



Termorregulación en Ambientes Extremos

Profesora Anita Rivera Brown, M.S.
Universidad de Puerto Rico
(SADCE)

Termorregulación en Ambientes Extremos

Profesora Anita Rivera Brown, M.S.

Universidad de Puerto Rico

Centro de Salud Deportiva y Ciencias del Ejercicio (SADCE)

I. El ambiente termal y los mecanismos de intercambio de calor.

El ambiente termal es el conjunto que forman la temperatura del aire, la velocidad del viento, la humedad relativa y la radiación solar. La temperatura interna está en un equilibrio dinámico de acuerdo a los factores que añaden y eliminan calor corporal. Los mecanismos de intercambio de calor son: la conducción, la convección, la radiación y la evaporación.

II. Respuestas fisiológicas durante el ejercicio en ambiente caluroso.

A. Temperatura corporal.

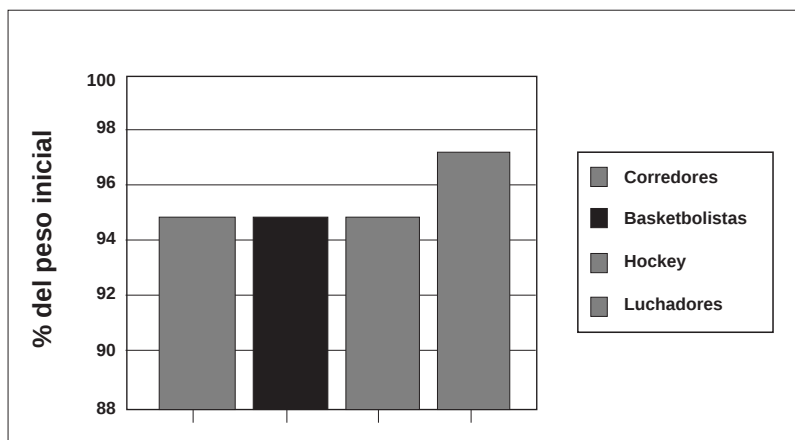
La temperatura interna del cuerpo se mantiene constante cerca de los 37°C en condiciones de descanso. La temperatura interna está en un equilibrio dinámico de acuerdo a los factores que añaden y eliminan calor corporal. El balance termal en los seres humanos se logra mediante la integración de los mecanismos que alteran la transferencia de calor desde el interior del cuerpo a la periferia, regulan la disminución de calor mediante la evaporación de sudor y varían la razón de producción de calor. Si la ganancia de calor es mayor que la pérdida de calor, como suele ocurrir durante el ejercicio vigoroso en un ambiente caluroso, la temperatura interna aumenta. En estas condiciones los requerimientos de termorregulación pueden ser considerables y una falla en el sistema termorregulador puede significar la muerte. Muchas muertes han ocurrido durante la práctica deportiva debido a exposición a ambientes de calor extremo. También el ejercicio en ambiente de frío extremo o en la altitud pueden presentar problemas a la salud del deportista.

B. Pérdida de calor por evaporación de sudor.

La pérdida de calor corporal ocurre mediante los mecanismos de radiación, conducción, convección y primordialmente por la evaporación de agua desde la piel y las vías respiratorias. A medida que la temperatura ambiental aumenta, la efectividad de la pérdida de calor a través de los mecanismos de radiación, conducción y convección, disminuye. Cuando la temperatura ambiental excede la temperatura corporal, el cuerpo gana calor a través de estos mecanismos. Bajo estas condiciones la evaporación de sudor es el único medio para disipar el calor.

En condiciones óptimas, el enfriamiento por evaporación de sudor puede ser a razón de 18 Kcal/min. La necesidad de mantener balance termal es tan grande que puede provocar que el cuerpo pierda hasta 3.5 litros de sudor por hora durante el ejercicio en un esfuerzo por enfriarse.

Figura N°1
Deshidratación en atleta, luego de competencia

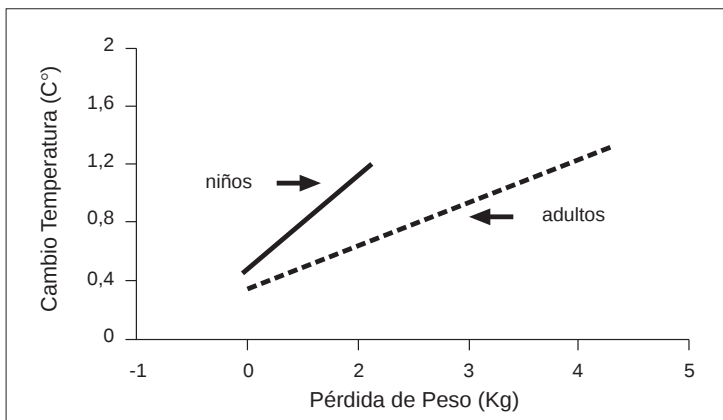


C. Transferencia de calor a través de la circulación sanguínea a la piel.

Los ajustes circulatorios proveen un mecanismo para la regulación de la temperatura corporal. Cuando el calor corporal aumenta a niveles excesivos, los vasos sanguíneos en la piel se dilatan y la sangre transporta el calor desde el interior a la periferia, para ser disipado al ambiente. Un flujo sanguíneo adecuado a la piel y a los músculos activos, se logra a expensas de otros

tejidos. Por ejemplo, al ocurrir la vasodilatación de los vasos sanguíneos subcutáneos, ocurre también, una constricción compensatoria de los vasos sanguíneos en el hígado y los riñones. Una prolongada reducción en el flujo sanguíneo a estos tejidos puede contribuir complicaciones de hígado y riñones que se observan en desórdenes térmicos serios tales como el golpe por calor.

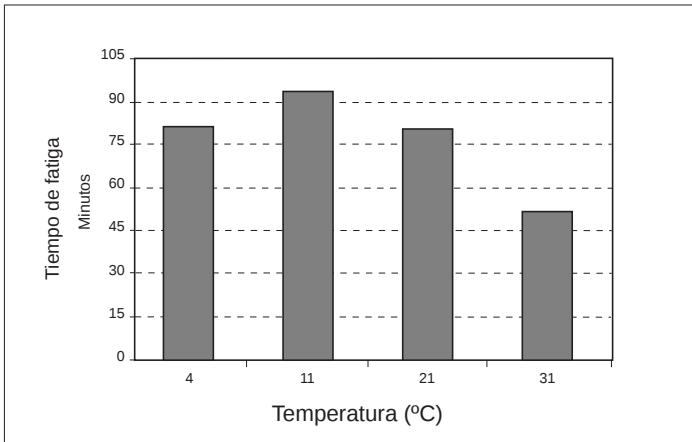
Figura N°2
Deshidratación y aumento en temperatura



D. Respuesta cardiovascular.

Durante el ejercicio en ambiente caluroso el cuerpo se enfrenta a dos demandas cardiovasculares que compiten entre si: 1) los músculos activos requieren oxígeno para sostener el metabolismo 2) El calor metabólico generado durante el ejercicio debe ser transportado a través de la sangre desde los tejidos profundos a la periferia. Esto presenta una limitación en el transporte de oxígeno a los músculos activos. El gasto cardíaco durante el ejercicio submáximo es similar tanto en ambiente caliente como frío. Sin embargo, el volumen sistólico es usualmente menor en ambiente caluroso en proporción al déficit de líquido durante el ejercicio, y la frecuencia cardíaca es mayor.

Figura N°3
Fatiga y Temperatura del Medio



- Tiempo de fatiga en un cicloergómetro a una intensidad que podía sostenerse por 94 min. a una temperatura de 11°C, se redujo en temperaturas más altas y más baja.

Galloway y Maughan, 1995

E. Enfermedad por calor.

Si los síntomas de aumento en temperatura corporal excesiva tales como el cansancio, la sed y los mareos, son ignorados, puede surgir la enfermedad por calor o los desórdenes termales. Los desórdenes termales más importantes en orden de severidad son: calambres por calor, fatiga por calor y golpe por calor. Los calambres por calor son espasmos involuntarios de los músculos que ocurren durante o después de actividad física intensa y se deben, en la mayoría de los casos, a desbalances en el líquido corporal y en los electrolitos. La fatiga por calor usualmente ocurre en personas no aclimatizadas al calor durante los primeros días del verano. La fatiga por calor que ocurre durante el ejercicio se debe a que los ajustes circulatorios no son efectivos, lo que se une a una gran pérdida de líquido corporal dado por una sudoración excesiva. Se caracteriza por pulso acelerado, presión arterial baja, dolor de cabeza, mareos y fatiga general. La temperatura corporal aunque alta, no se eleva a niveles peligrosos. El golpe por calor es el más serio de los desórdenes termales y requiere atención médica inmediata. Ocurre cuando el mecanismo

termorregulador falla debido a un calor corporal excesivo. Cuando esto sucede la persona deja de sudar, la piel se torna seca y caliente y la temperatura aumenta a más de 41.5°C . Si no se atiende de inmediato la condición progresa y puede resultar en muerte debido a colapso circulatorio y daño al sistema nervioso central. El golpe por calor es una emergencia médica.

Cuando estos desórdenes termales ocurren se debe tomar acción inmediata para reducir la temperatura corporal, hidratar a la persona y buscar ayuda médica inmediata.

F. Aclimatización al calor.

La exposición repetida a un ambiente caluroso inicia ajustes termorregulatorios que resultan en un aumento en la tolerancia al ejercicio en calor. Esta aclimatización resulta en una mejor distribución del gasto cardíaco y un aumento en la capacidad para sudar. Una aclimatización completa puede lograrse en 10 días de exposición al calor. Los niños se aclimatan más lentamente que los adultos.

Figura N°4
Aclimatación al Calor

- 10 a 14 días
- Reducir intensidad y volumen de Ejercicio
- 2 sesiones de ejercicio diarias
- Comenzar con 30-60 minutos y progresar a 60-100 minutos/día
- Aumentar ingesta de líquidos



III. Respuestas fisiológicas durante el ejercicio en ambiente frío

El ejercicio en ambiente frío es algo natural en la práctica de muchos deportes pero puede ser un elemento problemático en otros. La exposición a frío extremo puede producir una carga fisiológica y psicológica extrema.

A. Exposición a agua fría

El agua conduce el calor aproximadamente 25 veces más rápido que el aire de la misma temperatura. La inmersión en agua fría puede proveer un estrés termal considerable y resultar en ajustes termorregulatorios en un período corto de tiempo. Aún durante el ejercicio moderado la producción de calor metabólico es insuficiente para mantener el balance termal en agua muy fría. Un ejemplo de esto es la natación, donde la transferencia de calor por convección aumenta marcadamente con el movimiento rápido del agua por encima de la piel.

B. Exposición a aire frío

En un ambiente muy frío la pérdida de calor usualmente excede la producción de calor y la temperatura interna disminuye. Ocurre una vasoconstricción de los vasos sanguíneos de la piel y la sangre es transportada rápidamente a la cavidad craneal, torácica y abdominal. Esto optimiza el aislamiento dado por la grasa corporal y otras porciones del interior del cuerpo.

Muchas personas utilizan demasiada ropa durante el ejercicio en ambiente frío lo cual aumenta la pérdida de líquido en sudor. Además, el sudor que se acumula en la ropa causa una mayor pérdida de calor del cuerpo y aumenta el riesgo de hipotermia.

C. Hipotermia durante el ejercicio en ambiente frío

La hipotermia es la reducción de la temperatura corporal a niveles peligrosos. Ocurre cuando la temperatura interna disminuye a 34°C o menos. Puede ocurrir durante la inmersión prolongada en agua de 21°C o menos o durante la exposición a un ambiente seco y frío por seis horas o más. La combinación de aire frío, lluvia y viento pueden ser suficientes para producir situaciones de hipotermia devastadoras.

D. Aclimatización al frío.

El cuerpo humano es menos capaz de adaptarse al ambiente frío que al caluroso. La ropa utilizada es de suma importancia para protegernos del frío. Las personas cuyas ocupaciones (pescadores, buzos) requieren exposiciones repetidas al frío exhiben alteraciones en sus respuestas al frío y logran una aclimatización parcial. Algunas de las adaptaciones son: aumento en la vasoconstricción periférica y aumento en la aislación secundaria a un aumento en la grasa corporal.

IV. Respuestas fisiológicas durante el ejercicio en altitud.

Más de 40 millones de personas viven, trabajan y se recrean en elevaciones sobre los 2.300 metros sobre el nivel medio del mar. Aunque personas bien aclimatadas pueden vivir permanentemente en sitios tan altos como los Andes o los Himalayas, la exposición prolongada de una persona no aclimatada a la altitud puede resultar en muerte por hipoxia. El reto de la altitud proviene de la reducción en la presión de oxígeno debido a la reducción en la presión barométrica.

La altitud puede tener un efecto dramático en la ejecutoria de deportes. En los Juegos Olímpicos de México en 1978 (altitud=2.300 m) la reducción en la densidad del aire contribuyó a las excelentes ejecutorias en los eventos de velocidad y saltos. Sin embargo, la ejecutoria en carreras de larga duración fue mucho peor que lo observado a nivel del mar. Los atletas que mejor ejecutaron durante los Juegos Olímpicos de México fueron aquellos que residían en la altitud o que habían vivido allí por un espacio prolongado de tiempo.

A. Respuestas cardiorespiratorias al ejercicio de alta intensidad.

La reducción progresiva en la presión de oxígeno cuando se asciende a altitud resulta en una oxigenación inadecuada de la hemoglobina. Esto produce un decremento en la ejecutoria de actividades aeróbicas en altitudes mayores de 2000 metros. Adicionalmente, el riesgo de deshidratación en altitud es alto y predispone tanto a hipertermia como a hipotermia.

Las adaptaciones fisiológicas más importantes cuando se vive en la altitud son: aumentos en la ventilación pulmonar, hemoglobina y extracción de oxígeno de los tejidos. La hiperventilación ayuda a aumentar la llegada de oxígeno a la hemoglobina y por lo tanto su transporte. El aumento en gasto cardíaco ayuda a compensar la reducción en la saturación de oxígeno arterial, por la menor disponibilidad ambiental de este.

B. Problemas médicos por exposición a radiación solar en altitud.

Problemas médicos que van desde moderados a severos se observan con el ascenso a la altitud. Los más prominentes de estos son: la enfermedad aguda de montaña, edema pulmonar y edema cerebral de altitud. Los últimos dos pueden causar la muerte. Además, en la mayoría de las expediciones que se hacen a la altitud existe un riesgo de muerte por hipotermia.

La baja densidad del aire en altitud resulta en una disminución en la capacidad atmosférica de filtración de los rayos ultravioleta, por lo tanto, la radiación solar directa aumenta, pero también aumenta la radiación solar indirecta, ya que la nieve refleja una alta proporción de radiación. Entonces, un deportista o un trabajador estarán expuestos en altitud a mayor radiación solar directa e indirecta respecto del nivel del mar. En días calurosos el índice de estrés termal aumenta. Además, las personas están más propensas a sufrir quemaduras severas de sol muy rápidamente. También pueden sufrir ceguera por el reflejo del sol en la nieve. La mejor defensa es la prevención usando protectores solares, ropa adecuada y lentes con filtro ultravioleta.

C. Aclimatización a la altitud.

La velocidad a la cual ocurre la aclimatización depende de la altitud. Usualmente se nota una mejoría después de varios días de permanecer en altitud. Los ajustes mayores ocurren después de dos semanas y pueden tardar hasta cuatro o seis semanas en altitudes extremas. Investigaciones indican que las adaptaciones que ocurren en altitud no mejoran la ejecutoria a nivel del mar.

V. El trabajador industrial.

A. Mineros.

El trabajo pesado en algunas minas se programa en turnos de 8 a 12 horas en un ambiente caluroso y seco. La temperatura ambiental en algunas minas puede ser de hasta 45 °C. Los que trabajan en plantas de fundición de cobre pueden estar expuestos a temperaturas de aproximadamente 50 °C. Bajo estas condiciones de calor existe un riesgo muy alto de deshidratación. La deshidratación inducida por el calor perjudica el desempeño físico y los trabajadores pueden sufrir de fatiga muscular o pérdida de concentración que induce al accidente o lesión. Existe una alta incidencia de cálculos renales en los mineros. El cáncer en la piel en trabajos a campo abierto es otro problema común (por radiación solar), a lo cual se agrega la especial relación con arsénico (cancerígeno) en la II región de Chile.

B. Bomberos.

Los bomberos están expuestos a temperaturas extremas desde el grado de congelación hasta 300 °C. La vestimenta y el equipo no permiten que el cuerpo se enfríe por evaporación adecuadamente. La incapacidad de disipar el calor se combina con el peso del equipo (aprox. 53 lb-24 kg) para crear un riesgo alto de lesión y de padecer de desórdenes térmicos. La mayoría de los bomberos están en funciones por 24 hrs. Su trabajo les presenta mucho estrés emocional que combinado con el sobrepeso, la baja aptitud cardiovascular y el estrés físico de apagar un incendio los hace candidatos ideales para un infarto.

C. Operarios en fábricas.

Los operarios en fábricas generalmente trabajan en ambientes muy calurosos especialmente en el verano y las fábricas generalmente no cuentan con acondicionadores de aire. Muchos de los operarios utilizan vestimentas protectoras que aumentan el estrés por calor. Un buen nivel de capacidad aeróbica y de fuerza y tolerancia muscular es importante para que los operarios puedan tolerar temperaturas altas sin disminuir su productividad.

Bibliografía

- 1 **American College of Sports Medicine.** Position stand on heat and cold illnesses during distance running. Med. Sci. Sports Exerc. 28:i-x, 1996.
- 2 **McArdle, W.D., F.I. Katch y V.L. Katch.** Exercise at Medium and High Altitudes. En: Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance, 4ta edición, 1996.
- 3 **Nadel, E.R. Temperature regulation and prolonged exercise.** En: Perspectives in Exercise Sciences and Sports Medicine. Vol. 1: Prolonged Exercise, editado por D.R. Lamb y R. Murray. Indiana: Benchmark Press, 1988.
- 4 **Pate, R.R. Special Considerations for Exercise in Cold Weather.** Sports Science Exchange, Vol. 1 (10): 1988.
- 5 **Sawka, M.N. y B. Wenger.** Physiological responses to acute exercise heat stress. En: Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes, editado por K.B. Pandolf, M.N. Sawka, y R.R. González. Indiana: Benchmark Press, 1988.
- 6 **Wagner, J.A., S. Robinson, S.P. Tzankoff, R.R. Marino.** Heat tolerance and acclimatization to work in the heat in relation to age. J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol. 33:616-622, 1972.