

# HIPERTERMIA EN ATLETAS DE ÉLITE DURANTE LA COMPETICIÓN. IMPORTANCIA DE SU CONTROL PARA LA SALUD

## HYPERTHERMIA IN TOP LEVEL ATHLETES DURING COMPETITION. IMPORTANCE ON HEALTH

Julio Calleja-González<sup>1</sup>

Xabier Leibar<sup>2</sup>

Julen Erauzkin<sup>2</sup>

Iñaki Arratibel<sup>1,3</sup>

Nicolás Terrados<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Análisis de Rendimiento Deportivo Departamento de Educación Físico-Deportiva Facultad de Ciencias del Deporte Universidad del País Vasco.  
<sup>2</sup>Centro de Perfeccionamiento Técnico Fadura-Getxo Dirección de Deportes Gobierno Vasco

<sup>3</sup>Laboratorio de Análisis del Rendimiento Deportivo Tolosa Kirol Medikuntza  
<sup>4</sup>Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias-Fundación Deportiva Municipal de Avilés y Departamento de Biología Funcional Universidad de Oviedo

### RESUMEN

**Introducción:** El ejercicio físico intenso puede causar un aumento de la temperatura central por encima de los 38 °C (hipertermia), el cual puede inducir fatiga central, alterando la actividad del área prefrontal cerebral durante el ejercicio en ambientes calurosos demostrado en estudios realizados en laboratorio. Sin embargo, a pesar de que cuanto más intenso y duradero sea el ejercicio más podría aumentar la T<sub>n</sub>, este fenómeno no ha sido estudiado en deportistas de élite en situaciones reales de entrenamiento regular y/o competición y tampoco si dicho incremento pudiera afectar negativamente a su rendimiento y a su salud.

**Objetivo:** El objeto de estudio fue analizar la respuesta de la temperatura central en competición real en deportistas de alto rendimiento.

**Metodología:** Veintinueve atletas (8 ciclistas profesionales, 12 remeros, 3 corredores de resistencia internacionales y 6 triatletas de élite) fueron estudiados. Los sujetos ingirieron 3 horas antes de la competición una píldora que contiene un sensor telemétrico de temperatura interna (CorTemp™ Ingestible Thermometer, HQInc., EE.UU.). También se registraron la temperatura ambiente y la humedad, así como la frecuencia cardíaca mediante una unidad telemétrica.

**Resultados:** La temperatura central máxima registrada durante la competición fue de media de 39,5 °C, con un rango de 38,1 a 42,3 °C. Cinco de los 29 atletas (17%) llegaron a alcanzar temperatura cercana a los 40 °C en condiciones ambientales normotermiales (25 °C). La frecuencia cardíaca osciló en rangos de 185 a 203 lat/min (media, 186).

**Conclusión:** En deportes de resistencia de larga duración la temperatura central del deportista de élite puede llegar a valores muy altos, con medias de 39,5 °C, lo que podría afectar al rendimiento y/o a la salud del deportista. Son necesarios más trabajos en atletas de resistencia durante competición y/o entrenamiento en situaciones ambientales de calor elevado para valorar el efecto del aumento de la T<sub>n</sub> en la fatiga central y la salud.

**Palabras clave:** Temperatura. Rendimiento. Competición. Hipertermia. Fatiga.

### CORRESPONDENCIA:

Julio Calleja-González  
Departamento de Educación Física Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deportiva.  
Universidad del País Vasco (UPV). Lasarte Ataria, z/g. 01007 Vitoria-Gasteiz (Álava). E-mail: julio.calleja@ehu.es

**Aceptado:** 23.07.2009 / Original n° 560

### SUMMARY

**Introduction:** Hyperthermia (increases in core temperature above 38 °C) induced by intense exercise causes central fatigue and reduces time to exhaustion during exercise in the heat. Moreover alter the prefrontal cerebral area activity. The cited studies have been performed in a laboratory setting. However, it remains unclear if elite athletes experience hyperthermia during their competition and furthermore if that could negatively affect performance and health.

**Objective:** The purpose of this study was to measure core temperature response to regular competition in elite athletes.

**Methods:** Twenty-nine athletes (8 professional cyclists, 12 rowers, 3 endurance runners of international level and 6 international triathletes) were studied during competition. At least 3 hour prior to the exercise subjects ingested a pill containing a telemetric temperature sensor (CorTemp™ Ingestible Thermometer, HQInc., USA) which signals were collected and recorded (CorTemp™ 2000 Recorder; HQInc., USA) at rest and frequently during exercise. Dry bulb temperature and relative humidity were also recorded (Kestrel 4000 NK; Nielsen-Kelleman, USA). In addition heart rate was recorded using a telemetric unit (Accurex, Polar, Kempele, Finland).

**Results:** The highest core temperatures recorded during competition ranged from 38.1 to 42.3 °C with (average of 39.5 °C). 5 out of the 29 athletes (17%) reached core temperatures above 40 °C. The highest heart rates during competition ranged from 185 to 203 beats/min (average 186 beats/min).

**Conclusion:** In endurance sports during long lasting competitions events core temperature reaches high levels in elite athletes (39.5 °C). Thus it is possible that endurance performance and health during competition could be affected by hyperthermia. It is necessary more research in endurance athletes during competition or training in the heat to evaluate the effect of core temperature in the central fatigue and health.

**Key words:** Temperature. Performance. Competition. Hyperthermia. Fatigue.

## INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico intenso puede causar un aumento de la temperatura central (Tn) por encima de los 38 °C (hipertermia), el cual puede inducir fatiga central, alterando la actividad del área prefrontal cerebral<sup>1</sup> y, además, reduce el tiempo hasta el agotamiento durante el ejercicio en ambiente caluroso<sup>2</sup>. Durante el ejercicio, la Tn es proporcional a la actividad de metabolismo energético, independientemente de las condiciones medio ambientales<sup>3</sup>. De igual manera, la hipertermia incrementa el estrés oxidativo y de forma selectiva afecta de forma específica a los marcadores lipídicos, independientemente del consumo de oxígeno en humanos<sup>4</sup>. Los estudios anteriormente citados han sido desarrollados en el laboratorio en situaciones controladas y estandarizadas utilizando sujetos medianamente entrenados<sup>1,2</sup> o durante competición con atletas de medio nivel<sup>5</sup>. Sin embargo, a pesar de que cuanto más intenso y duradero sea el ejercicio más podría aumentar la Tn, este fenómeno no ha sido estudiado en deportistas de élite en situaciones reales de entrenamiento regular y/o competición y tampoco si dicho incremento pudiera afectar negativamente su rendimiento y su salud. Existen diversos estudios que realizan la valoración de la repercusión de la práctica de una actividad física en situaciones extremas, tanto deportivas como profesionales y evaluando la intervención con descanso, alimentación e hidratación, muchas de ellas con la utilización de medios de valoración como los utilizados en este estudio.

En este contexto, el objetivo de nuestra investigación fue estudiar la respuesta de la Tn en

competición real en un selectivo grupo de atletas de resistencia de élite, utilizando una píldora que ingerían y que portaba un sistema telemétrico<sup>6</sup>.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Sujetos

Veintinueve voluntarios atletas de élite (8 ciclistas, 12 remeros, 3 corredores de larga distancia y 6 triatletas) fueron analizados durante la competición participando en este estudio, tras haberles explicado todos los detalles de mismo y posteriormente dar su consentimiento por escrito. Las características de los sujetos se pueden observar en la Tabla 1. La investigación fue desarrollada durante la parte final de la temporada deportiva, cuando los deportistas estaban en pleno periodo competitivo. Durante el estudio, todos los sujetos realizaron la totalidad de su programa de entrenamiento. Los entrenadores fueron informados sobre los protocolos experimentales y posibles riesgos y beneficios del proyecto, el cual fue aprobado por el comité local de ética, que otorgó su consentimiento por escrito acorde a la declaración de Helsinki y la ley orgánica 15/ 1999, del 13 de diciembre, con relación a la protección de datos de carácter personal.

### Instrumentos y medidas

#### *Datos antropométricos*

La altura (cm) fue calculada utilizando un tallímetro modelo SECA® (Alemania), con una precisión de 2 mm y un rango de 130-210 cm

Deporte (n = 29)	Ciclismo (n = 8)	Remo (n = 12)	Atletismo (n = 3)	Triatlón (n = 6)
Edad (años)	28 ± 3	26,1 ± 3,6	31 ± 2	30 ± 4
Peso (kg)	55 ± 4,6	81,4 ± 8,8	59,2 ± 3,6	72,18 ± 6,4
Altura (cm)	1,73 ± 5	1,82 ± 5,61	1,78 ± 6	1,80 ± 3,2
Grasa subcutánea Σ 6 pliegues (mm)	7,5 ± 0,6	12,1 ± 3,5	7,6 ± 0,3	7,5 ± 0,4
Años de entrenamiento	8 ± 2	7 ± 2	8 ± 3	6 ± 1

N = 29. % 6 pliegues cutáneos grasos (subescapular, tricúspital, suprailíaco, abdominal, gemelar y crural).

**TABLA 1.**  
Características de los sujetos (media ± desviación estándar)

con el sujeto en un plano (Frankfurt Horizontal). La masa (kg) fue registrada por una máquina de pesaje modelo SECA® (Alemania), con una precisión de 0,2 kg y un rango de 2 a 130 kg. El porcentaje graso fue estimado por las medidas de pliegues subcutáneos (subescapular, tricipital, supraíliaco, abdominal, cuadrípital gemelar) utilizando un lipocalímetro (Harpenden, British Indicators, Ltd.), con una precisión de 0,2 mm.

### Años de entrenamiento

Consideramos dentro de los criterios de inclusión a aquellos atletas que llevaban entrenando 5 años en régimen de alto nivel con un mínimo de (4-5 horas por día de entrenamiento intenso).

### Diseño experimental

Todos los participantes desarrollaron su rutina de precompetición con el menor número de cambios. Aproximadamente 3 horas antes del comienzo del ejercicio ingirieron una píldora que contenía el sensor telemétrico de Tn posteriormente descrito. La Tn se evaluó mediante una píldora que contiene un sensor telemétrico de temperatura (CorTemp™ Ingestible Thermometer, HQInc., EE.UU.) que registra las señales (CorTemp™ 2000 Recorder; HQInc., EE.UU.), durante el ejercicio. El producto presenta un sensibilidad con rango de 0 a 50 °C y una fiabilidad de  $\pm 0,1$  °C. Asimismo, se registraron la temperatura y la humedad ambiental (Kestrel 4000 NK; Nielsen-Kelleman, EE.UU.). Cada píldora contiene un cristal de cuarzo oscilador con transmisores de baja frecuencia de onda de radio con un receptor externo. La píldora ingerible fue introducida aproximadamente 3 horas antes de las competiciones para asegurar su paso por el estómago e insensibilizarla a líquidos calientes o fríos, ya que la temperatura intestinal es un método válido para medir la Tn, como algunos

trabajos han demostrado científicamente<sup>6,7</sup>.

### Frecuencia cardiaca

La frecuencia cardiaca (Fc) fue registrada utilizando una unidad telemétrica (Accurex, Polar, Kempele, Finlandia). Cada deportista estaba familiarizado con el uso del monitor de Fc, dado que habitualmente lo utilizan en sus entrenamientos. La Fc fue registrada cada segundo durante cada competición. Los datos una vez finalizada la prueba fueron introducidos en el disco duro del ordenador mediante un sistema de infrarrojos utilizando un Polar Precision Performance®, con su archivo para cada prueba y sujeto. Los datos registrados se correspondían con la Fc máxima ( $Fc_{m\acute{a}x}$ ) y media ( $Fc_{media}$ ) para cada atleta, en ambos casos expresada como porcentaje de  $Fc_{m\acute{a}x}$  individual.

### Análisis estadístico

Todos los datos se presentan como media y desviación estándar. Se ha empleado una prueba de la t de Student para datos pareados para analizar la significación entre los valores obtenidos. Se ha utilizado un análisis de varianza de medidas repetidas en el tiempo (ANOVA) para determinar el tiempo en el que los diferentes puntos de Tn observados presentaban cambios significativos respecto a valores iniciales. El programa estadístico utilizado ha sido el SPSS V 15.01, statistical software (Chicago, IL, EE.UU.). El nivel de significación fue establecido para una  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Los datos de  $Tn_{m\acute{a}x}$  de cada sujeto y su  $Fc_{m\acute{a}x}$  se presentan en la Tabla 2. En una temperatura ambiente con una media de 25 °C y humedad relativa nunca por encima del 60%, la Tn más alta registrada durante la competición tuvo un rango de 38,1 a 42,3 °C, con una media de 39,5°C. Cinco de un total de 29 atletas, lo que corresponde a un porcentaje del 17%, presentó Tn cercanas a los 40 °C. La  $Fc_{m\acute{a}x}$  durante la competición pre-

**TABLA 2.**  
Temperatura central y frecuencia cardiaca máxima alcanzada por los sujetos durante la competición

Variable	Media $\pm$ desviación estándar	Rango
$Tn_{m\acute{a}x}$ (°C)	39,5 $\pm$ 4,1	38,1-42,2
$Fc_{m\acute{a}x}$ (lat/min)	186 $\pm$ 28	175-200

sentó rangos de 185 a 203 lat/min (media, 186 lat/min).

## DISCUSIÓN

El presente trabajo se desarrolló con la intención de analizar la respuesta de la  $T_n$  durante la competición real en un grupo selectivo de atletas de élite de pruebas de larga duración, dado que existe escasa literatura científica que analice este fenómeno en una población de estas características durante la competición. El mayor hallazgo de nuestro trabajo fue que la  $T_{n_{máx}}$  que alcanzaron dichos deportistas presentó una media de 39,5 °C, con rango entre 38,1 y 42,3 °C, valores que son mucho más elevados de los esperados por los datos de la literatura médica<sup>5</sup>. Hay que destacar, además, que en 5 deportistas de los 29 atletas analizados, es decir, un 17%, se registró una  $T_n$  cercana a los 40 °C, que son valores que podrían afectar a la salud<sup>1</sup>. En un estudio similar con triatletas del Ironman de Hawai, que no eran de alto nivel, se describió una  $T_n$  de 38,1 ± 0,3 °C<sup>5</sup>, utilizando el mismo medidor de  $T_n$ . Esta elevación de la  $T_n$  se produjo en condiciones normotermiales ambientales (25 °C), por lo que se podrían esperar elevaciones aún mayores en situaciones extremas de calor ambiental, utilizando dicho sensor telemétrico, del que previamente se ha demostrado su utilidad para medir la  $T_n$  durante pruebas de larga duración<sup>8</sup>. Por otro lado, las  $F_{c_{máx}}$  registradas en competición son similares a las descritas en otras investigaciones con diferentes

modalidades de deportes de resistencia, como carrera, triatlón, remo, ciclismo, etc., donde se demuestra que la hipertermia incrementa las demandas termorregulatorias reduciendo el rendimiento en ejercicio<sup>9</sup>, atendiendo a los factores que influyen sobre el vaciado gástrico de bebidas durante el ejercicio<sup>10</sup>, siendo el incremento de el consumo de líquidos en las pruebas de larga duración en las que el sujeto dispone de un conjunto de bebidas que disminuye la pérdida de peso provocada por la deshidratación<sup>11</sup>. En conclusión, nuestros datos sugieren que en deportistas de élite durante competiciones de larga duración la  $T_n$  puede llegar a niveles muy elevados (39,5 °C) y superarlos en ciertas condiciones externas que lo faciliten (calor, humedad, ropa deportiva, polución, etc.) o internas que no se tengan en cuenta (nivel de hidratación, intensidad de trabajo, infecciones, trastornos neurológicos, etc.). Por tanto, es posible que el rendimiento y/o la salud del deportista, en nuestro caso los de resistencia, durante las competiciones importantes, pudiera verse afectado por la hipertermia, aspecto que debe considerarse y prevenirse con las medidas oportunas para cada situación.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro grupo quiere agradecer al Prof. Dr. José González-Alonso, del Centro de Medicina del Deporte y Rendimiento Humano, Universidad de Brunel, Londres Oeste, Uxbridge, Middlesex, Reino Unido, sus consejos y aportaciones.

## B I B L I O G R A F Í A

1. Nybo L, Nielsen B. Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol* 2001;91(3):1055-60.
2. González-Alonso J, Teller SL, Andersen FB, Jensen T, Hyldig B, Nielsen. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J Appl Physiol* 1999;86:1032-9.
3. Kenefick, RW, Cheuvront, SN, Sawka MN. Thermoregulatory function during the marathon. *Sports Med* 2007;37(4-5):312-5.

4. McNulty SR, McNulty L, Pascoe DD, Gropper SS, Keith RE, Morrow JD, Gladden LB. Hyperthermia increases exercise-induced oxidative stress. *Int J Sports Med* 2005;26(3):188-92.
5. Laursen PB, Suriano R, Quod MJ, Lee H, Abbiss CR, Nosaka K, Martin DT, Bishop D. Core temperature and hydration status during an Ironman triathlon. *Br J Sports Med* 2006;40(4):320-5.
6. Byrne C, Lim CL. The ingestible telemetric body core temperature sensor: a review of validity and exercise applications. *Br J Sports Med* 2007;41(3):126-33.
7. Edwards AM, Clark NA. Thermoregulatory observations in soccer match play: professional and recreational level applications using an intestinal pill system to measure core temperature. *Br J Sports Med* 2006;40(2):133-8.
8. Byrne C, Lee JK, Chew SA, Lim CL, Tan EY. Continuous thermoregulatory responses to mass-participation distance running in heat. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38(5):803-10.
9. Hirata K, Nagasaka T, Nunomura T, Hirai A, Hirashita M. Effects of facial fanning on local exercise performance and thermoregulatory responses during hyperthermia. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1987;56:43-8.
10. López-Román F, Martínez-González A. Factores que influyen sobre el vaciado gástrico de bebidas deportivas durante el ejercicio. *Arch Med Dep* 2000;108:303-10.
11. López-Román F, Martínez-González A. Estudio comparativo de diferentes procedimientos de hidratación durante un ejercicio de larga duración. *Arch Med Dep* 2008;123:29-38.