

運動負荷からみた冷え性自覚者の下肢皮膚温について

楠 幹 江

A Thermographic Study on the Leg Skin Temperature in Self-Recognition of “Hie-sho” (Cold Sensitivity) Among Female Students by Exercise Loading

Mikie KUSUNOKI

1. 緒 言

いわゆる冷え性は、「からだの他の部位はまったく冷たさを感じないような室温において、からだの特定部位のみが特に冷たく感じやすい性分」を指している¹⁾が、冷え性の定義が確立されているわけではない。このため、冷え性の原因について、種々な研究が行われている^{2~5)}。

従来、冷え性は更年期女性の愁訴とされていたが、近年、若い女性が冷え性に悩んでいることが指摘されており、著者の研究^{6~8)}においても、女子学生の半数近くが冷え性の悩みを抱えていることが明らかとなっている。女子学生を対象とした一連の研究において、冷え性の自覚を示した学生の下肢皮膚温は、冷え性の自覚を示さなかった学生に比べて低い傾向がみられているが、これらの研究は、安静状態における結果である。女子学生のQOL (Quality Of Life) を高めるためには、安静状態のみならず運動状態における検討も必要である。

本研究は、運動負荷からみた冷え性自覚者の下肢皮膚温を検討したものであり、2~3の知見が得られたので、ここに報告をする。

2. 方 法

1) 被 験 者

ランダムに選んだ20歳~21歳の健康な女子大生23名である。被験者の特徴を、表1に示す。

2) 運 動 負 荷

高さ30cmの踏み台を使用して、踏み台昇降運動を行なった。すなわち、1分間30回の割合で3分間の昇降運動を行い、その後30秒の休憩と30秒の脈拍計測を3回繰り返した。判定指数は、 $[\text{台の昇降の継続時間 (180秒)} \times 100] / [2 \times (3 \text{ 回の脈拍数の合計})]$ で計算した。判定指数が大きい方が疲労度は少ないといえる。

3) 測 定 条 件

実験は、2013年6月~7月の9時~12時の間に実施した。人工気候室の環境条件は、温度 $27.06 \pm 0.76^\circ\text{C}$ (Mean \pm S.D.), 湿度 $44.00 \pm 3.19\%$ R.H. (Mean \pm S.D.) であった。被験者は、

表 1. 被験者の特徴

	平均	標準偏差
身長 (cm)	156.13	4.91
基礎代謝 (kcal/day)	1,181.65	126.64
内臓脂肪レベル* ^a	2.56	1.06
筋肉スコア* ^b	-0.09	1.82
腋下温 (℃)	36.41	0.47
最大血圧 (mmHg)	113.22	11.97
最小血圧 (mmHg)	69.69	11.90
脈拍 (bpm)	93.77	14.02

* a : 内臓脂肪レベルは、レベル 9 以下 (標準), レベル10~14 (やや過剰), レベル15以上 (過剰) を示す。

* b : 筋肉スコアは、-4~-2 (少なめ), -1~1 (平均的), 2~4 (多め) を示す。

まず別室で踏み台昇降運動を行い、直後に人工気候室に移動して、皮膚表面温度が測定された。

4) 皮膚表面温度の測定

皮膚表面温度は、サーモグラフィ (THERMO TRACER 6T62 NEC; 三栄株式会社製) を使用して撮影した。被験者の姿勢は、椅座位姿勢であり、カメラの設置は人体から 150 cm の位置とした。また、解析部位は下肢 (膝頭から足先まで) の領域とし、最高温度, 最低温度, 平均温度を求めた。

5) 統計処理

冷え性の自覚に関連する要因を検討するため、エクセル統計2008およびSPSS (PASW Statistics) を用いて、判別分析を行った。

3. 結果および考察

1) 被験者の身体的特徴と冷え性自覚の有無

文部科学省の学校保健統計調査・運動能力調査結果 (平成12年春) によると、20~24歳の女性の平均身長は 158.58 cm と報告されている。このため、表 1 に示した値と比較すると、身長に関してはやや低い値となっている。基礎代謝は、厚生労働省「日本人の食事摂取基準 (2010年版)」によると、18~29歳の女性の基礎代謝の平均は、1,120 kcal/day と報告されているため、表 1 に示した値と比較すると、やや高い値となっている。内臓脂肪レベルと筋肉スコアは共に標準の範囲であり、腋下温, 最大血圧, 最小血圧および脈拍においては、正常値の範囲であった。

ランダムに選んだ被験者のうち、冷え性の自覚を示した学生は11名 (以後、冷え性群と記す)、冷え性の自覚を示さなかった学生は12名 (以後、非冷え性群と記す) であった。それぞれの割合は、冷え性群が47.8%, 非冷え性群が52.2%であった。この割合は、これまでの結果^{6~8)} とほぼ

同率であり、女子学生の集団において、約半数の人が冷え性群であるといえる。

次に、冷え性自覚の有無を目的変数、身長、基礎代謝、内臓脂肪レベル、筋肉スコア、腋下温の5要因を説明変数として判別分析を行った結果を、表 2-1、表 2-2、表 2-3に示す。

表 2-1. 基本統計量

冷え性群	n	平均	標準偏差	有意差 (冷え性群—非冷え性群)
身長	11	157.00	5.70	n. s. (t 検定)
基礎代謝	11	1,172.91	121.39	n. s. (t 検定)
内臓脂肪レベル	11	2.27	0.75	n. s. (U 検定)
筋肉スコア	11	-0.09	1.73	n. s. (U 検定)
腋下温	11	36.25	0.44	n. s. (t 検定)
非冷え性群	n	平均	標準偏差	
身長	12	155.33	3.88	
基礎代謝	12	1,189.67	130.76	
内臓脂肪レベル	12	2.83	1.21	
筋肉スコア	12	-0.08	1.89	
腋下温	12	36.57	0.44	

表 2-2. 判別関数式

変数	判別係数	F 値	自由度 1	自由度 2	P 値	判定
身長	-0.2744	1.7689	1	17	0.2011	
基礎代謝	0.0071	0.3857	1	17	0.5428	
内臓脂肪レベル	0.5210	0.4049	1	17	0.5330	
筋肉スコア	-0.4616	0.9387	1	17	0.3462	
腋下温	1.6372	2.0750	1	17	0.1679	
定数項	-26.4766					

表 2-3. 判別関数の有意性の検定

ホテリングの T^2	F 値	自由度 1	自由度 2	P 値	判定
7.9782	1.2917	5	17	0.3132	

表 2-1 において、冷え性自覚の有無別に5要因の平均値をみると、身長は、冷え性群が 157.00 ± 5.70 cm、非冷え性群が 155.33 ± 3.88 cm となり、冷え性群の方が高い結果となったが有意差の範囲ではなかった。次に、基礎代謝は、冷え性群が $1,172.91 \pm 121.39$ kcal/day、非冷え性群が $1,189.67 \pm 130.76$ kcal/day となり、非冷え性群の方が高い結果となったが、有意差の範

囲ではなかった。内臓脂肪レベルは、冷え性群が 2.27 ± 0.75 レベル、非冷え性群が 2.83 ± 1.21 レベルとなり、共に平均的な範囲にあった。また、マン・ホイットニーのU検定を行った結果、有意差は示されなかった。筋肉スコアは、冷え性群が -0.09 ± 1.73 、非冷え性群が -0.08 ± 1.89 となり、共に標準のレベルであった。また、マン・ホイットニーのU検定を行った結果、有意差は示されなかった。腋下温は、冷え性群が $36.25 \pm 0.44^\circ\text{C}$ 、非冷え性群が $36.57 \pm 0.44^\circ\text{C}$ となり、非冷え性群の方が高い結果となったが有意差の範囲ではなかった。

判別関数を用いた結果、相関比は0.2753となった。また、判別的中率は69.57%を示し、低率であった。次に、表 2-2 におけるF値を基に目的変数との関係を見ると、腋下温、身長に高い値が示されたが、有意差は示されなかった。表 2-3 に示すホテルリングの T^2 検定において、有意差は示されなかったため、5要因による冷え性自覚の判別は困難だと判断した。

以上の結果より、冷え性自覚の有無と、身長、基礎代謝、内臓脂肪レベルレベル、筋肉スコア、腋下温の5要因との関係は低いと結論した。

物部⁹⁾は、男子大学生を被験者とした寒冷刺激実験を行い、冷え性-非冷え性群間の身体組成(身長、体重、体脂肪率、BMI、除脂肪量(LBM))について検討し、すべての項目で有意な差は認められなかった、と報告している。本研究は、女子学生を被験者とした踏み台昇降運動での実験であり、単純に比較することはできないが、本研究で取り上げた身体組成項目に関しては、冷え性自覚の有無との関連は低いと判断した。

2) 運動負荷と血圧、脈拍との関係

運動負荷前後の血圧、脈拍の変化を表3に示す。

表3. 運動負荷と血圧、脈拍

	実験前最大血圧 (mmHg)	実験後最大血圧 (mmHg)	差	有意差 (実験前-実験後)
冷え性群	110.55 ± 9.95	116.10 ± 9.41	5.55	p < 0.01
非冷え性群	115.67 ± 13.99	116.09 ± 12.06	0.42	n. s.
有意差 (冷え性群- 非冷え性群)	n. s.	n. s.		
	実験前最小血圧 (mmHg)	実験後最小血圧 (mmHg)	差	有意差 (実験前-実験後)
冷え性群	67.18 ± 9.99	70.00 ± 5.88	2.82	n. s.
非冷え性群	72.00 ± 13.91	74.42 ± 12.87	2.42	n. s.
有意差 (冷え性群- 非冷え性群)	n. s.	n. s.		
	実験前脈拍 (bpm)	実験後脈拍 (bpm)	差	有意差 (実験前-実験後)
冷え性群	89.43 ± 12.45	102.97 ± 13.27	13.54	p < 0.01
非冷え性群	97.74 ± 15.30	109.04 ± 19.10	11.30	p < 0.01
有意差 (冷え性群- 非冷え性群)	n. s.	n. s.		

冷え性群において、実験前最大血圧は 110.55 ± 9.95 mmHg、実験後最大血圧は 116.10 ± 9.41 mmHg となり、有意差 ($p < 0.01$) が示された。一方、非冷え性群では、実験前最大血圧は 115.67 ± 13.99 mmHg、実験後最大血圧は 116.09 ± 12.06 mmHg となったが、有意差は示されなかった。次に、最小血圧をみると、冷え性群における場合、実験前は 67.18 ± 9.99 mmHg、実験後は 70.00 ± 5.88 mmHg となったが、有意差は示されなかった。一方、非冷え性群では、実験前は 72.00 ± 13.91 mmHg、実験後は 74.42 ± 12.87 mmHg となったが、有意差は示されなかった。冷え性群における脈拍は、実験前は 89.43 ± 12.45 bpm、実験後は 102.97 ± 13.27 bpm となり、有意差 ($p < 0.01$) が示された。一方、非冷え性群では、実験前は 97.74 ± 15.30 bpm、実験後は 109.04 ± 19.10 bpm となり、冷え性群と同様に、有意差 ($p < 0.01$) が示された。これらの結果より、本実験における負荷は、非冷え性群よりも冷え性群において、負荷の影響が大きいと判断した。

各要因における冷え性群と非冷え性群の値を比較すると、実験前最大血圧は、冷え性群が 110.55 ± 9.95 mmHg、非冷え性群が 115.67 ± 13.99 mmHg を示したが、有意差の範囲ではなかった。また、実験後最大血圧は、冷え性群が 116.10 ± 9.41 mmHg、非冷え性群が 116.09 ± 12.06 mmHg を示したが、実験前と同様に、有意差の範囲ではなかった。次に、実験前最小血圧は、冷え性群が 67.18 ± 9.99 mmHg、非冷え性群が 72.00 ± 13.91 mmHg を示したが、有意差の範囲ではなかった。また、実験後最小血圧は、冷え性群が 70.00 ± 5.88 mmHg、非冷え性群が 74.42 ± 12.87 mmHg を示したが、実験前と同様に、有意差の範囲ではなかった。実験前脈拍は、冷え性群が 89.43 ± 12.45 bpm、非冷え性群が 97.74 ± 15.30 bpm を示したが、有意差の範囲ではなかった。また、実験後脈拍は、冷え性群が 102.97 ± 13.27 bpm、非冷え性群が 109.04 ± 19.10 bpm を示したが、実験前と同様に、有意差の範囲ではなかった。

3) 皮膚表面温度と冷え性自覚の有無

被験者の皮膚表面温度の結果を、表 4-1 に示す。

表 4-1. 被験者の皮膚表面温度 (°C)

	n	平均	標準偏差	有意差 (右足—左足)
右足最大温度	23	36.87	0.98	最大温度 ($p < 0.05$) 最小温度 (n. s.) 平均温度 ($p < 0.01$)
右足最小温度	23	28.79	0.42	
右足平均温度	23	33.32	0.60	
左足最大温度	23	36.67	1.11	
左足最小温度	23	28.74	0.50	
左足平均温度	23	33.21	0.66	

右足最大温度は、 36.87 ± 0.98 °C、左足最大温度は、 36.67 ± 1.11 °C となり、右足の方が高い結果となった ($p < 0.05$)。次に、右足最小温度は、 28.79 ± 0.42 °C、左足最小温度は、 28.74 ± 0.50 °C となり、右足の方が高い結果となったが有意差の範囲ではなかった。右足平均温度は、 33.32 ± 0.60 °C、左足平均温度は、 33.21 ± 0.66 °C となり、右足の方が高い結果となった ($p < 0.01$)。これらの結果より、被験者の皮膚表面温度は、左足よりも右足の方が高いことがわかる。

表 4-2. 皮膚表面温度 (°C)

		冷え性群 (N=11)	非冷え性群 (N=12)	有意差
右 足	最大温度 (°C)	36.43±0.98	37.27±0.80	p<0.05
	最小低温度 (°C)	28.51±0.36	29.04±0.30	p<0.01
	平均温度 (°C)	33.26±0.66	33.38±0.53	n. s.
左 足	最大温度 (°C)	36.24±0.99	37.07±1.07	p<0.05
	最小低温度 (°C)	28.44±0.37	29.03±0.43	p<0.01
	平均温度 (°C)	33.15±0.73	33.27±0.58	n. s.

次に、冷え性自覚の有無別に、皮膚表面温度を検討した結果を、表 4-2 に示す。

まず右足における結果をみると、最大温度は、冷え性群が $36.43 \pm 0.98^{\circ}\text{C}$ 、非冷え性群が $37.27 \pm 0.80^{\circ}\text{C}$ となり、非冷え性群の方が高い結果となった ($p < 0.05$)。次に、最小温度は、冷え性群が $28.51 \pm 0.36^{\circ}\text{C}$ 、非冷え性群が $29.04 \pm 0.30^{\circ}\text{C}$ となり、非冷え性群の方が高い結果となった ($p < 0.01$)。平均温度は、冷え性群が $33.26 \pm 0.66^{\circ}\text{C}$ 、非冷え性群が $33.38 \pm 0.53^{\circ}\text{C}$ となり、非冷え性群の方が高い結果となったが、有意差の範囲ではなかった。これらの結果より、右足における皮膚表面温度は、非冷え性群の方が、冷え性群よりも、皮膚表面温度は高い傾向にあるという結論が得られた。

次に左足における結果をみると、最大温度は、冷え性群が $36.24 \pm 0.99^{\circ}\text{C}$ 、非冷え性群が $37.07 \pm 1.07^{\circ}\text{C}$ となり、非冷え性群の方が高い結果となった ($p < 0.05$)。次に、最小温度は、冷え性群が $28.44 \pm 0.37^{\circ}\text{C}$ 、非冷え性群が $29.03 \pm 0.43^{\circ}\text{C}$ となり、非冷え性群の方が高い結果となった ($p < 0.01$)。平均温度は、冷え性群が $33.15 \pm 0.73^{\circ}\text{C}$ 、非冷え性群が $33.27 \pm 0.58^{\circ}\text{C}$ となり、非冷え性群の方が高い結果となったが、有意差の範囲ではなかった。これらの結果より、左足における皮膚表面温度は、右足と同様に、非冷え性群の方が、冷え性群よりも、皮膚表面温度は高い傾向にあるという結論が得られた。

両足における結果は、前報⁸⁾の結果と一致し、運動負荷においても、非冷え性群の方が、冷え性群よりも、皮膚表面温度は高い傾向にあるという結論が得られた。

次に、冷え性自覚の有無を目的変数、腋下温、右足最大温度、右足最小温度、右足平均温度、左足最大温度、左足最小温度、左足平均温度の7要因を説明変数として、判別分析を行った。

結果を、表 4-3、表 4-4 に示す。

判別関数を用いた結果、相関比は0.6708となった。また、判別の中率は91.30%を示し、高率となった。表 4-3 におけるF値を基に目的変数との関係をみると、右足最小温度において高い値が得られ、有意差が示された ($p < 0.05$)。表 4-4 に示すホテリングの T^2 検定において、有意差が示されたため ($p < 0.01$)、判別は可能であると判断した。このため、冷え性の自覚の有無に関して、腋下温、右足最大温度、右足最小温度、右足平均温度、左足最大温度、左足最小温度、左足平均温度の7要因は、影響が大きいと判断した。特に、右足最小温度は、冷え性の自覚の有無に関して関連があり、今後は、右足最小温度について詳細に検討する必要があると判断した。前報の研究⁸⁾においては、冷え性の自覚の有無に関して、最大温度よりも最小温度と平均温度が関係しているのではないかと判断したが、本研究においては、右足最小温度が関係が深いことが

表 4-3. 判別関数式

変数	判別係数	F 値	自由度 1	自由度 2	P 値	判定
腋下温 (素足)	2.7730	2.0171	1	15	0.1760	
右足最大温度	1.0509	0.1749	1	15	0.6817	
右足最小温度	7.5416	5.5147	1	15	0.0330	p<0.05
右足平均温度	-7.9175	1.6576	1	15	0.2174	
左足最大温度	2.4098	1.0770	1	15	0.3158	
左足最小温度	0.2148	0.0057	1	15	0.9409	
左足平均温度	3.4631	0.3900	1	15	0.5417	
定数項	-302.3700					

表 4-4. 判別関数の有意性の検定

ホテリングの T ²	F 値	自由度 1	自由度 2	P 値	判定
42.7832	4.3656	7	15	0.0080	p<0.01

表 4-5. 正判別率

真の群 \ 判別された群	判別された群	
	冷え性群	非冷え性群
冷え性群 (N=11)	10 (90.91%)	1 (9.09%)
非冷え性群 (N=12)	1 (8.33%)	11 (91.67%)

判明した。

次に、冷え性の自覚に関する正判別率の結果を表 4-5 に示す。

表 4-5 において、冷え性群の正判別率は90.91%、非冷え性群の正判別率は91.67%となり、共に高い値を示した。

サーモグラフィを用いた負荷による皮膚表面温度の影響については、冷水負荷実験に関する研究が多く発表されている。たとえば、健康な若年女子を対象とした研究²⁾では、被験者を「冷え」の自覚の有無により2群に分けて冷水負荷試験を実施し、サーモグラフィを用いた体表温度の経時計測を行っている。その結果、冷水負荷後の温度回復は、手指末節から回復するパターンと、手背は回復するが手指の回復が見られないパターンに分けられるとし、これは皮膚血流量を調整している血管収縮神経の活動性の違いによると考えている。また、冷感を訴える群では、冷水負荷後の手指末節の温度回復が遅れる例が多いことも報告されている。一方、岡田ら⁴⁾は、冷え性者を対象として、冷水負荷サーモグラフィにより末梢循環障害の程度を客観的に評価し、冷え性者の冷え症状、循環器検診成績、生活習慣との関連を検討している。それによると、回復率の低い群ほど負荷前の末梢血流量、手指表面温度、トリグリセライド値が有意に低く、肥満度、体脂肪率、最大血圧値が低い傾向がみられたとしている。また、冷え症状のあるものはない者に比べ

肥満度，体脂肪率，最大・最小血圧値，ヘモグロビン値が低く，身体活動量が少なく，ストレスを多く感じている者が多かったと報告している。

本研究は，運動負荷による実験であり，冷水負荷実験とは異なっているが，冷え性群は，非冷え性群よりも皮膚表面温度は低いという結論が得られており，種々な負荷に対しては，冷え性群は，非冷え性群よりも皮膚表面温度は低い傾向があるのではないかと考えた。

4. ま と め

本研究は，運動負荷からみた冷え性群の下肢皮膚温を非冷え性群との比較において検討したものであり，以下の結論が得られた。

1) ランダムに選んだ被験者のうち，冷え性群は11名，非冷え性群は12名であった。それぞれの割合は，冷え性群が47.8%，非冷え性群が52.2%であった。

2) 冷え性自覚の有無を目的変数，身長，基礎代謝，内臓脂肪レベルレベル，筋肉スコアー，腋下温の5要因を説明変数として解析を行った結果，相関比は0.2753となった。また，判別の中率は69.57%を示した。このため，冷え性の自覚の有無と，身長，基礎代謝，内臓脂肪レベル，筋肉スコアー，腋下温の5要因との関係は低いと判明した。

3) 運動負荷において，最大血圧，最小血圧および脈拍共，冷え性群と非冷え性群との間には有意差が示されなかった。一方，下肢部における皮膚表面温度は，非冷え性群の方が冷え性群よりも高い傾向にあるという結果が得られた。

4) 冷え性自覚の有無を目的変数，腋下温，右足最大温度，右足最小温度，右足平均温度，左足最大温度，左足最小温度，左足平均温度の7要因を説明変数として解析を行った結果，相関比は0.6708となった。また，判別の中率は91.30%を示した。このため，冷え性の自覚の有無に関して，上述した7要因は，影響があると判明した。中でも，右足最小温度は影響が大きい結果を示した。

引 用 文 献

- 1) 久嶋勝司：冷え症の治療法，産婦人科治療，1966，69-85
- 2) 荒川恭子ほか，サーモグラフィによる冷水負荷試験の検討，埼玉県立衛生短期大学紀要，1996，15-19
- 3) 三浦友美他：青年期女性の「冷え」の自覚とその要因に関する研究，母性衛生，2001，784-789
- 4) 岡田睦美ほか：冷え性における冷水負荷サーモグラフィと循環器検診成績，生活習慣との関連，Biomedical Thermology，2005，44-50
- 5) 山田典子他：判別分析による若年女性の冷え性を識別する指標の選択，日本神経精神薬理学雑誌，2007，191-199
- 6) 楠 幹江：女子学生における冷え性関連要因の検討，安田女子大学紀要，2010，193-200
- 7) 楠 幹江：女子学生における冷え性の自覚と下肢皮膚温について，安田女子大学紀要，2012，253-257
- 8) 楠 幹江：冷え性群における下肢保温効果の特徴について，安田女子大学紀要，2013，335-341
- 9) 永江 学ほか：冷水負荷サーモグラフィ検査に関する検討，Biomedical Termology，1998，217-219

Summary

The purpose of the study was to examine the leg skin temperature by the step exercise. 23 healthy female students participated in experiment. They were divided into two groups by the self-recognition of “Hie-sho”. The main results obtained were as follows:

1. There were 11 female subjects with hie-sho, and 12 subjects without one.
2. The results of the discriminant analysis indicated that the value of correlation ratio was 0.2753 and the hitting ratio was 69.57%. The correlation was not in the relation between the self-recognition of “Hie-sho” and 5 factors (height, Basal metabolism, visceral fat level, muscular schoor, and body temperature under the side).
3. By the step exercise, the correlation was not in the relation between the self-recognition of “Hie-sho” and 3 factors (systolic blood pressure, diastolic blood pressure and pulse). There was no difference between the self-recognition of “Hie-sho” and the vital sign.
4. The results of the discriminant analysis indicated that the value of correlation ratio was 0.6078 and the hitting ratio was 91.30%. The correlation was in the relation between the self-recognition of “Hie-sho” and 7 factors (body temperature under the side, Max. temperature in the right and left foot, Mean. temperature in the right and left foot, and Min. temperature in the right and left foot). Especially Min. temperatures in the right foot might be effective as an indicator on the self-recognition of hie-sho.

[2013. 9. 26 受理]