

皮膚血流の研究 —冷刺激による血流変動の pattern—

松 永 保 子、 工 藤 ひ と み¹⁾、 内 海 滉²⁾

新潟県立看護短期大学, 葛飾区立川端小学校¹⁾, 千葉大学²⁾

Studies on the Cutaneous Microcirculation of the Skin Surface
— The Change of Circulating Pattern by the Cold Stimulation —

Yasuko MATSUNAGA, Hitomi KUDO¹⁾, Ko UTSUMI²⁾

*Niigata College of Nursing, Kawabata Elementary School, Katsushika Ward, Tokyo¹⁾
Chiba University, School of Nursing²⁾*

Abstract The cutaneous microcirculation of the skin surface was studied on the five parts of the body such as forehead, right and left hands and legs by the five minutes' stimulation of coldness of 2~5°C. Of 175 cases showing reaction by the cold stimulation, the velocities of the blood stream were classified into eight patterns, obtaining the affinity of the above-said parts to the circulation patterns (with significance of 1~5% by χ^2 -test).

Considerations were followed on the dilatation as well as the constriction of blood vessels reacting as the vegetative nervous function like Lewis' "Hunting Phenomenon" (1930) by the cold stimulation.

要 旨 健康で正常な女子大学生を被験者として、左右前腕内側部、左右下肢脛部、前額部の5ヶ所にタオルで5分間の冷刺激を与えて、各部位の皮膚血流を測定した。実験で得た皮膚血流変化曲線の増減の各部分に名称を付し、175例の血流速度の変化とその程度および変動の pattern、左右差を観察した。

結論は以下のようなものである。

- ①血流の初期下降期、刺激中極期回復期、終了時の全てに特徴ある変動を認めた。
- ②全175例を8つの pattern に分類し、特定の部位に特定の pattern を認めた。すなわち、I型（本文参照）が両下肢ともに、また右上肢にはII型、左上肢にはVII型、前額はVIII型が多かった。

key word : 皮膚血流 (Cutaneous Microcirculation)
冷刺激 (Cold Stimulation)
血流変動の pattern (Change of Circulating Pattern)

1. はじめに

原始的な動物では、体腔あるいは偽体腔（血体腔）に満たされている体液は、身体の運動に伴って受動的に移動するにすぎない。しかし、身体が大きくなり、組織が複雑化し、活動性が高まってくると、外界の急激な変化に適応する必要性が生じてくる。この役割を担うために循環系は進化の途上において発達してきた。

血液循環の機能は、細胞に必要な酸素と代謝産物とを運搬供給するとともに、炭酸ガスや代謝老廃物を運び去ることであり、その結果、個体の内部環境のホメオスタシスが達成される。しかし、各臓器や組織固有の細胞の機能的差異あるいは生活条件の変動によって細胞の要求する血液量が異なり、心臓から拍出された血液は均等に分配されず、各臓器や組織毎に調節される。

皮膚循環は、身体の表層を環流するために外界の刺激を受けやすく、体温調節のうえに重要な役割を果たす。

皮膚血管には生理的に重要な2つの構造が認められ、その1つは多数の動静脈吻合であり、いま1つは皮膚乳頭の直下に位置する乳頭下静脈叢である。

乳頭下静脈叢は普通大量の血液を貯蔵し、かつこの静脈叢は収縮あるいは弛緩して容量可変の血液貯蔵所としての役割を果たし、身体の必要に応じて他の器官に血液を与えたり、逆に余剰の血液を貯蔵したりする。この静脈叢を介して多量の体熱が血液から皮膚に移行し、外界に放出される。

臨床において、看護婦は患者の入浴、清拭、洗髪、温罨法、冷罨法などいろいろな看護を試みている。しかし、看護における刺激がもたらす皮膚血流への反応について、今まであまりよく調べられていなかった。今回、直接の冷刺激を受けた局所の皮膚血管中を流れる血流量の変化を血流速度の変動として、その程度および体の部位における変動の pattern、左右差などについて調べた。

2. 方法

①被験者

被験者を19～23歳の健康で正常な女子大学生27名とした。

②実験実施期間

実験は1991年11月下旬から12月上旬に行ない、室温は20～26℃、湿度は53～68%に保った。

③実験方法

血流の測定には、日本電気三栄製 皮膚血流測定装置 SHINCORDER 型式 CTE-301 を使用した。

被験者は下着のみとし、上に綿100%の寝巻を着せて、ベッド上に仰臥位にし腕を体側に横たえさせた。精神的動揺を最小限にするために、実験室は実験者と被験者だけとし、ブラインドを降ろして暗くし、閉眼させて両眼をタオルで覆うようにした。

冷刺激を与える部位は、被験者が着ている寝巻から露出させ、皮膚血流測定素子を装着し、2～5℃の水水に浸したタオルを置く方式にて、左右前腕内側部、左右下肢脛部、前額部の5ヶ所とした（いずれも先行研究^{1)~4)}において血流の誤差変動のすくない部位である）。

実験の順序としては、タオルを当該部に5分間置き、血流の変化量を測定した。5分間とした理由は、先行研究^{1)~4)}から、刺激による初期の大きな変動とその後の緩やかな変動を観察でき、各部位における血流変動の比較検討ができることによる。また、5分間以上であると冷刺激のタオルに体熱が移り、刺激を効果的に持続することが困難なためでもある。そして、前刺激による次の部位への影響を避けるために、次の部位での測定実験には5分間以上の間隔をあけた。

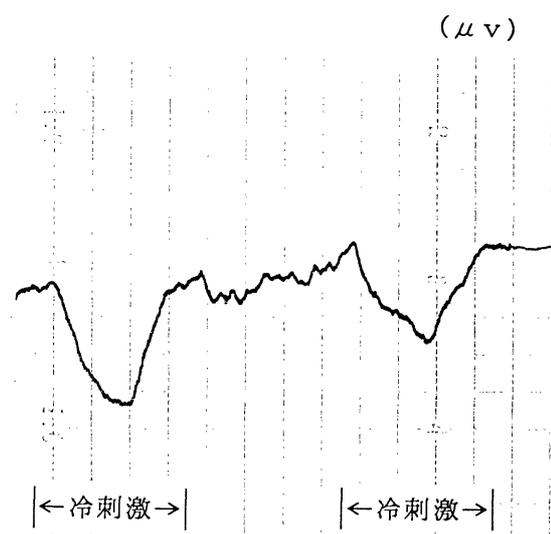


図1 冷刺激による皮膚血流の変動

(測定値は補正電圧 μv で表した)

3. 結果

実験結果はいずれも冷刺激により血流の下降がみられ、一定の時間の経過後に再び上昇する pattern が多く認められた。

図1は実測記録であり、また、図2に示すごとく、冷刺激による皮膚血流変化曲線の各部位を次のように命名した。冷刺激による血流減少の最大値までを「初期下降量： a_1 」、血流減少が最大値に達した後の血流増加の最大値までを「刺激中極期血流量： a_2 」、次にほとんどの場合再び血流は減少するが、その値を「刺激終了時血流量： a_3 」、初期下降量 a_1 と刺激中極期血流量 a_2 の差を「刺激中振幅： b 」、冷刺激開始から血流が減少を始めるまでの時間を「刺激反応時間： c 」、血流減少開始から初期下降量 a_1 までの時間を「初期下降所要時間： d 」、初期下降から刺激中極期までの時間を「刺激中極期所要時間： e 」とした。

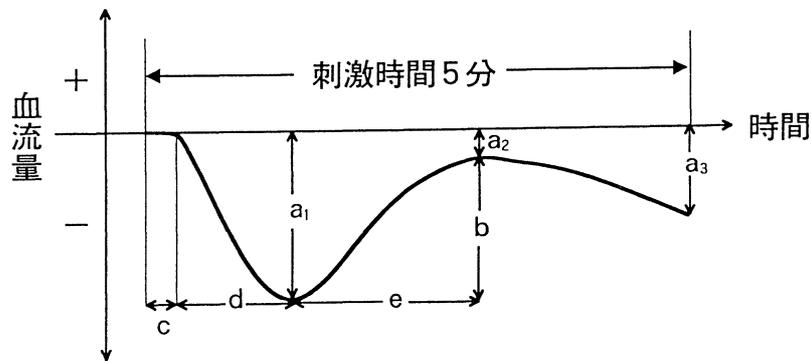
皮膚血流変化曲線を前述した3つの血流量の大小により図3のように8型に分類した。

I型は冷刺激開始から初期下降量 a_1 に到り、その後増加がなく減少の一途を辿るもの、つまり刺激中極期血流量 a_2 のないものである。II型は a_1 に到った

後に血流は増加するが、 a_2 が冷刺激前の血流量まで回復せずに、再び減少 (a_3) したものの。III型は a_2 が冷刺激前の血流量に回復し、その後に減少したものの。IV型は a_2 が冷刺激前の血流量よりさらに増加し、その後に減少したものの。V型は a_1 後、冷刺激前の血流量に回復したが、その後血流減少のないもの。VI型は a_2 がIV型と同じように冷刺激前の血流量よりさらに増加したが、その後は冷刺激前の血流量まで減少したものの。VII型は a_2 が冷刺激前の血流量より増加しそして減少するが、その後の増加が冷刺激前の血流量まで減少しないもの。VIII型は形としてはVII型と同じであるが、 a_2 量が a_1 量よりも大きいものである。

表1は実験の全175例の皮膚血流変化曲線型を示したものである。

次に、皮膚血流変化曲線型の冷刺激部位別出現頻度を算出した。右上肢にはII型、次にVIII型が多く、左上肢にはVII型、次にVIII型が、前額は明らかにVIII型が、両下肢はともにI型が多く認められた。さらに各部位の最も多い曲線型とその他の曲線型とで 2×2 の χ^2 検定を行った結果、全ての部位のパターン頻度に有意差が認められた。右上肢では、II型・右上肢14例、II



- a_1 : 初期下降量
- a_2 : 刺激中極期血流量
- a_3 : 刺激終了時血流量
- b : 刺激中振幅
- c : 刺激反応時間
- d : 初期下降所要時間
- e : 刺激中極期所要時間

図2 冷刺激による皮膚血流変化曲線

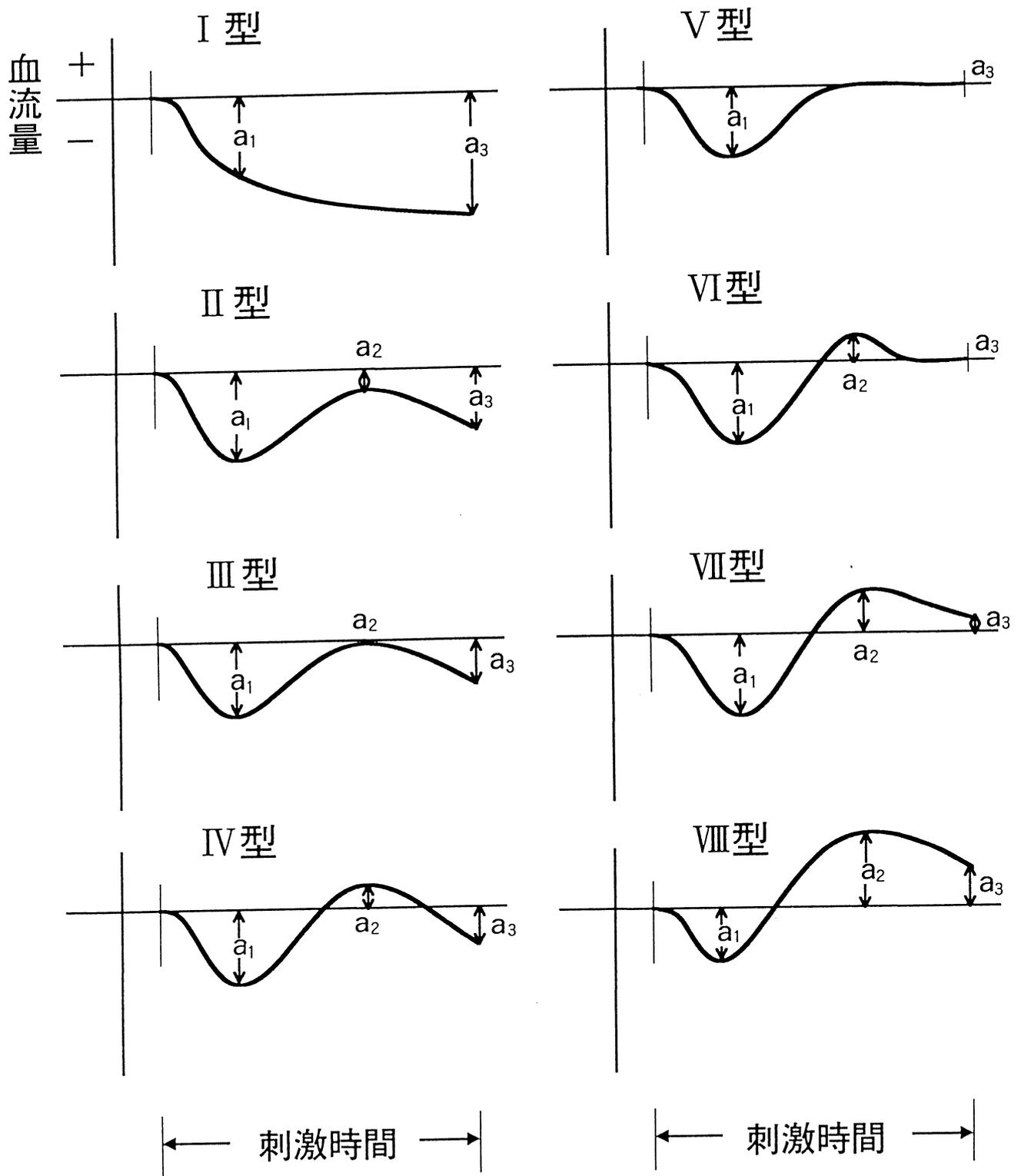


図3 冷刺激による皮膚血流変化曲線型

表1 実験全例と皮膚血流変化曲線型

被験者	年齢 (才)	性	実験日 (月.日)	温度 (°C)	湿度 (%)	皮膚血流変化曲線型				
						右上肢	左上肢	前額	右下肢	左下肢
1	21	♀	11. 3	20.0~	63~	VIII	VII	VII	II	VII
1'	21	♀	12. 5	20.5~	64~	II	VIII	VIII	II	II
2	20	♀	11.26	20.0~	63~	II	VII	VIII	I	I
3	23	♀	12. 1	20.0~	63~	II	V	VII	VIII	I
4	23	♀	12. 1	23.0~	63~	VIII	VII	VIII	I	I
5	23	♀	12. 1	24.0~	65~	VIII	V	VIII	II	I
6	21	♀	12. 1	24.5~	65~	II	V	VIII	II	I
7	21	♀	12. 2	24.5~	53~	II	II	VIII	I	II
7'	21	♀	12. 3	24.0~	53~	VIII	VI	VIII	II	VII
8	20	♀	12. 2	23.5~	53~	II	VIII	VIII	I	I
8'	20	♀	12. 3	22.5~	53~	I	VIII	VII	II	I
9	23	♀	12. 2	24.0~	53~	II	VIII	VI	VII	VIII
9'	23	♀	12. 5	23.5~	55~	VII	II	VIII	VII	II
10	19	♀	12. 2	23.5~	56~	II	I	VIII	VII	I
11	20	♀	12. 3	21.0~	57~	II	VII	VIII	II	II
11'	20	♀	12. 4	25.0~	54~	VII	VII	VIII	I	VII
12	22	♀	12. 3	23.5~	53~	VIII	VII	VIII	VII	II
13	22	♀	12. 4	21.5~	56~	IV	I	VIII	I	I
14	22	♀	12. 4	26.0~	53~	I	III	VIII	VI	II
15	21	♀	12. 4	24.0~	60~	VII	II	VIII	VIII	II
16	20	♀	12. 4	25.0~	61~	VIII	VIII	VIII	V	II
16'	20	♀	12.10	24.0~	53~	VIII	VII	VIII	VIII	I
17	20	♀	12. 5	24.5~	54~	II	II	VIII	VII	II
18	21	♀	12. 5	24.5~	54~	VIII	IV	VIII	II	I
19	22	♀	12. 8	24.0~	54~	VIII	VIII	VIII	VII	VIII
20	20	♀	12. 8	24.5~	55~	I	VII	VIII	I	I
20'	20	♀	12.10	24.0~	54~	V	VII	VIII	I	VIII
21	22	♀	12. 8	24.0~	53~	VIII	VIII	VIII	I	I
22	21	♀	12. 9	22.0~	53~	II	V	VIII	VI	II
22'	21	♀	12.11	24.0~	60~	VIII	VII	VIII	VIII	VII
23	22	♀	12.10	23.0~	53~	II	VIII	VIII	I	I
24	20	♀	12.11	21.0~	56~	VII	VIII	VIII	III	VIII
25	22	♀	12.11	23.5~	58~	VII	VII	VIII	VIII	IV
26	23	♀	12.11	25.0~	61~	II	VIII	VIII	VII	I
27	20	♀	12.12	23.0~	53~	II	VIII	VIII	II	II

型・右上肢以外24例、Ⅱ型以外・右上肢21例、Ⅱ型以外・右上肢以外116例であり、 $\chi^2_0 (v=1, p=.01)=6.64$ よりも大なる $\chi^2=7.21$ が算出された。他の部位も同様であった(表2)。

4. 考察

身体部位の血流に関しては、すでに萩原等^{1)~4)}の研究があり、松永⁵⁾、黒木⁶⁾、大賀^{7)~8)}も同様の実験成績を得ているが、今回の実験においてもそれらのデータと同じ傾向を観察することができた。すなわち、皮膚血流は前額が最も高く、下肢が最も低いとする萩原等^{1)~4)}の傾向は、今回の実験においても確認され

た。血流は中枢部が高く、末梢部は低く、また活動部は高く、非活動部は低い。さらに、皮膚の薄い部分は高く、皮膚が厚く毛細血管の影響が比較的及ばない部分は低い。

さらに、上肢において左上肢がより頻回にⅦ型を示したことは、心臓側の影響を考えれば刺激中極期血流量回復の現象と解釈される。なお、心臓から遠隔にある下肢ではこの差異はみられなかった。

局所冷刺激による血流変動は、最初の減少が頂点に達した後に逆に増加する。このように冷刺激により血流の増加がみられることは Lewis⁹⁾ が皮膚温で発見した「ハンティング現象 (hunting phenomenon)」(図4)と類似している。すなわち、Lewis は1929年、冷刺激における皮膚温の連続的観察を試み、下降した後の温度が経過中に再び繰り返して上昇する傾向を発見した。今回の実験は血流速度の変化であるため、皮膚温とはいささかその内容を異にするが、右上肢はⅡ型、左上肢はⅦ型のごとく、減少後の増加、刺激中極期血流量 a_2 が循環系のラテラリティ (laterality) の影響を裏づけるものであった。前額は a_2 が a_1 より大きいもの、つまり冷刺激後の減少が少なく、そしてその後の増加が大きいⅧ型が多く、回復が早いことは顔面の反射の特徴とも考えられる。

本実験における血流の変化は、血管運動神経の反射的収縮であり、冷刺激に対する予備血液貯蔵のための合目的的血流の減少であると考えられるが、逆に刺激中極期血流量回復の現象も局所冷却壊死から再生への

表2 皮膚血流変化曲線型の冷刺激部位別出現頻度

部位 型	例数 (%)				
	右上肢	左上肢	前 額	右下肢	左下肢
I	3 (8.6)	2 (5.7)	0 (0)	10 (28.6)*	15 (42.9)**
II	14 (40.0)**	4 (11.4)	0 (0)	9 (25.7)	11 (31.4)
III	0 (0)	1 (2.9)	0 (0)	1 (2.9)	0 (0)
IV	1 (2.9)	1 (2.9)	0 (0)	0 (0)	1 (2.9)
V	1 (2.9)	4 (11.4)	0 (0)	1 (2.9)	0 (0)
VI	0 (0)	1 (2.9)	1 (2.9)	2 (5.7)	0 (0)
VII	5 (14.3)	12 (34.3)**	3 (8.6)	7 (20.0)	4 (11.4)
VIII	11 (31.4)	10 (28.6)	31 (88.6)**	5 (14.3)	4 (11.4)

** : P < .01
* : P < .05

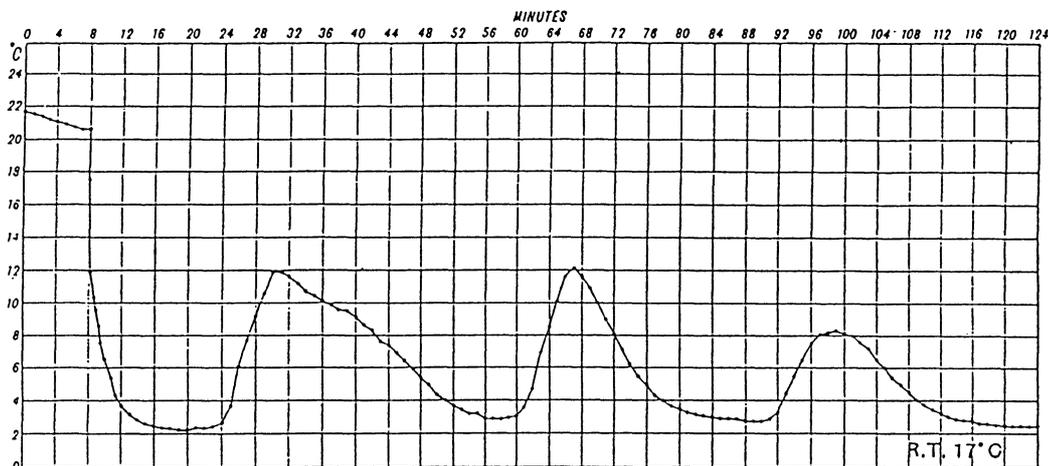


図4 ハンティング現象⁹⁾ (Lewis, T. Y.: Heart, 15, 183, 1930)

合目的機序とみなされる。この2つのパターンを別個の機序とみなすならば、血管運動神経には2種類の支配があり、初期下降量を抑制的に支配する血管運動神経の終末部位は即時反応の機序を構成させ、刺激中極期血流量を促進的に支配する血管運動神経の終末部位は全体が冷えた後にはじめて作動する遅延型のものと考えられる。もしも Lewis⁹⁾ の「ハンティング現象」を示す血管運動神経の反射が後者であるとするれば、この解釈は成立するのではないかと思われる。さらに当該現象の分析の望まれるところである。

6. 結論

左右前腕内側部、左右下肢脛部、前額部の5ヶ所に冷刺激を与えて、各部位の皮膚血流の変動とその程度および変動の pattern、左右差を観察した。

- ①血流の初期下降期、刺激中極期回復期、終了時の全てに特徴のある変動を認めた。
- ②冷刺激による全175例の血流の変動を8つの pattern に分類し、特定の部位に特定の pattern が認められた。

引用文献

- 1) 萩原弥四郎、戸井道夫、伯野中彦他：熱電効果による体表循環の測定，千葉医学会雑誌，41，384～397，1965.
- 2) 伯野中彦、萩原弥四郎、石原真他：熱電効果による体表循環の測定Ⅱ，千葉医学会雑誌，42，282～290，1966.
- 3) 萩原弥四郎、仙波恒雄、吉川武彦他：熱電効果による体表循環の測定Ⅲ，千葉医学会雑誌，44，250～255，1968.
- 4) 萩原弥四郎、石原真、伊藤賢他：熱電効果による体表循環の測定Ⅳ，千葉医学会雑誌，44，256～265，1968.
- 5) 松永保子、内海滉：皮膚血流の研究—風刺激による初期血流量および皮膚温の変動—，日本看護研究学会雑誌，15(2)，5～11，1992.
- 6) 黒木美津江、内海滉：皮膚血流の研究—冷刺激の及ぼす影響について—，日本看護研究学会雑誌，10(臨)，82，1988.
- 7) 大賀淳子、内海滉：皮膚血流の研究—温水刺激による足浴の検討—，日本看護研究学会雑誌，17(臨)，98，1994.
- 8) 大賀淳子、内海滉：皮膚血流の研究（その2）—温水刺激による足浴の検討—，日本看護研究学会雑誌，18(臨)，107，1995.
- 9) Lewis, T.Y. : Observations upon the reactions of the

vessels of the human skin to cold, Heart, 15, 177～208, 1930.

参考文献

- 1) Burton, A.C. : The direct measurement of thermal conductance of the skin as an index of peripheral blood flow, Amer.J. Physiol., 129, 326, 1940.
- 2) Bruck, K. und Hensel, H. : Wärmedurchgang und Innentemperatur der menschlichen Extremitäten, Pflügers Arch., 257, 70～86, 1953.
- 3) Golenhofen, K., Hensel, H. und Hildebrandt, G. : Durchblutungsmessung mit Wärmeleitelementen, Georg Thiemes Verlag, Stuttgart, 123, 1963.
- 4) Grayson : 血流測定と血流データ分析に関するゼミナール（第4回）報告書，呼吸と循環，19(4)，315，1971.
- 5) Greenfield, A.D. : Handbook of Physiology, Section 2., Circulation Vol. II, The circulation in health and disease, W.B. Saunders Co., 1963.
- 6) Hensel, H. : Fortlaufende Bestimmung der Hautdurchblutung am Menschen mit einem neuen Wärmeleitmessger, Naturwiss., 43, 477～478, 1956.
- 7) Hensel, H. : Messkopf zur Durchblutungsregistrierung an Oberflächen, Pflügers Arch., 268, 604～606, 1959.
- 8) 松永保子、内海滉、木下章子：皮膚血流の研究—体位変換による最大血流変動量ならびに安定血流量の変化—，日本看護研究学会雑誌，18(臨)，170，1995.
- 9) 松永保子、内海滉、木下章子：皮膚血流の研究（第2報）—体位変換による最大血流変動量ならびに安定血流量の変化—，日本看護研究学会雑誌，19(臨)，222，1996.
- 10) 中村隆、鈴木敏巳：血流分布，呼吸と循環，20(1)，51～59，1972.
- 11) Shepherd J.T. : Physiology of the circulation in human limbs in health and disease, W.B. Saunders Co., 1963.
- 12) 高木健太郎：皮膚の血液循環，医学のあゆみ，57，359～365，1966.
- 13) 高木健太郎：生理学大系Ⅲ，循環の生理学，第4編 特殊領域の循環，第Ⅵ章 皮膚の循環，医学書院，1969.
- 14) 内海滉：局所皮膚血流の研究(4)，日本皮膚科学会雑誌，83(11-12)，629，1973.