

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

臨床体温 (2008.08) 26巻1号:25～31.

高齢者の腰背部蒸気加温における全身の温熱効果

留畑寿美江, 南山祥子, 山内正憲, 岩元純

原 著

高齢者の腰背部蒸気加温における全身の温熱効果

留畑寿美江, 南山祥子*, 山内正憲**, 岩元 純*

山口大学大学院医学系研究科, 旭川医科大学医学部看護学科*, 札幌医科大学医学部麻酔科学講座**

山口大学大学院医学系研究科保健学系学域

〒755-8505 山口県宇部市南小串1-1-1

Tel・Fax: 0836-22-2810

要旨: 市販の蒸気温熱シート(花王)の温熱効果を生理学的に検討した。12名の健康高齢者(69±3歳, 体重: 56±7 kg, BMI: 22.6±2.3)に腰背部へ温熱シートを貼付し, 中性環境温下, 病衣着用, 座位にて体温変化を1時間観察した。貼付部位の腰部皮膚温は, 約45分でプラトー値(39°C)に達し, 被験者の平均皮膚温度は0.3°C上昇した。鼓膜温, 血圧, 心拍数に有意な変化はなかった。局所では手足の皮膚温が最も上昇し(0.6および0.8°C), 胸・背部の皮膚温も上昇した(0.4および0.3°C)。しかし, 下腿皮膚温は0.9°C低下し, 上腕や前額の皮膚温に明らかな変化はなかった。高齢者では下肢の皮膚温低下がおりやすく, 温罨法中も靴下などが必要と考えられた。また, 腰部の加温のみでも全身的な能動性血管拡張が起こる可能性が示唆された。

キーワード: 高齢者, 体温調節, 温罨法

I. 緒 言

腰部温罨法には, 自律神経系を介した多くの効果があることが知られている。腎交感神経活動を指標とした研究では, ラットの腰背部を温めると腎交感神経の活動が低下するとの報告^{1,2)}や, 全身や半身を高温環境下に置くと腎交感神経活動の促進が起こるとの報告^{3,4)}などがある。ヒトへの温罨法の研究をみると, 腹部や腰背部の湿性温罨法が上部や下部消化管運動を促進することや排尿機能や月経困難症に対して多彩な生理作用を示すことなどが相次いで報告されている⁵⁻⁹⁾。これらの報告を概観すると, 交感神経活動増加による効果を報告したもの⁹⁾は少なく, 全体的には, 交感神経抑制作用や副交感神経促進作用を報告したものが多数認められる。

一方, 体温調節という観点から, 「温め」の生理学的応答を扱った研究としては, 高温環境で身体全体を温める方法¹⁰⁾や, チューブでできた被服に温水を通して全身の皮膚加温を行うような方法¹¹⁾を用いて, 局所の皮膚交感神経活動や血流, 発汗活動などをモニターしたものが多数存在する¹²⁾。これらの研究の目的は, 温熱刺激が誘発する皮膚の血流増加や汗腺の活動などのメカニズムを明らかにしようとするものであり, 温熱刺激が3種類のメカニズムで皮膚血流を増加させていることが次第に明らかになってきている。「温め」の初期には, まず1) 血管運動神経(交感神経)の活動が低下することによって血管の拡張が始まり, その後, 2) 汗腺を支配している交感神経の活動によってアセチルコリンに関連したメカニズムで血管拡張が維持されるが,

これに加えて、3) 局所皮膚の温度上昇そのものが軸索反射を介してさらに血管拡張を促す可能性がある。このうち、2) の血管拡張がいわゆる能動血管拡張 active vasodilation と呼ばれるもので、しばしば発汗と同調しておこることが観察されたために¹³⁻¹⁵⁾、血管拡張物質として当然、アセチルコリンが第一の候補として考えられていた。しかし、最近では、アセチルコリンによって二次的に遊離したNOやプロスタグランジンなどが血管拡張を行っているという説が有力となっている^{10,16)}。また、3) の軸索反射にもNOが関与しているという証拠があげられており¹⁷⁾、「温め」による血管拡張のメカニズムは不明な部分が存在する。

このような研究結果を踏まえると、温電法にはリラックス感を促進するような副交感神経系の活動を促進する働きがあることが推測できるが、「温め」の方法や部位によっては、汗腺を支配するコリン作動性の交感神経の活動を促す可能性もあり、慎重なモニターが必要となってくる。例えば、局所を穏やかに温めるというだけでも、汗をかくことは経験されることであるので、コリン作動性の交感神経の活動を観察することは欠かせない。本研究においては、これらの自律神経活動の指標となる発汗や局所の皮膚血流量といったパラメータを測定することで、温電法がどのような形で自律神経を賦活しながら温熱効果を表していくかを明らかにする。

II. 方 法

被験者は、健康高齢者12名(女性8名、男性4名、年齢 69 ± 3 歳、体重 56 ± 7 kg、BMI 22.6 ± 2.3)であった。測定は中性環境温(25°C)、相対湿度45%の環境下で行った。測定項目として、10ヵ所の全身皮膚温(サーモカップル、Hybrid recorder RD 3500, NEC社製)を連続測定してコンピュータに記録した。血圧と心拍数は10分おきに測定(自動血圧計HEM-712C, Omron社製)した。また、発汗量(Perspiration meter SKD-2000, スキノス社製)、皮膚血流量(レーザードップラー

血流計, ALF 21 RD, アドバンス社製)は前胸部と背部(肩甲間部の皮膚)に1cm以内に近接してプローブを装着し、MacLab systemを用いて連続的にデータの採取と記録を行った。平均皮膚温 T_{skm} は、DuBoisの7点法を元に日本人用に改変した8点法をもちいた。ただし、通常の8点法においては、背部全体の温度が1点で測定され、それに0.17の加重を与えることになっており、本研究の場合のように腰部の加温が行われた場合には、この方法をそのまま適用することができない。したがって、背部の温度と腰部(貼付部位)の温度2点で測定して、加重の0.17を0.09と0.08に分割して、背部全体の温度を以下のように計算した。

$$T_{skm} = 0.07 T_{head} + 0.18 T_{chest} + 0.09 T_{back} + 0.08 T_{thorax} + 0.15 T_{arm} + 0.05 T_{hand} + 0.18 T_{thigh} + 0.13 T_{leg} + 0.07 T_{foot}$$

プロトコール: 被験者はパジャマを着用し、サーモカップル、血流計、発汗計のプローブ類を皮膚に装着後、測定開始した。まず、約15分間座位にて安静を保ち(コントロール期)、12cm×20cmの蒸気温熱シート(めぐりズム、花王)を腰部(L3-L4部位)に貼付して、1時間連続測定を行った。

統計解析: 各時間ポイントのデータを繰り返し測定分散分析法、ad hocテストとしてScheffe testを用いた。有意水準は $p < 0.05$ とした。

倫理的配慮: 各被験者には、研究の主旨や内容を直接説明し、匿名性の保証、研究以外の目的でのデータの不使用、測定は随時中止可能で中止による不利益を被らないことを伝え、了承を得た。本研究は、旭川医科大学倫理委員会の承認を得た。

III. 結 果

血圧、心拍数および鼓膜温に有意な変化はなかった(Fig. 1)。蒸気温熱シートの貼付部位である腰部皮膚温は、45分後に4.5°C上昇してプラトー値である39°Cに達した(Fig. 2)。貼付部位の1cm

上と1 cm下の部位の皮膚温は、それぞれ0.6℃と0.5℃の有意な上昇があった。腰部の穏やかな加温によって全身皮膚温も変化をしたが、とくに四肢の皮膚温がもっとも顕著に上昇した。手背は、33.0℃から33.6℃へと変化して、0.6℃上昇し (Fig. 3, panel A), 足背は32.6℃から33.6℃へと変化して、0.8℃ (Fig. 3, panel B) 上昇した。また、胸部(0.4℃)や背部(0.3℃)の皮膚温も有意に上昇した (Fig. 4)。しかし、上腕や前額の皮膚温は変化せず、下腿皮膚温のみが0.9℃も有意に低下した (Fig.3, Fig.4)。体幹部の皮膚血流は10分毎の平均値を計算し、経時的に比較した。その結果、30分と40分値が背部で有意に増加し、40分で胸部の皮膚血流が有意に増加していることが示された (Fig. 5)。平均皮膚温は、貼付の10分後から0.3℃増加して33.3℃になり、最後までこのレベルで維持された (Fig. 6)。発汗は、12名全員に認められたが、どの被験者の発汗も間歇的であり、時期も一

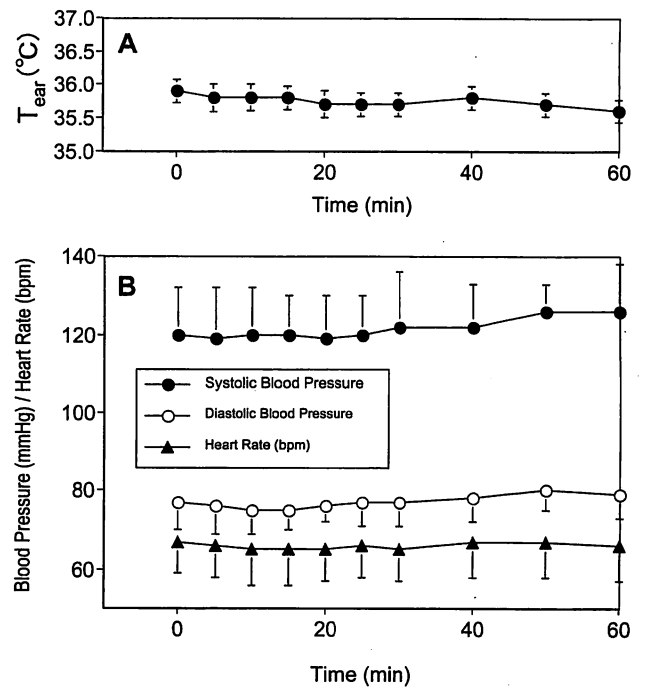


Fig. 1. Recordings of tympanic membrane temperature, blood pressure and heart rate. No significant changes were detected during lumbar warming.

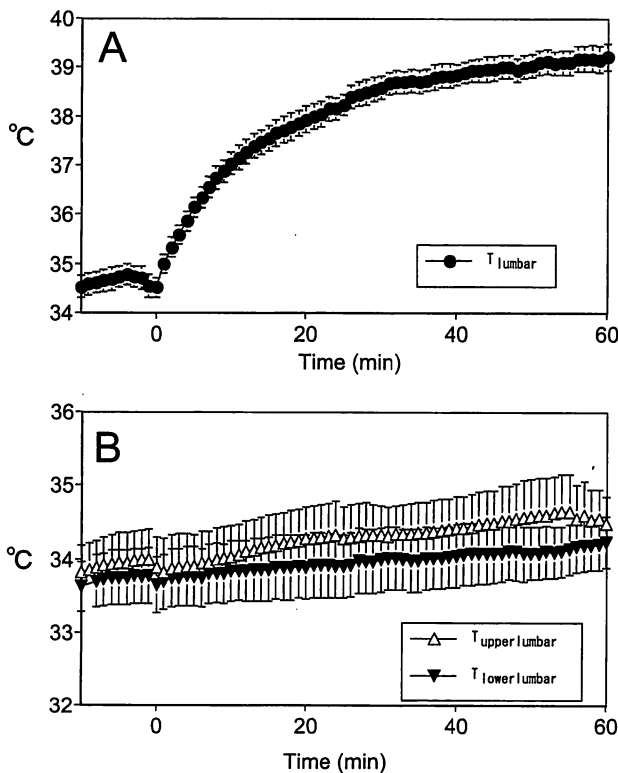


Fig. 2. Effect of lumbar skin warming on the lumbar skin temperature right under the heat and steam generating sheet (panel A) and on the temperatures of upper and lower lumbar areas adjacent to the pad.

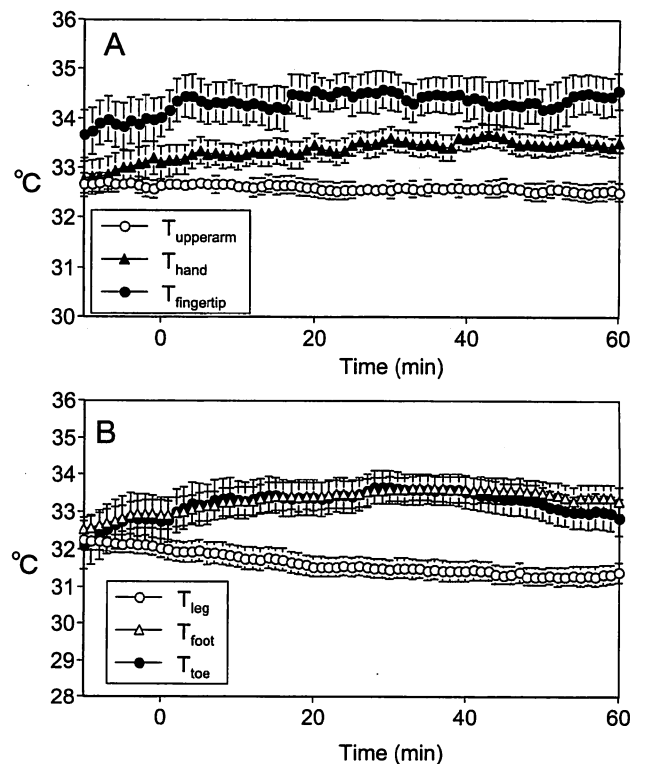


Fig. 3. Effect of lumbar skin warming on the skin temperatures of upper and lower extremities. The skin temperatures of hand, finger tip, foot and toe elevated significantly, whereas the temperature of the leg was continuously falling.

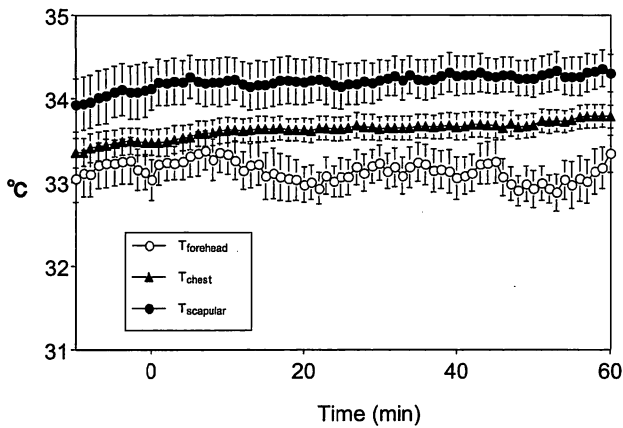


Fig. 4. Effect of lumbar skin warming on the skin temperatures of forehead, chest and scapular (back) areas. The temperature of chest as well as back increased significantly.

定してなかったため、統計的な有意差を検出することはできなかった。ただし、間歇的な現象であったことが幸いして、消長する様子が詳しく観察された。65歳の被験者の例を図7に示すと、ほとんどの発汗が皮膚血流の増加と同期していたが、完全に一致するわけではなかった (Fig. 7)。また、発汗の程度と血流増加の程度も類似していたが、これも完全に一致するわけではなかった。皮膚血流の増加は、レーザードップラー信号のうち、mass (赤血球量)の増加によるものが多く、これは前毛細血管括約筋の弛緩、すなわち血管拡張による毛細血管のリクルートメントを示していると考えられる。このmassの増加と発汗が多くの場合は同期しており (92%)、velocityと同期するものはわずかであった (8%)。しかし、velocity信号と同期して発汗の消退が起こることも観察されており (fig. 7の30分付近の発汗のパターン参照)、血流速度が二次的に発汗に影響を与えている可能性が示された。また、発汗と血流増加の出現の順は、77%で血流増加が先行し、23%で発汗が先行していた。血流増加から発汗までの平均時間は 2.8 ± 2.0 (SD) 秒であり、一方、発汗から血流増加までの平均時間は 1.4 ± 2.3 秒と有意に短縮していた。つまり、血流増加が先行した場合は、やや遅れて発汗がおり、発汗が先行した場合は、すぐに血流増加が起るという特徴があった。

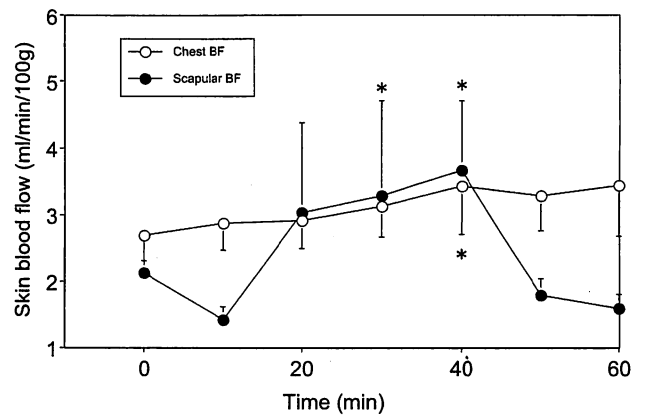


Fig. 5. Effect of lumbar skin warming on the skin blood flow of the chest and the back. Significant increases were found at 30 min and 40 min after warming in the back skin temperature and at 40 min in the chest skin temperature. *:p<0.05 vs. control value by ANOVA for repeated measures.

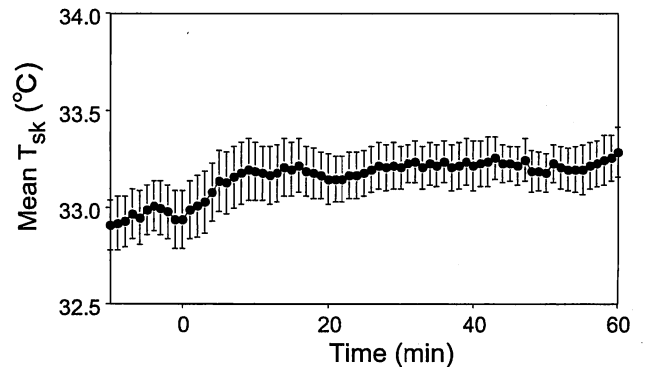


Fig. 6. Changes in the mean skin temperature (mean Tsk). Lumbar skin warming significantly increased the mean Tsk by 0.3 degree.

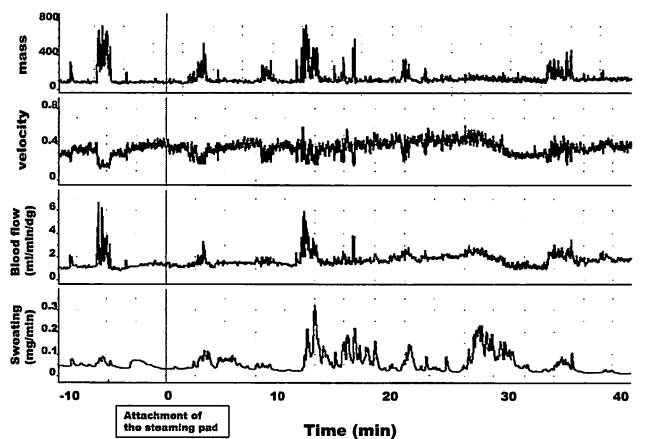


Fig. 7. The representative recording of the local skin blood flow and sweating data of the chest skin of the female subject (65 yr). A concurrent increase of blood flow and sweating is clearly observed. The mass is the key parameter for the increase of the flow, suggesting that the capillary recruitment occurred. The active vasodilation in this setting may be evoked by the sympathetic cholinergic mechanism.

IV. 考 察

温電法が自律神経活動を通して様々な影響を多くの効果器へ与えていることは確実であるが、ヒトで個々の自律神経活動を直接観察して、その関与を証明することは困難である。温電法的な温和な温熱刺激を用いることによって観察された動物における腎交感神経活動の抑制^{1,2)}の方が、より強い温熱刺激を用いて得られた腎交感神経活動促進効果³⁾よりも、温電法の自律神経作用として適合しているように見える。

ところで、皮膚への交感神経は単一ではなく、血管運動神経として知られるアドレナリン作動性の交感神経と、コリン作動性である汗腺への交感神経の2種類が区別されている。能動性血管拡張は、後者のコリン作動性交感神経活動と関連があることが古くから知られており^{13,14)}、くわしい解剖学的構造は不明だが、おそらくコリン作動性の交感神経から分枝した神経終末が、アセチルコリン以外の伝達物質を用いて血管へ影響を与えているものと考えられている¹²⁾。このような仮説のもととなった現象は、発汗と能動性血管拡張はほぼ同期して起こることであり¹³⁻¹⁵⁾、コリン作動性の線維を含んだ皮膚交感神経活動を記録すると、神経の放電から2秒ほど遅れて血管拡張や発汗が起こることが報告されている¹⁶⁾。本研究でも、体幹部の皮膚で皮膚血流増加と発汗の同期的発現が観察されたが(図7)、これは、腰部加温という温和で局所的な皮膚刺激が全身的な交感神経活動による能動性血管拡張を起こしたものと考えられる。このことは、温電法がコリン作動性交感神経活動を増加させたことを示している。

先に述べた「温め」による交感神経の活動パターンの段階的な変化(アドレナリン作動性交感神経活動の減弱、それに続く能動性血管拡張神経活動の増加)は、核温を次第に増加させることによって起こる皮膚血管拡張の様子を示したものである。多くの研究者のグループが皮膚温の変化は能動性血管拡張神経活動の増加を起こさないか、ごくわずかな影響しかあたえないと信じてきた¹⁹⁾。しかし、最近になっ

て、核温が上昇しなくても、平均皮膚温が35°Cからわずかに0.5°C程度増加をすると、皮膚交感神経活動が有意に増加し、皮膚血流や汗腺活動が増加することが報告されており¹¹⁾、本研究における皮膚血流増加や汗腺の活動の増加も、平均皮膚温の0.3°C程度の増加が引き金になっておこった可能性が高い。また、全身の皮膚温のうち、特に四肢末端の皮膚温増加が大きいことも、能動性血管拡張が広く全身性におこっていることを間接的に示している。ただし、アドレナリン作動性交感神経活動の減衰が同時に起こっている可能性も否定はできないが、その場合は、核温上昇にともなって、 α 作用の減弱とコリン作動性活動の増加が段階的に起こるとされている皮膚交感神経活動の真偽が問われなければならない。おそらく、皮膚温度受容器からの入力、深部の温度受容器に匹敵するほど大きな意義をもっており、能動性血管拡張に関するこれらの皮膚受容器の関与の程度が明らかになるには、多くの研究をまたなければならない。また、一般的に、加齢が能動性血管拡張や発汗の能力を低下させることが報告されているが^{20,21)}、これらも、核温の上昇に対応する皮膚血流の変化の程度を研究することで得られた知見である。本研究では、わずかな平均皮膚温の変化が、高齢者の全身的な能動性血管拡張を起こしており、従来の説とは異なっている。加齢と皮膚温度感覚の入力の関係については、これからも多くの研究が必要であると思われる。

下腿の皮膚温が著しく低下したことは、下腿の熱絶縁性が低いために局所熱放散が増加し、これを食い止めようとしてアドレナリン作動性交感神経の作用により、皮膚血流が低下した結果と考えられる。腰部の加温は、局所的な加温である以上、このように、部分的な下肢の皮膚温低下(血流低下)が起こる可能性があり、靴下や下着などの補助着衣が必要であることが示唆された。

V. ま と め

・腰部の蒸気温熱シートによる加温は、血圧、心拍

数, 核温の変化を起こさない。

- ・腰部の蒸気温熱シートによる加温は, 全身の平均皮膚温の上昇 (0.3°C) を促すが, 脛部の皮膚温のみは低下する傾向がある。したがって, 着衣に配慮する必要がある。
- ・腰部の蒸気温熱シートによる加温は, 体幹部においては皮膚血流の増加や発汗をおこす。
- ・体幹部の皮膚血流増加と発汗はしばしば同期することから, 腰部加温による皮膚血流増加はコリン作動性の可能性が高い。
- ・局所皮膚加温が, 全身性の能動性血管拡張を惹起することが示された。

参考文献

- 1) Tsai TJ, Chen CF: Effect of heat therapy on renal hemodynamics, compensatory hypertrophy and glomerulonephritis in rats. *Nephron* 1993; 63: 207-213
- 2) Chen CF, Chien CT, Wu MS, et al: Role of renal nerves on renal functional change after back heating in the rat. *Neurosci Lett* 1994; 174: 154-156
- 3) Kenney MJ, Claassen DE, Bishop MR, et al: Regulation of the sympathetic nerve discharge bursting pattern during heat stress. *Am J Physiol* 1998; 275: R 1992-R 2001
- 4) Ninomiya I, Fujita S: Reflex effects of thermal stimulation on sympathetic nerve activity to skin and kidney. *Am J Physiol* 1976; 230: 271-278
- 5) Nagai M, Wada M, Kobayashi Y, et al: Effects of lumbar skin warming on gastric motility and blood pressure in humans. *Jpn J Physiol* 2003; 53: 45-51
- 6) 落合龍史: 湿熱刺激が脳波および自律神経に及ぼす影響. *自律神経* 2001; 38: 450-454
- 7) 細野恵子, 留畑寿美江, 岩元 純: 便秘症の女学生に対する温罨法の効用. *臨床体温* 2007; 25: 30-33
- 8) 留畑寿美江, 細野恵子, 岩元 純, 他: 長時間温罨法による高齢者の排便と排尿への効果. *臨床体温* 2007; 25: 34-37
- 9) 井垣通人, 山崎好美, 菱沼典子: 便通不調のある中高年女性の蒸気温熱シートの腹部適用による症状緩和. *日本看護技術学会誌* 2007; 6: 12-17
- 10) Shibasaki M, Wilson TE, Cui J, et al: Acetylcholine released from cholinergic nerves contributes to cutaneous vasodilation during heat stress. *J Appl Physiol* 2002; 93: 1947-1951
- 11) Kamijo Y, Lee K, Mack GW: Active cutaneous vasodilation in resting humans during mild heat stress. *J Appl Physiol* 2005; 98: 829-837
- 12) Kellogg DL Jr.: In vivo mechanisms of cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans during thermoregulatory challenges. *J Appl Physiol* 2006; 100: 1709-1718
- 13) Love AH, Shanks RG: The relationship between the onset of sweating and vasodilatation in the forearm during body heating. *J Physiol* 1962; 162: 121-128
- 14) Wyss CR, Brengelmann GL, Johnson JM, et al: Control of skin blood flow, sweating, and heart rate: role of skin vs. core temperature. *J Appl Physiol* 1974; 36: 726-733
- 15) Sugenoja J, Ogawa T, Jmai K, et al: Cutaneous vasodilatation responses synchronize with sweat expulsions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995; 71: 33-40
- 16) Kellogg DL Jr., Zhao JL, Coey U, et al: Acetylcholine-induced vasodilation is mediated by nitric oxide and prostaglandins in human skin. *J Appl Physiol* 2005; 98: 629-632
- 17) Kellogg DL Jr., Liu Y, Kosiba IF, et al: Role of nitric oxide in the vascular effects of local warming of the skin in humans. *J Appl Physiol* 1999; 86: 1185-1190
- 18) Sugenoja J, Iwase S, Mano T, et al: Vasodilator component in sympathetic nerve activity

- destined for the skin of the dorsal foot of mildly heated humans. *J Physiol* 1998; 507: 603-610
- 19) Pergola PE, Kellogg DL Jr., Johnson JM, et al: Reflex control of active cutaneous vasodilation by skin temperature in humans. *Am J Physiol* 1994; 266: H 1979- H 1984
- 20) Kenney WL, Morgan AL, Farquhar WB, et al: Decreased active vasodilator sensitivity in aged skin. *Am J Physiol* 1997; 272: H 1609- H 1614
- 21) Holowatz LA, Thompson CS, Minson CT, et al: Mechanisms of acetylcholine-mediated vasodilatation in young and aged human skin. *J Physiol* 2005; 563: 965-973

Abstract

Effects of the lumbar steam heat on body temperature in the elderly

Sumie Tomehata, Shoko Minamiyama, Masanori Yamauchi and Jun Iwamoto

Graduate School of Medicine, Yamaguchi University
Minamikogushi 1-1-1, Ube, Yamaguchi 755-8505 Japan

We examined the effect of lumbar skin warming with the heat steam generating pad (12 cmx 20 cm, HSG, Kao Corp.) on thermoregulatory responses in 12 elderly healthy subjects (69 ± 3 yr, body weight: 56 ± 7 kg, BMI: 22.6 ± 2.3) during 60 min of warming in the thermoneutral environment (25°C , 45%RH). The lumbar skin temperature reached the plateau level (39°C) within 45 min. Local skin temperature of foot ($+0.8^\circ\text{C}$), toe ($+0.5^\circ\text{C}$), hand ($+0.6^\circ\text{C}$), chest ($+0.4^\circ\text{C}$) and back ($+0.3^\circ\text{C}$) rose significantly, whereas that of leg fell by 0.9°C . Tympanic, forehead and upper arm temperatures unchanged. The mean skin temperature increased by 0.3°C . Blood pressure and heart rate were stable throughout the measurement. These results suggest that the thermal responses to lumbar warming induced an increase in the wide skin areas except leg region, which may be attributed to the poor thermal insulation of the leg in nature. Lumbar warming also elicited occasional expulsion of sweating and the concomitant increase of the skin blood flow in the skin area of the trunk. In conclusion, the localized lumbar skin heating with a commercial product may be a sufficient stimulator to evoke the systemic thermal response including significant increases in mean skin temperature, local skin blood flow (due to active vasodilation) and intermittent but concomitant sweating.

Key Words: elderly, body temperature regulation, hot compress