



ACLIMATAÇÃO AO CALOR PARA MELHORA DA PERFORMANCE ATLÉTICA EM AMBIENTAIS QUENTES

Michael N. Sawka, PhD | Escola de Fisiologia Aplicada | Instituto de Tecnologia da Geórgia Estados Unidos da América

Julien D. Périard, PhD e Sébastien Racinais, PhD | Centro de Pesquisa em Performance e Saúde do Atleta | Hospital de Medicina Esportiva e Ortopedia Aspetar | Qatar

- A aclimatização ao calor (ou aclimação) confere adaptações biológicas que reduzem o estresse fisiológico (exemplo, a taxa cardíaca e a temperatura corporal), melhora o conforto, melhora a capacidade de exercício e reduz os riscos de sérias doenças do coração durante exposição ao estresse térmico.
- As adaptações biológicas incluem respostas termorreguladoras, cardiovasculares, líquido-eletrolíticas, metabólicas e moleculares, todas integradas.
- A aclimação ao calor ocorre quando exposições repetitivas ao calor durante o exercício são suficientemente estressoras para gerar uma transpiração abundante e temperaturas de corpo inteiro elevadas.
- Em geral, são necessárias aproximadamente 1-2 semanas de ~90 minutos de exposição diária ao calor; mas atletas que possuem grande capacidade aeróbica podem aclimatar-se ao calor mais rapidamente.
- A aclimação ao calor é específica ao estresse climático (desértico ou tropical) e também às intensidades dos exercícios físicos aos quais os atletas são expostos, fatores que devem simular o ambiente competitivo esperado.

LEITURA RECOMENDADA

Maio de 2018 SSE #180: Água Fria e Gelo na Redução da Temperatura Corporal durante Exercícios no Calor

Julho de 2018 SSE #181: O Conceito “Potência Crítica” e a Performance nos Exercícios de Alta Intensidade

Agosto de 2018 SSE #182: Estratégia de Ingestão de Líquidos para Hidratação Ideal e Performance: Planejamento de Ingestão de Líquidos vs. Ingestão na Sede

INTRODUÇÃO

Se oferecido o tempo suficiente para a adaptação e acesso à sombra e quantidade adequada de água, indivíduos saudáveis conseguem tolerar a exposição prolongada a praticamente qualquer estresse ocorrido naturalmente pelo calor ambiental (Sawka et al. 1996). O estresse térmico resulta da interação das condições ambientais (temperatura, umidade, radiação solar), da quantidade e nível de atividade física (produção de calor corporal) e utilização de vestimentas/equipamentos pesados que impedem a perda de calor (Gagge & Gonzalez, 1996; McLellan et al., 2013; Sawka et al., 1996). O estresse induzido pelo calor ambiental e a atividade física interagem sinergicamente para aumentar a pressão nos sistemas fisiológicos (Sawka et al., 2011). Ainda, a realização de exercícios físicos em condições climáticas quentes induz a temperatura corporal elevada, estresse cardiovascular e metabolismo alterado, fatores que podem causar desconforto térmico, performance aeróbica prejudicada e maior risco de insolação grave (Nybo et al., 2014; Sawka et al., 2011). A aclimação ao calor confere ajustes biológicos importantes que reduzem estes efeitos negativos do estresse induzido pelo calor (Horowitz, 2014; Sawka et al., 1996, 2011; Taylor, 2014). A aclimatização ao calor, ou aclimação, se desenvolve respectivamente através de exposições repetitivas ao calor naturalmente (aclimatização), ou artificial (aclimação), que são suficientemente estressantes para elevar tanto a temperatura interna quanto a temperatura da pele, induzindo uma transpiração abundante (Périard et al., 2015; Sawka et al., 2003).

INTRODUÇÃO DA ACLIMATAÇÃO AO CALOR

A magnitude das adaptações biológicas induzidas pela aclimação ao calor depende em grande parte da intensidade, duração, frequência e número de exposições ao calor (Périard et al., 2015; Sawka et al., 2003; Taylor, 2014). Mesmo descansar no calor ou se exercitar em ambiente ameno, permite alguma pequena aclimação, a prática de exercícios no calor é o método mais eficaz para desenvolver a aclimação ao calor. Geralmente, aproximadamente 7-14 dias de exposição ao calor são necessários para induzir a aclimação ao

calor. A máxima aclimação ao calor necessita de um mínimo de exposição diária ao calor de aproximadamente 90 minutos (pode ser prolongada para 2 horas e dividida em dois períodos de 1 hora de exposição), combinada com a prática de exercícios aeróbicos, ao invés de treinos de resistência. Os atletas devem aumentar gradualmente a intensidade e duração dos exercícios, ou apenas a duração da exposição ao calor, a cada dia da aclimação.

Durante a exposição inicial à prática de exercício ao calor, o estresse fisiológico é grande, manifestado pela elevação da temperatura interna e da taxa cardíaca. A pressão fisiológica induzida pelo mesmo estresse térmico do exercício diminui a cada dia da aclimação. A figura 1 fornece as respostas da taxa cardíaca, temperatura retal e temperatura média da pele em indivíduos antes e durante a prática de exercícios a cada dia de um programa de 10 dias de aclimação ao calor seco (Eichna et al., 1950). Através de exercícios diários em clima quente, a maior parte da melhora na taxa cardíaca, temperatura da pele e interna, e taxa de suor é alcançada durante a primeira semana de exposição (Pandolf, 1998; Sawka et al., 1996). A redução da taxa cardíaca se desenvolve mais rapidamente em 4-5 dias e após 7 dias a redução da taxa cardíaca está basicamente completa. Os benefícios termorreguladores da aclimação ao calor são em geral completos até o 10-14º dia de exposição, mas pequenos benefícios adicionais podem ocorrer depois disso (Sawka et al., 1996).

A aclimação ao calor desaparece gradualmente se não for mantida, através da repetição contínua da exposição ao exercício e ao calor (Pandolf, 1998). Os benefícios da aclimação ao calor são mantidos por ~1 semana e depois decaem com aproximadamente 75% de perda, em ~3 semanas, uma vez que a exposição acabe. Durante este período, a reacclimação ocorre mais rapidamente do que a aclimação inicial quando existe nova exposição ao calor (Weller et al., 2007). Um ou dois dias de clima frio intercalados, não irá interferir com a aclimação ao clima quente. Além disso, após a aclimação ao calor ter sido atingida, a aclimação aos treinos e ao calor podem ser intercaladas a cada dois ou três dias (Périard et al., 2015; Sawka et al., 2003).

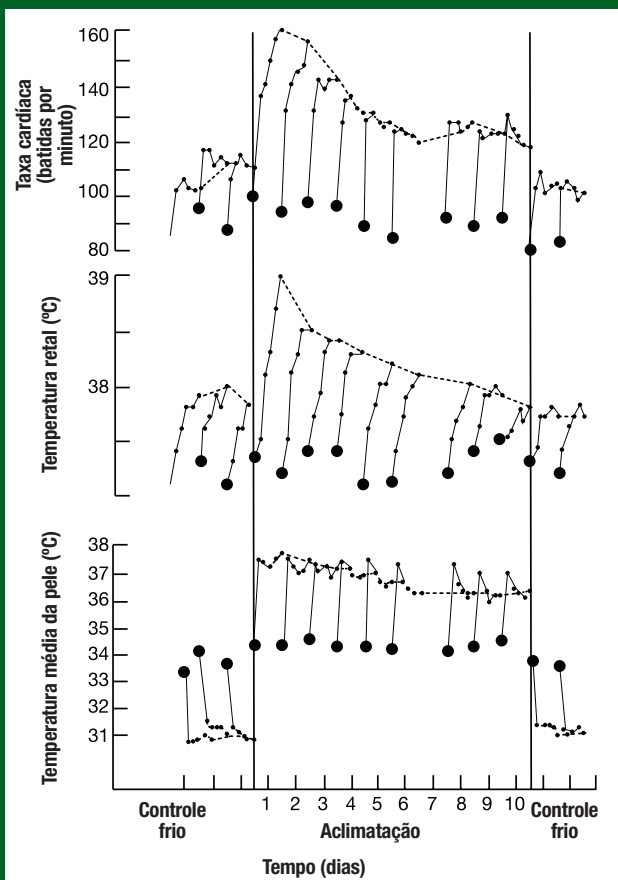


Figura 1. As respostas da taxa cardíaca, temperatura retal e temperatura média da pele de pessoas antes e durante a prática de exercícios a cada dia em um programa com 10 dias de aclimação ao calor seco. Círculos grandes mostram os dados antes do início do exercício e círculos pequenos conectados com linhas sólidas mostram os dados durante o exercício para os valores iniciais. Adaptado de Eichna et al. (1950).

Atletas com grande capacidade aeróbica podem induzir a aclimação ao calor mais rapidamente (~50%) e reter seus benefícios por mais tempo do que atletas com menor capacidade aeróbica (Armstrong & Pandolf, 1988; Pandolf, 1998). Os treinos com exercícios aeróbicos em clima ameno podem reduzir o estresse fisiológico e modestamente melhorar as capacidades de exercício em clima quente (Périard et al., 2015), mas tais programas de treino aeróbico por si só não conseguem substituir os benefícios da aclimação ao calor (Armstrong & Pandolf, 1988). A Figura 2 compara o impacto de um programa de treino aeróbico com aclimação ao calor na redução do estresse fisiológico e na melhora da resistência durante o estresse induzido pelo calor e exercícios (Cohen & Gisolfi, 1982). Após completarem um teste inicial de prática de exercícios no calor (pré-treino) (4 horas em ~35% da força aeróbica máxima, em condições quentes e secas), indivíduos completaram o programa de treinamento (1h/dia, 4 vezes na semana, por 11 semanas em condições amenas), e repetiram o teste de prática de exercícios no calor. Depois disso, os indivíduos completaram um programa de aclimação ao calor (35% da força aeróbica máxima, 4 horas/dia, por 8 dias) e novamente realizaram o teste de prática de exercícios no calor. Apesar do treino aeróbico ter reduzido o estresse fisiológico e melhorado a resistência, esta melhora foi muito modesta em comparação com aquela obtida pela aclimação ao calor (Cohen & Gisolfi, 1982). Desta forma, já que o estresse térmico prejudica a

performance aeróbica, os atletas precisam integrar programas de aclimação ao calor enquanto ainda mantêm um condicionamento aeróbico. Apesar de evidências anteriores sugerirem que a aclimação ao calor pode ser um método efetivo para o aumento dos benefícios do treino aeróbico em condições frias (Lorenzo et al., 2010; Scoon et al., 2007); tais achados não são universais (Karlsen et al., 2015).

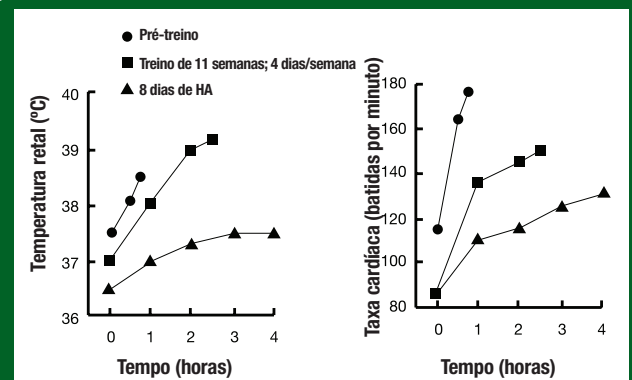


Figura 2. Uma comparação dos benefícios de um programa de treinamento aeróbico com programa de aclimação ao calor (HA) na redução do estresse fisiológico e melhora da performance durante estresse induzido pelo calor e prática de exercício. Refeito de Sawka et al. (2011), com os dados originais adotados de Cohen and Gisolfi, (1982).

ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS

A aclimação ao calor melhora o conforto térmico e as capacidades de exercício aeróbico máximo e submáximo, em clima quente (Gonzalez & Gagge, 1976; Lorenzo et al., 2010; Nielsen et al., 1993; Racinais et al., 2015). A Tabela 1 fornece uma breve descrição dos resultados funcionais e das adaptações biológicas que são associados com a aclimação ao calor (Sawka et al., 2011). Os benefícios da aclimação ao calor são alcançados pelas melhores respostas da transpiração e fluxo sanguíneo na pele, melhor estabilidade cardiovascular (habilidade para manter a pressão sanguínea e débito cardíaco), melhor balanço líquido-eletrolítico e taxa metabólica reduzida (Périard et al., 2015; Sawka et al., 1996, 2011). A aclimação ao calor é específica ao clima (desértico ou tropical) e ao nível da atividade física (Sawka et al., 2003). No entanto, a aclimação ao calor em climas desérticos e tropicais podem melhorar significativamente as capacidades de exercício em outros climas quentes, mas em menor extensão como quando o indivíduo é aclimatado no mesmo clima que o local da competição.

O efeito da aclimação ao calor na performance do exercício aeróbico pode ser bastante acentuado, de maneira que indivíduos aclimatados podem facilmente completar as atividades no calor que antes eram difíceis ou impossíveis (Sawka et al., 1996, 2003). Por exemplo, o decréscimo na performance durante um teste de tempo com ritmo próprio realizado no calor é também parcialmente recuperado após 1 semana de aclimação e quase totalmente restaurado após 2 semanas de aclimação (Racinais et al., 2015). A melhor capacidade de exercício e melhor estabilidade cardiovascular provavelmente mudam em paralelo. A Figura 3 demonstra melhor capacidade de exercício aeróbico e estabilidade cardiovascular com a aclimação ao calor. Quando 45 indivíduos tentaram a marcha de 20 km em clima desértico, 20 indivíduos sofreram síncope durante o dia inicial, enquanto no 5º dia do programa de aclimação, nenhum caso de síncope ocorreu (Bean & Eichna, 1943).

Conforto Térmico	Melhora	Força Aeróbica Máxima	Aumento
		Performance Aeróbica, Submáxima	Melhora
Temperatura interna	Redução	Sede	Melhora
Temperatura interna Repouso (temperatura) Exercício	Redução	Sede	Melhora
		Perdas Eletrolíticas	Redução
		Total de Água Corporal	Aumento
Transpiração Início precoce Taxa maior	Melhora	Volume Plasmático	Aumento
		Débito Cardíaco	Melhora/Manutenção
		Taxa Cardíaca	Redução
Temperatura da Pele	Redução	Volume Sistólico	Aumento
Fluxo Sanguíneo na Pele Início precoce Taxa maior	Melhora	Pressão Sanguínea	Melhora/Proteção
		Adequação Miocárdica	Aumento
		Eficiência Miocárdica	Melhora
Glicogênio Muscular	Poupado	Proteção cardíaca	Melhora
Limiar de Lactato	Aumento	Proteínas de Choque Térmico	Aumento
Lactato Muscular & Plasmático	Redução	Tolerância Térmica Adquirida	Aumento
Geração de Força	Aumento	Taxa Metabólica do Corpo Inteiro	Redução

Tabela 1 . Resumo dos resultados funcionais (parte de cima) e adaptações biológicas (parte de baixo) associados com a aclimação (Sawka et al., 2011).

Os três sinais clássicos de aclimação ao calor são a taxa cardíaca reduzida, temperatura interna reduzida e maior taxa de suor durante estresse induzido pelo exercício e calor (Sawka et al., 1996, 2011; Taylor, 2014). Além disso, as temperaturas da pele são frequentemente mais baixas e a transpiração começa mais cedo, e em uma temperatura interna mais baixa após a aclimação ao calor (Nadel et al., 1974). As glândulas sudoríparas também se tornam resistentes à fadiga para que maiores taxas de suor possam ser mantidas, particularmente em climas muito úmidos (Gonzalez et al., 1974; Sawka et al., 1996). A transpiração que se inicia mais cedo e que acaba sendo maior melhora o resfriamento evaporativo (se o clima permitir evaporação) e reduz o armazenamento corporal de calor e a temperatura da pele. Menores temperaturas da pele vão reduzir o fluxo sanguíneo cutâneo necessário para o balanço térmico (devido ao maior gradiente de temperatura interna à da pele), e reduzir a adequação venosa cutânea para que o volume do sangue seja redistribuído da circulação periférica para a central (Sawka et al., 2011). Todos estes fatores reduzem a pressão cardiovascular e melhoram a performance da prática de exercícios no calor.

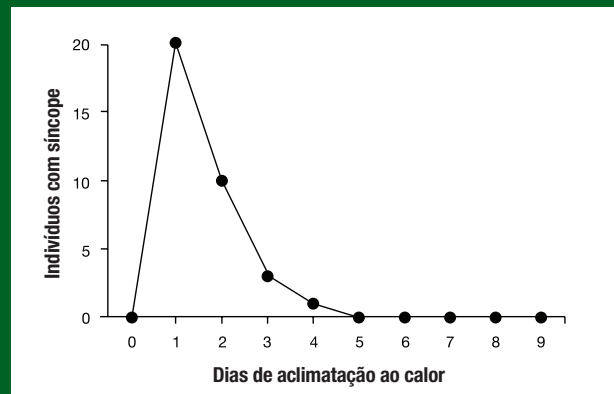


Figura 3 . Incidência de síncope em 45 homens caminhando com carga de 9 kg (19,8 lb) por 20 km (12,4 mi) em temperatura de 49°C (120,2°F) e 20% de umidade relativa. Dados originais adotados de Bean e Eichna (1943).

A melhora do balanço hídrico na aclimação ao calor inclui uma melhor relação da sensação de sede com a necessidade corporal de água (Bean & Eichna, 1943; Eichna et al., 1945; Périard et al., 2015), maior quantidade de água corporal total e maior volume sanguíneo (Mack & Nadel, 1996; Sawka & Coyle, 1999). Um indivíduo não aclimatado pode secretar suor com concentrações de sódio de 60mmol/l ou superior e, no caso de transpiração abundante, pode perder maiores quantidades de sódio (Sawka et al., 1996). Com a aclimação ao calor, as glândulas sudoríparas conservam o sódio, secretando suor com a concentração de sódio de até 10mmol/l. A retenção de sódio é provavelmente um contribuinte importante para a maior quantidade de água corporal total (Mack & Nadel, 1996). Os atletas precisam garantir que eles consumam quantidades adequadas de sódio (pelos alimentos e bebidas), particularmente no período inicial do processo de aclimação, já que déficits de sódio podem levar à desidratação, apesar do grande consumo de líquidos (Mack & Nadel, 1996). O aquecimento repetitivo dos tecidos corporais resultam na Tolerância Térmica Adquirida (TTA) que se refere às adaptações moleculares de uma exposição severa ao calor, não-letal, que permite que o organismo sobreviva a posteriores exposições severas ao calor, que poderiam ser letais (Horowitz, 2014). A aclimação ao calor e a TTA são complementares já que a aclimação reduz o estresse térmico e a tolerância térmica aumenta a sobrevivência a uma determinada carga de calor (Sawka et al., 2011). A tolerância térmica adquirida está associada com as proteínas de choque térmico (PCT, do inglês HSP) que combinadas com os polipeptídeos desnaturados ou emergentes na célula, fornecem proteção e aceleram o reparo nos processos de estresse térmico, isquemia, toxicidade monocítica e radiação ultravioleta (Horowitz, 2014; Sawka et al., 2011). Estas PCTs podem modular a defesa do hospedeiro, a produção de citocinas inflamatórias e proteger contra exposição à endotoxina, que deve proteger contra a “síndrome da resposta inflamatória sistêmica” associada com o choque térmico pelo exercício (Hasday et al., 2014; Horowitz, 2014; Leon e Bouchama, 2015; Welc et al., 2013). Além disso, a indução das PCTs pode estar associada com a melhor capacidade aeróbica em cachorros (Bruchim et al., 2014). A aclimação ao calor não aumenta os níveis de PCTs e a capacidade de indução em humanos (McClung et al., 2008). Ambos a exposição ao calor e o exercício aeróbico de alta intensidade desencadeiam a síntese de PCTs; no entanto, a combinação do exercício aeróbico com a exposição ao calor provocam uma resposta maior das PCTs do que qualquer um dos estressores podem fazer de maneira independente (Skidmore et al., 1995).

ESTRATÉGIAS DE ACLIMATAÇÃO AO CALOR PARA ATLETAS

A maioria das estratégias de aclimação ao calor testadas experimentalmente foram desenvolvidas em ambientes militares/ocupacionais e não para atletas em competições (Périard et al., 2015). Atletas competitivos tem melhor condição física e participam de eventos que requerem maior intensidade metabólica. Portanto, os princípios de “especificidade do treino” e “especificidade da adaptação” podem necessitar de sessões de exercícios com maior intensidade em comparação com os que foram testados experimentalmente. Certamente, a maioria dos protocolos de aclimação ao calor foram conduzidos ao longo de vários dias desencadeando uma adaptação “lenta”. No entanto, os atletas podem viajar repentinamente de um ambiente com condições amenas para um local de clima quente, ou de clima quente e úmido para um local com clima quente e seco, e podem necessitar da indução da aclimação ao calor mais rapidamente (e completa) para otimizar a performance.

Os fenótipos de aclimação pelo exercício e calor são em geral atingidos através de um dos 3 caminhos de indução: i) taxa metabólica constante; ii) auto-ritmada e iii) hipertermia controlada, ou aclimação isotérmica ao calor (Périard et al., 2015). A magnitude da adaptação pode também estar relacionada com o caminho de indução, como Taylor (2014) argumentou que a exposição repetitiva a um regime de taxa metabólica constante (exemplo, aclimação ao calor tradicional) resulta em uma adaptação menos completa, enquanto a abordagem com carga progressiva (exemplo, hipertermia controlada em uma dada temperatura interna) provavelmente induz uma aclimação ao calor mais completa. Recentemente foi proposto que um protocolo de intensidade controlada de exercício, onde um determinado estresse cardiovascular (exemplo, taxa cardíaca) é mantido durante a exposição diária ao calor e ao exercício, pode posteriormente otimizar as adaptações (Périard et al., 2015).

Para otimizar a performance, o estímulo de exercícios e do calor deve ser o mais próximo possível das condições esperadas do clima e exercícios durante a competição. No entanto, isto pode necessitar um aumento gradual do estresse induzido pelo calor climático, da intensidade dos exercícios e da duração, e pode haver compensações por parte dos atletas. Por exemplo, foi mostrado que exercícios de longa duração e baixa intensidade desencadeiam benefícios similares de aclimação ao calor (exemplo, redução da taxa cardíaca de exercício, da temperatura interna e metabolismo) àqueles exercícios com menor duração e intensidade moderada (Houmard et al., 1990).

A aclimação ao calor em um ambiente seco confere uma vantagem substancial ao calor úmido, mas as diferenças fisiológicas e biofísicas entre o calor seco e úmido levam a se esperar que a aclimação ao calor úmido iria produzir, de alguma forma, adaptações fisiológicas diferentes da aclimação ao calor seco. Os benefícios de convergência da aclimação ao calor úmido e seco, e os benefícios das maiores intensidades de exercício não foram bem estudados. Se a aclimação ao calor necessita ser induzida para ambos os calores seco e úmido, e se a rapidez da indução é importante, então podemos postular que aclimatar os atletas primeiro ao calor seco (produzindo adaptações na transpiração com alguns benefícios cardiovasculares), e depois ao calor úmido (provavelmente induzindo maiores adaptações cardiovasculares e de regulação de líquidos) pode ser mais eficaz.

Estratégia	Sugestão para implementação
Início Precoce	<ol style="list-style-type: none"> 1. Otimizar o condicionamento físico anteriormente ao início da aclimação ao calor. 2. Iniciar pelo menor 3 semanas antes da competição. 3. Ser flexível e paciente: o benefícios de performance da aclimação ao calor demoram mais para acontecer do que os benefícios fisiológicos. 4. Forneça tempo suficiente para testar a rotina de exposição ao calor e adquirir confiança.
Reprodução do clima do local da competição e exercícios a serem realizados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Em climas quentes, aclimação deve acontecer durante o calor do dia, e o treino físico deve acontecer em partes mais frescas do dia (manhãs e noites). 2. Em climas amenos, se exercitar em ambiente quente vestindo roupas de algodão. 3. O exercício induz maiores adaptações que o repouso no calor. 4. Replique lentamente as condições da futura competição (ambiental e carga de atividade) já que a aclimação é específica aos estressores.
Garantia de adequação do estresse térmico e da recuperação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indução de transpiração abundante. 2. Utilização de ciclos de exercício-reposo para aumentar progressivamente sua capacidade de atividade física. 3. Realize até 100 minutos de atividade física contínua no calor. 4. Uma vez que consiga se exercitar confortavelmente por 100 min. no calor, então continue por pelo menos 7-14 dias com intensidade de exercício adicional. 5. Dormir em ambiente com ar-condicionado não irá afetar o estado de aclimação e irá ajudar na recuperação do estresse térmico.
Ingestão de alimentos e bebidas adequadamente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seu mecanismo de sede irá melhorar à medida que você se torne mais aclimatado, mas você ainda irá ingerir menor quantidade de líquidos se contar apenas com a sensação de sede. 2. A aclimação ao calor irá aumentar sua necessidade de líquidos, então consuma líquido o suficiente para evitar a hipohidratação. 3. Você irá eliminar mais eletrólitos pelo suor quando não aclimatado, então tenha atenção especial ao consumo de líquidos/alimentos contendo eletrólitos durante a primeira semana de aclimação ao calor. 4. Não pule refeições, já que é neste momento que seu corpo repõe a maior parte da água e sal perdidos pelo suor.

Tabela 2. Estratégias de aclimação ao calor em atletas se preparando para competição em clima quente (modificado de NATO TR-HFM-187, 2013).

IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

A Tabela 2 fornece algumas estratégias e sugestões para treinadores, técnicos e atletas para induzir ao máximo a aclimação ao calor anteriormente às competições esportivas (Task Group HFM-187, 2013). As estratégias são para início precoce, reprodução do clima das competições e atividades físicas, garantia de recuperação e estresse térmico adequados, e consumo de líquidos e alimentos de maneira apropriada.

RESUMO

A aclimação ao calor (ou aclimação) é uma adaptação biológica que reduz o estresse fisiológico (exemplo, taxa cardíaca e temperaturas corporais), melhora o conforto, melhora a capacidade de exercício e reduz o risco de insolação séria durante a exposição

ao estresse térmico. As adaptações biológicas incluem respostas termorreguladoras, cardiovasculares, líquido-eletrolíticas, metabólicas e moleculares, todas integradas.

A aclimação ao calor ocorre quando exposições repetitivas à prática de exercício no calor são suficientemente estressantes para gerar transpiração abundante e temperaturas de corpo inteiro elevadas. Em geral, são necessárias aproximadamente 1-2 semanas de exposições diárias de 90 minutos; mas atletas com maior capacidade física podem se aclimatar ao calor em metade do tempo. A aclimação ao calor é específica ao estresse induzido pelo calor climático (desértico ou tropical) e a intensidade do exercício físico aos quais os atletas são expostos, que devem simular o ambiente competitivo esperado. Há estratégias e sugestões que treinadores, técnicos e atletas podem seguir para induzir a máxima aclimação ao calor anteriormente às competições esportivas.

REFERÊNCIAS

- WArmstrong, L.E., and K.B. Pandolf (1988). Physical training, cardiorespiratory physical fitness and exercise-heat tolerance. In K.B. Pandolf, M.N. Sawka and R.R. Gonzalez (eds.) *Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes*. Benchmark Press, Indianapolis, IN, pp. 199-226.
- Bean, W.B., and L.W. Eichna (1943). Performance in relation to environmental temperature: reactions of normal young men to simulated desert environment. *Fed. Proc.* 2:144-158.
- Bruchim, Y., I. Aroch, A. Eliav, A. Abbas, I. Frank, E. Kelmer, C. Codner, G. Segev, Y. Epstein, and M. Horowitz. (2014). Two years of combined high-intensity physical training and heat acclimatization affects serum lymphocyte and serum HSP70 in purebred military working dogs. *J. Appl. Physiol.* 117:112-118.
- Cohen J.S., and C.V. Gisolfi (1982). Effects of interval training on work-heat tolerance of young women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 14:46-52.
- Eichna, L.W., C.R. Park, N. Nelson, S.M. Horvath, and E.D. Palmes (1950). Thermal regulation during acclimatization in a hot, dry (desert type) environment. *Am. J. Physiol.* 163:585-597.
- Eichna, L.W., W.B. Bean, W.F. Ashe, and N.G. Nelson (1945). Performance in relation to environmental temperature. Reactions of normal young men to hot, humid (simulated jungle) environment. *Bull. Johns Hopkins Hosp.* 76:250-58.
- Gagge A.P., and R.R. Gonzalez (1996). Mechanisms of heat exchange: biophysics and physiology. In: M.J. Fregly and C.M. Blatteis (eds.) *Handbook of Physiology. Environmental Physiology*. Bethesda, MD: Am. Physiol. Soc., sect. 4, pp. 45-84.
- Gonzalez R.R., and A.P. Gagge (1976). Warm discomfort and associated thermoregulatory changes during dry, and humid-heat acclimatization. *Israeli J. Med. Sci.* 12:804-807.
- Gonzalez, R.R., K.B. Pandolf and A.P. Gagge (1974). Heat acclimation and decline in sweating during humidity transients. *J. Appl. Physiol.* 36:419-425.
- Hasday, J.D., C. Thompson, and I. Singh (2014). Fever, immunity, and molecular adaptations. *Compr. Physiol.* 4:109-148.
- Horowitz, M. (2014). Heat acclimation, epigenetics, and cytoprotection memory. *Compr. Physiol.* 4:199-230.
- Houmard J.A., D.L. Costill, J.A. Davis, J.B. Mitchell, D.D. Pascoe, and R. Robergs (1990). The influence of exercise intensity on heat acclimation in trained subjects. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22:615-620.
- Karlsen, A., S. Racinais, M.V. Jensen, B.J. NØrgaard, T. Bonne and L. Nybo (2015). Heat acclimation does not improve VO₂max or cycling performance in a cool climate in trained cyclists. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 25:269-276.
- Leon, L. R. and A. Bouchama (2015). Heat stroke. *Compr. Physiol.* 5:611-647.
- Lorenzo S., J.R. Halliwill, M.N. Sawka, and C.T. Minson (2010). Heat acclimation improves exercise performance. *J. Appl. Physiol.* 109:1140-1147.
- Mack, G.W., and E.R. Nadel (1996). Body fluid balance during heat stress in humans. In: M.J. Fregly and C.M. Blatteis (eds.) *Handbook of Physiology: Environmental Physiology*, New York: Oxford University Press, Bethesda, MD: Am. Physiol. Soc., sect. 4, pp. 187-214.
- McClung J.P., J.D. Hasday, J. Hr, S.J. Montain, S.N. Cheuvront, M.N. Sawka, and I. Singh (2008). Exercise-heat acclimation in humans alters baseline levels and ex vivo heat inducibility of HSP72 and HSP90 in peripheral blood mononuclear cells. *Am. J. Physiol.* 294:R185-R191.
- McLellan, T.M., H.A.M. Daanen, and S.S. Cheung (2013). Encapsulated environment. *Compr. Physiol.* 3:1363-1391.
- Nadel, E.R., K.B. Pandolf, M.F. Roberts, and J.A.J. Stolwijk (1974). Mechanisms of thermal acclimation to exercise and heat. *J. Appl. Physiol.* 37:515-520.
- Nielsen, B., J.S.R. Hales, S. Strange, N.J. Christensen, J. Warberg, and B. Saltin (1993). Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. *J. Physiol.* 460:467-485.
- Nybo, L., P. Rasmussen, and M.N. Sawka (2014). Performance in the heat-physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. *Compr. Physiol.* 4:657-689.
- Pandolf, K.B. (1998). Time course of heat acclimation and decay. *Int. J. Sports Med.* 19:S157-S160.
- Périard, J.D., S. Racinais, and M.N. Sawka (2015). Adaptation and mechanisms of human heat acclimation. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 25:S20-S38.
- Racinais S, J.D. Périard, A. Karlsen, and L. Nybo (2015). Effect of heat and heat-acclimatization on cycling time-trial performance and pacing. *Med. Sci. Sports Exerc.* 47:601-606.
- Sawka, M.N., and E.F. Coyle (1999). Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 27:167-218.
- Sawka, M.N., C.B. Wenger, and K.B. Pandolf (1996). Thermoregulatory responses to acute exercise-heat stress and heat acclimation. In: M.J. Fregly and C.M. Blatteis (eds) *Handbook of Physiology, Section 4, Environmental Physiology*. Oxford University Press, New York, Section 4, pp. 157-185.
- Sawka, M.N., S.N. Cheuvront, and M.A. Kolka (2003). Human adaptations to heat stress. In: H. Nose, G.W. Mack and K. Imaizumi (eds.) *Exercise, Nutrition and Environmental Stress*, Traverse City, MI: Cooper Publishing, 3:129-153.
- Sawka, M.N., L.R. Leon, S.J. Montain, and L.A. Sanna (2011). Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. *Compr. Physiol.* 1:1883-1928.
- Scoon, G.S., W.G. Hopkins, S. Mayhew, and J.D. Cotter JD (2007). Effect of post-exercise sauna bathing on the endurance performance of competitive male runners. *J. Sci. Med. Sport* 10:259-262.
- Skidmore, R., J.A. Gutierrez, V. Guerriero Jr., and K.C. Kregel (1995). HSP70 induction during exercise and heat stress in rats: Role of internal temperature. *Am. J. Physiol.* 268: R92-R97.
- Task Group HFM-187 (2013). Management of heat and cold stress guidance to NATO medical personnel. RTO Technical Report AC/323(HFM-187)TP/496, North Atlantic Treaty Organization.