

ブローアによる農薬散布用防除衣着用時の 衣服内気候改善の試み

林 千穂*

Effects of Protective Clothing with Blower Against Pesticide on Thermophysiological Responses and Clothing Microclimate

Chiho HAYASHI*

Abstract: I studied the effects of the protective clothing with blower against pesticide on thermophysiological responses and clothing microclimate. Five healthy female students volunteered as subjects. They wore two kinds of protective clothing: one with blower and the other without blower. After resting on a chair for 15min, the subjects performed 40min exercise by pedalling on a bicycle ergometer (50w) and recovery for 20min in a bioclimatic chamber at 30°C and 50% R. H. The results obtained were as follows: 1) The temperature and absolute humidity in the clothing microclimate during recovery period were lower in the protective clothing with blower than in that without blower. 2) The protective clothing with blower inhibited the increase in forearm sweat rate and tympanic temperature during 40min pedalling on a bicycle ergometer and 20min recovery in 2 out of 5 subjects. 3) Thermal sensation was improved in the protective clothing with blower. Present findings suggest that the protective clothing with blower could improve the thermal strain during exercise and rest.

緒 言

農薬散布時には、農薬の皮膚への付着や吸入から人体を護るため、防除衣、防護マスク、防護メガネ、ゴム手袋、ゴム長靴といった防護装備の着用が関係省庁から推奨されている。しかし、このような人体を密閉化する防護装備着用下の労働作業では、衣服内は著しく高温多湿化し、作業者に与える不快感は過大なものとなっている。しかも農薬散布作業は夏季に集中するため、うつ熱によるストレスは増大し、散布者は農薬による危害よ

り蒸暑による不快感の回避を選び、防護装備の着用の徹底はなかなか進まないのが実状である¹⁾。農薬散布作業者の健康管理上、防護装備の着用性能の改善が強く求められている。著者らは今まで長野市周辺のリンゴ園²⁾や奈良県吉野郡のカキ園³⁾において、フィールド実験を行いS. S (スピード・スプレアー) や徒歩による農薬散布作業者の防除衣着用下の衣服内気候の実態から、防護装備の問題解決は急務であることを認識した。そこで防除衣の問題を解決するために、まず身体の被覆面積の最も大きい防除衣に関してその素材に着目し、通気性、吸湿性に優れた綿を用いた防除衣を開発し、着用実験を行った結果、従来の化繊の防除衣より発汗量が抑制され、着用感も良好で

*〒380 長野市三輪8-49-7 長野県短期大学

*Nagano Prefectural College, 49-7 Miwa 8-chome, Nagano 380, Japan.

あることを報告した⁴⁾。また、綿防除衣着用下の農薬浸透量も経皮毒性面からは、ほぼ安全であることがフィールド実験により確認された⁵⁾。しかし、暑熱環境下に行われる農薬散布作業では、防除衣の素材の解決だけでは不十分であることが分かった。運動による体温の上昇は体温調節反応により発汗を生じさせるが、防除衣のような密閉型の衣服を着用している場合は、無効発汗を増大させ発汗による体温の低下は極めて困難になる。

高体温時、顔面への送風が鼓膜温を低下させ発汗量を減少させる研究例がいくつかみられる⁶⁻⁸⁾。そこで本研究は、綿防除衣内にブローアを固定し、頭部の前後面に向かって送風を行い、衣服内の換気と顔面送風により衣服内気候を改善させることを試みたものである。

実験方法

1. 被験者および実験条件

被験者は健康な女子学生5名で、その身体特性を表1に示す。実験は1992年7月～8月に環境気温30℃、相対湿度50%の人工気候室で行った。防除衣内への送風方法は、ブロー（興研製、サカキ式BJ-707-BR型）のホース部を衣服内の腰部（丸首半袖シャツの上）に固定後、Y字管によりホース上部より2つに分けた中の1本は胸部を通して胸上部から顔面に向い、他の1本は背部を通して背上部から頭部後面に向かって送風するようにした。ブローの送風量は流量計で測定した結果約35l/minであった。実験に用いた防除衣は著者が開発した超撥水加工を施した綿防除衣とした。

防除衣の材料学的特質を表2に示す。防除衣の下には上半身にブラジャー、丸首半袖シャツ（綿100%）を、下半身にショーツと半ズボン下（綿100%）を着衣し、足部はソックス（綿100%）と運動靴を着用した。なお、日内リズムによる体温変化の影響をできるだけ少なくするため、同一被験者については同一時間帯に行った。

2. 測定項目

測定項目は、皮膚温（前額、胸、背、前腕、手背、大腿、下腿、足背の計8点）、局所発汗量（左右前腕屈側）、直腸温、鼓膜温、衣服内温湿度（胸部と背部の2点）および心拍数を1分毎に測定した。また着用感として温令感、快適感、湿潤感の申告を安静終了時、および運動中と回復期は10分毎に測定した。着用感は表3に示す申告表をもとに数字で申告させた。衣服内温湿度は温湿度データ集録装置（神栄、TRH-DM）を用い、胸部は胸田と胸骨との交点、背部は第7頸椎点下20cmでそれぞれ測定した。局所発汗量は8cm²のカプセルを左右の前腕屈側にコロジオンで固定し、乾燥窒素でカプセル内を換気してその湿度変化を静

Table 1. Characteristics of subjects

Subjects	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Surface area(m ²)
S-1	21	157	45	1.37
S-2	21	156	50	1.43
S-3	21	160	52	1.48
S-4	22	158	56	1.51
S-5	20	157	47	1.39

Table 2. Properties of the protective clothing for pesticide

Fabrics	Thickness (mm)	Weight (g/m ²)	Density of fabric(per cm)	Moisture permeability (cc/m ² . 24h)	Air permeability (cc/m ² . sec)	Moisture regain (%)
Cotton (water repellent finish)	0.26	160.0	warp 130 ends weft 96 picks	8130	6.5	5.6

Table 3. Scales of subjective sensation

Thermal sensation	Humidity sensation
1. very hot	1. very wet
2. hot	2. wet
3. warm	3. slightly wet
4. slightly warm	4. neutral
5. neutral	5. slightly dry
6. slightly cool	6. dry
7. cool	7. very dry
8. cold	
9. very cold	

Comfort sensation
1. comfortable
2. slightly uncomfortable
3. uncomfortable
4. very uncomfortable

電容量湿度計 (Vaisala 社製, HMP-35A) を用いて測定し, 多ペンレコーダに連続記録した。

3. 実験手順

被験者は人工気候室に入室後, 直腸温測定のためのプローブを肛門より10cm挿入し, 直腸温が安定するまで椅坐安静を保った。その間, 発汗量測定用カプセルを固定した。直腸温の安定後, 皮膚温センサー, 鼓膜温センサー, 心拍数測定用電極ならびに衣服内温湿度測定用センサーを貼付し, 実験用衣服を着衣した。これらの装着には平均約10分を要した。被験者は15分間の椅坐安静後, 送風を行う場合はプロアのスイッチを入れ, 自転車エルゴメーター (キャットアイ社製, EC-150) で50Wの運動負荷を40分間行い, 20分間の回復をみた。各測定項目についての5名の平均値の差の検定は, paired t-testを用いて行い, 5%以下の危険率をもって有意とした。

結 果

図1は, 胸における衣服内温度の経時変化Aと運動開始時を基準とした変化量Bについて, 被験

者5名の平均値を送風ありと送風なしで比較したものである。図のAにみられるように実測値については, 送風ありは運動中は送風なしより高い傾向がみられたが, 回復期は著しく低下し, 実験終了時の衣服内温度は送風なしが約33.9℃であったのに対し, 送風ありは約33.6℃と0.3℃低い値を示した。このような平均値の傾向は4名の被験者にみられた。t検定の結果, 回復開始10分後から終了時までの間で5%の危険率で有意差が認められた。また図のBの運動開始時を基準とした変化量は, 送風ありの方が送風なしより運動中および回復期は低く, とくに回復期は両者間に大きな差がみられた。図2は衣服内の絶対湿度の経時変化Aおよび運動開始時を基準とした変化量Bについて, 被験者5名の平均値を送風ありと送風なしで

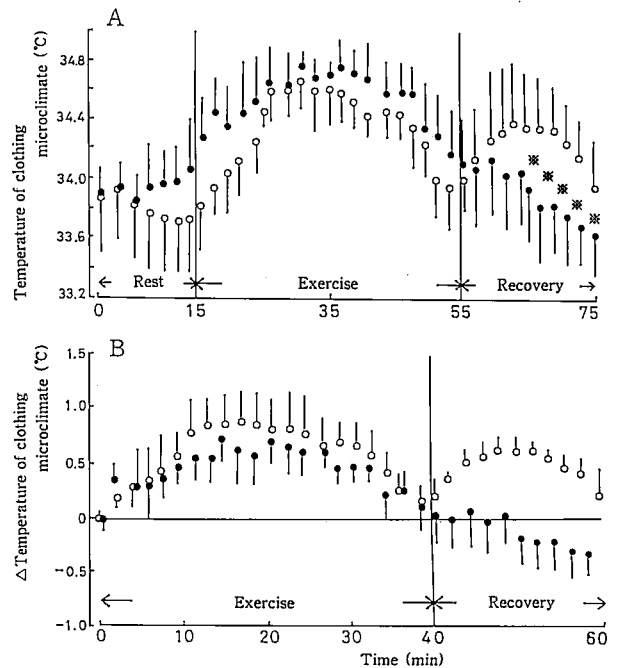


Fig. 1 Microclimate temperature (upper) and their deviation from those during rest (lower) under the influences of two kinds of protective clothing. The values are means \pm S. E of 5 subj. Open circles: Blower off. Closed circles: Blower on. * $p < 0.05$.

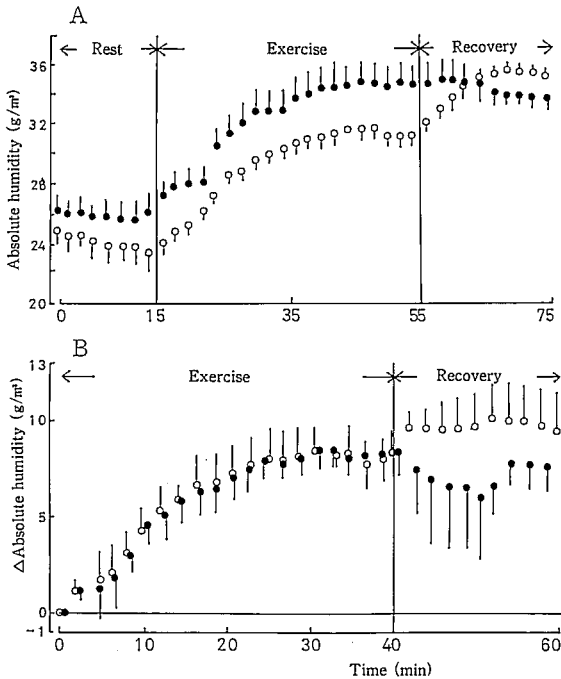


Fig. 2 Absolute humidity (upper) and their deviation from those during rest (lower) under the influences of two kinds of protective clothing. The values are means \pm S. E of 5 subj. Open circles: Blower off. Closed circles: Blower on.

比較したものである。Aの実測値については、送風ありは送風をしない安静中から送風なしより高い値を示し、運動中も高い値で推移したが、回復期には送風なしは上昇を続けたのに対し、送風ありは低下し、回復期後半は送風なしより低い値を示した。またBの運動開始時を基準とした変化量は、運動中は送風あり、送風なしともほぼ同じ値で推移したが、回復期は送風ありの方が低下が大きく終了時における送風なしとの差は約 0.7g/m^3 であった。このような平均値の傾向は、4名の被験者にみられたが、t検定の結果、有意差は認められなかった。図3は、各被験者毎の直腸温について、運動開始時を基準とした変化量を示したものである。S-2、S-3、S-4の3名が送風なしより送風ありの方が、運動中および回復期において上昇が抑制される傾向を示した。図4は、運動

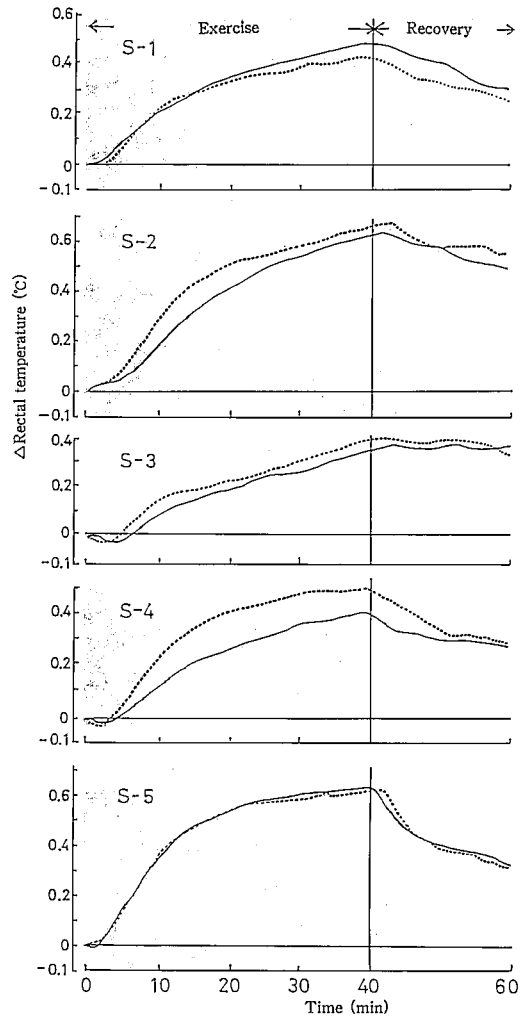


Fig. 3 Rectal temperature expressed as their deviation from those during rest under the influences of two kinds of protective clothing. Dotted line: Blower off. Solid line: Blower on.

開始時を基準とした心拍数の変化量を示したものである。全ての被験者において、送風ありの方が運動中の上昇がやや抑制される傾向が認められた。図5は局所発汗量において送風ありと送風なしの顕著な差がみられた被験者S-3について、局所発汗量の経時変化を示したものである。図にみられるように送風なしは運動開始により送風ありよ

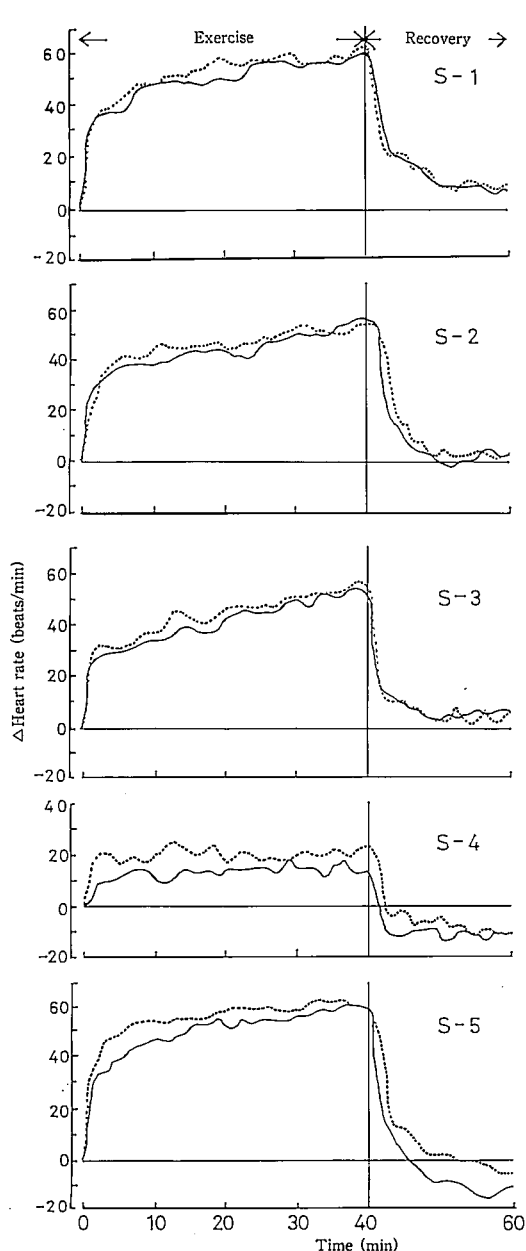


Fig. 4 Heart rate expressed as their deviation from those during rest under the influences of two kinds of protective clothing. Dotted line: Blower off. Solid line: Blower on.

り早い段階で発汗量の上昇がみられ、運動終了まで上昇を続けたが、送風ありは送風なしより発汗開始が遅延され、運動中も送風なしに比べ低い値

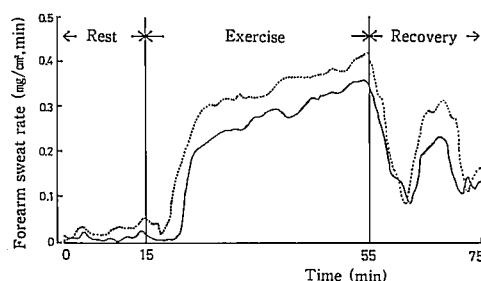


Fig. 5 Forearm sweat rates during rest and pedaling on a bicycle ergometer under the influences of two kinds of protective clothing on a single subj. S-3. Dotted line: Blower off. Solid line: Blower on.

を示した。回復期には両者とも低下したが送風ありの方が低い値で推移した。図6は、S-3の鼓膜温についての経時変化を送風ありと送風なしで比較したものである。送風ありは運動による上昇が送風なしより抑制され回復期の低下も大きい。S-3にみられる発汗量、鼓膜温の上昇抑制は、S-4にも認められたが他の被験者には顕著な傾向はみられなかった。図7は温冷感について、被験者5名それぞれの測定値を示したものである。いずれの被験者も送風なしより送風ありの方が暑い側への評価がやや遅延されている。しかし運動20分以後はほとんど差がみられなかった。快適感、湿潤感については送風ありと送風なしの間に特に差がみられなかった。

考 察

農薬散布用防除衣着用下の衣服内気候改善の方法として衣服内への送風と顔面への送風を同時に行うことを今回の実験で試みたが、運動後の回復期において、送風ありの方が送風なしより衣服内温度、湿度ともに低下した(図1, 2)。これは送風により衣服内の換気が送風なしより活発に行われた結果、衣服内の水分と熱の移動を高めたためと考えられる。また直腸温については送風あり

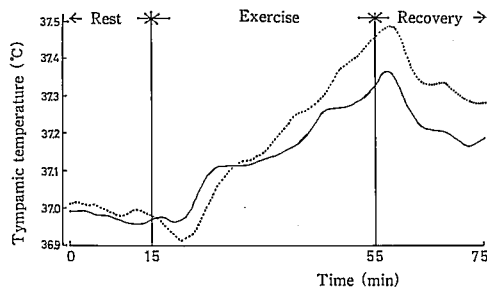


Fig. 6 Tympanic temperature expressed as their deviation from those during rest under the influences of two kinds of protective clothing on a single subj. S-3. Dotted line: Blower off. Solid line: Blower on.

の方が運動中および回復期の上昇が抑制される傾向が3名にみられた(図3)。これは送風により送風なしより放熱が促進されたためと推測される。このような送風による直腸温上昇の抑制は心拍数の上昇抑制(図4)にも影響したと考えられる。これらのことからプロアの使用は密閉型衣服着用時の衣服内気候の改善に効果的であり、生理的負担の軽減につながることが示唆された。また顔面への送風に関しては、暑熱環境下に顔面送風を快く感じることはよく知られた事実であるが、小川ら⁷⁾は、顔面冷却により鼓膜温を低く保つと、通常暑熱順化時にみられる発汗増加が抑制されることを報告している。本実験では、直接顔面へ送風するものではなかったが、送風により5名中2名が鼓膜温の上昇抑制(図6)と発汗量増加の抑制(図5)がみられた。顔面への送風は顔面皮膚から海綿静脈洞へ至る静脈血を冷却し、これと脳へ上向する動脈血との間の対向流熱交換により鼓膜温を低下せるとされる⁹⁾。本実験が目的とした送風の効果はあまり顕著なものではなかった。その理由として今回用いたプロアは室内の空気をフィルターを通して送風するものであり、送風空気は冷却されない。従って送風温度は室温の30℃か、あるいは衣服内を通過する間に室温より高い衣内

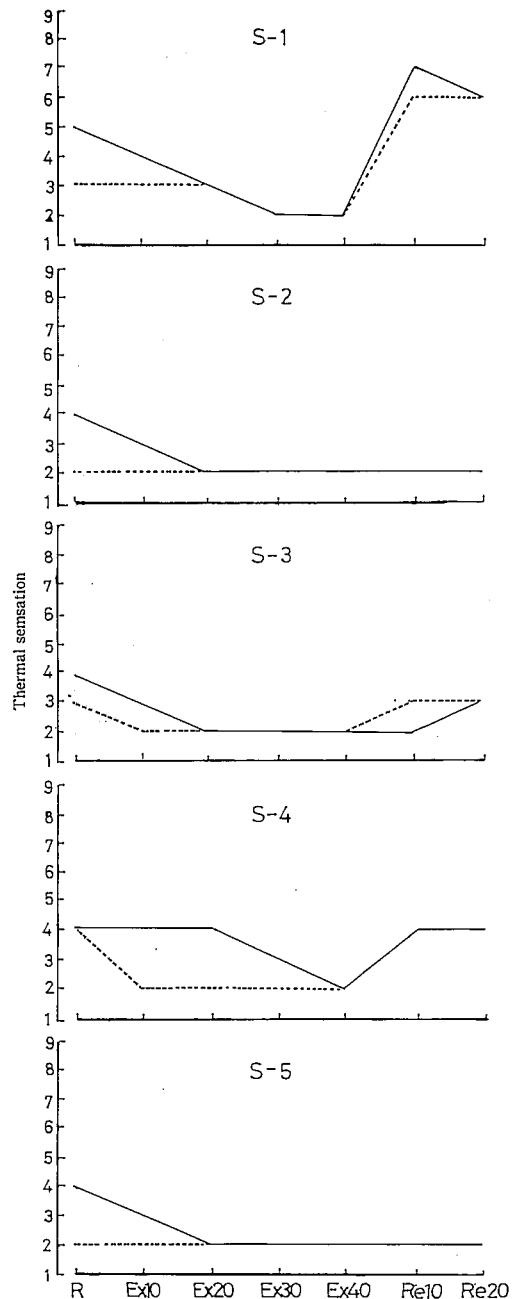


Fig. 7 Thermal sensation during rest pedalling on a bicycle ergometer under the influences of two kinds of protective clothing. Dotted line: Blower off. Solid line: Blower on. R: Rest. Ex: Exercise. Re: Recovery.

温度で加温された可能性もある。また送風量も2つに分けたため顔面や後頭部への供給は少なかった。今後プロアによる衣服内気候の改善を考えていく場合、送風温度や送風量についての工夫や改良が必要と思われる。

結 語

農薬散布用防除衣着用下において、プロアを用い衣服内および頭部に送風を当て衣服内気候を改善させることを目的に実験を行った。環境条件は気温30℃、相対湿度50%とし自転車エルゴメーターで運動負荷を行い、送風を行った場合と行わないで場合について、局所発汗量、直腸温、鼓膜温、皮膚温および着用感を比較検討した。得られた結果は以下の通りであった。

- (1) 送風により、衣服内の温湿度は運動後の回復期において顕著な低下を示し、特に衣服内温度については送風ありと送風なしの間に有意差が認められた。
- (2) 送風により、運動中および回復期において、直腸温は5名中3名、鼓膜温と局所発汗量は2名に上昇の抑制が認められた。
- (3) 着用感の中、温冷感において送風開始初期にやや良好な評価を得た。

以上のことから、今回用いたプロアによる送風方法は、送風量や送風温度をさらに工夫改良すればプロアの効果が期待できることが示唆された。

本研究を行うに際し、ご指導いただいた奈良女子大学被服生理学研究室の登倉尋実教授に深謝致します。

引用文献

- 1) 長野県農政部：農薬散布時の防護装備着用実験報告書（1993）
- 2) 林千穂，入来朋子，中山竹美：農薬散布防除衣の研究（第1報）フィールドにおける防除衣着用時の衣内温湿度の変動，長野県短大紀要43，85-90（1988）
- 3) 林千穂，山下由果，今村律子，登倉尋実：農薬防除衣着用時の発汗量に対する頭部冷却の効果，家政学研究（奈良女子大）38（2），31-37（1992）
- 4) 林千穂，山下由果，登倉尋実：農薬防除衣の素材が歩行時の発汗量に及ぼす影響，日生気象誌，28（3），74，（1991）
- 5) 林千穂，月岡忠：木綿防除衣着用による散布作業時の農薬浸透について，家政学研究（奈良女子大）39（1）15-21（1992）
- 6) McCaffrey, T. V., Geis, G.S., Chung, J. M., et al.: Effect of isolated head heating and cooling on sweating in man. *Aviat. Space Environ. Med.*, 46, 1353-1357（1975）
- 7) Ogawa, T., Ohnishi, N., Yamashita, Y., et al.: Effect of facial cooling during heat acclimation process on adaptive changes in sweating activity, *Jpn. J. Physiol.*, 38, 479-490（1988）
- 8) Hirata, K., Nagasaka, T., Nonomura, T., Hirai, A., Hirashita, M.: Effects of facial fanning on local exercise performance and thermoregulatory responses during hyperthermia, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 56, 43-48（1987）
- 9) Cabanac, M. & Caputa, M.: Natural selective cooling of the human brain: evidence of its occurrence and magnitude, *J. Physiol.*, 286, 255-264（1979）