

末梢冷却刺激の体温調節反応ならびに心臓血管反応 に及ぼす影響

藤島, 和孝
九州大学健康科学センター

藤野, 武彦
九州大学健康科学センター

宇都宮, 弘子
九州大学健康科学センター

西山, スガ
九州大学教養部

他

<https://doi.org/10.15017/344>

出版情報：健康科学. 2, pp.17-24, 1980-03-30. 九州大学健康科学センター
バージョン：published
権利関係：



末梢冷却刺激の体温調節反応ならびに心臓血管反応に及ぼす影響

藤 島 和 孝* 藤 野 武 彦*
宇都宮 弘 子* 西 山 ス ガ**
武 谷 淳*

Effects of Local Cooling on Thermoregulatory and Cardiovascular Responses in Young Adult Male

Kazutaka FUJISHIMA* Takehiko FUJINO*
Hiroko UTSUNOMIYA* Suga NISHIYAMA**
and Yo TAKEYA*

The purpose of this study was to observe the response to local cooling in male subjects. The response to local cooling was estimated by the cold pressor test ($5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ for 1 minute) in control ($n=7$), border line hypertension ($n=12$), and hypertension ($n=10$) groups. Skin temperature, core (tympanic and oral) temperature, heart rate and blood pressure were measured before, during and after the test.

The results were summarised as follows :

1. During local cooling, falls of the temperature of fore- and middle-fingers and increases of the systolic and diastolic blood pressure were induced in three groups. However, there were not obvious changes in heart rate and core temperature.
2. Heart rate of hypertension groups during and after the test was statistically higher than that of normal ones.
3. Recovery time of skin temperature after the cold pressor test in border line hypertension and hypertension groups had a tendency to delay compared with that of normal ones.

(Journal of Health Science, Kyushu University, 2 : 17~23, 1980)

はじめに

生体における末梢冷却刺激と心臓血管反応については、LeBlanc らを中心とした一連の報告がある^{1) 2) 13) 14) 15) 16)}。すなわち、末梢冷却刺激は、自律神経系の活性を促進し、その結果は、心臓血管反応として血圧および心拍数で観察できる。さらに Benzinger³⁾

によると、末梢冷却刺激に伴う皮膚血管収縮および中枢性温度支配は、体温調節反応としての末梢皮膚温ならびに鼓膜温などに反映されると報告している。これらの反応は、人種、年齢、性および体力などによって種々の特徴がみられる。こうした中で、末梢冷却刺激と高血圧との関係については、古くから観察されており⁷⁾、本邦でも報告されている^{5) 9) 10) 17)}。しかし、体温調節反応の観点から検索した研究はほとんどみられない。そこで、本研究の目的は、血圧異常と末梢冷却刺激との関係について、体温、皮膚温、血圧および心拍数などの諸反応から比較検討することである。

* Institute of Health Science, Kyushu University Ropponmatsu, Fukuoka 810, Japan.

** College of General Education, Kyushu University.

方 法

1. 対象

対象とした被験者は、いずれも九大生（年令18~22才の男子）とした。被験者選定のため、対象者に血圧測定を3日間実施し、さらに末梢冷却負荷前での安静時の収縮期血圧を数回測定し、その結果、3日間および負荷前の収縮期血圧134mm Hg以下のものを正常群（N=7）、同136~148mm Hgのものを境界血圧群（N=12）、同150mm Hg以上のものを高血圧群（N=10）とした。これら3群の身体的特徴は表1に示すとおりである。

表1. 被験者の身体的特徴

対象群	N	年齢(才)	身長(cm)	体重(kg)
正常群	7	19.6 (1.4)	167.2 (6.1)	61.6 (9.9)
境界血圧群	12	18.3 (0.6)	169.8 (3.9)	64.3 (6.0)
高血圧群	10	19.0 (1.0)	168.4 (5.2)	64.4 (15.0)

数値は平均値、()は標準偏差

2. 測定方法

各群の被験者は、室温25.5℃(±1.6℃)、湿度73%(±1%)で30分間以上安静にした後、右手を冷却負荷(5±0.5℃の冷水中に手首まで1分間浸漬)した。

測定項目は、皮膚温として、直接冷却負荷した手の示指温および中指温、対照に前腕温と足(第2趾)、体温として鼓膜温および口温、さらに血圧および心拍数とした。

測定は、負荷前値と1分値を、負荷後は負荷終了30秒(血圧および心拍数は1分)後から30秒、その後は1分間隔で5回、それぞれ記録した。なお、冷却負荷中の皮膚温測定には、特殊な接着テープを用いて固定し、特に示指温および中指温の測定には白色ワセリンで防水して行なった。皮膚温および体温の測定には、多点式サーミスター(エラブ社製、Du3-S型)を用いた。血圧は左上腕で通常のマンセットを用いて測定し、心拍数は連続記録した心電図から算出した。

測定は、すべて昭和54年6月中旬から同7月下旬に実施した。

結 果

1. 正常群

正常群における実験結果は、表2に示すとおりである。

表2. 正常群における末梢皮膚(手)冷却負荷による反応

測定項目	体温(℃)		皮膚温(℃)				血圧(mmHg)		心拍数(拍/分)	
	鼓膜温	口腔温	示指温	中指温	前腕温	足(第2趾)温	収縮期圧	拡張期圧		
負荷前	36.9 (0.15)	37.0 (0.10)	32.0 (1.97)	32.5 (2.15)	33.7 (0.77)	27.3 (1.50)	127 (5.8)	59 (9.3)	72 (3.7)	
負荷中 (分)	0.5	36.9 (0.15)	37.0 (0.10)	17.5 (2.29)***	15.3 (2.04)***	33.5 (0.96)	27.3 (1.51)	137 (5.1)**	79 (11.2)**	73 (5.9)
	1	36.9 (0.15)	37.0 (0.10)	14.8 (1.91)***	13.1 (1.80)***	33.4 (0.98)	27.2 (1.52)	139 (8.6)*	71 (9.1)*	73 (8.9)
負荷後 (分)	0.5	36.8 (0.15)	37.0 (0.11)	18.8 (1.96)***	18.3 (1.37)***	33.6 (0.99)	27.3 (1.58)	—	—	—
	1	36.9 (0.16)	37.0 (0.12)	19.9 (2.03)***	19.3 (1.92)***	33.7 (0.83)	27.2 (1.44)	131 (4.7)	65 (8.9)	67 (4.7)
	2	36.9 (0.16)	37.0 (0.12)	22.8 (3.18)***	21.7 (2.92)***	33.5 (0.84)	27.1 (1.33)	127 (7.5)	66 (11.5)	65 (7.2)
	3	36.9 (0.17)	37.0 (0.12)	25.9 (4.75)*	24.9 (4.70)**	33.3 (0.86)	27.0 (1.27)	125 (5.8)	61 (8.5)	66 (4.4)*
	4	36.9 (0.17)	37.0 (0.10)	27.3 (4.87)*	26.4 (5.15)*	33.2 (0.82)	27.0 (1.29)	123 (4.7)	62 (7.5)	63 (3.9)**
5	36.9 (0.17)	37.0 (0.10)	28.3 (4.85)	27.6 (5.21)	33.1 (0.86)	27.0 (1.27)	125 (5.4)	63 (6.7)	65 (6.0)*	

数値は平均値、()は標準偏差

*P.<0.05, **P.<0.01, ***P.<0.001は負荷前値に対する有意差

表 3. 境界血圧群における末梢皮膚（手）冷却負荷による反応

測定項目	体温(°C)		皮膚温(°C)				血圧(mmHg)		心拍数 (拍/分)	
	鼓膜温	口腔温	示指温	中指温	前腕温	足(第2趾)温	収縮期圧	拡張期圧		
負荷前	37.0 (0.27)	37.1 (0.23)	31.3 (1.99)	32.2 (2.25)	34.1 (0.99)	27.3 (1.35)	141 (3.5)	62 (9.3)	80 (14.9)	
負荷中 (分)	0.5	37.0 (0.27)	37.1 (0.22)	17.5 (2.26)***	15.8 (2.19)***	34.0 (0.98)	27.2 (1.34)	151 (6.7)***	80 (11.0)***	84 (15.8)
	1	37.0 (0.27)	37.1 (0.22)	15.3 (2.41)***	13.4 (1.94)***	34.1 (0.98)	27.1 (1.31)	155 (9.0)***	73 (12.3)*	84 (12.2)
負荷後 (分)	0.5	37.0 (0.26)	37.1 (0.21)	19.1 (1.93)***	17.6 (2.17)***	34.0 (1.00)	27.1 (1.26)	—	—	—
	1	37.0 (0.27)	37.1 (0.20)	20.5 (1.88)***	19.2 (2.17)***	34.1 (0.98)	27.1 (1.26)	145 (8.5)	62 (6.8)	80 (14.5)
	2	37.0 (0.27)	37.1 (0.18)	22.9 (3.29)***	21.5 (3.33)***	34.1 (0.91)	27.0 (1.20)	140 (5.0)	60 (7.2)	76 (13.3)
	3	37.0 (0.27)	37.1 (0.17)	24.5 (3.86)***	22.9 (3.76)***	34.0 (0.89)	27.0 (1.18)	141 (5.6)	58 (10.0)	78 (10.1)
	4	37.0 (0.29)	37.1 (0.17)	25.4 (4.05)***	24.2 (4.02)***	34.0 (0.88)	26.9 (1.12)	141 (5.1)	58 (8.3)	77 (9.9)
5	37.0 (0.29)	37.1 (0.17)	26.1 (4.16)**	24.9 (4.66)***	34.0 (0.89)	26.9 (1.09)	140 (5.4)	59 (8.9)	76 (10.9)	

数値は平均値, () は標準偏差

*P. <0.05, **P. <0.01, ***P. <0.001 は負荷前値に対する有意差

表 4. 高血圧群における末梢皮膚（手）冷却負荷による反応

測定項目	体温(°C)		皮膚温(°C)				血圧(mmHg)		心拍数 (拍/分)	
	鼓膜温	口腔温	示指温	中指温	前腕温	足(第2趾)温	収縮期圧	拡張期圧		
負荷前	37.1 (0.21)	37.2 (0.25)	30.3 (1.66)	30.9 (2.28)	33.2 (1.61)	27.0 (1.19)	157 (8.0)	64 (14.5)	82 (12.5)	
負荷中 (分)	0.5	37.1 (0.21)	37.2 (0.25)	17.6 (3.13)***	16.3 (2.24)***	33.2 (1.49)	26.9 (1.22)	167 (11.9)	80 (20.7)	92 (13.2)
	1	37.1 (0.24)	37.2 (0.23)	15.7 (3.25)***	13.6 (2.23)***	33.1 (1.53)	26.9 (1.22)	168 (13.5)*	74 (16.9)	90 (9.2)
負荷後 (分)	0.5	37.1 (0.20)	37.2 (0.22)	18.8 (2.85)***	16.9 (2.05)***	33.1 (1.60)	26.8 (1.24)	—	—	—
	1	37.2 (0.21)	37.3 (0.24)	20.4 (2.58)***	18.6 (2.16)***	33.2 (1.68)	26.8 (1.18)	158 (9.4)	64 (15.5)	84 (11.6)
	2	37.2 (0.20)	37.2 (0.23)	22.2 (2.63)***	20.6 (2.84)***	33.1 (1.72)	26.7 (1.18)	155 (9.5)	65 (15.6)	82 (14.1)
	3	37.2 (0.20)	37.2 (0.23)	23.6 (2.63)***	21.9 (3.18)***	33.2 (1.67)	26.7 (1.15)	153 (8.3)	64 (16.2)	82 (13.5)
	4	37.2 (0.22)	37.2 (0.21)	24.5 (2.65)***	22.9 (3.42)***	33.1 (1.82)	26.7 (1.14)	156 (9.3)	64 (14.2)	83 (14.5)
5	37.2 (0.22)	37.2 (0.21)	25.2 (2.91)***	23.7 (3.72)***	33.1 (1.83)	26.6 (1.13)	155 (9.8)	66 (16.7)	81 (12.3)	

数値は平均値, () は標準偏差

*P. <0.05, **P. <0.01, ***P. <0.001 は負荷前値に対する有意差

る。

(1) 皮膚温および体温

冷却負荷終了時（負荷1分後）の示指温および中指温は、負荷前値 32.0°C および 32.5°C に比し、 14.8°C と 13.1°C にそれぞれ有意の下降を示した。負荷終了後は経時的に上昇したが、4分後まで負荷前値に比し有意に低かった。

冷却刺激を直接与えなかった前腕温、足温、鼓膜温および口腔温は、負荷前に比べて、負荷中、負荷後とも有意の差が認められなかった。

(2) 血圧

冷却負荷終了時（負荷1分後）の収縮期および拡張期血圧は、負荷前値 $127/59\text{mmHg}$ に比し $139/71\text{mmHg}$ に上昇し、それぞれ有意差があった。負荷終了後での収縮期および拡張期血圧は、終了1分後から負荷前値に回復した。

(3) 心拍数

冷却負荷終了時（負荷1分後）の心拍数は、負荷前値に比しほとんど変化がなく、負荷終了後は負荷前値に比べて経時的に減少傾向を示し、特に3分、4分および5分後は有意に減少した。

2. 境界血圧群

境界血圧群における実験結果は、表3に示すとおりである。

(1) 皮膚温および体温

冷却負荷終了時（負荷1分後）の示指温および中指温は、負荷前値 31.3°C および 32.2°C に比し、 15.3°C と 13.4°C にそれぞれ有意の下降を示した。負荷終了後は経時的に上昇したが、5分後でも負荷前に比し有意に低かった。

冷却負荷を直接与えなかった前腕温、足温、鼓膜温および口腔温には、負荷前に比べて、負荷中、負荷後とも有意の差が認められなかった。

(2) 血圧

冷却負荷終了時（負荷1分後）の収縮期および拡張期血圧は、負荷前値 $141/62\text{mmHg}$ に比し $155/73\text{mmHg}$ に上昇し、それぞれ有意差があった。負荷終了直後から、収縮期および拡張期血圧とも負荷前値に回復した。

(3) 心拍数

冷却負荷終了時（負荷1分後）および終了後の心拍数は、負荷前に比べてほとんど変化がみられなかった。

3. 高血圧群

高血圧群における実験結果は、表4に示すとおりで

ある。

(1) 皮膚温および体温

冷却負荷終了時（負荷1分後）の示指温および中指温は、負荷前値 30.3°C および 30.9°C に比し、 15.7°C と 13.6°C にそれぞれ有意の下降を示した。負荷終了後は経時的に上昇したが、5分後でも負荷前値に比し有意に低かった。

冷却負荷を直接与えなかった前腕温、足温、鼓膜温および口腔温には、負荷前に比べて、負荷中、負荷後とも有意の差がなかった。

(2) 血圧

冷却負荷終了時（負荷1分後）の収縮期および拡張期血圧は、負荷前値 $157/64\text{mmHg}$ に比し $168/74\text{mmHg}$ で、収縮期血圧は有意の上昇を示したが、拡張期血圧はデータのバラツキが大きく有意差が認められなかった。負荷終了直後から、収縮期および拡張期血圧とも負荷終了前値に回復した。

(3) 心拍数

冷却負荷終了時（負荷1分後）の心拍数は、負荷前値 82拍/分 に比し 90拍/分 で増加傾向を示したが、個体間のバラツキが大きく有意差は認められなかった。

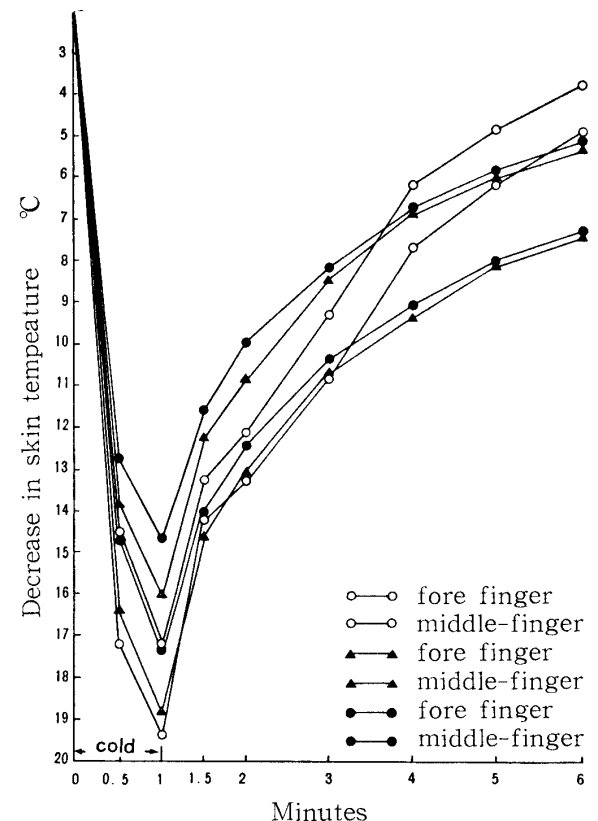


Fig. 1. Changes in skin temperature
open circles : normal subjects (n=7), triangles : border line hypertension subjects (n=12), closed circles : hypertension subjects (n=10).

負荷後では、負荷前値に比しほとんど変化がみられなかった。

4. 対象群間の比較

(1) 皮膚温および体温

冷却負荷前の示指温および中指温は、正常群が高血圧群に比べてそれぞれ高い傾向を示したが両者間に有意差はなかった。

正常群、境界血圧群および高血圧群における皮膚温の変動は、図1に示すとおりである。負荷中および負荷終了後の皮膚温の変動は、3群間に有意の差は認められなかったが、特に高血圧群、境界血圧群では、正常群に比べて、負荷終了3分以降の回復が遅延する傾向を示した。冷却負荷前の鼓膜温および口腔温は、高血圧群(37.1°Cおよび37.2°C)が正常群(36.9°Cおよび37.0°C)に比べて高体温の傾向を示したが両者間に有意差はなかった。

(2) 血圧

正常群、境界血圧群および高血圧群における収縮期

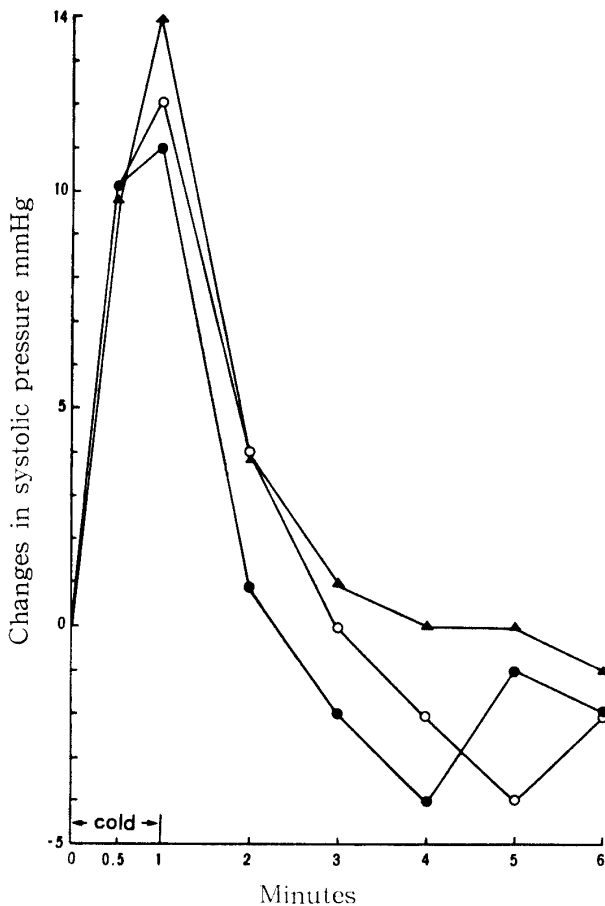


Fig.2. changes in systolic pressure in normal subjects (open circles, n=7), border line hypertension subjects (triangles, n=12) and hypertension subjects (closed circles, n=10).

血圧の変動は、図2に示すとおりである。負荷終了時(1分後)の収縮期血圧は、正常群139mmHg, 境界血圧群155mmHg, 高血圧群168mmHgであり、負荷前値に比し、いずれも平均11~14mmHg上昇し、その変動率には3群間に有意差がなかった。

(3) 心拍数

正常群、境界血圧群および高血圧群における心拍数の変動は、図3に示すとおりである。冷却負荷前の心拍数は、正常群72拍/分、境界血圧群80拍/分、高血圧群82拍/分であり3群間には有意差はなかった。負荷終了時(負荷1分後)では境界血圧群および高血圧群が正常群に比べてより多く増加し、特に高血圧群では有意の増加を示した。負荷終了後の心拍数は負荷前値に比べて、正常群では減少を認め、他の2群では前

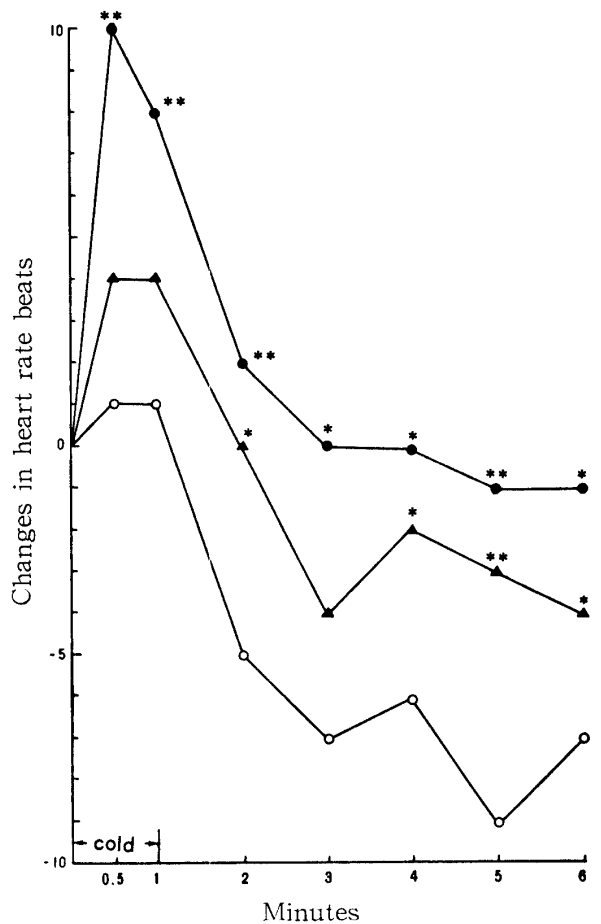


Fig.3. Changes in heart rate in normal subjects (open circles, n=7), border line hypertension subjects (triangles, n=12) and hypertension subjects (closed circles, n=10).

*p.<0.05, **p.<0.01 in comparison with normal subjects

値に近い値に推移した。負荷終了1分から5分後値で正常群に比し、境界血圧群および高血圧群が有意に高い値を示す結果が得られた。

考 察

LeBlanc らは、末梢皮膚(手)に冷却負荷(水温5℃, 2分間)を加えた場合、刺激部位の皮膚温下降、収縮期血圧の上昇および心拍数の増加を示すと報告した^{13) 14)}。本実験でも各対象群において、皮膚温の下降、収縮期および拡張期血圧の上昇を認めたが、心拍数の変動には有意差がみられなかった。さらにLeBlanc ら¹⁶⁾は同様の実験から、身体鍛練者では非鍛練者より収縮期血圧の上昇率が小さく、若年者は老年者より、また女子は男子より心拍数の増加率がそれぞれ大きいと報告した。本実験では、正常群に比し境界血圧群における冷却負荷による心拍数の増加、皮膚温回復の遅延傾向がみられた。このように、末梢皮膚冷却負荷は末梢血管収縮を誘起し、さらに心臓血管反応の変動にも影響を及ぼすことを示唆している。しかし、正常群と高血圧群間の冷却負荷に対する血圧上昇反応には、顕著な差がみられず、Heinesら⁷⁾の報告とは、必ずしも一致しなかった。末梢冷却刺激と心臓血管反応の機序については、中枢神経のノルアドレナリン代謝、末梢血管神経の感受性などに関連した中枢性あるいは末梢性のいずれの支配に起因しているのかは、まだ未決の問題であり、多くの論議を呼んでいる^{1) 2) 4) 5) 8) 13)}。これらの点については、体温調節反応の側面から検討することも必要であるが、本実験では、冷却負荷時間が短かく、十分な考察ができなかった。今回得られた高血圧群での高体温傾向は、先に報告⁶⁾した同様の結果と併せて血圧と体温との関連から興味ある現象である。

ま と め

正常群、境界血圧群および高血圧群を対象に、末梢冷却負荷(冷却水温: $5 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 刺激時間: 1分間)による実験から、次の結果を得た。

1. 3群とも負荷中の冷却部皮膚温の下降、収縮期および拡張期血圧の上昇を示した。心拍数および深部体温には、著明な変化はみられなかった。

2. 高血圧群の負荷中および負荷後の心拍数は、正常群に比し有意に高値を示した。

3. 境界血圧群および高血圧群の負荷終了3分~5分後の皮膚温回復は、正常群に比し遅延傾向を示した。

文 献

- 1) Adams, T. and E. J. Heberling : Effect of training on response to cold. *J. Appl. Physiol.* 13 : 226-230, 1958.
- 2) Baum, E., K., K. Brück and H. P. Schwennicke : Adaptive modifications in the thermoregulatory system of long-distance runners. *J. Appl. Physiol.* 40 : 404-410, 1976.
- 3) Benzinger, T. H. : Homeostasis of central temperature in man. *Physiol. Rev.* 49 : 672-759, 1969.
- 4) Frolkis, V. V., V. V. Bezrukov, Y. R. Duplenko, I. V. Schchegoleva, V. G. Shevtchuk and N. S. Verkhatsky : Acetylcholine metabolism and cholinergic regulation of functions aging. *Gerontologia*, 19 : 45-57, 1973.
- 5) 藤野武彦, 森田ケイ, 西山スガ, 伊規須英輝, 山口剛, 武谷溶 : 若年性、動揺性高血圧症への寒冷昇圧試験の応用. *健康科学*, 1 : 75-80, 1979.
- 6) 藤島和孝, 藤野武彦, 森田ケイ, 西山スガ, 伊東盛夫, 武谷溶 : 末梢皮膚温度刺激の循環動態に及ぼす影響. *健康科学*, 1 : 117-120, 1979.
- 7) Heines, E. A., and M. Rochester : The significance of vascular hyperreaction as measured by the cold-pressor test. *Am. Heart J.* 19 : 408-416, 1940.
- 8) Horvath, S. M., Radcliffe, B. K. Hutt and G. B. Spurr : Metabolic responses of old people to a cold environment. *J. Appl. Physiol.* 8 : 145-149, 1956.
- 9) 黒田善雄, 田中純二 : 学生にみられる高血圧に関する研究, 東京大学教養学部, 体育学紀要 46, 48-55, 1963.
- 10) 黒田善雄, 田村光子, 小山秀哉, 水野忠和 : 若年性高血圧の管理. 『東京大学教養学部体育学紀要』 46, 5, 61-72, 1970.
- 11) LeBlanc, J., A. Hildes and O. Heroux : Tolerance of Gaspé fishermen to cold water. *J. Appl. Physiol.* 15 : 1031-1035, 1960.
- 12) LeBlanc, J., M. Pouliot and S. Rhéaume : Thermal balance in Gaspé fishermen exposed to cold. *J. Appl. Physiol.* 19 : 9-13, 1964.
- 13) LeBlanc, J., S. Dualc, J. Côté and Girard : Autonomic nervous system and adaptation

- to cold in man. *J. Appl. Physiol.* 39 : 181-186, 1975.
- 14) LeBlanc, J., B. Blais, B. Barabé and J. Côté: Effects of temperature heart rate and sensation. *J. Appl. Physiol.* 40 : 127-131, 1976.
- 15) LeBlanc, J., M. Boulay, S. Dulac, M. Jobin, A. Labrie and S. Rousseau-Migneron : Metabolic and cardiovascular responses to norepinephrine in trained and nontrained human subjects. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 42 : 166-173, 1977..
- 16) LeBlanc, J., J. Côté, S. Dulac and Dulong-Turcot : Effects of age, sex and physical fitness on responses to local cooling. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 44 : 813-817, 1978.
- 17) 小川新吉：寒冷昇圧試験。筑波大学国民体力特別研究プロジェクト報告，第1報，71-76，1976.