**SEMINARIO 9: CONTROL DE LA TEMPERATURA**

La temperatura de los tejidos profundos del organismo, o temperatura “central”, permanece muy constante, con un margen de +/- 0’6ºC, salvo cuando sobreviene una enfermedad febril. Cuando un receptor para el frío se ve sometido de repente a una caída brusca de temperatura, al principio recibe una estimulación intensa, pero esta situación se desvanece con rapidez, el receptor **se adapta** en gran medida, aunque nunca en un 100%.

La temperatura de la piel, a diferencia de la central, aumenta y desciende con la temperatura del entorno, desprendiendo calor al entorno.

La temperatura corporal aumenta con el ejercicio y varía con los extremos de temperatura ambiental.

**LA TEMPERATURA CORPORAL SE REGULA POR EL EQUILIBRIO ENTRE LA PRODUCCIÓN Y LA PÉRDIDA DE CALOR**

Si la tasa de producción calorífica del organismo excede la de la perdida , se acumula el calor dentro del cuerpo y aumenta la temperatura corporal. En cambio, si la perdida es mayor, descienden el calor y la temperatura corporal.

# Producción de calor

Los factores que determinan la tasa de producción de calor, denominada tasa metabólica del organismo, son:

1. tasa metabólica basal de todas las células corporales
2. tasa extra del metabolismo generada por la actividad muscular.
3. metabolismo añadido generado por efecto de la tirosina sobre las células
4. metabolismo extra ocasionado por el efecto de la adrenalina, la noradrenalina y la estimulación simpática sobre las células.
5. metabolismo adicional causado por la mayor actividad química de las propias células
6. metabolismo adicional necesario para la digestión, absorción y almacenamiento de los alimentos.

# Pérdida de calor

La velocidad a la que desaparece el calor depende casi en exclusiva de dos factores:

1. la rapidez con la que se transporta el calor desde el lugar de producción dentro del organismo hacia la piel
2. la rapidez con la que la piel cede el calor al entorno.

## Sistema aislante del organismo

La piel, los tejidos subcutáneos, y en particular, la grasa de los tejidos subcutáneos actúan de manera concertada como aislante térmico del organismo.

## El flujo sanguíneo desde el centro del organismo hacia la piel transfiere el calor

La piel está vascularizada de una manera generosa en su capa inferior, especial mención merece el plexo venoso continuo. Si el flujo cutáneo aumenta, el calor se conduce con enorme eficiencia desde el centro del cuerpo hasta la piel, mientras que cuando la tasa de perfusión de la piel se reduce, la conducción de calor es minima.

La conductancia del calor se multiplica casi por 8 entre el estado de vasoconstricción plena y el de vasodilatación total.

El sistema nervioso simpático controla la conducción de calor hacia la piel. El grado de vasoconstricción de las arteriolas y de las anastomosis arteriovenosas que nutren de sangre el plexo venoso de la piel regula la conducción de calor hacia la piel a través de la sangre. Esta vasoconstricción depende casi por completo, a su vez, del sistema nervioso simpático.

## Aspectos físicos elementales acerca de la pérdida de calor desde la superficie cutánea

### Radiación

Una persona desnuda, sentada en una habitación con temperatura ambiente normal pierde cerca de un 60% de todo el calor por radiación, lo que significa la emisión de radiaciones infrarrojas.

### Conducción

Normalmente se pierden cantidades minúsculas de calor, en torno al 3%, mediante conducción directa desde la superficie corporal hacia objetos sólidos. Sin embargo, la perdida de calor por conducción aérea supone un porcentaje considerable del total (aprox. 15%), incluso en condiciones normales.

### Convección

La perdida de calor corporal por las corrientes de convección del aire suele denominarse perdida de calor por convección. En realidad, primero el calor debe conducirse al aire y después alejarse de las corrientes de aire de convección.

### Efecto refrigerador del viento

Si una persona se expone al viento, la capa de aire en contacto inmediato con la piel se sustituye por otra nueva con mucha más rapidez de lo habitual y, en consecuencia, se acelera la perdida de calor por convección.

### Conducción y convección del calor por una persona suspendida en el agua

El agua posee un calor especifico varios miles de veces mayor que el aire, por lo que cada porción unitaria de agua adyacente a la piel puede absorber mucho más calor que el aire.

### Evaporación

Cuando el agua se evapora de la superficie cutánea, por cada gramo evaporado desaparecen 0,58 calorías (Kcal) de calor.

La evaporación es un mecanismo de refrigeración necesario para temperaturas atmosféricas muy altas. Mientras la temperatura de la piel exceda a la del ambiente, se pierde calor por radiación y conducción. Pero si la temperatura del ambiente es mayor que la de la piel, en lugar de que el calor desaparezca, el cuerpo lo recibe por radiación y conducción.

### Efecto de la indumentaria en la perdida de calor por conducción

La ropa atrapa el aire cercano a la piel dentro del tejido y aumenta el espesor de la denominada zona privada de aire próximo a la piel, aparte de reducir el flujo de las corrientes de convección del aire. Por eso, la tasa de pérdida de calor del organismo por conducción y por convección disminuye mucho. La indumentaria habitual reduce la tasa de pérdida de calor hasta aproximadamente la mitad del cuerpo desnudo.

## La sudoración y su regulación por el sistema nervioso autónomo

La estimulación de la zona preoptica del hipotálamo anterior, por la electricidad o por el exceso de calor, provoca sudoración. Los impulsos nerviosos que inducen sudoración desde esta zona son transmitidos por el sistema nervioso autónomo a la médula espinal y luego por la vía simpática hasta la piel.

### Mecanismo de la secreción del sudor

Como sucede con muchas otras glándulas, la parte secretora de la glándula sudorípara segrega un liquido denominado secreción primaria o precursora, ésta es un producto secretor activo de las células epiteliales que revisten la porción arrollada de la glándula sudorípara. La terminación de las fibras nerviosas simpaticas colinérgicas en o cerca de las células glandulares inducen la secreción.

Si la glándula sudorípara solo se estimula de forma discreta, el liquido precursor pasa lentamente por el conducto. En este caso casi todos los iones sodio y cloruro se reabsorben y su concentracion desciende hasta 5meq/l. De este modo, la presión osmótica del liquido sudoríparo se reduce en tal medida que casi toda el agua también se reabsorbe y se concentra la mayoría de los demás elementos. En consecuencia si la sudoración es lenta, algunos compontentes como la urea, el acido láctico y los iones potásicos suelen concentrarse mucho.

En cambio, si el sistema nervioso simpático estimula las glándulas sudoríparas con fuerza, se forman grandes cantidades de secreción precursora y el conducto solo logra reabsorber algo más de la mitad del cloruro sódico; las concentraciones de los iones sodio y cloruro alcanzan un máximo cercano a 50/60mEq/l, algo menos de la mitad de sus concentraciones plasmáticas. Además, el flujo de sudor por los túbulos glandulares es tan rápido que apenas se reabsorbe el agua.

Mecanismo de la aclimatación al calor e importancia de la aldosterona.

**REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA CORPORAL: IMPORTANCIA DEL HIPOTÁLAMO**

1. **Introducción**

En general, un cuerpo desnudo mantenido en una atmósfera seca entre 12°C y 55°C puede mantener una temperatura central normal de 36°C a 37,5°C.

La temperatura del cuerpo está regulada casi exclusivamente por mecanismos nerviosos de retroalimentación que operan, en su mayoría, a través de centros termoreguladores situados en el hipotálamo, para lo que se necesitan detectores de temperatura que indiquen el momento en que ésta aumenta o disminuye en exceso.

**Importancia de las regiones hipotalámica anterior y preóptica en la detección termostática de la temperatura.**

Los núcleos preópticos y anteriores del hipotálamo pueden actuar como centro termostático regulador de la temperatura corporal debido a que presentan neuronas que actúan como sensores térmicos que controlan la temperatura corporal.

**Detección de la temperatura por los receptores de la piel y de los tejidos corporales profundos.**

Los receptores de otras partes del cuerpo, como son los receptores térmicos de la piel y de algunos tejidos profundos del organismo, ejercen una función termorreguladora complementaria.

En la piel existen muchos más receptores para el frío que para el calor. Por eso, la detección periférica de la temperatura se ocupa, sobre todo, de detectar temperaturas frías o muy frías en lugar de calientes. Cuando se enfría la piel de todo el organismo se desencadenan efectos reflejos que aumentan la temperatura corporal por diversas vías:

1. Estimulan con intensidad el escalofrío, con lo que aumenta la tasa de calor del organismo.
2. Inhiben la sudoración, si es que ésta ya se había manifestado.
3. Inducen una vasoconstricción de la piel para reducir la pérdida de calor orgánico a través de la misma.

Los receptores profundos de la temperatura corporal se encuentran sobre todo en la médula espinal, en las vísceras abdominales y en o alrededor de las grandes venas de la parte superior del abdomen y del tórax, y están expuestos a la temperatura central más que a la temperatura superficial, aunque detectan sobretodo el frío más que el calor.

Los receptores cutáneos y profundos se ocupan de evitar la hipotermia.

**El hipotálamo posterior integra las señales termosensibles centrales y periféricas.**

La zona del hipotálamo estimulada es la región hipotalámica posterior, a ambos lados, aproximadamente a la altura de los cuerpos mamilares. En esta región las señales de la región preóptica y de otras partes del organismo se combinan e integran para regular las reacciones productoras y conservadoras del calor corporal.

1. **Mecanismos neuronales efectores que reducen o aumentan la temperatura corporal:**
2. Mecanismos para reducir la temperatura cuando el cuerpo alcanza un calor excesivo:
3. Vasodilatación de la piel, debido a la inhibición de los centros simpáticos del hipotálamo posterior, que produce una vasoconstricción.
4. Sudoración.
5. Disminución de la producción de calor por inhibición de la tiritona y la termogenia química.
6. Mecanismos que aumentan la temperatura cuando el cuerpo se enfría demasiado:
7. Vasoconstricción de toda la piel por los centros simpáticos situados en la porción posterior del hipotálamo.
8. Piloerección, por la estimulación simpática que determina una contracción de los músculos erectores del pelo, adheridos a los folículos pilosos.
9. Aumento de la termogenia, con la tiritona, la estimulación simpática de la producción de calor y la secreción de tiroxina (Explicar mecanismos ?).

**3. El concepto de punto de ajuste para el control de la temperatura.**

Todos los mecanismos termorreguladores tratan, en todo momento, de llevar la temperatura corporal al punto de ajuste cuyo valor es de 37,1°C.

Por encima de esta temperatura la velocidad de pérdida de calor excede la de producción disminuyendo la temperatura corporal y aproximándose de nuevo a 37,1°C.

Para valores inferiores, la velocidad de producción supera a la de pérdida, por lo que la temperatura corporal se eleva y vuelve de nuevo a 37,1°C.

**La temperatura cutánea puede modificar ligeramente el punto de ajuste para el control de la temperatura central.**

El punto de ajuste crítico de la temperatura en el hipotálamo, a partir del cual se inicia la sudoración y por debajo del cual comienza la tiritona depende, sobre todo, del grado de actividad de los receptores para el calor de la región hipotalámica anterior y preóptica.

Las señales de temperatura de las regiones periféricas, en particular de la piel y de algunos tejidos profundos, contribuyen a regular la temperatura corporal.

El punto de ajuste, en el caso de la sudoración, aumenta conforme desciende la temperatura cutánea.

Si la piel se enfría, impulsa los centros hipotalámicos hasta el umbral de la tiritona incrementando la producción de calor, por lo que se anticipa al descenso de la temperatura corporal interna y lo evita.

**Control conductual de la temperatura corporal.**

Cuando la temperatura interna del cuerpo se eleva en exceso, las señales de las regiones encefálicas que regulan la temperatura otorgan a la persona una sensación psíquica de sobrecalentamiento.

Cuando el organismo se enfría mucho, las señales de la piel y de otros receptores profundos inducen una sensación molesta de frío. Así pues, la persona procede a la adaptación ambiental pertinente para restablecer la situación. Éste es un sistema de control que evita la desaparición del control corporal en los ambientes más fríos.

1. **Reflejos locales de la temperatura cutánea.**

Se producen reacciones que obedecen a efectos locales directos de la temperatura sobre los vasos sanguíneos y también a reflejos medulares locales canalizados desde los receptores de la piel hasta la médula espinal y de nuevo, desde ésta hasta la misma región de la piel y hasta las glándulas sudoríparas.

La intensidad de estos efectos locales está sometida al control de los centros encefálicos de la temperatura.

**La regulación de la temperatura corporal interna se altera después de la sección medular.**

Esto es debido a que el hipotálamo ya no regulará el flujo sanguíneo de la piel ni el grado de sudoración del cuerpo.

La temperatura corporal de estas personas se regula por el control conductual.

**ALTERACIONES DE LA REGULACIÓN TÉRMICA CORPORAL**

**Fiebre**

Fiebre: la temperatura corporal aumenta por encima del intervalo normal, alteraciones del propio encéfalo o a sustancias que inciden en los centros termorreguladores. Puede ser provocada por: enfermedades bacterianas, tumores cerebrales, condiciones ambientales que llegan a inducir un golpe de calor.

Reajuste del centro hipotalámico termorregulador en las enfermedades febriles: efecto de los pirógenos

Proteínas, productos de descomposición y sustancias (toxinas lipopolisacáridos), pueden incrementar el punto de ajuste del termostato hipotalámico. Estas sustancias se denominan pirógenos, y son las que provocan fiebre. Cuando se incrementa el punto de ajuste del centro hipotalámico termorregulador más allá del nivel normal, entran en juego los mecanismo de aumento de la temperatura corporal, incluida la conservación del calor y el aumento de su producción. Una vez que se ha elevado el punto de ajuste, la temperatura del cuerpo de aproxima a ese valor.

* Mecanismo de acción de los pirógenos inductores de fiebre: interleucina-1

Algunos pirógenos pueden incidir directamente sobre el centro hipotalámico regulador, si se inyectan dentro del hipotálamo, otros operan de forma indirecta, como por ejemplo las endotoxinas.

Cuando entra una bacteria en el organismo, los mecanismos que la fagocitan liberan interleucina-1, esta llega al hipotálamo desencadenando los mecanismos que originan la fiebre. La interleucina-1 provoca fiebre porque activa la síntesis de la prostaglandina E2, que actúa sobre el centro regulador del hipotálamo. Del mismo modo, cuando esta prostaglandina desaparece también desaparece la fiebre. La prostaglandina desaparece como consecuencia de la presencia de un fármaco que inhiba sus síntesis, este tipo de fármacos como el acido acetilsalicílico se denominan antipiréticos.

* Fiebre causada por lesiones encefálicas

Cuando se opera cerca del hipotálamo puede dar lugar a una fiebre intensa o a hipotermia. Esto demuestra el control hipotalámico sobre los centros reguladores de la temperatura y al facilidad con la que las alteraciones del hipotálamo afectan el ajuste térmico. Otro estado que puede modificar la temperatura es la compresión del hipotálamo por un tumor cerebral.

Características de los estados febriles

* Escalofríos

Cuando el punto de ajuste debido a una alteración en el hipotálamo se desajusta, la temperatura corporal tardara varias horas en alcanzar el nuevo punto de ajuste.

Llega un momento en el que la temperatura sanguínea es menor que la del punto de ajuste, se inician las respuestas para elevar la temperatura corporal. Así, la persona sufre escalofríos , aunque la temperatura de su cuerpo sea incluso mayor de la normal. La piel se torna fría por la vasconstricción. Esto continua hasta que la temperatura corporal se ajusta a las del punto de ajuste. Mientras continúe el factor que desencadena la fiebre esta se mantendrá y el organismo equilibrará la temperatura corporal.

* La crisis

Cuando se elimina el factor que desencadena la fiebre, el punto de ajuste del centro termorregulador pasa a un valor más bajo. Este cambio brusco de acontecimientos febriles se conoce como crisis.

**Golpe de calor**

El límite de la temperatura atmosférica que se puede soportar depende de la sequedad o humedad del aire.

Cuando la temperatura corporal se eleva por encima de un valor critico es muy fácil sufrir un golpe de calor. Los síntomas son mareos, molestias abdominales, confusión mental e incluso pérdida del conocimiento, pueden exagerarse con shock circulatorio por perdida de líquidos.

La hiperpirexia resulta dañina para los tejidos, sobre todo para el encéfalo. Se recomienda la aplicación rápida de agua fría, pero como puede ocasionar tiritona, se plantean la refrigeración del sujeto.

* Efectos nocivos de las temperaturas elevadas

Cuando se fallece por hiperpirexia, la autopsia revela hemorragias generales y degeneración celular pero sobre todo del encéfalo. El daño en hígado, riñones y otros órganos suele ser tan intenso que el paciente no se puede reponer.

* Aclimatación al calor

Conviene que las personas se aclimaten al calor extremo, destaca la duplicación de la velocidad de sudoración, el aumento del volumen plasmático y la disminución de la perdida de sal por el sudor y la orina, estos dos efectos obedecen a la hipersecreción de aldosterona.

**Exposición a fríos extremos**

Si no se trata a una persona expuesta agua helada esta fallecerá por parada cardiaca o fibrilación ventricular. Es necesario aplicar calor a la persona.

* Perdida de la regulación térmica con las temperaturas bajas

Una vez que la temperatura corporal ha disminuido desaparece la capacidad del hipotálamo para regular la temperatura del cuerpo, la capacidad de regulación del hipotálamo disminuye. La tasa de producción química de calor por cada célula, que se reduce a la mitad casi por cada descenso, se observa somnolencia que disminuye el control de la actividad térmica.

* Congelación

Si el cuerpo se expone a temperaturas frías, se puede congelar la superficie. La congelación puede ser tan intensa como para provocar la formación de cristales en la circulación, tras esto se produce gangrena y hay que extirpar las zonas de sabañón.

* Vasodilatación inducida por el frio: protección final frente al sabañón a temperaturas próximas a las de la congelación

Si la temperatura de los tejidos desciende hasta cerca de la de congelación, el musculo liso de la pared vascular se paraliza o curre una vasodilatación vascular, que se manifiesta en una rubefacción de la piel. Este mecanismo contribuye a evitar el sabañón porque aporta sangre caliente a la piel.

* Hipotermia artificial

La temperatura de una persona se puede disminuir aplicando primero un sedante para disminuir la reactividad del centro respiratorio y después proceder a la refrigeración. Este tipo de refrigeración se ha aplicado durante la cirugía cardiaca para detener artificialmente el corazón, pero se retrasan los latidos y se disminuye el metabolismo celular.

**SENSIBILIDAD TÉRMICA**

Receptores térmicos: Las gradaciones térmicas se distinguen como mínimo por tres tipos de receptores sensitivos:

1. Receptores para el frío
2. Receptores para el calor
3. Receptores para el dolor

Los receptores para el dolor se estimulan únicamente ante un grado extremo de calor o frío.

Los receptores para el frío y para el calor están situados inmediatamente por debajo de la piel en puntos sueltos separados entre sí. En la mayor parte de las regiones corporales existen de 3 a 10 veces más puntos para el frío que para el calor, y su número varía en las diversas zonas del cuerpo.

Aunque la existencia de terminaciones nerviosas particulares para el calor es bastante segura , no se han identificado desde el punto de vista histológico. Se supone que son terminaciones nerviosas libres, debido a que las señales de calor se transmiten sobre todo por fibras nerviosas de tipo C cuya velocidad es de sólo 0.4-2 m/s

Por el contrario se ha aislado un receptor seguro para el frío. Es una terminación nerviosa mielínica pequeña especial que se ramifica varias veces, cuyos extremos sobresalen hacia las caras inferiores de las células basales de la epidermis. Las señales se trasmiten desde estos receptores a través de fibras nerviosas de una velocidad de 20 m/s. Se cree que algunas sensaciones de frío también viajan por fibras nerviosas tipo C, lo que indica que ciertas terminaciones nerviosas libres podrían funcionar asimismo como receptores para el frío.

Tenemos cuatro tipos de fibras nerviosas: la fibra para el dolor estimulada por el frío, una fibra para el frío, una fibra para el calor y una fibra para el dolor estimulada por el calor.

En cuanto al **mecanismo de estimulación** de los receptores térmicos: Se cree que los receptores para el frío y para el calor se estimulan por los cambios producidos en sus índices metabólicos, y que estos cambios obedecen al hecho de que la temperatura modifica la velocidad de las reacciones químicas intracelulares más del doble con cada variación de 10 ºC. Dicho de otro modo, la detección de la temperatura probablemente no deriva de los efectos físicos directos que ejercen el calor o el frío sobre las terminaciones nerviosas, sino de su estimulación química al verse modificadas por la temperatura.

**Transmisión de señales térmicas** en el sistema nervioso: En general, las señales térmicas se transmiten por vías paralelas a las que siguen las señales dolorosas. Al entrar en la médula espinal, ascienden o descienden nos cuantos segmentos por el fascículo de Lissauer y después terminan sobre todo en las láminas I,II y III de las astas dorsales: las mismas que en el caso del dolor. Después de un cierto grado de procesamiento en una neurona medular o en más, las señales se incorporan a fibras térmicas ascendentes largas que cruzan hacia el fascículo sensitivo anterolateral opuesto y acaban en :

1. Formación reticular del tronco del encéfalo
2. Complejo ventrobasal del tálamo.

Unas pocas señales térmicas también llegan a la corteza sensitiva somática del cerebro desde el complejo ventrobasal. A veces, la neurona del área sensitiva somática cortical I es sensible directamente a los estímulos de frío o de calor en una zona específica de la piel. Sin embargo, en el ser humano, la eliminación de la cirvunvolución poscentral de la corteza en su integridad va a reducir la capacidad de distinguir gradaciones de temperatura, pero no abolirla.