipación cuando el calor del cuerpo se eleva demasiado. Estos mecanismos pueden tener control fisiológico o no, tales como la orina, las heces, el aire expirado y la ingesta de alimentos fríos podemos reducir la temperatura, pero nuestro metabolismo apenas intervendrá. Por el contrario, cuando nuestros centros de control activan nuestra fisiología, se produce vasodilatación: los vasos sanguíneos de la piel se dilatan intensamente. Una vasodilatación plena puede aumentar la transferencia de energía hacia la piel hasta 8 veces.
- **Termólisis intensa:** cuando la temperatura central del cuerpo aumenta por encima del nivel crítico, se produce un incremento de la pérdida de calor mediante evaporación (sudoración). Un aumento adicional de 1°C de la temperatura corporal provoca suficiente sudoración para eliminar 10 veces la producción basal de calor del cuerpo. Muchos animales inferiores tienen escasa capacidad de perder calor por su superficie corporal debido a que su superficie presenta un pelaje importante y porque la mayoría no presentan glándulas sudoríparas, lo que evita la mayor parte de la pérdida mediante la evaporación del calor en la piel, por lo tanto utilizan un mecanismo sustitutivo, el mecanismo del jadeo regulado por la protuberancia anular, que produce un aumento de la frecuencia respiratoria con una respiración muy superficial que colabora con la rápida evaporación del agua de las superficies mucosas, especialmente la saliva en la lengua.

El hipotálamo tiene un doble sistema de regulación de la temperatura. La porción anterior, compuesta por centros parasimpáticos, es la encargada de disipar el calor y la porción posterior con centros simpáticos, conserva y mantiene la temperatura corporal. Son las células de la región posterior (conservadora de calor) las que predeterminan la temperatura de 37°C.

El mantenimiento de la temperatura y las reacciones necesarias para conservarla se realiza a través de impulsos que llegan de la periferia por medio de receptores térmicos. Cuando los receptores se excitan por señales de frío procedentes de la piel y de la médula espinal, este centro se activa, iniciando ciertos mecanismos para conservar calor.

- *Región preóptica* del hipotálamo anterior: centro que regula el exceso de calor
- *Hipotálamo posterior*: centro de mantenimiento del calor que regula el exceso de frío y la pérdida de calor.

La norma para los centros es una temperatura de $36,8 + 0,4$ °C. Si la temperatura disminuye con respecto a la norma, aumenta la termogénesis, si la temperatura aumenta con respecto a la norma, se activa la termólisis. Cuando la temperatura cutánea es de 29°C, prácticamente no hay sudoración.

El funcionamiento fisiológico de los receptores cutáneos está entre 33° y 25°C.

Existen también algunos neurotransmisores que actúan a nivel de los centros. Así, por ejemplo, la serotonina estimula al centro de la termogénesis, y las catecolaminas estimulan al centro de la termólisis.

Alteración de la Regulación Térmica

Fiebre:

“Estado de elevación de la temperatura central, la cual a menudo, pero no necesariamente, hace parte de la respuesta de un organismo pluricelular, a la invasión de organismos vivos, o materia inanimada, reconocidas como patogénicas o extrañas por el huésped”. A esta definición se debe agregar: dicho aumento en la temperatura central es debido a un aumento en el punto de ajuste hipotalámico en el cual las respuestas homeostáticas del individuo se encuentran intactas.

Hipertermia:

Aumento en la temperatura, en el cual el control estrecho ejercido por el hipotálamo se encuentra abolido, es decir, que a diferencia de la fiebre es un estado en el que la homeostasis se encuentra deteriorada.

Causas de la Fiebre:

1. **Golpes de calor:** El límite de calor que puede aumentar el humano, está relacionado con la humedad ambiental. Así, si el ambiente es seco y con viento, se pueden generar corrientes de convección, que enfrían el cuerpo. Por el contrario, si la humedad ambiental es alta, no se producen corrientes de convección y la sudoración disminuye, el cuerpo comienza a absorber calor y se genera un estado de hipertermia. Esta situación se agudiza más aún si el cuerpo está sumergido en agua caliente. En el humano se produce una aclimatación a las temperaturas altas, así nuestra temperatura corporal puede llegar a igualar la del ambiente sin peligro de muerte. Los cambios físicos que conducen a esta aclimatación son: el aumento de la sudoración, el incremento del volumen plasmático y la disminución de la pérdida de sal a través del sudor.
2. **Enfermedades infecciosas:** Es el caso de las bacterias que generan toxinas que afectan al hipotálamo, aumentando el termo estado. Esto afecta a los mecanismos de ganancia de calor, los cuales se activan. Los compuestos químicos que generan aumento de temperatura son los pirógenos (incluyen virus, productos bacterianos, endotoxinas, complejos inmunes),
3. **Lesiones cerebrales:** Al practicar cirugías cerebrales se puede causar daño involuntariamente en el hipotálamo, el cual controla la temperatura corporal. Esta alteración ocurre también por tumores que crecen en el cerebro, específicamente en el hipotálamo, de manera que el termostato corporal se daña, desencadenando estados febriles graves. Cualquier lesión a esta importante estructura puede alterar el control de la temperatura corporal ocasionando fiebre permanente.

Algunos datos cotidianos.....

¿Por qué las bebidas alcohólicas producen sensación de calor?

La sensación subjetiva de frío o calor depende de la estimulación de las terminaciones nerviosas sensibles a la temperatura que hay en la piel. Esas terminaciones miden la temperatura de la piel, por lo tanto la sensación de frío o calor depende de que la piel esté caliente o fría, y no de la temperatura del ambiente. El alcohol produce dilatación de las arterias cutáneas, con lo que llega más sangre a la piel y esta se calienta, estimulando las terminaciones nerviosas sensibles al calor. Sin embargo, esto no produce “calor” en el organismo, todo lo contrario, la dilatación de las arterias cutáneas acelera la pérdida de calor. Por eso no es buena idea tomar un trago para “calentarse” en un día frío. Un alcohólico puede morir de hipotermia en un día frío sin ni siquiera darse cuenta de lo que sucede

¿Por qué huele el sudor?

En realidad, el sudor no huele. El sudor que producen la mayoría de las glándulas sudoríparas es agua con una pequeña cantidad de sales, y no huele en absoluto. El olor corporal procede, principalmente, de unas glándulas sudoríparas especiales que se encuentran en las axilas y región pubiana. Estas glándulas producen una secreción que contiene ácidos grasos y proteínas, que son fermentados por las bacterias en la superficie de la piel y eso es lo que causa el olor. Estas glándulas no intervienen en la regulación de la temperatura, comienzan a funcionar en la adolescencia por estímulo hormonal, y probablemente representaban una señal sexual.

Entonces ¿Por qué se produce el olor de los pies? Las glándulas sudoríparas en los pies son como las del resto de la piel, y producen un sudor inoloro. El olor de los pies se debe a que están encerrados en los zapatos y eso facilita que se acumulen restos y detritus. Si mantuviéramos cualquier otra parte del cuerpo constantemente encerrada, probablemente olería igual.

La Hibernación

Puesto que durante el invierno es más difícil encontrar comida, muchos animales pasan esa estación en un estado de suspensión, llamada hibernación, para ahorrar energía. Una de las especies que hibernan más profundamente es la marmota. Durante la hibernación la temperatura corporal de la marmota puede bajar hasta menos de 10°C. Como la actividad celular depende de la temperatura, todas sus funciones biológicas se entretienen hasta casi detenerse. La frecuencia cardíaca desciende a 2 ó 3 latidos por minuto (lo normal en esta especie es 130 latidos por minuto), y respira una vez cada cinco minutos. El consumo de energía se reduce proporcionalmente, de manera que la marmota puede pasar seis meses en ese estado sin comer, gastando solo las reservas de grasa que ha acumulado durante el verano. Otros animales, como los osos, también pasan el invierno en un estado de inactividad, pero en los osos no disminuye la temperatura corporal, así este letargo de los osos no es hibernación propiamente dicha. Los mecanismos de la hibernación no se conocen bien, pero como cabría esperar el hipotálamo es importante para la hibernación. Los animales con lesiones en el hipotálamo pierden la capacidad de hibernar. Durante la hibernación aparece en la sangre una sustancia llamada HIT (Hibernation Inducement Trigger). Cabe suponer que esa sustancia se produce cuando llega el invierno, y actúa sobre el hipotálamo para que desencadene los cambios fisiológicos de la hibernación.

Aunque los humanos no hibernan, se puede disminuir artificialmente la temperatura corporal hasta 21-24°C, y luego recuperarla hasta 37°C de nuevo. Esto se ha aplicado durante algunas operaciones de cirugía muy prolongadas para minimizar el daño a los tejidos.