

## THE 18TH SYMPOSIUM ON HUMAN-ENVIRONMENT SYSTEM (TOKYO 1994)

INVITED  
LECTURE 2

## SWEATING AND HEALTH

Tokuo OGAWA

Department of Physiology, Aichi Medical University

The major physiological role of sweating is thermoregulation in humans. Sweating is an essential heat-dissipating mechanism during heat exposure and during exercise. Measures to reduce or prevent sweating are always harmful to thermoregulation in such conditions.

Sweat, once discharged, is effective only when it evaporates. Low humidity with ample convection accelerates evaporation of sweat. On the other hand, impaired sweat evaporation may induce hidromeiosis, gradual depression of sweating, which results in reduction of ineffective sweat loss.

Sweating is not at all an ideal heat-dissipating phenomenon, since it consumes body fluid. Although sweat is hypotonic, salt concentration in sweat increases with sweating rate. Prolonged heavy sweating may cause dehydration and lead to a variety of heat disorders.

Heat cramps are caused by salt depletion after prolonged heavy sweating when loss of fluid has been replenished with plain water and the sodium concentration in blood has fallen below a critical level. Painful spasms develop in limbs and abdominal muscles subjected to intensive work and fatigue.

Dehydration together with cutaneous vasodilation in heat reduces circulating blood volume and increases blood viscosity, thus augmenting the load to the heart. It also affects the central thermoregulatory mechanism, thus reducing sweating rate, which in turn accelerates a rise in body temperature. Such a condition may lead to heat exhaustion. It occurs particularly in otherwise healthy young individuals who undertake prolonged physical exertion. If left untreated, it may eventually progress to heat stroke. Heat stroke is a serious medical emergency, which may result in death.

Excessive heat load leads to heat congestion and the resultant hyperthermia induces dysfunction of the central thermoregulatory mechanism, thus accelerating elevation of the body temperature. Heat stroke is characterized by severe hyperthermia with a core temperature usually exceeding 42°C, disturbances of the central nervous system, and hot, dry skin with cessation of sweating. Heat stroke requires prompt diagnosis associated with rapid and aggressive treatment to save the patient's life.

Children and elderly individuals are more susceptible to heat exhaustion or heat stroke than young adults. Children produce more metabolic heat per mass unit and less able to dissipate heat, and are more predisposed to dehydration, because the loss of body fluid to sweat is relatively large. In case of the elderly, thermoregulatory responses are retarded to changes in heat load, and water content of the body is relatively low in general. Moreover, those who have underlying chronic diseases are at a high risk of heat stroke. However, young adults who exercise vigorously in hot, humid environments are also at a high risk of exertion-induced heat illness, especially when they are so highly motivated and enthusiastic as to try to perform exercise at an intensity beyond that for which they have been trained.

For the prevention of heat stroke, the level of activity should be matched to ambient temperature and physical exertion should be avoided or at least minimized in severe heat. During physical exertion, free access to water is mandatory. Since electrolytes are lost in sweat and voluntary ingestion of water is limited, thus delaying restitution from thermal dehydration, electrolytes should be replaced in case of profuse sweating. Proper clothing is also an important measure. Clothes made of fabrics that are air- and vapor-permeable and water-absorbent facilitate heat dissipation.

A period of acclimatization is recommended before vigorous physical activity is undertaken. Daily moderate heat load acclimatize the individual to heat within a couple of weeks. Not only the central thermoregulatory mechanism increases the sensitivity to a rise in the body temperature, but the effector organs, sweat glands, can be trained to increase their secretory capacity and to dilute sweat.

## 招待講演 2

## 汗と健康

小川 徳雄

愛知医科大学第二生理

## 1. 発汗の生理的意義

ヒトにおいては、発汗の主要な生理的な役割は体温調節である。暑熱環境下や運動中では、体熱の放散手段としてはほとんど汗の蒸発に頼り、もし発汗しないとうつ熱のため、体温が上昇し続けることになり、放置すると熱中症など重篤な状態をひき起こすことになるので、このような条件下では、発汗を減らしたり防いだりする手だてはすべて体温調節にとってきわめて不利となる。

種々の恒温動物がそれぞれに熱の効果的な放散手段としてなんらかの水分蒸発に頼っており、例えば、イヌや鳥類はパンティング、齧歯類は唾液塗布、ブタは「ころげ」などで汗の代用をしているが、それらはいずれも、その行動自体のためにかなりのエネルギーを消費するので、その際、同時に熱も産生されてしまい、その点不合理である。それに対し、発汗活動に要するエネルギー量は至って少なく、中等度の発汗時に1時間当たり約150calで、この値は汗1gの蒸発によって奪われる熱の1/4程度に過ぎない。多量発汗でも、この値の高々2~3倍である。したがって、このように代謝活動が少なく済む発汗活動は他の蒸発性熱放散の手段に比べはるかに合理的であるといえよう。発汗という、このような優れた機能をそなえたことにより、ヒトは暑さに対する強い耐性を獲得したといえる。

このような暑熱負荷時の体温調節上にきわめて重要な意義をもつ発汗様式-温熱性発汗-のほか、種々の精神刺激に反応して手掌や足底に現れる精神性発汗がある。温熱性発汗と異なり、暑さと関係なく現れ、反応が速く通常一過性である。これと同様の発汗はイヌやネコなどの足跡にもみられ、他の動物を襲ったり、また逆にそれから逃れたりするとき、汗が適度に足跡の皮膚面を濡らすことによって滑り止めの役割を果たす。温熱性発汗とは異なった中枢機構が働くと考えられるが、温熱性発汗中枢との相互干渉もあり、個人差はあるが、互いに影響し合う。暑熱環境で興奮すると、汗が全身から噴き出すのはそのためである。

手掌や足底はまた、局所多汗症の好発部位である。この部の多汗症は通常思春期頃から目立ち始め、神経質な

女性に多い。わずかな精神動揺や緊張などで汗が噴き出し、それを苦にすることでさらに発汗が助長される。これを繰り返す中に汗腺が訓練されて汗分泌能力が増すので、症状はされに悪化する。この悪循環をどこかで断つことがその治療法となる。

汗腺には、エクリン腺とアポクリン腺とがあり、ヒトでとくに発達したのはエクリン腺で、汗分泌能が高く、ほぼ体表全面に分布する。これに対し、アポクリン腺は多くの哺乳類の有毛部にみられるが、ヒトでは腋窩、外陰部などごく限局した部位にのみ分布し、分泌能力はきわめて低く、生理的な意義は認められていないが、腋臭の発生に関係する。すなわち、アポクリン腺の分泌物が皮膚面上の細菌によって分解され、小分子の脂肪酸がつくられると、これが悪臭の原因となる。腋臭はアポクリン腺の活動が活発になる思春期以後に現れ、一般に男性に多く、臭いも強い。黄色人種では少なく、10%程度に過ぎないが、白人、黒人ではほとんど全ての人にある。哺乳動物の汗腺はほとんどアポクリン腺で、その分泌物は体臭の一因となって異性をひきつけるという、フェロモンのような役割を果たすといわれる。アポクリン腺の分泌物そのものは本来ほとんど無臭であるから、腋窩をよく消毒して清潔に保てば臭いの発生を防ぐことができる。腋の毛を短く剃ること、通風をよくすることも大切である。

## 2. 汗の蒸発

人体の比熱は0.83であり、水の気化熱は約0.58kcalであるから、汗が100g蒸発すると、58kcalの熱を奪うことになり、体重70kgの人の体温を1℃下げるだけの効果がある。100gの汗とは、炎天下10分も歩いたときに出る程度の量であり、汗の蒸発がいかに効果的な熱放散手段であるかがわかる。

汗は蒸発してこそ、その気化熱による体熱放散効果が現れるのであるから、流れ落ちては汗のかき損である。汗は排泄物でなく、体液の喪失を伴うからである。湿度が高く対流が妨げられると、たとえ気温はそれほど高くなくても、蒸し暑く感じて不快なのは、汗が蒸発しにく

## 第18回 人間-生活環境系シンポジウム (東京 平成6年12月)

く、体熱がこもりやすくなるためである。このように汗の蒸発が妨げられた状態で発汗し続けると、1時間足らずの中に発汗量が減少し始め、その後皮膚面がほぼ乾くまで次第に減少する。これを発汗漸減hidromeiosisと呼ぶが、この現象は濡れ面積を減らすわけではないので、発汗効率は影響されず、無効発汗量のみが減ることになる。発汗漸減は、かつて汗腺の疲労によると考えられたが、皮膚を乾かせばまた元のように汗が出てくるので、疲労とはいえない。これは表皮が水でふやけて汗腺の導管が外に開いている部分を狭め、ついには閉じてしまうために起こる減少である。したがって、高張食塩水の湯に体を浸漬しても発汗漸減は起こらない。

適当な着衣は熱放散上重要な手段であることは周知のことである。空気や水蒸気には透過性が高く、吸湿性のある繊維でつくられ、衣服下の対流をできる限り妨げない手段を講じた衣服の着用は熱放散を促す。暑さが厳しいときや日射が強いときは、着衣により輻射、伝導・対流による体への熱の流入を防ぐことにもなる。しかし、このような暑熱下で運動をするときには、それが激しいほど着衣が汗の蒸発を妨げる効果の方が外からの熱を遮断する効果より大きくなり、体温調節上かえって不利となることがある。

## 3. 発汗と脱水と高温障害

発汗はきわめて有効な体熱放散手段ではあるが、決して理想的なものとはいえない。なぜなら、汗は体液を原料として作られ、発汗によって体液の損失をきたすからである。多量の水分を失って脱水状態になると、それがひどくなるほど発汗は抑制される。また、汗は低張液であるが、汗中の塩分濃度は発汗量が増すとともに増加する。汗腺の分泌管でつくられた汗の原液に含まれる食塩は導管でかなり再吸収され、外に出る汗は原液よりかなり薄くなるが、発汗量が多くなるほど再吸収を免れる食塩量が増すため、汗の塩分濃度が濃くなるのである。したがって、長時間多量発汗を続けると、水分とともに塩分も喪失し、さらにさまざまな障害を来すことになる。

長時間多量発汗をして体液の喪失を水のみで補い、血液中のナトリウム濃度がある基準以下になると、熱痙攣が起こり、痛みをともなった痙攣が激しく活動して疲労している四肢の筋や腹筋に発生する。

暑熱下で脱水に皮膚血管の拡張が加わると、循環血液量が減り、また血液の粘性が増加するので、心臓への負担が増す。また、体温調節中枢機構にも働いて、発汗量を減らし、体温上昇を加速することになり、ばててしまう。つまり、熱ばて(熱疲労)となる。熱ばてはもともと健康な若年者が長時間肉体的な努力をしたときによくみられる。治療せずにおくと、ついには熱中症に陥る。熱中症は重篤な緊急事態で、死に至ることもある。過剰

な熱負荷でうつ熱を来し、その結果高体温になると体温調節中枢機構の機能失調を来し、体温の上昇がさらに加速する。熱中症の特徴は、深部体温が通常42℃を超え、中枢神経系が障害されて発汗が止まるので皮膚が乾いて熱くなる。意識は薄れ、昏睡状態のことが多く、痙攣もしばしばみられる。熱中症では、患者の生命を救うために、すばやい診断と迅速で精力的な治療が要求される。幼小児や老人は若年成人より熱ばてや熱中症にかかりやすい。幼小児は体重割に代謝による熱産生量が多く、熱放散量が少ないし、また汗への体液喪失が相対的に多いので、脱水に陥りやすい。老年者の場合は、熱負荷の変化に対する体温調節応答が遅く、また一般に体液量が相対的に低い。さらに、心臓疾患、糖尿病などの持病のある人は熱中症にかかる危険が大きい。しかし、若年者でも、高温多湿環境で激しく運動するとやはり高温障害にかかる危険があり、ことに非常に動機が強く競技などに熱中するあまり、自分の能力以上に頑張ってしまうときにその危険が高い。

熱中症など高温障害の予防には、環境温度に応じて仕事量を決めるべきで、暑さが激しいときは肉体労働は避けるか、少なくとも必要最小限にすべきである。多量発汗時には、水分や塩分の補給が必要である。運動前や運動中に飲料をとると、脱水を防ぎ、発汗量を増して体温の上昇を抑えるとともに、心臓の負担も軽くし、作業効率を上げる。

ところが、多量の発汗により脱水状態になっても、それがかなり高度にならない限り、発汗中やその直後には通常強い渇き感を生じない。体重の3%以下の脱水では血漿量の減少は10%未満で、血漿の塩分濃度も2%未満しか上昇せず、この程度の変化ではそれほど激しい渇き感をもたらさないからである。したがって、自由に飲水しても失った分よりはるかに少量の補給にしかならず、体液の回復はかなり遅れてしまう。とくに水だけを飲んで補給しようとしても、喪失分の半分程度しか回復しない。これを自発性脱水という。多量発汗のときには電解質も補給しなければならないが、補給液としてグルコースと電解質(Na, Cl, Ca, Kなど)を適当に含んだ液(スポーツドリンクなど)を用いると、水の場合より多く飲むことができ、体液性状の回復も早い。

日常的に運動をしていない人が激しい身体活動が求められる運動競技などに参加するときには、予め暑熱順化の期間を設けることが勧められる。適宜な連日の暑熱負荷や運動により、2週間以内に暑熱に順化する。暑熱負荷から発汗開始までの潜時が短くなる。つまり、汗が出始める体温が低くなり、かつその量が増えるので、体温が上がりにくくなり、暑さに対する耐性も上がる。暑い環境に慣れるに従って、暑さに対する感じ方にも変化がみられ、暑さの中でも不快感が少なくなり、快適に感じ

## 第18回 人間—生活環境系シンポジウム（東京 平成6年12月）

る温度の範囲が温和な環境に慣れていたときより高い側へ移る。暑熱順化により、体温調節中枢機構が暑さに適応し、体温上昇に対する感度がよくなるとともに、汗腺自体も訓練されて汗分泌機能が高くなるのである。さらに、汗腺の導管の食塩再吸収の機能が高まり、汗が多い割には汗の塩分濃度は低く、発汗に伴う塩分の喪失が遅くなる。また、体液量、とくに細胞外液量、循環血液量が増え、また皮膚の血流量が増えて皮膚温が高くなる。さらに運動時、体温の上昇や心拍数の増え方も少なくないので、暑さの中での運動能力が増すことになる。

## 4. 汗の処理

皮膚面に出た汗の水分が蒸発すると、おもに塩分が皮膚面に残る。これは吸湿性があるので、多く溜ると後から出てきた汗の塩分濃度を高め、蒸発速度をおとすことになる。また、粘りも生じ、ほこりや垢などを吸いつけて不潔になる。顔などでは皮脂と混じって脂汗となるので、とくに汚れやすい。汗の溜りやすい、腋窩や足底などでは皮膚の雑菌による汗の成分の分解が進んで腋臭や足の悪臭などの原因になる。これらはいずれも皮膚の健康にとって好ましくないし、不快でもある。発汗した後は、早めにシャワーや入浴で皮膚を清潔な状態に戻し、浴後のすがすがしい感じが得たいものである。

また、皮膚の健康には、皮膚面が弱酸性に保たれることがよいが、汗は量の少ないときは酸性であるが、多くなるとアルカリ性に傾き、また酸性の汗でも、皮膚面に残るとアルカリ性になってしまう。この点からも、皮膚に付着した汗は早めに拭き取ることが望ましい。

さらに、汗が皮膚面に溜ったままで長く放置すると、あせも（汗疹）をつくりやすい。あせもは汗腺の導管が詰まって汗が皮膚の外へ出られないことによって起こるもので、とくに不潔だと、いわゆる赤いあせも（紅色汗疹）となって煩わしくなる。これは汗が表皮内に水胞状にたまって皮膚に赤いもり上がりをつくり、痛痒い。汗で濡れた角質の中で細菌が増殖し、それが毒素を分泌して汗腺の導管の角質の部分を傷め、炎症反応を起こして導管の中にかたまりができ、白血球も浸潤してきて、数週間にもわたって導管を完全に塞いでしまうのである。あせもの予防には、汗が蒸発しやすいように、汗が多くて溜まりやすい部位の通気をよくし、汗で皮膚が蒸れないように心がけることである。また皮膚を清潔に保ち、細菌の増殖を防いで炎症を起こさせないようにすることも、赤いあせもの予防に重要である。

## 5. おわりに

近年、健康産業を中心に「汗を流して健康になろう」といったキャッチフレーズが飛び交っている。汗を流せばそれだけ痩せると思わせるようなCMもある。さらに

「体内の有毒物質を汗とともに流し出してしまおう」とすら喧伝される。汗を流すことそのものが健康保持に有効なのではなく、ひと汗流すほどの運動を習慣的に行うことが望ましいのである。

最近では冷房の普及で、夏になってもほとんど暑さに慣れていない人も少なくない。こんな人が急に暑さにさらされると障害を来す危険が大きい。さらには、このような状況が長期にわたって続けば、生理的な適応能力が退化し、暑さに対する耐性が退化していく危惧すらある。快適な環境が必ずしも生理的に至適な環境とはいえないことを念頭において生活すべきではないだろうか。

## 参考文献

- 1) 久野寧：汗の話，光生館，1963.
- 2) Sato, K: The physiology, pharmacology, and biochemistry of the eccrine sweat gland. *Rev Physiol Biochem Pharmacol*, 79, 51/131, 1977
- 3) 中山昭雄（編）：温熱生理学，理工学社，東京，1981
- 4) 小川徳雄：発汗活動に影響する中枢性および末梢性要因，*日生理誌*, 48, 1/13, 1986
- 5) 中山昭雄・入来正躬（編）：新生理学大系22巻，エネルギー代謝・体温調節の生理学，医学書院，東京，1987
- 6) 小川徳雄：新・汗のはなし，アディア出版，東京，1994