

3.1 El efecto del calor en el desempeño

A veces, el fútbol se juega en condiciones ambientales extremas (ya sea frío o calor). Se sabe que el desempeño de la resistencia disminuye en condiciones de calor, pero las disciplinas (de sprint) cortas pueden en realidad beneficiarse de dichas condiciones. En el fútbol, tal vez no tengan impacto en un solo sprint, pero se desarrollará fatiga con más rapidez y disminuirá la cantidad de sprints de alta intensidad. En esta sección vamos a discutir los efectos del calor en el desempeño de la resistencia, las razones por las que esta se ve perjudicada y las estrategias para minimizar el impacto del calor en el desempeño.

La temperatura del cuerpo humano se regula dentro de límites reducidos. Una temperatura normal es de 37 °C. Durante el ejercicio, la temperatura corporal puede aumentar a 39.5 °C, pero, en general, casi nunca alcanza ni supera los 40 °C. Las temperaturas más bajas rondan los 36 °C, por lo que el rango normal es de 36 a 39.5 °C. Para mantener la temperatura central dentro de un rango tan limitado, un complejo sistema de termorregulación se encarga de disipar el calor para evitar el sobrecalentamiento y se conserva el calor corporal para evitar el sobreenfriamiento. En la sección siguiente, vamos a discutir los mecanismos de ganancia de calor y de pérdida de calor y su regulación central a través del hipotálamo.

3.1.1 La termorregulación

Durante el ejercicio en condiciones ambientales calurosas, hay varias maneras en las que un jugador acumula calor. Además, el jugador tiene varios mecanismos para disipar el calor (Wendt, van Loon, & Lichtenbelt, 2007). A la inversa, en condiciones de frío, el cuerpo tiene mecanismos para minimizar la pérdida de calor. Esto permite evitar que la temperatura central suba o baje a niveles peligrosos. Se puede obtener calor del entorno y de la contracción muscular. El estrés por calor ambiental está condicionado por la temperatura ambiente, la humedad relativa, la velocidad del viento y la radiación solar (tanto directamente del sol como la que se refleja del suelo). Durante el ejercicio, los músculos activos producen calor a un ritmo elevado; esta es una de las causas principales de aumento de la temperatura corporal.

Hagamos un cálculo rápido de los posibles efectos de esta producción de calor. En el ejemplo siguiente, haremos los cálculos para un jugador de fútbol de 75 kg con un VO_2 máximo de 4.3 l/min y un 15 % de grasa corporal. El fútbol se juega con una intensidad promedio del 70 % del VO_2 máximo y, por lo tanto, este jugador jugaría con un VO_2 promedio de 3 l/min. El gasto energético es de alrededor de 5 kcal por litro de oxígeno consumido por minuto. Alrededor del 20 % de esto se utiliza para la contracción muscular; el 80 % restante es calor. Por lo tanto, la producción de calor es de 12 kcal/min o 720 kcal/hora (u 837 vatios). La capacidad calorífica específica para el tejido magro es de 0.83 kcal/kg/°C y para la grasa es de 0.41 kcal/kg/°C. Así, para nuestro jugador con un 15 % de grasa corporal, esto significa que la capacidad calorífica específica del cuerpo es de $(0.85 \times 0.83) + (0.15 \times 0.41) = 0.77$ kcal/kg/°C. El

almacenamiento de calor sería entonces de $75 \text{ kg} \times 0.77 \text{ kcal/kg/}^\circ\text{C} = 57.5 \text{ kcal/min/}^\circ\text{C}$.

Esto significa que con 720 kcal de producción de calor se necesitarían 12.5 minutos para aumentar la temperatura corporal 1°C y se necesitarían alrededor de 37 minutos para alcanzar niveles peligrosos. Durante la actividad física de alta intensidad, la producción de calor a través de esfuerzos supramáximos será muchas veces mayor y la temperatura central podría alcanzar niveles críticos en 10 a 12 minutos.

Por lo tanto, los mecanismos para disipar el calor son muy importantes. Si la piel está más caliente que el ambiente, se pierde calor a través de la piel por transferencia física (evaporación del sudor, convección y conducción) al entorno. Si el entorno está más caliente que la piel, se obtiene calor por convección (la convección es el intercambio de calor entre un medio sólido [p. ej., el cuerpo humano] y uno que se mueve [p. ej., el aire o el agua]) y por conducción (transmisión directa de calor al entorno, sin movimiento). Por lo general, la conducción representa solo un porcentaje pequeño de la pérdida de calor (3%). La radiación (transferencia de ondas de energía emitidas desde un objeto y absorbidas por parte de otro) también desempeña un rol importante. Todos los objetos que no tienen temperatura de cero absoluto irradian calor. Nuestro cuerpo irradia calor; el sol irradia calor. La radiación, en condiciones térmicamente neutrales, representa aproximadamente el 60% del total de la pérdida de calor. Cuando la temperatura ambiente es alta y el calor por radiación del sol es alto, la radiación del cuerpo es insignificante, por lo que se obtiene calor. Se obtiene más calor por radiación cuando no hay nubes ni sombra.

La pérdida de calor por evaporación es el método final para disipar el calor. Una pequeña fracción de esto ocurre a través de la ventilación y la difusión para las cuales no tenemos mecanismos de control. Mucho más importante es el enfriamiento por evaporación a través de la sudoración. En el aire seco, se pueden evaporar cantidades importantes de sudor. La evaporación de 1 l de agua por la piel eliminará 573 kcal de calor del cuerpo. Sin embargo, si el entorno está saturado de vapor de agua (es decir, si la humedad relativa es del 100%), el sudor no se evapora y el cuerpo no pierde calor. Por lo tanto, la humedad relativa es un factor importante, ya que una humedad elevada compromete de manera importante la pérdida del sudor por evaporación y el sudor debe evaporarse de la superficie del cuerpo para generar un efecto de enfriamiento. (Jeukendrup y Gleeson, 2018. <https://bit.ly/2LC9XB7>) Cuando el sudor se desliza por la piel, prácticamente no tiene efecto de enfriamiento.

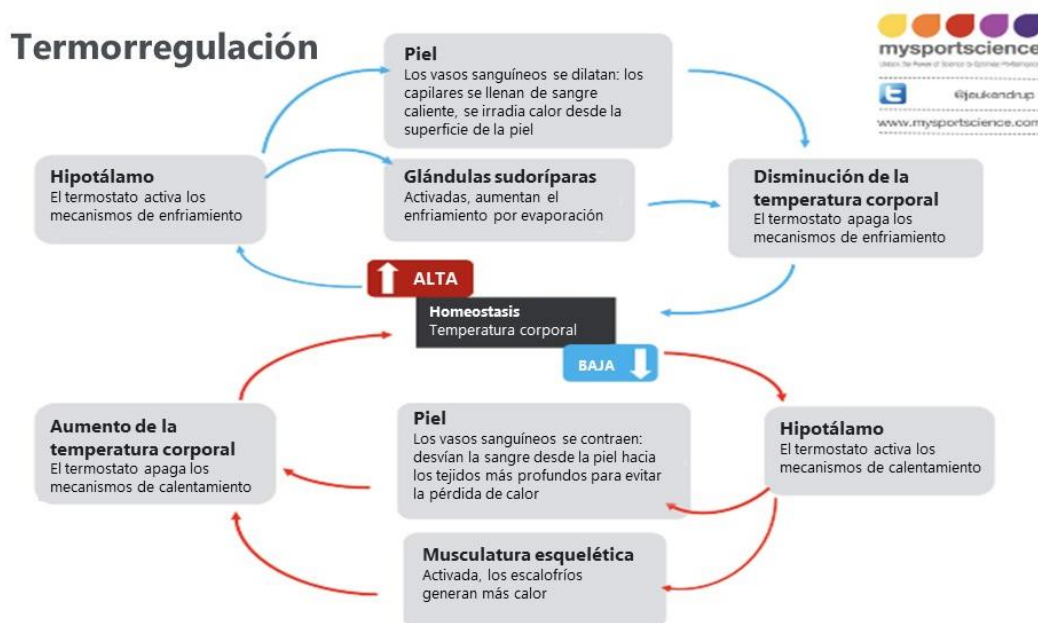
La tasa de transferencia de calor fuera del centro del cuerpo es producto del flujo sanguíneo de la piel y de la diferencia de temperatura entre el interior y la piel. Una primera respuesta es, por lo tanto, un aumento de la vasodilatación cutánea. Los ajustes en el tono vascular cutáneo modularán el flujo sanguíneo de la piel. El flujo sanguíneo no solo se regula a través de respuestas

termorreguladoras, sino también a través de respuestas que no son termorreguladoras. Por ejemplo, la contracción muscular aumentará la demanda de flujo sanguíneo, lo que puede generar una vasoconstricción. Cuando se realiza ejercicio en condiciones calurosas, la circulación cutánea está sujeta a demandas contradictorias: vasoconstricción para permitir un mayor flujo sanguíneo al músculo y vasodilatación para permitir el enfriamiento (Kellogg, Johnson, & Kosiba, 1991).

Por sí solo, es posible que el flujo sanguíneo elevado de la piel no sea suficiente para eliminar el calor del interior del cuerpo durante el ejercicio en condiciones calurosas y húmedas, que es cuando la temperatura de la piel aumenta debido a la incapacidad de evaporar el sudor. La efectividad de este método de pérdida de calor depende en gran parte de la cantidad de superficie corporal disponible para el intercambio de calor y del gradiente de temperatura entre la superficie corporal y el ambiente que la rodea. Una vestimenta inadecuada hace que sea más difícil disipar el calor. Cuando la temperatura ambiente está cerca de la temperatura corporal, la pérdida de calor a través del aumento del flujo sanguíneo de la piel es mínima. El cuerpo, entonces, depende casi por completo del enfriamiento por evaporación (sudoración) (Jeukendrup y Gleeson, 2018. <https://bit.ly/2LC9XB7>).

El hipotálamo es el termostato central que actúa como un termostato normal al garantizar que la temperatura del cuerpo se mantenga dentro de límites relativamente estrechos (Figura 1). El hipotálamo tiene muchas neuronas sensibles al calor y al frío en sus núcleos preópticos y anteriores. Además de percibir la temperatura central, el hipotálamo también recibe información aferente de los termorreceptores de todo el cuerpo, incluidas la médula espinal, las vísceras abdominales, las venas mayores y la piel. Cuando la temperatura corporal aumenta, el propio hipotálamo y estos termorreceptores periféricos lo detectan, por lo que el hipotálamo activará los mecanismos de enfriamiento. Estos incluyen la vasodilatación de los capilares en la piel. La piel se llenará de sangre caliente desde el interior por lo que el calor puede irradiarse al ambiente. Al mismo tiempo, las glándulas sudoríparas se activan para el enfriamiento por evaporación (Figura 1). El resultado es que la temperatura corporal disminuirá, lo que significa que el termostato puede apagarse de nuevo.

Figura 1: La regulación de la temperatura corporal y el rol del hipotálamo



Fuente: Jeukendrup. www.mysportscience.com

El cuerpo también percibe cuando las temperaturas son bajas, por lo que el hipotálamo activa los mecanismos de calentamiento: los vasos sanguíneos de la piel se contraen y así se pierde menos calor y se activa la musculatura esquelética. Las contracciones musculares, en especial los escalofríos, aumentan la producción de calor. Cuando el cuerpo se calienta, el hipotálamo apaga los mecanismos de calentamiento.

3.1.2 El efecto del estrés por calor en el desempeño

Es difícil medir el desempeño futbolístico durante la competición y comparar diferentes condiciones ambientales, pero hay mucha información de los deportes de resistencia. Por ejemplo, cuando se estudiaron los tiempos de maratón en diferentes temperaturas de globo y bulbo húmedo para un tiempo de maratón dado, se descubrió que el desempeño disminuye con el aumento del estrés por calor. Los corredores más rápidos se ven menos afectados por el calor que los más lentos, pero, en todos los casos, la temperatura afecta el desempeño. Los tiempos más rápidos en maratones suelen ocurrir con temperaturas de 10 a 11 °C. Se desconoce la temperatura óptima para el fútbol, ya que el calor puede afectar la resistencia, pero el desempeño del sprint puede mejorar. Es probable que sea una temperatura más alta que la ideal para correr una maratón, pero no demasiado elevada, ya que puede tener un impacto en la resistencia. Grantham y cols. (2010) sugirieron que los jugadores que juegan a una temperatura ambiente por debajo de los 22 °C no están en riesgo de sufrir estrés por calor ni sus consecuencias negativas, mientras que

el riesgo es bajo entre los 22 y 28 °C y alto por encima de los 28 °C. Los partidos de fútbol jugados con 43 °C mostraron una disminución del 7 % en la distancia total de juego y del 26 % en las carreras de alta intensidad (>14 km/h) en condiciones de calor en comparación a las condiciones de control (Mohr, Nybo, Grantham, & Racinais, 2012). Sin embargo, la velocidad máxima de sprint fue un 4 % más alta en condiciones de calor, mientras que no hubo diferencias en la cantidad o la duración de los sprints (>24 km/h). Los índices de éxito de pases y centros fueron un 8 y 9 % más altos en condiciones de calor en comparación a las condiciones de control (Mohr et al., 2012). Jugar en condiciones de calor provocó un aumento drástico de la temperatura central ($T_c: 39.5 \pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$) y muscular ($T_{mu}: 40.3 \pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$) (Mohr et al., 2012).

Un estudio sugirió que, en el fútbol, es posible que la carrera de alta intensidad en realidad no se vea afectada por el calor, sino que más bien, puede cambiar el ritmo y pueden aumentar los tiempos de recuperación (Coker, Wells, & Gepner, 2018).

Sin embargo, un análisis de la Copa Mundial de 2014 en Brasil en condiciones mixtas, algunas extremadamente calurosas, sugiere que los jugadores de alto nivel parecen modular su patrón de actividad durante los partidos en un ambiente caluroso y húmedo (es decir, menos carreras de alta intensidad, pero más de intensidad baja y pases exitosos) para preservar las características generales de los partidos (es decir, una distancia recorrida total similar, un tiempo de juego real similar, la velocidad máxima de carrera y los goles marcados). (Racinais, S., Alonso, J. M., Coutts, A. J., Flouris, A. D., Girard, O., Gonzalez-Alonso, J., Hausswirth, C., Jay, O., Lee, J. K., Mitchell, N., Nassis, G. P., Nybo, L., Pluim, B. M., Roelands, B., Sawka, M. N., Wingo, J. E., Periard, J. D. 2015. <https://bit.ly/2ETri87>)

Durante mucho tiempo, se sostuvo la teoría de que había una temperatura crítica: una vez alcanzada esta temperatura, se generaba la fatiga para intentar evitar daños generados por un aumento continuo de la temperatura central. Esta teoría se basó en una serie de estudios en los que la fatiga coincidió con temperaturas internas alrededor de los 40 °C. Es sorprendente que, con la aclimatación al calor, los sujetos tengan una temperatura central inicial diferente, pero el agotamiento se produce siempre a la misma temperatura. Un estudio de aclimatación realizado durante 10 días de aclimatación al calor demostró que, aunque cada día aumentaba el ejercicio hasta el agotamiento, la temperatura a la que se producía el agotamiento seguía siendo la misma. Esto significa que la tasa de acumulación de calor era cada día más baja.

Otros estudios mostraron que preenfriar el cuerpo puede retrasar el agotamiento, mientras que precalentarlo lo acelerará. Si se comienza el ejercicio con una temperatura inicial menor, se tardará más tiempo en alcanzar el agotamiento y si se comienza con una temperatura más alta, se tardará menos. Pero la temperatura central final siempre fue la misma (alrededor de 40 °C). Por lo tanto, no es sorprendente que se concluyera que había una temperatura central crítica.

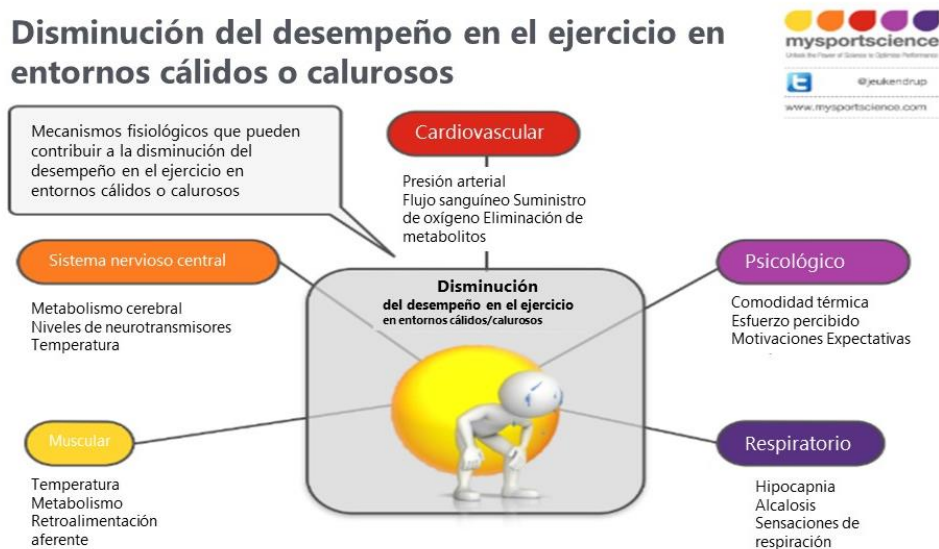
Sin embargo, atribuir la fatiga durante el calor a una sola razón puede ser un poco simplista ya que es probable que sea multifactorial (Nybo, Rasmussen, & Sawka, 2014). Por ejemplo, el desarrollo concomitante de la deshidratación,

que intensifica el esfuerzo fisiológico, parece disminuir la temperatura central tolerable al final de un ejercicio agotador en el calor. Mejorar los niveles de dopamina sináptica (al usar inhibidores de la recaptación de dopamina) aumenta la capacidad de ejercicio en el calor de los sujetos y genera temperaturas internas más altas al final del ejercicio sin que se hayan informado efectos secundarios. En conclusión, los sujetos entrenados parecen tolerar mejor las temperaturas internas más altas que las personas no entrenadas y, por lo tanto, el concepto de una temperatura central crítica como única explicación parece demasiado simplista.

Estudios de campo y de laboratorio han demostrado con claridad que el ejercicio aeróbico se ve afectado por el calor y que es muy probable que las causas de esto sean multifactoriales.

Los mecanismos fisiológicos que pueden contribuir a la disminución del desempeño cuando se realiza ejercicio en ambientes cálidos o calurosos se muestran en la Figura 2. La hipohidratación puede exacerbar estos efectos. Si la hipohidratación es lo suficientemente severa, es probable que todas las funciones fisiológicas se vean comprometidas, aunque los efectos son más selectivos en los niveles de hipohidratación que se encuentran de forma habitual.

Figura 2: Mecanismos fisiológicos que pueden contribuir a la fatiga durante el ejercicio en ambientes cálidos/calurosos



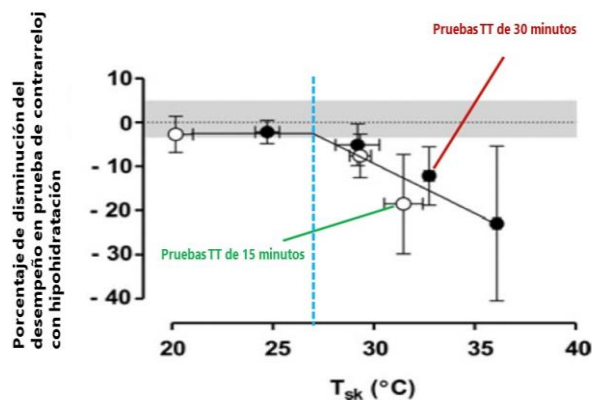
Nybo y cols., Comp Physiol 4: 657-689, 2014

Fuente: Nybo y cols., 2014, <https://goo.gl/ae4Zrd>

Cheuvront, Kenefick, Montain, and Sawka (2010) propuso que la reducción del VO_2 máximo causada por la temperatura cálida/calurosa de la piel podría explicar la deficiencia en el desempeño aeróbico submáximo en el calor. La Figura 3, que contiene datos obtenidos en una serie de estudios donde se midió el desempeño a través de pruebas TT de 15 o 30 minutos, muestra que,

por encima de los 27 grados de temperatura de la piel, el desempeño comienza a disminuir y que, por cada aumento de 1 °C en la temperatura de la piel, el desempeño puede disminuir en un 1.3 %. Por lo tanto, a pesar de que la temperatura central es un determinante fundamental de la fatiga, la temperatura de la piel también parece tener un papel importante.

Figura 3: El desempeño en la prueba de contrarreloj y la temperatura.



Fuente: Cheuvront y cols., 2010, <https://bit.ly/2RtjmAg>.

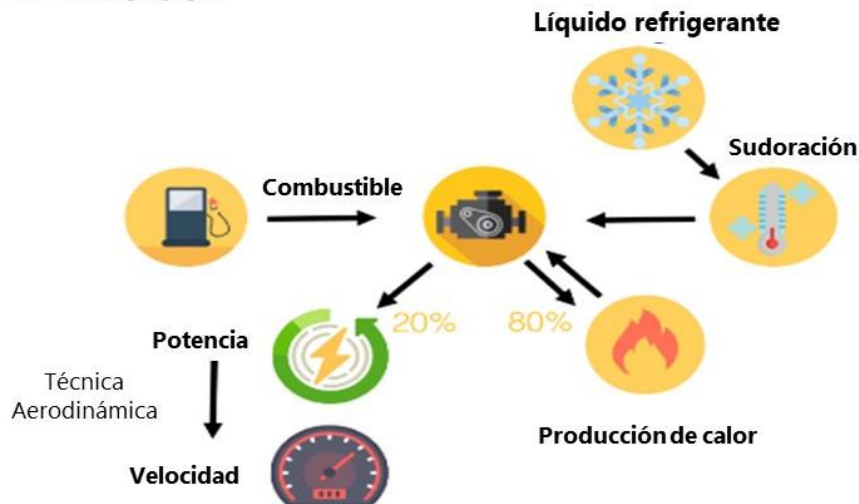
Por encima de los 27 grados de temperatura de la piel, el desempeño comienza a disminuir y por cada aumento de 1 °C, el desempeño puede disminuir en un 1.3 %. Por lo tanto, a pesar de que la temperatura central es un determinante fundamental de la fatiga, la temperatura de la piel también parece tener un papel importante (Cheuvront et al., 2010).

3.1.3 La sudoración

Nuestro mecanismo más importante para disipar el calor en condiciones calurosas es la sudoración. Usemos la analogía del motor de un automóvil (Figura 4).

Figura 4: Producción de calor y enfriamiento. Una analogía con un automóvil

«El motor»



Fuente: Jeukendrup, 2018. www.mysportscience.com

El motor de un automóvil genera calor. Por cada unidad de energía generada por el movimiento, se producen 4 unidades de energía en forma de calor (eficiencia del 20 %). Por cada litro de oxígeno consumido durante ejercicios como andar en bicicleta o correr, se producen alrededor de 16 kJ (4 kcal) de calor y solo se utilizan unos 4 kJ (1 kcal) para realizar el trabajo mecánico. Para un atleta que consume oxígeno a un ritmo de 4 l/min durante el ejercicio, el ritmo de producción de calor en el cuerpo es de alrededor de 917 kcal/h. Solo una proporción pequeña del calor producido por la musculatura esquelética activa se pierde a través de la superficie de la piel, en especial en ambientes calurosos. Más bien, la mayor parte del calor pasa al interior del cuerpo a través del flujo convectivo de sangre venosa que regresa al corazón. Se ha demostrado que la tasa de aumento de la temperatura en el vientre del grupo muscular del cuádriceps está cerca de 1 °C/min durante los primeros momentos del ciclo de alta intensidad. Esta tasa de almacenamiento de calor no puede continuar, ya que las enzimas y las proteínas contráctiles del músculo se inactivarían y en 10 minutos se produciría una desnaturalización inducida por el calor. Por lo tanto, la mayor parte del calor generado en los músculos se transfiere al centro del cuerpo. (Jeukendrup y Gleeson, 2018. <https://bit.ly/2LC9XB7>).

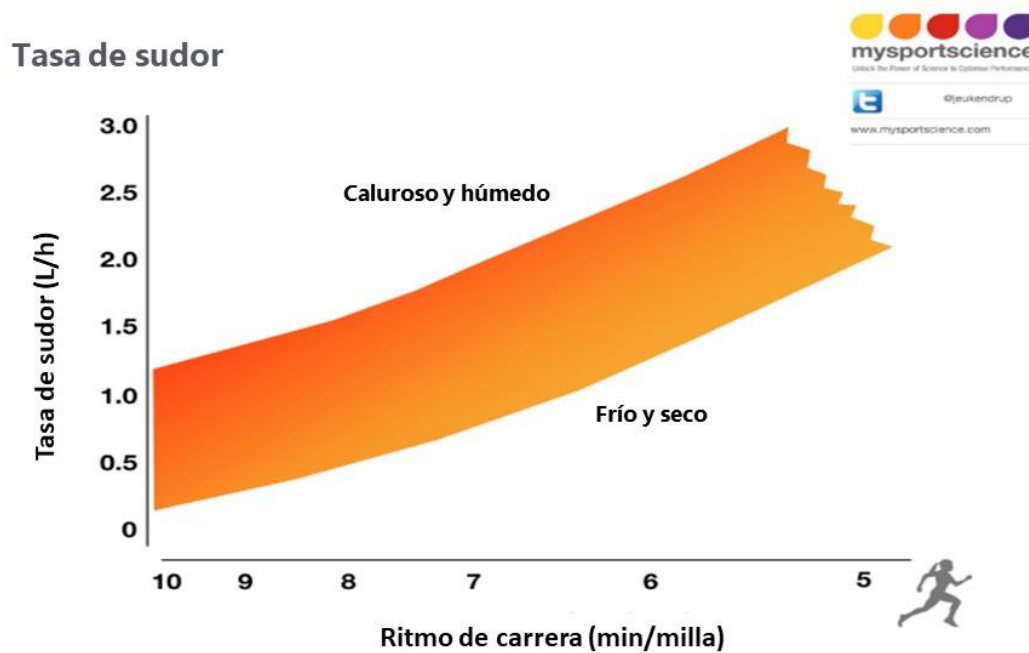
Al igual que un automóvil tiene un sistema de enfriamiento, el cuerpo tiene varios sistemas de enfriamiento, de los cuales el sudor es el más importante cuando hace calor. El flujo sanguíneo desde el centro hasta la piel transportará sangre caliente y la evaporación del sudor enfriará la piel y la sangre debajo de ella. Cuando el volumen de sangre disminuye y el flujo sanguíneo de la piel se reduce, se logra el mismo efecto que cuando se agota el líquido refrigerante de un automóvil.

Los humanos tenemos de 2 a 4 millones de glándulas sudoríparas, pero puede haber grandes diferencias individuales en la cantidad de glándulas y en la manera en que se activan. Esto puede ser la razón por la cual algunas personas sudan más que otras. La activación de las glándulas sudoríparas ecninas hace que el sudor sea secretado en la superficie de la piel, lo que favorece la pérdida de calor a medida que el contenido de agua del sudor se evapora. Estas glándulas se pueden encontrar en todo el cuerpo, con densidades más altas en algunas áreas que en otras. Las glándulas son inervadas por los nervios simpáticos. La estimulación neuronal de las glándulas sudoríparas provoca la secreción de sudor, que se asemeja al plasma sanguíneo pero sin las proteínas. El sudor, por lo tanto, también contiene algunos electrolitos, de los cuales el sodio es el más abundante.

El sudor es hipotónico comparado con el plasma, lo que limita las pérdidas de sodio y otros electrolitos. La concentración de electrolitos en el sudor disminuirá aún más con el entrenamiento y la aclimatación.

Las tasas de sudoración se encuentran entre los 0.5 a 2 l/h, pero pueden alcanzar los 3 l/h en casos extremos. En la Figura 5 se puede ver cómo aumenta la tasa de sudoración con el ritmo de carrera y cómo las condiciones frías y secas o calurosas y húmedas la afectan. Por ejemplo, correr a un cierto ritmo significaría una tasa de sudoración inferior a 1 l/h en condiciones frías y húmedas y una superior a 1.5 l/h en condiciones calurosas y húmedas. Durante el ejercicio intermitente con descansos, lo que importa es la intensidad promedio, teniendo en cuenta los períodos de descanso.

Figura 5: Tasa de sudoración: una función del ritmo de carrera (intensidad) y de las condiciones ambientales



Fuente: Jeukendrup. www.mysportscience.com

Está claro que existen varios factores que determinan las pérdidas de sudor, entre los que se incluyen:

1. La intensidad del ejercicio,
2. La duración del ejercicio,
3. La cantidad de glándulas sudoríparas,
4. La aclimatación,
5. Las condiciones climáticas y
6. La vestimenta.

Tener información acerca de todos estos factores puede ayudar a prever las pérdidas de sudor en los atletas. En una de las secciones siguientes discutiremos cómo se pueden prever las pérdidas de sudor.

3.1.4 La deshidratación y los efectos en la termorregulación

Cuando la sudoración se convierte en la principal forma de disipar el calor, la pérdida de sudor debe compensarse con la ingesta de líquidos para evitar la deshidratación. Aunque los niveles bajos de deshidratación pueden ser aceptables, las pérdidas más grandes pueden afectar las funciones fisiológicas. A medida que el cuerpo se deshidrata de forma progresiva, el volumen de sangre disminuirá y esto afectará tanto al flujo sanguíneo de la piel como a la producción de sudor. Esto a su vez generará una reducción en el flujo sanguíneo de la piel y, por lo tanto, en la tasa de sudor. Esto puede, entonces,

dar lugar a un aumento o a un aumento más rápido de la temperatura central, lo que provoca fatiga y posibles lesiones por calor en los tejidos corporales.

La deshidratación también reduce la temperatura central que una persona puede soportar, ya que la temperatura central en el momento de agotamiento es por lo general unos 0.4 °C (0.7 °F) más baja en estado de deshidratación. Las razones principales por las que la deshidratación tiene un efecto adverso en el desempeño durante el ejercicio incluyen las siguientes:

- Reducción en el volumen de la sangre
- Disminución del flujo sanguíneo en la piel
- Disminución de la tasa de sudor
- Disminución de la disipación del calor
- Aumento de la temperatura central
- Aumento de la tasa de uso de glucógeno muscular

La reducción del gasto cardíaco máximo es el mecanismo fisiológico más probable por el cual la deshidratación disminuye la capacidad de correr de una persona. La deshidratación causa una caída en el volumen plasmático y una disminución del volumen sanguíneo aumenta la viscosidad (espesor) de la sangre, disminuye la presión venosa central y reduce el retorno venoso de la sangre al corazón. Durante el ejercicio de máxima intensidad, estos cambios pueden disminuir el llenado del corazón durante la diástole (la fase del ciclo cardíaco en la que el corazón está relajado y llenándose de sangre antes de la siguiente contracción), lo que reduce el volumen sistólico y el gasto cardíaco. Durante el ejercicio en un entorno caluroso, la vasodilatación de la piel reduce la proporción del gasto cardíaco disponible para los músculos que trabajan.

Un mayor aumento de la temperatura central durante el ejercicio en estado de deshidratación se asocia con una respuesta exagerada de catecolaminas. Esto, a su vez, puede provocar un aumento de las tasas de descomposición del glucógeno en el músculo en ejercicio, lo que puede contribuir a un inicio más temprano de la fatiga en el ejercicio prolongado.

La hipohidratación también parece atenuar la fuerza, la potencia y la resistencia de alta intensidad en alrededor de un 2 %, 3 % y 10 %, respectivamente, lo que sugiere que las alteraciones en el agua corporal total afectan algún aspecto de la generación de fuerza. Aunque los mecanismos no se entienden bien, las demandas fisiológicas de fuerza, potencia y resistencia de alta intensidad sugieren que las alteraciones en las funciones cardiovasculares, metabólicas o de amortiguación son responsables de la disminución del desempeño asociada con la hipohidratación (Jeukendrup & Gleeson, 2018). También se ha sugerido que la hipohidratación puede afectar de forma directa algunos componentes del sistema neuromuscular, pero esto todavía no ha sido investigado. (Jeukendrup y Gleeson, 2018. <https://bit.ly/2LC9XB7>).

Además de los efectos en el sistema cardiovascular y en los músculos, la deshidratación también está asociada con una disminución de la tasa de vaciado gástrico de los líquidos ingeridos durante el ejercicio en el calor. Por ejemplo, un estudio reveló una reducción del 20 al 25 % en el vaciado gástrico cuando los sujetos tenían una deshidratación del 5 % de su masa corporal (Neufer, Young, & Sawka, 1989). Un vaciado gástrico reducido afectará el aporte de carbohidratos y líquidos durante un partido o entrenamiento y es probable que cause más molestias gastrointestinales.

La deshidratación representa un riesgo grave para la salud, ya que aumenta el riesgo de calambres, agotamiento por calor y golpes de calor que ponen en peligro la vida. Para juzgar el riesgo de una enfermedad por calor inducida por el ejercicio, es importante poder medir el estrés por calor. La temperatura ambiental es solo una parte de este estrés por calor. El índice de calor también tiene en cuenta la humedad y, por lo tanto, es un mejor indicador del estrés por calor que la temperatura. Sin embargo, el índice de calor tampoco tiene en cuenta todos los factores y, por ejemplo, se ignora la radiación de calor. El índice de calor, por lo tanto, puede ser adecuado para condiciones en las que hay sombra y viento leve, pero no para condiciones más expuestas. La temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT) es una medición más adecuada para las situaciones con luz solar directa. La WBGT tiene en cuenta factores como la radiación solar, como así también la temperatura y la humedad. Para medir la WBGT, es necesario tener un medidor de WBGT.



Estrés por calor

El estrés por calor puede ser un desafío para el sistema cardiovascular y, en casos extremos, puede poner en peligro la vida. Se distinguen varias enfermedades por calor con diferentes tipos de calambres por calor, agotamiento por calor y golpes de calor.

Calambres por calor: calambres musculares inducidos por el ejercicio que parecen ocurrir con más frecuencia en condiciones de calor. Sin embargo, no tienen ninguna relación con la temperatura central.

Síncope por calor: Deshidratación, fatiga, visión de túnel, piel pálida o sudorosa, disminución de la frecuencia cardíaca, mareos, aturdimiento, desmayos.

Agotamiento por calor: Temperatura corporal normal o elevada (37 a 40 °C), deshidratación, mareos, aturdimiento, cefalea, diarrea, disminución del gasto urinario, calambres musculares persistentes, palidez, sudoración profusa, escalofríos, piel fría y húmeda, calambres intestinales, deseo de defecar, debilidad, hiperventilación.

Golpe de calor por esfuerzo: Temperatura corporal alta (>40 °C), somnolencia, mareos, cambios de comportamiento, confusión, desorientación, aturdimiento, cefalea, diarrea, vómitos, deshidratación, piel caliente, hipotensión, debilidad, hiperventilación.

Tratamiento/acciones inmediatas

- **Síncope por calor**
 - Retirar del entrenamiento o competición
 - Permitir al jugador descansar en la sombra, abanicarlo y rociarle agua
 - Aflojar o quitar la vestimenta
 - Proporcionar sorbos de agua
 - Controlar la temperatura y comprobar si hay confusión mental
- **Agotamiento por calor o golpe de calor**
 - Llamar de inmediato a una ambulancia o a los servicios de emergencia
 - Acostar al jugador en la sombra con las piernas elevadas
 - Desvestir al jugador tanto como sea posible
 - Rociarle agua y abanicarlo
 - Enfriar de la mejor manera posible: inmersión en agua, bolsas de hielo
 - Si el paciente está consciente, darle sorbos de agua
 - Controlar las vías aéreas y la respiración

Aparte de los efectos en el desempeño, el calor puede afectar la salud. Con frecuencia se reportan calambres por calor (espasmos involuntarios del músculo que ocurren más en el calor). La enfermedad por calor más común es el agotamiento por calor. El sistema cardiovascular se ajusta pero estos ajustes no son suficientes para regular la temperatura de forma adecuada, con frecuencia disminuye el volumen sanguíneo central, el retorno de sangre venosa y también la presión arterial. Otros síntomas incluyen cefalea, náuseas, mareos, piel de gallina y debilidad general.

A continuación, encontrarán algunas recomendaciones para los organizadores de carreras o, en este caso, para los entrenadores de fútbol. Estas son las

directrices de la Federación de Fútbol de EE. UU. (Figura 6). En primer lugar, la WBGT debe calcularse a partir de los datos obtenidos del pronóstico del tiempo. Esta tabla se puede utilizar como recomendación sobre cómo programar la práctica. Existen dos regiones en los EE. UU., las regiones del sur, donde los jugadores están más aclimatados al calor y pueden tolerar temperaturas algo superiores (TAC3), y las regiones del norte, que deben tomar medidas ante las temperaturas un poco más bajas. El consejo es tener más descansos, reducir la duración de las prácticas o trasladarlas hacia un momento del día más fresco.

Figura 6: Directrices para el calor en el entrenamiento futbolístico de la Federación de Fútbol de EE. UU.

TAC I	NIVEL DE ALERTA	WBGT POR REGIÓN (°F)			CONDICIONES DEL EVENTO	RATIOS DE TRABAJO: DESCANSO RECOMENDADOS (ACTIVIDADES Y DESCANSOS)
		TAC 1	TAC 2	TAC 3		
>31°C	NEGRO	>86.2°	>89.8°	>92.0°	Condiciones extremas	No entrenar al aire libre, posponer el entrenamiento hasta que esté más fresco o cancelarlo.
29-30°C	ROJO	84.2-86.1°	87.8-89.7°	90.1-91.9°	Alto riesgo de enfermedades relacionadas con el calor	Máximo de una hora de entrenamiento con 4 descansos de 4 minutos por hora. No se permite acondicionamiento adicional.
27-29°C	NARANJA	81.1-84.1°	84.7-87.7°	87.1-90.0°	Riesgo moderado de enfermedades relacionadas con el calor	Máximo de dos horas de entrenamiento con 4 descansos de 4 minutos por hora O un descanso de 10 minutos cada 30 minutos de entrenamiento.
25-27°C	AMARILLO	76.3-81.0°	79.9-84.6°	82.2-87.0°	Condiciones poco ideales	3 descansos de 4 minutos separados en cada hora O un descanso de 12 minutos cada 40 minutos de entrenamiento.
<25°C	VERDE	<76.1°	<79.8°	<82.1°	Condiciones buenas	Actividades normales. 3 descansos de 3 minutos separados en cada hora O un descanso de 10 minutos cada 40 minutos.



Futbol dos EUA Reconhecer para recuperar: Diretrizes de calor

Fuente: Federación de Fútbol de EE. UU., 2018. <https://bit.ly/2Q9UiK5>

