

## THE 16TH SYMPOSIUM ON MAN-THERMAL ENVIRONMENT SYSTEM (TOKYO 1992)

PRESENTATION  
16

## THERMOREGULATORY RESPONSES OF ELDERLY MEN TO PERIODIC INFRARED IRRADIATION IN VARIOUS SPECTRAL REGIONS

Keiko NATSUME, Norikazu OHNISHI, Kazuno IMAI, Junichi SUGENOYA, Tokuo OGAWA

Department of Physiology, Aichi Medical University

To investigate the dynamic thermoregulatory responses to the changes in skin temperature for elderly people, sweat rates and skin blood flow were compared between young (18-27 years) and elderly (72-77 years) male subjects by infrared irradiation in various spectral regions. In Series 1, the left half of the dorsal trunk of the sitting nude subject was irradiated repetitively for a period of 4 min (2 min on, 2 min off) in a warm climatic chamber. In Series 2, the entire dorsal trunk was irradiated periodically in the same manner as Series 1 in a cool climatic chamber. Three kinds of infrared heaters were used: 'near infrared' (NIR) heater with wavelength range of 0.7-2.8  $\mu\text{m}$ , 'intermediate infrared' (MIR) heater with wavelength range of 1.5-5.8  $\mu\text{m}$ , and 'far infrared' (FIR) heater with wavelength range of 2.8-25  $\mu\text{m}$ . The heater was kept on throughout the experiment and the irradiation was shaded during each interval with a shutter. Changes in sweat rates in response to each infrared irradiation were recorded at the irradiated (left subscapular; Si) and non irradiated (right subscapular; So) skin areas by capacitance hygrometry in Series 1. Finger-tip blood flow (FBF) was recorded by laser-Doppler flowmeter (Advance ALF2100).

In Series 1, Si and So increased during infrared irradiation in both groups. The magnitude of So tended to be the greatest with MIR heater, while that of Si showed no consistent differences among various wavelengths in the young group (group Y). On the other hand, there were no significant differences in the magnitude of Si or So among various wavelengths in the elderly group (group E). So increased fastest during irradiation with MIR heater in both groups, and it was leveled off sooner in group Y than in group E.

In Series 2, FBF increased during the irradiation phase in various wavelengths in both groups. The magnitude of FBF was significantly greater with MIR and FIR heaters than with NIR heater in group Y. On the other hand, there were no significant differences in the magnitude of FBF among various wavelengths in group E.

These results may be attributed to degeneration of cutaneous thermoreceptors, to diminution of the sensitivity of functioning nerve fibers, and/or to decline of central thermal sensitivity.

The wavelength range around 3  $\mu\text{m}$  is most readily transduced to heat by causing resonance of water molecules in the epidermis. Therefore, these differences in the degree of direct thermal effect on sweat gland activity and of indirect thermal effect through the stimulation of cutaneous thermoreceptors among various wavelengths might be partly affected by age-related changes in the water content of cutaneous tissue.

## 第16回 人間-熱環境系シンポジウム（東京 平成4年11月）

研究発表 16

種々の波長の赤外線の間歇的照射に対する  
高齢者の体温調節反応

○夏目恵子、大西範和、今井一乃、菅屋潤壹、小川徳雄

愛知医科大学第二生理学教室

## はじめに

暑熱負荷に対する体温調節能は加齢により低下し、血管拡張・発汗が開始するときの閾値体温が高くなること等が、近年報告されている<sup>1)</sup>。一方、日常生活では屋内外の出入り等、輻射の急激な変化に曝されることは少なくない。このような場合は体温の変化に先行して皮膚温が急変し、皮膚温度受容器の興奮が中枢への重要な温度入力になる。我々は先に、種々の波長の赤外線照射が体温調節に及ぼす影響を若年者について観察し、ピーク波長  $3.5\text{ }\mu\text{m}$ (波長域  $1.5\text{--}5.8\text{ }\mu\text{m}$ )の赤外域の照射が皮膚温度受容器を最も効果的に刺激し得る傾向を認めた<sup>2)</sup>。そこで本研究では、高齢者について、赤外線照射により、若年者の場合と同様の方法で皮膚温を速やかに変化させたときの、発汗及び皮膚血流の動的応答を検討したい。

## 方法

6名の健康な男性高齢者(平均74歳)を被検者とし、先に男性若年者(平均24歳)に対して行った実験<sup>2)</sup>と同一の手技で実施した。すなわちショートパンツのみを着用し、人工気候室において安静椅座位で下記の2種の実験を行った。

[実験1] 室温及び壁温  $30\text{--}31^\circ\text{C}$ 、相対湿度40%、気流  $0.1\text{ m/s}$ 以下の環境下で被検者の体温がほぼ一定のレベルに達した後、赤外線ヒーターを用いて軸幹部背側の左半面を2分照射、2分遮断の周期で繰り返し照射した。照射にはピーク波長  $1.3\text{ }\mu\text{m}$ (波長域  $0.7\text{--}2.8\text{ }\mu\text{m}$ )の近赤外(NIR)、ピーク波長  $3.5\text{ }\mu\text{m}$ (波長域  $1.5\text{--}5.8\text{ }\mu\text{m}$ )の中間赤外(MIR)、波長域  $2.5\text{--}25\text{ }\mu\text{m}$ の遠赤外(FIR)のヒーターを用いた(Fig. 1)。一回の実験で3種類の赤外線照射を無作為の順序でそれぞれ約10周期ずつ行った。照射強度は有効放射温度(ERT)を  $12.5^\circ\text{C}$  に調節し、ヒーターの数と、ヒーターと背面との距離を調節することにより得た。

[実験2] 室温  $25\text{--}26^\circ\text{C}$  の環境下で1と同様に行なった。

測定：換気カプセル法により肩甲骨下皮膚面左側(照射部)及び同右側(非照射部、実験1のみ)のそれぞれ  $16\text{ cm}^2$  の発汗量(Si及びSo)、レーザードップラー血流計により指尖皮膚血流量(BF、実験2のみ)、サーミス

タ温度計により指尖皮膚温(実験2のみ)、鼓膜温を連続記録した。発汗量測定に用いたカプセルはその底面(赤外線入射面)を弗化カルシウム(CaF<sub>2</sub>)製として、 $8\text{ }\mu\text{m}$ 以下の赤外線が透過できるものとした。

解析：各測定値を5秒毎にコンピュータに取り込み、周期的変動を認めた5回以上について加算平均した。

## 結果

[実験1] Fig. 2にSiとSoの加算平均を、若年者と高齢者についてそれぞれ一例ずつ示す。若年者も高齢者もSi、Soは照射開始後数秒以内に増加し始め、その程度はSiの方がSoよりも大きかった。発汗量のレベルは若年者の方が高齢者よりも大きく、若年者ではMIR照射のときにSiの増加度に対するSoの増加度が最も大きかったが、高齢者では波長域の違いによる明確な差異は認められなかった。

若年者ではMIR照射のときにSoの増加が明らかに速く、早期にlevel offした。高齢者でもSoの増加がMIR照射のときに速い傾向がみられた。Si、Soを波長別に比較するために、照射時のピーク付近25秒間の平均発汗量と、遮断時の最低値付近25秒間の平均発汗量との差をとり、若年者と高齢者で比較した。Soの増加度( $\Delta So$ )は、若年者ではMIR照射のときに最も大きく、NIR照射との間に有意な差がみられたが、高齢者では3つの波長域の間に明確な差はみられなかった(Fig. 3A)。Siの増加度( $\Delta Si$ )は、若年者も高齢者も3つの波長域の間に明確な差はみられなかった(Fig. 3B)。さらに照射の局所に対する影響を見るために、Siの照射時のピーク付近25秒間の平均発汗量( $Si_{max}$ )をSoのそれ( $So_{max}$ )で除した値を、3つの波長域で比較した。その比は若年者ではMIR照射で最も小さく、FIR照射との間に有意な差がみられたが、高齢者では3つの波長域の間に明確な差はみられなかった(Fig. 3C)。

[実験2] BFは若年者も高齢者も照射開始後数秒以内に増加し始めた(Fig. 4)。指尖皮膚温の変動はBFのそれより潜時がやや長いが、軽度ながら同様の傾向がみられることが多かった。BFを波長別に比較するために、照射時のピーク付近25秒間の平均BFと、遮断時最低値付近25秒間の平均BFとの差をとり、若年者と高齢者で比較した。

## 第16回 人間-熱環境系シンポジウム（東京 平成4年11月）

BFの変動は若年者ではMIR照射のときに最も大きく、NIR照射との間に有意な差がみられたが、高齢者では3つの波長域の間に明らかな差はみられなかった(Fig. 5)。

## 考察

実験1において、若年者では、ピーク波長 $3.5\mu\text{m}$ の中間赤外の照射に対し反射的な発汗応答を示す $\Delta S_o$ は最も大きく、逆に照射の直接的な発汗効果を示す $\Delta S_i/\Delta S_o$ は最も小さかった。しかし高齢者では、これらの発汗効果について3つの波長域の間に明確な差はみられなかった。 $3\mu\text{m}$ 付近の波長成分は水分によく吸収されて熱に変換される<sup>3)</sup>。このため若年者では、中間赤外線の照射時には大部分が表皮内で熱エネルギーに変換され、皮膚の温受容器の動的応答を強く促す半面、照射部皮膚真皮深部から皮下組織にかけて存在する汗腺活動に及ぼす局所的影響は小さいと思われる。近赤外線は皮膚表面でかなり反射され、またより長波長のものに比べ、皮膚深層部まで浸透し、温度受容器に対する刺激効果が少ないと考えられる。一方高齢者の場合、加齢による皮膚の水分含

有量の減少のため、表皮内で吸収される $3\mu\text{m}$ 付近の波長成分は若年者のように多くなく、かなりの部分が真皮深層部まで到達すると考えられる。このため高齢者では、照射部皮膚面の温度受容器・汗腺に及ぼす効果として、赤外線の波長の差違は小さいものと思われる。実験2では、血流量の増加は、若年者ではピーク波長 $3.5\mu\text{m}$ の中間赤外線照射のときに大きかったが、高齢者では3つの波長域の間に明らかな差はみられなかった。これについても実験1の場合と同様の要因によるものと推察される。

## 参考文献

- 1)Foster K.G., et al. : Sweat responses in the aged. Age Ageing 5:91-101 (1976)
- 2)Ogawa T., et al.: Dynamic sweating response of man to infrared irradiation in various spectral regions. Int J Biometeorol 35:18-23 (1991)
- 3)Terada N., et al.: Spectral radiative properties of a living human body. Int J Thermophysics 7:1101-1113 (1986)

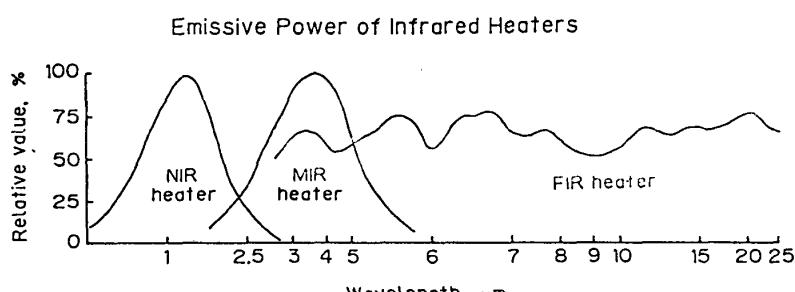


Fig. 1: Spectral distribution of emissive power of the infrared heaters (data given by Toto Electric Industry).

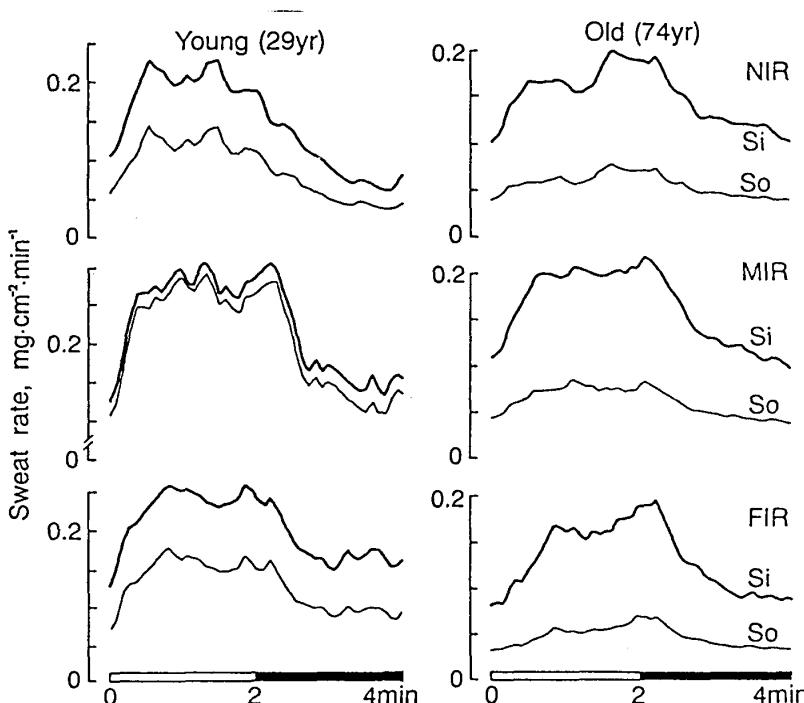


Fig. 2: Mean changes in sweat rates on the irradiated (Si) and non-irradiated (So) subscapular areas in response to periodic infrared irradiation in a young and an old subject

## 第16回 人間-熱環境系シンポジウム（東京 平成4年11月）

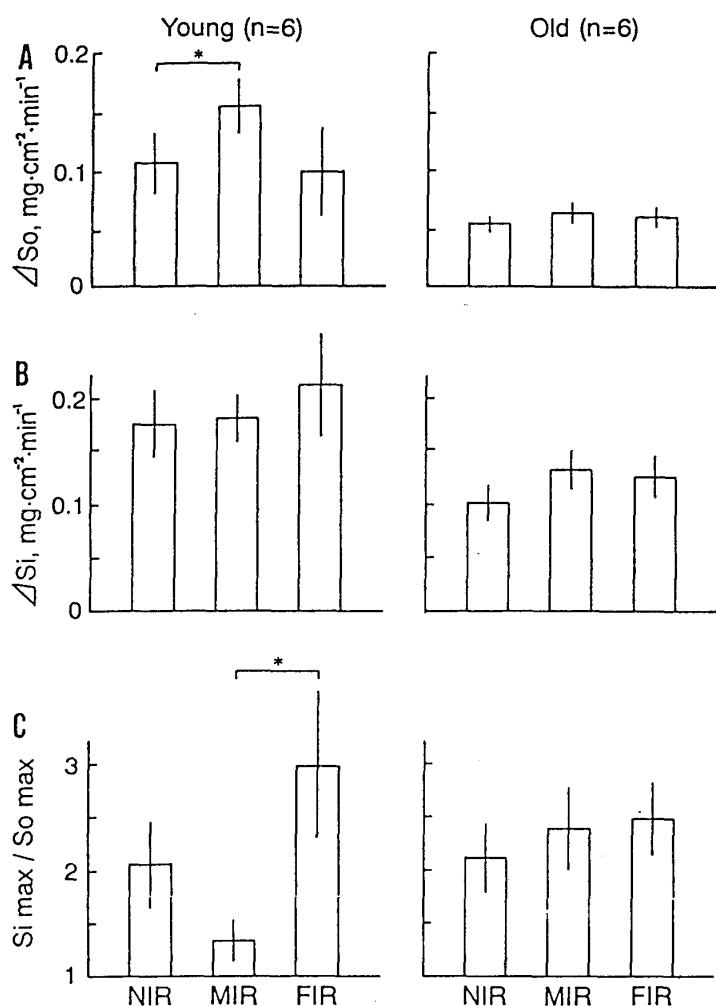


Fig. 3 : The magnitude of sweating responses on the non-irradiated (A) and irradiated (B) subscapular areas in response to periodic infrared irradiation. Data are of mean $\pm$ standard error for young and old subjects. C Localeffects of the irradiations

