PubliCE, (PubliCE) 2006

Monograph

Efectos de una Carrera Submáxima de Corta Duración Realizada a Diferentes Horas del Día sobre el Impacto provocado por el Calor

Candi D Ashley[1], Philip Bishop[4], Paul Reneau[2] y Jane Roy[3]

[1]*University of South Florida, Tampa, FL.*
[2]*Fairmont State University, Fairmont, WV.*
[3]*University of Alabama at Birmingham, Birmingham, AL.*
[4]*University of Alabama, Tuscaloosa, AL, Estados Unidos.*

RESUMEN

En climas calurosos, en las primeras y en las últimas horas del día se alcanzan los menores valores de calor radiante y de temperatura de bulbo seco, mientras que se alcanzan los mayores valores de humedad. El propósito de este estudio fue determinar las respuestas provocadas por el estrés por calor en carreras realizadas a diferentes horas del día. Corredores de sexo masculino moderadamente entrenados (n=10) realizaron tres carreras de 4.84 km por la mañana, el mediodía y la tarde, a un ritmo seleccionado por ellos mismos en un ambiente caluroso. La temperatura del bulbo húmedo (WBGT) fue utilizada para evaluar las condiciones ambientales. Se registraron la frecuencia cardiaca y la temperatura rectal, antes y después de cada serie de ejercicio. Las temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo fueron mayores durante las carreras llevadas a cabo en horas de la mañana ($p<0.05$). Los tiempos de carrera, las frecuencias cardiacas y las temperaturas rectales no fueron diferentes entre las pruebas ($p>0.05$). En nuestros corredores experimentados, las respuestas al estrés térmico durante carreras submáximas y de corta duración llevadas a cabo por la mañana, el mediodía, y la tarde fueron equivalentes. La suposición de que las carreras realizadas en las primeras horas del día o en las últimas horas de la tarde evitan las alteraciones provocadas por el calor parece no ser correcta. Sin embargo, parece que la aclimatación puede servir para mejorar los mecanismos de disipación del calor y reducir el impacto provocado por este.

Palabras Clave: ejercicio, aclimatación, clima, ambiente

INTRODUCCION

En los meses de verano, el estrés por calor es un factor importante que deben considerar tanto los corredores como los otros atletas que compiten al aire libre, en términos de rendimiento y salud. El incremento en la carga metabólica con el ejercicio provoca el aumento de la temperatura en los músculos activos y la sangre circulante transfiere el calor hacia el núcleo del cuerpo resultando en un incremento de la temperatura central. Para transportar el calor lejos del núcleo corporal, la vasodilatación periférica acompañada por el incremento del gasto cardíaco y por ende de la frecuencia cardiaca (FC) producen la transferencia del calor hacia la piel. Para ayudar a remover el calor de la piel, la producción de

sudor se incrementa lo cual permite que se produzca la pérdida de calor por evaporación. La pérdida de agua corporal como resultado de la tasa de sudoración resulta en una reducción del volumen plasmático, aumentando la viscosidad de la sangre y aumentando el impacto cardiovascular provocado por el incremento del flujo sanguíneo hacia la piel y hacia los músculos (1, 2, 3, 4).

Además del incremento en el estrés por calor provocado por el incremento en la carga metabólica, ciertas condiciones ambientales pueden incrementar el impacto provocado por el calor y desmejorar la disipación del mismo. Una clave para asegurar el entrenamiento de los atletas de resistencia en climas calurosos puede estar relacionada con la determinación de las condiciones ambientales, correspondientes a las distintas horas del día, que minimizan el impacto provocado por el calor. El rendimiento de resistencia y la temperatura ambiente están directamente relacionadas (5). El intercambio seco de calor, particularmente la pérdida de calor por convección, depende del gradiente de temperatura entre la piel y el ambiente. Cuanto menor sea este gradiente, más lentamente se disipará el calor. Si la temperatura ambiental es mayor que la temperatura de la piel, se producirá la acumulación de calor. Además, si el aire circundante se mueve lentamente este puede actuar como una capa aislante próxima al cuerpo. Por último, pero más importante, a medida que aumenta la humedad ambiente, se reduce la tasa de pérdida de calor por evaporación. Cuando la disipación de calor es menor que la producción, la temperatura central aumenta resultando en una reducción de la capacidad para hacer ejercicio y en un incremento del riesgo de que se produzcan alteraciones provocadas por el calor (2).

El Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) recomienda que se debería tener precaución cuando la temperatura ambiental es próxima a la temperatura del bulbo húmedo (WBGT) de 28ºC (6). Durante los meses de verano, especialmente en los estados del sur de Estados Unidos, la WBGT puede exceder fácilmente los límites recomendados por el ACSM incrementando el riesgo de que se produzcan complicaciones médicas relacionadas con el calor. Sin embargo, la realización de ejercicios cuando las condiciones ambientales producen una menor WBGT (i.e., bajas temperaturas y bajas humedades ambientales) reducirá el impacto provocado por el calor e incrementará el rendimiento deportivo y la seguridad (5). Generalmente, la temperatura ambiente es menor durante las horas de la mañana y aumenta a lo largo del día antes de disminuir hacia la noche, mientras que la humedad es mayor en horas de la mañana y cae a medida que la temperatura aumenta (7). Debido a que la pérdida de calor por evaporación da cuenta de aproximadamente el 80% de la disipación del calor durante el ejercicio, la realización de ejercicios durante las horas de menor humedad relativa puede optimizar las pérdidas de calor por evaporación y reducir el impacto provocado por el calor. Inversamente, la realización de ejercicios en las primeras horas del día o en las últimas horas de la tarde reduce la carga de calor radiante y convectivo. En condiciones de laboratorio diseñadas para simular las condiciones ambientales de la mañana y el anochecer, Cochrane y Sleivert (7) hallaron valores equivalentes de FC y de temperatura rectal (T_{RE}) durante dos carreras de dos horas al 70% del VO_2 máx. Con las condiciones ambientales de la mañana, los participantes comenzaron a ejercitarse con una temperatura de bulbo seco (TDB) de 24ºC con un incremento de 0.5ºC en la temperatura cada 15 min hasta alcanzar una temperatura de 27.5ºC. La humedad relativa se redujo desde 78.5 a 65.5%. La condición simulada del anochecer comenzó con una TDB de 27.5ºC y se redujo en 0.5ºC cada 15 minutos hasta alcanzar una temperatura de 24ºC. La humedad relativa se incrementó desde 65.5 a 78.5%. Sin embargo los participantes de esta investigación realizaron una larga serie de ejercicio continuo y los investigadores no examinaron las condiciones ambientales del mediodía.

Hay un retraso en el comienzo de la sudoración que alcanza el equilibrio a aproximadamente los 30 minutos de ejercicio. Durante una serie más corta de ejercicio, la disipación de calor podría depender más fuertemente del intercambio seco de calor para reducir el impacto provocado por este, aun con altos valores de humedad relativa. La realización de ejercicios durante las horas de la mañana o de la tarde, cuando la temperatura ambiente es más baja podría mejorar el intercambio seco de calor y causar un menor impacto provocado por el calor. Sin embargo, en un estudio que examinó las respuestas fisiológicas al calor durante dos series de ciclismo de 30 minutos de duración con temperaturas de 32 y 23ºC y 60% de humedad relativa, se observaron valores similares de T_{RE} en ambas condiciones (8). Por lo tanto, el propósito principal de este estudio fue determinar los efectos de las condiciones ambientales asociadas con diferentes horas del día sobre las respuestas fisiológicas durante carreras submáximas de corta duración.

METODOS

Sujetos

Diez corredores moderadamente entrenados de sexo masculino (30.6±5.6 años) con un VO_2 de 56.9±7.1 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ y un porcentaje de grasa corporal de 12.2±3.3% se ofrecieron voluntariamente para participar en este estudio. El kilometraje semanal promedio de los participantes era de aproximadamente 32.2 km/semana, con un rango que iba desde los 9.68 a los 88.55 km/semana. Previamente a la realización de cualquier evaluación, todos los procedimientos recibieron la aprobación del Comité de Revisión Institucional para la Protección de Sujetos Humanos, y se obtuvo el consentimiento informado por

escrito de los todos los sujetos.

Procedimientos

Antes de comenzar con las evaluaciones se llevaron a cabo las mediciones de los pliegues cutáneos en tres sitios, calculando subsiguientemente la grasa corporal mediante la utilización de las ecuaciones derivadas por Jackson y Pollock (9). El protocolo de evaluación consistió de un test para evaluar la capacidad aeróbica máxima (VO_2 máx.) y tres carreras submáximas de 4.84 km (3 millas). Antes del test de VO_2 máx., los participantes realizaron una breve entrada en calor cuyo contenido fue seleccionado por los propios sujetos. El protocolo para la evaluación del VO_2 máx. implicó que los sujetos corrieran a su propio ritmo en una cinta ergométrica motorizada a una intensidad entre moderada y alta. Los sujetos fueron estimulados a elegir un ritmo de carrera que fuera ligeramente más rápido que el utilizado normalmente durante sus entrenamientos. La inclinación inicial de la cinta ergométrica fue de 0º y se incrementó en 2º cada 3 minutos hasta que los participantes llegaran al agotamiento. Se asumió que los sujetos alcanzaban el VO_2 máx. si se observaban dos de los siguientes criterios: a) una FC dentro de los 10 latidos/min de la FC máxima estimada a partir de la edad, b) una estabilización en el VO_2 (menos de 150 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) a pesar del incremento en la carga, o c) un valor de RER mayor que 1.0. En cada etapa del test, gases espirados fueron analizados utilizando un Sistema de Análisis Metabólico Beckman y la FC fue valorada utilizando un dispositivo para el monitoreo de la FC (Polar Instruments, Brooklyn, NY). Dentro de las dos semanas posteriores a la evaluación del VO_2 máx., cada participante realizó, en orden equiparado entre los sujetos, tres carreras submáximas de 4.84 km (3 millas) a un ritmo confortable, en un recorrido de 400 metros con piso de césped y sin sombra. Los tests fueron llevados a cabo aproximadamente a las 6 AM, al mediodía y a las 6 PM CDT en los meses de Julio, Agosto y Septiembre en el sudeste de los Estados Unidos. Se les pidió a los sujetos que en las 4 horas previas a los tests no consumieran alimentos, y debido a los potenciales efectos de la vestimenta sobre la disipación de calor, se les pidió a los participantes que utilizaran la misma vestimenta en todos los tests. Los tests estuvieron separados por un período mínimo de 48 horas y un período máximo de 14 días. El ritmo en cada pasada de 400 m fue monitoreado de manera que el tiempo total para los 4.84 km fuera equivalente para cada participante. Los participantes utilizaron monitores de frecuencia cardíaca a lo largo de toda la carrera y la FC fue registrada preejercicio e inmediatamente postejercicio, así como también a los 2 y 5 minutos posteriores a la carrera, utilizando para estos fines un monitor de frecuencia cardíaca (Polar Instruments, Brooklyn, NY). La temperatura rectal fue valorada preejercicio e inmediatamente postejercicio así como también a los 2 y 5 minutos post ejercicio utilizando una termoclupla que fue insertada 8 cm más allá del esfínter anal, utilizando un termómetro digital Alnor Digitherm modelo 6629 (Alnor Instrument Co., Skokie, IL). El sistema termométrico fue calibrado antes de cada test utilizando un termómetro de mercurio colocado en un baño caliente. En cada prueba se valoró la WBGT. La temperatura de bulbo húmedo (T_{WB}) fue valorada utilizando un termómetro de mercurio con una mecha de algodón humedecido. La temperatura de bulbo seco (TDB) fue valorada utilizando solamente el termómetro de mercurio. La temperatura de globo (T_G) fue valorada utilizando un termómetro de mercurio insertado en un globo de cobre pintado de negro mate. La humedad relativa fue calculada a partir de las temperaturas de bulbo húmedo y de bulbo seco.

Análisis Estadísticos

Se llevaron a cabo análisis estadísticos descriptivos con todos los datos. Para determinar las diferencias entre las carreras submáximas en términos de condiciones ambientales o de respuestas fisiológicas asociadas con el impacto provocado por el calor se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para meciones repetidas. El nivel de significancia fue establecido a $p<0.05$.

RESULTADOS

Las condiciones ambientales se muestran en la Tabla 1. Las condiciones ambientales fueron significativamente diferentes entre las carreras ($p<0.05$). La T_{WB} fue significativamente menor durante las carreras llevadas a cabo por la mañana que durante las realizadas al mediodía ($p=0.007$). La TDB fue significativamente menor durante las carreras llevadas a cabo en las mañanas en comparación con las llevadas a cabo tanto al mediodía como al atardecer ($p=0.000$). La T_G y la WBGT fueron significativamente menores durante las carreras llevadas a cabo en horas de la mañana y en horas de la tarde ($p=0.000$). La humedad relativa fue menor durante las carreras llevadas a cabo al mediodía ($p=0.000$). Las variables de rendimiento asociadas con las carreras submáximas se muestran en la Tabla 2. Los tiempos totales para cada prueba no fueron significativamente diferentes ($p=0.757$). La frecuencia cardíaca promedio durante las carreras submáximas correspondió a aproximadamente el 90% de la frecuencia cardíaca máxima alcanzada durante el test de VO_2 máx. No se observaron diferencias en los valores de la FC registrados antes, inmediatamente después, a los 2 min o a los 5 minutos posteriores a las pruebas ($p=0.448$, 0.371, y 0.355, respectivamente). La T_{RE} preejercicio fue significativamente menor ($p=0.000$) durante las carreras llevadas a cabo por la mañana, probablemente debido al ritmo circadiano de la T_{RE} (10).

Asimismo, las T_{RE} registradas inmediatamente postejercicio, y las registradas 2 y 5 min postejercicio no fueron diferentes entre las distintas pruebas (p=0.300, 0.111 y 0.103, respectivamente)

	Carrera de la mañana (1)	Carrera del mediodía (2)	Carrera de la tarde (3)
Temperatura de bulbo húmedo (°C)	23.2 ± 2.8	27.1 ± 2.0	24.5 ± 2.8 †
Temperatura de bulbo seco (°C)	24.3 ± 4.3	34.1 ± 3.7	30.1 ± 5.0 ‡
Temperatura de globo (°C)	27.0 ± 8.4	45.8 ± 6.9	33.3 ± 7.6 *
Temperatura de globo húmedo (°C)	23.2 ± 2.8	27.1 ± 2.0	24.5 ± 2.8 *
Humedad relativa (%)	96.7 ± 10.4	70.4 ± 9.1	87.0 ± 9.3 *

Tabla 1. *Condiciones ambientales durante las carreras de 4.84 km (3 millas). † Significativamente diferente (1≠2) * Significativamente diferente (1,3≠2); ‡ Significativamente diferente (1≠2,3).*

	Carrera de la mañana (1)	Carrera del mediodía (2)	Carrera de la tarde (3)
Tiempo (s)	1479.8±158.4	1497.0±169.8	1533.0±160.2
TRE Pre Ejercicio (°C)	36.1 ± 0.25	36.6 ± 0.30	36.6 ± 0.35‡
TRE Post Ejercicio (°C)	38.2 ± 0.97	38.1 ± 1.23	38.4 ± 1.09
TRE 2 min de Recuperación (°C)	38.1 ± 0.39	38.7 ± 0.83	38.5 ± 0.46
TRE 5 min de Recuperación (°C)	38.0 ± 0.36	38.4 ± 0.94	38.5 ± 0.35
FC Preejercicio (latidos/min)	67.5 ± 10.06	79.0 ± 15.89	77.5 ± 13.41
FC Postejercicio (latidos/min)	171.7 ± 15.7	177.7 ± 14.6	168.7 ± 15.2
FC 2 min de la Recuperación (latidos/min)	120.4 ± 20.5	133.7 ± 20.6	128.4 ± 20.0
FC 5 min de la Recuperación (latidos/min)	112.2 ± 22.0	127.2 ± 25.0	120.5 ± 20.1

Tabla 2. *Variables fisiológicas y de rendimiento durante las carreras de 4.84 km (3 millas). ‡ Significativamente diferente (1≠2,3).*

DISCUSION

Efectos Fisiológicos del Impacto Provocado por el Calor

El aumento del calor acumulado por medio del incremento en la producción o ganancia de calor o por la reducción en la pérdida de calor está asociado con el incremento de la FC y con la elevación de la T_{RE}, así como también con la reducción del rendimiento y con el incremento del riesgo de complicaciones médicas asociadas con el calor. En nuestro estudio, los índices de estrés por calor ambiental, reflejados en la elevación de la T_{WB}, T_G, TDB y de la WBGT fueron mayores durante las carreras llevadas a cabo en horas del mediodía. De este modo, uno debería esperar observar signos fisiológicos asociados a un mayor impacto provocado por el calor. Sin embargo, para nuestros participantes, la realización de una serie de ejercicio submáximo de corta duración representativa de ejercicios que se realizan al aire libre a diferentes horas del día no produjo diferencias significativas en el impacto provocado por el calor, lo cual se hubiera evidenciado a partir del incremento en la FC o en la T_{RE} durante o después de las carreras. Estos respalda los hallazgos de Cochrane y Sleivert (7). Tatterson et al. (8) obtuvieron resultados similares con ciclistas, aunque el mayor movimiento relativo del aire afecta las respuestas al estrés por calor y al impacto provocado por este en comparación con las situaciones en donde el movimiento relativo del aire es lento. Asimismo, en el estudio de Cochrane y Sleivert (7), las frecuencias cardíacas de los participantes alcanzaron una meseta luego de aproximadamente 20 minutos de ejercicio y las T_{RE} se estabilizaron luego de aproximadamente 30 minutos, la duración aproximada de las carreras. Los resultados de nuestro estudio son una extensión de los hallazgos de los estudios previos. Nuestras condiciones ambientales fueron más representativas de las condiciones ambientales reales que se experimentan durante la realización de ejercicios al aire libre, ya que nuestras pruebas no fueron realizadas bajo condiciones de laboratorio. Además, las pruebas llevadas a cabo en nuestro estudio tienen una

fuerte validez ecológica, ya que los participantes de nuestro estudio eran corredores recreacionales aclimatados al calor. Sin embargo, se podría argumentar que nuestros participantes no alcanzaron el equilibrio térmico debido a la corta duración del ejercicio y a la relativamente alta intensidad utilizada. Asimismo, debido a la intensidad relativamente alta del ejercicio, se podría argumentar que los sujetos estuvieron en la condición de estrés por calor no compensable por lo cual los sujetos nunca alcanzarían un verdadero equilibrio sin reducir su tasa metabólica.

Aclimatación e Impacto Provocado por el Calor

Está bien establecido que los efectos negativos del estrés por calor sobre el rendimiento pueden ser atenuados mediante un período de aclimatación (6, 11, 12, 13). Los cambios fisiológicos producidos por la aclimatación incluyen el incremento del volumen plasmático, el aumento de la tasa de sudoración, la reducción de la FC para una determinada carga de trabajo, la vasodilatación a una menor temperatura central, y la reducción de la acumulación de sangre en la periferia (11, 12, 13). Los sujetos de la presente investigación eran corredores experimentados acostumbrados a ejercitarse en el calor. Por o tanto, probablemente habían sufrido la aclimatación al calor y habían experimentado los cambios fisiológicos asociados. Esto es ecológicamente válido, ya que la mayoría de los deportistas recreacionales que practican sus respectivos deportes al aire libre se aclimatan naturalmente a los climas calurosos. Además, al igual que los corredores con mucha experiencia en la realización de ejercicios en ambientes calurosos, nuestros sujetos eligieron un ritmo que pudieran tolerar para correr los 4.84 km.

Se ha sugerido que los individuos entrenados en resistencia muestran algunas adaptaciones que acompañan la aclimatación, y que las adaptaciones adicionales se producen con el entrenamiento en el calor (11, 12). El VO_2 máx. de nuestros participantes fue indicativo de un alto nivel de aptitud cardiorrespiratoria. Por lo tanto, parece lógico asumir que el nivel de aptitud física de nuestros participantes haya atenuado los desafíos fisiológicos que provoca el ejercicio en ambientes calurosos.

Conclusiones

En conclusión, los resultados de nuestro estudio sugieren que una serie de ejercicio submáximo de corta duración llevada a cabo a diferentes horas del día en condiciones calurosas resultó en cambios equivalentes en la FC y en la T_{RE} y por lo tanto en un impacto equivalente provocado por el calor, en hombres jóvenes con buena aptitud física. Sin embargo, es probable que nuestros experimentados corredores estuvieran aclimatados al calor, y por lo tanto tuvieran un mecanismo mejorado de disipación del calor, lo cual redujo el impacto provocado por este. Cuando se planifican sesiones de ejercicios submáximo de corta duración a llevar a cabo en climas calurosos por deportistas aclimatados, las primeras horas del día o las últimas horas de la tarde no parecen tener un beneficio adicional con respecto a la reducción del impacto provocado por el calor tal como lo creíamos previamente. Por lo tanto la suposición de que las sesiones de ejercicio aeróbico de corta duración llevadas a cabo en las primeras horas de la mañana o al anochecer evitan las complicaciones médicas asociadas al calor parecen no tener fundamento. La posibilidad de sufrir el impacto provocado por el calor siempre debe ser considerada cuando se realizan ejercicios en estas condiciones.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Ashley CD, PhD., School of Physical Education, Wellness and Sports Medicine, University of South Florida, Tampa, Florida, Estados Unidos, 33620. Teléfono (813) 974-4980; Fax: (813) 974-4979; correo electrónico: ashley@tempest.coedu.usf.edu

REFERENCIAS

1. Gisolfi CV (1983). Temperature regulation during exercise: Directions. *Med Sci Sports Exer;15(1):15-20*
2. Gisolf CV, Wenger CB (1984). Temperature regulation during exercise: Old concepts, new ideas. *Exer Sport Sc Rev;12:339-372*
3. Rowell LB (1974). Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiol Rev; 54: 175-159*
4. Sawka MN Wegner CB (1986). Physiological responses to acute exercise-heat stress. *In: Pandolf KB, Sawka MN, Gonzalez RR editors. Traverse City, MI: Cooper Publishing Group; 97-125*
5. Cheuvront SN, Haynes EM (2001). Thermoregulation and marathon running: Biological and environmental influences. *Sports Med; 31(10):743-76*
6. American College of Sports Medicine (1987). Position stand: The prevention of thermal injuries during distance running. *Med Sc Sports Exerc; 19 (5):529-533*
7. Cochrane DJ, Sleivert GG (1999). Do changing patterns of heat and humidity influence thermoregulation and endurance performance?. *J Sci Med Sport; 2(4):322-332*
8. Tatterson AJ, Hahn AG, Martin DT, FebraioMA (2000). Effects of heat stress on physiological responses and exercise performance

in elite cyclists. *J Sci Med Sport; 3(2):186-193*
9. Jackson A, Pollock M, Ward A (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc; 12:175-182*
10. Vitello MV, Smallwood DH, Avery RA, Pascualy RA, Martin DC, Prinz PN (1986). Circadian temperature rhythms in young adult and aged men. *Neurobiol Aging; 7: 97-100*
11. Aoyagi Y, McLellan TM, Shephard RJ (1997). Interactions of physical training and heat acclimation: The thermophysiology of exercising in a hot climate. *Sports Med; 23(3):173-210*
12. Armstrong LE, Maresh CM (1991). The induction and decay of heat acclimation in trained athletes. *Sports Med; 12(5):302-312*
13. Neilson B (1994). Heat stress and acclimation. *Ergonomics; 37(1):49-58*

Cita Original

Ashley CD, Reneau PD, Roy JP, Bishop, PA. Effects of a Short, Submaximal Run at Different Times of Day on Heat Strain. JEPonline; 9 (1): 58-63, 2006.