

Desidratação e importância da reposição de líquidos durante o exercício prolongado no calor

Flavia Meyer*
Rudnei de Andrade**

Quando o exercício é prolongado e praticado em ambiente quente, a desidratação é consistentemente prejudicial para a termorregulação e performance.

Durante o exercício, a desidratação pode ocorrer tanto devido a uma sudorese acentuada mas principalmente devido a ingestão insuficiente de líquidos. Beber durante o exercício tem sido recomendado para evitar os efeitos adversos da desidratação sobre a regulação térmica, performance e doenças relacionadas ao calor.

O presente artigo tem como objetivo revisar os principais efeitos adversos da desidratação durante o exercício prolongado no calor, enfatizando os mecanismos fisiológicos responsáveis pelas suas manifestações adversas e a importância da reposição hídrica. Abordamos também os mecanismos que justificam a reposição do sódio e carboidrato na reidratação do indivíduo que pratica atividades físicas prolongadas no calor.

EFEITOS FISIOLÓGICOS DA DESIDRATAÇÃO

O quanto a desidratação prejudica a regulação térmica corporal e a performance física depende de muitos fatores interrelacionados como: o grau de desidratação, duração e tipo de exercício, método para indução da desidratação e condições ambientais. Enquanto que não há dúvida que em exercícios prolongados a desidratação tem efeitos deletérios (Armstrong et al, 1997; Coyle, 1998; González-Alonso et al, 1997).; os resultados das conseqüências da desidratação sobre a resistência muscular e performance anaeróbia

(exercícios de curta duração) ainda são inconsistentes (Shi e Gisolfi, 1998). O método utilizado para desidratar (calor, exercício, diuréticos) parece afetar as respostas ao exercício de modo que a restrição prolongada de líquidos, ao contrário do que exercícios no calor e diuréticos, pode diminuir a força muscular máxima num grau mais elevado (Nielsen et al., 1981., Sawka e Pandolf, 1990).

Quando o exercício é prolongado e praticado em ambiente quente, a desidratação é consistentemente prejudicial para a termorregulação e performance (Gisolfi e Copping, 1974; Pitts et al., 1944; Sawka et al., 1989; 1985). Comparando com o estado bem hidratado, uma pessoa normal pode aumentar a temperatura interna em média 0, 1- 0, 2°C para cada percentual de déficit do peso corporal, dependendo das condições ambientais e do tipo de exercício. Acima de 2% de desidratação, a temperatura interna pode se elevar 0, 4°C para cada percentual subsequente de desidratação (Gisolfi e Copping, 1974). Então, a medida que a desidratação e a temperatura interna aumentam, a tolerância ao calor e a performance de exercício diminuem num ritmo mais rápido do que num estado bem hidratado (Sawka e Pandolf, 1990, Sawka et al., 1992).

O principal mecanismo pelo qual a desidratação acelera o aumento da temperatura corporal (hipertermia) e prejudica a performance durante exercícios prolongados no calor permanecem pouco esclarecidos. Durante a hidratação hipertônica, a taxa de sudorese diminui, e a temperatura corporal para uma

determinada taxa de sudorese está relativamente mais elevada do que quando o corpo está hidratado (Sawka et al., 1985). Ainda, com a diminuição do volume plasmático e o aumento da osmolaridade plasmática, poderia aumentar o limiar de temperatura para o início da sudorese (Sawka et al., 1989).

Tanto a hiperosmolaridade plasmática como a hipovolemia induzidas pela desidratação aumentam a temperatura interna e reduzem a dissipação de calor pela evaporação (taxa de sudorese) e convecção (fluxo sanguíneo periférico). A hiperosmolaridade plasmática pode aumentar a temperatura interna afetando o hipotálamo (efeito central) ou glândulas sudoríparas (efeito periférico) (Senay, 1979). Estudos com animais têm demonstrado que os neurônios do centro termoregulador do hipotálamo anterior e na região preótica são atingidos pela mudança na osmolaridade, tanto que a infusão de solução hipertônica aumenta a temperatura interna (Greenleaf et al., 1976). Fortney et al. (1984) observaram que a hiperosmolaridade (mesmo sem hipovolemia) retarda o início da sudorese e a vasodilatação periférica durante o exercício no calor. Uma explicação é que esse aumento da pressão osmótica inibe o movimento de água para a glândula sudorípara (Greenleaf e Castle, 1971; Nielsen et al., 1981).

A desidratação induzida por diuréticos reduziu a taxa de sudorese para uma determinada temperatura esofagiana (Fortney et al., 1981). Especula-se que uma diminuição da pressão de enchimento atrial causada pela hipovolemia, alteraria a informação neural aferente para o centro hipotalâmico responsável pelo controle da sudorese. Outra possível explicação é que a desidratação prejudica a termorregulação durante o exercício devido a uma diminuição do fluxo sanguíneo periférico. Isto foi investigado (Montain e Coyle, 1992) em homens exercitando-se em cicloergômetro (65% do consumo máximo de oxigênio) e recebendo em dias distintos os seguintes tratamentos: ingestão oral de líquidos, infusão parenteral de um expansor plasmático, ou restrição de qualquer líquido. Tanto a ingestão de líquidos como a infusão parenteral preservaram o volume sanguíneo que se manteve mais elevado do que quando tratados com restrição de líquidos. Contudo, o fluxo sangüí-

neo do antebraço aumentou somente com a ingestão oral de líquidos, e foi o tratamento que menos elevou a temperatura corporal interna. Isto ocorreu apesar de taxas de sudorese semelhantes entre os tratamentos. Então, é possível que a prevenção da desidratação por reposição oral melhore a termorregulação durante o exercício, aumentando o fluxo sangüíneo periférico e facilitando a transferência de calor interno para a periferia.

A desidratação também prejudica a performance aeróbia através de seu efeito no sistema cardiovascular. O volume de ejeção fica reduzido em função da redução no volume sangüíneo (Nadel et al., 1980; Saltin et al., 1964). Isto é agravado em climas quentes porque ocorre uma dilatação das veias superficiais da pele transferindo parte do fluxo sangüíneo para a periferia (ao invés da musculatura esquelética) levando a uma redução da pressão arterial, e ainda mais do retorno venoso e do débito cardíaco. Hamilton et al., (1991) demonstraram que a reposição hídrica em volumes equivalentes as perdas de água pela sudorese pode prevenir um declínio no volume de ejeção.

Para evitar a desidratação durante o exercício, devemos então ingerir líquidos em volumes similares ao que se estamos perdendo através da sudorese. Este volume pode variar de 500 a 1000 ml por hora de acordo com o indivíduo (Meyer et al., 1992).

PAPEL DO SÓDIO E DO CARBOIDRATO NA REPOSIÇÃO HÍDRICA

Embora existam evidências suficientes para defender os benefícios de se manter o corpo bem hidratado durante exercícios prolongados no calor, a necessidade de reposição de sódio, principal eletrólito eliminado através da sudorese, é mais controversa. Um argumento contra a ingestão de sódio durante o exercício é a possibilidade do aumento da osmolaridade plasmática que aceleraria o aumento temperatura interna, como já foi discutido (Harrison, 1986). Contudo, quando o corpo é mantido bem hidratado por ingestão de bebida isoosmótica (290 mOsm·l⁻¹) contendo

Para evitar a desidratação durante o exercício, devemos então ingerir líquidos em volumes similares ao que se estamos perdendo através da sudorese.

uma concentração de sódio até 25 mEq·l⁻¹, nem a concentração de sódio ou a osmolaridade plasmáticas aumentam (Barr et al., 1991; Johnson et al., 1988).

Por outro lado, a hiponatremia, ou concentração de sódio plasmático menor que 130 mEq·l⁻¹, é a principal preocupação quando o Na⁺ é insuficientemente repostado em exercícios prolongados. A hiponatremia pode ser uma manifestação da perda excessiva de sódio, mas ocorre principalmente pela ingestão excessiva de líquidos hipotônicos (Noakes et al., 1985). A diminuição na osmolaridade plasmática produz um gradiente osmótico entre o sangue e o cérebro provocando um movimento de água dentro do cérebro (Berry e Belsha, 1990). Apatia, náusea, vômito, consciência alterada e até convulsões são algumas manifestações neurológicas da hiponatremia (Gruskin et al., 1982). De fato, alguns desses sintomas foram recentemente relatados em uma adolescente que caminhava por um longo período no deserto (Geist e Barzilai, 1992). Outro caso foi de um jovem de 21 anos que se exercitava como sujeito em um laboratório em um experimento sobre reposição de líquidos (Armstrong et al., 1993). Em ambas as situações, a hiponatremia foi detectada como resultado da excessiva ingestão de água.

Logo, quando os exercícios são prolongados, com mais de duas horas de duração, recomenda-se beber líquidos contendo sódio de 20 a 30 mEq·l⁻¹, que corresponde a uma concentração similar ou mesmo inferior daquela do suor de um indivíduo adulto (Meyer et al., 1992). A reidratação só com água pode através da diminuição da osmolaridade sanguínea diminuir a percepção da sede e aumentar a diurese.

A inclusão de sódio em bebidas tem sido muito estimulada porque promove a absorção de água e carboidratos pelo intestino durante (Gisolfo et al., 1990; Leiper e Maughan, 1986) após o exercício (Maughan et al., 1997). Isto se dá porque o transporte de glicose na mucosa do enterócito é acoplado com o transporte de sódio, via um co-transportador situado na membrana apical (Crane, 1977). Como resultado, a absorção de água é estimulada, visto que ela desloca passivamente para o compar-

timento com maior pressão osmótica. Esta melhora da absorção de água realizada com solução contendo carboidrato e sódio tem sido mais adequada para uso de reposição oral em lugar de terapia intravenosa em situações de perdas leves de líquidos.

Há muitos anos sabe-se que a ingestão de carboidratos durante atividades físicas prolongadas melhora a performance em adultos (Pitts et al., 1944). Também parece retardar a fadiga em exercícios intermitentes de alta intensidade (Shi e Gisolfi, 1998). O carboidrato é uma fonte exógena de substrato e previne uma diminuição na glicose sanguínea a partir da segunda hora de exercício (Coyle e Montain, 1992; Coyle et al., 1986; Davis et al., 1988). A ingestão de aproximadamente 30-60 g de carboidrato geralmente será suficiente para manter a glicose sanguínea e retardar a fadiga (American College of Sports Medicine, 1996; Horswill, 1998).

A adição de sódio e carboidrato, nas concentrações adequadas, nos líquidos para hidratação esportiva tem sido estimulada pois estimula a sua ingestão voluntária (Rivera-Brown et al., 1999; Wilk e Bar-Or, 1996). Outros fatores como sabor, temperatura, osmolaridade do líquido afetam a reposição hídrica e devem ser considerados na formulação de uma bebida adequada para o desportista ()

Em exercícios prolongados realizados no calor, justifica-se além da água a reposição de sódio e carboidrato.

CONCLUSÃO

O indivíduo que pratica exercício por um tempo prolongado no calor tem o risco de apresentar desidratação porque a taxa de sudorese pode exceder a quantidade de líquido ingerido. A desidratação prejudica a performance, e a saúde do indivíduo pelo aumento da temperatura corporal e os riscos de reações térmicas. Em exercícios prolongados realizados no calor, justifica-se a reposição de sódio e carboidrato por promover a absorção de água, evitar a hiponatremia e hipoglicemia, restaurando as perdas energéticas.

Quando os exercícios são prolongados, com mais de duas horas de duração, recomenda-se beber líquidos contendo sódio de 20 a 30 mEq·l⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN College of Sports Medicine. ACSM Position Stand on Exercise and Fluid Replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 28(1), i-vii, 1996.
- ARMSTRONG, L.E., MARESH, C.M., GABAREE, C.V., HOFFMAN, J.R., KAVOURAS, S.A., KENEFICK, R.W., CASTELLANI, J.W., AHLQUIST, L.E. Thermal and circulatory responses during exercise: effects of hypohydration, dehydration, and water intake. *J Appl Physiol.* 82:2028-2035, 1997.
- ARMSTRONG, L.E., CURTIS, W.C., HUBBARD, R.W., FRANCESCONI, R.P., MOORE, R., ASKEW, W. Symptomatic hyponatremia during prolonged exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25:543-549, 1993.
- BARR, S.I., COSTILL, D.L., FINK, W.J. Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline, or no fluid. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23:811-817, 1991.
- BERRY, P.L., BELSHA, C.W. Hyponatremia. *Pediatr. Clin. North Amer.* 37:351-163, 1990.
- COYLE E.F. Cardiovascular drift during prolonged exercise and the effects of dehydration. *Int J Sports Med*, 19, S121-S124, 1998.
- COYLE, E.F., COGGAN, A.R., HEMMERT, M.K., IVY, J.L. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrates. *J. Appl. Physiol.* 61:165-172, 1986.
- COYLE, E.F., MONTAIN, S.J. Benefits of fluid replacement with carbohydrate during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24(Suppl): S324-S330, 1992.
- CRANE, R.K. The gradient hypothesis and other models of carrier-mediated active transport. *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.* 78:100-159, 1977.
- DAVIES, M.J., LAMB, D.L., PATE, R.R., SLENTZ, C.A., BURGESS, W.A., BARTOLI, W.P. Carbohydrate-electrolyte drinks: effects on endurance cycling in the heat. *Am. J. Clin. Nutr.* 48:1023-30, 1988.
- FORTNEY, S.M., WENGER, C.B., BOVE, J.R., NADEL, E.R. Effect of blood volume on forearm venous and cardiac stroke volumes during exercise. *J. Appl. Physiol.* 55:884-890, 1981.
- FORTNEY, S.M., WENGER, C.B., BOVE, J.R., NADEL, E.R. Effects of hyperosmolality on control of blood flow and sweating. *J. Appl. Physiol.* 57:1688-1695, 1984.
- GEIST, M., BARZILAI, N. Dilutional hyponatremia and convulsions after strenuous exercise. Harefuah (em Hebraico). 122:420-421, 1992.
- GISOLFI, C.V., COPPING, J.R. Thermal effects of prolonged treadmill exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 6:108-113, 1974.
- GISOLFI, C.V., SUMMERS, R.W., SCHEDL, H.P., BLEILER, T.L., OPPLINGER, R.A. Human intestinal water absorption: direct vs indirect measurements. *Am. J. Physiol.* 258:G216-222, 1990.
- GONZÁLEZ-ALONSO, J., MORA RODRÍGUEZ, R., BELOW, P.R., COYLE, E.F. (1997). Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *J Appl Physiol.* 82:1229-1236, 1997.
- GREENLEAF, J.E., CASTLE, B.L. Exercise temperature regulation in men during hypohydration and hyperhydration. *J. Appl. Physiol.* 30:847-853, 1971.
- GREENLEAF, J.E., KOZLOWSKI, S., NAZAR, K., KACIUBA-USCILKO, H., BRZEZINSKA, Z., ZIEMBA, A. Ion-osmotic hyperthermia during exercise in dogs. *Am. J. Physiol.* 230:74-79, 1976.
- GRUSKIN, A.B., BALUARTE, H.J., PREBIS, J.W., POLINSKI, M.S., MORGENSTERN, B.Z., PERLMAN, S.A. Serum sodium abnormalities in children. *Pediatr. Clin. North Amer.* 29:907-932, 1982.
- HAMILTON, M.T., GONZALEZ-ALONSO, J., MONTAIN, S.J., COYLE, E.F. Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevents cardiovascular drift. *J. Appl. Physiol.* 71: 871-877, 1991.
- HARRISON, M.H. Heat and exercise: Effects on blood volume. *Sports Med.* 3:214-223, 1986.
- HORSWILL, C.A. Effective fluid replacement. *Int J Sport Nutr*, 8:175-195, 1998.
- JOHNSON, H.L., NELSON, R.A., CONSOLAZIO, C.F. Effects of electrolyte and nutrient solutions on performance and metabolic balance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20:26-33, 1988.
- LEIPER, J.B., MAUGHAN, R.J. Absorption of water and electrolytes from hypotonic, isotonic, and hypertonic solutions. *J. Physiol.* 373:90P, 1986.
- MAUGHAN R.J., LEIPER J.B., SHIRREFFS, S.M. Factors influencing the restoration of fluid and electrolyte balance after exercise in the heat. *Br J Sports Med*, 31:175-182, 1997.
- MEYER, F., BAR-OR O, O., MACDOUGALL, D., HEIGENHAUSER, G. Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and level of maturity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24:776-81, 1992.
- MONTAIN, S.J., COYLE, E.F. Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume. *J. Appl. Physiol.* 73:903-910, 1992.
- NADEL, E.R., FORTNEY, S.M., WENGER, C.B. Effect of hydration state on circulatory and thermal regulations. *J. Appl. Physiol.* 49:715-21, 1980.
- NIELSEN, B., KUBIKA, R., BONNESEN, A., RASSMUSSEN, I.B., STOKLOSA, J., WILK, B. Physical work capacity after dehydration and hyperthermia: a comparison of the effect of exercise versus passive heating and sauna and diuretic dehydration. *Scand. J. Sport Sci.* 3:2-10, 1981.
- NOAKES, T.D., GOODWIN, N., RAYNER, B.L., BRANKEN, T., TAYLOR, R.K.N. Water intoxication: a possible complication during endurance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17:370-375, 1985.
- PITTS, G.C., JOHNSON, R.E., CONSOLAZIO, F.C. Work in the heat as affected by intake of water, salt, and glucose. *Am. J. Physiol.* 142:253-259, 1944.
- RIVERA-BROWN, A.M., GUTIÉRREZ, R., GUTIÉRREZ,

- J.C., FRONTERA, W.R., BAR-OR, O. Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. *J. Appl. Physiol.*, 86: 78-84, 1999.
- SALTIN, B. Circulatory response to submaximal and maximal exercise after thermal dehydration. *J. Appl. Physiol.* 19:1125-1132, 1964.
- SAWKA, M.N., GONZALEZ, R.R., YOUNG, A.J., DENNIS, R.C., VALERI, C.R., PANDOLF, K.B. Control of thermoregulatory sweating during exercise in the heat. *Am. J. Physiol.* 257:R311-316, 1989.
- SAWKA, M.N., PANDOLF, K.B. Effect of body water loss on physiological function and exercise performance. In: GISCLFI, C.V. & LAMB, D.R. (eds.) *Perspectives in Exercise and Sport Medicine*. Vol 3. Fluid Homeostasis during Exercise. Indianapolis, IN: Benchmark Press, Inc, 1990, pp. 1-30.
- SAWKA, M.N., YOUNG, A.J., FRANCESCONI, R.P., MUZA, S.R., PANDOLF, K.B. Thermoregulatory and blood responses during exercise and graded hypohydration levels. *J. Appl. Physiol* 25:149-152, 1985.
- SAWKA, M.N., YOUNG, A.J., LATZKA, W.A., NEUFER, P.D., QUIGLEY, M.D., PANDOLF, K. B. Human tolerance to heat strain during exercise: influence of hydration. *J. Appl. Physiol.* 73:368-75, 1992.
- SENAY, L. Temperature regulation and hypohydration a singular view. *J. Appl. Physiol.* 47:1-7, 1979.
- WILK, B., BAR-OR, O. Effect of drink flavor and NaCl on voluntary drinking and hydration in boys exercising in the heat. *J Appl Physiol*, 80: 1112-1117, 1996.

UNITERMOS

Sudorese, regulação térmica, osmolaridade, sódio, carboidrato

**Flavia Meyer é Professora pelo Departamento de Desportos e do Mestrado em Ciências do Movimento Humano da ESEF, UFRGS.*

***Rudnei de Andrade é Mestre em Ciências do Movimento Humano da ESEF/UFRGS.*