

Imersão em Água Fria para o Manejo da Hipertermia Severa

Cold Water Immersion to the Control of Exertional Heat Illness



ARTIGO DE REVISÃO

Jacqueline de Paula Viveiros¹
Flávia Meyer²
Luiz Fernando Martins Kruehl²

1. Departamento de Educação Física e Desporto (DEFISD). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Belo Horizonte, MG.

2. Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH). Escola de Educação Física (ESEF). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, RS.

Endereço para correspondência:

Jacqueline de Paula Viveiros.
Rua Elson Nunes de Souza, 245/301.
Bairro Castelo.
30840 530 – Belo Horizonte, MG
E-mail: viveirosbh@gmail.com

Submetido em 26/11/2008
Versão final recebida em 03/12/2008
Aceito em 08/01/2009

RESUMO

A incapacidade de dissipar o calor gerado pela atividade muscular prejudica o desempenho e aumenta a predisposição a lesões do organismo. A hipertermia severa induzida pelo esforço físico (HTE) prejudica a saúde e está associada à morbidade e mortalidade de indivíduos em diferentes atividades ocupacionais e atléticas. Estudos sobre a eficiência de métodos de resfriamento corporal têm recomendado a imersão em água fria para o tratamento da HTE. Sua utilização nos minutos iniciais pós-hipertermia parece a melhor recomendação por reduzir o tempo no qual a temperatura central permanece elevada. A manutenção de infraestrutura necessária para a realização desse procedimento deve ser considerada em atividades físicas e condições ambientais nas quais os indivíduos estão mais suscetíveis ao acometimento da HTE. As taxas de resfriamento observadas através da imersão em água a diferentes temperaturas podem servir de referência para o controle da duração do procedimento. Esta revisão analisa a recomendação da imersão em água fria como procedimento de resfriamento corporal para o manejo da HTE.

Palavras-chave: exercício, temperatura corporal, choque hipertérmico, taxa de resfriamento.

ABSTRACT

The incapacity of dissipating heat generated by muscular activity hampers performance and increases predisposition to physical injuries. Exertional heat illness (HTE) harms health and is associated with morbidity and mortality of individuals in different occupational and athletic activities. Studies on the efficiency of body cooling methods have recommended cold-water immersion for the treatment of HTE. Its use in the initial minutes of post-hyperthermia seems to be the best recommendation to reduce the time central temperature remains high. Maintenance of the infrastructure needed to perform this procedure should be considered in physical activities and environmental conditions in which the individuals are more prone to HTE. The cooling rates observed through water immersion in different water temperatures may serve as reference to the control of HTE procedure duration. This review analyses the recommendation of cold-water immersion as a body cooling procedure for management of HTE.

Keywords: exercise, body temperature, exertional heatstroke, cooling rate.

INTRODUÇÃO

A temperatura corporal em repouso é mantida em equilíbrio através da integração de mecanismos que alteram a transferência de calor para a periferia do corpo, regulam o resfriamento por evaporação do suor e controlam a taxa de produção de calor corporal. O centro termorregulador hipotalâmico é o responsável pelo processamento das informações sobre as variações na temperatura do corpo e pela ativação dos mecanismos de conservação ou dissipação de calor⁽¹⁾.

Em atividades físicas de intensidades moderada a intensa (40 a 80% do VO_2 máx) e duração superior a 20 ou 30 minutos, o calor produzido pelos músculos ativos e transportado pelo sangue é suficiente para elevar a temperatura corporal e estimular os receptores de calor localizados no hipotálamo. Os ajustes da temperatura interna durante o exercício dependem das condições ambientais a que o indivíduo está exposto e da intensidade e duração do exercício⁽²⁻⁵⁾.

A incapacidade de dissipar adequadamente o calor produzido pela atividade muscular prejudica o desempenho e aumenta a predisposição a algumas lesões do organismo. A hipertermia severa induzida pelo esforço físico (HTE) representa um agravo em saúde associado à morbidade e mortalidade de indivíduos em diferentes atividades ocupacionais e

atléticas⁽⁶⁻¹⁴⁾. Ocorre em atividades intensas (acima de 60% do VO_2 máx) e prolongadas, sendo comum no ciclismo, nas corridas de rua de distâncias entre 5 e 42km e durante o treinamento e a competição do futebol e do futebol americano^(6,7,15,16). É mais frequente em ambientes quentes e úmidos, podendo, entretanto, ocorrer em ambientes frios⁽¹¹⁾.

No Brasil, embora se desconheça sua prevalência, casos de HTE podem ocorrer em atividades físicas de longa duração e alta intensidade, como exercícios físicos militares e atividades atléticas realizadas em ambientes quentes e úmidos.

A sobrevivência do indivíduo acometido por HTE depende da velocidade com que o corpo é resfriado. Diferentes procedimentos de resfriamento corporal são conhecidos e incluem a utilização de pacotes de gelo⁽⁷⁾, sistema de ventilação de ar⁽¹⁷⁾, toalhas ou lençóis molhados com ou sem ventiladores⁽¹⁸⁾ e a imersão em água fria⁽¹⁸⁻²⁰⁾. Todavia, a efetividade das diferentes técnicas de resfriamento corporal parece ainda controversa. Em estudos sobre a eficiência de métodos de resfriamento corporal⁽¹⁸⁻²²⁾, a imersão em água fria tem sido recomendada para o tratamento de indivíduos acometidos por HTE. Esta revisão aborda a recomendação da imersão em água fria como procedimento de resfriamento corporal para o manejo da HTE.

HIPERTERMIA SEVERA INDUZIDA PELO ESFORÇO FÍSICO

A temperatura corporal pode ser representada pela temperatura das regiões mais profundas do corpo, denominada temperatura interna ou temperatura central. A medida da temperatura esofágica (Tes) é comumente utilizada para alterações rápidas e a medida da temperatura retal (Tre) para alterações mais lentas na temperatura interna⁽²³⁻²⁵⁾. A temperatura timpânica (Tti) é também utilizada para representar a temperatura interna^(7,26).

Durante o esforço físico realizado em ambiente quente e seco, o resfriamento evaporativo representa o principal mecanismo fisiológico autônomo de controle da temperatura corporal⁽²⁷⁾. A condição na qual o resfriamento requerido é maior do que a capacidade de resfriamento evaporativo, ou seja, a produção de calor ultrapassa a sua capacidade de dissipá-lo para o ambiente, caracteriza o estresse hipertérmico não compensado⁽²⁸⁾. Nessa condição, o calor armazenado no corpo pode conduzir o indivíduo à HTE⁽⁶⁻¹⁴⁾. A HTE acomete indivíduos fisicamente ativos, aclimatados ao calor e de alta aptidão física que realizam esforços físicos em ambientes quentes e úmidos, como atletas competitivos de diferentes modalidades^(7,11-13), praticantes de atividades esportivas não competitivas⁽⁶⁾ e militares em exercícios físicos no calor^(8,9,14).

Um ambiente quente é caracterizado por temperaturas superiores a 24°C, enquanto um ambiente é considerado úmido quando a umidade relativa do ar (URA) é superior a 75% ou seco quando a URA é inferior a 50%. Ambientes com temperaturas entre 21 e 24°C e URA entre 50 e 75% são considerados termoneutros⁽²⁹⁾. Entretanto, um ambiente termoneutro pode ser diferente para grupos populacionais que residem em regiões climáticas distintas⁽⁵⁾. Para o Brasil, a definição de um ambiente termoneutro é imprecisa^(25,30).

O índice de temperatura de bulbo úmido e temperatura de globo (IBUTG) é uma maneira confiável de avaliação do estresse térmico do ambiente. É derivado das temperaturas de bulbo úmido (umidade), de bulbo seco (temperatura ambiente) e da temperatura de globo (calor radiante). Baixo risco de HTE corresponde a IBUTG menor que 18°C e alto risco corresponde a IBUTG superior a 28°C⁽¹²⁾. Apesar disso, o risco de HTE em militares da Marinha de *Parris Island* (SC, EUA) foi associado a um efeito cumulativo da exposição prévia ao calor e não apenas ao estresse térmico do momento do evento, medido pelo IBUTG, já que casos de HTE foram encontrados em ambientes com IBUTG entre 15,6 e 29,4°C⁽¹³⁾.

Embora o risco de HTE seja maior em ambientes quentes e úmidos, ela pode ser observada em ambientes frios, como descrito no estudo de caso de Roberts⁽¹¹⁾, no qual um corredor foi acometido por choque hipertérmico após três horas e 15 minutos de uma corrida de rua à temperatura entre 6 e 9,5°C e umidade relativa de 99% (início da prova) a 62% (final da prova).

A HTE representa um *continuum*, onde na extremidade de menor agravo em saúde encontra-se a exaustão induzida pelo calor e no outro extremo, de agravo significativo em saúde, o choque hipertérmico seguido de morte⁽¹⁴⁾. A HTE compreende, ainda, a câimbra e a síncope por calor^(6,8,9,12,14). O choque hipertérmico é um evento clínico associado a alta mortalidade, cujo controle depende da velocidade com que o corpo é resfriado. Uma vez diagnosticado, sua mortalidade está associada ao tempo no qual o indivíduo permanece com a temperatura corporal elevada^(8,9,31). Caracteriza-se por temperatura retal superior a 40°C e é associado à falência de diferentes sistemas orgânicos, em especial dos sistemas nervoso, renal e circulatório, como resultado da hipotermia tecidual^(8,9,14).

Quanto à sua prevalência, em militares do exército americano, 2.069 casos de HTE, que incluíram choque hipertérmico, exaustão e câibras por calor, foram identificados em recrutas da Marinha, no período de 1979 a 1997, durante treinamento militar⁽¹³⁾. No período de 1971 a 2000, foram identificadas 115 mortes por HTE, o que representou taxa de mortalidade de 5,7/1.000 pessoas-ano para militares do sexo masculino e de 0,4/1.000 pessoas-ano para mulheres⁽⁸⁾. No período de 1980 a 2002, 5.246 hospitalizações por HTE de militares foram identificadas e incluíram câibras por calor (n = 419; 8% do total), exaustão e síncope por calor (n = 3.200; 61% do total) e choque hipertérmico (n = 944; 18% do total)^(9,14).

Em atividade atlética, foram encontrados 139 casos de HTE, o que correspondeu à taxa média de 4,19 casos por 1.000 exposições ao calor em atletas universitários durante um período de três meses de treinamento de futebol americano. Do total de casos identificados, 70% foi associado a câibras por calor, 23% a exaustão por calor e 7% a síncope por calor⁽¹²⁾. Na mesma modalidade esportiva, no período de 1995 a 2001, 21 atletas morreram por choque hipertérmico nos EUA⁽¹⁵⁾. Armstrong *et al.*⁽¹⁸⁾ identificaram 21 casos de HTE em corredores treinados em três edições consecutivas da corrida de rua *Falmouth Road Race* (Falmouth, MA).

Durante a realização de triatlão recreativo (200m de natação, 8km de ciclismo e 2km de corrida), 15 indivíduos foram acometidos por exaustão por calor, o que representou 24,6% do total de agravos em saúde identificados na prova. Apenas um caso foi identificado durante triatlão de curta distância (500m de natação, 20km de ciclismo e 5km de corrida). Os eventos foram realizados em dezembro de 2006 e fevereiro de 2007, respectivamente, na cidade de Melbourne, Austrália, com IBUTG entre 23 e 28°C⁽⁷⁾.

No período de quatro anos (2001 a 2004), foram encontrados 109 casos de hospitalizações por HTE durante a realização de atividades físicas de tempo livre em New South Wales, Austrália. Desses, foram identificados 44 casos (ou 40,4%) de exaustão por calor, 35 (32,1%) de choque hipertérmico e 23 (21,1%) de síncope por calor. O número anual de casos aumentou a cada ano, representado por 12 casos em 2001 (26 em 2002, 32 em 2003) e 39 em 2004. A maratona foi a atividade de física específica que resultou em maior número de casos de HTE⁽⁶⁾.

IMERSÃO EM ÁGUA FRIA PARA O MANEJO DA HIPERTERMIA SEVERA

A HTE representa uma emergência médica e sua identificação pode ser feita por profissionais que atuam com a atividade física, o que determinará a velocidade com que um procedimento de resfriamento corporal será aplicado. Alguns atletas acometidos por HTE apresentam manifestações de difícil reconhecimento por pessoas não familiarizadas com o atleta⁽³²⁾. Embora a correta identificação esteja associada à medida da temperatura interna, a HTE pode apresentar sinais como fadiga excessiva, pele quente, câibras musculares, respiração superficial e rápida, taquicardia, pupilas contraídas, tontura, convulsões, confusão mental, irritabilidade e colapso⁽³¹⁾. Profissionais que supervisionam atividades físicas devem estar atentos a esses sinais, já que possuem papel particular na identificação e, por consequência, na rápida aplicação de um procedimento de resfriamento corporal.

As estratégias de resfriamento corporal para o controle da HTE compreendem, de um lado, as técnicas baseadas no resfriamento evaporativo^(7,17,18) e, de outro, a imersão em água fria⁽¹⁸⁻²⁰⁾. As primeiras compreendem a utilização de pacotes de gelo, toalhas ou lençóis molhados e borrifo de água fria ou morna sobre o corpo que promovem o resfriamento por evaporação da água. O resfriamento é acelerado através da utilização de ventiladores ou abanadores de ar sobre o corpo^(7,17,18).

Smith⁽³³⁾ examinou achados sobre a eficiência de métodos de resfriamento corporal para o manejo da HTE, incluindo técnicas evaporativas, dantrolene¹ e a imersão em água fria. De 17 artigos publicados no período de 1966 a 2003, quatro compararam experimentalmente as técnicas de resfriamento. Desses, dois estudos^(18,19) utilizaram a imersão em água em indivíduos acometidos por HTE. Outros 13 estudos descreveram casos clínicos. Desses, dois estudos (décadas de 1960 e de 80) compararam a imersão em água com outro procedimento e um estudo de caso⁽²⁰⁾ compreendeu apenas a imersão em água. Para o autor⁽³³⁾, a imersão em água fria é desconfortável e, frequentemente, intolerável, além de não ser prática. Recomenda a combinação de procedimentos de resfriamento evaporativo com a imersão apenas das extremidades do corpo.

Para Howe e Boden⁽³⁴⁾, a imersão em água fria pode impedir o uso de outros procedimentos, como a utilização de um monitor cardíaco e o acesso à administração intravenosa de fluidos. Por isso, a imersão em água não seria recomendada e o resfriamento evaporativo através do borrifo de água sobre a pele representaria um procedimento superior quando comparado com a imersão em água fria.

A recomendação da imersão em água é justificada racionalmente pela maior capacidade de condução de calor da água, quando comparada com o ar⁽³⁵⁻³⁷⁾ e não por evidências experimentais. Para alguns autores^(34,37), a imersão em água fria não é recomendada para o tratamento da HTE porque, além de provocar desconforto individual⁽³⁸⁻⁴⁰⁾, esse procedimento pode provocar tremor^(24,39-41) e vasoconstrição periférica⁽²⁶⁾, o que prejudicaria o resfriamento corporal.

Em contraposição, outros autores^(18,20,23,42) consideram que o tremor é raramente observado durante a imersão de indivíduos hipertérmicos em água fria e, mesmo na presença de tremor, não se observa hipertemia recorrente. Além disso, apesar de possível vasoconstrição periférica, o gradiente de temperatura entre a pele e a água fria seria capaz de promover maior transferência condutiva de calor para um mesmo fluxo sanguíneo na pele, quando comparada

com a exposição ao ar. Em diferentes estudos^(24,39,41), a imersão prolongada (mínimo de 30 minutos) em água de 8 a 24°C foi capaz de provocar a diminuição da temperatura interna, apesar de aumento da taxa metabólica induzido por tremor.

A uma mesma temperatura, um indivíduo resfria-se quatro vezes mais rápido quando imerso em água do que quando exposto ao ar. Na água, o resfriamento corporal é favorecido por maior condutividade térmica (631 mW/m² por °K), calor específico (4J/g por °K) e densidade da água (0,9922g/cm³), quando comparada com o ar (26; 1; e 0,0012, respectivamente). Diferentemente da atividade física realizada no calor fora d'água, onde a evaporação do suor, associada ao fluxo convectivo do sangue, representa o principal mecanismo de transferência de calor do corpo para o ambiente; durante a imersão em água a evaporação do suor é comprometida e a condução torna-se o mecanismo mais eficiente de perda de calor⁽³⁵⁾.

A *National Athletic Trainers' Association*⁽¹⁶⁾ recomenda a imersão do tronco e extremidades do corpo em água com temperatura entre 1°C e 15°C para o manejo do choque hipertérmico e o resfriamento evaporativo para o tratamento da exaustão por calor, que apresenta menor agravo em saúde. Com a presença de um médico, a imersão em água fria pode continuar ininterruptamente com outros procedimentos clínicos. Sem um médico, esse procedimento deverá ser interrompido pela incompatibilidade com o transporte para uma instalação médica.

O *American College of Sports Medicine* (ACSM)⁽³¹⁾ se posiciona sobre o manejo da HTE a partir da análise dos estudos de Armstrong *et al.*⁽¹⁸⁾, Clements *et al.*⁽²²⁾, Proulx, Ducharme e Kenny⁽⁴⁵⁾ e Costrini⁽²⁰⁾. Para o ACSM, a imersão em água fria apresentaria menor taxa de morbidade e mortalidade, segundo a análise do estudo de Costrini⁽²⁰⁾. De forma semelhante, para Casa *et al.*⁽³⁵⁾, a imersão em água fria é recomendada como "padrão ouro" para o manejo da HTE. Sua recomendação baseia-se nos resultados de Proulx *et al.*⁽⁴²⁾, Clements *et al.*⁽²²⁾, Armstrong *et al.*⁽¹⁸⁾ e Costrini⁽²⁰⁾.

O quadro 1 apresenta uma síntese sobre a recomendação da imersão em água fria para o controle da HTE dos diferentes autores.

Quadro 1. Recomendação da imersão em água fria para o manejo da hipertermia severa induzida pelo esforço físico.

AUTORES	TIPO DE PUBLICAÇÃO	ESTUDOS DE CASOS OU EXPERIMENTAIS CITADOS	IMERSÃO EM ÁGUA FRIA
Harker e Gibson ⁽³⁷⁾	Revisão: décadas de 50 a 80.	Wyndham <i>et al.</i> (1959)*; Weiner e Khogali (1980)*; Costrini ⁽²⁴⁾ .	Não recomendada.
Binkley <i>et al.</i> ⁽¹⁶⁾	Posição da NATA.	Armstrong <i>et al.</i> ⁽²²⁾ ; Clements <i>et al.</i> ⁽²⁶⁾ .	Imersão de tronco e extremidades em água a 1°C a 15°C somente para choque hipertérmico.
Howe e Boden ⁽³⁴⁾	Revisão.	-	Não recomendada.
Smith ⁽³³⁾	Revisão 1966 a 2003: técnicas de resfriamento.	Wyndham <i>et al.</i> (1959)*; Weiner e Khogali (1980)*; Costrini ⁽²⁴⁾ ; Armstrong <i>et al.</i> ⁽²²⁾ ; Clapp <i>et al.</i> ⁽²³⁾ .	Imersão somente das extremidades do corpo combinada com técnicas evaporativas.
Casa <i>et al.</i> ⁽³⁶⁾	Opinião.	-	Imersão de todo o corpo, exceto a cabeça, em água a 7°C a 14°C.
Armstrong <i>et al.</i> ⁽³¹⁾	Posição do ACSM.	Costrini ⁽²⁴⁾ ; Armstrong <i>et al.</i> ⁽²²⁾ ; Clements <i>et al.</i> ⁽²⁶⁾ ; Proulx, Ducharme e Kenny ⁽⁴⁵⁾ .	Imersão em água fria para choque hipertérmico.
Casa <i>et al.</i> ⁽³⁵⁾	Opinião.	Costrini ⁽²⁴⁾ ; Armstrong <i>et al.</i> ⁽²²⁾ ; Clements <i>et al.</i> ⁽²⁶⁾ ; Proulx, Ducharme e Kenny ⁽⁴⁵⁾ .	Imersão em água fria como "padrão ouro" para o tratamento do choque hipertérmico.

NATA = *National Athletic Trainers' Association*; ACSM = *American College of Sports Medicine*.

* Não disponíveis nas bases de dados utilizadas:

WYNDHAM CH, STRYDOM NB, COOKE HM. *Methods of cooling subjects with hyperpyrexia. J Appl Physiol* 1959; 14: 771-6.

WEINER JS, KHOGALI M. *A physiological body cooling unit for treatment of heat stroke. Lancet* 1980; 1: 507-9.

1. O dantrolene é uma substância usada como mecanismo de redução da temperatura corporal por comprometer a liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático e reduzir a excitação e contração muscular. Sua utilização baseia-se na possibilidade de rigidez ou hipertonidade muscular como características da HTE⁽³³⁾.

Costrini⁽²⁰⁾ descreveu sua experiência enquanto médico da Marinha dos EUA, na qual 252 casos de HTE, ao longo de 15 anos, foram tratados com a imersão em água fria até a temperatura retal reduzir para 39°C. Taxas de resfriamento de 0,15°C.min⁻¹ com durações de 20 a 40 minutos foram observadas. Em um total de 25 pacientes, o tremor foi observado, embora não tenha sido acompanhado de hipertermia recorrente.

No estudo de Armstrong *et al.*⁽¹⁸⁾, 21 corredores de rua foram submetidos à imersão em água a 1 a 3°C (N = 14) ou à exposição à temperatura ambiente de 24°C e utilização de toalhas molhadas sobre o corpo (N = 7) após exaustão por calor ou choque hipertérmico durante a *Falmouth Road Race* (11,5km). Maior taxa de resfriamento corporal foi obtida com a imersão em água (0,2°C.min⁻¹), quando comparada com a exposição ao ar (0,1°C.min⁻¹) e reforçou a recomendação para o uso do método.

Clements *et al.*⁽²²⁾ compararam a imersão em água em duas temperaturas (5 ± 0,2°C e 14 ± 0,3°C) e a exposição ao ambiente (29 ± 0,8°C) após corrida de rua em 17 corredores. Maior taxa de resfriamento foi observada nas condições com imersão em água somente após oito a 10 minutos de cada procedimento (0,08 ± 0,01°C.min⁻¹ a 0,16 ± 0,01°C.min⁻¹), em relação à condição sem imersão (0,06 ± 0,01 a 0,10 ± 0,01°C.min⁻¹).

Proulx, Ducharme e Kenny⁽⁴⁵⁾ compararam as taxas de resfriamento por imersão em água às temperaturas de 2, 8, 14 e 20°C até o retorno da temperatura retal a 37,5°C. Sete indivíduos, de ambos os sexos, foram previamente submetidos a um exercício em esteira ergométrica a 65% do VO₂máx, em câmara ambiental (39 ± 0,6°C e 37 ± 0,1% de URA) até o alcance de temperatura retal de 40°C. A taxa de resfriamento foi similar nas condições de água a 8, 14 e 20°C (0,15 ± 0,06 a 0,19 ± 0,10°C.min⁻¹) e maior na imersão em água a 2°C (0,35 ± 0,14°C.min⁻¹). Os indivíduos permaneceram em imersão até o alcance de uma Tre de 37,5°C. Tremor foi observado durante a imersão em água a 8, 14 e 20°C e não foi observado à água a 2°C, provavelmente em função de sua pequena duração (9 min, em média). Os resultados foram reproduzidos no estudo de Proulx, Ducharme e Kenny⁽⁴⁵⁾.

Clapp *et al.*⁽¹⁹⁾ compararam a imersão em água com temperatura de 10 a 12°C com a exposição à temperatura ambiente durante 30 minutos após a elevação da temperatura retal para 38,8 ± 0,1°C por caminhada em ambiente com IBUTG de 39°C. Maior taxa de resfriamento corporal durante a imersão (0,25 ± 0,1°C.min⁻¹), quando comparada com a exposição à temperatura ambiente (0,1 ± 0,04°C.min⁻¹), foi encontrada após 10 minutos do início dos procedimentos.

Em estudo recente⁽²¹⁾, a imersão em água a 14 ± 0,2°C iniciada 25 minutos pós-exercício resultou em maior redução da Tre, quando comparada com a exposição à temperatura ambiente de 24°C. O exercício prévio elevou a temperatura retal para 38,5 ± 0,5°C sem o acometimento de HTE.

O quadro 2 apresenta as taxas de resfriamento observadas nos estudos que utilizaram a imersão em água fria para o controle da hipertermia. Quando comparada com a exposição à temperatura ambiente^(18,19,21,22), a imersão em água fria provoca maior taxa de resfriamento corporal. Em indivíduos acometidos por HTE, a maior taxa de resfriamento encontrada foi de 0,2°C.min⁻¹, enquanto em indivíduos submetidos à elevação da temperatura através de exercício prévio, taxas similares (~ 0,1 a 0,2°C.min⁻¹) de resfriamento foram observadas durante a imersão em água a diferentes temperaturas (5 a 20°C). Maior taxa foi associada à imersão em água a 2°C (0,35°C.min⁻¹) e menor taxa (0,03°C.min⁻¹) foi encontrada durante a imersão em água a 14°C iniciada 25 minutos após o exercício (quadro 2).

A maioria dos estudos apresentados^(16,18,22,31,32,35,36) reforça a recomendação da imersão em água fria para o manejo da HTE. Essas publicações refletem posições de um mesmo grupo de credibilidade científica internacional sobre o tema. Entretanto, essa recomendação está associada a poucas evidências experimentais.

Por motivos éticos, a dificuldade no desenvolvimento de estudos experimentais com indivíduos acometidos por HTE estabelece dúvidas quanto à melhor recomendação para o controle desse agravo em saúde. Experimentalmente, a elevação da temperatura corporal através da realização de exercício prévio, sem o acometimento de HTE, dificulta o alcance de informações conclusivas, já que não representa a real condição do evento.

Quadro 2. Taxas de resfriamento observadas em estudos que utilizaram a imersão em água fria para o controle da hipertermia.

AUTORES	HIPERTERMIA	PROCEDIMENTO UTILIZADO	TAXAS DE RESFRIAMENTO
Costrini ⁽²⁰⁾	Estudo de casos de HTE.	Imersão com massagem da pele por 20 a 40 min.	0,15°C.min ⁻¹
Armstrong <i>et al.</i> ⁽¹⁸⁾	Diagnóstico de HTE (exaustão por calor ou choque hipertérmico) em corrida de rua (11,5km).	Imersão em água a 1 a 3°C por 14 ± 2 minutos.	0,20°C.min ⁻¹
		Exposição a Ta = 2°C e uso de toalhas molhadas.	0,11 °C.min ⁻¹
Clapp <i>et al.</i> ⁽¹⁹⁾	Elevação da temperatura corporal até 38,8°C através de corrida em ambiente com IBUTG = 39°C.	Imersão em água a 10 a 12°C por 30 minutos.	0,25°C.min ⁻¹
		Exposição à sombra com ventilação.	0,1°C.min ⁻¹
Clements <i>et al.</i> ⁽²²⁾	Elevação da temperatura corporal até ~ 39,5 °C através de corrida.	Imersão em água a 5°C e 14°C por 12 minutos.	Imersão em água: taxa similar de 0,08 a 0,16 °C.min ⁻¹ .
		Exposição a Ta = 29°C.	Exposição a Ta: taxa de 0,06 a 0,10 °C. min ⁻¹ .
Proulx Ducharme e Kenny ⁽⁴⁵⁾	Elevação da temperatura corporal até 40 °C através de exercício em esteira a Ta de 38,8°C e URA de 36,5%.	Imersão em água a 2, 8, 14 e 20°C até o retorno da Tre a 37,5°C.	Imersão a 8, 14 e 20°C: taxa similar de 0,15 a 0,19°C.min ⁻¹ . Imersão a 2°C: taxa de 0,35°C.min ⁻¹ .
Peiffer <i>et al.</i> ⁽²¹⁾	Elevação da temperatura corporal a 38,5 ± 0,5°C através de exercício em cicloergômetro.	Imersão em água a 14°C ± 0,2°C durante 20 minutos. Início: 25 min pós-exercício.	Aproximadamente 0,03°C.min ⁻¹ (-1,1 °C em 40 minutos).
		Exposição à temperatura ambiente = 24 °C.	Menor que 0,03°C.min ⁻¹ .

HTE = hipertermia severa induzida pelo esforço físico; IBUTG = índice de temperatura de bulbo úmido e temperatura de globo; Ta = temperatura ambiente; Tre = temperatura retal; URA = umidade relativa do ar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da imersão em água fria nos minutos iniciais pós-hipertermia induzida pelo esforço físico parece a melhor recomendação para o controle deste agravo em saúde, por permitir, de forma eficiente, a redução do tempo no qual a temperatura central permanece elevada. Em atividades físicas e condições ambientais nas quais os indivíduos estão mais suscetíveis ao acometimento da hipertermia severa, a manutenção de infraestrutura necessária para a realização desse procedimento deve ser considerada. No treinamento e na competição onde há a possibilidade de medida da temperatura interna, o procedimento poderá ser mantido até o alcance de T_{re} de 38°C , relativamente segura e confortável. Sem a medida da temperatura interna, para evitar possíveis efeitos adversos, as taxas de resfriamento

observadas através da imersão em água a diferentes temperaturas podem servir de referência para o controle da duração do procedimento. Nesse caso, deve-se considerar a utilização da medida da temperatura da água (facilmente obtida) e o tempo médio previsto para o alcance da temperatura interna de 38°C .

AGRADECIMENTOS

Aos professores Luiz Oswaldo Carneiro Rodrigues e Fabiano Trigueiro Amorim (EEFFTO/UFMG) por suas relevantes sugestões. Este estudo recebeu o apoio da Capes/Setec do Governo Federal, Brasil.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gavin TP. Clothing and thermoregulation during exercise. *Sports Med* 2003; 33 (13): 941-7.
- Ashley CD, Luecke CL, Schwartz SS, Islam MZ, Bernard TE. Heat strain at the critical WBGT and the effects of gender, clothing and metabolic rate. *Int J Industrial Ergonomics* 2008; 38: 640-4.
- Ely MR, Chevront SN, Roberts WO, Montain SJ. Impact of weather on marathon-running performance. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39 (3): 487-493.
- Havenith G, Coenen JML, Kistemaker L, Kenney WL. Relevance of individual characteristics for human heat stress response is dependent on exercise intensity and climate type. *Eur J Appl Physiol* 1998; 77: 231-241.
- Haymes EE, Wells CL. Environment and human performance. Champaign, Human Kinetics, 1986.
- Finch CF, Boufous S. The descriptive epidemiology of sports/leisure-related heat illness hospitalizations in New South Wales, Australia. *J Sci Med Sport* 2008; 11: 48-51.
- Gosling CM, Gabbe BJ, McGivern J, Forbes AB. The incidence of heat casualties in sprint triathlon: the tale of two Melbourne race events. *J Sci Med Sport* 2008; 11: 52-7.
- Wallace RF, Kriebel D, Punnett L, Wegman DH, Amoroso PJ. Prior heat illness hospitalization and risk of early death. *Environmental Research* 2007; 104: 290-5.
- Carter III R, Chevront SN, Sawka MN. A case report of idiosyncratic hyperthermia and review of U. S. Army heat stroke hospitalizations. *J Sport Rehabilitation* 2007;16: 238-243.
- Keim SM, Mays MZ, Parks B, Pytlak E, Harris RM, Kent MA. Estimating the incidence of heat-related deaths among immigrants in Pima County, Arizona. *J Immigrant Minority Health*, 2006; 8 (2): 185-191.
- Roberts WO. Exertional heat stroke during a cool weather marathon: a case study. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38(7): 1197-1203.
- Cooper ER, Ferrara MS, Broglio SP. Exertional heat illness and environmental conditions during a single football season in the southeast. *J Athletic Training* 2006; 41(3): 332-6.
- Wallace RF, Kriebel D, Punnett L, Wegman DH, Wenger CB, Gardner JW, et al. The effects of continuous hot weather training on risk of exertional heat illness. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37(1): 84-90.
- Carter III R, Chevront SN, Williams JO, Kolka MA, Stephenson LA, Sawka MN et al. Epidemiology of hospitalizations and deaths from heat illness in soldiers. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37(8): 1338-1344.
- Bergeron MF, McKeag DB, Casa DJ, Clarkson PM, Dick RW, Einchner ER et al. Youth football: heat stress and injury risk. Roundtable Consensus Statement. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 1421-1430.
- Binkley HM, Beckett J, Casa DJ, Kleiner DM, Plummer PE. National Athletic Trainers' Association Position Statement: exertional heat illnesses. *J Athletic Training* 2002; 37(3): 329-343.
- Chinevere TD, Cadarette BS, Goodman DA, Ely BR, Chevront SN, Sawka MN. Efficacy of body ventilation system for reducing strain in warm and hot climates. *Eur J Appl Physiol* 2008; 103: 301-314.
- Armstrong LE, Crago AE, Adams R, Roberts WO, Maresh CM. Whole-body cooling of hyperthermic runners: comparison of two field therapies. *Am J Emergency Med* 1996; 14(4): 355-8.
- Clapp AJ, Bishop PA, Muir I, Walker JL. Rapid cooling techniques in joggers experiencing heat strain. *J Sci Med Sport* 2001; 4 (2): 160-167.
- Costrini A. Emergency treatment of exertional heatstroke and comparison of whole body cooling technique. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22(1): 15-8.
- Peiffer JJ, Abbiss CR, Nosaka K, Peake JM, LAURSEN PB. Effects of cold water immersion after exercise in the heat on muscle function, body temperatures, and vessel diameter. *J Sci Med Sport* 2008, In press.
- Clements JM, Casa DJ, Knight JC, McClung JM, Blake AS, Meenen PM, et al. Ice-water immersion and cold-water immersion provide similar cooling rates in runners with exercise-induced hyperthermia. *J Athletic Training* 2002; 37(2): 146-150.
- Proulx CI, Ducharme MB, Kenny GP. Safe cooling limits from exercise-induced hyperthermia. *Eur J Appl Physiol* 2006; 96: 434-445.
- Eyolfson DA, Tikuisis P, Xu X, Weseen G, Giesbrecht GG. Measurement and prediction of peak shivering intensity in humans. *Eur J Appl Physiol* 2001; 84: 100-6.
- Silami-Garcia E, Rodrigues LOC. Hipertermia durante a prática de exercícios físicos: riscos, sintomas e tratamento. *Rev Bras Ciên Esporte* 1998; 19(3): 85-94.
- Jansk_ L, Matoušková E, Vávra V, Vybíral S, Janský P, Jandová D, et al. Thermal, cardiac and adrenergic responses to repeated local cooling. *Physiological Research* 2006; 55: 543-9.
- Ribeiro GA, Rodrigues LOC, Moreira MCV, Silami-Garcia E, Páscoa MRS, Camargos FFO. Thermoregulation in hypertensive men exercising in the heat with water ingestion. *Braz J Med Biol Res* 2004; 37: 409-417.
- Brotherhood JR. Heat stress and strain in exercise and sports. *J Sci Med Sport* 2008; 11: 6-19.
- Armstrong LE. Performing in extreme environments. Champaign, Human Kinetics, 2000.
- Pinto KMC, Rodrigues LOC, Viveiros JP, Silami-Garcia E. Efeitos da temperatura da água ingerida sobre a fadiga durante o exercício em ambiente termoneuro. *Rev Paul Educ Fis* 2001; 15(1): 45-54.
- Armstrong LE, Casa DJ, Millard-Stafford M, Moran DS, Pyne SW, Roberts WO. Exertional heat illness during training and competition. ACSM, Position Stand. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 556-572.
- Roberts WO. Exertional heat stroke: life-saving recognition and onsite treatment in athletic settings. *Rev Bras Med Esporte* 2005; 11(6): 329e-332e.
- Smith JE. Cooling methods used in the treatment of exertional heat illness. *Braz J Sports Med* 2005; 39: 503-7.
- Howe AS, Boden BP. Heat-related illness in athletes. *Am J Sports Med* 2007; 35(8): 1384-1395.
- Casa DJ, McDermott BP, Lee EC, Yeargin SW, Armstrong LE, Maresh CM. Cold water immersion: the gold standard for exertional heatstroke treatment. *Exerc Sports Reviews* 2007; 35(3): 141-9.
- Casa DJ, Anderson JM, Armstrong LE, Maresh CM. Survival strategy: acute treatment of exertional heat stroke. *J Strength Conditioning Research* 2006; 20(3): 462.
- Harker J, Gibson P. Heat-stroke: a review of rapid cooling techniques. *Intensive and Critical Care Nursing* 1995; 11: 198-202.
- White AT, Davis SL, Wilson TE. Metabolic, thermoregulatory, and perceptual responses during exercise after lower vs. whole body precooling. *J Appl Physiol* 2003; 94: 1039-1044.
- Wilson TE, Johnson SC, Petajan JH, Davis SL, Gappmaier E, Luetkemeyer MJ, White AT. Thermal regulatory responses to submaximal cycling following lower-body cooling in humans. *Eur J Appl Physiol* 2002; 88: 67-75.
- Marino F, Booth J. Whole body cooling by immersion in water at moderate temperature. *J Sci Med Sport* 1998; 1 (2): 72-81.
- Tikuisis P. Heat balance precedes stabilization of body temperatures during cold water immersion. *J Appl Physiol* 2003; 95: 89-96.
- Proulx CI, Ducharme MB, Kenny GP. Effect of water temperature on cooling efficiency during hyperthermia in humans. *J Appl Physiol* 2003; 94: 1317-1323.