

精神遅滞者の走行トレーニングの 有氣的作業能に及ぼす影響に関する研究

浅野 勝己・熊谷 秋三*・長友 睦美**
松坂 晃・平木場 浩二・加藤 晋一***

Effect of Running Training Prescription on Aerobic Work Capacity in Young Mentally Retarded Persons.

Katsumi ASANO, Shuzo KUMAGAI,* Mutsumi NAGATOMO,**
Akira MATSUZAKA, Kouji HIRAKOBA and Shinichi KATO***

The purpose of this study is to know the effect of running training on the aerobic work capacity and the potential capacity of physical activity for mental and physical development in young mentally retarded persons. The mentally retarded subjects were 8 male aged 16.9 to 25.1 years, average 20.8 years with IQ scores ranging from 33-67 on the standard Binet tests with a mean of 51.4.

The 5 min. maximum ground running was conducted on 5 days per week for a period of 11 weeks. The mean heart rate during the running showed approximately 185 beats/min.

The submaximal aerobic work capacity test by bicycle ergometer (50 rpm) and the maximal test by ground running were administered before and after the 11 weeks running training prescription.

It included the submaximal oxygen intake, heart rate, stroke volume and $PWC_{130,150,170}$ by ergometry, and the maximal oxygen intake, heart rate and the maximal running distance for 5 min. by ground running test.

- 1) PWC_{130} and PWC_{150} increased significantly by 19.5% and 10.7%, respectively after training.
- 2) Submaximal stroke volume and cardiac output showed a tendency of increase after training.
- 3) Maximal oxygen intake and maximal oxygen intake per body weight increased significantly by 11.9% and 12.1%, respectively.
- 4) Maximal running distance for 5 min. increased significantly by 8.9% after training.
- 5) Maximal oxygen pulse increased significantly by 11.7% after training.
- 6) Although there is no significant correlation between IQ and maximal oxygen intake per body weight ($\dot{V}O_2 \text{ max/kg}$), maximal running distance for 5min., the close relationship between IQ and $\Delta \dot{V}O_2 \text{ max}$ (ml/kg/min), $\Delta \text{Distance}$ (m) after 11 weeks training could be found.

From these results, it may be concluded that the 11 weeks ground running training prescription for mentally retarded male persons significantly increased both running performance and aerobic work capacity. Furthermore, it might be suggested that regular physical activity in mentally retarded persons has a favourable influence for development of psycho-physiological aspects in daily

life.

I はじめに

従来、精神遅滞者 (mentally retarded person, 以下 MRP) の体格については草野²⁵⁾, 大庭³³⁾, および Yoshizawa ら⁴³⁾が, 筋力については草野²⁷⁾, 大庭³⁰⁾が, 持久性については Bar-Or ら¹⁰⁾ Coleman ら¹¹⁾, Cumming ら¹²⁾, Kusano²⁸⁾, 野村²⁹⁾, 吉沢⁴²⁾, および Yoshizawa ら⁴³⁾が, さらに平衡機能については草野²⁶⁾, 富山大学研究班³⁷⁾により研究され, 一般にこれらの諸項目の値は一般人に比較して低値を示し, しかもその差は年令と共に増大する傾向にあることが報告されている。この事実は MRP の日常および社会生活への適応の面で何らかの支障をもたらすことを示唆している。

筋力や持久性などの体力水準の低位にあることと知能および情緒性の低位もしくは障害を一般特性とする MRP は, とくに就職などにさいし, その適応性および労働能力の適否という深刻な問題に直面している²⁷⁾。

元来, MRP のこのような遅滞の原因としては, 主に遺伝的あるいは病理的要因が考えられるほか, 精神遅滞の二次的の結果としての日常生活における運動刺激の質的および量的不足が関与しているという体力的要因も挙げることができよう。従って MRP のこのような低体力水準や運動不足状態に対し, 社会復帰ならびに健康の維持増進を目途とした何らかの対策が講じられねばなるまい。

そこで本研究はとくに全身持久性に注目し MRP に走行トレーニングを一定期間にわたり運動処方し, その有氣的作業能に及ぼす影響を明らかにすることにより, MRP の有氣的作業能の被訓練性 (trainability) を確認し, さらに身体運動の心理的側面への改善可能性を検討しようとするものである。

II 方法

1. 被検者

茨城県立愛友学園に在籍する平均年令 20.8 才 (16.9~25.1才) の男子 8 人で, IQ は平均 51.4 (33~67) を示す者である。その年令, IQ, 身長

Table 1. Physical and mental characteristics of subjects.

Subject (male)	Age (yrs.)	IQ	Height (cm)	Weight (kg)
T _a .N	16.9	46	169.5	49.0
T _o .N	18.3	50	163.6	55.5
K. H	19.2	54	158.7	51.5
Y. S	20.3	55	170.3	62.5
Y. T	20.5	33	157.7	58.5
S. I	21.2	67	164.1	66.5
H. S	24.9	53	158.2	56.0
T. H	25.1	53	158.1	54.0
Mean	20.8	51.4	165.2	56.7
S. D.	2.9	9.6	5.2	5.7

および体重の個人別値は表 1 に示した。なお IQ は鈴木ビネー式知能検査法により測定された学園の資料によった。

2. トレーニング処方

基本的な全身運動であるグラウンド上の走行運動を用い, その運動時間は MRP が集中力の持続が困難である²⁶⁾点を考慮し, さらにトレーニング効果の期待し得る最短の時間である 5 分間¹⁶⁾¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾³⁴⁾⁴⁰⁾⁴²⁾とした。また 5 分間のトレーニングで効果を期待し得る運動強度は, 70% $\dot{V}O_2$ max 以上とされている²⁰⁾²¹⁾けれども, MRP の場合には一定強度を持続して実施することが事実上困難であるため, 毎回全力を尽して走行するように指導した。つぎに頻度は雨天日と学園行事を除く毎日を原則とし平均一週当たり 5 日間 (4.9±0.7 回/週) であり, 期間は 5 月中旬より 8 月上旬に至る 11 週間であった。トレーニングの総回数は平均 53.4±7.4 回 (39~59 回) を示した。なおトレーニングの時期は原則として毎朝朝食前の 6 時 30 分頃に体育教師の指導のもとに実施した。

3. トレーニング前後の呼吸循環機能

(1) 安静時:

医学検査としてトレーニング前後に安静時の血圧および心電図を仰臥位にて測定し, さらに座位安静時の心拍数, 呼吸数, O₂摂取量, 一回拍出量を計測した。

(2) 最大下運動時:

Monark 製自転車エルゴメーターを用い, 50 rpm でメトロノームに合わせてペダリングさせ最初 3 分間のウォーミングアップの後, 各自相応

(ウォーミングアップ時の心拍数より推定)の4分間毎の3種類の負荷漸増による12分間の最大下運動を実施した。この3種類の各負荷時の最後の一分間にダグラスバッグ法によるO₂摂取量測定、心拍数、呼吸数さらに一回拍出量測定を実施した。一回拍出量(stroke volume; SV)の測定にはIFM社製 Impedance Cardiograph: Model 400を用い、被検者の頸部および上腹部の全周に各一对(各間隔3cm)計4本とアルミ箔電極を貼布し電極の内側2~3間のimpedance変化(dz/dt微分波形)を、第3肋間胸骨左縁上の心音計による心音図および心電図と共にpaper speed 100mm/secにて同時記録した。

SVの算出にはKubicekら²⁴⁾の以下の式を用いた。 $SV = \rho \cdot (L/Z_0)^2 \cdot (dz/dt)_{\min} \cdot T$

ρ : 血液比抵抗値(135 $\Omega \cdot \text{cm}$)

L: 頸部と上腹部に貼布したアルミ箔電極2~3間の前胸壁面上および脊柱上の平均距離(cm)

Z₀: 平均impedance値(Ω)

(dz/dt)_{min}: dz/dt微分波形陰性極値(Ω/sec)

T: 駆出時間(sec), dz/dt微分波形が基線を横切る点から陽性極値(X点)もしくは心音図の第II音大動脈成分の開始期までの時間。

なお測定にさいし安定した波形を得るために半呼吸位にて2~5秒間止息させた。またこの間の連続6心拍時dz/dtより平均値を求めSVを算出した。本インピーダンス法によるSV算出の信頼性については、すでにKubicekら²⁴⁾, Denniston¹³⁾, Asanoら²⁾および菊地²²⁾による色素稀釈法との校正実験から高い相関が報告されている。

最大下運動にさいし、MRPは元来テンポに合わせたペダリングが困難であるため、検者は終始、メトロノームに合わせて声で拍子を取りさらに被検者の膝を軽く叩いてテンポを教示した。しかし実際の回転数は指示通りに至らない例が多く、このため実際の仕事を測定するためにエルゴメーターの車輪の横に投光部の豆電球と受光部の光電管セルを設置し車輪に光を遮断するカッターを取りつけて車輪の回転数(n)を電氣的に記録し、 $n/\text{min} \times K_p \times 6m \times 14/52$ より仕事量(kpm/min)を求めた。

(3) 最大運動時:

一周115mの運動場を用い5分間のグランド全力走法を実施した。本測定を開始するにさいし被

検者に対してウォーミングアップとして徒手体操とジョギングを行わせ、心拍数が少くとも100拍/分以上に達するように配慮した。また被検者に最大努力を行わせるように常に検者がダグラスバッグを持って元気づけながら伴走した。また走行コースに5m間隔のマークを付して5分間の全走行距離を測定した。なお走行中心拍数は胸部双極誘導によるテレメトリー法を用いて連続的に記録した。走行時最後の一分間の呼吸をダグラスバッグ法により採気した。このさい死腔を少なくするために蛇管は50cmとした。採気したガスは標準ガスにより校正したBeckman社製OM-11およびLB-2によりO₂およびCO₂濃度を分析した。またトレーニング後については運動終了3分後に肘正中皮静脈より採血し、標準液により校正されたRoche社製Lactate Analyzer 640により血中乳酸濃度を測定し最大O₂摂取量($\dot{V}_{O_2 \max}$)発現を確認する一指標とした。

4. 環境条件

トレーニング前の測定は1980年3月15~16日の室温17.2°C~19.5°C, 外気温13.7°C~17.2°Cであり、トレーニング後の測定は同年8月5~6日の室温25.0°C~27.0°C, 外気温25.5°C~27.0°Cであった。

III 結果

1. トレーニングの安静時機能への影響

トレーニング前後の身長、体重および安静時呼吸循環機能の個人値とその平均値を表2に示した。身長、体重はトレーニング前後で有意差は認められなかった。血圧は収縮期および拡張期ともトレーニング後に有意の減少を示したが呼吸数、O₂摂取量、SV、および心拍出量(Q)には有意の変化は認められなかった。ただ心拍数は平均約3拍/分の低下が認められ有意(p<0.05)の変化であった。

2. トレーニングの最大下運動時機能への影響

最大下運動におけるPWC₁₃₀, PWC₁₅₀およびPWC₁₇₀の結果を表3と図1に示した。PWC₁₃₀ではトレーニング前の平均542.3 kpm/minからトレーニング後に平均599.0 kpm/minと19.5%の有意な増加(p<0.05)を示し、PWC₁₅₀でも715.2 kpm/minから779.8 kpm/minへと10.7%の有意増(p<0.05)を示した。しかしPWC₁₇₀では

Table 2. Individual and mean(\pm SD) values of physical characteristics and cardio-respiratory functions at rest before (B.T.) and after training period (A.T.)

Subject	Height (cm)			Weight (kg)			Sys.B.P. (mmHg)			Dis.B.P. (mmHg)			R.R. (freq./min)		
	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %
T _a .N.	169.5	169.5	0.0	49.0	50.0	2.0	124	110	-11.3	83	70	-14.5	23.9	24.7	3.4
T _o .N.	163.6	164.0	0.2	55.5	56.6	2.0	133	100	-24.8	92	42	-54.3	16.2	15.8	-2.5
K.H.	158.7	158.8	0.1	51.5	52.0	1.0	122	106	-13.1	79	60	-24.0	16.3	16.1	-1.2
Y.S.	170.3	170.5	0.1	62.5	63.4	1.4	120	106	-11.7	70	56	-20.0	18.0	18.8	4.4
Y.T.	157.7	158.4	0.4	58.5	55.9	-4.5	126	110	-12.7	78	50	-35.9	14.5	18.0	24.1
S.I.	164.1	164.3	0.1	66.5	66.0	-0.8	122	104	-14.7	54	40	-25.9	15.0	14.8	-1.3
H.S.	158.2	160.0	1.1	56.0	58.5	4.5	120	132	10.0	70	48	-31.4	18.8	14.7	21.8
T.H.	158.1	158.7	0.4	54.0	51.0	5.6	126	106	-15.9	70	60	-14.3	19.7	16.0	18.8
Mean	162.5	163.0	0.3	56.7	56.7	1.4	124	109	-11.8	74	53	-27.5	17.8	17.4	8.4
S.D.	5.2	4.9	0.4	5.7	5.8	3.1	4	10	9.8	11	10	13.2	3.1	3.3	11.2
Signif.	N. S.			N. S.			P < 0.05			P < 0.05			N. S.		

Subject	$\dot{V}O_2$ (l/min)			HR (beats/min)			SV (ml/beats)			\dot{Q} (l/min)		
	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %
T _a .N.	0.27	0.31	14.8	90.3	84.8	-6.1	69	76	10.1	6.2	6.4	3.2
T _o .N.	0.27	0.31	14.8	75.7	74.8	-1.2	56	66	17.9	4.2	4.2	0
K.H.	0.24	0.22	-8.3	82.0	74.0	-9.8	48	61	27.1	3.9	4.5	15.4
Y.S.	0.29	0.30	3.5	68.3	68.1	-0.3	84	66	-21.4	5.8	4.5	-22.4
Y.T.	0.32	0.26	-18.7	77.5	75.2	-3.0	65	66	1.5	5.0	5.0	0
S.I.	0.36	0.38	5.6	69.0	61.4	-11.0	79	98	24.1	5.5	6.0	9.1
H.S.	0.24	0.26	8.3	72.2	73.9	2.4	70	71	1.4	5.1	5.3	3.9
T.H.	0.32	0.23	28.1	78.7	75.8	-3.7	53	68	28.3	4.2	5.2	23.8
Mean	0.29	0.28	6.0	76.2	73.4	-4.6	65.5	71.5	11.1	5.0	5.1	4.1
S.D.	0.04	0.05	14.5	8.0	6.8	3.8	12.6	11.6	16.9	0.8	0.8	13.5
Signif.	N. S.			P < 0.05			N. S.			N. S.		

Sys. B.P. : Systolic blood pressure
 Dis. B.P. : Diastolic blood pressure
 R.R. : Respiratory rate
 $\dot{V}O_2$: Oxygen uptake
 SV : Stroke volume
 \dot{Q} : Cardiac output

Table 3. Physical work capacity in heart rate of 130, 150, and 170, beats per minute before (B.T.) and after training period (A.T.)

Subject	PWC ₁₃₀ (kpm/min)			PWC ₁₅₀ (kpm/min)			PWC ₁₇₀ (kpm/min)		
	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %
T _a .N.	377	410	8.8	523	531	1.5	670	697	4.0
T _o .N.	628	687	9.4	826	972	17.7	1000	1257	25.7
K. H.	268	428	59.7	422	551	30.6	575	675	17.4
Y. S.	803	770	-4.1	978	970	-0.8	1152	1189	3.2
Y. T.	663	672	1.4	842	844	0.2	1006	1017	1.1
S. I.	689	759	10.2	904	941	4.1	1120	1132	1.1
H. S.	506	750	48.2	640	790	23.4	773	1001	29.5
T. H.	404	495	22.5	586	639	9.0	767	782	2.0
Mean	542	599	19.5	715	780	10.7	883	969	10.5
S. D.	183	142	22.8	199	184	11.8	215	226	11.9
Signif.	p < 0.05			p < 0.05			N. S.		

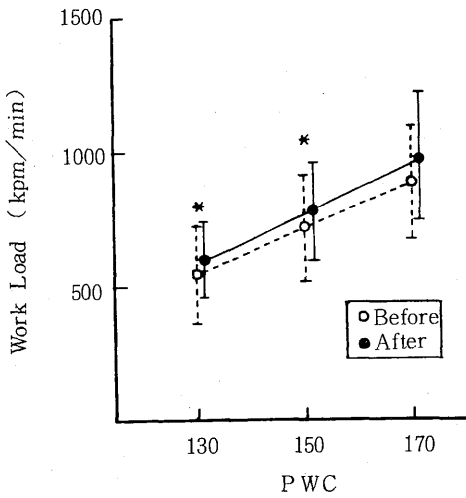


Fig. 1 Comparison of PWC measured before and after training.
* : $P < 0.05$

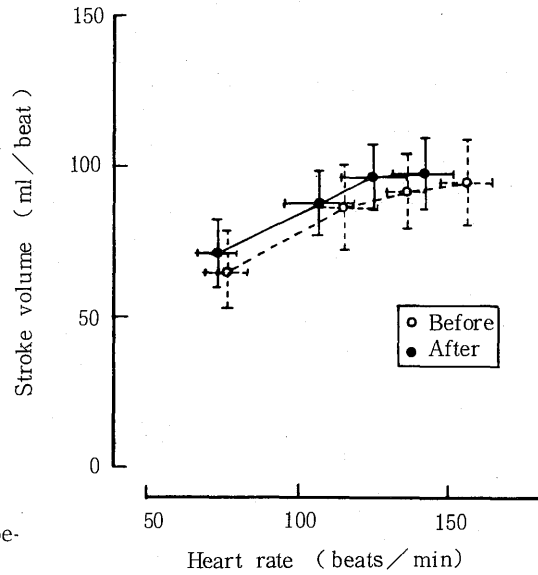


Fig. 2 Comparison of stroke volume measured before and after training.

882.9 kpm/min から 968.8 kpm/min へ 10.5% の増加であったが有意ではなかった。この値はいずれも日本人標準値³⁶⁾を下回っているが ± 1 標準偏差内にあった。

つぎに安静時および最大下運動時の心拍数に対する一回拍出量 (SV) と心拍出量 (\dot{Q}) の関係を図 2, 3 に示した。いずれもトレーニング後に増加する傾向を示している (図 2, 3)。

3. トレーニングの最大運動時機能への影響

トレーニング前および後におけるグランド上の 5 分間全力走法による最大運動時機能の測定結果を表 4, 5 に示した。

(1) 最大 O_2 摂取能 ($\dot{V}O_{2max}$) : トレーニング前の平均 2.46 l/min (1.68~3.06 l/min) からトレーニング後に平均 2.75 l/min (1.81~3.45 l/min) と 11.9% の有意な増加 ($p < 0.01$) を示した (図 4)。また単位体重当りの値でもトレーニング前の平均 43.1 ml/kg/min (34.4~48.9 ml/kg/min) からトレーニング後に平均 48.4 ml/kg/min (36.3~54.5 ml/kg/min) と 12.1% の有意増 ($p < 0.01$) であった (図 5)。前後ともに 30 ml/kg/min 台の値を示したのは 2 人 (Ta. N と H. S.) のみで、他の 6 人はいずれも 40 ml/kg/min 台以上であった。

(2) 最大換気量 ($\dot{V}E_{max}$) :

トレーニング前の平均 105.1 l/min がトレーニ

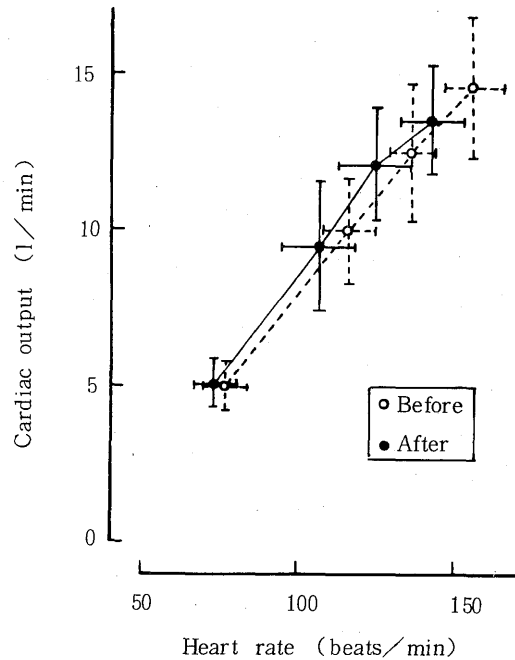


Fig. 3 Comparison of cardiac output measured before and after training.

Table 4. Individual and mean(\pm SD) values of cardio-respiratory responses to maximal running for 5 min. before (B.T.) and after training period (A.T.).

Subject	$\dot{V}O_2$ max (l/min)			$\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min)			VE max (l/min)			HRmax (beats/min)		
	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %
T _a .N.	1.68	1.81	7.7	34.4	36.3	5.5	99.3	101.0	4.9	166.1	168.2	1.3
T _o .N.	2.63	3.07	16.7	47.4	54.3	14.6	107.8	116.2	7.8	183.0	188.4	3.0
K.H	2.15	2.45	13.6	41.8	47.2	12.9	88.9	96.3	8.3	193.8	193.8	0
Y.S	3.06	3.26	6.5	48.9	51.7	5.7	107.5	127.6	18.7	173.4	174.0	0.3
Y.T	2.65	2.90	9.4	45.4	51.8	14.1	108.4	105.2	-3.0	192.6	194.6	1.0
S.I	2.87	3.45	20.2	43.2	52.3	21.1	121.7	139.9	15.0	181.7	188.2	3.6
H.S	1.97	2.27	15.2	35.2	38.9	10.5	87.7	98.2	12.0	192.0	190.5	-0.8
T.H	2.62	2.78	6.1	48.6	54.5	12.1	122.8	119.4	-2.8	184.3	184.2	-0.1
Mean	2.46	2.75	11.9	43.1	48.4	12.1	105.1	113.0	7.6	183.4	185.2	1.0
S.D.	0.47	0.54	5.2	5.7	7.1	5.1	13.4	15.5	7.8	9.8	9.5	1.5

Subject	O ₂ pulse max (ml/beat)			Distance (m)			RQ			Lactate (mg/100ml)		
	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %	B.T.	A.T.	Δ %
T _a .N.	10.1	10.8	6.9	875	986	12.7	1.16	1.07	—	—	—	—
T _o .N.	14.4	16.3	13.2	1098	1207	9.9	1.14	1.00	—	—	82.9	—
K.H	11.1	12.7	14.4	990	1140	15.2	1.17	1.04	—	—	118.5	—
Y.S	17.6	18.7	6.3	1170	1268	8.4	1.13	1.08	—	—	113.0	—
Y.T	13.8	14.9	8.0	1063	1096	3.1	1.22	1.08	—	—	85.3	—
S.I	15.8	18.3	15.8	1123	1275	13.5	1.11	1.10	—	—	106.3	—
H.S	9.7	11.9	22.7	1070	1144	6.9	1.18	1.16	—	—	105.9	—
T.H	14.2	15.1	6.3	1200	1194	-0.5	1.17	1.05	—	—	101.5	—
Mean	13.5	14.8	11.7	1074	1164	8.9	1.16	1.07	—	—	101.9	—
S. D.	3.1	2.9	5.9	103	95	5.1	0.04	0.05	—	—	13.4	—

Table 5. Mean (\pm SD) values and significance for cardio-respiratory responses to maximal running for 5 min- running performance before and after training.

	Before training	After training	Δ %	Significance
$\dot{V}O_2$ max (l/min)	2.46 \pm 0.47	2.75 \pm 0.54	11.9	p<0.01
$\dot{V}O_2$ max/kg (ml/kg/min)	43.1 \pm 5.7	48.4 \pm 7.1	12.1	p<0.01
VEmax (l/min)	105.1 \pm 13.4	113.0 \pm 15.5	7.6	p<0.05
HRmax (beats/min)	183.4 \pm 9.8	185.2 \pm 9.5	1.0	N.S.
O ₂ pulse max (ml/beats)	13.5 \pm 3.1	14.8 \pm 2.9	11.7	p<0.01
Distance (m)	1073.6 \pm 103.4	1163.6 \pm 94.9	8.9	p<0.01

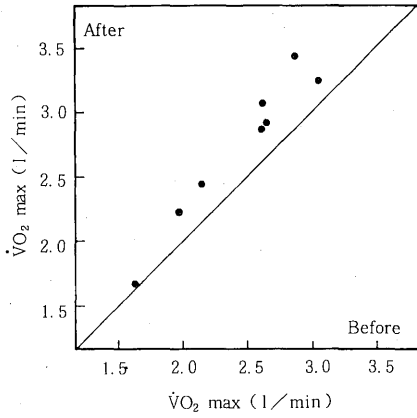


Fig. 4 Individual values for $\dot{V}O_2 \text{ max}$ (l/min) before and after training.

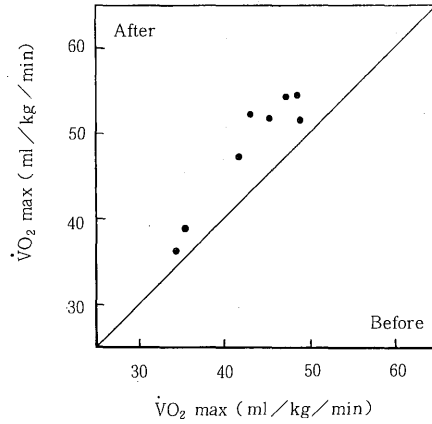


Fig. 5 Individual values for $\dot{V}O_2 \text{ max}$ (ml/kg/min) before and after training.

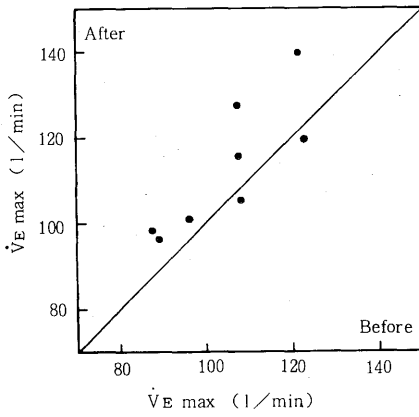


Fig. 6 Individual values for $\dot{V}E \text{ max}$ before and after training.

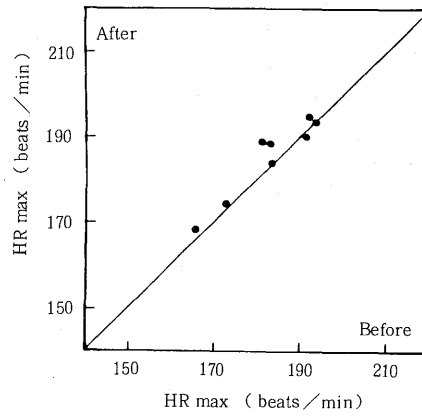


Fig. 7 Individual values for HR max before and after training.

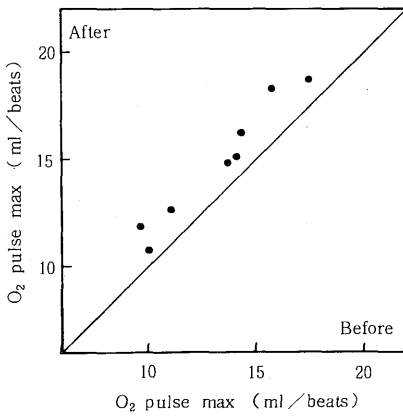


Fig. 8 Individual values for $O_2 \text{ pulse max}$ (ml/beats) before and after training.

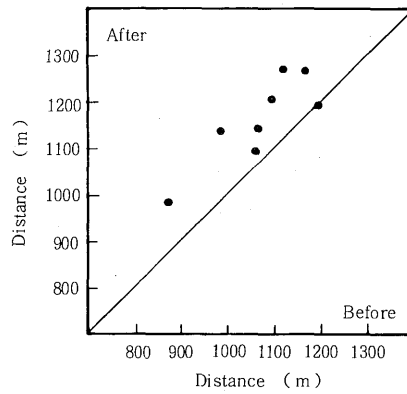


Fig. 9 Individual values for distance covered by 5 minutes run before and after training.

ング後に平均 113.01/min と 7.6% の有意な増加 ($p < 0.05$) を示した (図 6)。前後とも 100 l/min 以下の値を示したのは 3 人 (Ta.N, K.H, および H.S) であった。

(3) 最高心拍数 (HRmax) :

トレーニング前の平均 183.4 拍/分がトレーニング後に平均 185.2 拍/分を示したが有意な増加ではなかった (図 7)。なお前後とも 180 拍/分以下を示したのは 2 人 (Ta.N と Y.S) のみであった。

(4) 最大 O_2 脈 (O_2 pulse max) :

トレーニング前の平均 13.5 ml/拍からトレーニング後に平均 14.8 ml/拍と 11.7% の有意な増加 ($p < 0.01$) を示した (図 8)。

(5) 5 分間全力走行距離 :

トレーニング前の平均 1074 m (875~1200 m) からトレーニング後に平均 1164 m (986~1275 m) と 8.9% の有意増 ($p < 0.01$) を示した (図 9)。

(6) 最大運動時呼吸商 (RQ) :

トレーニング前の平均 1.16 (1.11~1.22) からトレーニング後の平均 1.07 (1.00~1.16) と全員に 1.00 以上の値が示されており、本グランド全力走による最大 O_2 摂取能測定の妥当性が確認された。

(7) 最大運動時血中乳酸値 :

トレーニング後について運動後 3 分目の静脈血中乳酸値をみると、平均 101.9 mg/dl (82.9 ~ 118.5 mg/dl) を示し 100 mg/dl 以下は 2 人 (To.N と Y.T) のみであった。このように全員が 80 mg/dl 以上の血中乳酸値を示したことから、呼吸商の場合と同様に本全力走法により被検者の呼吸循環系機能を最大水準に至らしめていることが認められた。

IV 考 察

IQ が平均 51.4 (33~67) の MRP の男子 8 人 (平均年齢 20.8 才) に 5 分間のグランド全力走を毎週約 5 回で 11 週間継続した結果、安静時、最大下運動時および最大運動時の呼吸循環機能に有意な改善が認められた。まず安静時機能では収縮期および拡張期血圧が、また心拍数が共に有意の減少 ($p < 0.05$) を示している。この徐脈化は一回出血 (SV) の増大を示唆するものと思われるが、事実 SV はトレーニング前の平均 65.5 ml に対し

トレーニング後に 71.5 ml と 11.1% の増大傾向にある。したがって本トレーニング処方が MRP の心筋への迷走神経緊張をより促進し、さらに血管抵抗低下に資していることが推察される。つぎに最大下運動時の心拍数と SV および心拍出量 (\dot{Q}) の関係をみると図 2, 3 に示すとおり一定心拍数に対する SV および \dot{Q} の値はトレーニング後に増大する傾向が認められる。また最大下運動時 O_2 摂取量 ($\dot{V}O_2$) はトレーニング前後ともほぼ同等の傾向を示している。トレーニング処方の結果最大下運動時動脈血 O_2 較差 ($a-vO_2D$) の低下傾向をもたらしていると推察されよう。このような機序が PWC_{130} および PWC_{150} における各 10.5%, 9.1% のトレーニング後の有意増をもたらしたものと考えられる。

一般にトレーニング後の最大下運動時 $\dot{V}O_2$ は換気量 ($\dot{V}E$) および心拍数 (HR) の低下と共に減少することが報告されている。すなわち、Wilmore ら³⁸⁾ は HR の減少、Faulkner ら¹⁵⁾ は $\dot{V}E$ の減少による換気当量の低下、さらに Knehr ら²³⁾ は $\dot{V}O_2$ の減少をそれぞれ指摘している。本研究における最大下運動時 $\dot{V}O_2$ が同一強度に対し減少を示さなかったのは、トレーニング期間が 11 週間と比較的短期間であったためとも考えられる。しかし最大下運動時の同一強度に対する HR は有意の低下を示しており、これが PWC_{130} および PWC_{150} の有意増に反映している。この HR 低下の機序については Tipton ら³⁵⁾ の迷走神経切断マウス実験でトレーニング後最大下運動時 HR の減少を認めなかった報告からもトレーニングの心筋への迷走神経緊張高進によるものと考えられよう。

PWC_{170} の値 (トレーニング前平均 882.9 kpm/min およびトレーニング後平均 968.8 kpm/min) は、日本人の標準値³⁶⁾ を下回っているが -1 標準偏差内であった。しかし本研究の MRP とほぼ類似の IQ が 48.6 ± 8.9 で、年齢が 18.6 ± 2.7 才の MRP について検討した Coleman ら¹¹⁾ の値より高い値を示している。

つぎにまず MRP の最大運動時呼吸循環応答について検討したい。ヒトの有気的作業能の指標⁶⁾⁷⁾ とされる最大 O_2 摂取能 ($\dot{V}O_{2max}$) を MRP について明らかにするためには、HR ; 180 拍/分以上、RQ ; 1.0 以上、さらに血中乳酸濃度 ; 80 mg/

dl 以上の条件⁴⁵⁾に準拠する必要がある。本グランド全力走法の場合はトレーニング前後ともこれらの要件をほぼ充足している(表4)。

ただ最高心拍数(HRmax)が前後とも180拍/分以下を示す者が2人認められている。MRPの運動時特性としてHRmaxの低いことを吉沢ら⁴²⁾、Kusano²⁸⁾および草野²⁶⁾が認めている。この原因として生理的限界とは別に運動に対する心理的限界の低水準性を草野²⁶⁾は指摘している。本研究でのこの2人の場合、走行中の表情などから全力走に近いものと考えられるが、日常生活における何らかの抑制因子が心理的限界の低下に関与しているのかもしれない。

トレーニング前の $\dot{V}O_2\text{max}$ は平均2.46 l/minを示し、日本人標準値³⁶⁾の20才の2.97 l/minに比し下回っているが、Colemanら¹¹⁾の1.97 l/minより高い値である。またトレーニング後の $\dot{V}O_2\text{max}$ の2.75 l/minは日本人標準値³⁶⁾の-1標準偏差内に相当している。さらに単位体重当り $\dot{V}O_2\text{max}$ のトレーニング前は平均43.1 ml/kg/minであり、これは日本人標準値³⁶⁾の20才の50.0 ml/kg/minに比し下回るが、Colemanら¹¹⁾の31.7 ml/kg/minより高値を示している。トレーニング後の値は平均48.4 ml/kg/minでありこれは日本人標準値³⁶⁾の-1標準偏差内でありこの値を上回る者が5人認められた。またこれらの値はIkaiら¹⁸⁾および朝比奈ら¹⁾の報告値の-2標準偏差内の値であった。

つぎにトレーニング処方¹⁾の $\dot{V}O_2\text{max}$ に及ぼす影響を検討する。本研究の $\dot{V}O_2\text{max}$ は平均2.46 l/minから2.75 l/minへ11.9%、単位体重当り平均43.1 ml/kg/minより48.4 ml/kg/minへ12.1%とそれぞれ有意($p < 0.01$)の増大を示している。従来、成人男子の $\dot{V}O_2\text{max}$ のトレーニング効果については数多く報告¹⁴⁾¹⁸⁾²⁰⁾されているが、それらの健康成人の増加率と本MRPの値とはほぼ同等の傾向にある。すなわち猪飼ら¹⁸⁾は70% $\dot{V}O_2\text{max}$ の10分間走を週3回、10週間継続して単位体重当り $\dot{V}O_2\text{max}$ に11.4%の増加を認め、Ekblomら¹⁴⁾は長距離走行を週3回、16週間継続して $\dot{V}O_2\text{max}$ に16.2%の増加を認めている。また加賀谷²⁰⁾は80% $\dot{V}O_2\text{max}$ の5分間走を週3回、6週間継続して単位体重当り $\dot{V}O_2\text{max}$ に4.1%の増加があったとしている。このように本MRPの

$\dot{V}O_2\text{max}$ のトレーニング走行による増加率が一般健康成人の値に匹敵している事実は、MRPの有氣的作業能への心理的限界の低水準性の関与を一応否定し得るものと思われる。ただShephard³³⁾およびSharkey³²⁾が $\dot{V}O_2\text{max}$ の増加率について指摘しているように、トレーニング前の初期水準の低値である点を考慮しなければなるまい。

つぎに $\dot{V}O_2\text{max}$ のトレーニングによる増大の機序について検討する。Ekblomら¹⁴⁾は $\dot{V}O_2\text{max}$ 増大の因子は動脈血 O_2 較差の増加が有意でないので心拍出量増大であろうとし、さらに最高心拍数が不変であるため究極的には一回拍出量の増大によるものと考察している。猪飼ら¹⁷⁾もこれとほぼ同様の論議をしている。一方、Saltinら³¹⁾は被検者がトレーニング前に座位生活状態にあるような場合には、トレーニングにより動脈血 O_2 較差の初期増加が認められると報じている。したがって運動経験が十分でなく初期水準の低い本研究のMRPの場合には、この動脈血 O_2 較差の初期増加も推測できると思われる。また本研究では最大 O_2 脈($O_2\text{ pulse max}$)が11.7%の有意増($p < 0.01$)を示したことから一回拍出量の増大が推測されよう。これらの相乗積として約12%の $\dot{V}O_2\text{max}$ の増加をもたらしたものと考えられる。さらに最大換気量($\dot{V}E\text{max}$)が7.6%の有意増を示していることから O_2 換気当量はトレーニング後に減少傾向にある。このことは呼吸筋の効率化と共に O_2 の肺胞での拡散能の改善を示唆していると思われる。

つぎにperformanceとしての5分間全力走行距離をみるとトレーニング後に8.9%の有意増($p < 0.01$)を認めたが、これは $\dot{V}O_2\text{max}$ の増大がその原因であろうが、トレーニング方法と最大運動測定が同種であったためにその運動に対する慣れによるSkillの向上による面も考えられよう。前後とも1074~1164 mの走行距離は、日本人の標準値³⁶⁾の20才の1250 mに比し低い傾向にあった。しかしトレーニング前では標準値の-1標準偏差内に1人であったものが、トレーニング後には6人に達し、しかもそのうちの2人は1250 mを上回っている。つぎに5分間全力走行距離と $\dot{V}O_2\text{max}$ の関係をみると、トレーニング前で $r = 0.715$ ($p < 0.05$)、トレーニング後で $r = 0.777$ ($p < 0.05$)の有意な相関にあった(図10)。

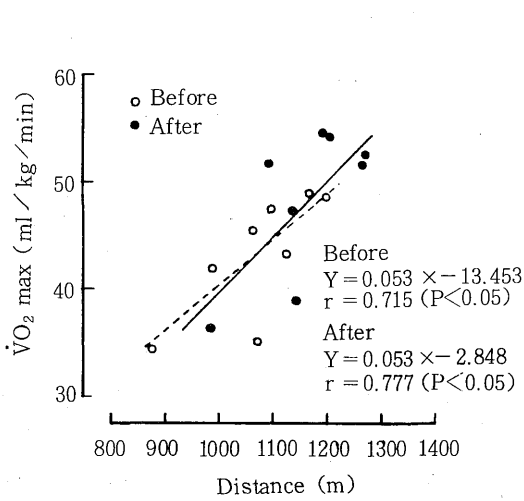


Fig. 10 Relationship between distance covered by 5 minutes run and $\dot{V}O_2 \text{ max (ml/kg/min)}$ before and after training period.

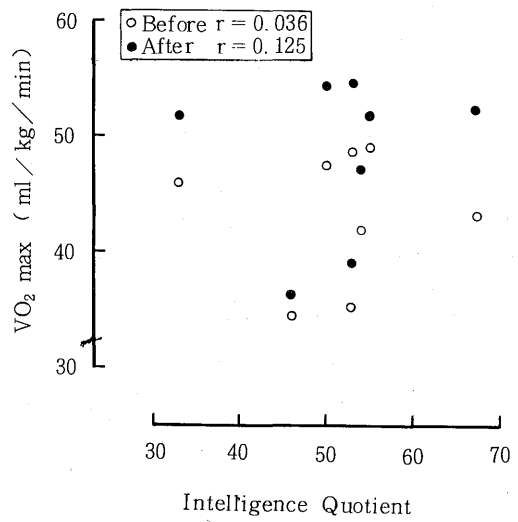


Fig. 11 Relationship between IQ and $\dot{V}O_2 \text{ max (ml/kg/min)}$ before and after training period.

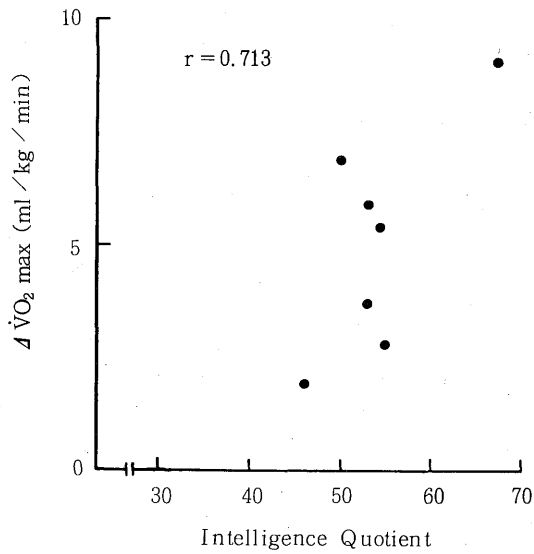


Fig. 12 Relationship between IQ and $\Delta \dot{V}O_2 \text{ max (ml/kg/min)}$.

つぎにIQと呼吸循環系機能および performance との関係を検討する。MRPの指標として一般にIQを用いているが、元来IQのみで判定することはできないのであって知能遅滞の原因としての疾病や傷害との関連や発育発達程度、さらに知能遅滞による日常生活の行動様式の問題なども考慮に入れる必要があろう。しかし今回は一応IQを一指標として考察してみたい。まずIQと単位体重当り $\dot{V}O_2\text{max}$ との関係ではトレーニング前後とも相関は認められなかった($r=0.036$ および $r=0.125$) (図11)。これは野村ら²⁹⁾、吉沢ら⁴²⁾およびYoshizawaら⁴³⁾の報告と同様の結果であった。しかしKusano²⁸⁾は $\dot{V}O_2\text{max}$ と精神年齢(MA)との間に有意の相関を認めている。そこでトレーニング前後の単位体重当り $\dot{V}O_2\text{max}$ の差($\Delta \dot{V}O_2\text{max}/\text{kg}/\text{min}$)とIQとの関係を7人についてみると、相関の傾向($r=0.713$)がうかがわれた(図12)。これらの結果からIQと有気的作業能との間には相関は認められないが、IQとトレーニング効果との関係には相関の傾向が指摘されよう。すなわち傾向としてはIQの比較的高いMRPには心理的限界をさらに向上し生理的限界に近似し得る被訓練性があるのかもしれない。また一方、本MRPのトレーニング処方指導致に当たった体育教師の報告によると、MRPの性格がトレーニング前に比しトレーニング継続に伴いいくぶん変容し、内向性から外向性に、また不安定性から安定性へ移行した印象であったという。このことは身体運動のMRPの心理的および情緒的側面への改善可能性を示唆するものであろう。また本研究によりMRPの走行トレーニング処方による有気的作業能の被訓練性が確認されたことから、一般に低体力水準や運動不足状態にあるMRPの体力増進を目途とする有気的トレーニング処方の確立と実施が急務と思われる。

V 要約

IQが平均51.4(33~67)の精神遅滞者(MRP)の男子8人(平均年齢20.8才)にグラウンド上の5分間全力走行トレーニング(平均心拍185拍/分の強度)を毎週約5回で11週間継続しその効果を有気的作業能、走行距離およびIQとの関連から検討した。

1) トレーニングにより安静時心拍数と収縮期

および拡張期血圧が有意に減少した。一方一回拍出量は増加傾向を示した。

2) PWC_{130} および PWC_{150} はトレーニング後に各19.5%、10.7%の有意の増大を示した。この機序として最大下運動時心拍数のトレーニングによる減少と一回拍出量の増加傾向が認められた。

3) $\dot{V}O_2\text{max}$ と $\dot{V}O_2\text{max}/\text{kg}$ はトレーニングにより各11.9%、12.1%の共に有意($p<0.01$)の増加を示した。この機序としては最大 O_2 脈がトレーニング後に11.7%の有意増($p<0.01$)を示していることより最大一回拍出量の増大が推察され、さらに本MRPの初期水準の低位であったことより動静脈血 O_2 較差の初期増大も関与していることが推論された。

4) IQと $\dot{V}O_2\text{max}/\text{kg}$ の関係ではトレーニング前後とも相関は認められなかったが、トレーニング前後の $\dot{V}O_2\text{max}/\text{kg}$ の差($\Delta \dot{V}O_2\text{max}/\text{kg}/\text{min}$)との関係では有意ではないが相関する傾向($r=0.713$)が認められた。この傾向からIQの比較的高いMRPには動機づけなどの方法により心理的限界を高め生理的限界に近似し得る被訓練性が望めるのかもしれない。

5) MRPの走行トレーニング継続に伴いトレーニング前に比し性格がいくぶん変容し内向性から外向性へ転じた印象が確認され、身体運動のMRPの心理的および情緒的側面への改善可能性が示唆された。

終りに本研究に対し御協力戴いた茨城県立愛友学園の市原晃雄園長、ならびにトレーニング処方の指導にさいし献身的に御尽力賜りました伊能純一教諭に心から感謝の意を表します。

文 献

- 1) 朝比奈一男, 浅野勝己, 草野勝彦・中川功哉, 道明博, 砂本秀義: 都市青少年の有酸素的作業能に関する研究, 体育学研究 16(4): 197-213, 1972
- 2) Asano, K., Kikuchi, K., Matsuzaka, A., and Kumagai, S.: Cardiac responses at rest and during submaximal exercise in children. J. Physiol. Soc. Japan 41 (8・9): 420, 1979.
- 3) 浅見俊雄, 山本恵三, 広田公一: 全身持久性のトレーニング処方に関する研究(1) 頻度の違いによるトレーニング効果について, 体育科学 1: 35-40, 1973
- 4) Åstrand, I.: Aerobic working capacity in men

- and women with special reference to age, *Acta Physiol. Scand. Suppl.* 169, 1960
- 5) Åstrand, I. P. -O. Åstrand, I. Hallböck, and A. Kilbom : Reduction in maximal oxygen uptake with age. *J. Appl. Physiol.* 35 (5) : 649-654, 1973
 - 6) Åstrand, P. -O. : Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age, Munksgaard, Copenhagen, 1952
 - 7) Åstrand, P. -O. : Effect of sports on the cardiovascular system and repercussion on the practice on the health of masses. *Schweiz. Med. Wschr.* 104 : 1538-1542, 1974
 - 8) Åstrand, P. -O. : Aerobic work capacity during maximal performance under various conditions. *Circulation.* 20 : 202-210, 1967
 - 9) Åstrand, P. -O. and K. Rodahl : Physical training. *Textbook of Work Physiology.* 2nd, ed McGraw Hill, New York. 391-438, 1977
 - 10) Bar-or, O., J. S. Skinner., V. Bergsteinove, C. Shearburn, D. Royer., W. Bell., J. Haas and E. R. Buskirk : Maximal aerobic capacity of 6-15 year-old girls and boys with subnormal intelligence quotients. *Acta. Paediat Scand.* Suppl. 217 : 108-113, 1971
 - 11) Coleman A. E., D. W. Friendith, M. M. Ayoub : Assessment of the physical work capacity of institutionalized mentally retarded males. *American Journal of Mental Deficiency* 80 (6) : 629-635, 1976
 - 12) Cummming G. R., D. Goulding, G. Baggley : Working capacity of deaf and visually and mentally handicapped children : *Archives of Disease in Childhood*, 46 : 490-494, 1971
 - 13) Denniston, J. C., J. T. Maher., J. T. Reeves., J. C. Cruz, A-Cymerman. and R. F. Grover : Measurement of cardiac output by electrical impedance at rest and during exercise. *J. Appl. Physiol.* 40 (1) : 91-95., 1976
 - 14) Ekbiom, B., P. -O. Åstrand., B. Saltin., J. Stenberg, and Wullström : Effect of training on circulatory response to exercise. *J. Appl. Physiol* 24 (4) : 518-528, 1968
 - 15) Faulkner, J. A : New perspectives in training for maximum performance. *JAMA* 205 : 741-746, 1968
 - 16) 猪飼道夫, 江橋慎四郎, 加賀谷照彦 : トレッドミル法による青少年の運動処方に関する研究(1) *体育学研究* 7 : 99-107, 1964
 - 17) 猪飼道夫・福永哲夫・芳賀脩光 : 心拍出量からみた70% $\dot{V}O_2$ max強度による持久性トレーニング効果の検討, *体育科学* 1 : 67-72, 1973
 - 18) Ikai M, M. Shindo and M. Miyamura : Aerobic work capacity of Japanese people, *Res. J. Physical Edu.* 14 (3) : 135-140, 1970
 - 19) 加賀谷照彦 : 持久性トレーニングの至適強度選定に関する研究(1)-80% $\dot{V}O_2$ max 負荷のトレーニング効果-*体育科学* 1 : 58-66, 1973
 - 20) 加賀谷照彦 : Aerobic work の時間的條件, 埼玉大学紀要教育学部編 20 : 169-177, 1971
 - 21) 加賀谷淳子 : 成人女子の持久性トレーニングの強度に関する研究(1), 最大酸素摂取量の80%負荷のトレーニング効果, *体育科学* 1 : 98-107, 1973
 - 22) 菊地和夫 : インピーダンス法による児童・生徒の心機能 : 筑波大学体育研究科修士論文, 1978
 - 23) Knehr, C. A., D. B. Dill. and W. Neufeld : Training and effects on man at rest and at work. *Am. J. Physiol.* 136 : 148-156, 1942
 - 24) Kubicek, W. G., J. N. Karnegis., R. P. Patterson, D. A. Wistoe., and R. H. Mattoson : Development and evaluation of an impedance cardiac output system. *Aero Med* : 1208-1212, 1966
 - 25) 草野勝彦 : 精神薄弱児の発育と運動能の発達, *新体育* 47 (5) : 392-393, 1977
 - 26) 草野勝彦 : 精神薄弱児の体育指導とその問題点, *新体育* 47 (6) : 460-461, 1977
 - 27) 草野勝彦 : 成人精薄者の体力とその問題点, *新体育* 47 (7) : 572-573, 1977
 - 28) Kusano., K : Maximal oxygen intake of mentally retarded boys. *J. Human Ergol* 2 : 13-19, 1973
 - 29) 野村武男, 対馬清造 : 精神薄弱児童・生徒における形態・呼吸機能と有酸素的作業能について, *秋田大学教育学部研究紀要, 教育科学* 27 : 299-307, 1977
 - 30) 大庭修一, 斎藤義男, 植野善太郎共著 : 精神薄弱児の体育指導, 金子書房, 1974
 - 31) Saltin, B., G. Blomqvist., J. H. Mitchell., R. L. Johnsson., K. Wilderthal, and C. Chapman : Response to exercise after bed rest and training, *Circulation* 38. Suppl VII, 1968
 - 32) Sharkey. B. J. : Intensity, duration of training and development of cardio-respiratory endurance. *Med. Sci. Sports.* 2 : 197-202, 1976
 - 33) Shephard R. J. : Intensity, duration, frequency of exercise as determinants of the response to a training regime. *Int. Z. angew. Physiol. einsch. Arbeitsphysiol* 26 : 272-278, 1968
 - 34) 鈴木慎次郎 : 運動処方専門委員会初年度研究概要, *体育科学* 1 : 98-107, 1973

- 35) Tipton, C. M., R. J. Barnard, and T. K. Tcheng : Resting heart rate investigations with trained and untrained hypophysectomized rats. *J. Appl. Physiol.* 26 : 585—588, 1969
- 36) 都立大学身体適性学研究室：日本人の体力標準値。第三版，不昧堂，1975
- 37) 富山大学教育学部附属養護学校，発育・発達研究班：精神薄弱児における運動能力と知能の関係に関する研究，*精神薄弱児研究* 244 : 78—83, 1979
- 38) Wilmore, J. H., J. H. Royce., R. N. Girandola, F. I. Katch and V. L. Katch : Physiological alterations resulting from a 10 week program of jogging, *Med. Sci. in Sports* 2 : 7—14, 1970
- 39) 矢部京之助，三田勝己，青木久，西村辨作，水野真由美，若林慎一郎：精神遅滞児と自閉症児の体力・運動能力，*体育の科学* 29 (10) : 740—743, 1979
- 40) 山川純，宮原富喜子：成人女子の全身持久力の training について(1) トラックにおける5分間方式の効果とその研究，*日本女子体育大学紀要* 2 : 74—82, 1969
- 41) 山岡誠一，吉田和正，平川和文：女子大学生に対する5分間トレーニングの効果，*体育科学* 2 : 190—196, 1974
- 42) 吉沢茂弘，永田昭次：精神薄弱中学生の有酸素的作業能に関する研究 *体育の科学* 24 (3) : 189—194, 1974
- 43) Yoshizawa, S., T. Ishizaki and H. Honda : Aerobic work capacity of mentally retarded boys and girls in junior high school, *J. Human Ergol.* 4 : 15—26, 1975