

ACLIMATACIÓN AL EJERCICIO FÍSICO EN SITUACIONES DE ESTRÉS TÉRMICO

ACCLIMATISATION TO PHYSICAL EXERCISE TO THERMAL STRESS

INTRODUCCIÓN

Es innegable en las últimas dos décadas el aumento del número de personas que llevan a cabo un programa de entrenamiento de actividad física o deportiva como parte de un estilo de vida saludable. Millones de personas en todo el mundo realizan ejercicio con regularidad a fin de prevenir o combatir numerosas enfermedades y mejorar su calidad de vida. Así mismo, cada vez son más las personas que entrenan con el objeto de mejorar su forma física al mismo tiempo que participan en deportes organizados para competir y, si es posible, ganar.

En este sentido, por tanto, debemos de distinguir entre las personas que aumentan su actividad diaria cotidiana o realizan un programa de ejercicio a intensidades moderadas y las personas que entrenan de una manera mucho más potente y prolongada o practican algún deporte con el fin de competir, ya que las patologías que pueden sufrir y las necesidades de prevención de las mismas son muy diferentes.

Durante la actividad física, los músculos generan gran cantidad de calor que debe disiparse hacia el ambiente o, de lo contrario, se producirá un aumento en la temperatura central del cuerpo. Esta producción de calor por los músculos es proporcional a la intensidad del trabajo, por lo cual tanto en las actividades de corta duración

y alta intensidad (carreras recreativas de 2-3 km, partidos de fútbol, basket, tenis, etc...), como las de mayor duración y menor intensidad (leguas, media maratón, maratón, etapas de ciclismo, competiciones de triatlón, etc...) realizadas en condiciones adversas de temperatura, representan un riesgo de lesiones inducidas por el calor.

En nuestro país, muchas de estas actividades recreativas o competiciones deportivas se celebran durante el verano, cuando la temperatura ambiental y la humedad relativa en algunas regiones pueden llegar a niveles bastante elevados (> 35°C y > 50%, respectivamente). Por otro lado, debemos considerar que nuestros deportistas ocasionalmente compiten en otros países en ambientes mucho más cálidos o se exponen a temperaturas extremadamente bajas en la práctica deportiva. En un ambiente tan adverso, los deportistas pueden incurrir en niveles de deshidratación elevados debido a las importantes pérdidas de agua a través de la sudoración.

La transferencia de calor en el cuerpo se produce por procesos de radiación, conducción, convección y evaporación.

El más eficaz de estos procesos (en torno a un 75%) para el ejercicio físico en los humanos es el proceso de evaporación por el sudor, el cual consigue liberar 580 Kcal por litro de sudor evaporado por la piel.

Raquel Blasco Redondo

Doctora en Medicina y Cirugía
Médico Especialista en Medicina Interna
Profesora Adjunta en Ciencias de la Salud de la Universidad Europea Miguel de Cervantes
Centro Regional de Medicina Deportiva de la Junta de Castilla y León

CORRESPONDENCIA:

Raquel Blasco Redondo
Avda. Real de Burgos, s/n. 47071 Valladolid
E-mail: rblasco@uemc.es / rblasco@saludcastillayleon.es

Acceptado: 27.03.2012 / Revisión nº 240

Esta adaptación es una ventaja que compartimos sólo con otras pocas especies animales y que han hecho más eficaz nuestra adaptación, para correr las largas distancias por el desierto de la sabana, cazando nuestras presas que eran incapaces de continuar corriendo bajo el calor.

Por lo tanto, los seres humanos estamos bien adaptados a realizar ejercicio de ultra-resistencia bajo el calor, dado que tenemos una gran capacidad de eliminar agua de nuestro organismo, pero también este fluido deberá de ser repuesto de la forma adecuada, como veremos probablemente en una siguiente revisión.

Sin embargo, nuestra capacidad de adaptarnos al frío es mucho más limitada y, en ella, dependemos casi de forma exclusiva de medidas externas como buscar cobijo o utilizar abrigo adecuado, lo que obviamente no se puede realizar de una manera absoluta en la actividad física realizada en invierno o en altitud. Estas circunstancias convierten a las medidas de adaptación exógenas en imprescindibles en estas situaciones.

La sudoración es una respuesta fisiológica que intenta limitar el aumento en la temperatura central corporal. Por este motivo, en las situaciones de ejercicio físico realizado en situaciones extremas de estrés térmico no es inusual observar tasas de sudoración que superan los 1,5 l/h. La deshidratación resultante causa, a su vez, una cascada de alteraciones fisiológicas que pueden inducir la fatiga por el calor, un golpe de calor o incluso, la muerte si no se toman las precauciones adecuadas.

En general podemos decir que si esta pérdida hidroelectrolítica no es correctamente compensada, habrá un deterioro en la regulación de la temperatura, el rendimiento, y la salud del individuo. El reto, por lo tanto, es doble: Disipar el exceso de calor hacia el ambiente de manera efectiva, y evitar llegar a un estado de hipohidratación. Así mismo es importante prevenir la hiponatremia dilucional resultante de una rehidratación mal planteada.

Los objetivos de esta revisión son:

- Analizar los factores que influyen en la homeotermia en situaciones de estrés térmico.

- Examinar como influyen las condiciones ambientales a los mecanismos fisiológicos termo-regulatorios.
- Revisar cómo se realiza la aclimatación del ejercicio físico bajo condiciones de temperaturas extremas.
- Evaluar cuáles son las estrategias que se pueden utilizar para reducir el impacto que estas condiciones tienen sobre la salud y el rendimiento deportivo.

HOMEOTERMIA Y ACTIVIDAD FÍSICA EN SITUACIONES DE ESTRÉS TÉRMICO

Los humanos somos criaturas homeotérmicas, y por lo tanto, capaces de regular nuestra temperatura corporal aunque dentro de unos márgenes muy estrechos; entre los 34°C y los 45°C¹. No obstante, estos sistemas de homeostasis se ven intensamente alterados en situaciones térmicas extremas, tanto en ambientes calurosos como muy fríos.

Adaptación a las temperaturas extremas. Generalidades

Cuando el calor es generado por el incremento de la actividad metabólica, como sucede durante la realización de la actividad física y el deporte, somos capaces de mantener la homeotermia mediante la activación de los mecanismos de pérdida de calor.

Sin embargo, a partir de los 37°C de temperatura en ambiente seco o de los 29°C en clima húmedo, el sujeto presenta dificultades fisiológicas y el mantenimiento de una actividad física prolongada provoca una disminución del rendimiento. Así mismo, temperaturas extremadamente elevadas pueden poner en peligro la salud del atleta².

Bajo ciertas condiciones de altas temperaturas ambientales y/o humedad relativa, o bien cuando por frío intenso debemos de utilizar numerosas capas de ropa protectora, se producen situa-

ciones de estrés por calor no compensables. En estas situaciones el cuerpo almacena constantemente calor, sin posibilidad de disiparlo y da como resultado un continuo incremento de la temperatura corporal.

Se ha propuesto como índice para clasificar el riesgo de agotamiento por calor el registro de la temperatura rectal:

- Riesgo ligero (hasta 38,1°C).
- Importante (38,1-39,4°C).
- Crítico o extremo (por encima de 39,4°C).

El agotamiento, sin embargo, es excepcional en temperaturas centrales entre 38-39,5°C ° y es la norma en temperaturas centrales superiores a los 40°C.

En situaciones completamente opuestas, para combatir los efectos fisiológicos del frío, los seres humanos dependen principalmente de las técnicas de comportamiento para obtener protección contra el mismo (por ejemplo la ropa y los refugios). Pero estas estrategias tienen una utilidad limitada cuando se realizan ejercicios al aire libre en tiempo frío o en altura. La temperatura del aire, la velocidad del viento, la radiación solar y la humedad son todos determinantes de la tensión ambiental experimentada durante las pruebas deportivas al aire libre en invierno o en altitud que convierte la regularización de los mecanismos de homeotermia en todo un reto para la fisiología del deportista.

En resumen, las condiciones ambientales extremas (tanto el calor como el frío) representan un desafío a los mecanismos termo-reguladores del cuerpo y condicionan graves daños para la salud del deportista, y sin duda, una importante disminución en el rendimiento deportivo.

Factores que influyen la termorregulación durante el ejercicio físico en situaciones extremas.

Son fundamentalmente tres:

- Estado de aclimatación.

- Estado de forma física.
- Estado de hidratación del individuo.

ESTADO DE ACLIMATACIÓN

Aclimatación al calor

La aclimatación es el conjunto de adaptaciones que le permiten a una persona tolerar mayor estrés por calor ambiental. Este proceso, parte fundamental en la prevención de las enfermedades relacionadas con el calor, básicamente induce cambios en la cantidad y calidad de la sudoración así como en el flujo sanguíneo, adaptando al organismo a trabajar más eficientemente en climas calurosos generando menos calor interno. De esta manera se reduce la acumulación de calor y permite un tiempo más prolongado de ejercicio.

Las principales adaptaciones cardiovasculares y termorregulatorias se producen durante los primeros pocos días de exposición al calor, alcanzándose la completa adaptación dentro de los 14 días³. Asimismo, la aclimatación al calor es un fenómeno transitorio que requiere la exposición repetida al calor para mantener las adaptaciones y su efecto persiste varias semanas. Sin embargo el 75% de las respuestas de aclimatación fisiológica tiene lugar hacia el final de la primera semana.

Para habituar al organismo al calor, es importante entrenarse a una intensidad de ejercicio que induzca una sobrecarga térmica, es decir, a una intensidad de al menos el 50% del consumo máximo de oxígeno (VO₂ Max).

La aclimatación al calor requiere de algo más que la mera exposición a un ambiente caluroso. Depende de:

- Las condiciones ambientales durante cada sesión de ejercicio.
- La duración de la exposición al calor.
- El ritmo de producción de calor interno (intensidad del ejercicio).

La cantidad y calidad de ejercicio necesario para mejorar la aptitud aeróbica bajo estrés térmico es mayor que lo recomendado para obtener beneficios relacionados con la salud. La frecuencia debe ser de 3 a 5 días por semana, con una duración de cada sesión entre 20 y 60 minutos, a una intensidad de ejercicio de 55/65% hasta 90% del VO_2 Max

Algunos autores indican que sesiones diarias de ejercicio de 100 minutos de duración parecen ser óptimas para inducir el proceso de aclimatación al calor. Sin embargo al inicio de la aclimatación, la duración e intensidad de las sesiones de ejercicio deben ser más bajas de lo acostumbrado, incrementando gradualmente ambas variables a medida que mejora la tolerancia al calor⁴.

Los cambios fisiológicos más importantes de que consta la aclimatación al calor son:

- Aumento del volumen plasmático del 10-12%, gracias al aumento de las proteínas plasmáticas. Esto permite mantener la presión sanguínea y el volumen de eyección sistólico sin tener que aumentar el gasto cardíaco por medio de la frecuencia cardíaca.
- Desencadenamiento más rápido del umbral de sudoración al inicio del ejercicio con lo que disminuye el almacenamiento inicial de calor.
- Triplicación del débito de sudor para la misma carga relativa de ejercicio. Pasando a ser 1 litro por hora en lugar de 0.3 litros por hora, para un sujeto entrenado y aclimatado a un ambiente cálido al 60 % de su consumo máximo de O_2 (VO_2 máx.).

Es importante reseñar aquí que aunque la cantidad total de sudor producido durante el ejercicio en ambientes calurosos es probable que no cambie con la aclimatación al calor, con frecuencia aumenta el producido en zonas corporales más expuestas y en las áreas que son más eficaces disipando el calor corporal⁵.

- Disminución de la concentración de sales minerales del sudor y, en especial, del sodio y cloro.

- Reducción de la vasodilatación cutánea, favoreciendo el flujo capilar destinado a los músculos que están activos.

La secuencia de aclimatación por tanto, sería la siguiente:

Al comienzo del ejercicio, en una persona aclimatada la sudoración comienza más pronto, lo cual mejora la tolerancia al calor. En consecuencia, las temperaturas en la piel son inferiores, lo cual incrementa el gradiente de temperatura entre las partes profundas del cuerpo, la piel y el ambiente. El aumento del ritmo de la sudoración da la posibilidad de un enfriamiento más efectivo de la piel a través de la pérdida de calor por evaporación, y la temperatura de la piel disminuida que resulta de esto provee un mejor enfriamiento a la sangre que fluye a través de ella.

Todo ello, lleva al incremento en la respuesta de sudoración, la reducción de la frecuencia cardíaca, de la temperatura central y de la piel así como del esfuerzo percibido durante el ejercicio.

Aclimatación al calor en situaciones especiales

Medio acuático

La adaptación de la termorregulación difiere en situaciones deportivas especiales, como ocurre en el medio acuático.

El agua posee una elevada conductibilidad térmica, que permite una sustracción del calor corporal al contacto con la superficie cutánea del cuerpo, que cuantitativamente y en su totalidad va desde uno y medio a dos metros cuadrados, repartidos en:

- 8% cabeza.
- 36% tronco.
- 56% extremidades.

Sin embargo, debemos de tener en cuenta que la transmisión de calor al medio acuático será dife-

rente según el índice de actividad de los músculos sumergidos en el fluido. Así, un sujeto sumergido en reposo disipa un 70% de calor de su organismo por medio del tronco; mientras que en el transcurso de la actividad deportiva acuática la mayor parte del calor (alrededor de un 80%) lo desprende a través de las extremidades superiores e inferiores.

De manera que la adaptación al calor en el medio acuático, será algo más favorable que en seco, y siempre será, así mismo, una aclimatación activa.

Niños

Mención aparte merecen los niños, los cuales se adaptan más lentamente y peor que los adultos. En el niño hay una mayor tasa metabólica basal y por lo tanto, mayor producción de calor por el ejercicio que el adulto, ya que producen más calor proveniente de la energía química de un metabolismo más intenso. Sin embargo su capacidad de refrigeración es menor y así, en las mismas condiciones ambientales se cuantifica que un niño prepuberal pierde entre 400-500 mililitros de líquidos por metro cuadrado de superficie y por hora (400-500ml/m²/h), mientras que un adulto llega a 700-800ml/m²/h.

Es distinta también la repercusión que existe en la temperatura central por la pérdida de peso por deshidratación en los adultos que en los niños. Así, una pérdida de peso por deshidratación repercute en un aumento de la temperatura casi del doble en el niño que en el adulto. En el caso de que la pérdida de peso por deshidratación sea del 1% supondrá un aumento de la temperatura central de 0'15 °C en el adulto y de 0'28 °C en el niño⁶.

Estos datos se complementan con la información de que las glándulas sudoríparas en los niños poseen una mayor actividad pero una menor concentración de las mismas en el cuerpo y de producción de sudor en cada una. Con ello podemos afirmar que el niño posee mayores posibilidades de ganar-perder calor, pero tiene disminuida la capacidad de perder calor a través de la evaporación.

Como resumen de este apartado podemos decir que podemos adaptarnos al calor haciendo ejercicio en ambientes calurosos durante un período de hasta un hora al día o incluso más durante 5 a 10 días. Los cambios cardiovasculares generalmente tienen lugar en los primeros 3 a 5 días, pero los cambios relativos a los mecanismos de sudoración requieren mucho más tiempo, hasta 10 días.

Todas las personas, aclimatadas o no, deben prestar atención a las condiciones climáticas y realizar los ajustes apropiados, siempre que el estrés por calor ambiental esté por encima de lo normal. Si los deportistas deben competir en ambientes calurosos, al menos parte de su entrenamiento debe llevarse a cabo en las horas más calurosas del día. Sesiones normales de ejercicio con altas temperaturas durante 5 a 10 días proporcionarán una aclimatación casi total al calor⁷.

Las sesiones de calentamiento previas al entrenamiento o a la competición deben ser más cortas y menos intensas para evitar que la temperatura central suba innecesariamente. La estrategia de competición o entrenamiento debe ser de menor intensidad y duración, además de incluir descansos más largos y frecuentes, para disminuir la producción de calor. Si es posible se habilitarán áreas más frescas, a la sombra o con viento, para las sesiones de calentamiento, los descansos, los períodos de recuperación y las siestas, lo cual ayuda a mantener la temperatura corporal más baja y a prevenir la deshidratación

Aclimatación al frío

La adaptación aguda y crónica del deportista al frío es mucho menos compleja. No obstante para los deportistas que provienen de países cálidos es más lenta y arriesgada para la salud.

Las medidas generales incluyen: Utilizar ropas adecuadas, una dieta equilibrada con un mayor aporte de calorías del habitual en los deportistas que no tengan tendencia al sobrepeso y con un discreto incremento de proteínas y lípidos a fin de garantizar un mayor aporte calórico y enfrentar los gastos extras debidos al frío, hidratarse

adecuadamente en orden a mantener un correcto flujo sanguíneo periférico así como realizar un óptimo calentamiento para garantizar el aumento y mantenimiento del calor corporal mediante el aumento del metabolismo.

Si fracasan estas medidas, se produce una disminución de la temperatura corporal por debajo de lo normal, lo cual disminuye el VO_2 Max, el gasto cardíaco, la capacidad de trabajo y recuperación así como los índices de fuerza y velocidad que están directamente relacionados con la temperatura muscular.

La adaptación crónica al frío disminuye la vasoconstricción cutánea intensificando la circulación sanguínea periférica y disminuyendo menos la temperatura cutánea y muscular. Aumenta la coordinación, la fuerza-velocidad, la movilidad articular y la resistencia⁶.

La adaptación debe de durar entre 7-14 días. Siendo, al igual que sucede con el calor, más lenta en los niños.

Estado de forma física

Estado de forma física y adaptación al calor

Son numerosos los estudios que demuestran que atletas de largas distancias compitiendo en condiciones de elevado calor alcanzan temperaturas centrales superiores a los 40°C, sin caer en el agotamiento. Una mejor aptitud física aeróbica, per se, permite a las personas disipar mejor la carga térmica del ejercicio. Esto se debe primordialmente a una expansión del volumen sanguíneo y una mejoría en la capacidad de sudoración⁸.

En general, se puede decir que el estado de forma física de estos individuos (evaluado según su consumo máximo de O_2) a pesar de no ser un marcador decisivo para la tolerancia al calor sí que se convierte en un factor adicional de tolerancia térmica, si como hemos comentado antes, el deportista se aclimata entrenando en temperaturas elevadas. Esto es, que el aumento de la temperatura central producido durante el

entrenamiento a altas temperaturas se convierte en un estímulo para las adaptaciones termorreguladoras (tales como la mejoría en la cantidad y calidad del sudor, la expansión del volumen plasmático y los cambios en el flujo capilar cutáneo), más que el estado de forma física en sí³.

Estado de forma física y adaptación al frío

Son escasos los estudios que reflejan relación de la forma física del individuo con su capacidad de aclimatación al frío. Existe una mejoría en el grado de aclimatación al estrés por frío en deportistas de competición (nadadores de invierno), en relación con sus valores de VO_2 Max. En ellos se evidencia una reducción del umbral termorregulatorio para la inducción de la termogénesis y un retraso en la respuesta del temblor⁹.

Existen datos que demuestran que es posible conseguir la aclimatación al frío mediante la exposición sistémica del individuo al mismo¹⁰, pero no ocurre lo mismo con la aclimatación mediante la exposición solamente parcial de algunas partes del cuerpo¹¹, a pesar de que los hallazgos parecen sugerir que las sesiones de exposición al frío local también inducen una atenuación en el tono simpático

Al contrario de lo que sucede en la aclimatación al calor, parece ser que la adaptación general al frío se produce si la aclimatación se realiza con los sujetos en reposo, no en actividad. Pero hasta el momento no se ha determinado el número de exposiciones, al frío, ni la severidad de éste para inducir la adaptación al mismo.

Estado de hidratación

Estado de hidratación y adaptación al calor

Los efectos negativos de la deshidratación se observan tanto cuando los sujetos se deshidratan durante el ejercicio prolongado, como cuando comienzan el ejercicio en condiciones de hipohidratación o déficit hídrico.

La deshidratación causa un mayor incremento de la temperatura corporal y de la frecuencia car-

díaca así como el empeoramiento del rendimiento, en comparación con la situación en la que los sujetos ingieren líquidos durante el ejercicio.

La deshidratación progresiva causa reducciones significativas del volumen sistólico y de la presión arterial media sin llegar a causar una disminución del gasto cardíaco cuando los sujetos se ejercitan bajo condiciones ambientales moderadas (22°C).

Sin embargo, durante el ejercicio en el calor (35°C), la deshidratación también causa una disminución del gasto cardíaco entre un 10-14% (3-4 l/min) debido a la mayor reducción del volumen sistólico que no se compensa totalmente con el incremento de la frecuencia cardíaca, acompañado además, de una disminución significativa de la presión arterial media (7%) y un incremento significativo de la resistencia vascular periférica (9%) durante un ejercicio de 2 horas en calor a una intensidad media del 65% del $\text{VO}_2 \text{ Max}^{12}$.

Estos efectos de la deshidratación en las respuestas cardiovasculares son progresivos para llegar a ser estadísticamente significativos durante la segunda hora de ejercicio y llegan a comprometer la regulación del sistema cardiovascular (Tabla 1).

Por otro lado, el estrés por calor ambiental no solo juega un papel importante per se, sino que además acentúa la reducción en la potencia aeróbica máxima que ocurre por la hipohidratación. Las alteraciones en la esfera cardiovascular conducen a reducir el tiempo del ejercicio que se puede tolerar hasta alcanzar la fatiga a intensidades submáximas (que llega a ser de hasta un 50% menor al ejercitarse en el calor)¹³.

Es más frecuente que haya una influencia negativa de la hipohidratación sobre los esfuerzos aeróbicos prolongados que sobre las tareas anaeróbicas de corta duración. Existen pocos estudios acerca de los efectos de la hipohidratación sobre la potencia anaeróbica, fuerza muscular, velocidad, coordinación y agilidad, y sus resultados son ambiguos.

Aparte de estas alteraciones tan pronunciadas de las respuestas cardiovascular, metabólica y termorreguladora, la deshidratación también causa un incremento significativo de las concentraciones plasmáticas de catecolaminas¹⁴, ADH, renina, cortisol, hormona adrenocorticotrópica, aldosterona, angiotensina y del péptido atrial natriurético.

Por lo anteriormente expuesto, la deshidratación produce modificaciones significativas de la fun-

Variable	Deshidratación
Parámetros fisiológicos	
Fuerza	Sin cambios
Carreras de sprint	Sin cambios
Tiempo de rendimiento	Sin cambios
Capacidad de resistencia	Reducción
Rendimiento en el ejercicio submáximo	
Frecuencia cardíaca	Aumento
Consumo de oxígeno	Sin cambios
Temperatura corporal	Aumento
Lactato sanguíneo	Aumento
Rendimiento en el ejercicio máximo	
$\text{VO}_2 \text{ Max}$	Reducción
Frecuencia cardíaca	Sin cambios
Lactato sanguíneo	Aumento

TABLA 1. Influencia de la deshidratación (hipohidratación) sobre parámetros fisiológicos rendimiento [variación sobre Wilmore y Costill]⁴

ción de las glándulas pituitaria y adrenal, con el fin de conservar volumen del fluido corporal.

Según esto, el empeoramiento del rendimiento o adelanto de la fatiga causado por la deshidratación durante el ejercicio en el calor, puede producirse a consecuencia del efecto conjunto del incremento progresivo de la temperatura corporal y de la caída progresiva tanto del gasto cardíaco, como de la presión arterial media. La reducción del gasto cardíaco puede, a su vez, ocasionar alteraciones del metabolismo muscular y de la disipación del calor, a consecuencia de la reducción del flujo muscular y cutáneo. Finalmente, esta cascada de sucesos a nivel sistémico podría producir el adelanto de la fatiga a través de un mecanismo molecular aún desconocido.

En general se puede decir que la hipohidratación reduce la temperatura central que se puede tolerar antes de caer en el agotamiento.

No obstante, existen trabajos recientes que aseguran que puede ser beneficiosa la parcial deshidratación en los ambientes extremos y que la hidratación debe de ser suficiente sólo para mantener la osmolaridad plasmática (umbral de sed) y no necesariamente el peso corporal, ya que eso podría dar como resultado un incremento del peso en las largas competiciones e incrementar la posibilidad de hiponatremia dilucional asociada al ejercicio¹⁴.

Como resumen de este apartado podemos decir que si bien es cierto que las personas se pueden adaptar a los retos fisiológicos de la actividad física y el estrés por calor mediante un aumento progresivo de su nivel de actividad y exposición al mismo *“No existe evidencia que muestre que es posible adaptarse a la hipohidratación. De hecho, la hipohidratación, limita las ventajas de la aclimatación”*.

Estado de hidratación y adaptación al frío

El frío induce la diuresis a través del incremento en el volumen sanguíneo central causado por la vasodilatación periférica. Este incremento en la diuresis favorece la pérdida de fluidos. Este fac-

tor en conjunto con una vestimenta inapropiada, puede inducir la pérdida de líquido por sudor de hasta 2 L/h. Las pérdidas de agua por la respiración son mayores en el frío debido a la relativamente baja humedad del aire frío. Estos factores fisiológicos, conjuntamente con el hecho de que en ambientes fríos no se suele pensar mucho en la hidratación, puede derivar en la subestimación del proceso de rehidratación.

A modo de resumen

- Las condiciones ambientales extremas (tanto el calor como el frío) representan un desafío a los mecanismos termo-reguladores del cuerpo y condicionan graves daños para la salud del deportista, y sin duda, una importante disminución en el rendimiento deportivo.
- La fatiga asociada con el calor raramente se encuentra en temperaturas que no alcanzan los 38°, pero siempre ocurre antes de alcanzar los 40°C.
- La aclimatación al calor es un proceso activo que requiere de algo más que la mera exposición a un ambiente caluroso y depende de las condiciones ambientales durante cada sesión de ejercicio, la duración de la exposición al calor y el ritmo de producción de calor interno (intensidad del ejercicio).
- La adaptación aguda y crónica del deportista al frío es mucho menos compleja y depende de factores exógenos. Al contrario de lo que sucede en la aclimatación al calor, parece ser que la adaptación general al frío se produce si la aclimatación se realiza con los sujetos en reposo, no en actividad.
- El estado de forma física en sí a pesar de no ser un marcador decisivo para la tolerancia al calor sí que se convierte en un factor adicional de tolerancia térmica, si el deportista se aclimata entrenando en temperaturas elevadas.
- El correcto estado de hidratación antes, durante y después del esfuerzo es fundamental para la salud y el rendimiento del deportista.

- La hipohidratación reduce la temperatura central que se puede tolerar antes de caer en el agotamiento.
- No existe evidencia que muestre que es posible adaptarse a la hipohidratación. De hecho, la hipohidratación, limita las ventajas de la aclimatación a las temperaturas extremas.
- La hipertermia, el aumento de la frecuencia cardíaca y la disminución del gasto cardíaco durante el ejercicio prolongado en el calor se correlacionan directamente con la magnitud de la deshidratación. Esto es especialmente relevante en los niños.

RESUMEN

Homeotermia y actividad física en situaciones de estrés térmico.

El ser humano es homeotérmico. Podemos regular nuestra temperatura corporal dentro de unos estrechos márgenes (34°C-45°C). Los sistemas de homeostasis pueden verse seriamente alterados en situaciones térmicas extremas.

Factores que influyen la termorregulación durante la actividad física en situaciones de estrés térmico.

Son fundamentalmente tres: estado de aclimatación, forma física e hidratación del individuo.

- **Aclimatación:** Conjunto de adaptaciones que permiten mejorar la tolerancia al estrés térmico.

Calor. El cuerpo induce cambios en la cantidad y calidad del sudor adaptándole a trabajar en ambiente caluroso, almacenando menos calor en el núcleo interno.

Las adaptaciones cardiovasculares y termorreguladoras suceden en los primeros días de exposición al calor. Requieren exposiciones repetidas al calor, entrenando con una intensidad de esfuerzo de, al menos, el 50% del consumo máximo de oxígeno (VO₂max).

Frío. La adaptación al frío es mucho menos compleja, consistiendo fundamentalmente

en una adecuada hidratación, entrenamiento y dieta equilibrada hipercalórica.

- **Estado de forma física:** El estado de forma física (VO₂max) no es un marcador decisivo para la tolerancia al calor pero es un factor adicional de tolerancia térmica si el atleta se aclimata entrenando a temperaturas altas.

– Estado de hidratación

Calor. Los efectos negativos de la deshidratación se observan tanto si el sujeto se deshidrata durante el ejercicio prolongado, como si comienza el esfuerzo bajo condiciones de hipohidratación.

Frío. Induce la diuresis al aumentar el volumen sanguíneo central. Una vestimenta inadecuada puede conducir a un aumento de las pérdidas por sudor superiores a 2L/h.

Conclusiones: A pesar de que los individuos pueden adaptar la actividad física al estrés térmico gracias a la aclimatación, en el momento actual “no existe evidencia que demuestre que es posible adaptarse a la hipohidratación”, es más, la hipohidratación limita los beneficios de la aclimatación.

Palabras clave: Fatiga inducida por calor. Rendimiento físico. Euhidratación. Aclimatación.

SUMMARY

Homeothermy and physical activity in extreme situations.

Humans are homeothermic; we are able to regulate our body temperature although within very narrow margins, (34 ° C-45 ° C). Homeostasis systems are intensely altered in extreme thermal conditions.

Factors influencing thermoregulation during physical exercise in extreme situations.

State of acclimatisation, fitness and hydration of the person

- **Acclimatisation:** Set of adaptations that allow a person to tolerate greater stress due to environmental conditions

Heat: Body induces changes in the quantity and quality of sweating and blood flow, adapting the body to work in hot weather, storing less internal heat.

Cardiovascular and thermoregulatory adaptations occur during the first days of heat exposure. Requires repeated exposure to heat, training at an exercise intensity of at least 50% of maximal oxygen consumption (VO_{2max}).

Cold. Adaptation to cold is less complex. Adequate clothing, training and a high-calorie balanced diet are required.

- **State of fitness** The physical fitness (VO_{2max}) is not a decisive marker for heat tolerance but it is an additional factor of thermal tolerance, if the athlete becomes acclimated by training at extremes temperatures.

- State of hydration

Heat: The negative effects of the dehydration are observed both when subjects are dehydrated during prolonged exercise, as they begin the exercise under hypo hydration conditions.

Cold. It induces diuresis through an increased central blood volume. Inappropriate clothes induce fluid loss due to sweat of up to 2 L / h.

Conclusions: Although it is true that people can adapt to physical activity and heat stress by acclimatization "there is no evidence to show that it is possible to adapt to hypohydration. In fact, hypo hydration limits the benefits of acclimatization"

Key words: Heat exhaustion. Physical performance. Euhydration. Acclimatisation.

B I B L I O G R A F Í A

1. **Billat V.** "Entorno físico y rendimiento deportivo: temperatura y altitud. En Fisiología y Metodología del Entrenamiento. 1ra Edición, Editorial Paidotribo. Barcelona. 2002:117-127.
2. **Cheung SS, McLellan TM, Tenaglia S.** "The thermophysiology of uncompensable heat stress: Physiological manipulations and individuals characteristics" *Sports Med* 2000;29(5):329-359.
3. **Armstrong LE, KB. Pandolf.** Physical training, cardiorespiratory physical fitness and exercise-heat tolerance. In: Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes, edited by K. B. Pandolf, R. R. Gonzalez, and M. N. Sawka. Indianapolis, IN: Benchmark, 1987;199-226.
4. **Pandolf KB, Young AJ** "Extremos Ambientales y Rendimiento de Resistencia". En la Resistencia en el Deporte, 1ra Edición, Shepard J.R., Astrand P. O. Editorial Paidotribo. Barcelona. 1996;288-301.
5. **Wilmore J, Costill D.** "Thermic Regulation and Exercise". Physiology of Sport and exercise 2^o ed. Human Kinetics. Champaign. Illinois (pp. 1999;242-263.
6. **Cerani J.** "Termorregulación en el niño deportista". *Arch Med Deporte.* 1993;37:59-64.
7. **O'Brien C, Young, AJ, Lee DA, et al.** "Role of core temperature as a stimulus for cold acclimation during repeated immersion in 20°C water". *J. App. Physiol.* 2000;89;242-250.
8. **Nadel ER.** (1988). Temperature Regulation and Prolonged Exercise. Lamb DR, & Murray R (Editores), Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine: Prolonged Exercise. 1988;Vol. 1pp.125-151. Indianapolis, IN: Benchmark Press, Inc.

9. Vybiral S, Lesna I, Jansky L and Zeman V “Thermoregulation in winter swimmers and physiological significance of human catecholamine thermogenesis”. *Experim. Physiol.* 2000;85:326-343.
10. Janský L, Janský P, Vávra V, Slováček K, Jandová D. Man in a cold environment: whole body cooling versus local cooling. In: Environmental Ergonomics X. TOCHIHARA Y (ed), Fukuoka, 2002;203-206.
11. Janský L, Matoušková E, Vávra V, Vybíral E, Janský P. Thermal, Cardiac and Adrenergic Responses to Repeated Local Cooling *Physiol. Res.* 2006;55:543-549.
12. Gonzalez-Alonso J, Mora-Rodriguez R, Below PR, Coyle EF. “Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise”. *J Appl Physiol* 1995;79(5):1487-1496.
13. Brandenberger G, Candas V, Folleniu SM, Ibert J, Kahn JM. “Vascular fluid shifts and endocrine responses to exercise in the heat”. *Eur J Appl Physiol* 1986;55:123-129.
14. Laursen PB. Long distance triathlon: demands, preparation and performance. *J. Hum. Sport Exerc.* 2011;6(2):231-237.