定期的運動が寒冷血管反応に及ぼす効果

菅原正志* 平田文夫**

EFFECT OF REGULAR EXERCISE ON COLD-INDUCED VASODILATION

MASASHI SUGAHARA and FUMIO HIRATA

Abstract

Eighteen male college students who exercised regularly (the trained group) and 20 students who did not participate in regular exercise activities (the control group) were evaluated.

Cold-induced vasodilation (CIVD) and maximal oxygen intake ($\dot{V}O_{2max}$) for each student were measured in May for four consecutive years. In addition, the motor capacity test devised by the Ministry of Education was given to each student. CIVD and values of motor capacity obtained from the students are summarized as follows:

A. The motor capacity test consists of five items (motor skills). There was no significant difference in muscle strength between the trained group and the control group. The degrees of improvement in explosive power and endurance capacity over the three years were greater in the trained group. It was significant that the degree of improvement in the total scores for the motor capacity test over the three years was 21% in the trained group in contrast to only 8% in the control group. While $\dot{V}O_{2max}$ increased markedly in the trained group, it remained almost unchanged in the control group. The degree of improvement in $\dot{V}O_{2max}$ over the three years were 25% in the trained group and 8% in the control group. The values in the control group were almost the same as the physical fitness standards, but those of the trained group were higher than the standards.

B. Mean skin temperature and temperature at first rise in the trained group were higher throughout the three years than those in the control group. The time of temperature rise became shortened over three years in the trained group, but in contrast became rather longer in the control group. The range of variations in the amplitude of temperature was 9°C~13°C in the trained group and around 10°C in the control group. Resistance index (RI) of the trained group was higher in the first year; by the time the students became seniors, there was a 43% increase in RI. In contrast, RI in the control group was almost unchanged. The degree of improvement over the three years was 10% in the latter group.

C. The correlation coefficient of RI with scores from the motor capacity test was 0.499 in the trained group and 0.270 in the control group. The correlation coefficient for all the subjects was 0.605. The correlation coefficient of RI with $\dot{V}O_{2max}$ was 0.500 in the trained group, 0.160 in the control group and 0.623 in all the subjects. These values indicate that CIVD values and improvement in motor capacity are closely related, and that the interdependence of these two parameters is particularly strong in trained individuals.

These results indicate that the degree of CIVD is determined not only by genetic factors and chronic exposure to cold temperatures but also by physical training.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1993, 42 : 495~501)

key words : cold-induced vasodilation, regular exercise, resistance index, motor capacity, maximal oxygen intake

*長崎大学教養部保健体育
〒852 長崎市文教町1-14

**鹿屋体育大学スポーツ・
レクリエーション方法講座
〒891-23 鹿屋市白水町1

Department of Physical Fitness, Nagasaki University Faculty of Liberal
Arts, 1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki 852

Methodology of Sports and Recreation, National Institute of Fitness and
Sports in Kanoya, 1 Shiramizu, Kanoya, Kagoshima 891-23

I. 緒 言

寒冷血管反応 (cold-induced vasodilation, CIVD) は, Lewis¹²⁾ や Grant⁷⁾ らが血管の hunting reaction を見だして以来, 高橋²⁰⁾, 飯田¹⁰⁾, 平位⁸⁾, 吉村²⁴⁾, 中村¹⁶⁾ によって局所耐寒性指標としての有効性や測定法・評価法が確立された. また種々条件下における反応, すなわち職種による差異^{8, 13, 16)}, 性別・季節別・地域別差異^{2, 5, 9, 21, 22, 25)}, 運動鍛錬による反応の差異^{1, 14, 15, 22, 25)}などを明らかにした多くの研究がなされた.

菅原はこれまで運動との関連で, CIVD は運動歴と関係があり, 運動種目別の抗凍傷指数が Åstrand⁴⁾ の運動種目別最大酸素摂取量順位とよく一致した事¹⁸⁾, 運動開始1年後に CIVD に亢進が認められた事¹⁹⁾について報告し, 身体運動が局所耐寒性に対して有益である事を明らかにした. この一連の研究は, 一時点での横断的な研究や一年未満の短期間の観察結果であった. 運動は定期的に実施されてこそ身体への適応効果が発揮されるのであり, 運動の長期間継続時の CIVD と運動能力の関係と同時に, 運動を中断した事による両関係への影響を明らかにする事は意義がある. 本研究では, 4年にわたり CIVD 諸値と運動能力諸値を観察したので報告する.

II. 研究 方 法

被験者は健康な学生男子50名を抽出したが, 初年度より4年度まで毎年測定に参加した者は38名であり, 平均年齢18.6歳(初年度)であった. そのうち3年間運動部に所属し, 定期的に身体活動を実施した者は18名でありこれを運動群とした. また, 正課の体育以外に定期的(週2回以上)な身体活動を3年間実施しなかった者は20名であり, これを対照群とした. 初年度における運動経験年数の平均は, 運動群3.1年, 対照群1.6年であった.

体格, 文部省の運動能力テスト, すなわち50m走・走り幅跳び・ハンドボール投げ・懸垂・1500m持久走, そして5種目の合計得点, トレッドミルによる漸増負荷での最大酸素摂取量, CIVD の各観察は, 毎年5月に実施した.

CIVD テストは, 吉村法²⁴⁾で実施した. 観察は食後3時間後, 室温22~24℃の測定室に安静状態で1時間経過後実施した. 利き腕と反対側の中指末節背部に温度計サーミスタ (千野製作所 EH 3200) を装着し, 防水のために白色ワセリン (半井化学薬品) を塗布した後, 浸漬前値(5分間), 0℃氷水に浸漬中(30分間)そして指を引き上げた回復(10分間)の指皮温を30秒間隔で記録した. CIVD 諸値は, 室温にて安静状態での浸漬前指皮温 (temperature before water immersion, 以下 TBI), 次に指を浸漬させ降下する指皮温が最低に達し再上昇する時点の反応発現温度 (temperature at first rise, 以下 TFR) そして TFR までの反応発現時間 (time of temperature rise, 以下 TTR), 浸漬5分から30分までの25分間の平均指皮温 (mean skin temperature, 以下 MST) および浸漬中の最低指皮温と浸漬5分から30分までの間の最高指皮温との差, すなわち反応の大きさ (amplitude of temperature, 以下 AT) を求めた. これらの諸値から, 中村法¹⁷⁾による抗凍傷指数 (resistance index, 以下 RI) を求めた. すなわち中村らは¹⁷⁾ MST, TFR および TTR がいずれも TBI と相関する事から, TBI に対する MST, TFR, TTR の回帰線を5区分し各5点評点法を設定し3項目の合計を RI とした. 得られた全ての数値は, 各項目ごとに平均と標準偏差を算出し, 平均値間の検定は t 検定で行った.

III. 結 果

A. 体格・運動能力諸値の推移

体格・運動能力諸値の年次推移を, 表1に示した. 体格は3年間を通じ運動群, 対照群共に差はあるものの大きな変化は見られなかった. 運動能力諸値の初年度値は, 運動群が対照群よりも優れているが, これは観察開始年度以前の運動経験年数が運動群に多かったことによると見られる. 運動能力テストは, 筋力に両群有意差はないが瞬発力や持久力での初年度より3年後までの伸び率は, 明らかに運動群が高かった. 運動能力テスト5種目の合計得点の初年度に対する3年後の伸び率は, 運動群21%, 対照群8%で両群間に有意差

Table 1. Mean values of physique and motor capacity in trained (n=18) and control (n=20) group.

Subject	year	Characteristic									
		Body Height (cm)	Body Weight (kg)	Body Fat (%)	50m Run (sec.)	Long Jump (m)	Handball Throw (m)	Pull-ups (times)	1500m Run (sec.)	Exercise Capacity (points)	Maximal Oxygen Intake l/min. ml/kg·min.
Trained group	1 st-year	mean	171.71	56.14	11.56	7.41	4.57	29.6	9.7	329.2	50.0
		S.D	±5.16	±5.75	±2.09	±0.26	±0.40	±4.7	±3.0	±32.0	±2.81
	2 nd-year	mean	171.95	60.63	10.96	7.26	4.76	29.3	11.4	324.2	54.6
		S.D	±4.93	±5.56	±1.64	±0.31	±0.41	±3.9	±3.0	±29.6	±3.32
	3 rd-year	mean	172.07	61.47	12.17	7.06	4.74	30.9	12.0	311.2	60.2
		S.D	±4.87	±5.63	±1.79	±0.35	±0.35	±4.5	±4.0	±29.7	±3.50
	4 th-year	mean	172.13	61.38	11.30	7.01	4.92	30.1	11.7	312.9	57.49
		S.D	±4.69	±5.04	±2.20	±0.33	±0.42	±3.3	±2.7	±25.5	±3.52
Control group	1 st-year	mean	169.07	53.30	12.36	7.56	4.43	25.9	7.8	345.3	48.73
		S.D	±5.56	±4.77	±1.95	±0.40	±0.36	±3.2	±2.6	±21.5	±2.58
	2 nd-year	mean	169.64	57.39	11.92	7.30	4.60	26.5	8.9	352.1	49.28
		S.D	±5.29	±5.00	±1.59	±0.33	±0.35	±4.8	±2.6	±23.0	±2.81
	3 rd-year	mean	170.41	58.14	12.93	7.24	4.58	26.8	9.3	348.4	45.3
		S.D	±5.32	±5.59	±1.57	±0.29	±0.23	±4.4	±3.0	±25.8	±2.84
	4 th-year	mean	170.41	58.77	12.06	7.29	4.54	26.7	9.3	361.0	49.22
		S.D	±5.08	±5.04	±1.80	±0.29	±0.35	±4.2	±2.4	±32.7	±2.84

があった ($p<0.001$)。また最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$ max) は、運動群が顕著な増加をしているのに対し、対照群は横ばい状態を示していた。 $\dot{V}O_2$ max の3年後の伸び率は、運動群25%、対照群8%と両群間に有意差が認められた ($p<0.001$)。体重当たりの酸素摂取量では、両群の差はより明らかであった。

運動能力諸値を日本人の体力標準値²³⁾と比較すると項目により差異はあるが、運動群は標準値よりも瞬発力約3%、筋力約20%、持久力約17%高いのに対し、対照群は標準値並みであった。

B. CIVD 諸値の推移

CIVD 諸値の推移を表2に示した。MST は、3年間を通じて運動群が対照群よりも有意に高く、運動群は2年後に初年度と同レベルに低下したが、3年後には再び上昇し初年度に対して有意 ($p<0.001$) であった。また対照群は、横ばい状態からやや低下していた。TFR は、MST とほぼ同様の傾向であった。TTR は、運動群が3年間で短くなっているのに対し、対照群は逆に長くなっていた。AT の3年間の変動範囲は、運動群9℃～13℃に対し対照群10℃前後であり、運動群の範囲が大きかった。RI は初年度より運動群が有意に高く ($p<0.001$)、運動群が1年後に大きく増加し、その後緩やかに上昇して3年後には初年度より43%の有意 ($p<0.001$) な増加であった。一方対照群は、初年度以降横ばいで3年後の伸びは10%であった。

C. RI と運動能力諸値間の関係

観察した全ての年度の RI、 $\dot{V}O_2$ max と運動能力テスト値との相関係数を表3に示した。 $\dot{V}O_2$ max と運動能力テストとの間には、対照群のハンドボール投げを除いていずれも高い有意な関係であり、運動能力テスト5項目の合計得点との関係は、両群ともに相関係数0.7程度と高かった。RI と各運動能力テスト間では、運動群の方が関係は認められるが、係数そのものは両群ともに低かった。しかし RI と運動能力テスト合計得点との相関係数は、運動群0.499 ($p<0.001$) に対し、対照群0.270 ($p<0.05$) そして全体では0.605 ($p<0.001$) と比較的高かった。同様に RI と $\dot{V}O_2$ max の相関

Table 2. Mean values of cold-induced vasodilation in trained (n=18) and control (n=20) group.

Subject	year		Characteristic					
			TBI (°C)	MST (°C)	TFR (°C)	TTR (min.)	RI	AT (°C)
Trained group	1st-year	mean	33.44	12.20	5.51	7.03	8.9	13.06
		S.D	±1.74	±3.86	±5.62	±1.66	±3.2	±3.92
	2nd-year	mean	35.14	17.29	15.49	6.19	11.9	11.10
		S.D	±0.86	±4.42	±6.62	±1.44	±1.6	±5.23
	3rd-year	mean	31.63	11.93	7.51	7.28	11.8	9.32
		S.D	±3.67	±2.41	±4.39	±2.41	±2.3	±3.57
	4th-year	mean	32.42	13.90	10.42	6.39	12.7	12.56
		S.D	±2.74	±4.29	±6.67	±1.94	±2.6	±4.28
Control group	1st-year	mean	33.86	9.46	4.13	7.63	6.9	10.47
		S.D	±0.93	±2.72	±2.95	±1.18	±2.4	±3.68
	2nd-year	mean	34.49	9.60	6.90	7.13	7.7	11.09
		S.D	±0.95	±2.79	±4.02	±1.21	±2.1	±3.35
	3rd-year	mean	30.55	7.28	2.45	9.58	6.3	10.21
		S.D	±3.38	±2.23	±1.28	±1.60	±1.9	±4.05
	4th-year	mean	31.18	8.41	5.11	9.48	7.6	9.47
		S.D	±3.62	±3.33	±4.22	±2.31	±2.1	±3.47

TBI : Temperature before water immersion ; MST : Mean skin temperature (values during the first five minutes of water immersion are excluded) ; TFR : Temperature at first rise after water immersion ; TTR : Time of temperature rise after water immersion ; RI : Resistance index ; AT : Amplitude of temperature reaction.

Table 3. Correlation coefficients between resistance index (RI) and maximal oxygen intake ($\dot{V}O_{2max}$), and those between them and characteristics for moter capacity.

		N	50 m Run	Long Jump	Handball Throw	Pull-ups	1500 m Run	Exercise Capacity	$\dot{V}O_{2max}$. l/min.
RI	Trained group	72	-0.392***	0.379***	0.261*	0.294*	-0.203 ^{n.s.}	0.499***	0.500***
	Control group	80	-0.207 ^{n.s.}	0.182 ^{n.s.}	0.102 ^{n.s.}	0.220*	-0.257*	0.270*	0.160 ^{n.s.}
	Total	152	-0.373***	0.397***	0.387***	0.432***	-0.474***	0.605***	0.623***
$\dot{V}O_{2max}$. l/min.	Trained group	72	-0.517***	0.404***	0.410***	0.335**	-0.477***	0.720***	—
	Control group	80	-0.602***	0.450***	0.194 ^{n.s.}	0.622***	-0.532***	0.710***	—
	Total	152	-0.553***	0.485***	0.469***	0.549***	-0.642***	0.797***	—

^{n.s.} : no significant difference, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$

係数は, 運動群 0.500 ($p < 0.001$) に対し, 対照群 0.160 (N. S) そして全体では 0.623 ($p < 0.001$) であった.

IV. 考 察

菅原^{18,19)}はこれまで次の2点について報告してきた. 第1点は横断的観察として運動経験年数が長ければ抗凍傷指数(RI)が高く, 寒気暴露の機会が多い屋外の運動種目は屋内の運動種目に比べ寒

冷血管反応(CIVD)諸値も高かった. 第2点は運動経験年数の全くない者が運動を開始して1年間を追跡観察した結果, 運動鍛錬者のRIは1年後18%の亢進が認められたのに対し全く運動経験のない対照者は2%の亢進であった. この事実から, 身体の鍛錬が耐寒性に対して有益な効果となっているとした. 本報では対象集団を運動群と対照群とに分け縦断的観察を行ったが, 対照群の運動能力諸値は観察した3年間を通じて日本人の体

力標準値²³⁾とほぼ同値であった事は、比較的長期に及ぶ観察のため体力の劣る者は途中で脱落し、体力に自信のある者が最後まで参加した事によると思われる。

観察開始年度以前すなわち初年度における運動経験年数と RI の相関係数は、全体で $r=0.518$ ($p<0.001$)、その内訳は運動群 $r=0.441$ 、対照群 $r=0.444$ であり、すでに初年度の時点より両関係が存在していた。このことは観察開始年度（初年度）における運動群の運動経験年数平均は 3.1 ± 0.8 年で、その時点の RI 平均は 8.9 ± 3.2 、同じく対照群のうち13名は運動経験者であり彼らの経験年数平均は 2.4 ± 1.0 年、RI 平均は 7.6 ± 2.0 、また対照群の7名は全く運動経験がなく彼らの RI の平均は 5.4 ± 2.6 であった事による。また運動群の RI は初年度以降亢進したのに対し、対照群は横ばいの推移であった。そして対照群のうち運動経験者であった群の RI は1年後 8.5 ± 1.7 、2年後 6.2 ± 2.0 、3年後 7.9 ± 1.9 、また運動経験のなかった群は1年後 6.1 ± 2.1 、2年後 6.6 ± 1.8 、3年後 7.0 ± 2.3 であり、運動が継続的に実施された状態

での局所耐寒性の能力は維持・亢進されるが、運動が中断または中止された状態より2年経過後は運動経験のない群とほぼ同じレベルにあった。運動を中断したことによる CIVD への変化は、TTR と MST に最も表れていた。この事は寒冷に指を暴露すると末梢血管抵抗が増加し、毛細血管血流量が減少することとは逆に CIVD により側路血流量が増し指皮温を上昇させるのであるが、その反応が発現するまでの時間と上昇した指皮温を高く維持させる効果は運動の実施状況と関連があることを物語っている。

運動を継続的に実施して行く過程での CIVD 諸値への効果は、TFR に良く表れていた。すなわち TFR 平均値の初年度より各年への変化の程度は、運動群1年後 $+10.0^{\circ}\text{C}$ 、2年後 $+2.0^{\circ}\text{C}$ 、3年後 $+4.9^{\circ}\text{C}$ 、対照群1年後 $+2.8^{\circ}\text{C}$ 、2年後 -1.7°C 、3年後 $+1.0^{\circ}\text{C}$ であり、手指の冷却に伴う hunting 反応温度が運動群に高くなっていた。何れにしても MST, TFR, TTR の総合評価としての RI の亢進が運動群に高かった事は、Andersen ら³⁾ や Chin ら⁶⁾ が指摘するように常習的なトレーニング

Fig. 1. Relation between maximal oxygen intake ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) and resistance index in trained group and control group.
(1:1st year 2:2nd year 3:3rd year 4:4th year).

グは耐寒性を高めると同時に、寒冷馴化に対しても有利に働いていると推測できる。

図1に、RI と $\dot{V}O_2\text{max}$ の各観察年の平均値を矢印で結んで示した。運動群の RI の亢進と $\dot{V}O_2\text{max}$ との伸びは、1年後に最も大きく以降は徐々に増加していた。一方対照群は両値が1年後に若干伸びたものの、以降 $\dot{V}O_2\text{max}$ の増加は見られず、RI も1年後の値を越える事がなかった。

Chin ら⁶⁾は動物実験の結果、運動により耐寒性が高まる事を認め、その理由としてカテコールアミンの作用が心拍出血量の増加、酸素摂取能力の促進、内臓器官への血流量の増加や骨格筋血管収縮作用の抑制として表れる結果、熱産生の促進に効果があるとしている。本観察では、血液中のカテコールアミン定量はしなかったが、Krog ら¹¹⁾の報告で hunting reaction は局所の耐寒性を知る場合、他の血液測定値よりも効果があると指摘している事から $\dot{V}O_2\text{max}$ の向上は寒冷下での代謝の増進、いわゆる熱産生を促すと考えられる。

V. ま と め

本研究は、定期的に運動を実施している運動群18名とほとんど運動を実施しない対照群20名の男子学生について、毎年5月に1回、4年にわたり同一人の寒冷血管反応(CIVD)と運動能力諸値すなわち文部省の運動能力テスト、最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\text{max}$)を観察した。CIVDと運動能力諸値について検討した結果、次のようにまとめられた。

A. 運動能力テストは、筋力に運動群、対照群差はないが、瞬発力や持久力での初年度より3年後までの伸び率は、運動群が高かった。同様に運動能力テスト5種目の合計得点の伸び率は、運動群21%、対照群8%で両群間に有意差があった。また、 $\dot{V}O_2\text{max}$ は運動群が顕著な増加をしたのに対し、対照群は横ばい状態であった。 $\dot{V}O_2\text{max}$ の3年後の伸び率は、運動群25%、対照群8%と両群間に差があった。運動能力諸値を日本人の体力標準値と比較すると、運動群は標準値よりも高いのに対し対照群は標準であった。

B. MST は、3年間を通じて運動群が対照群よりも高かった。TFR は、MST とほぼ同様の傾

向であった。TTR は、運動群が3年間で短くなっているのに対し対照群は逆に長くなっていた。AT の3年間の変動範囲は、運動群9℃～13℃に対し対照群10℃前後であった。RI は初年度より運動群が高く、3年後には初年度より43%の増加が見られた。一方対照群は、初年度以降横ばいで3年後の伸びは10%であった。

C. 3年間の RI と運動能力テスト合計得点との相関係数は、運動群0.499、対照群0.270そして全体では0.605であった。同様に RI と $\dot{V}O_2\text{max}$ の相関係数は、運動群0.500、対照群0.160、全体0.623であった。CIVD 値の亢進と運動能力の向上とは、密接な関係が認められた。そして、その関係は運動群が対照群に比べ明らかに強かった。

以上の結果、CIVD は遺伝的なものや慢性的寒冷暴露等の要因に加え、さらに身体運動によってその強さが決定されることを示した。

本論文の要旨は、第46回日本体力医学会総会(金沢、1991)において発表した。

(受付 平成5年4月21日)

文 献

- 1) Adams, T. and Heberling, E. J. (1958) : Human Physiological response to a standardized cold stress as modified by physical fitness. *J. Appl. Physiol.*, **13**, 226-230.
- 2) 赤松 隆, 井上範江, 古見耕一, 平良 勉, 湯川幸一, 平田文夫, 池鯉鮒治明, 池田高士, 石原結実 (1979) : 沖縄在住者の局所寒冷血管反応の検討. *日衛誌*, **34**(2), 399-406.
- 3) Andersen, K. L. (1966) : Metabolic and circulatory aspects of tolerance to cold as affected by physical training. *Fed. Proc.*, **25**, 1351-1356.
- 4) Åstrand, P-O/本田良行他訳(1979) : 運動生理が教える健康への知恵. 真興交易医書, 82, 東京.
- 5) 東 隆暢(1980) : 手冷水浸漬が指尖皮膚温ならびに寒冷痛におよぼす影響の季節変動に関する研究. *産業医学*, **22**, 24-39.
- 6) Chin, A. K., Seaman, R. and Kapileshwarker, M. (1973) : Plasma catecholamine response to exercise and cold adaptation. *J. Appl. Physiol.*, **34**,

- 409-412.
- 7) Grant, R. T. and Bland, E. F. (1931) : Observations on arteriovenous anastomoses in human skin and in bird's foot with special reference to the reaction to cold. *Heart*, **15**, 385-411.
- 8) 平位喜七郎, 井上太郎, 吉村寿人(1968) : 寒冷血管反応による局所耐寒性測定法に関する吟味ならびに海女の寒冷血管反応. *日本生理誌*, **30**, 12-21.
- 9) Hirai, K., Horvath, S. M. and Weinstein, V. (1970) : Differences in the vascular hunting reaction between Caucasians and Japanese. *Angiology*, **21**, 502-510.
- 10) 飯田敏行(1949) : 寒冷血管反応に関する研究 (第1報) 寒冷血管反応の生理的意義に就いて. *日本生理誌*, **11**, 73-78.
- 11) Krog, J., Folkon, B., Fox, R. H. and Anderson, K. L. (1960) : Hand circulation in the cold of Lapps and North Norwegian fishermen. *J. Appl. Physiol.*, **15**, 654-658.
- 12) Lewis, T. (1930) : Observations upon the reactions of the vessels of the human skin to cold. *Heart*, **15**, 177-208.
- 13) LeBlanc, J., Hildes, J. A. and Héroux, O. (1960) : Tolerance of Gaspe fisherman to cold water. *J. Appl. Physiol.*, **15**, 1031-1034.
- 14) Livingstone, S. D. (1976) : Change in cold-induced vasodilation during Arctic exercises. *J. Appl. Physiol.*, **40**, 455-457.
- 15) 森谷 潔(1981) : 運動鍛練者の局所寒冷反応. *日生氣誌*, **18**(3), 16.
- 16) 中村 正, 渡辺 孟, 菅原和夫, 槌本六良, 桑野紘一, 山口洋一, 深堀英彦(1972) : 寒冷血管反応による局所耐寒性の評価法の新しい試み. *長崎医学誌*, **47**, 180-187.
- 17) 中村 正, 野原 博, 槌本六良, 菅原正志, 菅原和夫(1977) : 指の寒冷血管反応の新たな評価法. *日衛誌*, **32**(1), 268.
- 18) 菅原正志, 中村 正, 平田文夫, 野口正憲(1982) : 身体運動が寒冷血管反応成績に及ぼす影響. *体力科学*, **31**(3), 163-171.
- 19) 菅原正志, 中村 正(1983) : 運動鍛練と寒冷血管反応. *体力科学*, **32**(1), 1-7.
- 20) 高橋史郎(1943) : 指趾皮膚血管に於ける寒冷血管反応の習慣による増進. *日本生理誌*, **8**, 461-482.
- 21) Tanaka, M. (1971) : Experimental studies on human reaction to cold, Differences in the vascular hunting reaction to cold according to sex, season, and environmental temperature. *Bull. Tokyo med. and Dent. Univer.*, **18**, 269-280.
- 22) Tanaka, M. (1972) : Experimental studies on human reaction to cold, With reference to difference between males and females. *Bull. Tokyo med. and Dent. Univer.*, **19**, 1-18.
- 23) 東京都立大学体育学研究室編(1989) : 日本人の体力標準値第4版. 不味堂, 東京.
- 24) Yoshimura, H. and Iida, T. (1950) : Studies on the reactivity of skin vessels on extreme cold. Part I. A point test on the resistance against frost bite. *Jpn. J. Physiol.*, **1**, 147-159.
- 25) Yoshimura, H. and Iida, T. (1952) : Studies on the reactivity of skin vessels on extreme cold. Part II. Factors governing the individual difference of the reactivity, or the resistance against frost bite. *Jpn. J. Physiol.*, **2**, 177-185.