

Suor: fatores que influenciam a sua formação e composição eletrolítica

Flavia Meyer*

Resumo

As glândulas sudoríparas écrinas são aquelas que eliminam suor devido a produção de calor. O suor é ativado principalmente por fatores centrais (aumento da temperatura interna). Quando eliminado na pele, o suor é hipotônico em relação ao plasma, apresentando uma concentração de sódio e cloro que varia de 20 a 60 mEq/L e potássio, de 4 a 8 mEq/L. Vários fatores como exercício, métodos de indução de suor, local de coleta, aclimatização, condicionamento físico, gênero e idade podem afetar a taxa de sudorese e sua composição eletrolítica. O conhecimento desse tópico tem implicações no estudo da regulação térmica e no manejo da reposição de líquidos durante o exercício.

Abstract

Eccrine sweat glands are those activated to excrete sweat due to the heat production. Sweat is activated mainly by central factors (increase of core temperature). When eliminated in the skin, the sweat is hypotonic as related to plasma, and contains a sodium and chloride concentration that ranges from 20 to 60 mEq/L and potassium, from 4 to 8 mEq/L. Various factors such as exercise, the way to induce sweat, site of collection, acclimatization, physical training, gender and age may affect the sweating rate and the sweat electrolyte concentration. The understanding of this topic has implications in the study of thermoregulation and for recommendations of fluid replenishment during exercise.

INTRODUÇÃO

Quando exercitamos por muito tempo em dias quentes, a proporção (até 80%) da energia liberada como calor no organismo pode ser tanta que, sem a dissipação de calor pela sudorese, a temperatura corporal poderia aumentar até 1°C a cada 5 minutos. Quando a temperatura ambiental excede a temperatura da pele, a evaporação do suor é o principal meio para dissipação de calor. Assim, para alguém que se exercita em dias quentes, a perda de calor ocorre, principalmente, pela evaporação do suor.

Normalmente, a perda de eletrólitos pelo suor é desprezível a menos que a pessoa transpire profusamente, como durante exercício e/ou exposição ao calor. As glândulas sudoríparas écrinas, diferente das apócrinas, são aquelas ativadas para excretar água como um meio de promover a dissipação de calor. Essas glândulas também excretam eletrólitos (Sato et al. 1989). O conhecimento deste tópico ajuda a entender e a individualizar as necessidades de reposição de água e

eletrólitos durante o exercício que causa sudorese e risco de desidratação (Meyer e Andrade, 1999).

Esta revisão aborda os mecanismos da produção do suor, sua composição e os diversos fatores que os afetam.

MECANISMO DA FORMAÇÃO E A COMPOSIÇÃO DO SUOR

O suor é ativado por mecanismos centrais e periféricos. A resposta central envolve impulsos aferentes para a área pré-óptica do hipotálamo. Esse estímulo aferente para suar é regulado por sensores que são ativados quando a temperatura corporal aumenta. A elevação da temperatura corporal é o fator central desencadeante para suar que pode também ser afetado por mudanças na temperatura da pele (Nadel et al. 1971). A resposta periférica das glândulas sudoríparas é regulada predominantemente por estímulo colinérgico embora possa também responder por via adrenérgica (Sato, 1977). A injeção de drogas colinérgicas, por exemplo a metacolina,

é um método usado para produzir suor. O suor é formado em duas etapas: a secreção do "suor primário" pela alça secretora enovelada seguida pela absorção parcial de NaCl e água no ducto de reabsorção (Sato, 1977). Quando o suor é liberado na pele, é hipotônico comparado ao plasma (Quinton e Tormey, 1976). A concentração de eletrólitos deste suor primário é semelhante àquela da plasma (em torno de 140, 110 e 4 mEq/L por Na⁺, Cl⁻ e K⁺, respectivamente) (Cage e Dobson, 1965). Na alça secretora enovelada, o suor primário parece ser formado pela secreção ativa do Na⁺ com difusão passiva da água pela membrana permeável. O Na⁺ entra na célula junto com o Cl⁻ e, então, é trocado pelo K⁺ através da membrana basolateral. A reabsorção do Na⁺ e do Cl⁻ na troca por K⁺, no ducto de reabsorção, ocorre através da bomba Na⁺-K⁺. A enzima ativada neste transporte, Na⁺-K⁺ ATPase, foi identificada pela sua inibição com ouabain (Quinton e Tormey, 1976). A hormônio aldosterona atua no ducto do suor estimulando a reabsorção de Na⁺, semelhante a sua própria função nos rins (Collins, 1966; Sato e Dobson, 1970). O transporte de água no ducto segue as forças osmóticas.

A concentração final do Na⁺ e Cl⁻ é, portanto, menor do que a do plasma enquanto que a do K⁺ tende a ser maior. Num indivíduo adulto saudável, a concentração de Na⁺ e Cl⁻ no suor varia de 20 a 60 mEq/L e a de K⁺, 4-8 mEq/L (Meyer et al. 1992, Sato, 1989).

FATORES QUE INFLUENCIAM A SUDORESE E SUA COMPOSIÇÃO ELETROLÍTICA

Nos últimos 50 anos, pesquisas que investigaram a composição de eletrólitos no suor aumentaram, quando foi constatado que indivíduos portadores de fibrose cística apresentam altas concentrações de Cl⁻ no suor (di Sant'Agnes et al., 1953). A quantidade exata do que perdemos através do suor varia de acordo com fatores individuais como idade, sexo, aclimatização ao calor, condicionamento físico e doenças que podem afetar o perfil eletrolítico do suor e a taxa de sudorese. Na verdade, estes fatores explicam algumas das variações intra e inter-individuais em resposta ao exercício prolongado no calor. Variações na concentração eletrolítica do suor têm sido relacionadas com a taxa de sudorese. Acredita-se que a medida que a taxa de sudorese aumenta, a reabsorção de Na⁺ fica limitada. Como resultado, com o aumento da taxa de sudorese no ducto, há um aumento nas concentrações de Na⁺ e Cl⁻ no suor. Tais correlações, no entanto, são inconsistentes e podem depender do método utilizado. Em

experimentos "in vitro" com glândulas sudoríparas isoladas, diferente da análise "in vivo", é mais comum que se reproduza a dependência da composição do suor ao seu índice (Bijman e Quinton, 1987).

Como o suor é ativado por agentes colinérgicos, esse é um estímulo alternativo ao calor e exercício, para se obter amostras de suor. O conteúdo do suor induzido farmacologicamente (pilocarpina), no entanto, não reproduz fielmente o suor induzido por exercício ou temperatura elevada. Embora o suor induzido por pilocarpina foi muito usado para diagnóstico de fibrose cística, ele apresenta mais alta concentração de Na⁺ comparado àquele induzido pelo calor, independente da taxa de sudorese (Sato et al., 1970; Sato et al., 1990; Schwartz e Simpson, 1985). Portanto, o tipo de estímulo deve ser considerado quando analisamos a perda de eletrólitos no suor. O suor pode ser coletado de diversas maneiras: pipetando direto da pele embaixo de óleo mineral (Brusilow, 1965), usando cápsulas (Sens et al., 1985), com gases ou papel filtro (Verde et al., 1982), com sacos impermeáveis (Boysen et al., 1984; Calvert et al., 1990), e método de lavagem total do corpo (Vellar,

"Quando o suor é liberado na pele, é hipotônico comparado ao plasma."

1968). A evaporação da água, contaminação, reabsorção pela pele e vazamento são potenciais fontes de erro. O método "anaeróbico" de Boysen e colegas (1984), tem a vantagem de prevenir estes erros, além de permitir um grande volume de amostras. Este método consiste em fixar um saco plástico em forma de bolso, à pele. Assim que o suor começa a pingar, fica acumulado entre as camadas do saco plástico, evitando a reabsorção pela pele. A composição do suor pode variar nas diversas partes do corpo. Por exemplo, a concentração de ions ([Na⁺], [K⁺], [Cl⁻]) são maiores no suor das mãos do que no dos antebraços (Verde et al., 1982). Assim, a coleta do suor de um único ponto pode não representar o de todo o corpo. Uma possibilidade é coletar suor de vários pontos ou usar o método de lavagem de todo o corpo (Vellar, 1968). No último método, o corpo e as roupas são lavados com água destilada antes e depois do exercício. A concentração do suor pós-exercício é, então, calculada pois a quantidade de água destilada usada é conhecida. Este método, no entanto, não é possível, e suscetível a erro, quando o investigador não está familiarizado com os procedimentos (Lemon et al., 1986). Deste modo, para análise da composição do suor produzido durante exercício realizado no calor, o saco plástico é um método prático, confiável (Calvert et al., 1990), e menos contaminado (Sato e Sato, 1990) para coleta de suor. Além disso, quando colocado nas costas, não interfere nos movimentos do indivi-

duo. O processo de aclimatização ao calor envolve início precoce do suor e aumento na taxa de sudorese (Armstrong e Maresh, 1998, Gisolfi e Robinson, 1969; Kobayashi et al., 1980; Taylor, 1986; Wagner et al., 1972; Whyndham, 1967). Foi mostrado que essas mudanças são acompanhadas de um aumento no tamanho das glândulas sudoríparas em macacos (Sato et al., 1990). Com a aclimatização, ocorre a diminuição da concentração de Na^+ e Cl^- , mesmo que por um determinado aumento na taxa de sudorese (Allan e Wilson, 1971; Kirby e Convertino, 1986; Ogawa et al., 1982). A aclimatização parece aumentar a resposta do ducto de suor à aldosterona (Kirby e Convertino, 1986). Treinamento físico aeróbico, não necessariamente acompanhado de aclimatização, pode também aumentar a taxa de sudorese (Nadel et al., 1974). Buono e Sjöholm (1988) mostraram, estimulando suor com pilocarpina que homens e mulheres treinados tem maior taxa de sudorese que pessoas destreinadas.) O treinamento induz hipertrofia das glândulas sudoríparas bem como o aumento da sensibilidade colinérgica e concentração peri-glandular de acetilcolina para a glândula (Sato e Sato, 1983). O nível de treinamento necessário para afetar a concentração eletrolítica do suor ainda não é conhecido. Como treinamento físico é normalmente acompanhado de aclimatização ao calor, é difícil separar seus efeitos. Assim, quando um estudo de termorregulação ou concentração eletrolítica do suor é projetado, é importante ter controle sobre a influência da capacidade física e aclimatização. A composição do suor pode variar também em relação ao gênero e maturidade. Quando homens e mulheres apresentam o mesmo grau de condicionamento aeróbico, a taxa de sudorese é similar entre eles (Buono e Sjöholm, 1988, Meyer et al., 1992) mas a concentração de Na^+ e Cl^- parece ser maior nos homens (Meyer et al., 1992). Já a taxa de sudorese e concentração de Na^+ e Cl^- no suor é menor em crianças em relação a adultos. Como consequência, a perda total de Na^+ e Cl^- nas crianças é menor que em adultos quando eles se exercitam sob as mesmas condições de exercício e estresse ambiental.

Portanto, os vários fatores que podem influenciar a taxa e a composição do suor devem ser considerados quando analisamos a perda do suor devido ao exercício executado no calor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, J.R.; WILSON, C.G. Influence of acclimatization on sweat sodium concentration. *J. Appl. Physiol.* 30:708-712, 1971.

ARMSTRONG, L.E.; MARESH. Effects of training, environment and host factors on the sweating response to exercise. *Int. J. Sports Med.* 19:103-105, 1998.

BOYSEN, T.C.; YANAGAWA, S.; SATO, F.; SATO, K. A modified anaerobic method of sweat collection. *J. Appl. Physiol.* 56:1202-1307, 1984.

BUONO, M.J.; SJOHOLM, N.T. Effect of physical training on peripheral sweat production. *J. Appl. Physiol.* 65:811-814, 1988.

CAGE, G.W.; DOBSON, R. Sodium secretion and reabsorption in human eccrine sweat gland. *J. Clin. Invest.* 44:1270-1276, 1965.

CALVERT, R.; BAR-OR, O.; MEYER, F.; FALK, B.; BLIMKIE, C.J. A modified, disposable and reliable sweat collection device for use in adults and children during exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22:S89, 1990.

COLLINS, K.J. The action of exogenous aldosterone on the secretion and composition of drug-induced sweat. *Clin. Sci.* 30:207-221, 1966.

DI SANT'AGNESE, P.A.; DARLING, R.C.; PERERA, G.A.; SHEA, E. Abnormal electrolytic composition of sweat in cystic fibrosis of the pancreas. Clinical significance and relationship to the disease. *Pediatrics.* 12:549-563, 1953.

GISOLFI, C.V.; ROBINSON, S. Relationships between physical training, acclimatization and heat tolerance. *J. Appl. Physiol.* 26:530-534, 1969.

KIRBY, C.R.; CONVERTINO, V.A. Plasma aldosterone and sweat sodium concentration after exercise and heat acclimation.

J. Appl. Physiol. 61:967-970, 1986.

KOBAYASHI, Y.; ANDO, Y.; TAKEUCHI, S.; TAKEMURA, K.; OKUDA, N.; ISOBE, Y.; TAKABA, S.; OHARA, K. Effects of heat acclimation of distance runners in a moderately hot environment. *Eur. J. Appl. Physiol.* 62:194-198, 1980.

LEMON, P.W.R.; YARASHESKI, K.E.; DOLNY, D.G. Validity/reliability of sweat analysis by whole-body washdown vs. regional collections. *J. Appl. Physiol.* 61:1967-1971, 1986.

MEYER, F.; ANDRADE, R. Desidratação e importância da reposição de líquidos durante o exercício prolongado no calor. *Revista Perfil.* 3:12-16, 1999.

MEYER, F.; BAR-OR, 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.

NADEL, E.R.; BULLARD, R.W.; STOLWIJK, J.A. Importance of skin temperature in the regulation of sweating. *J. Appl. Physiol.* 31:80-7, 1971.

NADEL, E.R.; PANDOLF, K.B.; ROBERTS, M.F.; STOLWIJK, J.A. Mechanisms of thermal acclimation to exercise and heat. *J. Appl. Physiol.* 37:515-520, 1974.

OGAWA, T.; ASAYAMA, M.; MIYAGAWA, T. Effects of sweat gland training by repeated local heating. Japan. *J. Physiol.* 16: 274-290, 1982.

QUINTON, P.M.; TORMEY, J.M. Localization of Na/K-ATPase in the secretory and reabsorptive epithelia of perfused eccrine sweat glands: A question to the role of the enzyme in secretion. *J. Membrane Biol.* 29:383-399, 1976.

- SATO, K.; DOBSON, R.L. The effect of intracutaneous d-aldosterone and hydrocortisone on the human eccrine sweat gland function. *J. Invest. Dermatol.* 54:450-459, 1970.
- SATO, F.; OWEN, M.; MATTHES, R.; SATO, K.; GISOLFI, C.V. Functional and morphological changes in eccrine sweat gland with heat acclimation. *J. Appl. Physiol.* 69:232-236, 1990.
- SATO, K. The physiology, pharmacology, and biochemistry of the eccrine sweat gland. *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.* 79: 51-131, 1977.
- SATO, K.; KANG, W.H.; SAGA, K.; SATO, K.T. Biology of sweat glands and their disorders. I. Normal sweat gland function. *J. Am. Acad. Dermat.* 20:537-563, 1989.
- SATO, K.; SATO, F. Individual variations in structure and function of eccrine sweat glands. *Am. J. Physiol.* 32: 971-981, 1983.
- SATO, K.; SATO, F. Methods for studying eccrine sweat gland function in vivo and in vitro. *Methods Enzymol.* 192:583-599, 1990.
- SCHWARZ, V.; SIMPSON, I.M.N. Is salt reabsorption in the human sweat duct subject to control? *Clin. Sci.* 68:441-447, 1985.
- SENS, D.A.; SIMMONS, M.A.; SPICER, S. The analysis of human sweat proteins by isoelectric focusing. *Pediatr. Res.* 19:873-978, 1985.
- TAYLOR, N.A.S. Eccrine sweat glands: Adaptations to physical training and heat acclimatization. *Sports Med.* 3:387-397, 1986.
- VELLAR, O.D. Studies on sweat losses of nutrients. I Iron content of whole body sweat and its association with sweat other constituents, serum iron levels, hematological indices, body surface area and sweat rate. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 21:157-167, 1968.
- VERDE, T.; SHEPHARD, R.J.; COREY, G.P.; MOORE, R. Sweat composition in exercise and in the heat. *J. Appl. Physiol.* 53:1540-1545, 1982.
- WAGNER, J.A.; ROBINSON, S; TZANKOFF, S.P.; MARINO, R.P. Heat tolerance and acclimatization to work in the heat in relation to age. *J. Appl. Physiol.* 33:616-622, 1972.
- WYNDHAM, C.H. Effect of acclimatization on the sweat rate/rectal temperature relationship. *J. Appl. Physiol.* 22:27-30, 1967.

UNITERMOS

Regulação térmica; sudorese; sódio.

**Flavia Meyer é professora do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da ESEF/UFRGS. Doutora pela McMaster University, Canadá.*