PubliCE, (PubliCE) 2002

Monograph

Efectos de la Exposición Aguda al Calor sobre la Fuerza Muscular, Resistencia Muscular, y Potencia Muscular en Atletas Euhidratados

Andrew M Hedley[1], Mike Climstein[1,2] y Ross Hansen[3]

[1]*Faculty of Health Sciences, The University of Sydney, Lidcombe, New South Wales, Australia 2059.*
[3]*School of Nursing, The University of Sydney, Sydney, Australia 2141.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar los efectos de la exposición aguda al calor sobre la fuerza muscular, resistencia muscular, y potencia muscular en atletas euhidratados. 10 hombres, entrenados en fuerza (edad promedio=23.0±4.0 años) se ofrecieron para participar en esta investigación. Los sujetos permanecieron al azar en una condición normotérmica (22,5ºC, 65% de humedad relativa [RH]) o hipertérmica (65-75ºC, 15% RH) durante 30 minutos. Los resultados indicaron que todos los sujetos experimentaron un estrés hemodinámico significativo ($p<0.05$) debido a los 30 minutos de exposición al calor (presión sanguínea $[BP]_{reposo}$ 124/78mm Hg hasta $BP_{postsauna}$ 148/60mm Hg, frecuencia cardiaca $[HR]_{reposo}$ 64 lat./min hasta $HR_{postsauna}$ 122 lat./min). Las mediciones de la temperatura oral y timpánica correlacionaron fuertemente ($r^2=0.904$) y se incrementaron en 2.48 y 2.71ºC, respectivamente durante la exposición al sauna. La fuerza en una repetición máxima (1RM) en press de banca no difirió entre las 2 condiciones, mientras que la 1RM en prensa de piernas disminuyó significativamente ($p<0.05$) después del protocolo hipertérmico. La resistencia muscular de los sujetos disminuyó significativamente ($p<0.05$) en tanto la prensa de piernas (29.2%) como en press de banca (15.8%) después de la exposición al sauna. En contraste, la potencia muscular (salto vertical) se incrementó significativamente (3.1%, $p<0.05$) después de la exposición aguda al calor. Coincidiendo con estudios previos, nosotros concluimos que la exposición aguda al calor es perjudicial para la resistencia muscular; sin embargo, las áreas de la fuerza y la potencia están mucho menos claras.

Palabras Clave: rendimiento muscular, hidratación, press de banca, prensa de piernas, salto vertical

INTRODUCCION

Recientemente la cuestión de la influencia de la exposición al calor sobre el rendimiento en el ejercicio ha recibido considerable atención a través de los deportes difundidos por los cuerpos gubernamentales y los medios. Tradicionalmente, la mayoría de los investigadores ha investigado los efectos perjudiciales del calor excesivo sobre la fisiología del ejercicio (21, 27) y las manifestaciones clínicas de la hipertermia de ejercicio (13, 18, 33). Pero ningún estudio ha investigado los efectos de la exposición aguda de todo el cuerpo sobre la fuerza muscular, resistencia muscular, y potencia muscular.

Los estudios de calor localizado (8, 11, 15, 24, 25) usando inmersión en agua para incrementar la temperatura muscular son los únicos estudios que investigaron el efecto del calor en los parámetros de rendimiento muscular antes mencionados. Los estudios sobre hipohidratación (3, 27, 36, 37) que usa sauna para medir los efectos de la deshidratación sobre la fuerza, resistencia y potencia muscular constituyen una medición indirecta de los cambios en tales parámetros debido al estrés térmico aplicado. La incongruencia de tales métodos crea correlaciones entre las dos especulaciones.

Además, los 2 métodos de exposición al calor han revelado hallazgos inconsistentes. Los estudios de deshidratación (3, 36) y calor localizado (8, 11, 15, 24, 25) coinciden acerca de que la exposición al calor que incrementa significativamente la temperatura muscular es perjudicial para el rendimiento muscular. Las áreas de la fuerza y potencia muscular están mucho menos claras. En general, los experimentos de calor localizado han demostrado que la exposición aguda falla en afectar la fuerza (8, 24) y es beneficiosa para la potencia muscular (28, 29), mientras que los métodos de hipohidratación reportaron que la fuerza muscular no fue afectada (26) o disminuida (37), así como la fuerza y potencia muscular (37).

Poco es conocido con respecto a los efectos de la exposición al calor sobre la producción de fuerza. Además, no se sabe si el estado de deshidratación de los sujetos experimentales de deshidratación causa los resultados reportados.

De este modo, el propósito de este estudio fue examinar los efectos de la exposición aguda al calor (30 minutos en un sauna a 65-75ºC, humedad relativa [RH] 15%) sobre la fuerza muscular, potencia muscular, y resistencia muscular en el individuo euhidratado. Por consiguiente, los sujetos experimentaron un procedimiento de hidratación previamente validado (35) para anular los efectos de la deshidratación provocados por la exposición al sauna.

METODOS

Sujetos

10 hombres sanos, de 23.0±4.0 años de edad (rango de 22-33 años) fueron reclutados de la universidad o de gimnasios locales y se ofrecieron voluntariamente a participar en este estudio. Los sujetos tenían una experiencia promedio en entrenamiento de la fuerza de 3.1±1.5 años (rango 1.5-12 años).

Los datos descriptivos de los sujetos son presentados en la Tabla 1. Todos los sujetos fueron completamente informados acerca de todos los procedimientos y los riesgos inherentes implicados, y ellos proporcionaron un consentimiento informado por escrito para participar. Los sujetos fueron asignados al azar a 2 condiciones: normotérmica o hipertérmica. Los sujetos fueron sus propios controles ya que participaron en ambas condiciones.

Evaluaciones

La experimentación fue conducida durante 3 semanas consecutivas. Las evaluaciones iniciales fueron dedicadas a completar los consentimientos informados y a las mediciones iniciales biográficas y fisiológicas.

La talla fue evaluada usando un estadiómetro estándar, y la masa corporal fue medida usando una balanza triple (Wedderburn, Sydney, Australia) con una apreciación de 0.1kg. La estimación de los pliegues cutáneos de la grasa corporal fue medida con calibres Harpenden usando los sitios y métodos descritos por Telford et al. (34). El porcentaje de grasa corporal fue estimado usando la ecuación de densidad de Jackson y Pollock (17) y la ecuación de Brozek et al. (5). La masa magra (LBM) fue determinada por la sustracción de la masa grasa (porcentaje de grasa x masa corporal) de la masa corporal total. Las mediciones antropométricas de la masa corporal y el porcentaje de grasa fueron tomados en el estado postabsortivo (3.0 horas postingesta) para determinar una estimación de la LBM. La LBM fue usada para determinar el consumo de fluidos requerido para el procedimiento de hidratación (35). Las presiones sistólica (SBP), diastólica (DBP), y arterial media (MAP) sanguíneas en reposo fueron evaluadas por auscultación. La frecuencia cardiaca (HR) fue evaluada usando una técnica telemétrica y fue evaluada con los sujetos descansando sentados.

Las muestras sanguíneas venosas usadas para la determinación del hematocrito (Hct) fueron tomadas a partir del dedo o el lóbulo de la oreja, dependiendo de la preferencia del sujeto. Las muestras venosas fueron tomadas a partir del mismo sitio (i.e., dedo u oreja) durante todas las mediciones. La sangre para las determinaciones del Hct en duplicado fue medida por medio de la técnica de microhematocrito usada por Dill y Costill (10). El Hct sanguíneo fue corregido para el plasma atrapado (0.96 x Hct).

El orden de evaluación fue diseñado para minimizar los efectos de la fatiga muscular sobre las evaluaciones subsiguientes del rendimiento; por consiguiente, la fuerza muscular fue determinada antes de la evaluación de la resistencia muscular.

Antes de la determinación de 1 repetición máxima (1RM) en press de banca y prensa de piernas, los sujetos reportaron su 1RM estimada en base a la experiencia pasada. Los valores de 1RM estimada fueron usados para facilitar la más apropiada determinación de los pesos de las evaluaciones.

La determinación de 1RM en press de banca fue conducida en una máquina Universal cargada con lingotes para propósito de seguridad. Todos los sujetos realizaron una serie de entrada en calor de 10 repeticiones y 1 serie de 3 repeticiones con el 50 y 70% de su 1RM estimada, respectivamente. La entrada en calor fue mantenida constante a través de todas las evaluaciones. Fueron realizados intentos subsiguientes en press de banca con cargas incrementales con incrementos de 5 a 1.25kg hasta que no pudieron ser logrados más incrementos en el peso. Los sujetos descansaron 2 minutos entre cada intento. Fueron requeridos de 4 a 7 intentos para determinar cada 1RM de cada sujeto con una apreciación de 1.25kg (1).

La 1RM en prensa de piernas fue evaluada en una máquina de prensa de piernas con pesos libres de 45º estándar. La entrada en calor y el protocolo de evaluación usado fue idéntico al descrito para el ejercicio de press de banca; sin embargo, fueron usadas cargas incrementales de 10 a 2.5kg (1). Fueron requeridos 8 intentos para determinar la 1RM de cada sujeto con una apreciación de 2.5kg.

La altura del salto vertical (VJ) fue determinada por medio del procedimiento saltar y alcanzar (30) usando el salto con contramovimiento con impulso de brazos. El mejor de 4 intentos fue registrado como la máxima altura del salto vertical.

La segunda y tercera sesiones de evaluación implicaron la randomización del tratamiento experimental (condición normotérmica o hipertérmica) para determinar la significancia de la exposición al calor sobre la fuerza muscular, potencia muscular, y resistencia muscular. Fueron usados protocolos de evaluación idénticos para cada condición.

Inmediatamente antes de la segunda visita al laboratorio, los sujetos experimentaron un procedimiento de hidratación para asegurar la adecuada hidratación antes de las evaluaciones. Fue requerido que cada sujeto ingiriera 6ml de agua por kilogramo de LBM, cada 2.5 horas durante 12 horas. Este criterio está basado en el procedimiento de hidratación previamente descrito por Thompson y Cummins (35).

Antes del comienzo de ambas condiciones experimentales, fue registrada la masa de cada sujeto, y luego fue tomada una muestra de sangre capilar para la evaluación del Hct, después de los cual los sujetos descansaban durante 30 minutos a temperatura de la habitación (temperatura ambiente de 22-24ºC, RH 25%).

Para simular la condición hipertérmica, los sujetos descansaban en un sauna seco diseñado a medida (temperatura ambiente de 65-70ºC, RH 15%) durante 30 minutos en una posición sentada.

Para simular la condición normotérmica, los sujetos descansaban a la temperatura de la habitación (temperatura ambiente de 22-25ºC, RH 25%) durante 30 minutos en una posición sentada.

Durante ambas condiciones, a los sujetos se les permitió beber agua fría (4ºC) ad limitum. La cantidad de agua consumida fue medida con una apreciación de 10ml. La presión sanguínea (BP), temperatura oral (termómetro digital automático), temperatura timpánica (Braun IRT 1020), y comodidad térmica (12) fueron medidas 25 minutos antes de la condición experimental (T_{-25}), inmediatamente antes de la condición experimental (T_0), cada 10 minutos durante la condición experimental (T_{10}, T_{20}, T_{30}), y 10 minutos después de la condición experimental (T_{40}).

Después de 30 minutos, los sujetos se secaron y fue registrada su masa corporal. Una muestra de sangre capilar fue nuevamente tomada para volver a valorar el Hct. Las evaluaciones de fuerza, resistencia y potencia muscular fueron conducidas en el siguiente orden: altura del VJ, 1RM en press de banca, 1RM en prensa de piernas, 75% de 1RM en press de banca, 75% de 1RM en prensa de piernas. Para disminuir cualquier potencial influencia de la condición que pueda haber afectado a la psique de los sujetos durante las mediciones de la fuerza, a los sujetos se les impidió que observaran los pesos que se trataban de levantar.

La resistencia muscular fue evaluada como el máximo número de repeticiones completadas con el 75% de la fuerza de 1RM de cada sujeto (36) en los aparatos de press de banca y prensa de piernas, y la carga fue calculada a partir de las mediciones iniciales. A los sujetos se les permitió realizar una entrada en calor de 8 repeticiones con el 50% del peso evaluado.

En la semana 3, los grupos normotérmico e hipertérmico se invirtieron, y fueron usados protocolos idénticos que en la semana 2.

Análisis Estadísticos

Los análisis estadísticos consistieron de 2 diseños. Un diseño randomizado en bloque fue usado para determinar la

significancia estadística entre las condiciones para las variables de fuerza, resistencia y potencia muscular. Fue usado un diseño de mediciones repetidas para determinar la significancia estadística entre las condiciones a partir de las variables, masa corporal, Hct, HR, BP, temperatura, y comodidad térmica. El nivel de significancia de 0.05 fue establecido a priori.

RESULTADOS

Los valores medios para HR, SBP, DBP, MAP, y comodidad térmica son presentados en la Tabla 2. La HR se incrementó significativamente ($p<0.05$) en 58 lat./min (90.63%) a partir del estado de reposo durante la exposición al sauna, mientras que no hubo ningún cambio en la HR en la condición normotérmica. La presión sistólica también se incrementó significativamente ($p<0.05$) con respecto al valor presauna, desde 122mm Hg hasta 148mm Hg al final de la exposición al sauna. No hubo ningún cambio en la SBP durante la condición normotérmica. La DPB disminuyó significativamente (-23.1%, $p<0.05$) durante la condición hipertérmica, mientras que no fue observado ningún cambio durante la condición normotérmica. Por consiguiente, un incremento en la SBP y una disminución en la DBP resultaron en una pequeña, pero significativa disminución ($p<0.05$) en la MAP durante la exposición al sauna. No hubo ninguna diferencia en la comodidad térmica durante la condición normotérmica, con los sujetos valorando su comodidad como “indiferente”; sin embargo, los sujetos experimentaron un cambio significativo ($p<0.05$) en la comodidad térmica durante la exposición al sauna, donde todos los sujetos clasificaron su comodidad térmica como “muy incomoda” y “abrasadora” (valores 11 o 12 en la escala sobre 12 valores posibles).

No hubo ningún cambio en la masa corporal en ambas condiciones; sin embargo, la falta de cambio en la masa corporal fue debido a la capacidad de los sujetos de consumir fluidos ad limitum durante el sauna. Durante la exposición al sauna fue consumido significativamente más fluido ($p<0.05$) en comparación con la condición normotérmica (736 y 263ml, respectivamente). Esto probablemente explica la falta de cambio en la masa corporal después de la exposición al sauna.

La cantidad de incremento o disminución de fluidos fue calculada por la suma del consumo de fluidos al cambio de la masa corporal. Durante la condición normotérmica, fue asumido que no fueron perdidos fluidos; por lo tanto, todos los fluidos consumidos representaron los fluidos ganados. La disminución en la masa corporal durante la condición hipertérmica fue despreciable (0.2kg); por lo tanto, los 736ml consumidos durante la exposición al sauna se tradujeron en una pérdida de fluidos acumulativa de 956ml. Estas pérdidas en los fluidos corporales a través de la transpiración son enfatizadas por el cambio significativo en el Hct desde 43.15 hasta 45.35% después del sauna. Esta disminución en el volumen de fluidos del plasma sanguíneo es evidente por la deshidratación parcial causada por la condición del sauna, pero la severidad de la deshidratación y la localización de la partición del agua corporal entre los espacios de fluidos no pudo ser determinada por medio de los métodos usados en este estudio.

La Tabla 3 indica los cambios en la fuerza, resistencia, y potencia muscular después de las 2 condiciones. La fuerza de 1RM en press de banca no difirió entre las 2 condiciones (+0.2%); sin embargo, la fuerza en prensa de piernas estuvo significativamente disminuida después de la exposición hipertérmica (-4.0%). En promedio, los sujetos realizaron significativamente ($p<0.05$) menos repeticiones en la prensa de piernas (-29.2%) y en press de banca (-15.8%) después de la exposición al sauna. En contraste, la potencia muscular (VJ) se incrementó significativamente (+3.1%, $p<0.05$) después de la exposición al calor.

La Figura 1 representa el cambio en las temperaturas orales y timpánicas durante la exposición al sauna. Hubo un incremento significativo ($p<0.05$) en las temperaturas orales y timpánicas, 2.48 y 2.71ºC, respectivamente, desde el reposo hasta la medición a los 30 minutos en el sauna (T_{30}). Hubo una fuerte correlación ($r^2=0.904$) entre las temperaturas orales y timpánicas; sin embargo, la temperatura timpánica fue consistentemente más alta ($y=0.857x + 4.683$, $r^2=0.904$) para todas las mediciones en ambas condiciones.

Variable	Media±DS
Edad (años)	23.0±1.3
Talla (cm)	176.3±1.6
Peso (kg)	77.8±2.4
Porcentaje de grasa (%)	12.7±0.8
Pliegues cutáneos (8 sitios) (mm)	75.3±6.7
Experiencia en entrenamiento de la fuerza (años)	3.1±0.5

Tabla 1. *Características de los sujetos.*

Parámetro	Normotérmica		Hipertérmica	
	Pre	Post	Pre	Post
HR (lat./min)	64.0±3.1	63.6±2.3	64.2±1.5	122.0±5.0 *
SBP (mm Hg)	124.0±2.2	124.6±1.8	123.6±2.0	147.8±4.8 *
DBP (mm Hg)	77.6±1.5	77.4±1.4	78.0±1.5	60.8±3.7 *
MAP (mm Hg)	93.2±1.6	93.4±1.2	93.2±1.6	89.6±2.7 *
Comodidad Térmica (1-12)	6.0±0.2	6.0±0.2	5.3±0.3	11.6±0.2 *

Tabla 2. *Cambios en la frecuencia cardiaca, presión sanguínea, y comodidad térmica en las condiciones normotérmica y hipertérmica. Los valores son expresados como media±DS. HR=frecuencia cardiaca; SBP=presión sistólica sanguínea; DBP=presión diastólica sanguínea; MAP=presión arterial media. * p<0.05 desde la condición pre- a post-test.*

Parámetro	Normotérmica	Hipertérmica
Fuerza en press de banca (kg)	111.2±6.3	111.4±6.4
Resistencia en press de banca (reps.)	9.5±0.7	8.0±0.7 *
Fuerza en prensa de piernas (kg)	237.5±13.9	227.7±13.5 *
Resistencia en prensa de piernas (reps.)	12.0±0.7	8.5±0.5 *
VJ (cm)	45.1±2.7	46.5±2.7 *

Tabla 3. *Cambios en la fuerza, resistencia, y potencia muscular en condiciones normotérmicas e hipertérmicas. Los valores son expresados como media±DS. VJ=salto vertical. * p<0.05.*

Parámetro	Condición Inicial	Normotérmica		Hipertérmica	
		Pre	Post	Pre	Post
Masa corporal (kg)	77.3±2.2	77.7±2.4	78.0±2.4	77.8±2.4	77.5±2.4 *
Fluidos consumidos (ml)	--	--	262.5±40.4 *	--	735.5±54.6
Pérdida de fluidos (ml/30 min)	--	--	--	--	-990.0±54.7 *
Hct (%)	44.5±0.8	42.9±0.8	43.1±0.7	43.1±0.9	45.3±0.7 *

Tabla 4. *Cambios en la masa corporal, fluidos, y Hct en las condiciones normotérmicas e hipertérmicas. Hct=hematocrito; los valores son expresados como media±DS; * p<0.05 desde la condición pre- a post-test.*

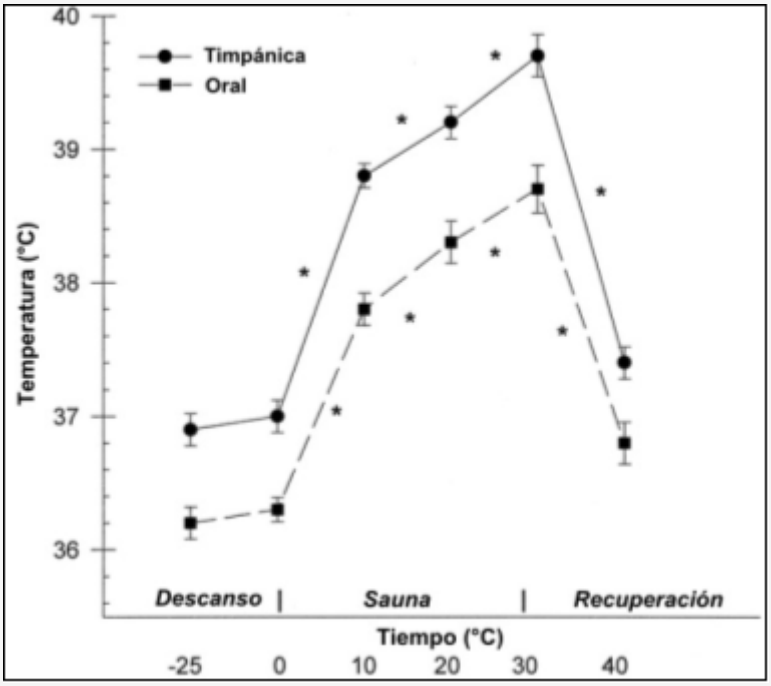


Figura 1. *Cambios en las temperaturas timpánicas y orales durante la exposición al sauna. Los valores son expresados como media±DS. * p<0.05.*

DISCUSION

Los cambios hemodinámicos y de temperatura indican que los sujetos en este estudio experimentaron un estrés térmico significativo debido a las condiciones de sauna aplicadas (30 minutos a 65-75ºC, RH 15%) (20, 38). Los incrementos en las mediciones de las temperaturas orales y timpánicas en este estudio fueron consistentes y similares a los resultados de estudios previos que trabajaron con sauna (14, 19).

Una respuesta similar en la presión sanguínea ha sido descrita por anteriores investigadores (19, 23). Interesantemente, Kukkonen-Harjunla et al. (19) encontraron las mismas dificultades como en el presente estudio para medir la DBP manualmente durante la exposición al sauna. Grandes disminuciones en la DBP son indicativas de gran dilatación del sistema arterial como en la respuesta termorregulatoria en la exposición al calor.

Ha sido demostrado que la exposición al sauna tiene un profundo efecto de deshidratación (7, 26, 27). Por lo tanto, uno de los objetivos principales de este estudio fue evitar la deshidratación por medio del uso de un protocolo de hidratación pre-experimental previamente validado (35). Los resultados del Hct (Tabla 4) muestran el éxito de este protocolo en la expansión del volumen plasmático antes de la experimentación. Pero el éxito del procedimiento de hidratación para evitar los efectos de la deshidratación del sauna son inciertos. El Hct sanguíneo se incrementó en una cantidad similar a la encontrada en los estudios clásicos de deshidratación con sauna (7, 10), pero disminuyó hasta llegar apenas arriba de los niveles iniciales de no hidratación (Tabla 4). Así, en retrospección, hubiera sido necesario medir los cambios en el Hct causados por el sauna en el estado de no hidratación para formar un segundo grupo control.

Los estudios sobre calor localizado (8, 11, 15, 24, 25) y sobre calor con deshidratación (3, 36) han demostrado que la exposición al calor que incrementa significativamente la temperatura muscular es perjudicial para la resistencia muscular. Las disminuciones significativas en la resistencia del tren superior (7.6%) y la menor resistencia del tren inferior (29.2%) en el presente estudio apoyan tales conclusiones.

Las explicaciones para los efectos deletéreos del calor sobre la exposición muscular dependen de los estudios de Edwards et al. (11). Ellos encontraron que las limitaciones fisiológicas a las contracciones repetitivas durante la exposición al calor fueron el aumento de la utilización de trifosfato de adenosina, el incremento de la velocidad de catabolismo de fosfocreatina, y el aceleramiento de la glucólisis anaeróbica.

Más recientemente, Nielsen et al. (22) descartaron tales observaciones, reportando hallazgos experimentales de diferencias no significativas en la tasa de captación de glucosa entre el ejercicio en ambientes cálidos y fríos. La naturaleza aeróbica del ejercicio en su estudio, sin embargo, puede haber sido la causa de las discrepancias entre este y el estudio de Edwards et al. (11).

Mientras que la exposición al calor fue perjudicial para la resistencia muscular, fuerza muscular y potencia muscular (Tabla 3), el VJ fue ligeramente (3.1%), pero significativamente incrementado en el presente estudio. Solo 1 investigador ha encontrado incrementos de la potencia después de la exposición al calor (28). Exponiendo las piernas al calor localizado, Sargeant (28) encontró que la potencia pico evaluada mediante el rendimiento en un esprint en una bicicleta ergométrica a velocidades equivalentes de 220, 380, y 560º.s^{-1} se incrementó en un 5, 11, 27%, respectivamente (32). Sargeant (28) concluyó que la magnitud del efecto de la temperatura fue dependiente de la velocidad debido a que ocurrió un desplazamiento de la curva de velocidad hacia la derecha en las velocidades más altas. Apoyando esta conclusión, otros estudios han encontrado incrementos pequeños, pero no significativos en la potencia a bajas velocidades (2, 32).

Esta relación velocidad-potencia dependiente de la temperatura puede también explicar porque Davies y Young (9) no encontraron un efecto de la temperatura durante los ejercicios de ciclismo (no especificado, pero posiblemente a bajas velocidades), pero encontraron un incremento significativo en la altura del salto desde una posición erguida cuando la flexión plantar excedía los 1000º.s^{-1} Tales hallazgos explican el incremento significativo en la altura de salto encontrado en el presente estudio. Viitasalo et al. (37) encontraron incrementos similares en la altura de salto después de una exposición a un sauna única durante una experimentación de deshidratación; sin embargo, este resultado fue revertido después de una segunda exposición.

Los presentes datos apoyan la práctica de una entrada en calor antes de la realización de ejercicios de potencia máxima de alta velocidad, y parece que la metodología para incrementar la temperatura muscular no es importante; sin embargo, el tiempo óptimo para el protocolo de entrada en calor es crítico.

La evaluación de la fuerza de 1RM después de los protocolos eutérmicos y hipertérmicos presentaron resultados conflictivos (Tabla 3). La fuerza en press de banca no fue afectada, pero la fuerza en prensa de piernas disminuyó ligera, pero significativamente (4%).

Los estudios de calor localizado han demostrado que la exposición de la musculatura que trabaja al calor no afecta la fuerza isométrica máxima (11, 24, 32). Sin embargo Viitasalo et al. (37), usando un sauna para investigar los efectos de la deshidratación, encontraron una disminución (7.8%) en la fuerza de las piernas similar a la del presente estudio. Es posible que la deshidratación sea la variable común de ambos estudios, causando la disminución de la fuerza. Confundiendo a esta teoría está el hecho de que la fuerza está determinada por la capacidad del sistema nervioso de reclutar de forma máxima las unidades motoras, y es improbable que las reducciones moderadas en el agua muscular en estos estudios disminuyera esta capacidad (16, 31).

Los sujetos describieron un sentimiento unificado de malestar después de la exposición al sauna consistente con la disminución de la motivación para el ejercicio como fue descrito por Bruck y Olschewski (6). Es posible que los sujetos fallaran en reclutar en forma máxima la masa muscular de las piernas debido a la exposición al calor, y esto explica la disminución de la fuerza encontrada.

Aplicaciones Prácticas

Los resultados de este estudio pueden proporcionar información útil para todos los atletas de fuerza y potencia acerca de la influencia perjudicial del sauna agudo sobre el rendimiento atlético. En base a los resultados de este estudio, es recomendado que los atletas que usan el sauna, ya sea como método para facilitar la entrada en calor o para aumentar el rendimiento muscular limiten su exposición antes de actividades atléticas para minimizar la disminución en la resistencia muscular del tren superior e inferior y la fuerza del tren inferior. Los atletas involucrados en deportes explosivos (e.g., salto en alto, velocidad, lanzamiento de bala, disco), sin embargo, se pueden beneficiar de la exposición aguda al calor inmediatamente antes de la actividad deportiva explosiva.

Dirección para envío de correspondencia

Dr. Mike Climstein, correo electrónico: drmchdmc@intercoast.com.au

REFERENCIAS

1. Baker, D.G (1993). The effect of manipulating volume and intensity upon strength and neuromuscular function during periodized strength training. *Master s thesis, Southern Cross University, Lismore, Australia*
2. Bergh, U., and B. Ekblom (1979). Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles. *Acta Physiol. Scand. 107:33□37*
3. Bijlani, R.L., and K.N. Sharma (1980). Effect of dehydration and a few regimens of rehydration on performance. *Indian J. Physiol. Pharmacol. 24:255□266*
4. Bobbert, M.F., P.A. Huijing, and G.J. van Ingen Schenau (1986). An estimation of power output and work done by the human triceps surae muscle tendon complex in jumping. *J. Biomech. 19:899□906*
5. Brozek, J., F. Grande, J. Anderson, and A. Keys (1963). Densiometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N Y Acad. Sci. 110:113□140*
6. Bruck, K., and H. Olschewski (1987). Body temperature related factors diminishing the drive to exercise. *Can. J. Physiol. Pharmacol. 65:1274□1280*
7. Caldwell, J.E., E. Ahonen, and U. Nausiainen (1984). Differential effects of sauna-, diuretic- and exercise induced hypohydration. *J. Appl. Physiol. 57:1018□1023*
8. Clarke, R.S., R.F. Hellon, and A.R. Lind (1958). Duration of sustained contractions of the human forearm at different muscle temperatures. *J. Physiol. 143:454□462*
9. Davies, R.S.J., and K. Young (1958). Effect of temperature on the contractile properties and muscle power of the triceps surae in humans. *J. Appl. Physiol. 143:454□473*
10. Dill, D.B., and D.L. Costill (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *J. Appl. Physiol. 58:247□248*
11. Edwards, R.H.T., R.C. Harris, E. Hultman, L. Kaijser, D. Koh, and L.-O. Nordesjo (1972). Effect of temperature on muscle energy metabolism and endurance during successive isometric contractions, sustained to fatigue, of the quadriceps muscle in man. *J. Physiol. (Lond.). 220:335□352*
12. Engel, P., H.J. Gerner, E.M. Camp, T. Gwin, M. Climstein, and G. Gass (1991). Die wirkung verschiedener kuhlmasnahmen nach dem saunaaufenthalt bei querschnittgelahmten. *Int. Sauna-Arch. 8H:125□135*
13. Hanson, P.G., and S.W. Zimmerman (1979). Exertional heatstroke in novice runners. *JAMA. 242:154□157*
14. Hasan, J., M.J. Karnoven, and P. Piironen (1967). Physiological effects of extreme heat as studied in the Finnish □sauna□ bath. *Am. J. Physiol. Med. 46:1226□1246*
15. Hirata, K., T. Nagasaka, T. Nunomura, A. Hirai, and M. Hirashita (1987). Effects of facial fanning on local exercise performance and thermoregulatory responses during hyperthermia. *Eur. J. Appl. Physiol. 56:43□48*
16. Humphreys, P.W., and A.R. Lind (1963). The blood flow through active muscles in the forearm during sustained handgrip contractions. *J. Physiol. (Lond.). 166:120□135*
17. Jackson, A.S., and M.L. Pollock (1978). Generalised equations for predicting body density of men. *Br. J. Nutr. 40:497□504*
18. Kew, M.C., R.B.K. Tucker, I. Bersohn, and H.C. Seftel (1969). The heat in heatstoke. *Am. Heart J. 77:324□335*
19. Kukkonen-Harjula, K., P. Oja, K. Lautiola, I. Vuori, J. Jolkkonen, S. Siltonen, and H. Vapaatalo (1989). Haemodynamic and hormonal responses to heat exposure in a Finnish sauna bath. *Eur. J. Appl. Physiol. 58:543□550*
20. Nadel, E.R., and S.M. Hovarth (1970). Comparison of tympanic temperature and deep body temperatures in man. *Life Sci. 9:869□875*
21. Nadel, E.R., G.W. Mack, H. Nose, and A. Tripathi (1988). Tolerance to severe heat and exercise. Peripheral vascular responses to body fluid changes. *In: Heat Stress. J.R.S. Hales and D. Richards, eds. Amsterdam: Elsevier. pp. 117□131*
22. Nielsen, B., G. Savard, E.A. Richter, M. Hargreaves, and B. Saltin (1980). Muscle blood flow and muscle metabolism during exercise and heat stress. *J. Appl. Physiol. 69:1040□1046*
23. Paolone, A.M., W.T. Lanigan, R.R. Lewis, and M. Goldstein (1980). Effects of a post exercise sauna both on ECG pattern and other physiologic variables. *Aviat. Space Environ. Med. 51:224□228*
24. Petrofsky, J.S., R.L. Burse, and A.R. Lind (1981). The effect of deep muscle temperature on the cardiovascular responses of man to static effort. *J. Appl. Physiol. 47:17□25*
25. Petrofsky, J.S., and A.R. Lind (1974). The relationship of body fat content to deep muscle temperature and isometric endurance in man. *Clin. Sci. Mol. Med. 48:405□412*
26. Rowell, L.B (1974). Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiol. Rev. 54:75□159*
27. Saltin, B (1964). Aerobic and anaerobic work capacity after dehydration. *J. Appl. Physiol. 19:1114□1118*
28. Sargeant, A.J (1987). Effect of muscle temperature on leg extension force and short-term power output in humans. *Eur. J. Appl. Physiol. 65:215□220*
29. Sargeant, A.J., E. Hoinville, and A. Young (1981). Maximum leg force and power output during short-term dynamic exercise. *J. Appl. Physiol. 51:1175□1182*
30. Sargeant, D (1924). The physical test of man. *Am. Phys. Education Rev. 26:188□194*
31. Sherpherd, J.J., C.B. Blomquist, A.R. Lind, J.H. Mitchell, and B. Saltin (1981). Static isometric exercise. *Retrospection and Introspection. Circ. Res. 48:179□188*
32. Stanley, D.C., W.J. Kraemer, R.L. Howard, L.E. Armstrong, and C.M. Maresh (1994). The effects of hot water immersion on muscle strength. *J. Strength Cond. Res. 8:134□138*
33. Sutton, J.R (1984). Heat illness. *In: Sports Medicine. R.H. Strauss, ed. Philadelphia: W.B. Saunders. pp. 307□322*
34. Telford, R., W. Egerton, A. Hahn, and P. Wang (1988). Skinfold measures and weight controls in elite athletes. *Excel. 5:(2) 21□25*
35. Thompson, M., and R.A. Cummins (1993). Plasma volume response to two regimens of fluid intake during prolonged exercise. *In:*

Proceedings of Exercise, Metabolism, and Nutrition: 9th Biennual Conference. p. 52
36. Torranin, C., D.P. Smith, and R.J. Byrd (1979). The effect of acute thermal dehydration and rapid rehydration on isometric and isotonic endurance. *J. Sports Med. Fitness. 19:1□9*
37. Viitasalo, J.T., H. Kyrolainen, C. Bosco, and M. Alen (1987). Effects of rapid weight reduction on force production and vertical jumping height. *Int. J. Sports Med. 8:281□285*
38. Zehner, J., and T.E. Terndrup (1991). The impact of moderate ambient temperature variance on the relationship between oral, rectal, and tympanic membrane temperature. *Clin. Pediatr. 30: (4)(Suppl.). 61□64*

Cita Original

Hedley Andrew M., Mike Climstein, y Ross Hansen. The Effects of Acute Heat Exposure on Muscular Strength, Muscular Endurance, and Muscular Power in the Euhydrated Athlete. J. Strength Cond. Res.; 16 (3), 353-358, 2002.