



## AVALIAÇÃO DA HIDRATAÇÃO EM LABORATÓRIO E EM CAMPO

Publicado: Fevereiro 2013/Autor: **Nina S. Stachenfeld**/Tópicos: Hidratação e Termorregulação

Nina S. Stachenfeld | Laboratório John B. Pierce | Departamento de Obstetrícia, Ginecologia e Ciências Reprodutivas | Escola de Medicina de Yale | New Haven (CT) | Estados Unidos da América

- Nos Estados Unidos, a “perda de vidas humanas em períodos de calor intenso no verão excede as mortes causadas por todos os outros eventos climáticos em conjunto, incluindo raios, chuvas, enchentes, furacões e tornados” (Klinenberg, 2002).
- A evaporação do suor é necessária para dissipar o calor durante o exercício ou qualquer outra condição na qual ocorrem aumentos na temperatura interna corporal. A transpiração depende do volume sanguíneo adequado.
- A desidratação (hipohidratação) é o resultado da transpiração a longo prazo na ausência de reposição de líquidos e está normalmente associada com a maior concentração plasmática de sódio e maior osmolaridade plasmática (hiperosmose, hipovolemia). A hipohidratação também pode acontecer de maneira concomitante a grandes perdas de sódio (hipo-osmose, hipovolemia).
- A hiponatremia associada ao exercício físico é geralmente relacionada com a ingestão excessiva de líquidos hipotônicos, maior que a excreção (hiponatremia hipervolemica). A hiponatremia também pode estar associada com concentrações altas de sódio no suor concomitante a grandes perdas de volume de suor (hiponatremia hipovolemica - desidratação), que é mais comum em eventos de ultramaratona.
- Estudos de campo fornecem as configurações reais durante competições esportivas e podem ser imediatamente aplicados aos atletas. Contudo, o ambiente em que a coleta de dados é realizada é menos controlado.
- Estudos de laboratório necessitam de um estágio extra de tradução dos resultados para a prática. No entanto, estes estudos fornecem informações sobre os efeitos fisiológicos, respostas e mecanismos envolvidos.

### LEITURA RECOMENDADA

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

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

**Abril de 2019 SSE #192:** Monitoramento da Temperatura Interna Corporal

### INTRODUÇÃO

De acordo com o livro de Eric Klinenberg “Onda de Calor: uma Autópsia Social do Desastre em Chicago”, a “perda de vidas humanas em períodos de calor intenso no verão excede as mortes causadas por todos os outros eventos climáticos em conjunto, incluindo raios, chuvas, enchentes, furacões e tornados” (Klinenberg, 2002). Durante o exercício, especialmente com exposição ao calor, a musculatura em exercício aumenta a temperatura interna corporal. Para evitar o superaquecimento, líquidos se movem da corrente sanguínea para a pele, onde eles podem ser evaporados na forma de suor, desta forma resfriando o corpo. Portanto, a manutenção do volume sanguíneo é essencial para a termorregulação ótima durante o exercício. Em humanos, o principal método de manter os líquidos corporais, incluindo o volume sanguíneo, é através da ingestão de líquidos, apesar de uma pequena quantidade de água (~10%) ser produzida pelas células durante os processos metabólicos. Devido a manutenção dos líquidos ser tão importante para a sobrevivência, seres humanos têm uma série de mecanismos importantes para detectar alterações na quantidade geral de líquidos no corpo e sua composição.

Nesta revisão, estes mecanismos serão descritos, seguido da maneira como eles funcionam durante os exercícios. Depois, iremos descrever como a hidratação e a hiponatremia associada ao exercício físico (EAH) ocorrem quando o corpo é levado a situações extremas e incapaz de empregar os mecanismos desenvolvidos para manter a hidratação e a tonicidade adequadas como suporte ao funcionamento do corpo humano. Finalmente, serão discutidas as vantagens e desvantagens das medidas realizadas em campo e no laboratório.

### REGULAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO

A realização de uma maratona, ou evento de resistência semelhante, normalmente resulta em perda de água corporal de 2-3%, acompanhada por aumentos nas concentrações plasmáticas de sódio de 5-7 mmol/l (Sawka et al., 2007). O cérebro

controla os líquidos corporais e recebe informações sobre as alterações do estado de líquido corporal de três fontes principais: osmorreceptores centrais, angiotensina II central e barorreceptores periféricos. Esta informação está relacionada com áreas essenciais do cérebro responsáveis pelo gatilho das respostas adequadas em relação a transtornos específicos no estado de líquido corporal. Os osmorreceptores são sensíveis a alterações muito pequenas na osmolaridade, ou tonicidade (relacionada com a quantidade de sódio no sangue), logo uma alteração de apenas cerca de 2% na osmolaridade é necessária para um gatilho de aumento na sensação de sede e aumento do hormônio arginina vasopressina (AVP). Este é o hormônio responsável principalmente pela indução renal de retenção de água livre, então durante períodos de perda de líquidos a AVP pode ser fundamental para evitar a desidratação. A AVP é também um dos mais poderosos vasoconstritores no corpo, portanto, ele também irá contribuir com a manutenção da pressão sanguínea durante períodos de baixo volume sanguíneo.

Alterações nos líquidos corporais também são detectadas pelos barorreceptores periféricos. Estes barorreceptores estão localizados no átrio cardíaco e detectam alterações na pressão à medida que o volume central de sangue é perdido ou ganho. Estes receptores são importantes, mas requerem aproximadamente 10% de alteração na pressão antes de lançar o gatilho das respostas através do estímulo do cérebro e rins, estimulando os receptores da sede ou aumentando a retenção de líquidos. Nós somos especialistas em medir as alterações tanto dos osmorreceptores como dos receptores de volume em laboratório, assim como as respostas regulatórias de líquido em relação a elas.

### DESIDRATAÇÃO

Inúmeras variáveis podem afetar a termorregulação durante o exercício, incluindo o estado de hidratação, duração e intensidade do exercício,

condições ambientais, aclimação ao estresse induzido pelo exercício e pelo calor, capacidade de atividade ( $VO_{2max}$ ), condicionamento físico, e fatores pessoais como medicações, suplementos, sono e doenças. A hipertermia ocorre durante o exercício quando o calor gerado pela musculatura se acumula mais rápido que a dissipação de calor, através do aumento da transpiração e fluxo sanguíneo na pele (Adolf, 1947). Dependendo da intensidade e fatores ambientais, a produção de calor pode ser tão grande quanto 15-20 vezes maior do que em repouso, e pode aumentar a temperatura interna corporal em 1°C a cada 5 minutos, se nenhum calor é dissipado (Nadel et al., 1977). Logo, a perda de água corporal ocorre devido à transpiração, que é necessária para dissipar o calor durante o exercício ou qualquer condição na qual ocorra o aumento da temperatura interna. A hipohidratação, ou redução no volume de líquido, é normalmente associada com a maior concentração plasmática de sódio e maior osmolaridade plasmática, "hipovolemia hiperosmótica". A hipohidratação que ocorre concomitante a grandes perdas de sódio é chamada de hipovolemia hipo-osmótica. Geralmente, um atleta pode perder 2-3% do peso corporal durante um evento de longa distância sem qualquer efeito negativo na saúde ou performance (Sawka et al., 2007). Na verdade, tal perda de água é esperada após corridas ou treinos de longas distâncias, especialmente em ambientes quentes.

Apesar da informação fornecida aos atletas, e o aumento no número de paradas para ingestão de água durante as corridas, a incidência de mais de 2% de desidratação é relatada em 50-70% dos participantes em corridas de longa distância e maior que 4% de desidratação relatada em ~30% dos participantes (Speedy et al., 1999; Noakes et al., 2005). A desidratação reduz as capacidades física e mental para o exercício, compromete a função cardiovascular e termorregulatória (exemplo, atenua a transpiração, então aumenta o risco de doenças relacionadas ao calor, como a exaustão e síncope induzida pelo calor), reduz o volume sistólico e aumenta a frequência cardíaca, então exacerba o estresse no sistema cardiovascular. Além disso, a hipovolemia associada com a desidratação também pode reduzir a pressão sanguínea, e aumentar ainda mais o estresse cardiovascular. Logo, a desidratação pode reduzir a intensidade ou causar a parada total do exercício. A única maneira de evitar a desidratação é através da ingestão de líquidos.

### A HIPONATREMIA ASSOCIADA AO EXERCÍCIO FÍSICO (EAH)

A hiponatremia associada ao exercício físico pode ocorrer quando atletas apresentam redução nas concentrações de sódio do plasma  $\geq 5$  mmol/l durante exercícios de resistência (Speedy et al., 2001; Almond et al., 2005). Esta condição pode ocorrer quando os atletas competindo em eventos de longa duração ingerem líquidos hipotônicos em maior quantidade do que eles são capazes de excretar (hiponatremia hipervolêmica), ou quando os atletas têm concentrações exageradamente altas de sódio no suor concomitante a grandes perdas de volume de suor (hiponatremia hipovolêmica). A maioria dos atletas tolera uma queda substancial nas concentrações de sódio sem sintomas (Speedy et al., 2001). Contudo, nestes atletas que não conseguem tolerar estas perdas, ou quando a EAH é extrema (sódio plasmático de 120-125 mmol/l), as consequências podem ser severas (edema cerebral e encefalopatia metabólica, dano cerebral e morte). A hiponatremia hipervolêmica, a mais comum dos dois tipos, foi atribuída à ingestão excessiva de líquido em conjunto com elevados níveis de AVP de maneira inapropriada ou uma resposta renal inadequada à AVP (Verbalis, 2003) que leva a retenção excessiva de água livre (Sawka et al., 2007). Será que o comportamento (em relação à ingestão de líquidos) é capaz de anular o poder destes sistemas fisiológicos? Mulheres estão em maior risco para EAH e este risco tem sido

atribuído ao seu menor tamanho corporal e peso menor, ingestão excessiva de água e maiores tempos de corrida em comparação aos homens (Speedy et al., 2001; et al., 2005). Enquanto estes fatores contribuem com a maior incidência de EAH em mulheres, é provável que os maiores níveis de estradiol no plasma e/ou tecidos também tenha um papel no aumento deste risco. O estradiol está relacionado com a maior retenção de água livre e alterações na distribuição de líquidos independentemente do tamanho corporal ou comportamento de ingestão de líquidos (Ayus & Arieff, 1996; Stachenfeld et al., 2001; Stachenfeld & Taylor, 2005). Além disso, mulheres em idade reprodutiva são mais propensas a experimentar a hiponatremia pós-operatória (Ayus & Arieff, 1996). E mais importante, a exposição ao estradiol pode deixar as mulheres mais suscetíveis às consequências extremas da EAH. Tanto homens como mulheres se submetendo a pequenas cirurgias, a combinação da anestesia, estresse pós-cirúrgico e náusea, pode levar a um aumento dramático na AVP, que está associada com edema e dano cerebral, principalmente em mulheres (Ayus & Arieff, 1996). Desta forma, o estradiol pode ter um papel significativo para maior risco de edema cerebral e encefalopatia encontrado em mulheres, indicando uma etiologia mais complexa que simplesmente menor tamanho corporal, e os tempos de corrida mais extensos e normas culturais de comportamento de ingestão de líquidos contribuem para as diferenças entre os sexos em relação à EAH (Almond et al., 2005).

### COMO AVALIAR A HIDRATAÇÃO EM CAMPO E EM LABORATÓRIO

Uma dinâmica importante existente quando se estuda a resposta regulatória de líquidos no exercício é a dinâmica entre a pesquisa de campo e em laboratório.

### PESQUISA DE CAMPO

Na pesquisa de campo, o cientista tem a vantagem de estudar as respostas nas condições as quais o atleta irá encontrar durante a competição. Além disso, neste caso os atletas realizam especificamente suas próprias atividades com os equipamentos que realmente utilizam em competições. No laboratório, com poucas exceções como a corrida, remo ou ciclismo, estas condições podem apenas ser modeladas para chegar o mais próximo possível do esporte na realidade. Desta forma, as informações derivadas de um estudo de campo cuidadosamente conduzido têm valor imediato e podem ser facilmente aplicadas ao atleta individualmente.

Contudo, durante os estudos de campo, as condições ambientais como a temperatura e a umidade não podem ser controladas, e podem ser diferentes nos dias de pesquisa ou dias de treinamentos e competições. A coleta de amostras de suor, urina e sangue pode ser dificultada durante os treinamentos ou competições porque o equipamento necessário não é portátil, o processo de coleta interfere na corrida ou no treinamento. Além disso, a realização de estudos de intervenção em campo é desafiadora porque a intervenção com propósito de pesquisa pode impactar na performance. Desta forma, em campo, a informação coletada é importante, mas pode ser limitada a estudos observacionais.

Inúmeros sistemas sofisticados são utilizados para determinar a hidratação em campo como refratômetros portáteis para determinar a gravidade específica da urina. Se a coleta não for viável, a duração da micção pode ser contada em "quantos segundos" para se estimar o volume da urina, os atletas podem estimar sua própria ingestão de líquidos quando garrafas e copos são fornecidos a eles, e os pesos corporais podem ser medidos antes, durante e após o evento ou treinamento para se determinar

o volume da transpiração, além disso sistemas simples de coleta de suor (adesivos) podem medir a composição eletrolítica. Durante as corridas o investigador pode determinar e registrar as condições ambientais no dia da corrida e monitorá-las ao longo do tempo. Para medir as variáveis fisiológicas, monitores da frequência cardíaca minimamente invasivos, monitores de temperatura e de gás sanguíneo também estão disponíveis.

## PESQUISA EM LABORATÓRIO

A pesquisa observacional em campo apresenta questões que podem ser exploradas em um ambiente mais controlado de laboratório. Intervenções podem ser utilizadas no laboratório para determinar mecanismos que explicam as respostas ou a performance em campo, ou exploram mecanismos que explicam o impacto do exercício nos sistemas fisiológicos.

A pesquisa em laboratório é necessária para controlar cuidadosamente as condições para estudar os mecanismos envolvidos na regulação de líquidos e eletrólitos. Os estudos que demonstraram que a ingestão de sódio durante o exercício manteve o volume plasmático sem a supressão da sede e hormônios da regulação de líquidos, foram realizados em laboratório (Nose et al., 1988a, 1988b, 1988c). Com a ingestão de sal, os indivíduos conseguiram manter de maneira mais adequada o líquido dentro dos compartimentos necessários para auxiliar a transpiração (Nose et al., 1988a). Outro exemplo, é o estudo da EAH. Ele provou ser difícil examinar os mecanismos da EAH em campo porque estes estudos são retrospectivos; ou seja, os atletas são examinados após apresentarem hiponatremia durante a corrida, mas não são colocados em grupos EAH antes da corrida, e o comportamento de ingestão de líquidos não pode ser controlado para induzir EAH em campo. Estes estudos prospectivos poderiam apenas ser realizados em laboratório, onde um ambiente controlado forneceu o primeiro estudo prospectivo para examinar os fatores de risco associados à EAH. Indivíduos com histórico de hiponatremia foram recrutados para o laboratório, realizaram exercícios extensos com ingestão excessiva de líquidos (água) precisamente controlada (Stachenfeld & Taylor, 2009). Estes estudos demonstraram que a retenção de líquido, e não a perda de sódio, foi o principal fator contribuinte para redução de  $[Na^{2+}]$  em mulheres com risco para EAH. Além disso, as intervenções com o hormônio sexual sugeriram que a perda de sódio pudesse ser o fator mais importante na EAH em mulheres durante exposição maior à progesterona.

## APLICAÇÕES PRÁTICAS

- Há uma grande variabilidade individual entre os atletas e/ou indivíduos ativos nas perdas de água e de sódio pelo suor, então os atletas devem colocar em prática estratégias de reposição de líquidos enquanto estão treinando para os eventos. As quantidades de sódio e de líquido necessárias diferem entre os atletas e depende muito das seguintes condições: 1. Determinação da taxa de suor a partir do peso corporal durante o treinamento (1 kg (2,2 lb) de massa corporal  $\approx$  1 l (34 oz.) de perda de água corporal); 2. Monitoramento da ingestão de líquidos; 3. Determinação da melhor maneira de manter os eletrólitos durante a corrida.

- A ingestão de sódio durante os exercícios extensos pode: 1. Melhorar a retenção de líquido corporal total e o volume de líquido nos compartimentos corporais; 2. Aumentar o conteúdo plasmático de sódio; 3. Manter a sensação de sede; 4. Estimular os rins a reter água.

- Avaliar a massa corporal e a osmolaridade/sódio do plasma e da urina antes e depois dos treinos e corridas quando possível.
- Um litro (34 oz.) de uma bebida esportiva contendo 20 mEq/l de sódio irá normalmente fornecer 460 mg de sódio.

- Apesar dos estados de líquido corporal relacionados à desidratação e à EAH serem completamente diferentes, alguns dos sintomas, como o mal-estar, náusea, vertigem, tonturas e fadiga, podem coincidir. Portanto, se as alterações no peso corporal ou amostras sanguíneas não puderem ser obtidas, a avaliação da ingestão de líquidos e quantidade de urina durante o exercício são importantes antes de decidir sobre um tratamento.

- Os atletas que perdem grandes volumes de suor devem considerar ingerir sódio adicional na forma de bebidas esportivas com maior quantidade de sódio ou barras, gel, suplementos eletrolíticos em pó, lanches ou tabletes que forneçam quantidade extra de sódio.

- Muitas bebidas esportivas são hipotônicas em relação ao plasma, então atletas que utilizam bebidas esportivas não devem assumir que eles estejam imunes à EAH.

## RESUMO

Tanto a desidratação quanto a EAH podem ser perigosas durante exercícios extensos, então todos os atletas competindo ou treinando para eventos de longas distâncias devem aprender a como regular o conteúdo de líquido corporal e eletrólitos. Há uma grande variabilidade entre os indivíduos, então não há um protocolo para a ingestão de líquidos ou para o consumo de alimentos durante os treinos, ou corridas que funcione para todos os atletas. Por essa razão, os atletas devem monitorar a perda de suor e a ingestão de líquidos durante os treinamentos, e devem fazer isso no maior número de condições ambientais possíveis. Estudos de campo são fundamentais para determinar os desafios encarados pelos atletas na prática, e são principalmente observacionais por natureza para que não interfiram no treino ou competição do atleta. Estes estudos observacionais formam a base para questões sobre os mecanismos de ação que podem ser estudadas em laboratório. No laboratório, as condições ambientais podem ser estritamente controladas, e a ingestão de líquidos e eletrólitos, e os resultados podem ser medidos precisamente. É nos estudos de laboratório que os mecanismos fisiológicos podem ser determinados, com o principal objetivo de melhorar a saúde e a performance em campo. Os atletas de resistência devem ter como objetivo manter as perdas de líquido o mais perto possível de 2% do peso corporal. Desta forma, durante exercícios mais curtos (1-2 horas) a ingestão de água ou bebidas esportivas ad libitum é recomendada. Contudo, durante exercícios com duração esperada de mais de 2 horas, o atleta pode planejar estratégias específicas de hidratação e reposição de eletrólitos para proteger a saúde e a performance.

## REFERÊNCIAS

- Adolf, E.F. (1947). In *Physiology of Man in the Desert*, pp. 5–43, 326–341. Interscience, New York.
- Almond, C.S.D., A.Y. Shin, E.B. Fortescue, R.C. Mannix, D. Wypij, B.A. Binstadt, C.N. Duncan, D.P. Olson, A.E. Salerno, J.W. Newburger and D.S. Greenes (2005). Hyponatremia among runners in the Boston Marathon. *N. Engl. J. Med.* 352: 1550-1556.
- Ayus, J.C. and A.I. Arieff (1996). Brain damage and postoperative hyponatremia: the role of gender. *Neurology* 46: 323-328.
- Klitenberg, E. (2002). *Heat Wave: A Social Autopsy of Disaster in Chicago*. Chicago University Press., Chicago, IL.
- Nadel, E.R., C.B. Wenger, M.F. Roberts, J.A. Stolwijk, and E. Cafarelli (1977). Physiological defenses against hyperthermia of exercise. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 301: 98–109.
- Nose, H., G.W. Mack, X. Shi and E.R. Nadel (1988a). Shift in body fluid compartments after dehydration in humans. *J. Appl. Physiol.* 65: 318- 324.
- Nose, H., G.W. Mack, X. Shi and E.R. Nadel (1988b). Role of osmolality and plasma volume during rehydration in humans. *J. Appl. Physiol.* 65: 325-331.
- Nose, H., G.W. Mack, X. Shi and E.R. Nadel (1988c). Involvement of sodium retention hormones during rehydration in humans. *J. Appl. Physiol.* 65: 332- 336.
- Sawka, M.N., L.M. Burke, E.R. Eichner, R.J. Maughan, S.J. Montain and N.S. Stachenfeld (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39: 377-390.
- Speedy, D.B., T.D. Noakes and C. Schneider (2001). Exercise-associated hyponatremia: A review. *Emergency Med.* 13: 17-27.
- Stachenfeld, N.S., D.L. Keefe and S.F. Palter (2001). Effects of estrogen and progesterone on transcapillary fluid dynamics. *Am. J. Physiol.* 281: R1319-R1329.
- Stachenfeld, N.S., and H.S. Taylor (2005). Progesterone increases plasma and extracellular fluid volumes independent of estradiol. *J. Appl. Physiol.* 98: 1991-1997. Stachenfeld, N.S., and H.S. Taylor (2009). Sex hormone effects on body fluid and sodium regulation in women with and without exercise-associated hyponatremia. *J. Appl. Physiol.* 107: 864-872.
- Verbalis, J.G. (2003). Disorders of body water homeostasis. *Best Practice Res. Clin. Endocrinol. Metab.* 17: 471-503.