

# 視力障害者に対する有酸素的 トレーニングの影響

福岡大学	進藤宗洋
(共同研究者) 同	田中宏暁
同	志波和美
佐賀医科大学	熊谷秋三
愛媛大学	吉武裕
福岡市民体育館	安西清美
同	田村稔
福岡市博多保健所	生田純男

## Effect of physical training at 50% $\dot{V}O_2$ max for 60 minutes in totally blind students

by

Munehiro Shindo, Hiroaki Tanaka, Kazumi Shiwa

*University of Fukuoka*

Syuzo Kumagai

*Saga Medical School*

Yutaka Yoshitake

*Ehime University*

Minoru Tamura, Kiyomi Yasunishi

*Fukuoka Civic Gymnasium*

Sumio Ikuta,

*Hakata Health Center*

### ABSTRACT

Ten totally blind students, 16 to 22 years of age ( $\bar{x}=17.7$ ) were trained on bicycle ergometer exercise at a lower intensity, which corresponded to 48.4% of maximal oxygen uptake ( $\dot{V}O_2$  max) and 127 beats/min or

65.6% of maximal heart rate, respectively. Training was undertaken 3 times per week and was maintained 60 minutes per session. Submaximal and maximal ergometer exercise were made before and after 6 weeks' training. After training, mean value of aerobic work capacity, i.e.,  $\dot{V}O_2 \max$ ,  $\dot{V}O_2 \max/wt$ , and maximal minute ventilation increased significantly by 18.0%, 18.4%, and 14%, respectively. Significant increase were also noted in  $PWC_{120}$  (42.5%),  $PWC_{150}$  (31.9%), and  $PWC_{170}$  (26.3%). Maximal heart rate, however, did not change. Measurement of agility of lower extremity, i.e., knee reaction time, stepping, and maximal pedalling speed were not improved. In anthropometric variable, significant reduction showed in waist of skinfold thickness, but other parts of that and body weight were not change. Physical and psychic symptom determined by Cornell Medical Index (CMI) were improved on all subject after physical training. A significant correlation was observed between improvement of  $\dot{V}O_2 \max$  and initial level of  $\dot{V}O_2 \max$  (namely,  $r = -0.59$ ;  $p < 0.001$ ), when the data of this study and our previous studies were added. From these results, exercise prescription in this study was concluded to be available stimulus to improve aerobic work capacity and the physical or psychic symptom determined by CMI in totally blind students.

## 緒 言

これまで、有酸素的作業能の改善のための運動処方基礎的資料を得る目的で、運動の質と量を規定し、そのトレーニング効果を検討した報告が数多くなされてきた<sup>20)</sup>。それらの報告によれば、トレーニング効果の程度は、特に運動強度への依存性が高いことが明らかにされてきた。しかしながら、持続時間に関しては、比較的短時間のものが多く、運動強度に比べて十分な検討がなされていないようである。

著者らは、従来、持続時間に着目し、50%  $\dot{V}O_2 \max$  の強度で60分間持続する自転車エルゴメータ運動を週3回、10週間実施するトレーニングにより<sup>29~31)</sup>、種々の生理的適応(有酸素的作業能力の向上、皮脂厚の減少、調整力の改善など)を

もたらすことを報告してきた。

さらに、体力の初期水準の高い青年男子を対象に<sup>32)</sup>、頻度を週3回群と5回群に区分してトレーニングを行った結果、後者にのみ  $\dot{V}O_2 \max$  の改善を認め、トレーニング頻度の違いによるトレーニング効果の差異を明らかにしている。

そして、週3回群に  $\dot{V}O_2 \max$  の改善が認められなかったのは、彼らの初期水準が高かったためと考察した。

同じ報告の中で、Shindo ら<sup>32)</sup>は、これまでの研究成果を総括して、トレーニング前の初期水準( $\dot{V}O_2 \max/wt$  で 35—55ml/kg/min の範囲)と  $\dot{V}O_2 \max/wt$  の改善率との間には、統計的に有意な負の相関関係のあること ( $r = -0.503$ ;  $p < 0.01$ )、および本トレーニング条件で  $\dot{V}O_2 \max$  の改善が期待される初期水準の上限値は、約45

ml/kg/minであることを認めている。

しかし、初期水準の低い ( $\dot{V}O_2 \text{ max/wt } 35\text{ml/kg/min}$  以下) 被検者を対象とした場合、同一のトレーニング条件で、 $\dot{V}O_2 \text{ max}$  にどの程度の改善が得られるかは明らかでない。

Lamm<sup>17)</sup>は、初期水準が低いことに関連して、盲人は生活の様式が一定であり、しかも、日常生活において低い身体活動水準であるという理由により、理想的な被検者群であることを指摘している。

そこで本研究では、 $\dot{V}O_2 \text{ max}$  の初期水準が低いことが予備テストにおいて確認された先天性の全盲生徒を対象に、トレーニングを実施すること

にした。そして、初期水準の低い全盲生徒に対する50%  $\dot{V}O_2 \text{ max} \cdot 60$ 分間トレーニングの影響を検討するとともに、これまで本研究室で得られた、同一トレーニング条件での  $\dot{V}O_2 \text{ max/wt}$  の改善率と初期水準との関連性を究明した。

## 研究 方 法

### 1. 被 検 者

16~22歳 ( $\bar{x}=17.7$ ) の先天性の全盲生徒10名であり、そのうち2名 (S.N.W.I.) は、規則的な身体活動 (陸上競技) を実施していた。被検者のトレーニング前の身体的特徴は、表1に示したとおりである。

表1 Physical characteristics of subjects prior to training.

	Age (Years)	Height (cm)	Weight (kg)	$\dot{V}O_2 \text{ max/wt}$ (ml/kg.min)	$\dot{V}O_2 \text{ max}$ (l/min)
Mean	17.7	160.6	61.7	32.6	1.97
Range	16—22	155—167	45—90	25—44	1.41—2.56

### 2. トレーニングプログラム

トレーニングには自転車エルゴメータを用い、 $48.4 \pm 4.7\% \dot{V}O_2 \text{ max}$ ,  $65.6 \pm 3.8\% \text{ HR max}$  に相当する強度を週に3回、6週間実施した。

### 3. トレーニング効果の判定

トレーニング効果の判定に採用した測定項目は、以上のとおりである。

#### (1) 最大下作業能と $\dot{V}O_2 \text{ max}$ の測定

最大下テストは、50rpmのスピードで定常状態の心拍数 (HR) が、120~140拍/分、140~150拍/分、150~170拍/分になるような3種の作業強度を個人別に選択し、それぞれの負荷での3~4分間のHRを求め、 $PWC_{120,150,170}$ を算出した。

$\dot{V}O_2 \text{ max}$  の測定は、最大下テストに引き続き、回転数を60rpmに増加させ、HRと回転数の監視装置を見ながら1分ごとに負荷を漸増し、ほぼ最高心拍数 (HR max) に近似した状態で2分間

努力させ、exhaustionに至らせた。

呼気ガスの採気には、ダグラスバック法を用いた。なお、呼気ガスの分析には、ベックマン社製E-2 (O<sub>2</sub>分析用) とLB-1 (CO<sub>2</sub>分析用) 呼気ガス分析器を用いた。

E-2, LB-1は、あらかじめショランダー微量ガス分析器で校正しておいた。

#### (2) 無酸素的パワーの測定

猪飼<sup>12)</sup>の提案した最大無酸素的パワーを、自転車エルゴメータを用いて測定した。

#### (3) 筋力の測定

筋力の測定には、大腿伸展力<sup>28)</sup>、自転車踏力<sup>29)</sup>を採用し、検出器にはロードセルを用いた。

#### (4) スピードの調整系の測定

大腿反応時間と最大ペダリングスピードおよびステッピングを採用した。

(5) 形態測定

身長・体重および皮下脂肪厚（腹部・膝上部，腸骨上部，上腕背部，肩甲骨下部）を測定した。

(6) Cornel Medical Index (C.M.I) 健康調査

この調査を，個人のトレーニング経過に伴う身体的，精神的自覚症の改善をみる指標として採用し，トレーニングの前期，中期，後期に口頭による質問形式で調査した。

4. 終日の心拍数連続測定

トレーニング時以外の日常の身体活動水準の生理的強度を調べるために，本被検者1名を対象に24時間の連続測定を行った。

測定には，カセットテープ型のホルターレコーダを用い，同時にタイムスタディーも行った。

研究結果

1. 有酸素的作業能力に関する測度の変化

(表2, 3, 図1)

$\dot{V}O_2 \max$  は1名(SN)に変化が認められなかったが，平均値では1.97l/min から2.32l/minへと，18.4%の有意な増加を示した ( $p < 0.005$ )。

単位体重当りの  $\dot{V}O_2 \max$  ( $\dot{V}O_2 \max / wt$ ) は，32.6 ml/kg/min から 38.2 ml/kg/min へと，18.0%の有意な増加が認められた ( $p < 0.005$ )。

表2 Training effect of aerobic work capacity.

Subj.	$\dot{V}O_2 \max / wt$		$\Delta \%$	$\dot{V}O_2 \max$		$\Delta \%$	HR max		$\Delta \%$	$\dot{V}E \max$		$\Delta \%$
	Pre (ml/kg.min)	Post		Pre (l/min)	Post		Pre (beats/min)	Post		Pre (l/min)	Post	
Y.T.	29.5	35.3	19.7	2.19	2.60	19.1	196	198	1.0	58.5	64.7	10.6
T.S.	35.4	47.4	33.9	2.19	3.05	39.4	207	201	-2.9	80.1	109.0	36.0
I.O.	24.8	28.9	16.5	1.88	2.20	17.0	189	186	-1.6	51.9	59.8	15.2
K.M.	34.9	41.3	18.3	1.86	2.18	17.5	189	197	4.2	60.2	67.1	11.5
I.H.	31.8	38.2	20.1	1.86	2.29	23.2	168	185	10.1	51.2	53.8	5.1
H.E.	25.9	31.2	20.5	1.59	1.83	15.4	197	199	1.1	62.6	79.4	21.8
W.I.	39.9	45.5	13.8	1.83	2.11	14.9	202	203	0.5	81.1	73.7	-9.0
S.N.	44.0	43.6	-0.9	2.30	2.29	-0.5	194	199	2.6	45.8	58.4	27.5
I.S.	28.8	31.0	7.6	2.56	2.74	7.0	196	201	2.6	86.4	85.0	-2.0
Y.K.	30.6	39.8	30.1	1.41	1.85	31.2	196	186	-5.1	51.9	63.9	23.1
Mean	32.6	38.2	18.0	1.97	2.32	18.4	193	196	1.2	63.0	71.5	14.0
S.D.	6.1	6.4	10.0	0.34	0.39	11.3	10	7	4.2	14.4	16.3	13.0

表3 PWC<sub>120,150,170</sub> of pre and post training

Parameters	work load		$\Delta \%$	P
	pre kpm/min	post		
PWC 120	234 (141)	342 (96)	42.5 (23.7)	**
PWC 150	477 (147)	618 (123)	31.9 (11.0)	****
PWC 170	642 (174)	801 (153)	26.3 (7.6)	***

Value are means. (S.D.)  
 Pre : pre-training value  
 Post : post-training value  
 $\Delta$  : displacement ratio  
 (\*\*):  $p < 0.025$ ,  
 (\*\*\*):  $p < 0.01$ ,  
 (\*\*\*\*):  $p < 0.005$

		Increasing rate (%)				P
		-10	0	10	20	
VO <sub>2</sub> max				[Bar chart showing increase from 0 to ~18%]		****
VO <sub>2</sub> max/wt				[Bar chart showing increase from 0 to ~18%]		****
HRmax				[Bar chart showing small increase from 0 to ~2%]		-
VEmax				[Bar chart showing increase from 0 to ~15%]		*
PWC120				[Bar chart showing increase from 0 to 42.5%]		**
PWC150				[Bar chart showing increase from 0 to 31.9%]		****
PWC170				[Bar chart showing increase from 0 to 26.3%]		***
Reaction time (Knee extention)	R			[Bar chart showing small increase from 0 to ~2%]		-
	L			[Bar chart showing small increase from 0 to ~2%]		-
Stepping	R.L			[Bar chart showing increase from 0 to ~5%]		-
Pedalling speed max				[Bar chart showing increase from 0 to ~5%]		-
Pedalling strength	R			[Bar chart showing increase from 0 to ~5%]		-
	L			[Bar chart showing increase from 0 to ~8%]		-
Knee extention	R			[Bar chart showing increase from 0 to ~5%]		-
	L			[Bar chart showing increase from 0 to ~8%]		-
Skinfold	upper arm			[Bar chart showing small increase from 0 to ~1%]		-
	scapula			[Bar chart showing small increase from 0 to ~1%]		-
	umblicus			[Bar chart showing small increase from 0 to ~1%]		-
	waist			[Bar chart showing increase from 0 to ~5%]		*
	knee			[Bar chart showing small increase from 0 to ~1%]		-
Body height				[Bar chart showing no change]		-
Body weight				[Bar chart showing no change]		-

图1 Pre-and post-test differences of measured variables.  
 (-) : p>0.05, (\*) : p<0.05, (\*\*) : p<0.025,  
 (\*\*\*)p<0.01, (\*\*\*\*) : p<0.005

また、最大換気量にも、14.0%の有意な増加が認められた ( $p < 0.05$ ).

しかし、HR max には有意な変化は認められなかった。

最大下作業能の指標である  $PWC_{120, 150, 170}$  には、それぞれ 42.5% ( $p < 0.025$ ), 31.9% ( $p < 0.005$ ), 26.3% ( $p < 0.01$ ) と、統計的に有意な増加が認められた。

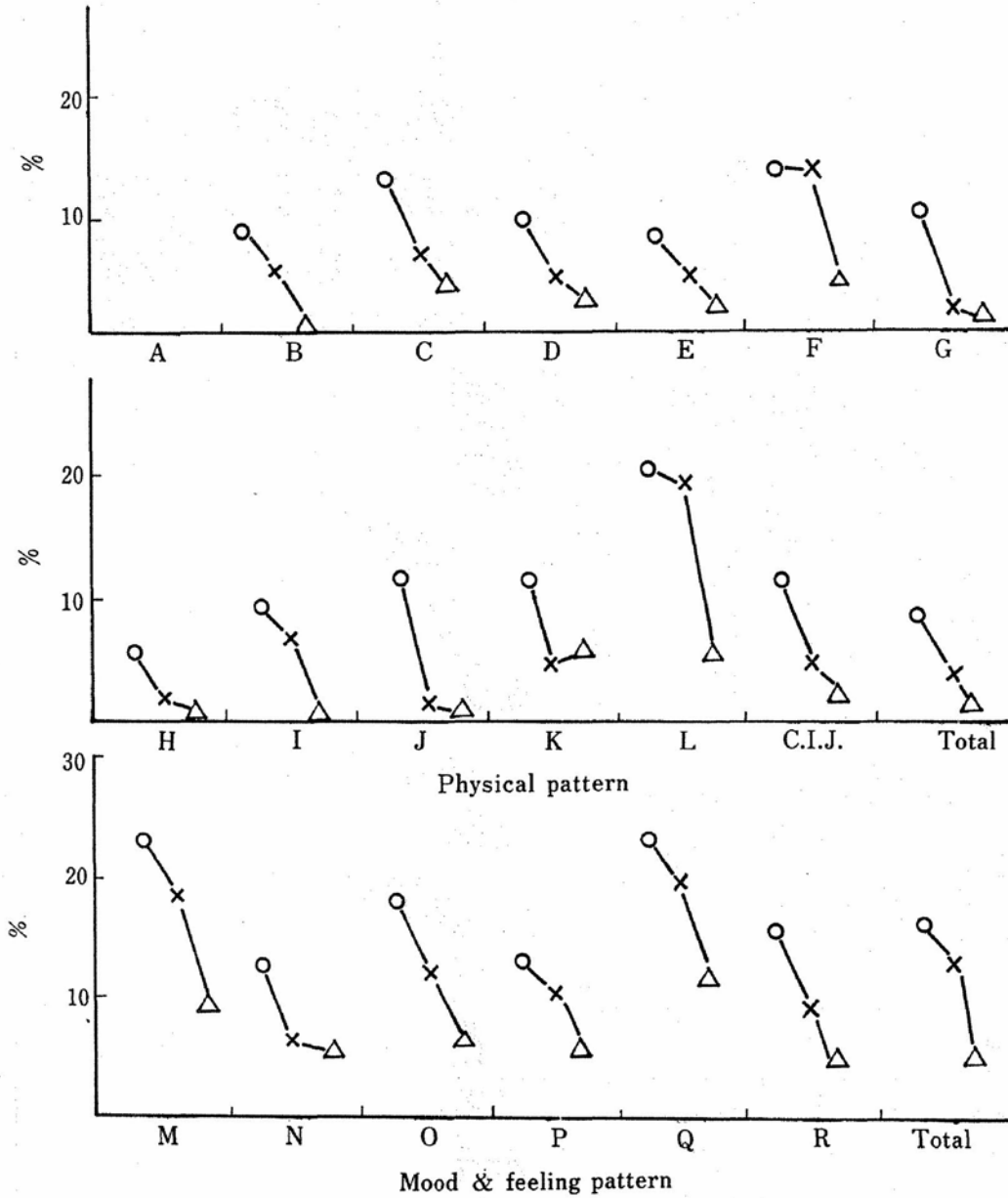


図2 Changes of Cornell Medical Index (CMI) with Physical training.

○ : Before    × : During    △ : After

- |                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| A : Eyes and ears               | J : Frequency of Illness   |
| B : Respiration and circulation | K : Miscellaneous diseases |
| C : Cardiovascular system       | L : Habit                  |
| D : Digestive tract             | M : Inadequacy             |
| E : Musculoskeletal system      | N : Depression             |
| F : Skin                        | O : Anxiety                |
| G : Nervous system              | P : Sensitivity            |
| H : Gemitourinary system        | Q : Anger                  |
| I : Fatigability                | R : Fention                |

2. 筋力およびスピードの調整系に関する  
測度の変化 (図1)

筋力の測度である自転車踏力, 大腿伸展力および下肢のスピードの調整系の測度である最大ペダリングスピード, 大腿反応時間, ステッピングには, トレーニングによる効果は認められなかった。

3. 形態 (図1) および CMI 健康調査の  
変化 (図2)

形態では, 腹側部の皮脂厚にのみ有意な減少が認められた。

CMI 健康調査のトレーニングに伴う変化を図2に示している。

トレーニングに伴い, 身体的 (A から Total) および精神的 (M以下) な不定愁訴の双方に改善が認められた。特に, 身体的な自覚症で呼吸循環

系および疲労に関する不定愁訴を呈するものは, トレーニング後に1名も認められなかった。

考 察

本トレーニングプログラムによる全盲生徒の有酸素的作業能は, 本研究室における過去のトレーニング効果<sup>29~31)</sup>に比べて, 大きな改善率が認められたが, 形態面および調整力に関する測度には, 有意な変化は認められなかった。

本研究の被検者はすべて先天性の全盲者であり, トレーニング前の  $\dot{V}O_2 \text{ max/wt}$  は  $32.6 \text{ ml/kg/min}$  であった。この値は, 日本人の同一年齢正眼者の値<sup>16,18)</sup>と比較すると, 20~30%低い体力水準であることが認められた。

また, Cumming<sup>4)</sup>らの報告した13-17歳の視覚障害者 (全盲者ではない) の  $44.6 \text{ ml/kg/min}$

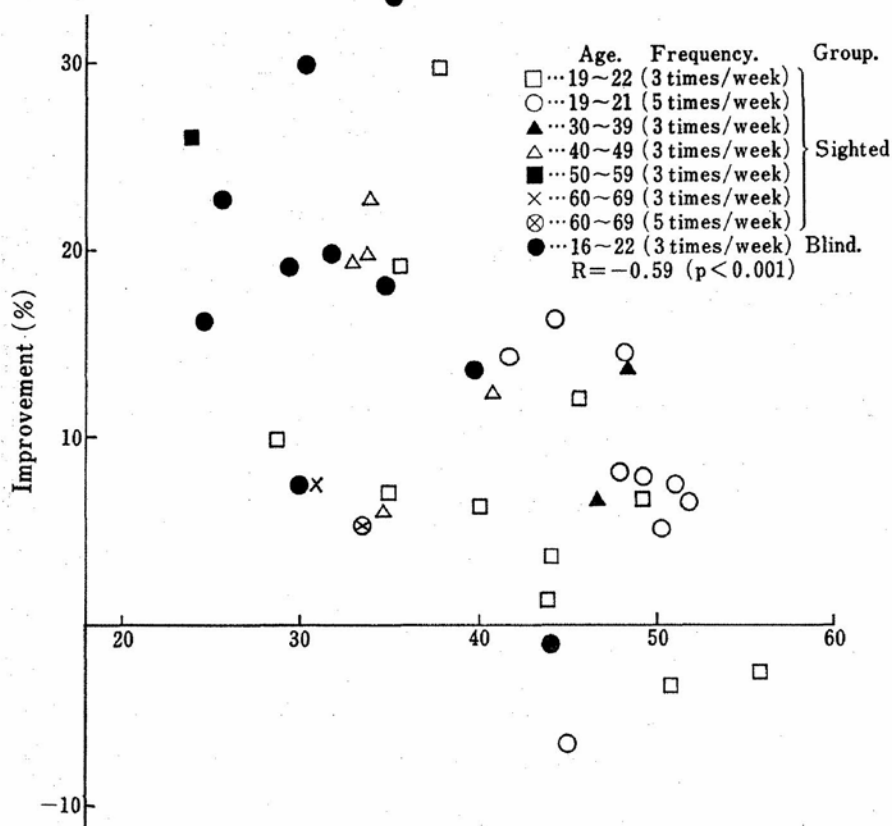


図3 Initial  $\dot{V}O_2 \text{ max/wt}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )  
Individual improvement in  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  in relation to initial  
level with training program at 50%  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  for 60 min.

と比べても、本研究に参加した全盲者の  $\dot{V}O_2$  max/wt は低いことが明らかとなった。

本トレーニングプログラムによって、 $\dot{V}O_2$  max および  $\dot{V}O_2$  max/wt には、それぞれ 18.4%、18.0% の有意な増加が認められた。

すでに進藤らは、中高年男子<sup>29)</sup>、成人女子<sup>31)</sup> および中高年女子<sup>30)</sup> を対象に、本トレーニング条件より 4 週間 (12 回) 長いトレーニングによって、 $\dot{V}O_2$  max/wt に、平均値でそれぞれ 16.4%、12.4%、11.6% の改善率がみられたことを報告している。

これまで、トレーニング効果に影響を及ぼす因子として、トレーニング条件 (強度・時間、頻度) 以外に、トレーニング前の体力の初期水準を指摘している報告が行われてきた。

そこで、本研究室で得られた同一の処方内容でのトレーニングの結果をもとに、体力の初期水準と  $\dot{V}O_2$  max/wt の改善率との関係を調べた結果、両者の間には有意な負の相関関係 ( $r = -0.59$ ,  $p < 0.001$ ) が認められた (図 3)。

この結果は、Saltin ら<sup>25)</sup> および Sharkey<sup>26)</sup> の研究結果と一致するものであった。

この事実は、本トレーニング条件による  $\dot{V}O_2$  max の改善の程度は、トレーニング前の  $\dot{V}O_2$  max の初期水準に強く依存していることを示している。つまり、本研究において全盲生徒に認められた約 18% の  $\dot{V}O_2$  max の増加の主要因としては、彼らのトレーニング前の初期水準の低さが考えられる。

しかし、初期水準が 44.0 ml/kg/min と高値を示した S.N. は、トレーニング後に改善は認められなかった。この原因は、本トレーニング条件で  $\dot{V}O_2$  max/wt の改善が期待される初期水準の値は、約 45.0 ml/kg/min 以内であることを報告している Shindo ら<sup>32)</sup> の研究結果をもとに説明できそうである。

ところで、本研究における  $\dot{V}O_2$  max の増加

は、HR max に有意な変化は認められなかったことから、動静脈酸素較差か、1 回拍出量 (SV) の増加によるものと考えられる。

今回のトレーニングのように若者を対象とした場合、Ekblom ら<sup>7)</sup> や Saltin ら<sup>25)</sup> が報告しているように、双方の要因が関与していることが推定される。

Holloszy と Booth<sup>11)</sup> は、 $\dot{V}O_2$  max の増加の約 50% は最大心拍出量 ( $Q$  max) の増加で、残りの 50% は、作業筋による酸素の extraction の増加によって説明されるとしている。

前者に関しては、とくに作業筋への最大血流量 (ml/kg/min) はトレーニングによって不変であることから、 $Q$  max の増加は、個々の細胞へより多くの酸素を運搬するためというよりは、より多くの作業筋へ酸素を運搬するために生じること、また、後者の見解に至った理由としては、 $\dot{V}O_2$  max と筋の respiratory capacity との間には有意な相関関係のあることを指摘している。

さらに Clausen<sup>2)</sup> は、 $\dot{V}O_2$  max のトレーニング効果のメカニズムについて、心血管系からの考察を加えている。

つまり、トレーニング後に  $\dot{V}O_2$  max の増加に伴い  $Q$  max も増加するが、動脈血の平均血圧は変化しないことから、 $\dot{V}O_2$  max の増加の要因として、全末梢血管抵抗の減少を指摘している。

また、Clausen<sup>2)</sup> は、Kilbom と Åstrand<sup>15)</sup> によって報告されている、坐業がちな人の最大運動時の全末梢血管抵抗 ( $Q$  max = 11.5 l/min, 平均血圧 164 mmHg) は Ekblom と Hermansen によって報告されている競技者のそれ ( $Q$  max = 36 l/min 平均血圧 = 116 mmHg) に比べて約 4.5 倍高いことも指摘している。

つまり、持久性トレーニングは、血流に対する血管抵抗の減少といった末梢での適応にも貢献していることを明らかにしている。

したがって、本研究で得られた  $\dot{V}O_2$  max 増加



の要因は、心血管系の構造、機能の改善および筋の酸化的代謝能の増加といった、中枢および末梢での適応の双方によってもたらされたものと考えられた。

最大下作業能の指標である  $PWC_{120,150,170}$  は、トレーニングにより有意な増加を示し、この結果は、他の研究結果<sup>19,33,1)</sup>と一致するものだった。

とくに、青木ら<sup>1)</sup>は、青年男子を対象にして、トレーニング後に  $PWC_{170}$  の有意な増加と、その時の血中乳酸の有意な減少を認めている。

その他の研究においても、トレーニングされた人には、非トレーニング者に比べて、最大下作業中の血中および筋中の乳酸濃度は低いことが報告されて<sup>3,7,22,24,36)</sup>いる。

近年、Davis ら<sup>5)</sup>は、Anaerobic threshold 以上の負荷でのトレーニングによって有酸素的に遂行できる作業量は、代謝性アシドーシスのために酸素解離曲線の右への移行のために、トレーニング後に有意に増加することを報告している。

また、一定の最大下作業中の RQ は、持久性トレーニングに適応している人の方が、非トレーニング者に比べて低いことも報告されている。

つまり、この事実は、トレーニングされた人々は、一定の最大下作業中のエネルギーを、糖質からよりも、脂肪酸の酸化からより多く得ていることを意味しているものと考えられる<sup>9,13,14,24)</sup>。

したがって、本研究における最大下作業時の作業量の増加の原因は、トレーニング後の脂質酸化増大に伴う無気的な解糖の抑制といったメカニズム<sup>8,10)</sup>によって説明できそうである。

CMI 健康調査による身体的および精神的不定愁訴は、トレーニングを継続することによって、すべての項目に改善が認められた(図2)。

本研究と同様、全盲者(中高年)を対象として持久性トレーニングを行った Siegel ら<sup>33)</sup>の研究によれば、トレーニング後に呼吸循環機能の改善とともに、ミネソタ多面人格テストにも有意な改

善が認められたことを報告している。

また、Stanford<sup>34)</sup>は、ステップ運動による持久性トレーニングが視覚障害者に与える影響として、1) 体力の向上、2) 心疾患の予防、3) 中途失明者の動きに伴う不安状態の軽減、といった効果が期待されることを報告している。

以上の結果からも理解できるように、本研究における全盲生徒の持久性トレーニングは、単に呼吸循環機能の改善といった Physical resources の増大ばかりでなく、身体的および精神的な不定愁訴の軽減といった、自律神経機能の改善にとっても有効であることが明らかとなった。

さらに本研究では、本トレーニングのトレーニング刺激として有効性を、トレーニング以外の身体活動水準と比較をするために、1名ではあるが、24時間の心拍数連続測定タイムスタディーを実施した。

その結果、トレーニング中の心拍水準および持続時間を上回る活動は認められなかったことから、本トレーニング条件の有効性が確認された。

## ま と め

先天性の全盲生徒10名(16-22歳)を対象に、自転車エルゴメータを用い、50%  $\dot{V}O_2$  max の強度で60分間の運動を週3回、6週間行った。

最大下および最大運動時の作業能に有意な変化が認められた。スピードの調整系の測度、筋力、形態には有意な変化は認められなかった。

CMI 健康調査によれば、身体的および精神的な不定愁訴に関するすべての項目に改善が認められた。

以上の結果から、本トレーニングプログラムは、全盲生徒の有酸素的作業能力の向上、および不定愁訴の改善にとって有効な刺激であったと結論された。

さらに、従来の本研究室での報告と本研究での結果をあわせて検討した結果、トレーニング後の

$\dot{V}O_2$  max の改善率とトレーニング前の  $\dot{V}O_2$  max の初期水準との間には、有意な負の相関関係 ( $r = -0.59$ ,  $p < 0.001$ ) が認められた。

#### 文 献

- 1) 青木純一郎, 高岡郁生, 前嶋 孝; 最大酸素摂取量の80%および65%トレーニングの Performance, 最大酸素摂取量, 血中乳酸濃度および心拍数に及ぼす効果, 体育科学, **1**: 81—91 (1973)
- 2) Clausen, J.J.; Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man, *Physiol. Rev.* **57**: 779—815 (1977)
- 3) Cobb, L.A., W.P. Johnson; Hemodynamic relationships of anaerobic metabolism and plasma free fatty acids during prolonged, strenuous exercise in trained and untrained subjects, *J. Clin. Invest.*, **42**: 800—810 (1963)
- 4) Cumming, G.R., D. Goulding., G. Bagglely; Working capacity of deaf, and visually and mentally handicapped children, *Arch. Disease in Children.* **46**: 490—494 (1971)
- 5) Davis, J.A., M.H. Frank., B.J. Whipp., K. Wasserman; Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men, *J. Appl. Physiol. Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **46**: 1039—1046 (1979)
- 6) Ekblom, B., L. Hermansen; Cardiac output in athletes. *J. Appl. Physiol.*, **25**: 251—256 (1973)
- 7) Ekblom, B., P.O. Astrand., B. Saltin., J. Stenberg., B. Wallström; Effect of training on circulatory response to exercise, *J. Appl. Physiol.*, **24**(4): 518—528 (1968)
- 8) Fredholm, B.B. Fat mobilization and blood lactate concentration. In “Muscle metabolism during exercise.” Edited by Pernow, B., and B. Saltin; *Plenum Press*, New York, pp 249—255 (1971)
- 9) Hermansen, L., E. Hultman, B. Saltin; Muscle glycogen during prolonged severe exercise, *Acta Physiol. Scand.*, **72**: 129—137 (1967)
- 10) Hickson, R.C., M.J. Rennie., R.K. Conlee., W.W. Winder., J.O. Holloszy; Effect of increased plasma fatty acids on glycogen utilization and endurance, *J. Appl. Physiol.*, **43**:

- 829—833 (1977)
- 11) Holloszy, J.O., F.W. Booth; Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle, *Anna. Rev. Physiol.*, **38**: 273—291 (1976)
- 12) 猪飼道夫; 日本人の作業能に関する研究, JIBPHA Working Capacity 班昭和45年度研究報告, 1—21 (1970)
- 13) Issekutz, B. Jr., H.I. Miller, K. Rodahl; Lipid and carbohydrate metabolism during exercise, *Fed. Proc.*, **25**: 1415—1420 (1966)
- 14) Karlsson, J., L.-O. Nordesjö, B. Saltin; Muscle glycogen utilization during exercise after physical training, *Acta. Physiol. Scand.* **90**: 210—217 (1974)
- 15) Kilbom, A., I. Åstrand; Physical training with submaximal intensities in women II. Effect on cardiac output, *Scand. J. Clin. Invest.*, **28**: 163—175 (1971)
- 16) 北川 薫, 猪飼道夫; 青少年期に於ける最大酸素摂取量と形態との関連性, 体育学研究, **17**: 159—166 (1972)
- 17) Lamm, G. Discussion; In “Physical Activity and The Heart” Edited by Karvonen, M.J., A.J. Barry; Springfield, Illinois Charles C Thomas, Publisher, pp 248 (1967)
- 18) Miyamura, M., Y. Honda; Maximum cardiac output related at sex and age, *Jap. J. Physiol.*, **23**: 645—656, 1973
- 19) 小川新吉, 古田善伯, 小原達郎, 徳山薫平; なわ跳び運動が中高年者の有酸素的作業能に及ぼす影響について, 体育科学, **3**: 68—75 (1975)
- 20) Pollock, M.L.; The quantification of endurance training programs. In “Exercise and Sports Science Reviews I.” Edited by Wilmore, J.H.; *Academic Press*, 155—188 (1973)
- 21) Saltin, B., G. Blogvist, J.H. Mitchell, R.L. Johnson, JR., K. Wildental, C.B. Chapman; Response to exercise after bed rest and after training. A longitudinal study of adaptive-changes in oxygen transport and body composition, *Circulation*, **37 & 38**: Suppl. 7: 1—78 (1968)
- 22) Saltin, B., J. Henriksson., E. Nygaard. P. Andersen., E. Jansson; Fiber type and metabolic potentials of skeletal muscles in seden-

- tary man and endurance runners, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **301** : 3—29 (1977)
- 23) Saltin, B., J. Karlsson; Muscle ATP, CP, and lactate during exercise after conditioning. In "Muscle metabolism during exercise" Edited by Pernow, B., B. Saltin; *Plenum Press*, New York, pp 395—399 (1971)
- 24) Saltin, B., J. Karlsson, Muscle glycogen utilization during work of different intensities. In "Muscle metabolism during exercise. Edited by Pernow, B., B. Saltin; *Plenum Press*, New York, pp 289—299 (1971)
- 25) Saltin, B., L.H. Hartley, A. Kilbom., I. Åstrand; Physical training in sedentary middle-aged and older men, II Oxygen uptake, heart rate and blood lactate concentration at submaximal and maximal exercise. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, **24** : 323—334 (1969)
- 26) Sharkey, B.J.; Intensity and duration of training and the development of cardiorespiratory endurance. *Med. Sci. Sports*, **2** : 197—202 (1970)
- 27) Shephard, R.J., Intensity, duration, and frequency of exercise as determinant of response to a training regime. *Int. Z. Angew. Physiol.*, **26** : 272—278 (1968)
- 28) 進藤宗洋, 田中宏暁, 藤川宣純, 津山 剛; 筑紫山脈系三瀬村住民の体力, 作業能の研究——第1報三瀬村三瀬中学校生徒について——. 福岡大学体育研究, **1** : 145—179 (1971)
- 29) 進藤宗洋, 田中暁, 小原史郎, 徳山郁夫; 中高年者の自転車エルゴメータによる 50%  $\dot{V}O_2$  max 強度の 60分間トレーニング, 体育科学, **2** : 139—152 (1974)
- 30) 進藤宗洋, 田中宏暁, 松本謹吾, 小原 繁; 中高年婦人への自転車エルゴメータによる 50%  $\dot{V}O_2$  max 強度の 60分間トレーニング効果, 体育科学, **4** : 77—88 (1976)
- 31) 進藤宗洋, 田中宏暁, 小原 繁; 自転車運動による 50%  $\dot{V}O_2$  max, 60分間トレーニングが成人女子に及ぼす影響, 体育科学, **3** : 58—67 (1975)
- 32) Shindo, M., H. Tanaka., Y. Yoshitake; Effect of training at 50%  $\dot{V}O_2$  max for 60 minutes in inactive college men. *Rep. Res. Cent. Phys. Ed.* **5** : 39—49 (1977)
- 33) Siegel, W., G. Blomqvist, J.H. Mitchell; Effect of quantitated physical training program on middle-aged sedentary men, *Circulation*, **XLI** : 19—29 (1970)
- 34) Stanford, B.A.; The new outlook; Cardiovascular endurance training for blind persons, *J. Visually Impairment and Blindness*, Sept., 308—311 (1975)
- 35) 田中宏暁, 進藤宗洋, 吉村典道, 吉武 裕; 盲学校生徒の体力・作業能, 日本体育学会第27回大会号, p. 193 (1976)
- 36) Willisms, C.G., C.H. Wyndham, M.J.E. Von Rahdem; Effect of training on maximum oxygen intake and on anaerobic metabolism in man, *Int. z. angew. Physiol. einsch. Arbeitsphysiol.*, **24** : 18—23 (1967)